

COLECCIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Los quesos argentinos

Producción, características
y nuevas propuestas



Jorge Reinheimer
Editor

ediciones UNL



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL LITORAL**



Consejo Asesor
Colección Ciencia y Tecnología
Graciela Barranco
Ana María Canal
Miguel Irigoyen
Gustavo Ríbero
Luis Quevedo
Ivana Tosti
Alejandro R. Trombert

Dirección editorial
Ivana Tosti
Coordinación editorial
María Alejandra Sedrán
Coordinación diseño
Alina Hill
Coordinación comercial
José Díaz

Corrección
Lucía Bergamasco
Diagramación interior y tapa
Nicolás Vasallo

© Ediciones UNL, 2022.

—

Sugerencias y comentarios
editorial@unl.edu.ar
www.unl.edu.ar/editorial

Los quesos argentinos : producción,
características y nuevas propuestas /
Jorge Reinheimer...[et al.]; editado
por Jorge Reinheimer; prólogo de Jorge
Reinheimer. – 1a ed. – Santa Fe:
Ediciones UNL, 2022.
Libro digital, PDF/A – (Ciencia y Tecnología)

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-749-348-1

1. Quesos. 2. Industria Argentina.
3. Producción. I. Reinheimer, Jorge.
CDD 637.3

© Jorge Reinheimer, Carlos Meinardi,
Erica Hynes, Ma. Cristina Perotti, Elisa Ale,
Carina Bergamini, Ana Binetti, Mariángeles
Briggiler Marcó, Patricia Burns, Ma. Soledad
Caballero, Ma. Luján Capra, Facundo Cuffia,
Paula Giménez, Guillermo George, Daniela
Guglielmotti, Diego Mercanti, Guillermo
Peralta, Leila Pozza, Melisa Puntillo, Andrea
Quiberoni, Silvina Rebechi, Ma. Ayelén Vélez,
Claudia Vénica, Gabriel Vinderola, Verónica
Wolf, Ma. Florencia Zacarías, 2022.



Los quesos argentinos

Producción, características
y nuevas propuestas

Jorge Reinheimer

Editor

Carlos Meinardi

Erica Hynes

Ma. Cristina Perotti

Editores científicos

Viviana Suárez

Editora en colaboración

Elisa Ale · Carina Bergamini · Ana Binetti · Mariángeles Briggiler
Marcó · Patricia Burns · Ma. Soledad Caballero · Ma. Luján
Capra · Facundo Cuffia · Paula Giménez · Guillermo George ·
Daniela Guglielmotti · Diego Mercanti · Guillermo Peralta ·
Leila Pozza · Melisa Puntillo · Andrea Quiberoni · Silvina Rebecchi ·
Ma. Ayelén Vélez · Claudia Vénica · Gabriel Vinderola ·
Verónica Wolf · Ma. Florencia Zacarías

ediciones UNL

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Prólogo

Jorge Reinheimer

Cuando uno se propone editar un libro se debe pensar en varias cosas: un tema válido e interesante, los autores y los destinatarios. Para todo el mundo (o casi), los quesos resultan muy familiares y apreciados. Pocas personas se resisten a ver y disfrutar vidrieras o exhibidores llenos de hormas de quesos cortadas que muestran el atractivo interior de las mismas. ¿Qué es lo atractivo? Lo son el color, el tipo de masa, imaginar el sabor y el aroma, los ojos (occhiatura), etc., que despiertan un súbito interés por probarlos (previa compra, obvio). Es como si los quesos tuvieran magnetismo. ¿Las razones? Algunas se suponen y otras, no tanto (también acá hay misterio). Entre lo que imaginamos, podríamos citar lo organoléptico y visual, siempre atractivo, pero creo que nos remiten también a nuestra historia. ¿Por qué? Simplemente porque descendemos de inmigrantes quienes, entre todo lo que trajeron, estaban las tecnologías queseras. Nuestra quesería es, ni más ni menos, la adaptación del conocimiento italiano/francés/suizo... a la realidad de nuestro país. Resulta muy especial encontrarnos en Italia, Francia y Suiza con quesos que nos resultan cercanos y encontrar nombres también cercanos (Quartirolo, Fontina, Mozzarella, Parmigiano Reggiano, Provolone, Sardo, Gruyere, Roquefort...). Son, ni más ni menos, los parientes europeos de los quesos argentinos. Interesante, ¿no?

Es importante tener en cuenta todo el conocimiento que exige producir quesos. Adaptar las ideas y las tecnologías europeas a un paisaje, clima

y ganado diferentes fue un esfuerzo exitoso. También es importante explicar qué es un queso y qué sucede en su interior durante la maduración, clave para entender las características de cada tipo. Una industria quesera regional, tan activa como la nuestra, merece que hablemos en profundidad de los productos con los que nos satisface como consumidores. Tratar de describir la diversidad de quesos que tenemos y plantear cómo podrían evolucionar más todavía para acompañar el cambio de las épocas, me parece un objetivo loable para disfrute de muchos. Los investigadores del INLAIN así lo entendimos y desde los '70 trabajamos seducidos por este alimento genial.

Una obra para disfrutar todos aquellos (creo que somos todos) que gustamos de los quesos.

Prefacio

En Argentina, los quesos son el principal producto derivado de la industrialización de la leche, superando a otros tales como leches fluidas y en polvo, yogures, manteca, etc. Nuestra región concentra un elevadísimo número de queserías, grandes, medianas y pequeñas, que la convierten en una zona de producción intensa para el consumo tanto interno como externo. El Instituto de Lactología Industrial (UNL-CONICET), además de realizar sus actividades de investigación y docencia, ha estado siempre cercano al medio productivo, ofreciendo asistencia y conocimiento en coherencia con su misión de vinculación. Los quesos argentinos, si bien tomaron de modelo a muchos quesos europeos por la influencia inmigratoria, presentan diferencias importantes con aquellos debido a las particularidades de la materia prima (leche cruda) y a los recursos tecnológicos utilizados en nuestro país, lo que llevó a que los mismos tomaran características propias y se volvieran apreciablemente diferentes a sus antecedentes europeos. Sin embargo, no existen hasta el momento documentos o estudios suficientes que puedan describir con detalle todas las variedades de quesos argentinos tradicionales (de leche bovina) o de otras especies animales (oveja, búfala, cabra) existentes en la actualidad. Además de ofrecer un extra de conocimiento sobre el complejo proceso de maduración de los quesos, es fundamental informar en relación a las nuevas tendencias e ideas existentes para mejorar los procesos tradicionales o para generar nuevas variedades de quesos acordes a las modificaciones de hábitos alimentarios de los últimos tiempos.

En esta obra, continuación de una anterior publicada en 1999 por Ediciones UNL, se pretende realizar una recopilación de información en relación a la elaboración y maduración de los quesos argentinos más representativos, haciendo especial referencia a los estudios realizados por los investigadores del INLAIN en los últimos años. En nombre de los editores y co-autores, se piensa que el libro será un aporte significativo para nuestra industria quesera y para todos los investigadores y alumnos interesados en la temática.

1. Historia de la quesería en Argentina

Carlos Meinardi y Silvina Rebechi

Introducción

Los hábitos relacionados con el consumo de alimentos refieren a la diversidad cultural en torno a la alimentación. Cada cultura, al situarse frente a una gama de posibilidades alimenticias, selecciona algunas y, de esta forma, consolida su dieta alimentaria. El conocimiento de la leche animal como alimento debió surgir durante la revolución neolítica (6000 años a. C. o tal vez antes) en el Oriente medio y el Mediterráneo oriental cuando el hombre primitivo pasa de cazador a domesticador para, después, dedicarse a las actividades pastoriles donde se crean las condiciones para disponer de rebaños y, por lo tanto, de su ordeño. En este escenario, la producción de leche parece desarrollarse y consolidarse en la Mesopotamia y norte de África para luego expandirse a otras regiones euroasiáticas. En estas condiciones, la leche y los productos lácteos desarrollados en la época (crema ácida y quesos como alternativa para conservar sus componentes nutritivos) se fueron incorporando a la dieta humana. Con el paso del tiempo, principalmente la producción de quesos continuó desarrollándose hasta alcanzar un lugar destacado en la gastronomía y, en muchos casos, logró certificaciones de identidad regional e incluso nacional. Sin embargo, en civilizaciones como la China, la leche y el queso no fueron incorporados a sus dietas porque sostenían que su consumo era una abominación del gusto (Gálvez Abadía, 1995a).

En el siglo VI, el queso ocupaba un lugar primordial en la dieta de los monjes benedictinos, quienes convirtieron a la elaboración del queso en un refinado arte, agregándole añejamiento (maduración) y creatividad.

Durante la Edad Media, la elaboración de quesos se concentró en los monasterios europeos donde eran la principal fuente de proteínas en las dietas de los monjes quienes, al dominar la escritura, documentaron el arte de su producción. La metodología de elaboración se transmitía en forma oral o por la práctica de madres a hijas. Con el traspaso oral o práctico a lo largo del tiempo, muchas veces se producían errores de interpretación u olvidos que introdujeron cambios que, cuando llevaban a un mejoramiento del producto, se adoptaban y a ello se le puede atribuir la aparición de una nueva variedad de queso (Ottogalli, 2001; ILOLAY, 2020).

Si bien en la evolución de todas las civilizaciones estuvo presente la domesticación de animales con distintos fines, en los pueblos originarios de América se han encontrado indicios que indicarían que 1000 años a.C. las poblaciones andinas ya habían domesticado a la alpaca y a la llama, animales que han tenido una gran importancia en el desarrollo de la civilización incaica pero nunca incluyeron el aprovechamiento de la leche y sus derivados como alimentos (Gálvez Abadía, 1995b).

Tanto la alpaca, que fue adaptada para vivir a 4200 m de altura, como la llama, que lo hizo en torno a los 3000 m, se usaban para producir lana, carne y para carga. No se registran indicios de que se los usara para producir leche, ni para tiro, ni para cabalgar. De hecho, no se consumía leche, la agricultura se realizaba a mano y las comunicaciones se realizaban a pie.

Los primeros registros de elaboración de quesos en nuestro país se remontan al año 1617 en las Cartas Anuas, donde una autoridad jesuita expresaba que «de las vacas se obtenía leche para consumo y para elaborar queso, manteca y requesón; de las cabras y ovejas, leche para quesos». Estas prácticas tenían como objetivo instruir a los indígenas acerca de una actividad nueva para ellos e inducirlos al consumo de lácteos y sus derivados (Pérez, 2012).

Los primeros quesos que se elaboraron en nuestro territorio se originaron en lugares puntuales. El primero fue el queso Tafí, que se desarrolló en un valle de las montañas tucumanas y el segundo, el queso Goya, que nace junto al río Paraná. Ambos todavía están presentes en el mercado.

Queso Tafí

Su origen se remonta a la época colonial, cuando los jesuitas comenzaron a elaborar quesos en la estancia que poseían en Tafí del Valle, ubicado en un

valle de los Andes a 2000 m de altitud y a 108 km al oeste de la ciudad de San Miguel de Tucumán. La poca accesibilidad del lugar limitó la expansión y preservó su identidad durante tres siglos. Si bien no se publicó información de cómo se elaboraba en el siglo XVIII, se conoce a través de los inventarios realizados en 1767 con motivo de la expulsión de los jesuitas, que la estancia del Tafi estaba mayoritariamente poblada de ganado bovino y algunos ovinos, especificando la existencia de «la quesería» (Peña de Bascary, 1986). Por el origen español de los monjes jesuitas, se supone que el queso original Tafi del Valle debería ser semejante al Queso Manchego (elaborado en La Mancha, de donde provenían la mayoría de ellos) y se elaboraba con leche de vaca, de oveja o una mezcla de ambas. Además, las dificultades propias de la época requerían, para preservar su calidad en el traslado, que los quesos tuvieran un importante tiempo de maduración.

A través del intercambio comercial de Tucumán con Perú, Brasil, Paraguay, Chile y otros mercados (incluso europeos), los quesos de Tafi del Valle comenzaron tempranamente a definirse como un producto valorado por el mercado externo. La Independencia facilitó su difusión nacional; durante casi un año (marzo 1816–enero 1817) se reunieron en Tucumán las élites políticas, militares, económicas y sociales en torno al «Congreso de Tucumán», el cual declaró la independencia (9 de Julio de 1816). Esto fue un gran escenario para que se conocieran los productos típicos regionales ya que los convocados retornaban a sus ciudades de origen con productos de la región y entre ellos el queso Tafi, que fue muy aceptado en todo el país y particularmente en Buenos Aires.

El cónsul general del gobierno británico en el Río de la Plata, al finalizar sus funciones, recorre el territorio nacional y al regresar a su país escribe el libro *Buenos Aires y las provincias del Río de la Plata*, donde le dedica un capítulo a Tucumán. En este, el autor destaca que el queso producido en esa región, conocido como Tafi, se considera en Buenos Aires como un sabroso manjar (Parish, 1852).

En su ensayo *Facundo* (1845), Sarmiento destacaba el potencial que tenía la producción de quesos como herramienta de progreso económico y ascenso social. Además de promoverla en el cono sur de América, Sarmiento se interesó particularmente por los quesos de Tafi del Valle, un producto elaborado mediante un lento proceso de maduración, envasado en recipientes de lata, con un alto valor de mercado, y expresaba su gratitud con elocuencia cada vez que su amigo tucumano la mandaba una provisión a Buenos Aires (Lacoste, 2017).

En los últimos años, investigadores del Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA) y de la Universidad de Tucumán estudiaron distintas características del queso Tafi y generaron numerosas publicaciones científicas de nivel internacional.

Frías Silva, responsable de la empresa El Potrero de Las Carreras que actualmente elabora el tradicional queso de esta región, afirma que este queso se fabrica desde 1718 con una técnica traída por la orden jesuita de la región de la Mancha (España), con la única diferencia de que el queso de Tañí del Valle se hace con leche de vaca y el original español, con leche de oveja (Frías Silva, 2017).

Queso Goya

Su origen está asociado al matrimonio de Bernardo Olivera y Gregoria Morales, él portugués y ella correntina, propietarios de un almacén de ramos generales ubicado sobre las márgenes del río Paraná Miní en las proximidades de la Reducción de Santa Lucía de los Astos, por entonces único sitio de civilización y evangelización de la zona. En el año 1771, a pedido de Olivera, el Real Cabildo de Corrientes le adjudicó un terreno despoblado para la cría de algunos animales. Con la leche obtenida de las vacas, Gregoria Morales, apodada «Doña Goya», comenzó a elaborar un queso duro de mucho sabor que los consumidores llamaron «queso de la de Goya». Las características particulares de este queso fueron atribuidas a la leche que provenía de vacas que comían, principalmente, el fruto de las palmeras Yatay.

Los buques que partían de Buenos Aires hacia Asunción paraban en esta zona y en el almacén de doña Goya, y se proveían de algunos productos entre los que estaba el queso que comenzó a conocerse como Goya, según cuenta la «Historia de Goya». Este hecho hizo que este queso se conociera en el litoral argentino y en Buenos Aires antes que el Queso Tañí.

Lucio Mansilla lo nombra en un episodio de la guerra del Paraguay (1865) en su libro *Una excursión a los indios ranqueles*, donde narra que el cabo Gómez, al regreso de su licencia, lleva al jefe del campamento de Tuyutí un excelente queso Goya (Mansilla, 2006).

El caserío que creció en este lugar fue declarado ciudad de Goya en 1852. El nombre de la ciudad le fue dado como homenaje a doña Gregoria Morales de Olivera (doña Goya), que trascendió por la calidad del queso que elaboraba (Historia de Goya, 2021).

Con el transcurso de los años, el queso fue cambiando y evolucionando. Alrededor del 1924 había diferentes tipos de queso Goya, según su procedencia. Con posterioridad, se trató de reglamentar las particularidades del mismo para que todos puedan llevar esta denominación. Actualmente se elabora en la región pampeana y está reglamentado por el Código Alimentario Argentino (CAA) en el artículo 636 como un queso duro, semigraso de

forma cilíndrica, caras planas, perfil ligeramente convexo y un peso de 3 a 6 kg. Sus principales características son: una textura compacta, quebradiza y desgranable, un aroma bien desarrollado, un sabor salado y algo picante (ANMAT, 2020).

A pesar del tiempo mantiene su calidad, como queda demostrado con las distinciones obtenidas en el Segundo Concurso de Quesos (Mercoláctea, 2005), con oro en categoría queso Goya duro y a su vez el mejor queso industrial del año (Colombres, 2005).

Por primera vez, en 2013, el queso «Goya Adrianita», un queso argentino elaborado por una Pyme, recibe un premio internacional entregado por el Instituto Internacional de Sabor y Calidad de Bruselas (Bélgica) (Todoagro, 2013).

Otros quesos. Los cronistas

Durante la colonia, en simultáneo en distintas regiones del país y con el excedente del consumo de leche, se elaboraban quesos blandos, semiduros y manteca. Estos productos eran de escasa calidad por el procedimiento rudimentario y primitivo que se utilizaba para elaborarlos, por lo que se los destinaba principalmente a la ingesta familiar y los restantes se comercializaban en mercados muy pequeños.

A fin de entender la realidad que se vivía en aquella época, debemos recordar que de la unión cultural y biológica de los pueblos originarios y los conquistadores surgen los criollos, los que dan lugar a dos grupos diferenciados por sus características: los ciudadanos y los gauchos. Los primeros se forman en las ciudades donde encontramos descendientes directos de españoles y criollos; en ellos predominan las costumbres, hábitos e intereses traídos de otro continente, principalmente Europa. Los segundos, los gauchos, forman una población dispersa fuera de las ciudades; su figura se gesta en nuestra pampa con características propias y costumbres peculiares (Gorr y col., 2011).

Cabe recordar que la pampa era un ambiente particularmente favorable para la ganadería, lo que llevó a que Buenos Aires se transforme en un polo de referencia ganadero a nivel mundial. Los cueros y la carne salada se convirtieron en los principales productos de exportación. La sobreadundancia de carne generó un contexto que tendía a desalentar el desarrollo de productos agroindustriales de mayor complejidad y valor agregado. En este contexto, la elaboración de queso no tenía un lugar de importancia.

Más información nos llega a través de la documentación generada por los cronistas, viajeros extranjeros (generalmente europeos) que, por una u otra causa, recorrieron nuestro territorio en el siglo XIX y describieron en informes sus vivencias. Como estaban acostumbrados a consumir quesos, un bien escaso en esos tiempos y en esta región, cuando detectaban su presencia lo incluían en sus crónicas. Desde su visión, un ingeniero inglés inspector de minas de oro y plata, comenta que al gaucho no le disgustaba el sabor de la leche, pero prefería no consumirla antes que realizar las tareas cotidianas de ir a buscarla (Head, 1826). En otro informe se destacaba que cada casa tenía una vaca que estaba al cuidado de la esposa que solo ordeñaba la leche que consumía la familia y que, raramente, se pensaba en elaborar manteca y queso; el gaucho, por otra parte, solo se ocupaba del caballo (Caldcleugh, 1825).

Alejándose de Buenos Aires el panorama era distinto ya que en algunos caseríos se podía encontrar algún tipo de queso. Cuenta Head (1826) que, en una posada de San Luis, una noche de 1824, una aldeana le ofreció lo mejor que tenía en su casa: un enorme queso. Pero era un objeto aislado, sin el entorno que normalmente un europeo esperaba para degustarlo adecuadamente como un recipiente para sostenerlo, un cuchillo para cortarlo, pan y vino para el maridaje gastronómico, entre otros detalles.

Sarmiento nos dejó en *Facundo* el testimonio de que en el año 1810 existía en el país una incipiente y doméstica producción quesera; los quesos se vendían casa por casa o en algunos comercios.

En el año 1825, con la llegada de los vascos y su establecimiento en Ensenada (Buenos Aires) se inicia la explotación del ganado vacuno a fin de obtener leche para abastecer la ciudad.

A mediados del siglo XIX con la gran inmigración, especialmente italiana, española y suiza, fue cuando comenzó un desarrollo intenso de la quesería en el país. En este contexto, en el año 1854, ampliando las fronteras productivas, un grupo de inmigrantes llegó a Tandil con el propósito de desarrollar la industria láctea. En 1888, según la documentación disponible, se instala la primera planta quesera en esta región donde ya se producía manteca y caseína. La industria progresa y, finalizando el siglo XIX, la región ya era reconocida por los quesos, según el autor Pérez (2012), algunos de buena calidad y otros no porque eran extremadamente duros, tanto que se asemejaban al granito.

En 1885 un ingeniero galés instala en Carcarañá, provincia de Santa Fe, una cremería abastecida por un tambo de 1000 vacas Jersey. En ella elaboraba un queso llamado «Carcarañá», muy popular en las últimas décadas del

siglo XIX, al punto de competir con todos sus similares importados, pero sin continuidad en el tiempo (Consumos del ayer, 2012).

En el inicio del siglo XX, la industria láctea se encontraba en una expansión constante. En el Censo Nacional Agropecuario de 1908 se manifiesta que la región de los tambos está acrecentada hasta el infinito. En ella se encuentran establecimientos grandes donde todas las vacas son ordeñadas diariamente y la leche pasa del tambo a la cremería o a la quesería. Con respecto a la manteca podemos decir que la primera exportación se realiza en 1880 con 165 tn, luego se interrumpe para reiniciarse en 1889 con 4 tn; a partir de aquí los valores sufrieron altibajos, aunque aparentemente ya no se interrumpe la exportación.

Las cremerías rurales incorporaron e incrementaron la producción de quesos, principalmente quesos frescos y semiduros similar al Gouda, de buena aceptación. En lo que respecta a los quesos duros tipo Grana se importaban de Italia porque en Buenos Aires estaba instalada la idea de que, por sus características, la leche producida en el país no se adaptaba a estas elaboraciones. Los quesos especiales se importaban de Europa, fundamentalmente de Italia, España, Francia, Holanda y otros países (Daireaux, 1908).

La expansión de la industria láctea argentina

En 1889 se funda en Vicente Casares, partido de Cañuelas, provincia de Buenos Aires, la primera industria láctea Argentina con el nombre de La Martona y a partir de ello esta actividad, con rasgos puramente artesanales, continúa lentamente su expansión. En esa época existía una reducida variedad de quesos nacionales los cuales, cuando mejoraban su calidad, sustituían a los importados. Sin embargo, el hecho de elaborar un queso similar al Grana de origen italiano presentaba tantas dificultades que se llegó a considerar que era irrealizable en el país (De Lorenzi, 1990). Además, se afirmaba que el sabor que caracterizaba los quesos tipo Parmigiano Reggiano y Piacentino provenía del aroma y de ciertas hierbas propias de las praderas italianas que impregnaban a la leche y se transmitía a los quesos. Dichas opiniones fueron quedando en el olvido cuando se incorporaron las tecnologías adecuadas, se comenzó a seleccionar la leche y los queseros adquirieron la habilidad y experiencia necesaria para realizar la elaboración de quesos. Después de pacientes y costosas pruebas surge el queso «Treboliano», el primer queso Grana producido en el país con características comparables a los europeos (Anesí, 1921).

El queso Trebolgiano nace en El Trébol, un pequeño pueblo de la provincia de Santa Fe, cuando los hermanos De Lorenzi proyectan la instalación de una fábrica para procesar la leche producida en sus tambos. Para ello, en 1912 Esteban De Lorenzi viaja a Italia y recorre varios establecimientos observando los adelantos técnicos de la época en la elaboración de queso duro tipo Grana. A su regreso junto a su hermano Victorio comienzan con el proyecto. Para ello, además de adquirir el equipamiento adecuado, contratan un técnico italiano. En 1913 comienzan a producir un queso duro semigraso de textura granulosa que llaman Trebolgiano. Su nombre representa el lugar de producción seguido de la terminación «giano» que para los italianos significa «origen de», es decir que el nombre Trebolgiano significa «queso producido en el Trébol». En el Concurso y Exposición de Productos de Lechería celebrado en 1918 en la ciudad de Buenos Aires recibe su primer gran premio «Campeón» y «Medalla de Oro» del Ministerio de Agricultura. Es digno de destacar que, previamente a la adjudicación, el tribunal visitó la fábrica porque dudaban de la procedencia del producto, ya que sostenían que, por la gran calidad del mismo, se trataba de un queso importado (De Lorenzi, 1990). Luego de un largo período de auge, en el año 1978 la fábrica De Lorenzi es adquirida por la firma Sucesores de Alfredo Williner SA que continúa con la fabricación de este queso (Algaba, 2015).

El incremento de la producción láctea sucedió en dos etapas. En la primera, debido al desplazamiento de las fronteras productivas al incorporar nuevas tierras cultivables y en la segunda, por incorporación de tecnología en la labranza de la tierra en la década del 50.

Hasta la década del 40 la tierra se roturaba y cultivaba con herramientas mayoritariamente tiradas por caballos. La más empleada era el arado de dos o tres rejas que movía, como máximo, un ancho de 80 cm de tierra por pasada; para su empleo se necesitaba, por día de trabajo, entre 18 y 24 caballos que, en grupos de 6 a 8, trabajaban de 3 a 4 h y luego descansaban. Este sistema de labranza exigía que el productor destinara entre el 40 y el 50 % de la tierra cultivable a pradera para alimentación de los equinos. Si bien a partir de la década del 20 comenzaron a incorporarse algunos tractores, estos estaban equipados con ruedas de hierro, eran lentos, de poca potencia, no estaban preparados para trabajar de noche y funcionaban con nafta, un combustible muy caro para la época. A pesar de ello, y en la medida de sus posibilidades, cada productor lo iba incorporando. Hacia el año 1930 ya se habían importado 18261 unidades y en el 1937 el parque existente era de 21254 unidades (Bil, 2009). Estos tractores tenían una mayor capacidad de trabajo porque podían cultivar el terreno a una velocidad constante, ligeramente superior a los equipos tirados por caballos y solo se detenían para cargar combustible.

Finalizando la década del 40, comenzaron a ingresar a nuestro país tractores modernos equipados con motores diesel, adaptados a la maquinaria agrícola (Araneda y col., 2013), de mayor potencia que los existentes y montados sobre ruedas con cubiertas de caucho, lo que permitía trabajar a mayor velocidad arrastrando equipos más grandes. Además, estaban equipados para trabajar 24 h diarias. Esta tecnología llevó a que se reduzcan las tropillas de caballos liberando tierra fértil para la agricultura y la ganadería, incluido los tambos. Así lo reflejan los censos en el número de vacas de tampo; para la provincia de Santa Fe, el número de animales se incrementó de 381 208 (1937) a 1 099 472 (1947), llegando a 1 487 505 animales en 1969 (Censos Nacionales 1937, 1947 y 1969).

Respecto a la producción nacional de leche entre los años 1915 y 1954 se puede observar, en la Tabla 1, el porcentaje de leche destinado al consumo y el destinado a la industrialización.

Tabla 1. Producción nacional de leche en el período 1915–1954, discriminando entre la leche que se destina al consumo y la que se destina a la industria

Período	Total	Consumo		Industrialización	
	Millones de litros	Millones de litros	%	Millones de litros	%
1915/19	1477	845	57,2	632	42,8
1920/24	2144	954	44,5	1190	55,5
1925/29	2136	1114	52,2	1022	47,8
1930/34	2384	1251	52,5	1133	47,5
1935/39	2634	1360	51,6	1274	48,4
1940/44	3519	1577	44,8	1942	55,2
1945/49	3926	1613	41,1	2313	58,9
1950/54	4270	1696	39,7	2574	60,3

Fuente: De Lorenzi, 1990.

En cuanto a la leche destinada a la industrialización, específicamente a la elaboración de quesos, el coagulante mayoritariamente utilizado en la década del 50 era el de ternero mamón en el que la principal enzima es la renina (más de 80%). El crecimiento de la producción mundial de leche y la tendencia, fundamentalmente en América, de no faenar los terneros jóvenes condujo a la falta de coagulante. Frente a esta realidad, en 1964 Chr. Hansen instala una planta en Quilmes para la producción de cuajo a partir de

cuajares de bovino adulto donde la enzima mayoritaria es la pepsina (más de 80%). Este coagulante es más sensible al calor, presenta mayor actividad proteolítica, mayor sensibilidad al pH, coagula más rápido y endurece más lento comparado al producido por el ternero mamón. Por sus características se adaptó bien y rápidamente a las leches argentinas que, por la temperatura ambiental en la región productiva y las condiciones en que se transportaba del tambo a la planta, eran ligeramente ácidas.

A partir de ese momento, la quesería argentina continúa su desarrollo sobre dos pilares básicos como fueron el cuajo de bovino adulto y los fermentos naturales. Si bien ya se disponía en el mercado de fermentos seleccionados, la complejidad que presentaba su activación y propagación en laboratorio limitaba mucho su uso.

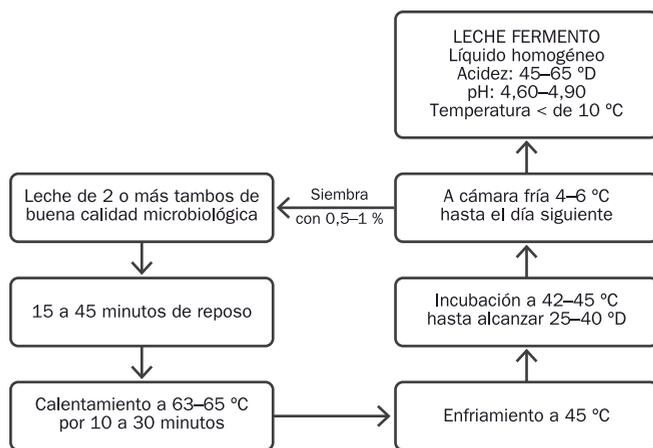
Por la relevancia que tuvieron los fermentos naturales en el desarrollo y la consolidación de todos los quesos de nuestro país y la vigencia que pueden tener en algunos tipos de elaboraciones, se describe la metodología de obtención de la leche fermento y el suero fermento, y algunas de sus características.

La leche fermento se obtiene por selección térmica de la microbiota presente en la leche cruda de buena calidad proveniente de más de un tambo. Para ello, a un volumen de leche se le adiciona fermento del día anterior, se da un tiempo de adaptación a los microorganismos y se realiza el tratamiento térmico (62–65°C durante 10–30 min), luego se enfría a 45°C y se incuba a dicha temperatura. Cuando comienza a desarrollar acidez se la lleva a cámara fría (4–8°C). Se busca que, para la elaboración del día siguiente, se comporte como un líquido homogéneo con una acidez de 45–65°D (figura 1). Por el tratamiento térmico, la microbiota dominante es termófila y al microscopio se observan casi exclusivamente cadenas de cocos (estreptococos).

Este fermento se empleaba en la elaboración de quesos frescos y semicocidos en los que se busca el desarrollo de ojos. Cuando se elaboraba un queso barra (semicocido sin ojos) a la leche fermento se le adicionaba hasta un 30% de suero fermento para cerrar la masa.

Aunque fue elogiada por la resistencia a los fagos, su bajo costo y por el aporte de notas sensoriales particulares que impartía a los quesos, la variabilidad en la composición microbiana dificultaba la estandarización de los tiempos de elaboración.

Con el fin de mantener un fermento que aporte bacterias lácticas y acidez, las grandes industrias comenzaron a reemplazarla con un fermento semidirecto que aporta cepas de bacterias lácticas seleccionadas con propiedades tecnológicas conocidas y constantes en el tiempo. Este fermento se prepara con leche calentada en la planta (80–85°C por 20–30 min) y un



Fuente: Meinardi (no publicado).

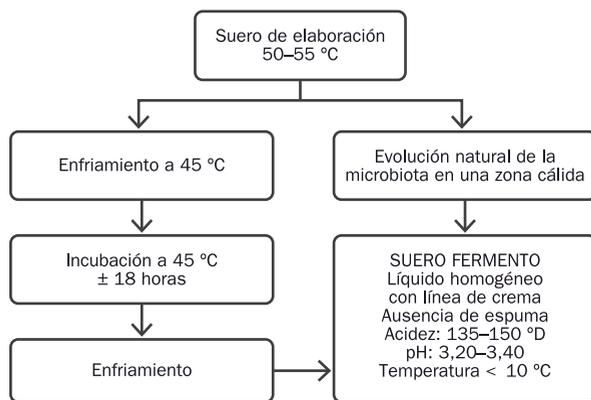
Figura 1. Esquema de elaboración de leche fermento

fermento seleccionado, que al principio se activaba y propagaba en laboratorio. Más recientemente, se dispone de sobres con mezclas de cepas liofilizadas que, sin repique previo, se agregan directamente en el tanque de fermento semidirecto.

El suero fermento resulta de una selección de la microbiota realizada en base a parámetros tecnológicos aplicados a una elaboración casearia. Para ello, el suero de una elaboración de queso duro que se encuentra a una temperatura de 50–55 °C se trasvasa, evitando la formación de espuma, al recipiente donde se dejará acidificar. La temperatura de incubación puede evolucionar naturalmente o se enfría a 45 °C y se lo mantiene a temperatura constante; cuando su acidez alcanza unos 130 °D se envía a cámara fría en espera de su utilización en la próxima elaboración (figura 2). La microbiota dominante es termófila y al microscopio se observan casi exclusivamente bacilos. Normalmente, es empleado como fermento en la elaboración de quesos duros y cocidos.

Al momento de su uso, un suero fermento debe tener una línea de crema con ausencia de burbujas y cuando se trasvasa no debe formar espuma. Si eso ocurriera estaría indicando una elevada concentración de levaduras que podrían producir un hinchamiento precoz de los quesos elaborados.

En la década del 80 irrumpió en el mercado un coagulante producido por microorganismos modificados genéticamente, capaces de producir renina al 100 %, y fermentos seleccionados de adición directa en tina. La renina, que está menos influenciada por la acidez, el mejoramiento de la calidad de la leche por la incorporación del frío en tambo y los fermen-



Fuente: Meinardi (no publicado).

Figura 2. Esquema de elaboración de suero fermento

tos directos que no aportaban acidez inicial fue la trilogía óptima para las elaboraciones con coagulación predominantemente enzimática, como para los quesos frescos y semicocidos.

Por otra parte, la pureza de las reninas producidas por fermentación llevó a que el suero fermento, por falta de nutrientes, acidificara más lentamente y no alcanzara la acidez correcta para la elaboración del día siguiente (Alonso y col., 2001; Meinardi y col., 2002). Frente a esta dificultad se plantearon dos alternativas de elaboración: continuar trabajando con coagulantes obtenidos por extracción de la enzima de cuajares de bovinos (mamones o adultos) o utilizar un fermento seleccionado para queso duro y acidificar con un ácido orgánico como el láctico o el cítrico, entre otros, e incluso por inyección de dióxido de carbono.

Los quesos elaborados con fermentos seleccionados se caracterizan por presentar una masa blanca, mientras que los elaborados con suero fermento tienen un color amarillento característico, semejante a la paja de trigo maduro.

En el presente capítulo se realizó una revisión acerca de cómo se adoptó en América la metodología de elaboración y consumo de quesos, una costumbre ancestral proveniente de otro continente. Su evolución en Argentina y los desarrollos tecnológicos más recientes, acompañados por el mejoramiento de la calidad de la leche y los nuevos desarrollos en materia de coagulantes y fermentos, impulsaron un incremento de la producción y la calidad de los quesos que llevaron a nuestro país a ser un referente en América Latina.

Referencias bibliográficas

- Algaba, F. (2015).** Historia del queso Trebolgiano. <https://diariolaopinion.com.ar/contenido/246265/historia-del-queso-trebolgiano>
- Alonso, A.; Meinardi, C. & Zalazar, C. (2001).** Incidencia del tipo de coagulante sulla cinetica d'acidificazione del siero innesto. *Scienza e Tecnica Lattiero Casearia*, 52, 127–136.
- Anesí, C. (1921).** Informe de Victorio y Esteban De Lorenzi y Cía. Establecimiento para la fabricación especial de Queso de Grana «Trebolgiano». Anesí, C. P (estudio y comp.). Buenos Aires.
- Araneda, D.; Aravena, D. (...) Sepúlveda, R. (2013).** Motores Diesel. Pag 3. <https://es.slideshare.net/mark/pdf-motores-diesel>
- Bil, D. (2009).** Pag. Argentina (1870–1940). *Cuadernos de Historia, Serie Ec. y Soc.* (11), 7–32. CIFYH–UNC, Córdoba 2009.
- Caldcleugh, A. (1825).** *Travels in South America during the years 1819–20–21*, 1, 225. Murray. London, Reino Unido.
- Colombres, M. (2005, 14 de mayo).** Premios a la máxima calidad en quesos. *La Nación*. <https://www.lanacion.com.ar/economia/premios-a-la-maxima-calidad-en-quesos-nid704167/>
- Daireaux, G. (1908).** La estancia argentina. En *Censo Agropecuario Nacional*.
- De Lorenzi, Esteban M. (1990).** «La fábrica». La industria láctea. *El trébol. dinámica de un pueblo* (pp. 131–134). Editorial.
- Gálvez Abadía, A. (1995a).** El consumo de la leche en diferentes culturas. Una visión antropológica. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 1, 46–49.
- Gálvez Abadía, A. (1995b).** El consumo de la leche en diferentes culturas. Una visión antropológica (II parte). *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 2, 31–37.
- Gorr, M. y Gorr, V. (2011).** *Acerca de nosotros*.
- Gorr, M. y Meinardi, C. (2001).** Historia de la Lechería en la Provincia de Santa Fe. *Jornadas de Historia de la Provincia de Santa Fe*. 9–11 de agosto de 2001. San Lorenzo. Argentina.
- Gorr, M. y Meinardi, C. (2010).** La Industria Lechera en la Región Pampeana, su origen y estado Actual. Tercer Encuentro Interdepartamental: «Hacia un reconocimiento de la Historia de los Pueblos y Ciudades de la Provincia de Santa Fe y de la Región Pampeana». 12 de junio de 2010. Casilda. Santa Fe.
- Head, F. B. (1826).** Rough notes taken during me rapid journey's across the pampas and among the Andes (p. 22). Murray.
- Lacoste, P. (2017).** Revisión: El queso de Taffí del Valle y el despertar de la cultura del queso en Argentina. *Idesia*, 35(1) (Arica). https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292017000100013
- Mansilla, L. V. (2006).** *Una excursión a los indios ranqueles*. EDICOL (Editorial Cooperativa de Libreros).
- Meinardi, C.; Alonso, A. (...) Zalazar, C. (2002).** Influence of milk-clotting enzyme on acidification rate of natural whey starters. *International Journal of Dairy Technology*, 55, (3), 139–144.
- Ottogalli, G. (2001).** *Atlante dei Formaggi*. Editore Ulrico Hoepli Milano (Italia).
- Parish, W. (1852).** *Buenos Aires y las provincias del Río de la Plata* (Trad. por Justo Maeso). Hachette.
- Peña de Bascary, S. (1986).** Compañía de Jesús. Aporte para el estudio del acrecentamiento de propiedad en la provincia de Tucumán. *Boletín Museo Casa*.
- Pérez, D. (2012).** El origen de los famosos quesos del Tandil. <http://historicus-daniel.blogspot.com/2012/10/los-famosos-quesos-del-tandil.html>

Fuentes

ANMAT (2020). Alimentos Lácteos. Capítulo VIII. <http://https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>

Frías Silva, Inés (2017). <https://www.oviespana.com/Articulos/281833-El-queso-manchego-tiene-un-descendiente-argentino-con-leche-de-vaca.html>

Historia de Goya. <https://www.welcomeargentina.com/goya/historia.html>

ILOLAY@2020. <http://www.ilolay.com.ar/HistoriaOrigenesQuesos.aspx>

Queso Goya (2020). Una historia nacida a orillas del río Paraná <https://vinosypasiones.com/2020/01/08/queso-goya-una-historia-nacida-a-orillas-del-rio-parana/>

Quesos siglo XIX (2021). <http://consumosdelayer.blogspot.com/2012/01/carcarana-el-primer-queso-argentino.html>

Todoagro (2013). <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=24546>

2. Importancia de la quesería argentina

Erica Hynes y Claudia Vénica

En este tema se abordarán los aspectos relacionados con la producción mundial de leche y quesos, la importancia de la producción en Argentina, volumen de producción destinada a quesos, y porcentaje de producción y consumo.

Argentina como productor de leche y queso.

Contexto mundial y regional

La producción lechera mundial manifiesta desde el 2000 un crecimiento sostenido del 2% anual y alcanzó casi 906 millones de toneladas en 2020, impulsada por aumentos de la producción en todas las regiones geográficas, excepto en África, donde se mantuvo estable. Los aumentos en el volumen de leche fueron más altos en Asia, seguidos por Europa, América, Oceanía y América Central y el Caribe. Históricamente, Estados Unidos fue el principal productor, solo superado por el conglomerado de países que componen la Unión Europea. Sin embargo, en la actualidad la India es el mayor productor mundial de leche, con 195 millones de toneladas y un incremento interanual del 2%, superando a la Unión Europea, que se encuentra en segundo lugar y seguido por Estados Unidos, China y Rusia. Dentro de los principales 15 países productores de leche fluida, Argentina ocupó en el 2020 el 10° lugar con alrededor de 10 millones de toneladas y con una suba

del 2 % en relación con el año anterior (www.ocla.org.ar; www.fas.usda.gov; FAO, 2021). En un contexto comercial, en el año 2019 China y Alemania fueron los mayores importadores y Nueva Zelanda fue el mayor exportador de leche del mundo (www.fao.org).

En América del Sur, la producción de leche se expandió un 2 % en 2020, impulsada por una mayor producción en Argentina, Brasil, Chile y Uruguay, parcialmente compensada por una disminución en Venezuela. En Argentina, la producción de leche aumentó a un mayor ritmo de lo que se esperaba, probablemente impulsada por cambios en los sistemas de producción primaria (alimentación) y un aumento de la demanda interna y externa. Los precios minoristas congelados ayudaron a mantener la demanda pero disminuyeron las ganancias de los productores tamberos. Esta medida se vio parcialmente contrarrestada al permitir leves aumentos de precios minoristas, estabilizando la producción (FAO, 2021). Por otro lado, Brasil ha emprendido un plan de expansión y crecimiento con promoción del desarrollo de la cadena lechera, lo que explica que desde hace seis décadas se mantiene un crecimiento lineal en la producción de leche. Particularmente, en las últimas dos décadas el país virtualmente duplicó su producción de leche, lo que contrasta con la tendencia Argentina de mantenimiento o leves modificaciones de la producción. Este crecimiento de Brasil ha modificado el perfil de producción lechera de los países del cono sur de América.

La lechería Argentina ha experimentado grandes oscilaciones en las últimas tres décadas (figura 1).

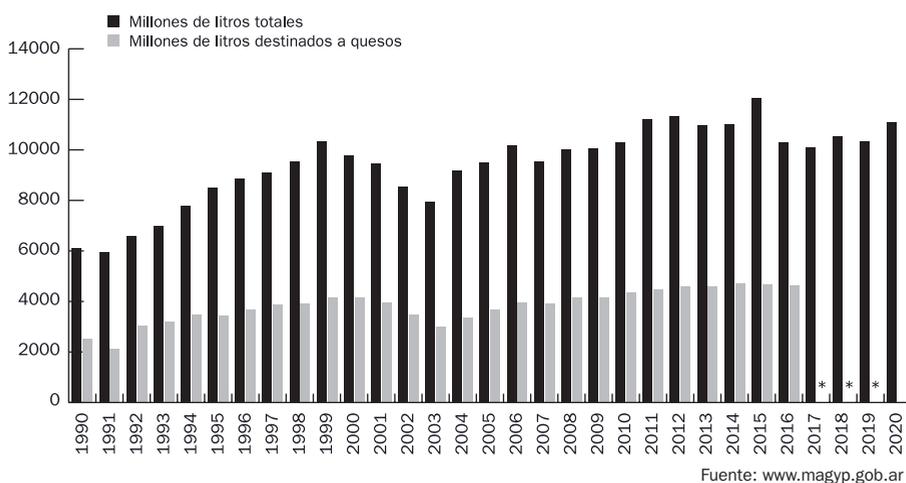


Figura 1. Volumen de leche total y destinado a quesos por año en Argentina.

* Sin datos.

En el período 1991–1999 se produjo un crecimiento sostenido de la producción (6% en promedio) alcanzándose el récord histórico en 1999 con 10 329 millones de litros; este volumen de producción representó un 2,2% del volumen mundial (en el año 1970 el volumen producido representaba un 1,2%). Luego manifestó una fuerte caída hasta 2003 (7951 millones) como consecuencia de la recesión económica, la devaluación de la moneda nacional y la competencia de los cultivos extensivos, como la soja. A partir de allí, la producción comenzó nuevamente a aumentar hasta superar la marca de los 10 000 millones de litros en 2006 y alcanzando un nuevo récord en 2015 (12 061 millones de litros) la que se mantuvo sin grandes modificaciones hasta 2020 con 11 113 millones de litros; este volumen representó a nivel mundial un 1,6% (www.magyp.gob.ar, www.ocla.org.ar). Estos volúmenes se alcanzaron gracias a la existencia de aproximadamente 8700 tambos donde se obtienen en promedio, 27 millones de litros de leche por día.

La mayor parte de la leche producida en nuestro país se procesa en industrias lácteas concentradas en 6 provincias: Buenos Aires (44%), Santa Fe (28%), Córdoba (15%), Entre Ríos (9%), La Pampa (3%) y Santiago del Estero (1%). Asimismo, entre el 60 y 70% de la leche es industrializada por grandes industrias, mientras que el resto se procesa por Pymes y Mipymes (MAGYP, 2019).

Alrededor del 25% de la producción mundial de leche se destina a la elaboración de quesos, que alcanzó un volumen global de 22 millones de toneladas en el 2018 y se estima un crecimiento anual del 1,2% (www.fao.org/faostat; OECD/FAO, 2020). En el año 2020, el comercio internacional de quesos se expandió impulsado por la persistente demanda de los mercados emergentes, alcanzando los 2,8 millones de toneladas. Esta expansión se mantuvo por quinto año consecutivo, respaldado por la continua y sólida demanda de importación de varios países, especialmente la Federación de Rusia, Irak, China y la República de Corea (FAO, 2021).

Argentina es un país quesero, si bien en las últimas décadas su posición relativa ha variado. Se mantuvo siempre entre los primeros 15 países del mundo con mayor producción. En el 2018 Argentina se encontró en el 9° lugar en el ranking mundial con una producción del 2% del volumen total, superado por EE. UU., Francia e Italia, los que en conjunto absorbieron el 42% (www.fao.org/faostat). Alrededor del 40% de la leche producida en Argentina se destina a la actividad quesera, que ocupa el primer lugar de destino de la leche (figura 1) seguido por las leches en polvos y fluidas (www.ocla.org.ar; www.magyp.gob.ar). En sintonía con la producción de leche, Argentina viene experimentado un crecimiento fluctuante en la producción de quesos en los últimos años. Alrededor del 89% de las plantas lácteas elaboran quesos y el 50% de ellas son Micro-pymes (Ministerio de Agroindus-

tria, 2019). En 2001 la producción de quesos fue de 430 955 toneladas; en el año 2015 ha experimentado un pico con 618 281 toneladas para luego disminuir ligeramente en 2020 (567 302 toneladas). El consumo también se incrementó: en 2003 fue de 8,3 kg/habitante mientras que en el 2016 se encontró en 11,8 kg/habitante. El mercado doméstico siempre fue muy importante y se desmarca del resto de los países de la región por el elevado consumo de queso per cápita, comparable con países de arraigada tradición quesera o alto volumen de producción, como España, Australia, Canadá, Francia, Italia y Estados Unidos, y muy superior al de otros países latinoamericanos como Brasil (5,5 kg/habitante en 2019) (www.ocla.org.ar). A nivel de detalle por pasta, desde 2010 hasta 2016 en promedio el 44 % del total producido fue representado por los quesos semiduros, el 37 % por los blandos y el 19 % por los quesos duros (www.magyp.gob.ar).

Si bien las exportaciones lácteas cayeron significativamente desde 2012 y la utilización de la capacidad instalada de esta industria fue solo del 50 % en 2019, la industria quesera local tiene reales oportunidades de reactivarse e incrementar su acceso a mercados externos porque ya lo ha hecho en el pasado, porque produce con calidad internacional y porque el mercado interno es fuerte y tracciona la producción. En particular, la exportación de quesos en 2017 se ubicó en tercer lugar (19,5 %) en comparación con la leche en polvo y el suero en polvo (40,2 % y 23,7 %, respectivamente), que fueron los productos más exportados. Alrededor del 11 % de la producción de quesos fue al mercado externo; de ese total solo el 1,2 % fue de quesos blandos, fundidos y rallado, el 3,1 % fue para duros y el 15,2 % para semiduros; dentro de estos últimos el Mozzarella lleva el primer lugar con una participación del 10,5 %. El volumen exportado de quesos tuvo un pico en 2011 (63 513 toneladas), luego presentó fluctuaciones y en 2017 el valor fue de 44 203 toneladas (www.magyp.gob.ar).

La industria quesera argentina también se caracteriza por su diversidad de productos, un atributo positivo en comparación con otros países queseros como Nueva Zelanda, Irlanda o Estados Unidos, grandes productores pero con un mercado limitado a pocas variedades, casi exclusivamente Cheddar y Mozzarella de baja humedad. La fortaleza de la industria quesera nacional no implica que el camino esté libre de problemas y desafíos. Si bien la industria láctea argentina ha sido desde sus orígenes competitiva e innovadora, es necesario reforzar estas características, impulsando el crecimiento de actividades de investigación y desarrollo dirigidas a incrementar la producción, mejorar la calidad y desarrollar productos nuevos e innovadores con valor agregado, sumando asimismo a las numerosas PYMES lácteas a alcanzar altos estándares de calidad, lo que finalmente impactaría en el desarrollo económico del país.

Fuentes

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2021). Dairy market review: Overview of global dairy market developments in 2020, April 2021. Rome.

MAGyP, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2019). Relevamiento y evaluación de la competitividad de la industria láctea argentina 2016–2018.

Ministerio de Agroindustria (2019). Relevamiento y evaluación de la competitividad de la industria láctea argentina, 2016–2018. Dirección Nacional Láctea.

OECD/FAO (2020). OECD–FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2020–2029. Dairy and dairy products. Cap. 7 (pp. 174–183). <http://www.fao.org/3/ca8861en/Dairy.pdf>

<http://www.fao.org/>

<https://datos.magyp.gob.ar>

<https://www.fao.org/faostat>

<https://www.ocla.org.ar>

3. Leche destinada a quesería

Carlos Meinardi, Claudia Vénica, Paula Giménez, Diego Mercanti,
Ayelén Vélez, Guillermo George, Ma. Cristina Perotti y Carina Bergamini

La leche destinada a quesería debe tener una composición química equilibrada y sus parámetros, físicos y microbiológicos, deben encontrarse dentro de los valores normales establecidos para cada especie (bovino, ovino, caprino, bubalino, etc.). Además, en presencia del cuajo, debe formar un coágulo homogéneo que tenga una deshidratación controlada y permita el desarrollo de los microorganismos del fermento. De esta manera, el queso llegará a salmuera con la humedad y la acidez adecuada para iniciar la maduración. Para evitar dificultades en la elaboración de quesos se deben realizar controles periódicos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Previo a la elaboración, la leche normalmente es sometida a distintos tratamientos físicos asociados al tipo de queso a elaborar. Los más habituales son: ajuste de la relación materia grasa/proteína a través de un descremado parcial, concentración de las proteínas por tecnología de membrana o agregado de proteínas lácteas en polvo, pasteurización a fin de eliminar todos los microorganismos patógenos y reducir la microflora total, y afloramiento, bactofugación o microfiltración para reducir el número de esporos y la carga microbiana total. Particularmente, para algunas variedades de quesos, algunos países permiten el agregado de ciertos conservantes como agua oxigenada, formaldehído, lisozima, etc. En Argentina se permite el uso de lisozima, nitratos de sodio o potasio y ácido sórbico.

En este capítulo se abordará una descripción general sobre las características, algunos métodos de evaluación de la calidad, procesos de saneamiento y formas de normalización de la leche destinada a la elaboración de quesos.

Calidad de la leche como materia prima

El Código Alimentario Argentino (CAA, artículo 554, cap. VIII) define la leche de la siguiente manera:

Con la denominación de Leche, sin calificativo alguno, se entiende el producto obtenido por el ordeño total e ininterrumpido, en condiciones de higiene, de la vaca lechera en buen estado de salud y alimentación, proveniente de tambos inscriptos y habilitados por la Autoridad Sanitaria Bromatológica Jurisdiccional y sin aditivos de ninguna especie. La leche proveniente de otros animales, deberá denominarse con el nombre de la especie productora (Código Alimentario Argentino, 2020).

La leche, principal materia prima en una elaboración quesera, se somete a un conjunto de transformaciones físicas, químicas y bioquímicas orientadas a la formación de una cuajada, la que experimentará una equilibrada deshidratación y una correcta maduración. Para que ello sea posible, la leche debe ser reactiva al cuajo y formar un coágulo homogéneo con buena capacidad de sinéresis, es decir, que bajo agitación y manteniendo la integridad de los granos de cuajada, se elimine adecuadamente el suero de manera de que este llegue al molde con la humedad requerida para cada tipo de queso. Además, tanto la leche como la cuajada deben ser sustratos adecuados para el desarrollo de los fermentos de manera que los mismos puedan dominar el medio, impedir el desarrollo de la microflora contaminante no casearia y acidificar la cuajada hasta el pH requerido al ingreso del salado. Para garantizar estos parámetros, generalmente es necesario un trabajo integrado entre los profesionales de la industria y los de producción primaria, sea en sanidad animal y/o extensión agropecuaria, porque los problemas que se detectan en la planta solo pueden ser diagnosticados si se conoce el manejo minucioso del tambo y los hábitos del tambero.

Composición de la leche para quesería

La secreción producida por la glándula mamaria inmediatamente luego del parto se denomina calostro, el cual es un líquido amarillento, viscoso y de reacción ácida. La función del calostro es proporcionar a la cría los nutrien-

tes necesarios para su crecimiento y proveer de inmunidad pasiva para la defensa frente a enfermedades, a través de las inmunoglobulinas. Su composición se caracteriza por un elevado contenido de proteínas del orden del 15 % (3 % de caseína, 4 % de albúminas, 8 % de globulinas), grasa 6,7 %, sales 1,2 % y lactosa 2,5 %, pero su composición cambia rápidamente con el correr de las horas (Kehoe y col., 2007; Puppel y col., 2019). El calostro no es idóneo para la industrialización porque coagula por calentamiento, coagula mal o no coagula por la acción del cuajo y, fundamentalmente, porque inhibe el desarrollo de los fermentos debido a su elevada concentración de inmunoglobulinas. Se sabe que el calostro de una vaca mezclado con la leche producida por otras veinte o más, puede generar significativos problemas en una elaboración quesera.

Entre el quinto y sexto día luego del parto, la secreción de la glándula mamaria ya presenta las características propias de una leche madura, cuya composición promedio es 3,5 % de proteínas (caseína: 2,35 %, albúminas: 0,45 %, globulinas: 0,70 %), 3,60 % de grasa, 0,75 % de sales y 4,50 % de lactosa. En la Tabla 1 se muestran las distintas fracciones proteicas de la leche y su concentración (Bylund, 1996; Guinee y O'Brien, 2010; Skeie, 2010).

Particularmente, las proteínas cumplen un rol fundamental en la leche para quesería. Una leche de calidad aceptable debe tener un contenido proteico alrededor de 3,2–3,5 %. Valores de proteínas menores del 3 % generan un coágulo débil y mayores pérdidas de grasa en el suero.

Tabla 1. Concentración de las diferentes proteínas de la leche

Tipo de proteína	Concentración (g/100 g)
Caseína	2,60
α s1-caseína	1,00
α s2-caseína	0,26
β y λ-caseína	1,01
k-caseína	0,33
Proteínas de suero	0,63
α-lactoalbúmina	0,12
β-lactoglobulina	0,32
Albúmina del suero sanguíneo	0,04
Inmunoglobulinas	0,07
Otras (incluyendo peptona–proteasa)	0,08

En condiciones normales, la composición de la leche es susceptible a variaciones periódicas que pueden afectar su aptitud casearia. Entre los principales factores se pueden mencionar (Skeie, 2007; Abd El-Gawad y Ahmed, 2011):

- Fisiológicos: evolución del volumen y la composición durante el ciclo de lactación.
- Alimentarios: influencia del nivel energético y la composición de la ración.
- Climáticos: estación y temperatura.
- Genéticos: variaciones raciales e individuales, herencia, efectos de la selección.
- Zootécnicos diversos: asociados al manejo del rodeo y a la forma de ordeño.

La complejidad de los factores y sus interrelaciones resultan difíciles de estudiar independientemente. Se ha reportado que el tenor en proteína está ligado en un 60% a la herencia y un 40% a los factores ambientales y nutricionales, mientras que el volumen producido está relacionado en un 25% a la herencia y un 75% a la alimentación y las condiciones ambientales. También se ha señalado que la materia grasa puede variar en días sucesivos entre 7 y 8% con valores extremos del 5 al 20% y el volumen puede tener una variación diaria entre 5 y 6%, pero puede llegar a valores extremos del 3 al 12% (Alais, 2003).

La lactosa y las sustancias nitrogenadas varían mucho menos, no más del 2,5%. Parecería que las fluctuaciones son independientes entre sí, pero no se sabe si estas variaciones se deben al sistema secretor o son reflejos de algunos de los factores nombrados.

El volumen de leche producido por un animal se va incrementando durante el primer mes de lactación. A los 30–45 d de lactación se alcanza la máxima producción que, con una pequeña disminución, se mantiene hasta el séptimo mes, a partir del cual comienza a caer rápidamente. Esta evolución puede variar por factores «internos» (individuo o raza) o «externos» (alimentación, enfermedad de la ubre, sistema de ordeño, condiciones climáticas).

Las variaciones en la composición de la leche a lo largo del ciclo de lactación se deben a que los componentes mayoritarios de la leche no evolucionan de la misma manera. El animal, después del parto, tarda entre 25 y 30 d para alcanzar la plena capacidad en la producción de leche y lactosa, mientras que alrededor de las dos semanas de lactación se alcanza la máxima producción de caseína y materia grasa. La concentración de lactosa disminuye muy poco pero progresivamente durante la lactancia, mientras que la grasa y la proteína comienzan a concentrarse porque su síntesis disminuye más lentamente que el volumen de leche producido (Fox, 2017).

Considerando constantes las demás variables, la producción de leche aumenta en cada ciclo hasta la quinta lactación y luego se mantiene constante o decrece lentamente. Después de la onceava lactación puede disminuir bruscamente en los animales criados a campo. En zonas arenosas, el desgaste prematuro de los dientes puede disminuir la vida útil de la vaca lechera. Por lo general, la leche se empobrece en sus componentes a partir de la quinta o sexta lactación.

El contenido de materia grasa de la leche se eleva en el curso del ordeño desde 1,5 % al principio hasta 10 % al final (Fox, 2017); de esta manera, una leche de un ordeño incompleto es una leche parcialmente descremada. La leche retenida en la ubre tiene un efecto inhibitor sobre la secreción; después de un ordeño completo normalmente queda del 10 al 20 % de leche retenida, que solo se puede poner en evidencia inyectando oxitocina por vía venosa.

Actualmente se están encontrando leches con baja acidez (hipoácidas), generalmente asociadas a animales de alta producción lechera. La menor acidez se debe, en parte, a una disminución de la caseína, pero fundamentalmente está relacionada a un desequilibrio salino con una disminución del fósforo. Desde el punto de vista tecnológico, estas leches son complicadas ya que el menor contenido de caseína provoca una disminución del rendimiento quesero y el menor contenido de fósforo afecta la velocidad de acidificación debido a su efecto *buffer*. Al ser menos ácida, en la elaboración se tiende a agregar más fermento, pero como la leche está menos tamponada acidifica más rápidamente y los valores de acidez alcanzados al final de la elaboración, por lo general, son muy elevados y en poco tiempo se pasa de una leche de baja acidez a una leche ácida y descontrolada. Las causas por las cuales aparece la leche hipoácida no se conocen con exactitud, pero influye la selección de los animales (aparecen potenciadas en buenas productoras), la alimentación, entre otras (Mariani, 1989).

En una leche para quesería comúnmente se aceptan valores de acidez comprendidos entre 13 y 19 °D, considerando valores de 13 y 14 °D como bajos y de 17 a 19 °D como altos. Leches con acidez superior a 19 °D no deberían utilizarse porque afectan negativamente la tecnología, y la maduración puede conducirse por caminos imprevisibles.

Si el animal no se ordeña o no se ordeña completamente, la leche retenida modifica rápidamente su composición por reabsorción de los componentes principales. Esto siempre produce inflamaciones que favorecen las infecciones de las mamas. A las enfermedades de las glándulas mamarias se las conoce genéricamente como mastitis. Se manifiestan con un incremento de las células somáticas (CS) y sus consecuencias son una disminución en

la producción lechera, una marcada modificación en su composición y un comportamiento caseario y fermentativo anormal (Skeie, 2007). Los niveles normales de CS en leches de buena calidad deben ser menores a 100 000 CS/ml (Skeie, 2010). Estas células se incrementan en la leche por diferentes motivos:

- La presencia de infección, aguda o crónica. Estos estados son denominados mastitis clínica (niveles de 10^6 CS/ml) o subclínica (niveles de $2,5 \times 10^5$ a 4×10^5 CS/ml) y se manifiestan, además, con un marcado incremento de los glóbulos blancos (Guinee y O'Brien, 2010).
- La presencia de inflamación, latente, crónica o aguda, con o sin infección.
- La edad del animal. Luego de la cuarta lactación se nota un aumento de las células epiteliales.
- Una alimentación de baja calidad, raciones mal balanceadas, exceso de proteínas, defecto de fibras y de sustancias secas, desequilibrio de minerales, etc.
- Las modificaciones estructurales a nivel de explotación y los factores estresantes (cambios repentinos de temperatura, cambios de rutina de ordeño, etc.). Cuando el animal se acostumbra a nuevas condiciones, las células disminuyen.
- El ordeño mecánico asociado a un funcionamiento defectuoso de la ordeñadora o a un manejo inadecuado (subordeño o sobreordeño). Además, cuando aparece un animal con mastitis, por lo general, es un vínculo de contagio.

Inicialmente, las infecciones se debían en su mayoría a *Streptococcus agalactiae*, que se desarrolla casi exclusivamente en la ubre. Su control era relativamente sencillo, pero el uso masivo de distintos antibióticos condujo a que un gran número de microorganismos resistentes a los mismos empezaran a generar infecciones. Entre estos microorganismos se encuentran *Pseudomonas* y *Staphylococcus*, los cuales ya no están confinados a la ubre dado que pueden desarrollarse en otras partes de la vaca, en el tambo e incluso en otros animales. Con esta evolución aparecen problemas tecnológicos porque estos microorganismos aportan exoenzimas proteolíticas y lipolíticas (*Pseudomonas*) o toxinas (*Staphylococcus*), que son termoestables y que quedan incorporadas en la leche.

Entre las modificaciones más significativas de la composición causadas por la mastitis, se encuentra: la disminución de la materia grasa, proteínas totales, caseínas, fósforo, calcio y la estabilidad térmica. Se destaca un incremento de las proteínas solubles, inmunoglobulinas, sodio, cloruros, catalasas y lipasas (Guinee y O'Brien, 2010). Además, las leches se tornan alcalinas (pH iguales o superiores a 7). Cabe destacar que las inmunoglobulinas ejercen una acción inhibitoria sobre los fermentos y las lipasas actúan sobre la

materia grasa produciendo compuestos que otorgan un sabor picante y atípico en los quesos maduros.

El cambio de las relaciones entre albúminas y globulinas por un lado, y entre proteínas coagulables y las del suero por otro, parece tener mucha influencia en la poca estabilidad de estas leches al calentamiento. Por lo tanto, no son idóneas para la elaboración de dulce de leche y leches esterilizadas.

Estas alteraciones en la composición comprometen la aptitud casearia de la leche, ya que afectan la consistencia del coágulo, el tiempo de coagulación, el desuerado e incluso el desarrollo de los fermentos. La caseificación de la leche donde interviene una parte de leche mastítica, lleva a obtener una cuajada «flaca», sin nervio, no idónea, porque el desuerado y la acidificación no evolucionan conjuntamente. La cuajada, además de ser débil, tiende a formar partículas finas que se concentran en distintas zonas del queso (Guinee y O'Brien, 2010). Estas zonas eliminan suero con mayor dificultad y cuando quedan en superficie en el moldeo, dan origen a manchas blancas y húmedas en el período previo al salado. En el estacionamiento de quesos duros este defecto se manifiesta como zonas de la superficie que exudan constantemente. Por lo general no se desarrollan mohos y, en casos extremos, toda la superficie del queso puede tomar estas características. En quesos semiduros se pueden producir grietas en esas manchas. Cuando los finos se concentran en el interior, en los quesos con ojos se manifiestan como zonas con ojos pequeños y abundantes, y en quesos de pasta cerrada como defectos de textura. El aroma y el sabor son atípicos dado que en esas zonas quedó retenido suero.

La presencia de mastitis afecta directamente a la producción primaria ya que disminuye el volumen de leche producida, pero también afecta a la industria ya que esta leche es más difícil de trabajar, el rendimiento quesero es menor y la calidad del producto podría disminuir (Abd El-Gawad y Ahmed, 2011).

En la Tabla 2 se muestran los resultados de estudios desarrollados en Italia en los que 10 queserías llevaron a cabo 10 elaboraciones de queso Parmigiano Reggiano en un período de 2 años empleando leches con dos niveles de CS (4×10^5 CS/ml y más de 4×10^5 CS/ml), y se analizó el efecto sobre el rendimiento quesero (Costanzo y col., 2015). En el primer nivel, el menor recuento fue de $1,2 \times 10^5$ CS/ml y el mayor $3,4 \times 10^5$ CS/ml, con un valor medio de $2,3 \times 10^5$ CS/ml, mientras que, para el segundo nivel, el menor recuento fue de 4×10^5 CS/ml y el mayor $8,9 \times 10^5$ CS/ml con un valor medio $5,4 \times 10^5$ CS/ml.

Tabla 2. Composición media de la leche utilizada a lo largo de 2 años en 10 queserías que realizaron 10 elaboraciones de queso Parmigiano Reggiano trabajando con dos niveles de contenido de células somáticas (CS)

Parámetro	≤ 4x10 ⁵ CS/ml		≥ 4x10 ⁵ CS/ml	
	Tarde	Tina	Tarde	Tina
Proteína (g/100 g)	3,18 ± 0,10	3,30 ± 0,13	3,06 ± 0,21	3,21 ± 0,36
Grasa (g/100 g)	3,70 ± 0,20	2,75 ± 0,16	3,61 ± 0,25	2,68 ± 0,16
CS (1000/ml)	233 ± 66	146 ± 33	538 ± 136	259 ± 24
Caseína (g/100 g)		2,57 ± 0,12		2,43 ± 0,16
Acidez °SH/50 ml		3,34 ± 0,15		3,16 ± 0,15
pH		6,71 ± 0,05		6,77 ± 0,05
Grasa en suero (g/100 g)		0,45 ± 0,07		0,53 ± 0,07
Proteína en suero (g/100 g)		0,88 ± 0,04		0,85 ± 0,07

Tarde: leche de la tarde anterior; Tina: mezcla de la leche de la tarde anterior y leche de la mañana.
Fuente: Costanzo y col., 2015.

Tabla 3. Rendimiento de la leche con dos niveles de contenido de células somáticas (CS), cuando se utilizan para la elaboración de queso Parmigiano Reggiano

Rendimiento (kg/100 kg leche)	≤ 4x10 ⁵ CS/ml	≥ 4x10 ⁵ CS/ml
24 horas	(10) 8,68 ± 0,52	(10) 8,02 ± 0,47**
6 meses	(10) 7,89 ± 0,52	(10) 7,28 ± 0,52**
18 meses	(6) 7,54 ± 0,55	(6) 6,88 ± 0,52*
24 meses	(6) 7,39 ± 0,46	(6) 6,74 ± 0,47*
24 meses (base seca)	(6) 5,02 ± 0,44	(6) 4,60 ± 0,34*

Entre paréntesis: número de elaboraciones muestreadas.

Los valores de la misma fila difieren significativamente: *P ≤ 0,05; **P ≤ 0,01

Fuente: Costanzo y col., 2015.

Para las elaboraciones se mezcló la leche de la tarde, que se dejó en afloramiento toda la noche, con la de la mañana, que se utilizó entera. La concentración de caseína y la acidez disminuyeron con el aumento de las CS, mientras que el pH se incrementó.

En el suero de elaboración se incrementa la pérdida de materia grasa y respecto a las proteínas, considerando que se parte con una concentración inicial menor, se podría tener el mismo razonamiento.

En la Tabla 3 se muestran los rendimientos en las elaboraciones de los quesos Parmigiano Reggiano obtenidos a distintos tiempos de maduración. El estudio muestra que el empleo de leches conteniendo más de 4×10^5 CS/ml produjo una disminución significativa del rendimiento quesero.

Presencia de antimicrobianos en la leche

En productos como los quesos es necesario que la leche y la cuajada se comporten como un excelente medio de cultivo para que las bacterias lácticas acidifiquen en tina y en prensa a fin de ganar el medio y ajustar el pH a los valores requeridos para cada tecnología. Además, en la maduración continúan desarrollándose más lentamente otros microorganismos útiles y necesarios para alcanzar la textura, el sabor y el aroma característico de cada tipo de queso.

Los problemas de los antimicrobianos son más puntuales en plantas donde las elaboraciones se realizan a medida que llega la leche, dado que un tambo problema puede afectar seriamente una parte de la producción. Por el contrario, si se trabaja con leche de gran mezcla, el efecto antimicrobiano se diluye pero, potencialmente, es mucho más peligroso porque afecta a toda la producción. Los fermentos naturales, constituidos por un número elevado de cepas salvajes propias de la región, pueden tolerar vestigios de inhibidores mientras que, cuando se utilizan fermentos seleccionados, normalmente diseñados con tres o cuatro cepas que cumplen distintas funciones, las complicaciones son mayores porque al inhibir total o parcialmente alguna de las cepas, surgirán anomalías en el producto final.

Las leches con alto número de CS son susceptibles de aportar inhibidores. Como se mencionó, la elevada concentración de inmunoglobulinas en estas leches afecta directamente el normal desarrollo de los fermentos lo que se manifiesta, en algunos casos, en una disminución de la velocidad de acidificación. A este efecto directo, se le deben sumar los efectos indirectos que pueden generar la aparición de antibióticos debido a un inadecuado manejo de la leche durante el tratamiento de la enfermedad. De hecho, el 80% de los animales que participan en la producción de alimentos es tratado con medicamentos veterinarios en algún momento durante su vida (Chiesa y col., 2020). Como consideración general, se puede afirmar que el agregado de un 3% de leche obtenida durante el período de tratamiento con antibióticos es suficiente para retardar sensiblemente la acidificación, y un 10% la detiene totalmente. Además, la presencia de antibióticos inhibe a los microorganismos casearios (bacterias lácticas) pero no a los anticasearios (coliformes, levaduras, etc.), que no encuentran competencia y producen graves problemas de hinchazón

precoz. Un estudio realizado en Noruega reveló que, de 189 cepas aisladas de productos lácteos y cultivos comerciales, solo una de ellas presentó resistencia a antibióticos (Katla y col., 2001). Por lo tanto, la única solución posible es separar la leche que contiene antibióticos en el tambo.

Es necesario recordar que, como la leche es una de las secreciones donde el animal elimina las sustancias inoculadas, cualquier tratamiento (baño, tratamiento de infecciones, etc.) que incluya un antimicrobiano, puede afectar en mayor o menor medida la calidad de la leche.

Los antimicrobianos también pueden provenir de residuos de productos altamente bactericidas utilizados para limpieza, asociado a un enjuagado deficiente. Además, todos los detergentes están formados por un secuestrante, cuya concentración está relacionada con la dureza del agua, y un tensoactivo, asociado a las incrustaciones a remover. Por lo tanto, si no se formula un detergente para cada tipo de agua, se corre el riesgo que en aguas muy duras tengamos un exceso de tensoactivos o viceversa.

La determinación indirecta de la presencia de inhibidores se puede realizar mediante una prueba biológica usando el fermento láctico de la planta. Asimismo, una disminución de la velocidad de acidificación del queso Cremoso en molde, es un indicio de la presencia de algún tipo de inhibidor.

En base a lo expuesto, podemos asegurar que solo se puede producir un queso de calidad empleando materias primas de calidad. La leche no debe tener inhibidores detectables por las técnicas habituales.

Microbiología de la leche

La aptitud de la leche para la conservación es muy importante desde el punto de vista técnico y depende del número y de la naturaleza de los microorganismos que contiene. Los límites serán distintos si se elaboran quesos con leche cruda o si el proceso prevé un tratamiento térmico suave o una pasteurización. Se considera que una leche de buena calidad para la elaboración de quesos debe contener $< 10^4$ UFC/ml, preferentemente microorganismos casearios (Skeie, 2010).

Los microorganismos presentes en la leche pueden provenir de diferentes fuentes (Owusu-Kwarteng y col., 2020):

- Del interior de la ubre: si la ubre está sana, la leche obtenida por ordeño es prácticamente estéril, mientras que si tiene mastitis la carga microbiana puede alcanzar niveles entre 10^4 y 10^8 UFC/ml, según el nivel de la infección. Esta contaminación es peligrosa por los microorganismos involucrados en la misma, que además pueden multiplicarse durante el transporte y almacenamiento.

- De los pezones: en la piel de los pezones se encuentra un alto número de esporos bacterianos. Cuando el sistema de producción es a campo, la carga microbiana total es baja, mientras que cuando se suplementa la alimentación con ensilados (de maíz o de sorgo) la presencia de esporos es más elevada. Los días de lluvia, cuando los pezones y el animal en general se ensucian con fango contaminado con estiércol, el peligro es mayor porque los esporos que pasaron por el tracto digestivo son más abundantes y se concentran en las heces.

- Del ambiente: el suelo, las pasturas o ensilados utilizados para la alimentación del animal, el agua de bebida, las heces y el aire son todas fuentes de contaminación. De este modo, se produce un ingreso importante de bacterias a la leche cruda, que pueden sobrevivir y multiplicarse durante el almacenamiento y transporte, en particular si la higiene del tambo, velocidad de enfriamiento de la leche, temperatura de almacenamiento y condiciones de transporte no son las más adecuadas.

- De equipos y elementos de ordeño: esta contaminación puede tener origen en las manos del operario y/o la maquinaria de ordeño (dependiendo de si el mismo es manual o automatizado), y está asociada a una limpieza deficiente, por lo que su nivel varía de miles a millones de microorganismos por mililitro. Esta contaminación es muy peligrosa porque esta microbiota se desarrolla en medios con vestigios de lactosa y cuando toman contacto con la leche, su propagación es inmediata y rápida.

- Por desarrollo: una leche de buena calidad debe ser transportada y almacenada correctamente porque, de lo contrario, la concentración de microorganismos se incrementará rápidamente.

La diversidad de bacterias que pueden contaminar la leche cruda es muy grande por lo que resulta conveniente diferenciar grupos microbianos, ya sea en función de sus características biológicas propiamente dichas o bien de acuerdo con el método de detección empleado para cada grupo. A continuación, se detallarán las características de los grupos más importantes.

De acuerdo con su patrón de desarrollo, un grupo importante son los microorganismos aerobios mesófilos totales. Como su nombre lo indica, son microorganismos capaces de desarrollar en medios de cultivo generales, a temperaturas moderadas (normalmente se selecciona 32 °C para este análisis), en presencia de oxígeno, y dan una idea aproximada de la carga microbiana global de la muestra de leche, por lo que su determinación es muy útil previo a la de otros grupos más específicos. Recuentos elevados pueden indicar una obtención y almacenamiento inadecuados, la posibilidad de la presencia de patógenos, y casi indefectiblemente predicen una muy pronta alteración

del producto. En una leche muy contaminada, el fermento no logra dirigir el proceso por los caminos previstos. En una elaboración, los fermentos lácticos se inoculan para tener normalmente una concentración inicial en tina de entre 10^6 y 10^7 UFC/ml. La carga microbiana total de la leche cruda debe ser baja para que los fermentos dominen el medio y dirijan la maduración a través de sus enzimas. Cabe destacar que, si bien el recuento de microorganismos totales es aplicable a leche, no es válido para productos lácteos ya fermentados, dado que este recuento incluye a las bacterias lácticas que desarrollan durante el proceso de acidificación buscado en el producto final y concentraciones muy elevadas de las mismas son normales y esperables.

Un grupo más específico son las bacterias coliformes. Se trata de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, Gram (-), no formadores de esporos, capaces de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas (32°C -48 h), que comprenden más de 20 géneros, destacándose entre ellos *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Citrobacter*. Su hábitat puede ser intestinal o no, por lo cual es importante destacar que no indican necesariamente contaminación fecal, aunque sí están relacionados con el nivel de higiene en la obtención y procesamiento de la leche. En quesos producen el defecto de hinchazón precoz, con producción de gas y cambios en el *flavour*, dando lugar a una proteólisis pronunciada y sabor a sucio. Niveles altos en quesos pueden indicar una inadecuada pasteurización de la leche, falta de higiene en el proceso, fermento débil o contaminado, y/o presencia de antimicrobianos en la leche. De esta manera, el nivel de coliformes en quesos puede ser controlado con medidas tales como una correcta pasteurización, mejora de la higiene durante la elaboración y un rápido desarrollo de acidez por parte del fermento.

Por otro lado, existen las ya mencionadas bacterias formadoras de esporos, que tienen en común su origen (suelo, forrajes, ensilados, heces, polvo atmosférico, tierra, equipos y superficies) pero se diferencian en dos grandes grupos, tanto por su método de detección como por los defectos que producen: aerobias y anaerobias. Dentro de las bacterias esporígenas aerobias es importante el género *Bacillus*, que produce alteraciones principalmente en leches fluidas (ultra)pasteurizadas y esterilizadas, por el mayor potencial redox de estos productos. Por otro lado, dentro de las anaerobias, se destaca el género *Clostridium*, que genera defectos en quesos, principalmente duros y de larga maduración, por su potencial redox especialmente bajo (Fox, 2017). Los esporos resisten los tratamientos térmicos, no solo la pasteurización baja o alta tradicionales, sino también tratamientos más severos. Por lo tanto, si están presentes en la leche cruda, la única manera de eliminarlos completamente es una correcta esterilización a ultra

alta temperatura (UAT). Además, el choque térmico producido por la pasteurización produce la germinación de los esporos a la vez que destruye las células vegetativas presentes que podrían competir por los nutrientes, dando lugar a la multiplicación de las bacterias esporígenas y alteraciones que condicionan la aptitud a la conservación de las leches fluidas calentadas y otros productos. En leche, *Bacillus* genera una proteólisis muy elevada, llegando a producirse la gelificación del producto, además de la aparición de sabores y olores desagradables. En quesos de pasta dura y corteza sólida, como ser Emmental, Edam, Gruyere, Provolone y Grana, entre otros, el elevado calentamiento de la cuajada disminuye la concentración de oxígeno, destruye microorganismos antagónicos y favorece la germinación de esporos de *Clostridium*. Se producen gases que son retenidos por la dura corteza de estos quesos, y generan la llamada hinchazón tardía durante la maduración (varios meses) y un cambio notorio en el *flavour*. Particularmente, para la elaboración del queso Parmigiano Reggiano se clasifica a la leche en: «óptima», por ausencia de defectos en los quesos (< 200 esporos/l); «buena», por algunos quesos defectuosos (200–1000 esporos/l) y «mala», muchos quesos con problemas (> 1000 esporos/l). Cabe recordar que en la elaboración de este queso se contempla un afloramiento que elimina aproximadamente un 90 % de los esporos (Mucchetti y Neviani, 2006).

En la Tabla 4, se clasifica la leche de arribo en planchada y la de tina luego del afloramiento, en función del número de esporos de bacterias anaerobias.

Tabla 4. Clasificación de la leche de arribo en planchada y de tina, destinada a la elaboración de queso Parmigiano Reggiano, en función del contenido de esporos de clostridios

Número de esporos por litro de leche		Clasificación de la leche	Hinchazón en los quesos
en planchada	en tina		
menos de 200	menos de 20	óptima	ausente
de 200 a 1000	de 20 a 100	buena	algunos casos
más de 1000	más de 100	mala	muchos casos

Fuente: Carminati, 1985.

Para contrarrestar este problema, la mejor medida a adoptar es evitar la contaminación inicial de la leche cruda, aunque una medida paliativa como lo es la bactofugación resulta también efectiva. La nisina, una bacteriocina, está permitida para su agregado en alimentos y puede también controlar este problema, así como el agregado de nitritos y nitratos, aunque es mejor evitar el uso de estos últimos por sus potenciales efectos adversos sobre la salud del consumidor. No obstante, los procesos de elaboración de muchos quesos artesanales con denominación de origen no permiten tales agregados.

Otro grupo de importancia son las bacterias termodúricas, las cuales no constituyen un grupo taxonómico específico, sino que están definidas como todas aquellas que sobreviven a tratamientos comunes de pasteurización, aunque no desarrollen a tales temperaturas. Este grupo comprende varios géneros aislados de leche, tales como *Micrococcus*, *Microbacterium*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Corynebacterium*, *Bacillus* y *Clostridium* (entre otros), y provienen en general de fuentes diversas como ser los animales en tambo, utensilios y equipos (ordeñadoras, tanques) con deficiente higiene. De hecho, un recuento elevado de bacterias termodúricas se asocia con un grado de higiene deficiente de equipos de obtención y almacenamiento de la leche. Al ser un grupo taxonómicamente heterogéneo, las alteraciones y defectos que pueden producir dependen del género y especie de los microorganismos presentes. Si existen altos recuentos en leche cruda, la leche pasteurizada tendrá muy probablemente alteraciones en el sabor y un acortamiento de su vida útil. Su presencia en quesos ha generado problemas de hinchazón temprana en Mozzarella (causada por *Lactobacillus brevis*), hinchazón tardía en Mozzarella y Cheddar (*Clostridium tyrobutyricum*), excesiva postacidificación en Mozzarella (*Lactocaseibacillus paracasei*) y aparición de aminas biógenas en Mozzarella y Cheddar (enterococos, lactobacilos).

Por otra parte, dentro de la microflora normalmente asociada a leche cruda, es importante hacer énfasis en la presencia de otro grupo microbiano no definido por el agrupamiento de géneros taxonómicamente relacionados: los microorganismos psicrotrofos, que no solo comprenden bacterias sino también mohos y levaduras. En la industria láctea, se refiere a microorganismos capaces de crecer en leche y productos lácteos a temperaturas de refrigeración comercial (4–7 °C), independientemente de su temperatura óptima de desarrollo. De esta manera, encontramos que existen bacterias psicrotrofas psicrófilas, mesófilas y termófilas. Los problemas generados por estos microorganismos no eran tan graves en un principio, pero se volvieron significativos en la década del 50 debido a la transición entre dos modalidades de manejo de leche. Antes, la misma era pobremente enfriada, lo cual producía un rápido desarrollo de *off flavours* y un

aumento de la acidez en la leche cruda, principalmente por el desarrollo de estreptococos y otras bacterias mesófilas. Luego, con la implementación de la refrigeración de la leche en el tambo, el uso de camiones cisterna para el transporte y el mantenimiento de la cadena de frío durante su recepción y almacenamiento en las plantas procesadoras, se reduce el problema mencionado, pero se vuelve evidente el desarrollo de bacterias psicrotrofas. Si bien, como se mencionó, se trata de un grupo heterogéneo, predominan bacilos Gram (-), no esporígenos y sensibles al calor, siendo su origen principalmente el suelo, agua, vegetales, equipos de ordeño y almacenamiento de leche (higiene). El género más relevante en la industria láctea es *Pseudomonas*, el cual limita la aptitud de conservación de leche y productos lácteos a bajas temperaturas. Un gran problema de este género es la producción de enzimas alterantes, muy termorresistentes, principalmente proteasas y lipasas. La máxima producción de estas enzimas se da a unos 20 °C, pero ya es apreciable a temperaturas de refrigeración. Son resistentes a los procesos de esterilización UAT y su estabilidad aumenta en presencia de calcio. De esta manera, es particularmente arriesgado utilizar en elaboraciones de queso leche contaminada con elevada carga de microorganismos psicrotrofos, aunque estos se destruyan en el proceso, debido a que sus enzimas permanecen activas y pueden generar diversos problemas. En este sentido, pueden producir ácidos grasos libres, aldehídos, cetonas y ésteres dando lugar a sabores rancio, amargo, pútrido, sucio, oxidado y/o metálico (por actividad de lipasas), y aumento de nitrógeno soluble, péptidos y aminoácidos, generando coagulación, *off flavours* y sabores amargo y pútrido (por actividad de proteasas). Asimismo, en la producción de quesos con leche cruda refrigerada, contaminada con este grupo de microorganismos, se altera el tiempo de coagulación y se obtiene un rendimiento menor. Por último, en quesos con maduración prolongada, pueden aparecer tardíamente problemas de textura y sabor, sobre todo rancidez y amargor por la acción de lipasas y proteasas, respectivamente.

Finalmente, otro aspecto a recalcar en la microflora de los quesos madurados es que muchas bacterias no provienen del fermento; son las que se denominan NSLAB (por sus siglas en inglés, *Non Starter Lactic Acid Bacteria*). Las NSLAB derivan principalmente de la leche cruda, pero también del ambiente de la fábrica. Estas bacterias son una parte esencial de la microbiota del queso. Se encuentran en bajos niveles en quesos jóvenes ($< 10^2$ UFC/g), pero su población se incrementa durante la maduración (pudiendo ser superiores a 10^6 UFC/g) y se pueden convertir en la flora dominante en algunas variedades si la población del fermento declina (Gobbetti y col., 2015).

Influencia de la conservación de la leche a baja temperatura

Cuando una leche es de muy buena calidad bacteriológica y es conservada en frío (5 °C por 24 h o más), se produce una solubilización de la caseína de las micelas. Esto conduce a un aumento del tiempo de coagulación, una disminución de la consistencia del coágulo y un endurecimiento más lento de la cuajada, menor rendimiento quesero y mayores pérdidas de grasa y finos de cuajada en el suero, en relación con el uso de leche sin enfriar o leche almacenada a 10–20 °C. Una buena recuperación de la aptitud casearia de la leche se consigue con el agregado de CaCl₂ y un reposo a 30–35 °C por 30–45 min antes de la pasteurización. Esto da como resultado la reincorporación de la caseína soluble en la micela y consecuentemente en la matriz de la cuajada sin afectar el rendimiento quesero (Abd El-Gawad y Ahmed, 2011).

Si la leche tiene una alta carga microbiana, su conservación en frío trae aparejado inconvenientes en la tecnología. En el caso que los microorganismos dominantes sean las bacterias no casearias (psicotrofas), la acidez y el pH pueden no variar, pero las enzimas liberadas por estos microorganismos se incorporan a la leche. La presencia de estas enzimas en combinación con un mayor nivel de caseína soluble debido al enfriamiento, tiende a incrementar la posibilidad de proteólisis (Abd El-Gawad y Ahmed, 2011). De este modo, la calidad tecnológica de la leche desmejora, el tiempo de coagulación disminuye y los quesos obtenidos presentarán problemas en la maduración.

Una termización (temperatura–tiempo menor a la pasteurización) previa al enfriamiento aporta una alternativa interesante. Las experiencias realizadas en nuestro laboratorio con leches termizadas a 65 °C por algunos segundos y enfriadas a 5 °C durante 48 h, arrojaron buenos resultados cuando se las destinó a la elaboración de quesos tipo Pategrás (Zalazar y col., 1987; Zalazar y col., 1988). En los sueros de elaboración no se notó una diferencia significativa en la concentración de proteínas, mientras que las pérdidas de materia grasa fueron un 50% mayor en las leches enfriadas cuando se la comparó con leches no enfriadas.

Métodos para evaluar la calidad de la leche cruda

Métodos o análisis generales

Para determinar si una leche es de buena calidad para su posterior procesamiento, se emplean diferentes métodos. Algunos de ellos son muy simples mientras que otros son más complejos y se necesita de equipamientos costosos y/o personal especializado. Entre ellos podemos mencionar:

- Examen físico o visual, que se puede completar con el test del filtrado o lactofiltro. Esta prueba solo proporciona una idea de las condiciones higiénicas en que se ha efectuado el ordeño y es innecesaria cuando la leche es filtrada en el tambo.

- Análisis de acidez o estado de frescura. Este análisis se realiza mediante titulación o a través de la prueba del alcohol. También se puede realizar mediante la medición de pH; en este caso se debe tener presente que la leche es una solución tamponada y pequeñas variaciones de pH se corresponden con variaciones significativas de acidez.

- Pruebas basadas en el potencial de óxido–reducción. La mayoría de los microorganismos presentes en la leche generan sustancias que modifican el potencial de óxido–reducción de la misma. Para poner en evidencia esta variación se añade a la leche un indicador y se observa el cambio de color al pasar de la forma oxidada a la reducida. El tiempo necesario para que se produzca el cambio de color está inversamente relacionado con la carga bacteriana. Sin embargo, debido a que la actividad reductora de los microorganismos no es la misma para todas las especies, la correlación no es siempre correcta. Las pruebas más utilizadas son la del test del azul de metileno y de la resazurina. Estos tests no proporcionan resultados confiables cuando se aplican a leches enfriadas.

- Recuento de CS. El método de recuento puede ser directo o indirecto. El primero consiste en un recuento de las células presentes por un sistema óptico o electrónico, mientras que, en el segundo caso, se estima el número de CS en base a reacciones de sus componentes celulares. Se utilizan reactivos que rompen la pared celular y forman con el ADN (ácido desoxirribonucleico) contenido en las células, un compuesto viscoso. El número de células es directamente proporcional a la viscosidad de la mezcla leche–reactivo.

- Determinación de la temperatura de congelamiento o descenso crioscópico. La temperatura de congelamiento de la leche mezcla varía de $-0,537^{\circ}\text{C}$ a $-0,555^{\circ}\text{C}$. En leches individuales, este rango es mayor. El descenso crioscópico es consecuencia principalmente de las especies iónicas y de las moléculas pequeñas disueltas. La constancia de estos valores se debe a que la leche y la sangre, separadas por una membrana biológica, tienen la misma presión osmótica. Además, la sangre tiene un estrecho margen de variación compatible con la vida. El tenor de materia grasa y proteínas no influye en la temperatura de congelamiento. Las variaciones en el descenso crioscópico están asociadas a factores estresantes para el animal como modificaciones climáticas (cambios bruscos de temperatura, tormentas, etc.) y al período de lactación. También influye la acidez desarrollada (2°D producen un descenso aproximado de la temperatura de congelamiento de $0,025^{\circ}\text{C}$). El aguado

acerca la temperatura de congelamiento a 0 °C; por lo tanto, si la temperatura de congelamiento es mayor a -0,520 °C se puede sospechar de aguado y si es superior a -0,500 °C se confirma el agregado de agua.

- Test para determinación de antibióticos. Son pruebas enzimáticas y de inmunoensayos que permiten determinar la presencia de antibióticos β -lactámicos (incluyendo cefalexina) y tetraciclinas en unos pocos minutos (< 10). El resultado se observa por una interpretación visual simple mediante comparación de colores (Cardoso y col., 2019).

- Análisis químicos. El contenido total de proteínas se puede determinar rápidamente mediante métodos instrumentales. El más difundido se basa en el análisis de la absorción de radiación electromagnética en la región del infrarrojo del enlace carbono-nitrógeno. También se puede emplear el método de Kjeldahl, que es un método de referencia. Con este método también se pueden discriminar los diferentes tipos de proteínas: proteína soluble a pH 4,6 (proteínas de suero), caseína (precipita a pH 4,6) y nitrógeno no proteico o también denominado nitrógeno soluble en ácido tricloroacético al 12 %. El tenor graso se determina rutinariamente con butirómetro, pero el método de referencia es gravimétrico.

Análisis específicos para leche destinada a quesería

Cuando la leche se destina a quesería, se realizan pruebas específicas para determinar si presenta las características adecuadas para la fermentación y coagulación.

Prueba de la fermentación

Esta prueba consiste en llenar un tubo de ensayo hasta las dos terceras partes con leche cruda e incubarla 24 h a 37 °C. Transcurrido dicho tiempo, se observan las modificaciones sufridas (coagulación, producción de gas, presencia de suero, característica del mismo, etc.). Si en este período la leche no coaguló se debe sospechar de la presencia de sustancias inhibidoras. Un coágulo que ocupe todo el volumen del tubo con un desuerado mínimo, un olor agradable y poca o nula generación de gases es la característica deseada para una leche óptima para quesería. A medida que el coágulo se disgregue y se genere gas, espuma y olor desagradable, la leche comienza a perder calidad casearia. Una variante de esta prueba es la conocida como prueba de la coagulación. En ella se trabaja en idénticas condiciones, pero se induce a la coagulación con el agregado de cuajo. La valoración se basa en las características que ofrece la cuajada, su olor y el aspecto del suero exudado. Los resultados

obtenidos se evalúan estadísticamente y se incorporan como parámetros en la selección de la leche destinada a quesería (Spreer, 1991).

Determinación de la aptitud casearia

Las propiedades de coagulación de la leche son importantes medidas de su calidad tecnológica (Annibaldi y col., 1977). Su valoración con pocos parámetros es un objetivo perseguido en forma creciente entre los analistas y técnicos lactocasearios. Los métodos utilizados para evaluar estas propiedades analizan los cambios fisicoquímicos que se producen en la leche durante la coagulación. El cuajo modifica las micelas de caseína, resultando en cambios de la viscosidad y elasticidad de la leche (O'Callaghan y col., 2002).

Los primeros resultados se obtuvieron con una adaptación del tromboelastógrafo de Hellige (1965). Este equipo permitió determinar en un solo análisis la reactividad de la leche al cuajo, velocidad de endurecimiento del coágulo y consistencia adquirida. En el año 1980 se introdujo un nuevo instrumento, el Formagraph, para seguir el proceso de coagulación que, mediante los cambios de oscilación de un péndulo introducido en una cubeta con leche y cuajo, permitía obtener los parámetros característicos a partir de la gráfica que se imprimía en un papel fotosensible. Los parámetros pueden verse en la figura 1. Estos son « t » (tiempo de coagulación que mide la reactividad de la leche al cuajo) y « k_{10} » (tiempo que requiere el coágulo para que la separación de las líneas sea de 10 mm, parámetro relacionado con la velocidad de endurecimiento de la cuajada). La mayor separación de las líneas representa la máxima dureza del coágulo.

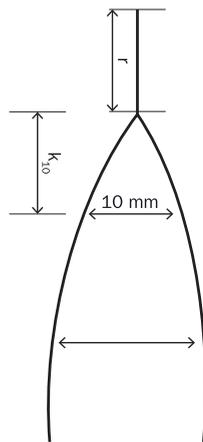


Figura 1. Gráfica obtenida en el análisis de las propiedades de coagulación de una leche con el instrumento Formagraph

Este tradicional dispositivo mecánico está en desuso ya que se ha interrumpido su fabricación y la del papel fotosensible.

En el año 2018 el INLAIN adquirió el Optigraph®, un nuevo instrumento desarrollado por Alliance Instruments en colaboración con el INRA (Francia).

El Optigraph® es un instrumento óptico desarrollado con el objetivo de lanzar un nuevo analizador para reemplazar a la obsoleta tecnología del Formagraph que, empleando otros principios, permite medir idénticos parámetros tecnológicos (Kübarsepp y col., 2005). El equipo permite caracterizar la coagulación de la leche en tiempo real mediante medición de infrarrojo cercano. Este sistema de *hardware* y *software* puede calcular todos los parámetros requeridos para el proceso de elaboración de un queso como lo son el tiempo de la coagulación, la evolución de la firmeza de la cuajada y la velocidad de agregación. Es posible acceder a estos datos a través de descriptores característicos extraídos de la información óptica. El equipo está constituido por una pieza de aluminio que contiene 10 cubetas alineadas de 10 ml de capacidad. Cada cubeta tiene dos ventanas de zafiro enfrentadas que permiten el paso de la radiación infrarroja. Esta pieza se introduce dentro del equipo, dotado de un elemento calefactor para lograr una temperatura constante dentro del intervalo entre 25 y 45 °C, donde se localizan los diodos emisores y receptores a cada lado de las cubetas. El receptáculo se comunica con un módulo electrónico que convierte las señales ópticas en eléctricas. El equipo está conectado, a su vez, al módulo informático del sistema, dotado del programa específico que permite controlar el funcionamiento del mismo y almacenar y procesar los resultados obtenidos. El principio de medición se basa en la atenuación de la señal infrarroja que atraviesa cada una de las muestras colocadas en las cubetas. Esta reducción de la señal se debe a los cambios en la estructura micelar de la caseína y está influenciada por numerosos factores como la dosis de coagulante, la concentración proteica de la leche, la adición o no de calcio y el pH, entre otros. Antes de cada análisis, la intensidad de la luz emitida para la prueba se ajusta automáticamente, para tener una recepción constante de voltaje de 1 v. El *software* explora las muestras de manera simultánea y en tiempo real. Además de facilitar los gráficos tipo «copa» tradicionales del Formagraph, el *software* proporciona una tabla con los valores de cada parámetro para cada una de las cubetas.

Las determinaciones analíticas con los equipos descritos permitieron poner en evidencia distintos comportamientos de la leche a la coagulación, algunos de los cuales se describen a continuación.

Un aumento de la proteína total, y particularmente de la caseína, se manifiesta en una disminución del tiempo de coagulación, un aumento de la velocidad de endurecimiento y la consistencia máxima del coágulo. En estu-

dios realizados en el INLAIN con leche de vaca concentrada por ultrafiltración (UF) se observó que el tiempo de coagulación y de corte disminuyeron y la firmeza de la cuajada se incrementó al aumentar el nivel de proteínas de la leche; en estos ensayos se utilizó una misma dosis de coagulante por cantidad de proteína. En un trabajo realizado por Catarino y col. (2013) en leche de oveja concentrada por UF con dosis de coagulante por unidad de volumen, se observó que tanto la firmeza como el tiempo de coagulación se incrementaron con el aumento de concentración proteica.

Las infecciones de la ubre (mastitis) llevan a la pérdida gradual de la capacidad casearia de la leche, hasta el extremo de no coagular por cuajo. En este sentido, Ikonen y col. (2004) encontraron una correlación negativa entre la aptitud a la coagulación y el nivel de células somáticas. La pasteurización y la conservación en frío desmejoran las características lactodinamográficas de la leche, mientras que el agregado de CaCl_2 y de fermento (acidificación) siempre mejora la aptitud a la coagulación (Singh y Wauguna, 2001; Nájera y col., 2003; Summer y col., 2006). La raza influye sobre los trazados, lo que se atribuye a distintos factores como el nivel de caseínas, el tamaño de las micelas, las variantes genéticas de las caseínas y proteínas de suero y el nivel de acidez titulable, entre otros (Marziali y Ng-Kwai-Hang, 1986; Ikonen, 2000; Ikonen y col., 2004; Kübarsepp y col., 2005; de Marchi y col., 2007). La alimentación también afecta la capacidad de coagulación. Se encontró que un establecimiento donde los análisis de sangre y leche de los animales tenían una relación Ca/P irregular, producía una leche lenta para coagular y formaba una cuajada débil. Corregida la alimentación, a los 40 d los trazados eran semejantes a los demás tambos situados en la misma zona de producción.

El uso de la metodología de Optigraph® permite optimizar la tecnología casearia para leches concentradas por membrana o para otras leches distintas a la bovina y analizar la variación de los parámetros de coagulación respecto al tipo de leche utilizada, al nivel de proteína, a la dosis de coagulante y a la adición o no de calcio, entre otros factores. En la figura 2, obtenida de un ensayo realizado con el Optigraph® del INLAIN, se pueden observar los gráficos obtenidos para leches concentradas por ultrafiltración con distinto factor de concentración volumétrico (FCV) y la adición o no de calcio; en estos ensayos se utilizó una dosis de coagulante en una relación fija coagulante/volumen. Sin analizar puntualmente los valores numéricos, el gráfico de copas permite comparar rápidamente diferencias en tiempos de coagulación y firmeza de la cuajada. El mayor nivel de proteína y la adición de calcio disminuyen el tiempo de coagulación y aumentan la firmeza de la cuajada (Giménez y col., 2021b).

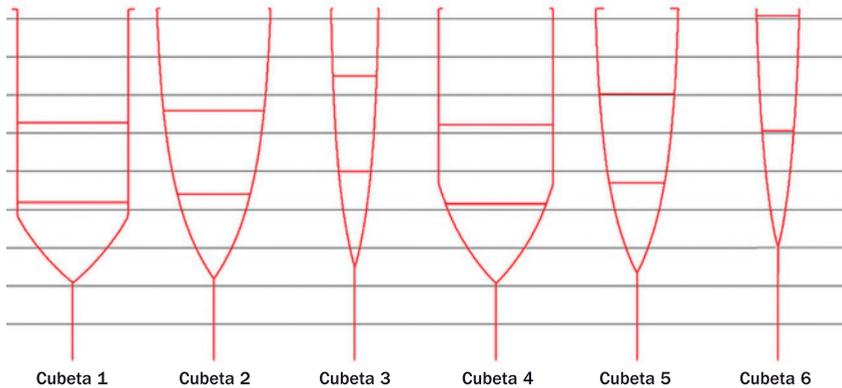


Figura 2. Gráficos obtenidos en el análisis de las propiedades de coagulación de distintas leches con el equipo Optigraph®. **Cubeta 1:** Leche concentrada (FCV:1,8) con adición de calcio; **Cubeta 2:** Leche concentrada (FCV:1,4) con adición de calcio; **Cubeta 3:** Leche concentrada (FCV:1,2) con adición de calcio; **Cubeta 4:** Leche concentrada (FCV:1,8) sin adición de calcio; **Cubeta 5:** Leche concentrada (FCV:1,4) sin adición de calcio. **Cubeta 6:** Leche concentrada (FCV:1,2) sin adición de calcio. **FCV:** Factor de Concentración Volumétrico.

Procesos de saneamiento de la leche

Los procesos de saneamiento a los que se somete la leche para hacerla utilizable desde el punto de vista higiénico, sea para la alimentación humana directa o para una ulterior transformación industrial, se basan en la utilización de principios físicos tales como el calor, fuerza de la gravedad o afloramiento, fuerza centrífuga o bactofugación, microfiltración y radiación ultravioleta e infrarroja, y principios químicos como el agregado de sustancias antisépticas o bacteriostáticas (agua oxigenada, nitratos, formaldehído, lisozima y hexametilentetramina) (Fox, 2017).

Aplicación del calor

El efecto germicida, así como los cambios fisicoquímicos y organolépticos de la leche como resultado del calentamiento, depende esencialmente de la relación tiempo–temperatura, del tipo y número inicial de microorganismos y del pH. Entre la temperatura y la duración del calentamiento existe una relación logarítmica en lo que se refiere a la destrucción de los microorganis-

mos. En general, la destrucción térmica de los microorganismos a temperaturas elevadas en tiempos cortos produce menos daños en las propiedades y características de la leche.

En Argentina, la leche destinada a la mayoría de las variedades de quesos es sometida a procesos de pasteurización, cuyo objetivo primario es destruir la totalidad de la microbiota patógena presente, alterando mínimamente sus características físico-químicas, biológicas y nutritivas. Indirectamente, la pasteurización conlleva a una importante reducción de la microbiota banal y un incremento de la vida útil del producto. La reglamentación vigente establece que los quesos que tengan un período de maduración menor a 60 d se deben elaborar con leche pasteurizada y los que tienen un periodo de maduración mayor a los 60 d se pueden elaborar con leche cruda (Código Alimentario Argentino, 2020. Resolución GMC 079/94).

Se pueden citar dos sistemas de pasteurización:

- **Pasteurización baja discontinua**

También denominada LTLT (por sus siglas en inglés, *Low Temperature Long Time*), se define como un calentamiento a 63 °C por 30 min. La principal ventaja radica en que se obtiene una leche saneada con mínima modificación de sus características fisicoquímicas. Un indicio de ello es que esta leche conserva la capacidad de afloramiento espontáneo, es decir, no pierde la línea de crema. La baja capacidad de los equipos, el calentamiento no uniforme en toda la masa, la incorporación de oxígeno, la pérdida de anhídrido carbónico, la formación de espuma y la imposibilidad de recuperar calor son sus principales desventajas. La mayoría de los quesos de nuestro país se desarrollaron utilizando leches sometidas a una pasteurización baja en la misma tina de elaboración. Si bien en quesos frescos tipo Cremoso y semicocidos sin ojos como el queso Barra se respetaban el tiempo y la temperatura de pasteurización, era muy común encontrar que en elaboraciones de quesos semicocidos con ojos y cocidos o duros se aplicaba un tratamiento térmico suave a 62–65 °C y posterior enfriamiento. En la práctica, el tiempo que transcurre entre que se cierra el vapor, se abre el agua y comienza a descender la temperatura, es de 4 a 5 min. Con este tratamiento, en leches de buena calidad se logra una reducción del número de coliformes y levaduras a valores que no generan problemas de hinchazón precoz y alterando mínimamente los equilibrios fisicoquímicos de la leche. En la actualidad, por lo general, la pasteurización baja se utiliza en plantas que elaboran quesos utilizando menos de 20 000 l diarios de leche. Según un relevamiento reciente, la mitad de las industrias lácteas aún utilizan métodos de pasteurización tradicionales en tinas, no contando con equipos intercambiadores de calor (Dirección Nacional Láctea, 2019).

• **Pasteurización alta o continua**

También denominada HTST (por sus siglas en inglés, *High Temperature Short Time*), se define como un calentamiento a 72 °C por 15 seg. Las principales ventajas se encuentran en que es un proceso continuo de alta capacidad, recupera más del 80% del calor puesto en juego, no intercambia gases y no forma espuma. La desventaja más importante se encuentra en las modificaciones fisicoquímicas: la leche pierde la línea de crema. Debido a que la leche sale del pasteurizador a la temperatura de elaboración, las tinas deben estar correctamente sanitizadas para evitar contaminaciones.

Los equipos son herméticos y la leche circula en capas delgadas entre una o dos placas calefaccionadas. La residencia de 15 seg se realiza en un tubo diseñado de manera tal que la leche circule en régimen turbulento, para que las partículas que fluyen a mayor velocidad no difieran mucho de aquellas que lo hacen a velocidad media. Si el régimen fuera laminar, la distribución de velocidades es tal que la velocidad de la partícula en el centro del tubo de residencia es muy superior a la de la periferia. En este caso, si se considerara la partícula más veloz para fijar el tiempo de residencia, las restantes estarían sobreexpuestas al calor provocando deterioro fisicoquímico de la leche; por el contrario, si se tomara la velocidad media, una gran proporción de partículas no estarían el tiempo suficiente a la temperatura de pasteurización pudiendo generar un peligro microbiológico.

Al pasteurizador se le deben realizar controles microbiológicos periódicos, siendo los más indicados recuentos de microorganismos mesófilos totales y coliformes totales. Los primeros se realizan para constatar la limpieza del equipo; cuando después del lavado químico el recuento total permanece alto, se debe desarmar para una limpieza profunda. El recuento de coliformes pone en evidencia posibles pinchaduras o fallas en las juntas, fundamentalmente, en la sección de intercambio de calor entre la leche cruda y la leche pasteurizada.

Considerando que los pasteurizadores a placa disponibles en el mercado tienen un caudal superior a los 5000 l/h, se debe realizar un estudio económico que también contemple el ahorro que significa la recuperación del calor. Se estima que la planta debería procesar mínimamente 20 000 l/d para justificar un pasteurizador a placas.

Particularmente, la pasteurización de la leche destinada a quesería se planteó a principios de siglo xx en Dinamarca, como una alternativa para obtener quesos libres de microorganismos patógenos. Esta propuesta fue objeto de numerosas controversias que aún no han sido totalmente resueltas. Si bien es cierto que se fabrican con éxito muchos tipos de quesos con leche pasteurizada, por las dificultades técnicas que plantea la aplicación de la pas-

teurización, en el mundo se continúan elaborando quesos de alta calidad con leche cruda. Además, a nivel mundial se elaboran diferentes tipos de quesos con denominación de origen protegido (DOP) a partir de leche cruda.

La pasteurización, desde el punto de vista tecnológico, reduce el número de microorganismos indeseables lo que permite rescatar leche de baja calidad microbiológica, pero no resuelve el problema de los esporulados anaeróbicos que generan hinchazón tardía en los quesos de larga maduración. Por otro lado, genera dificultades asociadas a la imposibilidad de restablecer los equilibrios biológicos, fisicoquímicos y microbiológicos, existentes en leches de buena calidad. Además, las proteínas de suero parcialmente desnaturadas, se asocian a las caseínas incrementando el tiempo de coagulación, retardando el endurecimiento de la cuajada y dificultando el normal desuerado de la misma. Asimismo, los quesos incorporan proteínas de suero que, por sus características, no participan en el proceso de maduración.

Los cambios en la composición fisicoquímica de la leche cuando se aplica la pasteurización, le generan al técnico quesero varios problemas. Tampoco es fácil restituir artificialmente la flora inicial espontánea destruida por el calor. La diversidad de microorganismos que participan a lo largo de la maduración presenta tal complejidad que aún estamos muy lejos de conocerla en todos sus detalles. La utilización de fermentos seleccionados que se adicionan a la leche pasteurizada permite resolver las primeras etapas de la elaboración, es decir, una correcta acidificación en tina y en molde, garantizando el desuerado y ajustando el pH a los valores requeridos por cada tipo de queso al ingresar al salado. A pesar de ello, no soluciona el aporte que realizan los grupos de microorganismos minoritarios que, por el calentamiento, son total o parcialmente destruidos rompiendo el equilibrio natural propio de las leches crudas de calidad. Por ello, los quesos elaborados con leche pasteurizada no son iguales a los elaborados con leche cruda. Estos son los argumentos utilizados por los adversarios de la pasteurización, cuando dicen que los quesos obtenidos son menos aromáticos y más sosos. Es de esperar que, a medida que avancen los conocimientos sobre bacteriología quesera, sean más las variedades de quesos de alta calidad desarrolladas a partir de leche pasteurizada, contribuyendo así a disminuir los descartes, mejorar la higiene y estandarizar la calidad a un nivel de excelencia.

Las leches calentadas por encima de 73–75°C manifiestan problemas en la tecnología, como ser una disminución de la reactividad de la leche al cuajo, un incremento del tiempo de coagulación, una menor consistencia de la cuajada y una disminución de la capacidad de desuerado (Fox, 2017). A fin de entender el comportamiento de una leche pasteurizada en quesería, veremos qué acción tiene el calor en algunos de sus componentes:

- Acción sobre las proteínas solubles: el calentamiento de 56°C por 30 min produce una desnaturalización de las proteínas del suero. Estas proteínas tienen una estructura globular sostenida en parte por puentes disulfuro (-S-S-); en el calentamiento su estructura nativa se resiente ya que se rompen sus enlaces intramoleculares, incluida la unión disulfuros, generando grupos -SH muy reactivos que participan en reacciones químicas no deseables en quesería. A estos grupos se los ha responsabilizado del aroma a cocido detectable en quesos y más fácilmente en leche estéril. Además, se forma un complejo entre la β -lactoglobulina y la k-caseína que entorpece la fase primaria de la coagulación.

- Acción sobre la caseína: el calor afecta mucho menos a la caseína; se reporta que son necesarios 120°C por 10 min para poder constatar alguna modificación.

- Acción sobre las sales minerales y las micelas de caseína: la temperatura conduce a la insolubilización progresiva del fosfato de calcio. Cuando la leche se calienta hasta 55–60°C, la insolubilización progresiva del fosfato de calcio va acompañada de su integración a la micela como una sal coloidal de estructura semejante al fosfato tricálcico, presente originariamente en micelas. Esto produce una mineralización de las micelas y, como consecuencia, un aumento del tamaño medio de las mismas. Este fenómeno es reversible con el enfriamiento. Cuando el calentamiento es más enérgico, 75–80°C, la insolubilización del fosfato de calcio es irreversible, afectando la fase secundaria de la coagulación por disminución del calcio iónico.

- Acción sobre la lactosa: el calentamiento enérgico produce reacciones de caramelización y de pardeamiento, las cuales son prácticamente inexistentes a las temperaturas de pasteurización.

- Acción sobre los microorganismos: en este caso, es importante tener presente las características y el número inicial de microorganismos en la leche cruda. Cabe recordar que, según la temperatura de desarrollo, los microorganismos se dividen en: psicrotrofos (son mesófilos y termófilos que pueden crecer a 7°C), mesófilos (temperatura óptima de desarrollo de 20 a 35°C) y termófilos (temperatura óptima de 40 a 50°C). Por otro lado, existen también los termodúricos (resisten la pasteurización) y los esporulados (sus esporos resisten temperaturas iguales o superiores a 85°C).

Se estima que en la pasteurización se destruye la totalidad de los microorganismos patógenos y se reduce la carga microbiana total entre un 90 y un 99%. Una segunda pasteurización no tiene el mismo efecto, porque la temperatura y el tiempo del tratamiento no son letales para los microorganismos que sobrevivieron, mientras que el deterioro fisicoquímico que sufre la leche es muy importante. En base a ello se puede aseverar que una doble pasteurización es una práctica que solo aporta problemas tecnológicos en una elaboración quesera.

Si se considera necesario realizar un tratamiento térmico previo a la conservación de la leche en frío, este debe ser suave (65–68 °C por 10–15 seg) y la pasteurización se debe realizar previo a la elaboración quesera.

El efecto germicida del calor es mínimo en productos neutros ($\text{pH} \cong 7$) y se incrementa a medida que se van acidificando ($\text{pH} < 7$). Es decir, que el tratamiento térmico para destruir el mismo número de microorganismos es más suave cuando menor es el pH del medio. Sin embargo, en la leche el pH está bastante acotado; su valor normal oscila entre 6,6 y 6,8 y a medida que la leche se acidifica, contrariamente a lo esperado, el efecto germicida es marcadamente inferior porque la desnaturalización de las proteínas en la interface leche/microorganismo, los protege.

Aplicación de la fuerza de gravedad o afloramiento

Este principio físico, muy utilizado en Italia y en las regiones montañosas europeas, se emplea exclusivamente en leches destinadas a la elaboración de quesos. El método consiste en colocar la leche en un recipiente de gran superficie y baja altura (12–15 cm) y dejarla en reposo por un tiempo de 8 a 12 h a una temperatura de 16–18 °C. En dicho período, hay un ascenso de la crema (afloramiento espontáneo) que arrastra consigo una gran parte de los microorganismos (incluidos esporos), es decir, un descremado parcial con reducción de la carga microbiana.

En la desbacterización de la leche participan dos sistemas netamente diferenciados, la aglutinación de las bacterias por un lado y la agregación de los glóbulos grasos por el otro. Ambos procesos ocurren simultáneamente, pero encuentran su base en dos sistemas proteicos distintos, las inmunoglobulinas y las crioglobulinas (Bottazzi, 1979).

A las inmunoglobulinas se les asigna un rol fundamental en la aglutinación de las bacterias, mientras que las crioglobulinas participan en la agregación de los glóbulos grasos. A la temperatura de ordeño, las crioglobulinas están solubilizadas y cuando la leche se enfría precipitan sobre los glóbulos grasos cubriendo pequeñas porciones de su superficie. Estos puntos son los centros responsables de la agregación, formando grandes flóculos que ascienden rápidamente arrastrando consigo glóbulos libres, células vegetativas y esporos. La agitación de la leche enfriada rompe irreversiblemente estos flóculos y retarda el afloramiento. Este efecto se puede revertir con un calentamiento que permita solubilizar todas las crioglobulinas. En el posterior enfriamiento se manifiesta nuevamente el proceso: se precipitan las crioglobulinas y otra vez se produciría la agregación de los glóbulos grasos.

En la Tabla 5 se muestra la reducción microbiana de una leche sometida al afloramiento (Bottazzi, 1979).

Tabla 5. Reducción de microorganismos en leche cruda debido a la aplicación del afloramiento

Recuento de microorganismos	Antes del afloramiento	Después del afloramiento
Mesófilos totales (UFC/ml)	$1,2 \times 10^6$	$7,8 \times 10^4$
Proteolíticos (UFC/ml)	$1,8 \times 10^4$	$5,5 \times 10^2$
Lipolíticos (UFC/ml)	$7,5 \times 10^4$	$3,6 \times 10^3$
Coliformes (UFC/ml)	$2,1 \times 10^3$	30
Esporos de clostridios (NMP/l)	900	40

NMP: número más probable. **UFC:** unidades formadoras de colonias
Fuente: Bottazzi, 1979.

Se podría plantear que el mismo efecto conseguido con el afloramiento se lograría con un descremado centrífugo y una pasteurización. Sin embargo, los resultados no serían los mismos, ya que la pasteurización inactiva total o parcialmente a las enzimas naturales de la leche y puede aportar otras provenientes de la destrucción de las células microbianas, sin solucionar el problema de los esporos. Por otra parte, la parcial desnaturalización de las proteínas solubles y su combinación con la caseína daría lugar a micelas complejas que se incorporan a la cuajada modificando sus características estructurales y su comportamiento en la maduración de los quesos.

Los cambios en el sistema de producción de leche, principalmente la incorporación del ensilado de maíz en la alimentación de los animales y la mayor producción de leche por animal, produjeron un incremento en el número de esporulados y una disminución de la capacidad de afloramiento por la disminución de la concentración de inmunoglobulinas. A causa de ello, la leche llega a la tina con una concentración de esporos lo suficientemente alto como para que, a la mínima desviación de la tecnología, aparezcan defectos de hinchazón tardía. Es una práctica habitual y permitida incorporar a la leche en afloramiento 25 a 30 ppm de formaldehído para controlar el desarrollo de los esporulados anaeróbicos y que, además, tiene acción sobre las bacterias propiónicas y las heterofermentantes.

Aplicación de la fuerza centrífuga o bactofugación

Con el fin de visualizar la operación, en la figura 3 se muestra un esquema del funcionamiento de una bactofugadora. La leche presurizada ingresa por la parte inferior de un bol equipado con platos, semejante al de una descremadora. La fuerza centrífuga arrastra a las partículas más densas hacia afuera donde se descargan por unas boquillas situadas en la parte externa del bol. La separación es posible por la diferente densidad entre la leche descremada (entre 1,035 y 1,038 g/ml) y los microorganismos (entre 1,07 y 1,30 g/ml). La evacuación de los sedimentos genera espuma, que es colapsada por la parte externa del rotor actuando como rompe espuma. Un separador ciclónico separa esta espuma que sale del sistema como sedimento. La leche parcialmente desbacterizada abandona el bol por el eje central. La principal ventaja de este método radica en que los microorganismos, incluidos los esporos, son removidos, a diferencia de lo que sucede con la aplicación del calor donde los microorganismos muertos permanecen en la leche aportando las enzimas no desnaturalizadas y las que pueden reactivarse con el tiempo, afectando las características organolépticas de la leche o de los productos que se elaboran con ella.

A la bactofugadora debe ingresar la leche previamente estandarizada, porque si se intentara descremar en la misma operación, se generarían corrientes internas que disminuyen la eficiencia de la operación.

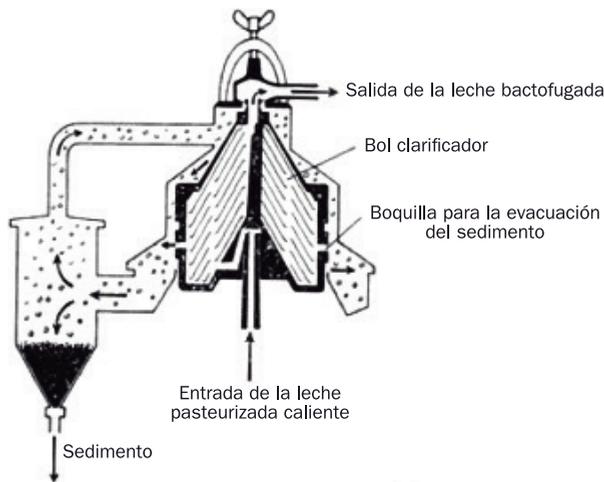


Figura 3. Esquema del funcionamiento de un bol de bactofugación equipado con un recuperador ciclónico

La bactofugación se aplicó por primera vez a leche en Bélgica en la década del 50 para obtener una leche de consumo con carga microbiana reducida. El problema radicó en la imposibilidad de garantizar la ausencia de patógenos como ocurre con la pasteurización. Posteriormente, con los conocimientos adquiridos, se utilizó para reducir el número de esporos en leches destinadas a elaborar quesos semicocidos, como el Gouda, con resultados dispares.

Una evaluación pormenorizada de la incidencia de la bactofugación sobre los parámetros tecnológicos de elaboración de queso Grana fue realizada a nivel industrial en Italia, con leches provenientes de distintas estaciones del año (Bottazzi y col., 1982). Los conceptos que surgen del estudio indican que la eficiencia, como en toda separación centrífuga, depende de la viscosidad y la densidad del medio y de las dimensiones y densidad de las partículas a separar.

La viscosidad de la leche disminuye con el incremento de la temperatura, pero 60 °C podría ser el límite superior a utilizar, ya que a temperaturas más elevadas comienza la desnaturalización de las proteínas de suero, generando partículas que afectan negativamente la separación. A temperaturas menores de 40 °C disminuye la eficiencia del proceso porque, por acción de las aglutininas, los microorganismos son parcialmente arrastrados por los glóbulos grasos presentes en la leche estandarizada.

En la Tabla 6 se comparan los resultados obtenidos por dos equipos que trabajan con distintas condiciones operativas. Se puede corroborar que la eficiencia de la separación de los microorganismos, en general, es mayor con el incremento de la fuerza centrífuga mientras que en el caso de los esporos, por ser más densos, la separación es mayor al 90 % en ambas condiciones de trabajo. Por otra parte, las micelas de caseína tienen un diámetro que oscila entre 10 y 120 μm y su densidad relativa es de 1,060 g/ml. Esto lleva a suponer que las de mayor tamaño se separan con los microorganismos.

La Tabla 7 muestra la reducción en la concentración de proteínas totales y particularmente en las caseínas, cuando la leche es procesada con la bactofugadora A (la de mayor fuerza centrífuga).

Se observa que en las leches bactofugadas el contenido de proteínas totales y caseínas disminuyó. La leche empobrecida en caseína y, selectivamente, en las micelas de mayor tamaño, se verá afectada en su comportamiento tecnológico aumentando el tiempo de coagulación, retardando el endurecimiento de la cuajada y disminuyendo su consistencia final, lo que generará además un rendimiento quesero menor.

Tabla 6. Reducción diferenciada de microorganismos en función de las condiciones operativas de dos bactofugadoras

Parámetro	Bactofugadora A	Bactofugadora B
Velocidad del rotor (r.p.m.)	7400	4900
Diámetro de los discos (cm)	28,5	40,6
Fuerza centrífuga en la periferia del rotor (g)	10100	7750
Fuerza centrífuga en la periferia de los discos (g)	8800	5500
	% de reducción	
Carga microbiana total	91,5	29,4
Coliformes	92,1	24,8
Bacterias acidificantes	90,4	27,5
Esporos de <i>Clostridium</i>	98,5	94,6

Fuente: Bottazzi y col., 1982.

Tabla 7. Incidencia de la bactofugación sobre la fracción proteica (media de 24 experiencias)

	Proteínas totales (Nitrógeno x 6,38) g/100 ml	Caseína g/100ml	Caseína/ Proteína total
Leche inicial	3,26	2,50	76,68
Leche bactofugada	3,12	2,34	75,64
Diferencia	0,14 (4,3%)	0,14 (5,6%)	

Fuente: Bottazzi y col., 1982.

Microfiltración

La microfiltración se incluye dentro de los procesos de separación que utilizan tecnología de membrana. La función primordial de la membrana es actuar como barrera selectiva, permitiendo el paso de determinados componentes y la retención de otros de una determinada corriente de alimentación. Su selectividad está relacionada con las dimensiones de la molécula o la partícula de interés y el tamaño de poro de la membrana y el material de la misma (Cheryan, 1998).

En la figura 4 se incluyen los cuatro procesos que utilizan tecnología de membrana (ósmosis inversa, nanofiltración, ultrafiltración y microfiltración) y los principales componentes de la leche (Bylund, 2015). Se muestra una escala que indica las dimensiones aproximadas de los componentes de la leche y el tamaño de poro de las membranas. La línea roja representa una alternativa del diámetro de corte de la membrana de microfiltración utilizada para sanear la leche, y la fracción retenida y permeada.

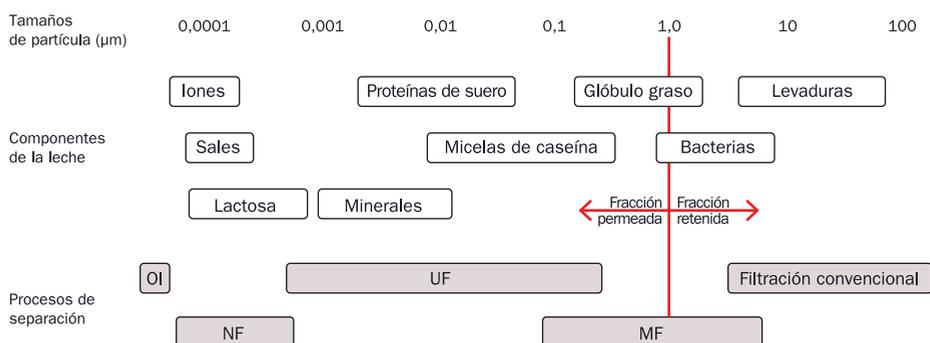


Figura 4. Procesos que utilizan tecnología de membrana (OI: ósmosis inversa, NF: nanofiltración, UF: ultrafiltración y MF: microfiltración), y su relación con los principales componentes de la leche

La microfiltración, al igual que los otros procesos de separación por membranas, es un proceso de filtración tangencial en la que la corriente de alimentación, que circula a una presión y velocidad que garantiza el régimen turbulento, ingresa paralela a la membrana para que el material retenido sea rápidamente removido y se mantengan libres los poros de la membrana. De esta manera, se generan dos corrientes: una constituida por todas las sustancias que, por su tamaño, atraviesan la membrana (permeado) y la otra que contiene todo lo que no la atraviesa (retenido o retentado). En contraste a este proceso de filtración tangencial, en la filtración convencional la suspensión a filtrar ingresa en forma perpendicular al material poroso para que las partículas retenidas se acumulen formando un depósito que favorece la calidad de la filtración. En la figura 5 se muestra un esquema del funcionamiento de un módulo de filtración convencional y tangencial (Bylund, 2015).

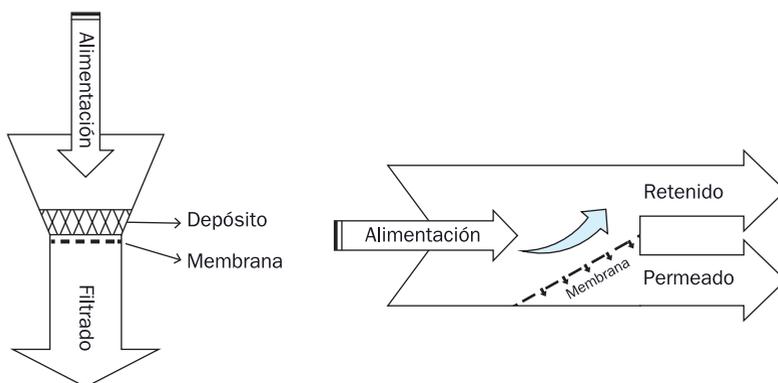


Figura 5. Esquema del funcionamiento de los módulos de filtración convencional (izquierda) y tangencial (derecha)

La microfiltración empleando membranas con un diámetro de corte de aproximadamente $1,4 \mu\text{m}$ es la que se utiliza para sanear la leche, ya que con este tamaño de poro se retiene la mayoría de los microorganismos. La composición de la leche microfiltrada (permeado) es muy semejante a la de la leche de origen debido a que los componentes de la corriente de alimentación (leche descremada) tienen un tamaño menor que los poros de la membrana por lo que la atraviesan libremente (figura 4). A pesar de ello, hay una pequeña disminución de los sólidos totales y las proteínas en el permeado, lo que se atribuye a que algunas micelas de caseína no llegan a atravesar la membrana. En la Tabla 8 se presenta la composición química y microbiológica de la leche cruda, del permeado y del retenido obtenido en un proceso de microfiltración (Biorollo, 1999).

Es importante resaltar que la microfiltración no garantiza la ausencia de patógenos, por lo que la leche microfiltrada se debe pasteurizar para su consumo. Caplan y Barbano (2013) reportaron la extensión de la vida útil de una leche con 2% de grasa hasta 90 d a temperatura de refrigeración ($4-5^\circ\text{C}$) al utilizar tecnología de membrana como etapa previa a la pasteurización.

Como se mencionó anteriormente, la microfiltración no modifica la composición de la leche por lo que tampoco afecta los parámetros tecnológicos de la misma para su uso en elaboraciones de quesos. Además, la microfiltración elimina los esporos, por lo que el uso de leche microfiltrada para elaboraciones de quesos duros soluciona los defectos de hinchazón tardía. Por otro lado, la disminución de la carga microbiana total de la leche de elaboración podría afectar el proceso de maduración de quesos duros de largo estacionamiento; sin embargo, este tema no se ha estudiado en profundidad

Tabla 8. Composición química y microbiológica de leche cruda, y del permeado y retenido obtenido por microfiltración

	Composición química y microbiológica de las fracciones		
	Leche cruda	Permeado	Retenido
Sólidos totales (%)	8,93	8,92	9,37
Proteína (% base seca)	35,36	35,29	36,11
Mat. Grasa (% base seca)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Lactosa (% base seca)	50,47	50,47	50,05
Cenizas (% base seca)	7,90	7,95	8,00
Recuento total (UFC/ml)	$1,2 \times 10^4 - 2,2 \times 10^7$	< 10–30	

Fuente: Birollo, 1999

hasta el momento. En queso Cheddar, McSweeney y col. (1993) reportaron que el uso de leche pasteurizada o microfiltrada condujo a un menor nivel y heterogeneidad de la flora NSLAB en comparación al uso de leche cruda. Se demostró además que, en este caso particular, la microfiltración fue equivalente a la pasteurización en la reducción de NSLAB en los quesos.

Aplicación de radiación infrarroja y ultravioleta

El efecto germicida de la radiación infrarroja se debe a la elevación de la temperatura. Como la leche circula por un conducto transparente a este tipo de radiación, el calentamiento no se realiza por superficie, lo que disminuye el ensuciamiento y facilita la limpieza. Por el otro lado, la acción bactericida de la radiación ultravioleta se debe a una inactivación bioquímica a nivel del ADN; la poca penetración que tiene este tipo de radiación en la leche es un inconveniente para su uso.

La aplicación de radiación infrarroja, que elevó la temperatura de 50 a 65°C en 6 seg, y la posterior aplicación de radiación ultravioleta durante 6 seg cuando la leche llegó a 35°C durante el enfriamiento, produjo una reducción del 99% de los coliformes y del 90% de los mesófilos totales; el nivel de esporulados no fue afectado al igual que la aptitud casearia de la leche. Estos tratamientos tienen una potencial aplicación para la termización de la leche previo a su enfriamiento en el mismo tambor, ya que los equipos que se utilizan no requieren vapor sino que solamente necesitan energía eléctrica (Reinheimer y col., 1984); además, son de fácil limpieza como se mencionó previamente.

Saneamiento por agentes químicos

La utilización de agentes químicos para el saneamiento de la leche está restringido a casos muy particulares y en países donde la legislación los autoriza. Los más importantes son:

- Agua oxigenada: cuando se usa en leche destinada a quesería, aumenta el tiempo de coagulación y disminuye la consistencia del coágulo. Como las bacterias lácticas son sensibles, se debe destruir el exceso de agua oxigenada con el agregado de catalasa.

- Nitrito de sodio o potasio: se utiliza en el orden de 100 g/1000 l de leche para inhibir esporulados y coliformes. Fue muy utilizado en nuestro país hasta que se comenzó a recuperar las proteínas del suero de quesería, ya que su presencia quitaba valor comercial al suero.

- Formaldehído: el formol, normalmente usado en Italia para quesos duros de larga maduración, es agregado a la leche en el afloramiento a razón de 25–30 ppm. Es especialmente activo contra los esporulados, las bacterias propiónicas y las heterofermentativas.

- Lisozima: es especialmente activa contra los esporulados. Se agrega a la leche donde se combina con la caseína y prácticamente pasa íntegramente al queso. Para que sea efectiva se debe garantizar 280 a 300 ppm en la masa del queso ya que concentraciones más elevadas afectan a las bacterias lácticas.

- Hexametilentetramina: se emplea en quesos de pasta hilada para controlar los problemas de hinchazón tardía provocado por los esporulados anaeróbicos y se agrega en la cuajada después de la acidificación.

De los mencionados, solo el nitrito de sodio o potasio y la lisozima están permitidos en nuestro país (Código Alimentario Argentino, 2020).

Normalización de la composición de la leche

Previo a la etapa de saneamiento o a la elaboración quesera, la leche se debe someter a distintos procesos para ajustar los parámetros fisicoquímicos a los valores requeridos por la tecnología de elaboración de cada tipo de queso. Los dos parámetros comúnmente normalizados son la relación materia grasa/proteína y el pH de la leche en la tina de elaboración.

Relación materia grasa/proteína

La relación grasa/proteína impactará en el contenido de grasa final de los quesos y permitirá clasificarlos como quesos extra grasos o doble crema (cuando contengan no menos del 60%), grasos (entre 45 y 59,9%), semigrasos (entre 25 y 44,9%), magros (entre 10 y 24,9%) y descremados (menos de 10%) (CAA, artículo 605). Para la mayoría de los quesos, la concentración de la materia grasa en la leche entera es mayor a la requerida. Variando esta relación se modifica su textura, su sabor y su aroma. En la práctica esta relación se puede modificar de las siguientes maneras:

Descremado parcial por afloramiento espontáneo

Este proceso se explicó anteriormente. Para regular la relación grasa/proteína, parte de la crema se retira del sistema por afloramiento.

Estandarización del contenido de grasa por centrifugación

Esta es la metodología más empleada en nuestro país y consiste en la utilización de una descremadora centrífuga. Este equipo es parte del pasteurizador a placa y está ubicada en la sección de calentamiento de la leche cruda. La leche ingresa a la descremadora a una temperatura que puede variar entre 45 y 65 °C y por acción de la fuerza centrífuga se separan dos corrientes, crema y leche descremada. A la salida del equipo se reingresa la crema necesaria para establecer la relación grasa/proteína requerida.

Agregado de leche en polvo descremada

Es una práctica común que permite ajustar la relación grasa/proteína e incrementar la producción. En este caso, se debe utilizar una leche en polvo obtenida a baja temperatura para que sea reactiva al cuajo e intervenga en la coagulación (Moiseev y col., 2017); de lo contrario quedará retenida como partícula, que no afecta demasiado en quesos Fresco y Barra pero no se recomienda en quesos con ojos y duros donde la textura es de gran importancia.

Si la pasteurización de la leche se realiza en tina, la leche en polvo debe agregarse antes de la pasteurización y en lo posible hay que darle un cierto tiempo de hidratación (Bylund, 2015). Si se trabaja con pasteurización continua no es recomendable su agregado a la leche cruda porque en la estandarizadora centrífuga puede, si la disolución no es buena, retener demasiados sólidos dificultando el proceso.

Es importante tener en cuenta que la incorporación de polvos lácteos puede modificar las propiedades de coagulación de la leche, por lo cual el protocolo de elaboración debería adaptarse. En estudios recientes realizados

en el INLAIN utilizando el equipo Optigraph® se ha comprobado que el agregado de leche en polvo descremada de bajo tratamiento térmico disminuyó el tiempo de corte de la cuajada y aumentó la firmeza de la misma en comparación con leche sin adición de polvos (Giménez y col., 2021c). Por otro lado, la adición de leche en polvo conduce a un incremento de la concentración de lactosa en la leche, en el suero de elaboración y en la cuajada en prensa que, si no se controla, puede llevar a una acidificación excesiva de la cuajada (Shakeel–Ur–Rehman y col., 2003; Giménez y col., 2021d).

Agregado de crema

Esto se realiza cuando se elaboran quesos grasos o doble crema, donde la concentración de materia grasa en la leche cruda no es suficiente para satisfacer la relación grasa/proteína requerida para dicho tipo de quesos.

Uso de tecnología de membranas

La tecnología de membranas ha revolucionado el sector lácteo. Se utilizan diferentes tipos de membranas para diversos fines tales como extender la vida útil de la leche sin tratamiento térmico, estandarizar los componentes principales de la leche para adaptar nuevos productos, así como aumentar el rendimiento y la calidad de los productos lácteos y concentrar, fraccionar y purificar componentes de la leche, especialmente proteínas lácteas nativas. En la industria quesera, las membranas permiten aumentar el rendimiento y calidad del queso y controlar el volumen de suero al concentrar la leche de quesería (Kumar y col., 2013).

El uso de tecnología de membranas para normalizar la leche combina el descremado centrífugo, la concentración de la leche descremada por filtración tangencial y posterior agregado de la materia grasa en la relación requerida. Según el diámetro de corte de la membrana (tamaño de los poros) se pueden presentar dos alternativas (Kumar y col., 2013):

- Ultrafiltración (UF): la membrana retiene las caseínas y las proteínas de suero mientras que en el permeado se separa agua, sales y lactosa. Con esta metodología se concentra la materia prima lo que lleva a una mejora de la coagulación y de la dureza del coágulo e incrementa el desuerado. Es importante tener presente que la modificación de los parámetros de coagulación requiere que la tecnología sea adaptada para mejorar el rendimiento sin alterar las características del queso terminado. La posibilidad de utilizar ultrafiltración para preconcentrar la leche antes de la elaboración de queso se ha utilizado para una amplia variedad de quesos (Henning y col., 2006). Esta metodología permite incrementar la producción sin ampliar la quesería (Pouliot, 2008).

- Microfiltración (MF, tamaño de poro 0,1µm): la membrana retiene caseínas y en el permeado se separan las proteínas de suero, el agua, las sales y la

lactosa (Neocleous, 2002). La microfiltración con membranas que tengan un diámetro de corte de 0,1 μm permite obtener como permeado un suero libre del caseinomacropéptido con muchas más aplicaciones que un suero de quesería convencional (Bacher y Kønigsfeldt, 2000) y una leche enriquecida en caseína, con un mejor comportamiento en tina, la cual se puede emplear en cualquier tipo de queso ya que no genera un aporte extra de proteínas de suero en el queso (Mistry y Maubois, 1993).

En consecuencia, el procesamiento de la leche con tecnología de membranas de diferente tamaño de poro hace posible estandarizar las leches con contenidos precisos de caseína, grasa, proteína sérica y lactosa (Johnson y Lucey, 2006).

Govindasamy–Lucey y col. (2004; 2011) investigaron el efecto del uso de retentados de ultrafiltración de leche en frío sobre la coagulación y propiedades del queso Parmesano y Suizo. Ambos estudios demostraron un menor tiempo de corte durante la elaboración, un mayor rendimiento quesero y similares atributos de calidad cuando se trabajó con leche adicionada de retentados de UF en comparación con el uso de leche sin concentrar.

Resultados similares fueron obtenidos en experiencias realizadas en el INLAIN. Quesos Cremoso obtenidos con leche concentradas por UF con un factor de concentración volumétrico de 1,8 demostraron, en general, características similares a los elaborados con leche sin concentrar presentándose solo algunas mínimas diferencias según las condiciones utilizadas en la elaboración. Además, se logró un incremento significativo del rendimiento quesero (Giménez y col., 2021a, 2022).

Ajuste de pH

El pH normal de la leche es de 6,6–6,8. Normalmente, se estandariza para que la leche en tina tenga 0,1–0,2 unidades de pH menos al momento de coagular. La acidificación debe ser rápida ya que de lo contrario las micelas de caseína se desmineralizan y la leche se comporta como leche ácida. En este caso, la capacidad *buffer* de la cuajada será menor debido a la pérdida de sales, lo que dificulta la obtención de un queso con la textura y pH adecuado. Para estandarizar el pH se emplea ácido láctico, ácido cítrico e incluso dióxido de carbono. El objetivo más importante es lograr que todas las elaboraciones tengan tiempos de coagulación, de lirado y de secado del grano de cuajada semejantes. Esto permite organizar la planta y coordinar la descarga de las tinajas en forma ordenada. Cabe recordar que cuando la cuajada espera en la tina para su descarga, disminuye el rendimiento quesero.

Referencias bibliográficas

- Abd El-Gawad, M. A. M. & Ahmed, N. S. (2011).** Cheese yield as affected by some parameters. Review. *Tecnología Alimentaria*, 10(2), 131–153.
- Alais, C. (2003).** *Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera*. Editorial Reverte SA.
- Annibaldi, S.; Ferri, F. & Mora, R. (1977).** Nuovi orientamenti nella valutazione tecnica del latte: Tipizzazione lattodinamografica. *Scienza e Tecnica Lattiero Casearia*, 28, 115–126.
- Bacher, T. & Königsfeldt, P. (2000).** WPI by micro-filtration of skim milk. *European Dairy Magazine*, 5, 14–16.
- Birollo, G. A. (1999).** Reducción del recuento bacteriano en leche utilizando microfiltración. VIII Jornadas Lactocasearias, Santa Fe, Argentina.
- Bottazzi, V. (1979).** Aspecti microbiologici della produzione del formaggio grana (pp. 36–41). Il Formaggio Grana. Tomo I. Edito a cura della Latteria Didattica «P. Marconi». Thiene. Italia.
- Bottazzi, V.; Battistotti, B. (...)Lauritano, M. (1982).** Rimozione centrifuga dei clostridi del latte e produzione di formaggio Grana. *Scienza e Tecnica Lattiero Casearia*, 33, 123–165.
- Bylund, G. (1996).** *Manual de industrias lacteas. Tetra Pak Processing System*. Editorial.
- Bylund, G. (2015).** *Dairy processing handbook*. Tetra Pak Processing Systems AB, Lund.
- Caplan, Z. & Barbano, D. M. (2013).** Shelf life of pasteurized microfiltered milk containing 2% fat, *Journal of Dairy Science*, 96, 8035–8046.
- Cardoso, C. V.; Nunes, E. L. de C. (...) Castro, H. C. (2019).** Farm test for rapid identification of antibiotic residues in raw milk. *Advances in Biotech & Microbiology*, 13(1): AIBM.MS.ID.555853.
- Catarino, I.; Martins, A.P.L.; Duarte, E.; Prudêncio, E.S.; Pinho, M.N.D. (2013).** Rennet coagulation of sheep milk processed by ultrafiltration at low concentration factors. *Journal of Food Engineering*, 114, 249-254.
- Carminati, D.; Nevianti, E.; Muchetti, G. (1985).** Activity of lysozyme on vegetative cells of *Clostridium tyrobutyricum*. *Latte*, 10, 194–198.
- Cheryan, M. (1998).** *Ultrafiltration and microfiltration handbook*. Chicago: Technomic Publishing Company, Inc.
- Chiesa, L.M.; DeCastelli, L. (...) Panseri, S. (2020).** Analysis of antibiotic residues in raw bovine milk and their impact toward food safety and on milk starter cultures in cheese-making process. *LWT–Food Science and Technology*, 131, 109783.
- Costanzo, A.; Franceschi, P. (...) Summer A. (2015).** Influenza del contenuto di cellule somatiche del latte su resa e perdite di lavorazione nella produzione del Parmigiano Reggiano. *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia*, 66(5–6), 125–135.
- De Marchi, M.; Dal Zotto, R. (...) Bittante, G. (2007).** Milk coagulation ability of five dairy cattle breeds. *Journal of Dairy Science*, 90, 3986–3992.
- Fox, P. F.; Guinee, T. P. (...) McSweeney, P. L. H. (2017).** *Fundamentals of cheese science*. 2° ed. Springer, New York.
- Giménez, P.; George, G.A. (...) Bergamini, C. (2021a).** Influencia del uso de leche concentrada por ultrafiltración en la elaboración y perfiles de maduración de queso Cremoso. I Jornadas de Ciencia y Tecnología, Rosario, Argentina.
- Giménez, P.; Perotti, M.C. (...) Bergamini, C. (2021b).** Evaluación de las propiedades de coagulación y rendimiento quesero de leche concentrada por ultrafiltración. I Jornadas de Ciencia y Tecnología, Rosario, Argentina.
- Giménez, P.; Perotti, M.C. (...) Bergamini CV. (2021c).** Evaluación de las propiedades de coagulación y rendimiento quesero de leche enriquecida con leche en polvo descremada. 1° Encuentro Intersectorial sobre Innovación y Calidad en la Alimentación.
- Giménez, P.; Perotti, M.C. (...) Bergamini, C.V. (2021d).** Queso Cremoso elaborado con leche adicionada de leche en polvo. 6° Simposio Argentino de Procesos Biotecnológicos.
- Giménez, P.; George, G.A. (...) Bergamini, C. (2022).** Quesos Cremoso elaborados con leche concentrada por ultrafiltración: influencia de la dosis de coagulante y adición de calcio. 6° Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, San Rafael, Argentina.

- Gobbetti, M.; De Angelis, M. (...) Fox, F. P. (2015).** Pros and cons for using non-lactic acid bacteria (NSLAB) as secondary/adjuncts starters for cheese ripening. *Trends in Food Science & Technology*, 45, 167–178.
- Govindasamy–Lucey, S.; Jaeggi, J. J. (...) Lucey, J. A. (2004).** Standardization of milk using cold ultrafiltration retentates for the manufacture of Parmesan cheese. *Journal of Dairy Science*, 87, 2789–2799.
- Govindasamy–Lucey, S.; Jaeggi, J. J. (...) Lucey, J. A. (2011).** Standardization of milk using cold ultrafiltration retentates for the manufacture of Swiss cheese: Effect of altering coagulation conditions on yield and cheese quality. *Journal of Dairy Science*, 94, 2719–2730.
- Guinee, T. P. & O'Brien, B. (2010).** The quality of milk for cheese manufacture. *Technology of cheesemaking* (pp. 1–67). Barry A. Law and A.Y. Tamime (Ed.). Blackwell Publishing Ltd.
- Henning, D. R.; Baer, R. J. (...) Dave, R. (2006).** Major advances in concentrated and dry milk products, cheese and milk fat-based concepts. *Journal of Dairy Science*, 89, 1179–1188.
- Ikonen, T. (2000).** Possibilities of genetic improvement of milk coagulation properties of dairy cows. Academic diss. Univ. Helsinki, Finland.
- Ikonen, T.; Morri, A. (...) Ojala, M. (2004).** Genetic and phenotypic correlations between milk coagulation properties, milk production traits, somatic cell count, casein content and pH of milk. *Journal of Dairy Science*, 87, 458–467.
- Johnson, M. E. & Lucey, J. A. (2006).** Major technological advances and trends in cheese. *Journal of Dairy Science*, 89, 1174–1178.
- Katla, A. K.; Kruse, H. (...) Herikstad, H. (2001).** Antimicrobial susceptibility of starter culture bacteria used in Norwegian dairy products. *International Journal of Food Microbiology*, 67(1–2), 147–152.
- Kehoe, S. I.; Jayarao, B. M. & Heinrichs, A. J. (2007).** A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on pennsylvania dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 90, 4108–4116.
- Kübarsepp, I.; Henno, M. (...) Tupasela, T. (2005).** A comparison of the methods for determination of the rennet coagulation properties of milk. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section A Animal Science*, 55, 145–148.
- Kumar, P.; Sharma, N. (...) Jeong, D. K. (2013).** Perspective of membrane technology in dairy industry: A review. *Asian–Australas Journal of Animal Science*, 26, 1347–1358.
- Mariani, P. (1989).** Attitudine del latte alla coagulazione presamica: ruolo della acidità nella produzione dei formaggi a lunga maturazione. *Obiettivi e Documenti Veterinari*, 10, 13.
- Marziali, A. S. & Ng–Kwai–Hang, K. F. (1986).** Effects of milk composition and genetic polymorphism on coagulation properties of milk. *Journal of Dairy Science*, 69, 1793–1798.
- McSweeney, P. L. H.; Fox, P. F. (...) Cogan, T. M. (1993).** Contribution of the indigenous microflora to the maturation of Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 3, 613–634.
- Mistry, V. V. & Maubois, J. L. (1993).** Application of membrane separation technology to cheese production. En Fox P. F. (Ed.). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (pp. 493–522). Chapman y Hall; London.
- Moiseev, N.; Suchkova, E. & Iakovchenko, N. (2017).** Possibility of using reconstituted milk in manufacture of cheese with cheddaring and cheese curd stretching. *Agronomy Research*, 15, 1358–1368.
- Mucchetti, G.; Neviani, E. (Eds.) (2006).** Microbiologia e tecnologia lattiero–casearia. Qualità e sicurezza, Tecniche nuove, Milano.
- Nájera, A. I.; Renobales, M. & Barron, L. J. R. (2003).** Effects of pH, temperature, CaCl₂ and enzyme concentrations on the rennet–clotting properties of milk: A multifactorial study. *Food Chemistry*, 80, 345–352.
- Neocleous, M. N.; Barbano, D. M. & Rudan, M. A. (2002).** Impact of low concentration factor microfiltration on the composition and aging of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 85, 2425–2437.
- O'Callaghan, D. J.; O'Donnell, C. P. & Payne, F. A. (2002).** Review of systems for monitoring curd setting during cheesemaking. *International Journal of Dairy Technology*, 55, 65–67.
- Owusu–Kwarteng, J.; Akabanda, F. (...) Jespersen, L. (2020).** Microbial safety of milk production and fermented dairy products in Africa. *Microorganisms*, 8, 752.

- Pouliot, Y. (2008).** Membrane processes in dairy technology—from a simple idea to worldwide panacea. *International Dairy Journal*, 18, 735–740.
- Puppel, K.; Gołębiewski, M. (...) Przysucha, T. (2019).** Composition and factors affecting quality of bovine colostrum: a review. *Animals*, 9, 1070.
- Reinheimer, J. & Giraffa, G. (1984).** Effetto di trattamenti di irraggiamento IR e IR + UV sulla microflora psicrotrofa di latte refrigerato. *Il Latte*, 9, 672–683.
- Shakeel-Ur-Rehman; Farkye, N. Y. (...) Drake, M. A. (2003).** Effects of standardization of whole milk with dry milk protein concentrate on the yield and ripening of reduced-fat Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 86, 1608–1615.
- Singh, H. & Wauguna, A. (2001).** Influence of heat treatment of milk on cheese making properties. *International Dairy Journal*, 11, 543–551.
- Skeie, S. (2007).** Characteristics in milk influencing the cheese yield and cheese quality. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 16(1), 130–142.
- Skeie, S. (2010).** Cap. 16, Milk quality requirements for cheesemaking. Improving the safety and quality of milk, 433–453. Woodhead Publishing Limited.
- Spreer, E. (1991).** *Lactología Industrial* (2ª ed.) (trad. de Technologie der Milchverarbeitung) (6ª ed.). Acirbia SA.
- Summer, A.; Pecorari, M. (...) Vecchia, P. (2006).** Influence of storage conditions on milk rennet-coagulation properties in Parmigiano-Reggiano cheesemaking. *Veterinary Research Communications*, 30, 387–389.
- Zalazar, C.; Meinardi, C. (...) Bernal, S. (1987).** Effetto della conservazione a freddo del latte nella produzione di formaggi a pasta semidura. *Scienza e Tecnica lattiero-Casearia*, 38(5), 415–431.
- Zalazar, C.; Meinardi, C. (...) Candiotti, M. (1988).** The effect of previous heat treatment on the keeping quality of raw milks during cold storage. *Microbiologie – Aliments – Nutrition*, 6, 373–378.

Fuentes

- Código Alimentario Argentino (2020).** Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). Capítulo XIII, Alimentos lácteos. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/capitulo_viii_lacteos_actualiz_2020-01.pdf
- Dirección Nacional Láctea (2019).** «Relevamiento y evaluación de la competitividad de la industria láctea argentina», 2016–2018. http://www.ocla.org.ar/NewsFiles/RELEVAMIENTO_INDUSTRIAL_DNL_2018.pdf

4. Los quesos argentinos

4.1. Los quesos argentinos de mayor difusión

4.1.1. Pasta blanda

Guillermo Peralta, Erica Hynes, Carlos Meinardi, Carina Bergamini, Melisa Puntillo, Andrea Quiberoni, Daniela Guglielmotti, Verónica Wolf y Claudia Vénica

El presente texto brinda definiciones y características de los quesos de alta humedad (entre 46 y 54,9%) más difundidos en Argentina: Cuartirolo, Cremoso y Por Salut, conocidos como quesos de pasta blanda. Se describen los aspectos legales y se brindan detalles de las tecnologías de elaboración. Además, se profundiza sobre los últimos avances científicos e innovaciones y se describen y discuten los defectos más comunes en estos quesos.

Queso Cremoso y queso Cuartirolo

Historia

Los quesos de mayor producción en Argentina son Cuartirolo y Cremoso, ambos de pasta blanda y corta maduración. Como la mayoría de los quesos argentinos de la zona central de nuestro país, se inspiran en quesos europeos como consecuencia de la fuerte corriente inmigratoria que experimentaron estas regiones a fines del siglo XIX y principios del siglo XX. El queso Cuartirolo deriva del queso italiano «Quartirolo Lombardo» que posee denominación de origen protegida (DOP) en Italia. A pesar de ello, las características del Cuartirolo argentino se modificaron a lo largo del tiempo y en razón de las materias primas e insumos disponibles para la elaboración, y hoy son

marcadamente distintas de las de su antecesor. Mientras que el Quartirolo es un queso con corteza de color rosa claro, que va endureciéndose conforme avanza la maduración entre 2 y 8 °C hasta hacerse mohosa y tornándose gris rojizo-verdoso, el queso Cuartirolo argentino se madura en cámara a 8–10 °C y su cubierta ha experimentado varias modificaciones a lo largo del tiempo. En décadas anteriores, se permitía la formación de una suave costra que entre los 8 y 15 d se cubría de mohos, luego se colocaba abundante fécula de maíz en toda la superficie, se lo envolvía con papel manteca y se lo ingresaba al circuito de comercialización. En el año 1940, el primer Código Bromatológico de la Ciudad de Santa Fe definía al queso «Quartirolo» o «Cuartirolo» como «un queso de pasta blanda, untuosa, blanquecina o ligeramente amarillenta, sin ojos o con ojos muy chicos y escasos, y de costra liviana». Posteriormente, en las primeras versiones de la legislación alimentaria argentina ya se definían dos variantes de queso Cuartirolo: el Cuartirolo mantecoso (con un mínimo de 50% de grasa en extracto seco) y el Cuartirolo (con un porcentaje entre 35 y 50% de grasa en extracto seco). El primero era ideal para preparaciones culinarias (pizzas y empanadas, entre otras) en las que se buscaba una buena fusión del queso hasta un estado semilíquido, mientras que el segundo se consumía crudo como producto de mesa y se destacaba como un muy buen acompañante del dulce de batata y de membrillo, lo que dio origen a un postre típico argentino «el queso con dulce (postre Vigilante)».

La corteza recubierta con fécula generaba dificultades tanto al consumidor como a la industria. En el caso del consumidor, porque debía separar la corteza previamente a su consumo y esto representaba un desperdicio; en el caso de la industria, porque demandaba mucho trabajo manual y la cámara donde se realizaba este procedimiento era un foco de contaminación microbiológica.

Este inconveniente resultó superado cuando se comenzó a envasar al vacío en bolsas de plástico termocontraíbles, tecnología que evita la formación de la corteza en el queso. En Argentina esta práctica se introdujo a fines de la década del 70 y desplazó completamente aquella costumbre de cubrir la corteza del queso Cuartirolo con fécula.

Otra de las diferencias importante entre el Cuartirolo Lombardo y el Cuartirolo Argentino, es que para el primero se permite la elaboración con leche cruda, lo que está prohibido para el queso argentino, y que el período de maduración es más largo en el caso italiano, ya que va de 30 días a varios meses. El Quartirolo Lombardo puede encontrarse en hormas pequeñas de 1,5 kg, lo que es muy infrecuente para la variedad argentina.

El queso Cremoso se puede considerar como un derivado de los quesos italianos Bel Paese y Crescenza. El Bel Paese comenzó a elaborarse en Italia en el año 1906. Pocos años después, con posterioridad a la visita de su creador italiano, Gildo Invernizzi, la fábrica De Lorenzi localizada en la localidad de El Trébol, provincia de Santa Fe, obtuvo la concesión para la elaboración de esta variedad en la Argentina (De Lorenzi, 1990).

Si tenemos en cuenta la evolución y convivencia entre las variedades y denominaciones de quesos de pasta blanda, se puede afirmar que el queso Cremoso tiene como antecesor más reciente al queso «Cuartirolo mantecoso» con una tecnología adaptada para envasado al vacío. Con el uso de este nuevo sistema de envase los quesos Cremoso y Cuartirolo pasaron a ser muy semejantes en cuanto a la característica de la masa: pasta blanda, cerrada y algo elástica, y en el atributo sensorial de cremosidad. Un queso Cremoso típico se muestra en la figura 1.



Figura 1. Queso Cremoso

Como en otras variedades argentinas, una misma denominación incluye mucha diversidad de productos. La textura, un importante atributo de los quesos de pasta blanda, presenta grandes variaciones entre los diversos productores. El tiempo de maduración y almacenamiento también varía mucho, de acuerdo con los usos de cada productor y la demanda del mercado. Por esta razón, los productos pueden mostrar desde una textura ligeramente elástica hasta una consistencia cremosa y pegajosa lo que lleva, en la mayoría de los casos, a que resulte sumamente difícil diferenciarlos sin mirar el rótulo.

Cremoso y Cuartirolo son los quesos más producidos en el país y tienen muchas aplicaciones culinarias. A nivel familiar se lo prefiere en la pizza y en preparaciones gratinadas por sus características de fusión. Esta costumbre está muy arraigada en la población, a punto tal que la Mozzarella se emplea muy poco, lo cual es importante desde el punto de vista nutricional ya que el aporte de calcio es cinco veces mayor en el Cremoso y Cuartirolo que en la Mozzarella (Pedro y col., 2011).

El avance de la tecnología, junto al sistema de envasado al vacío, ha diversificado la producción del queso Cuartirolo: algunas PYMES elaboran un queso que denominan «Cuartirolo Sostenido» que se adapta perfectamente para ser utilizado como postre y que se caracteriza por tener un nivel de humedad próximo al límite inferior establecido para un queso de alta humedad. El INLAIN ha participado en estos desarrollos, a través de la vinculación con empresas.

La producción de este tipo de queso se lleva a cabo en todas las cuencas lecheras, que están localizadas principalmente en las provincias de La Pampa, Buenos Aires, Santa Fe, Entre Ríos, Córdoba y San Luis.

Definición y características

El Código Alimentario Argentino (CAA) reglamenta las características del queso Cuartirolo en el cap. VIII (Alimentos lácteos), artículo 621 y las del queso Cremoso en el artículo 622. El contenido de ambos artículos es semejante, ya que ambos quesos son grasos (45 a 59,9 % de materia grasa), de alta y muy alta humedad, elaborados con leche entera o leche estandarizada, acidificada por cultivo de bacterias lácticas y coagulada por cuajo y/o enzimas específicas. La diferencia radica en que a la leche de elaboración del queso Cremoso se le puede agregar crema y que debe tener un mínimo del 50 % de materia grasa (manteniendo el requisito exigido para el antiguo Cuartirolo mantecoso).

Otras especificaciones establecidas en el CAA son:

- *Masa*: cruda, moldeada, refrigerada, salada y madurada en frío.
- *Pasta*: blanda, cerrada, algo elástica y grasosa; sabor dulce característico, ligeramente ácido; aroma suave y agradable; color blanco–amarillento uniforme.
- *Corteza*: entera, lisa o ligeramente rugosa, de consistencia adecuada.
- *Forma*: cilíndrica achatada o paralelepípeda.
- Tiempo de maduración y peso:
 - Mínimo 20 días para los que pesan menos de 2,5 kg.
 - Mínimo 30 días para los que pesan 2,5 a 5 kg.

Tecnología

Las principales etapas del proceso de elaboración del queso Cremoso se presentan en la figura 2A.

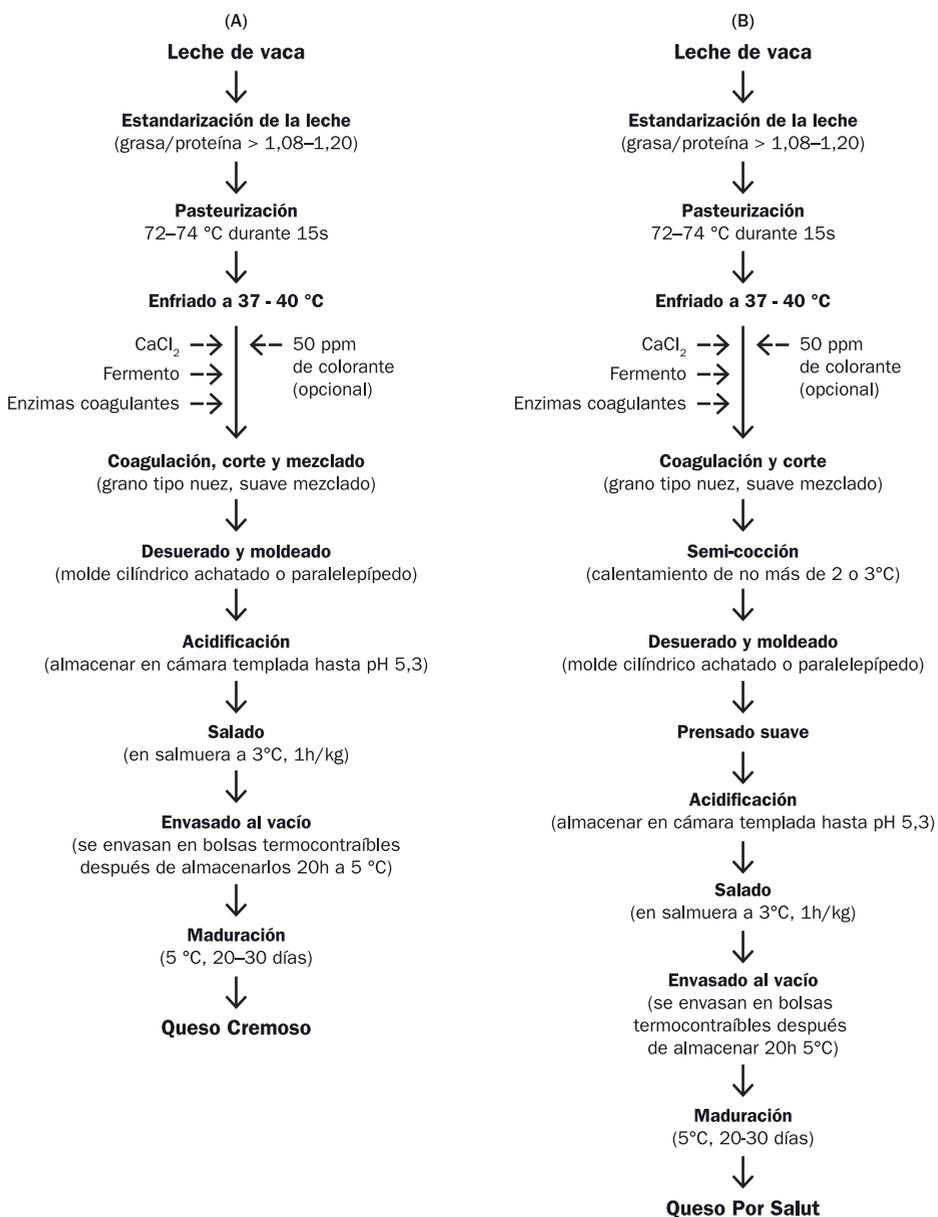


Figura 2. Flujograma de elaboración de los quesos Cremoso (A) y Por Salut (B)

Ambos quesos, Cremoso y Cuartirolo, se elaboran con leche entera de vaca, estandarizada a una relación grasa/proteína $\geq 1,00$, lo que permite cumplir las exigencias del CAA. Luego de la estandarización la leche se pasteuriza, generalmente en sistemas de placas, a 72–74 °C durante 15 seg, aunque aún hoy existen algunos establecimientos que pasteurizan en la tina quesera, a 63 °C durante 30 min. Luego de la pasteurización, la leche se enfría a 37–40 °C; esta temperatura se mantiene durante toda la elaboración hasta el moldeado. En las industrias medianas y grandes el pasteurizador vierte la leche directamente a la tina de elaboración, cuyo volumen puede encontrarse entre 6000 a 15000 l. Cuando la tina alcanza entre un 15 % y un 20 % del volumen, se agrega el fermento láctico y se continúa el llenado.

Los quesos Cremoso y Cuartirolo originalmente se elaboraban con fermentos naturales de leche o «leche fermento». Los fermentos naturales de leche se obtienen aplicando un tratamiento térmico (62–65 °C durante 10 a 30 min) a un volumen determinado de leche de buena calidad microbiológica. Luego se enfría a 45 °C y se incuba a esta temperatura el tiempo necesario para alcanzar la acidez y pH adecuados, conservándose en cámara fría hasta la elaboración del día siguiente. Al momento del uso, la leche fermento se comporta como un líquido viscoso y homogéneo, con una acidez de 45–55 °D, un pH entre 4,6–4,9 y una temperatura < 10 °C. El volumen agregado en la tina depende de la época del año y del conocimiento del quesero, y oscila entre el 0,5 y el 3 % del volumen de leche. Estos cultivos naturales contienen una microbiota compleja dominada principalmente por *Streptococcus thermophilus* (Reinheimer y col., 1995) y se siguen utilizando en muchos quesos artesanales de todo el mundo, apreciados por su tipicidad y características organolépticas, pero en quesos Cremoso y Cuartirolo han sido reemplazados por cultivos seleccionados. En efecto, si bien la leche fermento puede usarse con éxito y posee características tecnológicas favorables como la resistencia a los fagos, bajo costo y el aporte de notas sensoriales típicas y particulares al producto final, la variabilidad microbiana dificulta la estandarización de la tecnología para su uso industrial. Adicionalmente, se torna compleja la coordinación de la descarga de la cuajada a los moldes en las industrias que elaboran a gran escala. A este respecto, cabe señalar que toda espera de la cuajada en tina en el momento de la descarga conlleva una pérdida de rendimiento.

Los fermentos seleccionados que reemplazaron a la leche fermento en quesos blandos en Argentina son cultivos de tipo semidirecto o de agregado directo a tina, compuestos por varias cepas de *St. thermophilus*, es decir la misma especie predominante en los fermentos naturales anteriores. Las cepas de bacterias lácticas seleccionadas poseen propiedades tecnológicas

conocidas y constantes en el tiempo, como lo son la velocidad y el nivel de acidificación, entre otras.

El reemplazo de la leche fermento por el fermento semidirecto se realizó sin modificaciones significativas de la tecnología. El inóculo se prepara con leche esterilizada en planta (80–85°C por 20–30 min) y un fermento seleccionado, que al inicio se propagaba en laboratorio y más recientemente se comenzó a disponer de sobres con mezclas de cepas seleccionadas liofilizadas, los cuales se agregan directamente (sin repique previo) en el tanque de preparación del fermento semidirecto.

Los fermentos directos, también llamados DTV (por sus siglas en inglés, *Direct to Vat*) se agregan en la tina de elaboración generalmente en el momento del llenado. En el caso del fermento liofilizado, es conveniente dispersarlo previamente en leche para evitar la formación de grumos y facilitar una distribución homogénea. Por el contrario, en el caso del fermento congelado, se debe agregar en la leche de tina para que se incorpore a medida que se descongela, lo que permite disminuir los daños que produce el descongelamiento a las células del cultivo.

Los fermentos lácticos directos o semidirectos son inoculados en la leche de quesería a un alto nivel (10^6 UFC/ml de leche) para que, además de iniciar la fermentación láctica y liderar la acidificación, dominen la microbiota del queso y direccionen el proceso de maduración. En algunos casos, estos cultivos también pueden contener bajas proporciones de bacterias lácticas mesófilas, con el objetivo de desarrollar compuestos de aroma (por ejemplo, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*). Otra opción es el uso de mezcla de termófilos, como es el caso de *St. thermophilus* junto a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* con el objetivo de metabolizar completamente la galactosa proveniente de la hidrólisis de la lactosa, ya que la mayor parte de las cepas de *St. thermophilus* no son capaces de utilizar la galactosa.

Si bien los fermentos directos acidifican en la última etapa de la elaboración, no aportan acidez inicial. Algunos coagulantes, para actuar adecuadamente, requieren un ligero descenso en el pH inicial de la leche. Para el coagulante de bovino adulto, por ejemplo, la ausencia de acidez inicial representa una desventaja, que debe suplirse con una fuente de acidificación extra, como el dióxido de carbono (inyectado en línea) o ácidos orgánicos tales como el ácido cítrico, láctico o acidificantes como glucono- δ -lactona (GDL), todos ellos agregados en la tina. Estos tratamientos encarecen el proceso y se vuelven innecesarios cuando se utiliza quimosina como enzima coagulante.

En forma contemporánea al reemplazo de los fermentos naturales por cultivos seleccionados, se introdujo en la industria quesera la quimosina producida por organismos modificados genéticamente, que es idéntica a la quimosina bovina y no requiere un descenso inicial del pH de la leche para este tipo de variedades de queso, y por este motivo las pre-acidificaciones se volvieron innecesarias.

Cuando se completa el llenado de la tina, se agrega cloruro de calcio a razón de 0,02 g/100 ml de leche para reponer el calcio iónico que pudo precipitar en el tratamiento térmico, mejorar los parámetros reológicos de la cuajada y lograr un coágulo con características óptimas para estos tipos de quesos. En la mayoría de las industrias, se agrega además el colorante annatto (CAA, 160b) para homogenizar el color de la pasta.

A continuación, se adiciona la cantidad necesaria de coagulante para que el inicio de la coagulación se produzca entre los 9 y 12 min posteriores y la cuajada adquiera la consistencia de lirado en 25 o 35 min; estos tiempos son compatibles con la obtención de una cuajada predominantemente enzimática. En Argentina se suele seleccionar el coagulante para la elaboración de queso Cremoso entre una diversidad de enzimas disponibles tales como coagulante de bovino adulto, coagulante microbiano y quimosina producida por fermentación de organismos modificados genéticamente, típicamente *Kluyveromices lactis* u otras levaduras. En los últimos años, una empresa argentina desarrolló una quimosina de origen vegetal producida a partir de cártamo modificado genéticamente.

Cuando el coágulo adquiere la consistencia adecuada (~25–35 min) continúan las etapas de corte, desuerado y moldeado. El momento y la secuencia de corte (lirado) están estrechamente relacionados con el tipo de tina, volumen, grado de automatización y sistema de descarga de la cuajada (por gravedad o por bombeo). Algunas tinas están equipadas para que durante el lirado se obtengan cubos de 1 a 1,5 cm de arista; en este caso, las operaciones posteriores consisten en una suave agitación para favorecer el desuerado y evitar que los granos de cuajada se adhieran reduciendo la superficie de desuerado. En tinas menos mecanizadas se realiza un primer lirado grueso y a medida que se lo agita suavemente se va reduciendo el tamaño hasta llegar, al final del desuerado, con el tamaño de grano buscado. Finalizado el mismo, los granos de cuajada son redondeados y del tamaño de una nuez o menor acorde al sistema de descarga de la cuajada, que puede ser por gravedad o a través de una bomba y una desueradora continua. En todo momento se busca que los granos de cuajada tengan un tamaño y una consistencia que soporte los esfuerzos a los que son sometidos en la descarga y el moldeo sin romperse demasiado; de esta manera se evita la producción de partículas finas que afecten la textura del queso e incrementen los finos

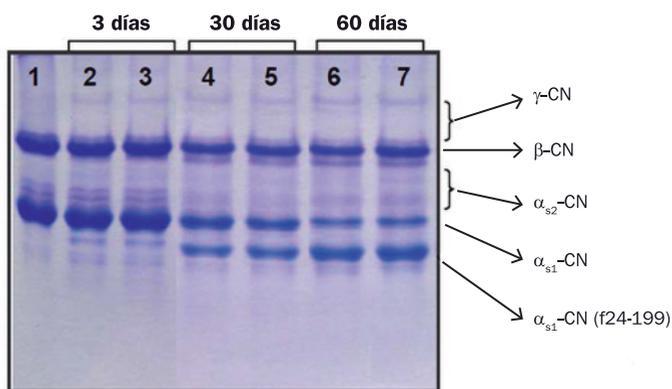
que se pierden en el suero, reduciendo el rendimiento. El nivel de secado de la cuajada en la tina está relacionado con la velocidad de acidificación de la cuajada y el molde que se adopte. Como en este tipo de queso el desuerado en molde es significativo, si se reduce la velocidad de acidificación sin modificar el secado en tina, los quesos tendrán menos humedad y el rendimiento será menor. Un retardo en la acidificación puede ocurrir cuando:

- Se produce un enfriamiento de la cuajada en la descarga y en el molde; el efecto del enfriamiento en esta etapa sobre la velocidad de acidificación se debe, principalmente, a que los fermentos utilizados son termófilos. Para evitar esto, algunas plantas coagulan la leche a temperaturas cercanas a los 40 °C y la fase de acidificación en los moldes la realizan en una zona cálida y en algunos casos, calefaccionada.
- Se emplean fermentos que no tienen curvas de acidificación semejantes. Suele ocurrir cuando se realizan las rotaciones de los mismos, por lo que la tecnología tiene que ajustarse para cada caso en particular.
- Presencia de inhibidores químicos en la leche o episodios de contaminación por fagos. Por el contrario, si la acidificación en molde es demasiado rápida para la tecnología adoptada, los quesos resultarán más húmedos.

Los moldes son mayormente paralelepípedos de acero inoxidable perforado o plástico microperforado, de 240 mm x 240 mm de lado y 150 mm de altura. Actualmente, la mayoría de las empresas han reemplazado los moldes de acero por los de plástico. Los moldes llenos de cuajada se apilan de a dos. En la primera hora, el queso se da vuelta (se conoce como que se «voltea») dos veces y en cada volteo el molde de abajo se pasa arriba. Después de la primera hora, sin ejercer ninguna presión, los moldes continúan en la zona cálida hasta que el pH desciende a 5,10–5,30, lo que equivaldría a una acidez de 60–70 °D. Alcanzado este valor de pH, los quesos se sumergen en salmuera fría (NaCl 20 % m/v, pH 5,4, 5 °C) a razón de 1 h/kg de queso (Zalazar y col., 1999). Finalizado el salado, los quesos se colocan en la cámara de maduración a 5–8 °C y 85–90 % de humedad relativa. Al tercer o cuarto día se procede al envasado bajo vacío en bolsas de plástico termocontraíbles.

Normalmente, entre los días 6 y 9 aparece líquido que ha exudado del queso. La hidrólisis de la caseína α_{s1} -CN en el enlace Phe₂₃-Phe₂₄ por la acción proteolítica del coagulante residual genera los péptidos α_{s1} (f1–23) and α_{s1} -I (f24–199). Este último péptido hidrofílico es el responsable de la reabsorción del líquido exudado (Hynes y col., 2001a, b). Por esta razón, un queso Cremoso o Cuartirolo que ha completado el período de maduración debe tener la bolsa de plástico termocontraíble adherida al queso. Si aparece suero al cortar la horma, puede deberse a que es un queso demasiado joven o a la presen-

cia de algún defecto de elaboración, generalmente asociado con la evolución del pH, que causó la expulsión de más líquido que aquel que se podía reabsorber. La producción del péptido α_{s1} -I (f24-199) durante la maduración del queso Cremoso puede observarse en la figura 3 (Milesi, 2008).



Fuente: Milesi, 2008 (tesis doctoral).

Figura 3. Electroforesis (urea-PAGE) de la fracción insoluble a pH 4,6 de los quesos Cremoso miniatura. Línea 1: caseinato patrón. Líneas 2 y 3: quesos Cremoso de 3 d de maduración. Líneas 4 y 5: quesos Cremoso de 30 días de maduración. Líneas 6 y 7: quesos Cremoso de 60 días de maduración.

Avances científicos e innovaciones

Las primeras publicaciones científicas del INLAIN sobre quesos de pasta blanda aparecen en la década de los 80. En los primeros trabajos se detallan experiencias sobre la elaboración y maduración (Zalazar y Meinardi, 1982) y diversos aspectos microbiológicos (Esponda y col., 1981; Comini y col., 1985). El uso de aditivos gelificantes y la adición de proteínas de suero en queso Cremoso fueron evaluados posteriormente (Zalazar y col., 1993; Hynes y col., 1998a, b; Meinardi y col., 1998b). El efecto de las enzimas coagulantes y particularmente la proteólisis del queso Cremoso durante la maduración fue una temática ampliamente estudiada (Zalazar y col., 1995; Zalazar y col., 1997; Meinardi y col., 1998a; Hynes y col., 1999b, 2001, 2001b). Otros de los temas abordados en queso Cremoso fueron el uso de fermentos seleccionados directos (Candiotti y col., 2000, 2001), la capacidad de fusión (Mercanti y col., 2004, Candiotti y col., 2007), tiempo

de maduración (Ramonda y col., 2008), el empleo de diversas estrategias para incrementar el rendimiento quesero (Caffaro, 2004 ; Meinardi y col., 2004) y el uso de fermentos adjuntos (Milesi, 2007; Peralta, 2014). En particular, la bioquímica de la maduración de este tipo de queso ha sido ampliamente estudiada en los últimos 25 años. Algunos de los resultados de esta gran cantidad de estudios realizados en la variedad de pasta blanda se ampliarán a continuación.

El rol del coagulante como enzima proteolítica durante la maduración de queso Cremoso fue exhaustivamente estudiado en el INLAIN. De hecho, el primer trabajo sobre esta temática fue el primer estudio sistematizado de Cremoso realizado en el Instituto (Hynes ,1998; Hynes y col., 2001). Para ello, se elaboraron y analizaron quesos en los cuales se suprimió la actividad de la enzima coagulante durante la maduración, lo que se logró con el uso de una tina a escala de laboratorio que permite la manipulación de la leche y la cuajada de manera de inactivar la enzima coagulante (Meinardi y col., 1998). También fueron elaborados quesos con diferentes dosis del coagulante, y quesos sin actividad de enzima coagulante y sin fermento, en los cuales el único agente enzimático activo durante la maduración fue el sistema proteolítico nativo de la leche. El estudio reveló que la principal transformación durante la maduración del queso Cremoso es la escisión de la caseína α_{s1} en los péptidos α_{s1} (f24–199) y α_{s1} (f1–23). Se comprobó que dicha acción proteolítica es debida a la enzima coagulante de la leche. De hecho, los quesos con la enzima coagulante inactivada no evidenciaron acción hidrolítica en mayor medida que las cuajadas frescas y, por lo tanto, no maduraron correctamente. También se pudo concluir que el coagulante no hidroliza la β -caseína durante la maduración en queso Cremoso. Otros interesantes hallazgos del estudio, y desconocidos hasta ese momento, están relacionados con el paquete enzimático del fermento y a la acción de la plasmina (enzima nativa de la leche) durante la maduración. Respecto al fermento se concluye que no cumple un rol determinante en la proteólisis primaria. En este mismo sentido, no fue detectada una acción proteolítica de la plasmina sobre las caseínas durante la maduración. La acción de la plasmina en queso Cremoso fue estudiada posteriormente por Vélez y col. (2015), quienes indagaron sobre la influencia de diferentes tecnologías de elaboración de quesos argentinos (Cremoso, Pategras y Reggianito) sobre la actividad del coagulante, el sistema plasmina/plasminógeno y la proteólisis. En cuanto al sistema plasmina/plasminógeno, se observó mayor actividad del plasminógeno inactivo en el queso Cremoso. Por otro lado, la actividad coagulante se mantuvo sin cambios significativos durante la maduración y fue mayor en Cremoso que en variedades de queso semiduro y duro (figura 4).

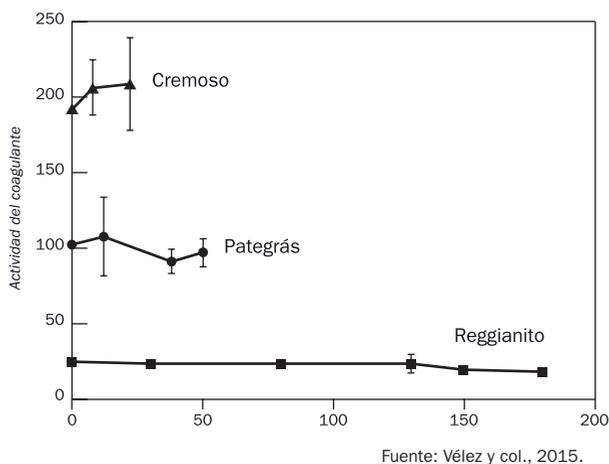


Figura 4. Actividades de quimosina residual (nmol de producto / g de queso x hora) en queso Cremoso, Pategrás y Reggiano

Estas diferencias en los niveles fueron relacionadas con la temperatura de cocción; es decir, mayor temperatura de cocción, mayor inactivación de coagulante. Sin embargo, las diferencias de concentración también están en la cuajada antes del tratamiento térmico, dado que el Cremoso retiene más humedad y con esta, mayor cantidad de coagulante. Además, un pH más bajo en los quesos Cremoso es más favorable a la acción de la quimosina.

La contribución del coagulante a la maduración del Cremoso también fue abordada por Bertola y col. (2010), quienes evaluaron la influencia de la inactivación del coagulante en el desarrollo de la textura durante la maduración de este queso, así como también el impacto de la proteólisis en sus propiedades de fusión. Durante las primeras semanas de maduración, los quesos con enzima coagulante, tanto activa como inhibida, mostraron diferentes grados de proteólisis primaria pero propiedades reológicas similares. Sin embargo, después del primer mes de maduración la proteólisis se niveló, pero las propiedades físicas, por el contrario, se separaron. Por otro lado, la inactivación enzimática modificó no solo la proteólisis del queso sino que también produjo una disminución en los valores de pH, cambiando la interacción entre las caseínas que contribuyen a las propiedades de textura del queso y concluyendo que la inhibición del coagulante y la disminución de la proteólisis primaria probablemente no fueron la causa de los cambios en la textura y la capacidad de fusión.

Teniendo en cuenta la importancia de la cantidad de coagulante retenido en la cuajada de un queso Cremoso, que es superior a la de quesos semiduros y duros, sumado a su relevante efecto residual durante la maduración,

es importante conocer la cantidad de coagulante retenida en un queso. En este sentido, una de las metodologías más sensibles para la determinación de coagulante residual, basada en la cuantificación de la hidrólisis de un heptapéptido sintético específico de proteasas aspárticas, fue puesta a punto en el INLAIN por Pozza (2012). De hecho, este trabajo logró incrementar la sensibilidad de la técnica, brindándole la posibilidad a la industria argentina de caracterizar sus quesos en cuando a la actividad residual del coagulante.

El grado de proteólisis, influenciado principalmente por la actividad residual de coagulante, influye directamente en el ablandamiento del queso y en una de las características reológicas fundamentales de un buen Cremoso, que es la capacidad de fundir. Sin embargo, la proteólisis no es el único fenómeno que influye en estas características. La solubilización del calcio coloidal es otro de los fenómenos importantes que suceden en simultáneo a la proteólisis durante la maduración del queso (Lucey y col., 2005). Candioti y col. (2007) estudiaron la influencia de la actividad residual de la enzima coagulante y el grado de proteólisis sobre las propiedades de fusión del queso Cremoso. Para ello, se realizaron elaboraciones de queso con diferentes dosis de coagulante y estudiaron la capacidad de fusión, la actividad residual de coagulación de la leche y la proteólisis en los quesos. El estudio reveló que la proteólisis en los quesos Cremoso con niveles bajos de coagulante fue más lenta, pero no disminuyó en comparación con los quesos elaborados con mayores dosis. Asimismo, la hidrólisis de las caseínas no afectó significativamente la capacidad de fusión del queso Cremoso. Otro hallazgo fue que los cambios en la capacidad de fusión parecían estar relacionados con la evolución del pH durante la maduración. Estos resultados van en el mismo sentido que lo reportado sobre la solubilización del Ca coloidal incluido en la matriz de paracaseína, que conduce a la consiguiente pérdida de material de reticulación y al debilitamiento del cuerpo del queso (Lucey y col., 2005; O'Mahony y col., 2005).

La capacidad de fusión del queso Cremoso también fue abordado por Mercanti y col. (2004), quienes estudiaron el efecto del contenido de materia grasa, pH, grado de maduración e incorporación de proteínas de suero sobre la capacidad de fusión del queso. Tanto el contenido graso como el grado de maduración afectaron positivamente dicha capacidad. Asimismo, la incorporación de proteínas de suero produjo mayores rendimientos pero la capacidad de fusión se vio fuertemente disminuida, mientras que para el pH no se observó una tendencia clara.

En cuanto a la incorporación de proteínas de suero para incrementar el rendimiento, diversas estrategias han sido propuestas; entre las más difundidas se encuentran aquellas que emplean membranas y las que involu-

cran un tratamiento térmico. En las primeras, la leche es ultrafiltrada antes de la coagulación y de este modo las proteínas del suero son retenidas en su estado nativo (Maubois, 1990). En el segundo caso, mediante un tratamiento térmico aplicado a suero acidificado, se recuperan las proteínas desnaturalizadas que son luego adicionadas a la leche de elaboración (Hynes y col., 1998). Estos autores también valoraron la incorporación de proteínas de suero desnaturalizadas (ricota) a la leche de elaboración como una estrategia para incrementar el rendimiento. Se comprobó que la ricota adicionada a un nivel del 4,5% a la leche, mejora las propiedades de la coagulación, aumenta considerablemente el rendimiento quesero y no produce cambios detectables en las características organolépticas con respecto a un queso sin ricota. En este sentido, una alternativa simple y económica consiste en tratar la leche de elaboración a temperaturas y tiempos superiores a los de pasteurización, a los efectos de permitir que las proteínas del suero desnaturalizadas se asocien a las caseínas y de esta manera queden luego incorporadas al queso. Sin embargo, teniendo en cuenta que tal tratamiento conduce a una pérdida de aptitud de la leche a la coagulación enzimática, esta debe recuperarse por algún medio. Los recursos más adecuados para este fin son: producir una ligera acidificación (pH 6,4) previa a la coagulación y la adición de cloruro de calcio. Esta estrategia fue evaluada en queso Cremoso por Meinardi y col. (2004), quienes estudiaron el incremento del rendimiento en planta piloto del queso cuando se elaboró con leches tratadas a 85 °C durante 2 min. El tiempo de coagulación y la velocidad de endurecimiento del coágulo se recuperó por acidificación con glucono- δ -lactona y el agregado de CaCl_2 . La estrategia utilizada fue efectiva para incrementar el rendimiento en queso Cremoso y, aunque se encontraron diferencias de textura y sabor, la calidad al final de la maduración no fue afectada.

En vista de la importancia que tiene para la industria quesera conocer el tiempo final de maduración, en el cual se logran las características fisicoquímicas y sensoriales deseadas, Ramonda y col. (2009) plantearon la obtención de modelos matemáticos basados en parámetros fisicoquímicos para estimar el tiempo de maduración del queso Cremoso. Los quesos empleados para la obtención de los modelos fueron provistos por dos industrias lácteas de primera línea de la zona de Santa Fe y elaborados en tres estaciones diferentes del año (otoño, invierno y primavera). Durante el período de maduración se tomaron muestras a distintos intervalos de tiempo y se sometieron a diferentes determinaciones: humedad, pH, nitrógeno soluble a pH 4,6 (NS-pH4,6), nitrógeno soluble en ácido tricloroacético 12% (NS-TCA), nitrógeno soluble en ácido fosfotúngstico (NS-PTA), contenido de amonio y relación $\text{CN}-\alpha\text{S1-I} / (\text{CN}-\alpha\text{S1} + \text{CN}-\alpha\text{S1-I})$ por electroforesis. El modelo obtenido mostró

buena correlación y bajo error de estimación, lo que demostró la buena capacidad predictiva de los mismos. Las variables que presentaron una relación lineal significativa con el tiempo de maduración fueron las tres fracciones nitrogenadas, expresadas como porcentaje del nitrógeno total (%NS-pH 4,6/NT, %NS-TCA/NT), y la relación caseína α_{S1-I} / (caseína α_{S1} + caseína α_{S1-I}) determinada por electroforesis, quedando descartadas el resto de las variables. Los niveles típicos de las 3 fracciones nitrogenadas, como así también de los aminoácidos libres en queso Cremoso durante la maduración, está representada en la figura 5.

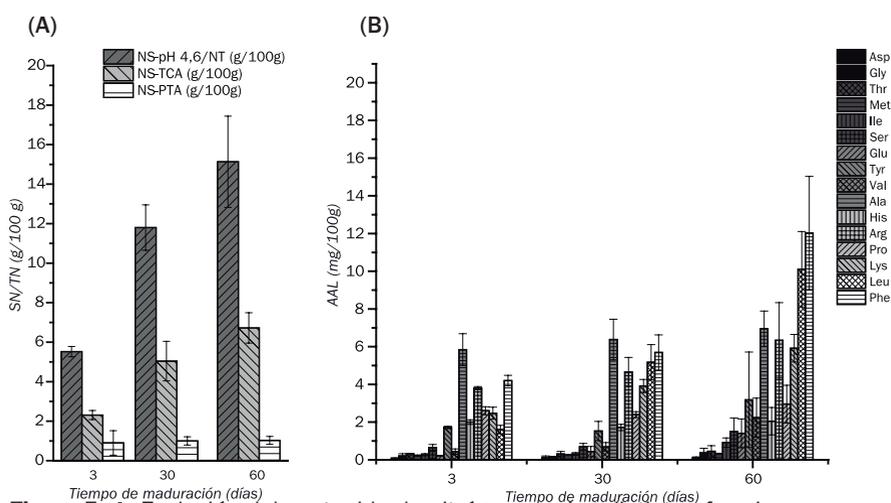


Figura 5. A: Evolución del contenido de nitrógeno en las distintas fracciones solubles (NS-pH 4,6, NSTCA, NS-PTA), durante la maduración de queso Cremoso (Milesi y col., 2007). **B:** Evolución de los aminoácidos libres (AAL) durante la maduración de queso Cremoso (Peralta, 2014)

El uso de lactobacilos mesófilos como cultivos adjuntos para mejorar la calidad del queso Cremoso fue abordado en el INLAIN. Una gran cantidad de bacterias lácticas (BAL) mesófilas de quesos Cremoso de buena calidad fueron aisladas y pertenecieron a las siguientes especies: *Lacticaseibacillus casei*, *Lacticaseibacillus paracasei* y *Lactiplantibacillus plantarum* (Bude Ugarte y col., 2006). Las cepas aisladas se caracterizaron por sus propiedades tecnológicas y probióticas (Bude Ugarte y col., 2006; Briggiler Marcó y col., 2007; Peralta y col., 2016a) y las mejores fueron seleccionadas para su uso como fermentos adjuntos en quesos Cremoso, a fin de mejorar su calidad. Se obtuvieron resultados favorables, especialmente en lo que res-

pecta al aumento de la peptidólisis y bioformación de diacetilo y compuestos volátiles derivados de aminoácidos (Milesi y col., 2008, 2010; Burns y col., 2012; Peralta y col., 2016b). De hecho, un modelo de queso Cremoso fue desarrollado y validado por Milesi y col. (2007) con la finalidad de caracterizar estos potenciales cultivos adjuntos.

Más recientemente, la cepa *Lactocaseibacillus paracasei* 90 (L90), seleccionada del elenco de cepas autóctonas aisladas por su capacidad para producir diacetilo entre otros compuestos volátiles característicos de los quesos y por sus propiedades probióticas, fue revalorizada como cultivo adjunto en queso Cremoso. La cepa fue sometida a los procesos de secado *spray* (Peralta y col., 2017) y liofilización (Beret y col., 2020), ambos procesos comúnmente utilizados para la conservación de los cultivos lácticos, antes de ser inoculada como cultivo adjunto en queso Cremoso. La habilidad de L90 para producir compuestos volátiles de interés en queso Cremoso, como lo son diacetilo y acetoína, no fue afectada por la aplicación de los tratamientos de conservación. Además, dicha habilidad también se mantuvo luego de su desarrollo en medios de cultivos económicos formulados con residuos de la industrialización de la soja (Beret y col., 2021). La utilización de subproductos y residuos de la industria para la formulación de medios de cultivos ha cobrado gran relevancia en los últimos años dado el alto costo de los medios comerciales, y teniendo en cuenta la amplia oferta de materiales económicos y ricos en nutrientes que podrían ser aprovechados o revalorizados. La importancia del diacetilo y acetoína en Cremoso fue reportada por Wolf y col. (2012), quienes estudiaron el perfil de compuestos volátiles de numerosos quesos comerciales de esta variedad e informaron que dentro de los compuestos volátiles mayoritarios (etanol, ácido etanoico, acetaldehído, 3-metil 1-butanol, etc.) se destacaba la presencia de las metilcetonas 3-hidroxi 2-butanona (acetoína) y 2,3-butanodiona (diacetilo).

Por otro lado, el efecto protector del cultivo adjunto L90 en queso Cremoso fue estudiado en condiciones de cortes de cadena de frío por Peralta y col. (2020) y Giménez y col. (2021). La interrupción de la cadena de frío es un problema frecuente durante el verano en ciertas provincias de Argentina, en donde las temperaturas ambientales pueden alcanzar los 45°C. Peralta y col. (2020) informaron que el cultivo adjunto de L90 aumentó la proteólisis, la fermentación de carbohidratos y la producción de compuestos antimicrobianos, lo que logró un impacto positivo en el perfil de compuestos volátiles y, concomitantemente, en las características sensoriales del queso Cremoso; estos efectos se incrementaron por el aumento de la temperatura, sin causar defectos.

Giménez y col. (2021) observaron que la incorporación de L90 disminuyó la actividad metabólica de *Leuconostoc mesenteroides* D11, microorganismo alterante productor de gas aislado previamente a partir de un queso Cremoso con

defecto de ojos no deseados; esta cepa fue incorporada en los quesos simulando una contaminación. El efecto de L90 sobre el microorganismo alterante evitó la formación no deseada de ojos. Además, se destacó el efecto positivo del mantenimiento de la cadena de frío para obtener quesos Cremosos sin defectos. La producción de ojos no deseada en Cremoso fue analizada por tomografía computada de rayos x, metodología no destructiva cuya aplicación al área de alimentos resulta ser muy novedosa (Giménez y col., 2019).

El uso de cultivos primarios atenuados para acelerar la maduración e incrementar la formación de compuestos volátiles del *flavour* también fue evaluado en queso Cremoso. En este sentido, Peralta y col. (2019) demostraron que ciertos tratamientos de atenuación/disrupción sobre cepas comerciales de *St. thermophilus* podrían ser adecuados como estrategia para incrementar su potencial metabólico en el queso, tales como la actividad β -galactosidasa y la peptidolítica, que permitirían producir quesos reducidos en lactosa y con mayor nivel de peptidólisis, respectivamente.

Otra de las innovaciones en queso de pasta blanda es la capacidad de esta matriz para vehiculizar bacterias probióticas (Vinderola y col., 2000; Vinderola y col., 2009). De hecho, un queso Cremoso adicionado con un cultivo adjunto conteniendo cepas de *Lactocaseibacillus paracasei*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium* sp. fue el primer queso probiótico desarrollado en Latinoamérica y fue comercializado durante 10 años. Este queso, conocido en el mercado como «Bioqueso», tenía la capacidad de mantener viables los cultivos probióticos durante todo el proceso de elaboración y maduración hasta su consumo. En este sentido, en el INLAIN se continuaron los estudios respecto a probióticos en Cremoso. Burns y col. (2008), quienes estudiaron el efecto de dos cepas salvajes aisladas de quesos (*Lactiplantibacillus plantarum* L90 y L91) en la capacidad probiótica del queso, informaron que la administración oral del mismo conteniendo ambas cepas demostró ser segura y capaz de aumentar el número de células IgA + en la lámina propia del intestino delgado de ratones.

Finalmente, una innovación en queso Cremoso respecto a incrementar la producción de carbohidratos bioactivos en esta variedad de quesos fue recientemente publicada (Vénica y col. 2020). En este trabajo se estudió el efecto de la incorporación de una enzima β -galactosidasa de *K. lactis* durante la elaboración de quesos blandos, con el fin de obtener productos con galactooligosacáridos (GOS) prebióticos. Los resultados obtenidos demostraron la posibilidad de desarrollar quesos con GOS en niveles de hasta 0,88 g/100 g. La inclusión de la enzima produjo un retraso en alcanzar el pH objetivo (-5,2) durante la elaboración, pero no se vieron afectados los compuestos volátiles y los ácidos orgánicos.

Queso Por Salut

Historia

El queso Por Salut, también denominado Saint Paulin, deriva del famoso queso francés Port Salut. Este queso, al igual que el Cremoso, es uno de los preferidos por los consumidores argentinos. Es un queso fresco que se diferencia de los anteriores en la textura y en la consistencia de la masa, debido al calentamiento de la cuajada en tina, y en las características sensoriales más suaves. Su sabor y textura, así como su nombre, lleva al consumidor a pensar que es un queso menos graso; sin embargo, a no ser que sea un queso reducido en grasa, en general tienen el mismo nivel que el queso Cremoso.

Definición y características

El CAA define en el artículo 625 al queso Por Salut o queso Saint Paulin como:

El producto de alta humedad, graso, elaborado con leche entera o leche estandarizada, acidificada por cultivo de bacterias lácticas y coagulada por cuajo y/o enzimas específicas.

Este queso deberá cumplir con las siguientes exigencias:

- *Masa*: semicocida, moldeada, prensada, salada y madurada.
- *Pasta*: blanda, consistencia elástica, sabor dulce, aroma acentuado típico, color blanco–amarillento o débilmente rojizo.
- *Corteza*: lisa, bien formada, resistente.
- *Forma*: cilíndrica achatada o paralelepípeda.
- *Tiempo de maduración*: mínimo 30 d.
- *Peso*: máximo 4 kg.
- *Rotulado*: «Queso Por Salut» o «Queso Saint Paulin».

Tecnología

Al igual que el queso Cremoso, el Por Salut se elabora con leche entera de vaca, aunque también es muy frecuente la elaboración con leche descremada ya que tiene mucho éxito su versión bajo en grasa «Por Salut Light». Los tipos de fermentos y coagulantes utilizados en la elaboración, como así también las etapas de pasteurización, reposición del calcio, coagulación y corte de la cuajada, coinciden con las descriptas para queso Cremoso.

Luego del corte, la mezcla de cuajada y suero es sometida a un calentamiento suave, incrementando la temperatura en no más de 2 o 3 °C en la etapa de desuerado en tina. Este calentamiento puede realizarse indirectamente con vapor, pero lo más habitual es por agregado de agua caliente (75–80 °C) lo que le otorga un sabor más suave. Tal como se puede observar en la figura 2B, donde se esquematiza el proceso de elaboración del queso Por Salut, las etapas posteriores a la semicocción (desuerado, moldeado, acidificación, salado, envasado y madurado) coinciden con las del queso Cremoso, con la diferencia de que el queso Por Salut es sometido a un prensado suave luego de ser moldeado.

Avances científicos e innovaciones

La comercialización del queso Por Salut tiene un impacto significativo en el sistema productivo de Argentina lo que ha conducido a la realización de numerosos estudios para caracterizarlo. Durante más de una década se realizaron gran cantidad de trabajos sobre quesos Por Salut comerciales, que abarcaron aspectos microbiológicos (Iurlina y Fritz, 2004), reológicos (Verdini y Rubiolo, 2002; Verdini y col., 2003) y tecnológicos (Verdini y col., 2004). Una de las estrategias más estudiadas fue la aplicación de congelación al queso y su impacto sobre los parámetros de maduración y reológicos, entre otros (Verdini y col., 2002, 2005, 2007; Meza y col., 2012; Alberini y col., 2015). Por ejemplo, Verdini y col. (2002) estudiaron el impacto del congelado sobre los niveles de aminoácidos libres como parámetro de maduración. Los autores mostraron que los quesos que sufrieron un proceso de congelación y posterior maduración contuvieron un mayor nivel de aminoácidos libres totales que aquellos que no fueron congelados.

El perfil de compuestos volátiles también fue abordado en quesos Por Salut comerciales. Alberdi y col. (2016) reportaron que los ácidos y las cetonas eran los compuestos químicos más característicos, siendo el ácido butanoico y la 2-heptanona los volátiles mayoritarios. Los siguientes en abundancia fueron los alcoholes, siendo el 3-metil-2-butanol el más importante. Por otro lado, se comprobó la eficacia de compuestos antimicrobianos naturales como la natamicina y nisina, colocadas en películas comestibles de quesos Por Salut, frente a *Saccharomyces cerevisiae* y *Listeria innocua* (Ollé Resa y col., 2014). Los autores mostraron que las películas actuaron como barrera a una contaminación postproceso, impidiendo el paso de estas bacterias hacia el interior del queso.

Defectos en quesos de pasta blanda

El defecto conocido como «arricotado» es un defecto típico de los quesos blandos (figura 6).



Figura 6. Queso Cremoso sin defecto (izquierda) y queso Cremoso arricotado (derecha)

En estos productos se persigue la obtención de una pasta blanda y cremosa que presente buenas características de extensión por acción del calor. En los quesos arricotados, el queso no sufre ningún cambio por efecto de la temperatura, siendo esto un problema importante ya que estos quesos son usados principalmente para preparación de platos calientes. El defecto se presenta cuando hay un excesivo desarrollo de la acidez en la cuajada ($\text{pH} < 5,0$) antes de su ingreso a salmuera (Hynes y col., 1999; Zalazar y col., 2006). A tan bajo pH, las micelas de caseína han perdido su cohesión como entidades fuertemente mineralizadas y el equilibrio del calcio se ha desplazado desde su estado fosfato de calcio coloidal a calcio iónico. Las caseínas se encuentran cercanas a su punto isoeléctrico. Todo ello hace que las proteínas pierdan su habilidad para ligar agua. El queso pierde humedad en los primeros días y se torna duro y quebradizo. La relación entre el pH del queso y la dureza ha sido abordado por varios autores (Vassal y col., 1986, Hynes y col., 1999a).

Este defecto puede ser causado por un fermento demasiado rápido que no se puede detener por inmersión de la cuajada en salmuera fría o bien por el empleo de bacterias mesófilas en épocas veraniegas. Otros agentes causantes de este defecto podrían ser bacterias lácticas no provenientes del fermento (NSLAB, *Non Starter Lactic Acid Bacteria*) que tengan la habilidad de acidificar en las condiciones de maduración del queso Cremoso. Otro defecto típico en la textura de los quesos pasta blanda es el ablandamiento excesivo de la

masa durante la maduración y/o almacenamiento por una acción proteolítica no controlada. Aunque numerosos factores pueden dar origen a este tipo de defecto, todos están asociados a la actividad proteolítica y la solubilización del Ca coloidal incluido en la matriz de paracaseína. Entre ellos, se pueden mencionar: tiempo demasiado prolongado de maduración, exceso de coagulante o coagulantes muy proteolíticos. El incremento de la temperatura aumenta la actividad de las enzimas proteolíticas. Teniendo en cuenta que el coagulante tiene un efecto residual proteolítico significativo durante la maduración, el uso de una dosis elevada podría generar también este defecto.

Otros defectos típicos en quesos de pasta blanda están asociados a microorganismos alterantes. Si bien actualmente la mayoría de las plantas elaboradoras cumple con medidas de higiene adecuadas, la tecnología de producción de quesos no es totalmente aséptica. Los agentes alterantes pueden provenir de la leche cruda, debido a que algunos microorganismos pueden sobrevivir a la pasteurización. Muchas veces pueden estar injuriados o no cultivables luego del tratamiento térmico. Sin embargo, estos microorganismos podrían prosperar y dar origen a una población significativa durante la maduración del queso (De Angelis y col., 2004). Algunos de estos alterantes pueden ser NSLAB; sin embargo, no siempre esta población trae defectos ya que, según las especies y cepas presentes, pueden contribuir positivamente a la maduración de los quesos aportando tipicidad al producto, brindando mayor complejidad en el *flavour* y favoreciendo la diversidad de productos. Otras pueden ser banales y no aportar al perfil del queso, mientras que un tercer grupo puede causar defectos como *off flavours*, aberturas no deseadas o aparición de cristales de lactato de calcio.

La materia prima no es la única fuente de alterantes ya que también pueden provenir del ambiente industrial (mala higiene del ambiente, equipos y utensilios), por contaminación cruzada con leche cruda, por el uso de ingredientes o cultivos *starter* contaminados o cuya actividad acidificante sea escasa (por ejemplo, por presencia de bacteriofagos) y que permitan el desarrollo de microorganismos indeseables (Sheehan, 2007). Estos últimos incluyen a mohos, levaduras, bacterias coliformes, propiónicas y bacterias lácticas heterofermentantes. Algunos de estos microorganismos poseen características «psicrotrofas», es decir que, aunque en condiciones normales son mesófilos (temperatura óptima de desarrollo de entre 15°C y 28°C), son capaces de multiplicarse a temperaturas de refrigeración (< 8°C). Las alteraciones observadas en quesos blandos oscilan desde cambios de sabor, aroma o coloraciones, hasta modificaciones en la textura, aspecto y consistencia de la masa del queso.

Respecto a la aparición de aromas y sabores desagradables o extraños, en general es causada por ciertos microorganismos psicrotrofos tales como

Pseudomonas, *Alcaligenes*, *Achromobacter* y *Flavobacterium*. Aunque estos microorganismos se destruyen con la pasteurización, sus enzimas (lipolíticas y proteolíticas) son termorresistentes y son, específicamente, las responsables de los aromas y sabores desagradables (Boor y Fromm, 2006).

En particular, uno de los defectos asociados a microorganismos y más preocupante es la hinchazón temprana o precoz, ya que puede afectar a todo el lote de producción y es imposible corregirlo, lo que deriva en la imposibilidad de comercializar el producto con las consecuentes pérdidas económicas. La hinchazón precoz generalmente se manifiesta en las primeras etapas que siguen a la elaboración, esto es durante el prensado y el salado, y consiste en la formación de un gran número de pequeños ojos similares a la cabeza de un alfiler (Zalazar y col., 2006). Este problema se debe a la explosiva proliferación de bacterias coliformes o de levaduras, provenientes de un problema de higiene en algún paso del proceso. Este defecto se denomina «efecto esponja» o «de mil ojos» y la masa, de aspecto desagradable, tiene un sabor no típico, generalmente conocido como «sabor a sucio». Un primer indicio de la aparición de este fenómeno es la observación de una horma o envase hinchados. Esta alteración resulta particularmente problemática y frecuente en quesos de pasta blanda por los altos niveles de humedad y valores de pH (5–6,5), condiciones que favorecen el desarrollo de gran cantidad de microorganismos productores de gas (Boor y Fromm, 2006; Hayaloglu, 2016). Las causas de este problema deben buscarse en el uso de leche no pasteurizada, mal pasteurizada o contaminaciones importantes con leche cruda. También, este defecto puede deberse al desarrollo muy lento del fermento, el cual no produce la acidez necesaria para provocar el bloqueo del desarrollo de los microorganismos anticasearios antes mencionados (Zalazar y col., 2006).

Otros microorganismos gasógenos responsables de estas alteraciones pertenecen principalmente a los grupos de las BAL heterofermentantes (*Lactobacillus* o *Leuconostoc*) y bacterias propiónicas, que también son responsables de alteraciones causadas por formación de gas, algunas tempranas, y otras que tienen lugar a partir de la semana 2 o 3 de maduración. Otros microorganismos reportados como causantes de defectos por formación de CO₂ incluyen lactococos citrato–positivo y ciertos lactobacilos tolerantes a altas concentraciones de sal; estos últimos también son causantes de alteraciones de *flavour* (aromas y/o sabores «sucios») (Sheehan, 2007).

En particular, en nuestro país, se han detectado en los últimos años numerosos problemas relacionados con la hinchazón de quesos causados por diversos microorganismos provocando, en cada oportunidad ocurrida, gran preocupación por parte de los productores queseros. Esta situación

resalta la importancia de identificar los microorganismos responsables de las alteraciones en quesos a los fines de reducir sus implicancias. Si bien se conoce en gran parte la identidad de dichos agentes microbianos, hasta el momento no se ha encontrado una única solución que minimice los efectos de su presencia, justamente debido a la amplia diversidad de microorganismos y tipos de quesos en los que se detectan estas alteraciones (Reinheimer y col., 1995; Quiberoni y col., 2008; Fontaneto Apoca, 2017). La gravedad de esta problemática condujo a que diversas empresas, dedicadas a la elaboración quesera, se acercaran al INLAIN con el objetivo de identificar los agentes microbianos causantes de tales alteraciones y así poder aplicar medidas de control que se ajusten a cada caso en particular. Es así que desde 1998 hasta la actualidad, el Instituto ha procesado un elevado número de muestras de origen lácteo (leches, quesos, yogur, suero de quesería, WPC, entre otros) de los que se aislaron e identificaron un gran número y diversidad de agentes microbianos alterantes (Guglielmotti y col., 2020). Los detectados como responsables de los defectos gasógenos en quesos de pasta blanda pertenecieron en su gran mayoría a cepas del género *Leuconostoc* (76%), seguido en mucha menor proporción por lactobacilos heterofermentantes (11%), bacterias coliformes (5%), propiónicas (5%) y bacilos esporulados aerobios (*Bacillus* sp.) (3%) (figura 7).

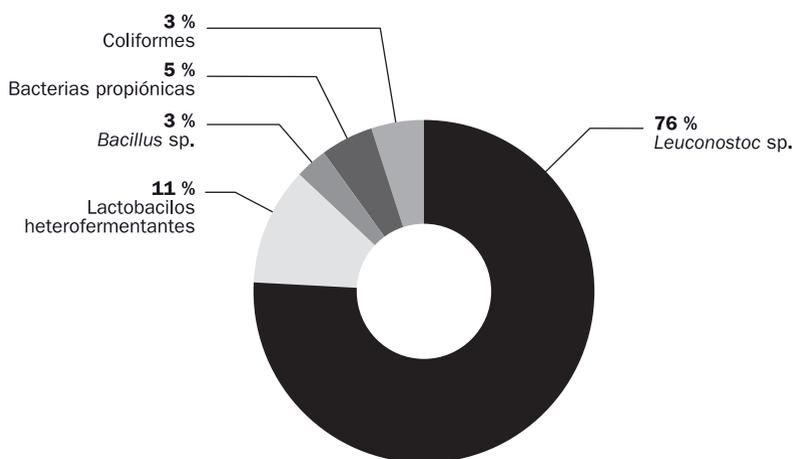


Figura 7. Distribución relativa porcentual y tipo de microorganismos productores de gas aislados a partir de quesos de pasta blanda en el INLAIN, entre 1998 y 2020

Las especies predominantes de *Leuconostoc* aisladas fueron *L. pseudomesenteroides* y *L. mesenteroides*, mientras que en el caso de los lactobacilos heterofermentantes, prevalecieron *Levilactobacillus brevis* y *Limosilactobacillus fermentum*. En general, las cepas aisladas se encontraron en niveles muy elevados ($>10^7$ UFC/g). *Leuconostoc* es una BAL heterofermentante mesófila (temperatura óptima de desarrollo entre 25 y 30 °C) que posee la habilidad de desarrollar a muy bajas temperaturas. Esta característica permite su proliferación a temperaturas de almacenamiento refrigerado y/o en cámaras de maduración. Sin embargo, estudios realizados en el INLAIN, en los cuales se adicionó un alterante (*Leuconostoc mesenteroides* D11) a la leche usada para elaborar queso Cremoso a razón de 10^4 UFC/ml para evaluar el efecto de un cultivo adjunto, se observó que solo hubo producción de gas por el alterante cuando el queso Cremoso se sometió a un corte de cadena de frío (7 d a 12 °C) (Giménez y col., 2021). Una gran cantidad de ojos fue detectada a los 15 d de la elaboración y se incrementó a los 30 d. Este estudio resalta la importancia de mantener correctamente la cadena de frío del queso Cremoso para evitar la proliferación y concomitante aparición del defecto producido por *Leuconostoc*. Además, refleja la importancia del uso de los cultivos protectores para evitar la producción de ojos por cortes fortuitos de la cadena de frío.

Estrategias para evitar la aparición de los defectos mencionados

Controlar parámetros durante la elaboración, maduración e incluso el transporte y almacenamiento

Se trata de controlar todos los parámetros del proceso de elaboración, en particular, la temperatura de la cámara de acidificación (43–45 °C) y la curva de descenso de pH. El pH al momento de entrar a salmuera no debería ser inferior a 5,2. Además, es importante controlar la temperatura de la salmuera, que debería estar por debajo de los 5 °C para enfriar rápidamente los quesos.

Mantener adecuadamente la cadena de frío desde la elaboración hasta el consumo del producto, es lo recomendado. Las cámaras de maduración y los camiones que transportan los quesos deben tener un correcto control de temperatura (5 °C), en particular en las provincias donde los veranos pueden tener temperaturas extremas (> 45 °C).

Controlar la dosis de la enzima coagulante utilizada para evitar la excesiva actividad proteolítica que ablande demasiado el queso.

Mejorar la calidad microbiológica de la materia prima y la higiene de las instalaciones

Mejorar la calidad microbiológica de la leche cruda (buenas prácticas de ordeño) y realizar una correcta limpieza de la planta de elaboración, incluyendo equipamiento, utensilios y operarios.

Seleccionar cultivos lácticos adecuados

Seleccionar adecuadamente los cultivos (primarios y adjuntos), evitando los cultivos que puedan acidificar durante la maduración pero que acidifiquen rápido durante la elaboración.

Utilizar cultivos lácticos protectores que eviten la proliferación de bacterias alterantes. En este caso, la inhibición se produce a través de diferentes mecanismos, entre los que se incluyen la producción de sustancias antimicrobianas (ácidos orgánicos, peróxido de hidrógeno, bacteriocinas, etanol y diacetilo), la competencia y el agotamiento de nutrientes, y el cambio en el potencial de oxidación-reducción (Peralta y col., 2020; Giménez y col., 2021).

Utilizar cultivos adjuntos que produzcan sabores deseados y compuestos de aroma, tales como diacetilo y acetoína (Peralta y col., 2020).

Evitar incorporación de fuentes de energía

El agregado de polvos o retentados puede ser una buena estrategia para incrementar el rendimiento; sin embargo, esto puede incorporar fuentes de energía (lactosa, etc.) para las bacterias alterantes.

Para el control de las NSLAB se han sintetizado las siguientes reglas «de las 3M» (Steele, 2012):

- *Mantenerlas fuera*: lo que implica minimizar la contaminación, mejorando la calidad de la materia prima y la sanitización de la planta.
- *Matarlas*: lo que implica realizar un adecuado tratamiento térmico que destruya totalmente los patógenos y elimine en gran parte a las NSLAB presentes en la leche cruda.
- *Mantenerlas en un número bajo*: lo que implica un adecuado control de la temperatura y las condiciones ambientales como así también reducir sus nutrientes y utilizar cultivos protectores.

Referencias bibliográficas

- Alberini, I.; Miccolo, M. & Rubiolo, A. (2015).** Textural and chemical changes during ripening of Port Salut Argentino light cheese with milk protein concentrate after long frozen storage period. *Journal of Food Processing and Preservation*, 65(1), 45–51.
- Alberini, I. C. & Rubiolo, A. (2016).** Primary characterization of the volatile profile of port salut argentino light cheese with the addition of milk protein concentrate by HS–SPME/GC–MS. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 4(5), 120–125.
- Beret, V. (2020).** Residuos y subproductos de la industria para la formulación de medios de cultivos económicos para la producción de fermentos para quesos. Tesina de Licenciatura en Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- Bertola, N.; Candioti, M. (...) Hynes E. (2010).** Impact of primary proteolysis in texture and meltability of soft cheese. *Scienza e Tecnica Lattiero Casearia* 61, 279–294.
- Boor, K. & Fromm, H. (2006).** Managing microbial spoilage in the dairy industry. *Food Spoilage Microorganisms*, 171–193.
- Briggiler Marcó, M. M.; Capra, L. (...) Hynes, E. (2007).** Nonstarter *Lactobacillus* Strains as Adjunct Cultures for Cheese Making: In Vitro Characterization and Performance in Two Model Cheeses. *Journal of Dairy Science*, 90, 4532–4542.
- Bude Ugarte, M.; Guglielmotti, D.; Giraffa, G.; Reinheimer, J. A.; Hynes, E. (2006).** Nonstarter *Lactobacilli* Isolated from Soft and Semihard Argentinean Cheeses: Genetic Characterization and Resistance to Biological Barriers. *Journal of Food Protection*, 69, 2983–2991.
- Burns, P. F.; Cuffia, F. (...) Hynes, E. (2012).** Technological and probiotic role of adjunct cultures of non starter *lactobacilli* in soft cheeses. *Food Microbiology*, 30, 45–50.
- Caffaro, M. E. (2004).** Evaluación del rendimiento quesero en leches tratadas a temperaturas y tiempos superiores a los de pasteurización. Tesina de Licenciatura en Biotecnología de Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas – Universidad Nacional del Litoral.
- Candioti, M.; Alonso, M. J.; Hynes E. (2007).** Influence of residual milk-clotting enzyme and proteolysis on melting properties of soft cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 60, 175–181.
- Candioti, M.; Hynes, E. (...) Zalazar, C. (2000).** Uso de fermentos seleccionados directos en la elaboración de Queso Cremoso Argentino. *Industria Lechera*, 725, 18 – 25.
- Candioti, M.; Hynes, E. (...) Zalazar, C. (2001).** Uso de fermentos seleccionados directos en la elaboración de Queso Cremoso Argentino. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 24, 64–67.
- Comini, L.; Tessi, M. (...) Moguilevsky (1985).** Microflora del queso cuartirolo: cambios durante la maduración. *La Alimentación Latinoamericana*, 19(155), 54–57
- De Angelis, M.; Di Cagno, R. (...) Gobbetti, M. (2004).** Heat shock response in *Lactobacillus plantarum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 1336–1346.
- De Lorenzi, E. M. (1990).** «La fábrica» La industria láctea: V. y E. De Lorenzi Ltda. En *El trébol. Dinámica de un pueblo* (pp. 131–134).
- Esonda, R.; Tessi, M. (...) Moguilevsky (1981).** Microbiología del queso Cuartirolo: influencia de la materia prima y de las condiciones de fabricación en el contenido microbiano inicial. *La Alimentación Latinoamericana*, 15(129), 65–69
- Fernandez, V.; Candioti, M. (...) Zalazar, C. (2006).** Influence of the making and ripening processes on the plasmin activity of argentinean cheeses. *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia*, 57, 25–25.
- Fontaneto Apoca, A. (2017).** Defectos gasógenos en quesos provocados por microorganismos. Trabajo Final Integrador, Especialización en Ciencia y Tecnología de la Leche y Productos Lácteos. Universidad Nacional del Litoral.
- Giménez, P.; Peralta, G. H. (...) Bergamini, C. V. (2021).** Preventing undesired eye formation in soft cheese. *International Dairy Journal*, 116, 104958
- Giménez, P.; Perotti, M. C. (...) Bergamini, C. V. (2019).** Tomografía computada de rayos x para la evaluación de aberturas y de ojos en quesos. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 105, 48–54.

- Guglielmotti, D. M.; Suárez, V. B. (...) Reinheimer, J. A. (2020).** Microorganismos alterantes en la industria láctea. Incidencia regional en los últimos 20 años. En Reinheimer, J. A. (Ed.). *Avances y tendencias en la industria láctea. La contribución argentina desde el INLAIN*, Cap. 8 (pp. 205–217). Ediciones UNL.
- Hayaloglu, A. A. (2016).** Cheese: Microbiology of Cheese. En Elsevier Inc. (Ed.). *Reference Module in Food Sciences*, First Edition (pp. 1–11). Academic Press.
- Hynes, E. (1998).** Estudio de la protólisis durante la maduración de quesos blandos. Cremoso argentino (tesis inédita de doctorado en Química, Facultad de Ingeniería Química). Universidad Nacional del Litoral.
- Hynes, E.; Candiotti, M. (...) Zalazar, C. (2001a).** Influence of milk clotting enzyme concentration in the α s1-hydrolysis during soft cheeses ripening. *Journal of Dairy Science*, 84, 1335–1340.
- Hynes, E.; Delacroix-Buchet, A. (...) Zalazar, C. (1999a).** Relation between pH, degree of proteolysis and consistency in soft cheeses. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 54, 24–27.
- Hynes, E.; Delacroix-Buchet, A. & Zalazar, C. (2001b).** Influence of milk-clotting enzyme in proteolysis during ripening of Cremoso Argentino cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 56, 208–212.
- Hynes, E.; Meinardi, C. & Zalazar, C. (1999b).** Proteolysis during ripening of soft cheese. I – Method to manufacture rennet-free experimental cheese. *Microbiologie – Aliments – Nutrition*, 17, 107–111.
- Hynes, E.; Meinardi, C. A. (...) Costa, S. (1998).** Elaboración y Maduración de queso Cremoso Argentino adicionado con proteínas de suero. *Revista Argentina de Lactología*, 10(16), 13–23.
- Iurlina, M. F. & Fritz, R. (2004).** Microbiological quality of Port Salut Argentino cheese stored at two temperature treatments. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 37, 739–748.
- Lucey, J. A.; Mishra, R. (...) Johnson, M. E. (2005).** Rheological and calcium equilibrium changes during the ripening of Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 15, 645–653.
- Maubois, J. L. (1990).** La leche de quesería: Modificaciones en el contenido de proteínas de la leche. En A. Eck. (Coord.), De. *El Queso*. Omega.
- McMahon, D. J.; Paulson, B. & Oberg, C. J. (2005).** Influence of calcium, pH, and moisture on protein matrix structure and functionality in direct-acidified nonfat Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 88, 3754–3763.
- Meinardi, C. A.; Hynes, E. (...) Zalazar, C. A. (1998a).** Methodology and equipment for making rennet-free cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 53(3), 149.
- Meinardi, C.; Hynes, E. (...) Zalazar, C. (1998b).** Efecto de la adición de proteínas de suero sobre la elaboración y calidad del queso Cremoso Argentino. *Revista Argentina de Lactología*, 16, 14–23.
- Meinardi, C.; Zalazar, C. (...) Candiotti, M. (2004).** Incremento del rendimiento del queso cremoso argentino por tratamiento de la leche a temperaturas y tiempos superiores a los de pasteurización. *Revista Argentina de Lactología*, 22, 45–54.
- Mercanti, D.; Wolf, I. V. (...) Zalazar, C. (2004).** Influencia del contenido graso y otras variables sobre la capacidad de fusión del queso Cremoso Argentino. *Grasas y Aceites*, 55(3), 296–302.
- Meza, B. E.; Verdini, R. A. & Rubiolo, A. (2012).** Temperature dependency of linear viscoelastic properties of a commercial low-fat soft cheese after frozen storage. *Journal of Food Engineering*, 109, 475–481.
- Milesi, M. (2007).** Desarrollo de fermentos adjuntos para quesería a partir de bacterias lácticas no pertenecientes al fermento (tesis inédita de doctorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral.
- Milesi, M. M.; Candiotti, M. & Hynes, E. (2007).** Mini soft cheese as a simple model for biochemical studies on cheesemaking and ripening. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 40, 1427–1433.
- Milesi, M. M.; McSweeney, P. L. H. & Hynes, E. (2008).** Viability and contribution to proteolysis of an adjunct culture of *Lactobacillus plantarum* in two model cheese systems: Cheddar cheese-type and soft-cheese type. *Journal of Applied Microbiology*, 105, 884–892.
- Milesi, M. M.; Wolf, I. V. (...) Hynes, E. (2010).** Two strains of nonstarter lactobacilli increased the production of flavour compounds in soft cheeses. *Journal of Dairy Science*, 93, 5020–5031.

- Ollé Resa, C.; Gerschenson, L. N. & Jagus, R. J. (2014).** Natamycin and nisin supported on starch edible films for controlling mixed culture growth on model systems and Port Salut cheese. *Food Control*, 44, 146–151.
- Pedro, M.; Candiotti, M. (...) Meinardi, C. (2011).** Parámetros tecnológicos que influyen en el contenido de calcio de quesos blandos. *Actas del XIII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de los Alimentos* (CYTAL). Organizado por la Asociación Argentina de Tecnólogos Alimentarios.
- Peralta, G. H. (2014).** Bioformación de flavour en quesos vía metabolismo de aminoácidos por fermentos lácticos primarios y adjuntos (tesis inédita de doctorado). Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- Peralta, G. H.; Bergamini, C. & Hynes, E. (2019).** Disruption treatments on two strains of *Streptococcus thermophilus*: levels of lysis/permeabilisation of the cultures, and influence of treated cultures on the ripening profiles of Cremoso cheese. *International Dairy Journal*, 92, 11–20.
- Peralta, G. H.; Bergamini, C. V. (...) Hynes E. R. (2017).** Spray-dried adjunct cultures of autochthonous non-starter lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 255, 17–24.
- Peralta, G. H.; Bergamini, C. V. (...) Hynes, E. (2020).** Performance of *Lactobacillus paracasei* 90 as an adjunct culture in soft cheese under cold chain interruption. *International Dairy Journal*, 109, 104779, 1–11.
- Peralta, G. H.; Bergamini, C.V. & Hynes, E. (2016a).** Aminotransferase and glutamate dehydrogenase activities in lactobacilli and streptococci. *Brazilian Journal of Microbiology*, 47, 741–748.
- Peralta, G. H.; Wolf, I. V. (...) Hynes, E. (2016b).** Formation of volatile compounds, peptidolysis and carbohydrate fermentation by mesophilic lactobacilli and streptococci cultures in a cheese extract. *Dairy Science and Technology*, 96(5), 603–621.
- Pozza, L. (2012).** Determinación de la actividad residual de enzima coagulante en quesos. Trabajo Final de Licenciatura en Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral.
- Quiberoni, A.; Guglielmotti, D. & Reinheimer, J. (2008).** New and classical spoilage bacteria causing widespread blowing in Argentinean soft and semihard cheeses. *International Journal of Dairy Technology*, 61, 358–363.
- Ramonda, M. B. (2009).** Desarrollo de un modelo basado en métodos estadísticos para la predicción del tiempo de maduración de Quesos Argentinos (tesis inédita de doctorado). Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- Ramonda, M. B.; Perotti, M. C. (...) Zalazar, C. A. (2008).** Cremoso cheese: prediction of ripening time using physicochemical parameters and multivariate statistical techniques. *Italian Journal of Food Science*, 20(2), 151–160
- Reinheimer, J.; Bailo, N. (...) Renzulli, P. (1995).** Fermentos naturales de leche empleados en quesería. Características tecnológicas y microbiológicas. *Revista Argentina de Lactología*, 7(12), 21–34.
- Reinheimer, J.; Suárez, V. (...) Zalazar, C. (1995).** Microbiological and technological characteristics of natural whey cultures for Argentinian hard-cheese production. *Journal of Food Protection*, 58, 769–799.
- Seele, J. (2012).** A systems biology approach toward understanding NSLAB growth in cheeses. 6th IDF Cheese Ripening & Technology Symposium, 12 al 24 de mayo, Madison, Wisconsin, Estados Unidos.
- Sheehan, J. (2007).** The microbiology of cheese ripening: What causes the development of gas during ripening? En McSweeney, P. L. H. (Ed.). *Cheese Problems Solved* (pp. 131–132). Woodhead Publishing Limited.
- Vassal, L.; Monnet, V. (...) Gripon, J.-C. (1986).** Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages du type Camembert. *Lait*, 66, 341–351.
- Vélez M. A.; Bergamini, C. V. (...) Perotti, M. C. (2015).** Influence of cheese making technologies on plasmin and coagulant associated proteolysis. *LWT—Food Science and Technology*, 64, 282–288.
- Verdini, R. A. & Rubiolo, A. C. (2002).** Texture changes during the ripening of Port Salut Argentino cheese in 2 sampling zones. *Journal of Food Science*, 67(5), 1808–1813.
- Verdini, R. A.; Zorrilla, S. E. & Rubiolo, A. (2003).** Changes in equilibrium modulus and α -s1 casein breakdown during the ripening of port salut argentino cheese as affected by frozen storage. *Journal of Texture Studies*, 34, 331–346.

- Verdini, R. A.; Zorrilla, S. E. & Rubiolo, A. C. (2002).** Free amino acid profiles during ripening of Port Salut Argentino cheese after frozen storage. *Journal of Food Science*, 67, 3264–3270.
- Verdini, R. A.; Zorrilla, S. E. & Rubiolo, A. C. (2005).** Effects of the freezing process on proteolysis during the ripening of Port Salut Argentino cheeses. *International Dairy Journal*, 15, 363–370
- Verdini, R. A.; Zorrilla, S. E. (...) Nakai, S. (2007).** Multivariate statistical methods for Port Salut Argentino cheese analysis based on ripening time, storage conditions, and sampling sites. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 86, 60–67
- Vinderola, G.; Prosello, W. (...) Reinheimer, J. (2000).** Viability of Probiotic (*Bifidobacterium*, *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei*) and Nonprobiotic Microflora in Argentinian Fresco Cheese. *Journal of Dairy Science*, 83(9), 1905–1911.
- Vinderola, G.; Prosello, W. (...) Reinheimer, J. (2009).** Growth of *Lactobacillus paracasei* A13 in Argentinian probiotic cheese and its impact on the characteristics of the product. *International Journal of Food Microbiology*, 135(2), 171–174.
- Wolf, I. V.; Rebechi, S. (...) Perotti, M. C. (2012).** Compuestos volátiles en queso Cremoso. *Actas del II Simposio Argentino de Lactología (SAL)* organizado por el Instituto de Lactología Industrial y el Instituto de Tecnología de Alimentos.
- Zalazar, C. A.; Meinardi, C. y Hynes, E. (1999).** Quesos típicos argentinos. Una revisión general sobre producción y características. Ediciones UNL.
- Zalazar, C. & Meinardi, C. (1982).** Esperienze sulla caseificazione e maturazione del formaggio Cremoso Argentino. *Scienza e Tecnica Lattiero Casearia* 33(6), 509–516.
- Zalazar, C.; Meinardi, C. & Candiotti, M. (1993).** Influencia de distintos tipos de aditivos sobre el rendimiento del queso Cremoso Argentino. *Revista Argentina de Lactología*, 5(8), 65–73.
- Zalazar, C.; Meinardi, C. (...) Hynes, E. (1995).** La maduración del queso Cremoso Argentino. *Revista Argentina de Lactología*, 11, 59–72.
- Zalazar, C.; Meinardi, C. (...) Bernal, S. (1997).** Performance of fermentation produced chimosin and other milk-clotting enzymes in the elaboration of Cremoso Argentino cheese. *Microbiologie – Aliments – Nutrition*, 15, 333–338.
- Zalazar, C. A.; Candiotti, M. C. y Meinardi, C. A. (2006).** Defectos producidos durante la maduración En Reinheimer, J. y Zalazar, C. *Avances en Microbiología, Bioquímica y Tecnología de Quesos* (pp. 285–298). Universidad Nacional del Litoral.

4.1.2. Pasta semidura

Carina Bergamini, Paula Giménez, Carlos Meinardi, Verónica Wolf,
Guillermo George, Ma. Florencia Zacarías, Mariángeles Briggiler Marcó,
Guillermo Peralta, Ma. Cristina Perotti y Erica Hynes

En este texto nos enfocaremos en los antecedentes históricos, las definiciones, características y aspectos legales de las principales variedades de quesos de pasta semidura. Se brindarán detalles sobre los aspectos tecnológicos y de maduración del queso Pategrás, Barra y tipo suizo, y se profundizará sobre los últimos avances científicos e innovaciones, y sobre defectos microbiológicos y sensoriales.

Historia

En nuestro país, el desarrollo de la industria quesera se ha visto influenciado en gran medida por las corrientes migratorias europeas de comienzos del siglo xx. Las buenas condiciones climáticas y de suelo para el desarrollo de la industria láctea en general, sobre todo en la región pampeana, sumado a los deseos de progreso de los inmigrantes que llegaban con sus costumbres y tecnologías a un lugar con escasos conocimientos de industrialización, propició una buena integración con la población local y el desarrollo de las primeras queserías organizadas (Gauna, 2005; Cappellini, 2011). En estas queserías se elaboraban quesos, tanto de pasta blanda como semidura y

dura, similares a ciertas variedades de quesos europeos. Sin embargo, con el paso de los años, los procesos de elaboración y maduración se fueron modificando para dar lugar a productos distintivos con características propias. También se debe resaltar que en sus comienzos hubo una notoria heterogeneidad en la calidad de los quesos obtenidos. Sin embargo, esto fue cambiando paulatinamente a lo largo de los años por la incorporación progresiva de mayores recursos tecnológicos, la mayor exigencia de los consumidores, y un mejor control y calidad de las materias primas utilizadas, entre otros factores (Zalazar y col., 1999; Hynes y col., 2018).

En particular, la producción de quesos de pasta semidura representa alrededor del 30% de la producción total de quesos argentinos (Cappellini, 2011). En relación con las exportaciones, el 27% de los quesos exportados en el año 2019 fueron los de pasta semidura (MAGYP, 2019; OCLA, 2019). Entre las variedades de quesos de pasta semidura más importantes y consumidas en nuestro país se encuentra el Pategrás, Barra y quesos tipo suizo.

El desarrollo del queso Pategrás se inspiró en quesos tipo Dutch (holandeses) como el Gouda y el Edam, variedades caracterizadas por la presencia de ojos dulces, es decir, aquellos provenientes de la fermentación láctica o del citrato y no de la fermentación propiónica, y una masa de textura elástica (Zalazar y col., 1999; Hynes y col., 2018).

Desde fines del siglo xx se incorporaron algunos cambios en la tecnología del queso Pategrás y otros semiduros, impulsados principalmente por los proveedores de fermentos. Uno de los cambios más notorios fue la incorporación de bacterias propiónicas como fermentos secundarios, dando lugar a un queso híbrido, con características del producto original y otras propias de los quesos tipo suizo. Estas variedades predominaron rápidamente en el mercado, ya que el *flavour* intenso y picante que le otorgan los cultivos propiónicos es muy apreciado por los argentinos, y el precio de los quesos Pategrás u otros semiduros con esta innovación es menor al de los quesos tipo suizo. Sin embargo, el hecho de que este queso híbrido mantenga el nombre original de Pategrás puede aportar confusión acerca de la tipificación del mismo (Hynes y col., 2018). Lo mismo sucede con quesos tipo Fontina o Criollo, algunos con tecnologías originales, otros con agregado de propiónicos.

En el presente texto se utilizará la denominación «Pategrás tradicional» para el queso sin bacterias propiónicas y «Pategrás híbrido» para la versión con bacterias propiónicas, que hoy domina la oferta comercial en Argentina. En la figura 1 se puede observar el aspecto de un queso Pategrás híbrido.

Por su parte, algunas variedades de quesos como Tybo, Danbo, Pategrás sándwich y Prato, comúnmente denominados como quesos «Barra» por la

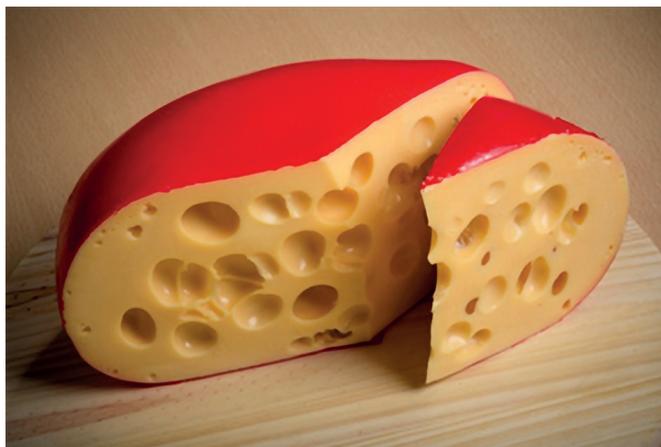


Figura 1. Queso Pategrás adicionado de bacterias propiónicas (Pategrás híbrido)

forma paralelepípeda de las hormas, tienen su origen en Dinamarca. Estos quesos se caracterizan por una masa cerrada y con una adecuada textura elástica, lo que permite el corte en finas láminas (Avila, 2015).

Por último, los quesos tipo suizo, tales como el Gruyere y el Emmenthal, se inspiraron en quesos tradicionales de Suiza del mismo nombre; son quesos de pasta prensada cocida con una etapa de cocción a mayor temperatura que el queso Pategrás y Barra, lo que determina que su contenido de humedad sea un poco menor. Se caracterizan por la fermentación propiónica y la formación de ojos característicos (Gauna, 2005).

Definiciones y características

La clasificación en quesos de pasta semidura tiene en cuenta el contenido de humedad. Según el Código Alimentario Argentino (CAA, art. 605, cap. VIII), los quesos de pasta semidura o de mediana humedad son aquellos que contienen entre 36 y 45,9% de humedad (ANMAT, 2020). Dentro de esta clasificación existen varios tipos de quesos, algunos muy similares entre sí, los cuales se describen en los artículos 628 a 634 (CAA, cap. VIII): Gruyere y Emmenthal, Fontina o Colonia, Pategrás o Gouda, Pategrás sándwich, Holanda, Cheddar, Samsøe, Fynbo, Danbo, Tandil, Tybo, Tilsit, Prato, Minas Frescal y Cacciocavallo. Para cada tipo de queso se establecen algunas características generales y condiciones que debe cumplir la masa, pasta, corteza, forma, tamaño, envase y rotulado. Sin embargo, no hay detalles cla-

ros acerca de los protocolos de elaboración y las características de tipicidad y maduración de estos quesos (Zalazar y col., 1999; Gauna, 2005).

El queso Pategrás o Gouda se describe en el CAA, art. 630, de la siguiente manera:

Con la denominación de Queso Pategrás o Queso Gouda, se entiende el producto de mediana humedad, graso, elaborado con leche entera o leche estandarizada, acidificada por cultivo de bacterias lácticas y coagulada por cuajo y/o enzimas específicas.

Como se observa en la definición, las denominaciones de Pategrás o Gouda son equivalentes para la legislación, por lo que la elección del nombre es en general una cuestión de marketing. La clasificación de este queso como graso determina que el contenido de materia grasa debe estar entre 45 a 59,9% p/p (en base seca). La comercialización del queso Pategrás se realiza mayoritariamente en hormas de 4 kg, de forma cilíndrica aplanada, de caras paralelas y perfil convexo (25 cm diámetro y 15 cm altura, aprox.), recubiertas con parafina o pintura de color roja o amarilla. El tiempo de maduración mínimo exigido depende del tamaño de las hormas: 1, 1,5 y 2 meses para hormas de menos de 1 kg, entre 1 y 5 kg, y entre 5 y 10 kg, respectivamente. Además, debe cumplir con las siguientes exigencias: masa semicocida, textura firme y compacta con consistencia elástica, presencia o no de ojos dulces pequeños (1 a 5 mm) y medianos (5 a 10 mm) bien diseminados, color uniforme y ligeramente amarillento por la incorporación de colorantes a la leche de elaboración, corteza suave y cerrada, sabor dulce característico, y aroma suave, agradable y bien desarrollado.

En el art. 631 del CAA se define el queso Holanda o Edam que, si bien tiene distinta denominación al Pategrás, en la práctica presenta una gran similitud. Una de las pocas diferencias entre estos quesos es que el Holanda puede ser elaborado con leche parcialmente descremada por lo que se clasificaría como semigraso, a diferencia del Pategrás que es un queso graso. Además, a nivel comercial, el queso Holanda se vende en general en hormas chicas (hasta 1,5 kg) (Zalazar y col., 1999).

En relación con los quesos denominados Barra, es importante mencionar que esta denominación genérica no figura en el Código Alimentario Argentino, pero se la utiliza popularmente para nombrar a los quesos con forma de paralelepípedo que se destinan al feteado en máquina. Entre ellos, se describen algunas variedades que son muy similares entre sí: Pategrás sándwich (art. 631), Tybo (art. 633), Danbo (art. 632-bis) y Prato (art. 633-bis). La diferencia entre estos quesos radica principalmente en el contenido de materia grasa de la leche de elaboración: el Pategrás sándwich y el Tybo

son semigrasos y el Danbo y Prato son grasos. Estos quesos, sobre todo el Tybo y el Danbo, tienen una gran importancia en nuestro país dado que se encuentran entre los más consumidos (Zalazar y col., 1999; Avila, 2015).

Dada la similitud entre estas variedades, solo se mencionará la descripción y características que aparecen en el CAA para una de ellas:

Con el nombre de Queso Tybo se entiende el queso madurado que se obtiene por coagulación de la leche por medio del cuajo y/u otras enzimas coagulantes apropiadas, complementada o no por la acción de bacterias lácticas específicas. El queso Tybo es un queso de mediana humedad y semigraso, de acuerdo con lo establecido en el artículo 605 (inciso 2) del presente Código.

Al ser clasificado como semigraso, el contenido de materia grasa debe encontrarse entre 25 y 44,9 % p/p (en base seca). Además, las hormas tienen forma de paralelepípedo (12 cm lado y 40 cm de largo, aprox.) de entre 3 a 5 kg, envuelto en general en un material plástico termocontraíble. Este queso debe cumplir además las siguientes exigencias: consistencia elástica, textura compacta, lisa y no granulosa, color blanco amarillento, corteza lisa consistente, bien formada, sin grietas ni fisuras o sin corteza, sabor láctico, suave y ligeramente salado, y olor característico y poco acentuado. Por otro lado, si bien en la legislación se acepta que tenga algunos ojos pequeños o medianos, bien diseminados, en la práctica generalmente no tiene ojos. Estos quesos se deben madurar el tiempo necesario para lograr sus características específicas, el cual no debe ser menor a 25 d. La característica más importante que no se debe descuidar en los quesos Barra es la elasticidad de su masa, la cual permite el corte en finas láminas o fetas, que es su principal forma de comercialización y aplicación para la preparación de sándwich. En general, las exigencias de sabor y aroma son menores para estos quesos en comparación al Pategrás tradicional.

Finalmente, en relación con los quesos tipo suizo, en el artículo 628 se establece: «Con la denominación de Queso Gruyere y Queso Emmenthal, se entienden los productos de mediana humedad, grasos, elaborados con leche entera o leche estandarizada, acidificada por cultivo de bacterias lácticas y coagulada por cuajo y/o enzimas específicas». Las exigencias que deben cumplir estos quesos son: masa cocida, pasta firme de consistencia elástica, con numerosos ojos lisos, brillantes, de 1 a 2,5 cm de diámetro y uniformemente distribuidos, sabor suave, agradable y dulce, aroma bien desarrollado, color blanco-amarillento uniforme, y corteza lisa, bien formada y consistente. Las hormas tienen forma cilíndrica achatada y sección vertical elíptica alargada. Las hormas con un peso superior a 50 kg, con ojos grandes, deben madu-

rarse 3 meses como mínimo, y el queso será denominado «Queso Gruyere»; si el peso es de 25 a 50 kg, el tiempo de maduración no deberá ser menor a 2 meses y el producto se denominará «Queso Gruyero».

Tecnología de elaboración

El queso Pategrás tradicional se elabora con leche bovina pasteurizada HTST (acrónimo del inglés: *High Temperature/Short Time*, 73–75 °C durante 15 seg), previamente estandarizada a un contenido de materia grasa entre 2,8 y 3,0 g/100 ml y con una relación materia grasa/proteína de 0,90–1. Luego de la pasteurización, la leche se enfría a 35–37 °C y se adiciona CaCl₂ de modo de lograr un nivel de 0,2 g/l leche (Hynes y col., 2018). Posteriormente, se agrega el fermento primario cuyo rol tecnológico es liderar la fermentación láctica. Al igual que los quesos de pasta blanda, los quesos semiduros se elaboraban con fermentos naturales de leche o leche fermentos (ver tema 4.1.1, quesos de pasta blanda), caracterizados por una microbiota compleja donde predominan cepas de *Streptococcus thermophilus*. También en el caso de quesos semiduros, los fermentos naturales fueron reemplazados paulatinamente por cultivos comerciales seleccionados con el objetivo de estandarizar el proceso productivo y la calidad del producto. Como en todos los tipos de queso, los fermentos lácticos naturales ya sea de leche o de suero, si bien están permitidos y se recomiendan para obtener productos típicos y con diversidad o intensidad de características sensoriales, han caído en desuso. En la actualidad es muy difícil encontrar fermentos naturales que no hayan sido intervenidos con el agregado de fermentos comerciales, con la sola excepción de algunos emprendimientos artesanales.

Los fermentos lácticos comerciales para quesos semiduros contienen bacterias termófilas de *St. thermophilus* para liderar la acidificación y bacterias mesófilas tales como *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* o fermentos de lactobacilos o *Lactococcus* (*Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*) citrato positivas, para el desarrollo de aroma y formación de ojos (Zalazar y col., 1999). Por otro lado, en los quesos Pategrás híbridos, al igual que en los quesos tipo suizo, también se incorpora un fermento secundario de bacterias propiónicas. Las cepas más frecuentemente utilizadas son de la especie *Propionibacterium freudenreichii* (Gauna, 2005). En general, los fermentos se agregan a la leche de elaboración a la temperatura de coagulación durante el llenado de la tina de manera de que exista un tiempo mínimo de 15–20 min, conocido como premaduración de la leche. Una vez que el llenado de la tina se ha completado se agrega el coagulante, el cual es adicionado en forma lenta y previamente diluido en 2 a 8 veces su volumen, usando agua microbiológicamente apta y libre de cloro (SAGPYA, 2009).

Como coagulante se utiliza casi exclusivamente quimosina producida por fermentación de organismos modificados genéticamente; originalmente se utilizaba coagulante de ternero mamón (mayoritariamente quimosina) o de bovino adulto (principalmente pepsina) (Zalazar y col., 1999). Algunos coagulantes microbianos, que son proteasas producidas naturalmente por mohos, también pueden utilizarse y a menudo son seleccionados por su menor costo. Sin embargo, la dosis y el tiempo de maduración deben ajustarse cuidadosamente ya que pueden provocar sabores amargos y *off flavours* asociados a su elevada actividad proteolítica (Gauna, 2005; SAGPYA, 2009). Una vez que se logra la coagulación y endurecimiento deseado de la cuajada se procede al lirado en pasos sucesivos hasta que las partículas alcancen un tamaño uniforme, similar al de un grano de maíz (~5 mm diámetro). Durante el lirado, la mezcla de suero y cuajada debe ser agitada suavemente para conservar la individualidad de los granos. Luego, se aplica una etapa de cocción a aproximadamente 43–45 °C, elevando la temperatura a una velocidad controlada entre 0,5 y 1 °C/min. La temperatura de cocción se mantiene durante unos minutos más mientras se continúa agitando suavemente con el objetivo de disminuir el contenido de humedad de los granos hasta lograr el secado adecuado de los mismos. En estos quesos es opcional la aplicación de un paso de lavado de la cuajada, tal como se describirá posteriormente en mayor detalle para quesos Barra (Zalazar y col., 1999).

La mezcla de suero y cuajada son descargadas directamente por gravedad o utilizando una bomba al equipo de drenado donde la cuajada es prepresada bajo suero antes del moldeo (15–30 min); esta última etapa es muy importante para evitar la formación de ojos mecánicos. En este punto, el pH de la cuajada debe estar entre 6,30 y 6,50. Posteriormente, la cuajada es cortada en bloques e introducida en moldes lo más rápido posible para evitar el enfriamiento de la masa, luego de lo cual se ponen las tapas a los moldes y se apilan unos sobre otros en prensa vertical hasta que el pH llegue a 5,1–5,2 (aprox. 12 h). Durante esta etapa es fundamental el volteo periódico de los quesos, de manera que todos reciban un prensado uniforme. Finalizado este, los quesos se mantienen en una etapa de estabilización a 4–10 °C durante algunas horas para que toda la masa alcance la misma temperatura y pH antes de su ingreso a la salmuera, lo que asegurará un salado homogéneo de los quesos. Luego de esta estabilización, se procede al salado por inmersión en piletas de salmuera (20% p/v, 10–14 °C, pH 4,95–5,10) durante un lapso de tiempo que dependerá principalmente del tamaño de las hormas (12–16 h/kg queso) y también de las condiciones de temperatura, circulación y edad de la salmuera, entre otros.

Luego del salado, los quesos se maduran en una cámara a 12 °C y 85% de humedad relativa durante 1 a 2 meses según el tamaño de las hormas. En

las primeras 24– 48 h en la cámara de maduración, los quesos se dejan sin cobertura para que se seque la superficie (etapa de oreo) y luego se cubren con una emulsión plástica para proteger la corteza y evitar contaminación externa por mohos.

La elaboración del queso Tybo y, en forma general, de los quesos tipo Barra es similar en varios aspectos a la descrita para el Pategrás tradicional. El contenido de materia grasa de la leche se ajusta en base al tipo de queso a elaborar: graso (Danbo y Prato) o semigraso (Pategrás sándwich y Tybo). Como en todas las variedades descritas en estos capítulos, originalmente se utilizaron fermentos naturales, que luego fueron reemplazados por cultivos seleccionados. Los fermentos que se utilizan son más simples que para el Pategrás y consisten en mezclas compuestas mayoritariamente por *St. thermophilus* y una menor proporción de lactobacilos termófilos.

La textura y propiedades viscoelásticas de los quesos tipo Barra son importantes atributos de estas variedades ya que se comercializan cortados en fetas. Su control se logra en la elaboración y se desarrolla durante la maduración. En la tecnología original, la textura se controlaba mediante el uso de fermentos naturales con aporte de acidez inicial, el lavado de la cuajada y un descremado parcial de la leche. De esta manera, se obtenía una red proteica fuerte, mineralizada y elástica, que garantizaba las propiedades deseadas. Al incorporarse fermentos seleccionados, se dispuso de una variedad de posibilidades y se desarrollaron innovaciones que permiten curvas de acidificación adecuadas para lograr atributos similares de corte y «feteo». Las modificaciones más importantes fueron: mayor contenido graso en la leche de elaboración, aumento de la temperatura de pasteurización para prolongar la vida útil de los quesos, reducción del lavado de la cuajada y disminución del secado de la misma. Además, la incorporación de tinas de mayor capacidad y la automatización de los procesos exigieron una elevación en 2 a 3 °C de la temperatura de coagulación para que el pH del queso llegue a 5,3 en el tiempo de prensado, que se redujo a menos de 5 h. Estas innovaciones permitieron elaborar quesos con un mayor contenido de materia grasa y humedad lo cual significó un incremento en el rendimiento, sin perjuicio de las características requeridas para este tipo de queso (Avila y col., 2010; Avila, 2015).

El lavado sigue vigente como estrategia para mejorar la sostenibilidad de la pasta al disminuir el nivel de lactosa de la cuajada. Se realiza extrayendo una parte del suero, entre 15 a 30% como máximo, y agregando un volumen (entre 50 a 100% del volumen de suero extraído) de agua caliente (aprox. a 75 °C) (Gauna, 2005). Estas operaciones conducen a la formación de un gradiente de concentración entre las partículas de cuajada y el suero circundante, lo que genera una difusión de la lactosa y otros compuestos

solubles de la cuajada al suero. De esta manera, se logra una disminución de la lactosa, lo que permite un mejor control del pH final de la cuajada y, en consecuencia, de la mineralización. En este sentido, un mayor pH luego del drenado del suero favorece la obtención de un queso menos desmineralizado y por lo tanto más elástico (Düsterhöft y col., 2017). Además, se reduce el riesgo de acumulación de azúcares residuales y posterior postacidificación durante la maduración (Gauna, 2005). El agregado del agua se debe realizar en lo posible en forma de lluvia para evitar que los granos de cuajada estén expuestos a alta temperatura. Generalmente se busca que el agua agregada sea la necesaria para llevar la cuajada a la temperatura de cocción y la acidez del suero a 9 °D.

Luego de la elaboración y salado, estos quesos se envasan utilizando materiales plásticos termocontraíbles y se maduran a 12 °C durante un tiempo no inferior a 25 d.

Los quesos tipo suizo (Emmenthal, Gruyere) son quesos de pasta cocida. La temperatura de cocción es mayor que en Pategrás y Barra, y el tratamiento de la cuajada en tina, así como la relación materia grasa/extracto seco del producto final y la relación calcio/extracto seco desgrasado, se asemejan a los de los quesos duros (Gauna, 2005).

Está permitido que los quesos tipo suizo se elaboren con leche cruda ya que el CAA lo prevé para variedades con un período de maduración de más de 60 d a temperatura superior a 5 °C (ANMAT, 2020). Sin embargo, en nuestro país la totalidad de los quesos que se elaboran en la industria láctea utilizan leche pasteurizada, quedando la práctica de uso de leche cruda, si bien permitida, reservada para pocos casos de productos artesanales y pequeña escala. La pasteurización de la leche de elaboración está fuertemente arraigada ya que para utilizar leche cruda se debe asegurar una calidad microbiológica excelente y la mayoría de las empresas lácteas prefiere pasteurizar. Un nivel elevado de microorganismos o la presencia de una microbiota alterante puede conducir a defectos durante la maduración del queso.

Los fermentos primarios y propiónicos que se utilizan en quesos tipo suizo son similares a los mencionados en la descripción del Pategrás híbrido. Además, en los quesos tipo suizo se agregan cultivos de lactobacilos termófilos, como *Lactobacillus helveticus* o *Lactobacillus delbrueckii* como parte del fermento primario. Estas especies estimulan el crecimiento de las bacterias propiónicas, fermentan los azúcares residuales y también participan en la proteólisis. La fermentación de los azúcares residuales, sobre todo de la galactosa que no es utilizada por *St. thermophilus* y se acumula en el queso, puede dar lugar a defectos de postacidificación o fermentaciones por microorganismos adventicios indeseables, por lo que su consumo total al inicio de la maduración por dichos lactobacilos es fundamental para la calidad del queso. Asi-

mismo, altos niveles de galactosa afectan negativamente el crecimiento de las bacterias propiónicas. La etapa de premaduración de la leche con los fermentos es de aproximadamente 30 min. La temperatura de cocción alcanza 49–53 °C, lo que conduce a menor humedad y menor actividad residual del coagulante en comparación al queso Pategrás tradicional. El corte de la cuajada se realiza hasta un tamaño de grano menor que en otros quesos semiduros (2,5 mm). En quesos tipo suizo es fundamental que el drenado del suero se realice a un pH mayor a 5,2 para lograr el grado de mineralización adecuado y, en consecuencia, la textura correcta para la formación y apertura de los ojos durante la maduración. Al igual que en el queso Barra, se aplica el lavado de la cuajada para lograr un pH adecuado de los quesos; esta etapa se realiza como se indicó anteriormente, reemplazando suero por agua o agregando directamente agua a la tina para diluir el suero.

La maduración de los quesos con bacterias propiónicas se caracteriza por tener varias etapas y es clave en esta tecnología. Durante los primeros 8–10 d luego de la elaboración, los quesos se maduran a 10–13 °C y luego se trasladan a una cámara caliente a 22–24 °C donde permanecen por 10–15 d. En la etapa caliente tiene lugar la fermentación propiónica produciéndose propionato, que brinda sabor picante, y CO₂, responsable de la formación de los ojos. Cuando se ha alcanzado el avance deseado, los quesos vuelven a la cámara a 8–13 °C para detener o disminuir la velocidad de la fermentación propiónica, y se mantienen allí hasta su comercialización. En general, al tiempo de permanencia de los quesos en cámara caliente lo establece el quesero, vigilando el aspecto de las hormas; los quesos se llevan a la cámara fría luego de que alcanzan una «copa» superior bien formada, debido al gas producido. Una parte importante del CO₂ producido durante la fermentación propiónica se pierde por difusión a través de la corteza sin formar ojos (Fröhlich–Wyder y Bachmann, 2007); para evitar esta pérdida, algunos tecnólogos proponen regular la presión de CO₂ en la cámara caliente (Gauna, 2005). Los quesos Gruyere y Emmenthal se comercializan en general manteniendo el color original.

Un esquema del protocolo de elaboración de los quesos descriptos en este capítulo se presenta en la figura 2.

Maduración

Los principales eventos bioquímicos que ocurren durante la maduración de los quesos semiduros descriptos en este capítulo, y que les otorgan sus características típicas, son la proteólisis y el metabolismo de la lactosa residual, del lactato y citrato. La lipólisis y el catabolismo de los ácidos grasos tienen

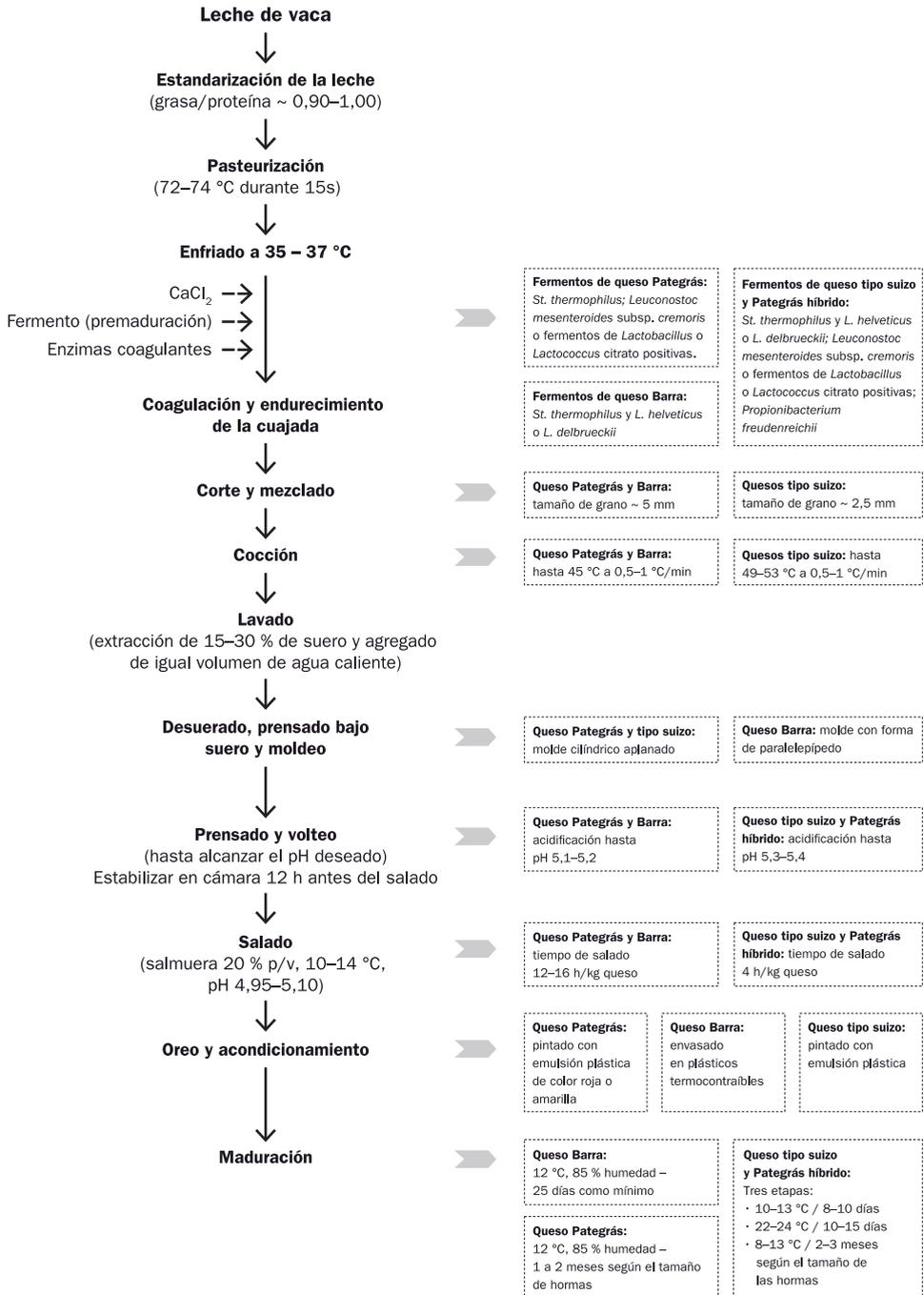


Figura 2. Flujograma de elaboración de quesos semiduros: Pategrás, Barra y tipo suizo

un rol menor debido principalmente a la baja/moderada actividad lipolítica de los fermentos utilizados en la elaboración (Zalazar y col., 1999; Fröhlich-Wyder y col., 2017).

La proteólisis es el proceso que involucra la degradación de proteínas a péptidos de diversos tamaños y aminoácidos libres, lo cual tiene un impacto significativo en la textura y *flavour* del queso. La extensión de la proteólisis depende del tipo y actividad de los microorganismos presentes, así como también de la tecnología de elaboración y de las condiciones de maduración. La degradación de la matriz proteica y la formación de nuevos grupos amino y carboxilo (ionizados al pH del queso) determinan la interacción proteína-agua e influyen en la textura del queso maduro. Asimismo, la proteólisis libera aminoácidos (precursores de compuestos volátiles) y compuestos sápidos con gran impacto en el *flavour* del producto (Upadhyay y col., 2004).

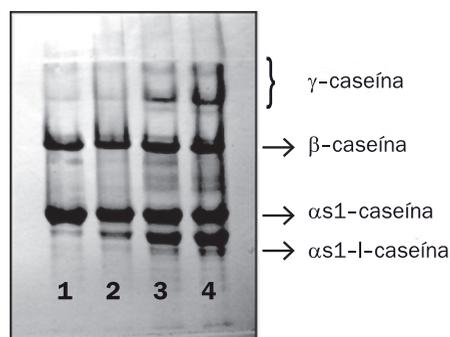
El metabolismo de azúcares residuales y ácidos también depende de los microorganismos presentes y sus capacidades enzimáticas. La degradación de la lactosa, lactato y citrato genera diversos compuestos volátiles que influyen en el *flavour*, además de gas que da lugar, en determinadas condiciones, a la formación de ojos (Zalazar y col., 2004; Fröhlich-Wyder y col., 2017).

Los primeros estudios sobre la maduración de queso Pategrás datan de la década del 80. En estos se evaluó la influencia de distintas variables en el perfil de maduración tales como el tipo de coagulante y fermento empleado, temperatura de maduración, incorporación de proteasas para acelerar la maduración y la influencia del mantenimiento en frío de la leche de elaboración o el tratamiento de la misma con enzimas β -galactosidasas (Meinardi y col., 1981; Zalazar y col., 1981, 1983, 1984, 1985, 1986, 1994). Los trabajos más recientes llevados a cabo en nuestro grupo se han focalizado en el estudio de la proteólisis y lipólisis de quesos tipo Pategrás elaborados a escala piloto con un fermento primario de *St. thermophilus* (Bergamini y col., 2006, 2009a, 2009b; Perotti y col., 2009), la predicción del tiempo de maduración empleando parámetros fisicoquímicos, de proteólisis y técnicas estadísticas multivariadas a partir de quesos elaborados en la industria y madurados en el INLAIN en condiciones estandarizadas (Ramonda, 2009), la evaluación de las actividades enzimáticas del coagulante y plasmina, y su correlación con la proteólisis (Vélez y col., 2015), y el rol de bacterias propiónicas en el perfil de maduración y la producción de compuestos volátiles (Wolf y col., 2016).

En los trabajos de caracterización de la maduración de quesos Pategrás comerciales se observó una gran variabilidad en los valores de los parámetros estudiados, lo que ha sido atribuido a la ausencia de protocolos de elaboración y maduración estandarizados entre las distintas industrias lácteas (Zalazar y col., 1988, 1999; Ramonda, 2009; Wolf y col., 2016). Estos ante-

cedentes ponen en evidencia la necesidad de uniformar tecnologías, materias primas e insumos para lograr que los quesos con igual denominación tengan similares características y se alcance una tipificación de los mismos.

La maduración del queso Pategrás se caracteriza principalmente por una proteólisis moderada producida en primer lugar por la enzima coagulante residual seguida por la actividad de proteasas y peptidasas microbianas. La temperatura utilizada durante la cocción de la cuajada conduce a una inactivación parcial de la enzima coagulante. Sin embargo, la actividad residual de la misma es suficiente para actuar sobre la α_{S1} -caseína y generar los fragmentos α_{S1} -caseína f (1-23) y f (24-199) (este último también puede encontrarse bajo la denominación α_{S1} -I) (figura 3).



Fuente: Vélez y col., 2015.

Figura 3. Perfil electroforético de queso Pategrás durante la maduración a 0, 12, 38 y 50 d (calles 1, 2, 3 y 4, respectivamente)

Se ha verificado que la actividad residual del coagulante, así como los niveles de los péptidos derivados de la α_{S1} -caseína, tuvieron niveles intermedios en el queso Pategrás entre los valores encontrados en Cremoso (mayores niveles) y Reggianito (menores niveles) (Ramonda, 2009); de esta manera, los resultados se correlacionan con la temperatura de cocción de la cuajada. En función de estos antecedentes, es esperable que la inactivación de la enzima coagulante sea mayor en quesos tipo suizo en comparación con el Pategrás, debido a que la etapa de cocción se realiza a mayor temperatura. Por otro lado, en relación con la actividad de la plasmina en queso Pategrás, se ha observado que los niveles fueron mayores en comparación a Cremoso y Reggianito, lo que se ha atribuido a un incremento de la eliminación de los inhibidores de los activadores del plasminógeno como consecuencia del lavado de la cuajada (Vélez y col., 2015).

En la Tabla 1 se muestra la composición, valores de pH y niveles de proteólisis de quesos Pategrás comerciales (n=18) cuyos tiempos de maduración fueron desconocidos (Wolf y col., 2016).

Tabla 1. Composición global, pH y nitrógeno soluble a pH 4,6 (NS pH 4,6), en ácido tricloroacético (NS-TCA) y en ácido fosfotúngstico (NS-PTA), en quesos Pategrás comerciales (n=18)

	Valor medio \pm desviación estándar	Rango
pH	5,49 \pm 0,19	5,35–5,80
Humedad % ¹	37,66 \pm 1,62	36,0–40,5
Proteínas % ¹	27,47 \pm 1,87	25,0–31,4
Materia grasa % ²	46,23 \pm 1,66	44,9–51,0
NaCl (s.h.) % ³	4,1 \pm 1,6	1,07–1,77
NS pH 4,6/NT % ⁴	16,86 \pm 5,82	13,0–32,1
NS-TCA/NT % ⁴	9,53 \pm 1,40	7,81–11,35
NS-PTA/NT % ⁴	3,92 \pm 0,49	3,40–4,64

Fuente: Wolf y col., 2020.

¹ g/100g queso. ² g/100g queso expresado en base seca. ³ s.h: sal en la humedad; g/100g humedad. ⁴ Valores porcentuales respecto al contenido de nitrógeno total (NT).

La evolución de la proteólisis durante la maduración se estudió en muestras comerciales de quesos Pategrás provenientes de dos industrias lácteas de Santa Fe, elaborados en distintas estaciones del año (n=8); estos quesos no tenían bacterias propiónicas incorporadas. El incremento progresivo de las fracciones nitrogenadas durante la maduración (figura 4) refleja la evolución y extensión de la proteólisis, que es mayor en comparación a queso Cremoso pero menor en relación con Reggianito (Ramonda, 2009).

El avance de la proteólisis durante la maduración también se refleja en los perfiles peptídicos obtenidos por HPLC en fase reversa. En la figura 5 se observan los perfiles a diferentes tiempos durante la maduración (3, 30 y 60 d) de queso Pategrás tradicional elaborado en la planta piloto del INLAIN.

En los cromatogramas se observan pocos picos a tiempo inicial, los cuales se incrementan en altura y número a medida que avanza la maduración, reflejando la producción de diversos péptidos por la actividad de proteasas y

peptidasas presentes en el queso (Bergamini, 2007). Por otro lado, una disminución del contenido de humedad se manifiesta durante la maduración de quesos Pategrás comerciales desde 41,9 % (p/p) al inicio hasta 38,5 % (p/p) a los 50 d (disminución de 3,4 % p/p) (Ramonda, 2009), lo cual es acorde al proceso físico de evaporación del agua que ocurre en este período (Zalazar y col., 2004). Por último, los valores de pH se mantienen sin grandes cambios durante la maduración.

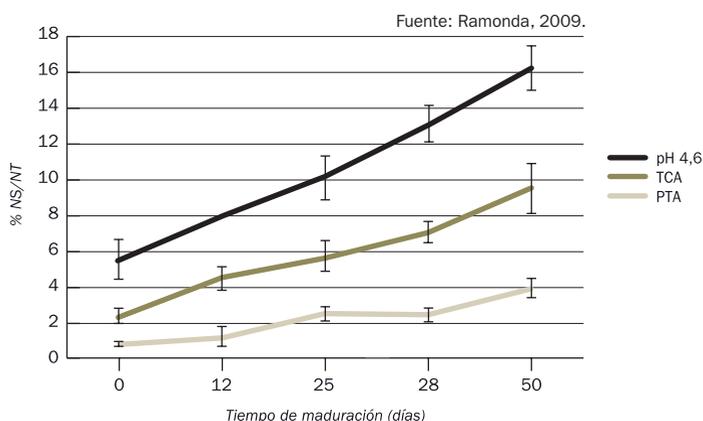


Figura 4. Evolución de la proteólisis de queso Pategrás durante la maduración: contenido de NS pH 4,6, NS-TCA y NS-PTA, expresado en relación con el nitrógeno total (NT)

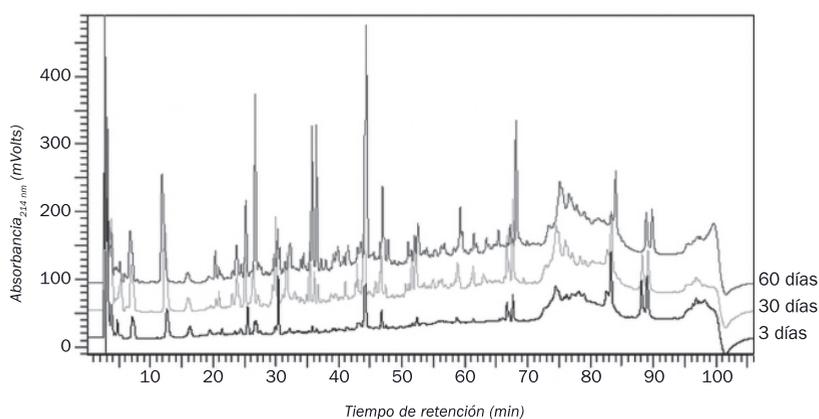


Figura 5. Perfiles peptídicos de un queso Pategrás tradicional, a los 3, 30 y 60 d de maduración

En cuanto a los quesos tipo Barra, en un estudio de caracterización que incluyó 42 muestras de quesos elaborados por 17 empresas medianas–grandes nacionales y 3 brasileñas, se observó que los valores medios de composición global y pH de los quesos (Tabla 2) fueron bastante similares, independientemente de su denominación y procedencia (Avila y col., 2010).

Tabla 2. Composición global, pH y grado de maduración de quesos tipo Barra comerciales (Avila y col., 2010)

	Tybo	Danbo	Barra	Prato
pH	5,59 ± 0,17	5,57 ± 0,04	5,55 ± 0,12	5,65 ± 0,25
Humedad % ¹	41,77 ± 1,66	41,77 ± 2,18	42,91 ± 1,84	40,43 ± 3,33
Proteína % ¹	25,78 ± 1,22	25,17 ± 1,45	25,31 ± 1,51	24,02 ± 1,91
Materia grasa % ²	47,09 ± 3,27	47,64 ± 3,49	46,59 ± 2,58	50,58 ± 1,36
Grado de Maduración ³	10,52 ± 2,47	12,86 ± 1,71	10,58 ± 3,52	9,57 ± 3,13

¹g/100g queso. ² g/100g queso expresado en base seca. ³ Valores porcentuales del nivel de nitrógeno soluble a pH 4,6 respecto al contenido de nitrógeno total.

Sin embargo, al igual que lo observado para los quesos Pategrás comerciales, los resultados mostraron una elevada variabilidad para cada tipo de queso, lo que se puede atribuir a diferencias en las tecnologías de elaboración e insumos utilizados en cada empresa. El grado de maduración de los quesos Barra fue menor en comparación con el queso Pategrás tradicional. Este menor avance en el grado de proteólisis es deseable y contribuye al mantenimiento de la textura adecuada ya que, como se mencionó anteriormente, los quesos destinados al corte en máquina deben conservar durante su período de vida útil las características apropiadas de la pasta. Estos atributos deben permitir el corte en fetas o tajadas íntegras y delgadas, que no se deformen y mantengan las dimensiones y la forma de la sección de la barra. Asimismo las fetas, que se disponen unas sobre otras en los envases, no deben pegarse, deben ser flexibles y soportar el enrollado sin quebrarse. En un estudio realizado para establecer el período de aptitud de quesos Danbo, el comportamiento frente al corte en fetas fue uno de los parámetros evaluados durante la maduración y postmaduración (Avila, 2015). En la figura 6 se puede observar el comportamiento que debe presentar el queso Barra durante el feteado mecánico.



Figura 6. Comportamiento de queso Barra frente al feteado mecánico

En relación a los quesos con ojos como los quesos tipo suizo y Pategrás híbrido, es importante remarcar que la elaboración y maduración de los mismos es una de las más complejas. Esto se debe a que existe una gran cantidad de parámetros que deben ser controlados para obtener una textura elástica y suave, crucial para que los típicos ojos se formen y desarrollen, y para evitar la aparición de defectos como grietas y exfolias (Polychroniadou, 2001; Furtado, 2008). El número, tamaño, forma y distribución espacial de los ojos representan los parámetros de calidad más importantes en los quesos tipo suizo (Huc y col., 2014; Guggisberg y col., 2015). Algunos de los factores a controlar para lograr una adecuada formación de ojos son: pH mayor a 5,20 al entrar los quesos a salmuera, curva de acidificación lenta y adecuadas condiciones de tiempo y temperatura en las etapas de la maduración. Estos parámetros influyen significativamente tanto en el desarrollo de las bacterias propiónicas y la producción de gas como en la evolución de la proteólisis y la postacidificación, eventos que afectan la textura. Asimismo, curvas de acidificación rápidas generan una cuajada más desmineralizada (pérdida de calcio) y, en consecuencia, menos elástica. Otros factores importantes son: corteza con la porosidad adecuada para que limite la pérdida por difusión del

gas producido, lo que está influenciado por la humedad de las cámaras de maduración (aprox. 75%), un salado adecuado y una correcta distribución de la cuajada en la pre prensa y llenado de los moldes para evitar que quede aire ocluido, bajo nivel de sal en la humedad (menos de 1,3 %) dada la sensibilidad a la sal de las bacterias propiónicas, y número adecuado de núcleos para la formación de ojos (Furtado, 2008; Bachmann y col., 2011; Fröhlich–Wyder y col., 2017).

Las bacterias propiónicas incorporadas en los quesos Pategrás híbridos y quesos tipo suizo fermentan el lactato (producido por el fermento primario) hasta ácido propiónico, ácido acético y CO₂. En este caso, el gas generado es el responsable de la formación de ojos grandes y lustrosos, los cuales son denominados «ojos picantes». Estas bacterias contribuyen al *flavour* típico de estos quesos produciendo además de ácidos propiónico y acético, otros compuestos volátiles derivados del catabolismo de los aminoácidos y potentes compuestos asociados al sabor como los ácidos succínico y glutámico (Gauna, 2005; Fröhlich–Wyder y col., 2017). Es importante tener en cuenta que del CO₂ producido en una horma de queso, la mayor parte se disuelve en la masa, una parte importante se pierde por difusión a través de la corteza y un bajo porcentaje da lugar a la formación de ojos (Fröhlich–Wyder y Bachmann, 2007). En quesos tipo suizo y Pategrás híbrido, la incorporación de fermentos como *Leuconostoc* o *Lactococcus* citrato–positivos permite saturar de CO₂ la fase soluble de la masa del queso durante la primera etapa de maduración en cámara fría, lo que facilita la posterior apertura de ojos por la actividad de las bacterias propiónicas en la cámara caliente (Fröhlich–Wyder y col., 2017).

En cada una de las tres etapas de maduración de los quesos tipo suizo y Pategrás híbrido se producen cambios importantes que determinan la calidad de los mismos. En la primera etapa (cámara fría o templada) se distribuye la sal en la masa del queso, se forma la corteza, se inicia la proteólisis que tiene impacto en el ablandamiento de la masa y el incremento de la elasticidad y se inicia la producción de CO₂ a partir del citrato por los fermentos mesófilos incorporados. En la segunda etapa (cámara caliente) se favorece el crecimiento y actividad metabólica de las bacterias propiónicas con la consiguiente formación de gas y ojos. Finalmente, durante la última etapa (cámara fría) continúa la proteólisis secundaria que contribuye a otorgarle tipicidad al queso y se frena la formación de aberturas; además, se generan compuestos volátiles por el metabolismo microbiano, los cuales tienen impacto en el *flavour* del queso (Gauna, 2005; Furtado, 2008).

En los quesos Pategrás o Gouda tradicionales, sin adición de bacterias propiónicas, la producción de gas (CO₂) con la consecuente formación de ojos proviene de bacterias lácticas heterofermentativas (*Leuconostoc* y lactobacilos mesófilos) y aquellas que fermentan el citrato, como ciertas especies de *Lactococcus* y *Leuconostoc*. Además de CO₂, estas bacterias también producen compuestos no volátiles (lactato) y compuestos volátiles (ácido acético, etanol, diacetilo, acetoína, etc.). El gas producido puede dar lugar a la formación de pocos ojos, pequeños y medianos, el aspecto de la pasta es más opaco que en los quesos tipo suizo, mientras que los compuestos volátiles y no volátiles inciden en el *flavour* característico, por lo que los ojos se denominan «ojos dulces» (Düsterhöft y col., 2018), en contraste con los ojos picantes de los quesos tipo suizo.

En cuanto al proceso de lipólisis, es un evento bastante limitado durante la maduración del queso Pategrás, que se incrementa si se incorporan bacterias propiónicas (Wolf y col., 2016) ya que las mismas tienen una actividad lipolítica 10 a 100 veces mayor que las bacterias lácticas (Thierry y col., 2011). Se ha observado un incremento de la lipólisis en quesos elaborados en verano, lo que puede estar asociado al aporte de enzimas lipolíticas por la flora psicrotrófica que se desarrolla en la leche durante el almacenamiento refrigerado (Perotti y col., 2009). En los quesos Barra, el nivel de lipólisis es bajo (Avila y col., 2010).

Los compuestos volátiles presentes en los quesos se originan mayoritariamente a partir del catabolismo de los aminoácidos y ácidos grasos, y de la degradación de la lactosa, lactato y citrato. Algunos de estos compuestos tienen un impacto directo en el *flavour* y su producción depende principalmente de los microorganismos presentes y sus actividades enzimáticas. En un estudio realizado en quesos Pategrás comerciales con el agregado de bacterias propiónicas (denominados híbridos), los perfiles de volátiles se caracterizaron por la presencia de compuestos de la familia de los ácidos, alcoholes y cetonas, y en menor medida ésteres y aldehídos. En la mayoría de las muestras se hallaron compuestos asociados al metabolismo de las bacterias propiónicas tales como algunos aldehídos, alcoholes y ácidos de cadena ramificada, como así también ácidos de cadena corta tales como ácido propiónico y el éster propionato de etilo. La comparación de la fracción volátil de quesos Pategrás con y sin adición de bacterias propiónicas reveló el rol clave de las mismas en el volatiloma, lo que comprueba que el Pategrás tradicional y el Pategrás híbrido son productos distintos, con características sensoriales bien diferenciadas (Wolf y col., 2016).

Avances científicos e innovaciones

En esta sección se presentan y discuten los principales trabajos científicos que abordan los avances e innovaciones en los últimos años para estos tipos de quesos.

Tecnología de elaboración

Fermentos primarios, adjuntos y probióticos

Hasta hace aproximadamente 40 años se utilizaban fermentos naturales de leche para la elaboración de queso Pategrás. Estos fermentos se obtenían incubando a 45 °C una leche de buena calidad (termizada previamente a 65 °C) e inoculada con 1 a 2 % del fermento del día anterior, lo que daba lugar al desarrollo de una biodiversidad compleja, conteniendo principalmente cepas de *St. thermophilus* y bacterias heterofermentantes citrato positivas. Las características microbiológicas de estos fermentos permitían la obtención de quesos con *flavour* similar a quesos elaborados con leche cruda. Sin embargo, con el objetivo de estandarizar la calidad de los productos, los fermentos naturales han sido completamente reemplazados en la actualidad por cultivos comerciales seleccionados (Zalazar y col., 1999; Hynes y col., 2018), descriptos anteriormente.

Por otro lado, en el INLAIN se estudió el uso de fermentos adjuntos para controlar la flora NSLAB potencialmente perjudicial y mejorar la calidad de quesos semiduros. Las NSLAB (*Non Starter Lactic Acid Bacteria*) pueden alcanzar altos niveles durante la maduración y dar lugar a defectos o, por el contrario, tener una influencia positiva en el *flavour* o textura, lo que depende de las especies y cepas presentes. En quesos Pategrás elaborados en la planta piloto del INLAIN se verificaron niveles de NSLAB de 10⁶ UFC/g a los 7 d de maduración y 10⁸ UFC/g a los 15 d (Briggiler Marcó y col., 2007), valores similares a los encontrados en quesos semiduros comerciales.

Una estrategia para controlar mejor la microbiota del queso y conservar las cualidades de aquellas NSLAB con influencia positiva, es aislar e identificar estas cepas y dar origen a fermentos adjuntos o de afinado. En nuestro Instituto se aislaron 22 cepas de NSLAB de quesos semiduros de buena calidad, con el objetivo de evaluar su potencial como fermentos adjuntos. Se caracterizaron sus propiedades tecnológicas, tales como actividad proteolítica y acidificante, resistencia a fagos y tolerancia a NaCl y KCl, y también se evaluó su potencial probiótico (Bude Ugarte y col., 2006; Briggiler Marcó y col., 2007). En base a estos resultados, se seleccionaron cuatro cepas para

su ensayo como fermentos adjuntos en queso Pategrás tradicional, elaborado con un fermento primario de *St. thermophilus* (Milesi y col., 2009). Las cepas que se evaluaron fueron *Lactiplantibacillus plantarum* 191, *Lacticaseibacillus paracasei* 190, *Lacticaseibacillus rhamnosus* 173 y *Lb. rhamnosus* 177, las cuales mantuvieron un nivel elevado en los quesos durante la maduración. En cuanto a las características de los quesos, en aquellos en los que se utilizaron las cepas *Lb. plantarum* 191 y *Lb. paracasei* 190 como cultivos adjuntos se observó un incremento en la peptidólisis y se obtuvieron quesos con propiedades sensoriales similares o mejores en comparación a los quesos control (sin fermento adjunto). Por el contrario, dos cepas de *Lb. rhamnosus* (173 e 177) incrementaron la peptidólisis en mayor nivel que las cepas anteriores, con cambios en los perfiles peptídicos y aumento del nivel de aminoácidos libres, pero tuvieron un impacto negativo en las características sensoriales ya que produjeron una mayor postacidificación durante la maduración (Briggiler Marcó y col., 2007; Milesi y col., 2009). Estos estudios resaltan el potencial de las cepas *Lb. plantarum* 191 y *Lb. paracasei* 190 para su uso como adjuntos en quesos.

El uso de fermentos adjuntos atenuados, es decir, cultivos que se someten a distintos procedimientos para reducir su viabilidad y aumentar la permeabilidad de los envoltorios celulares, se ha propuesto con el objetivo de maximizar la actividad enzimática y su influencia en la maduración de quesos, a la par que se disminuye la probabilidad del defecto de sobreacidificación. Para ello, se han evaluado distintos tratamientos de atenuación (lisis/permeabilización) de cultivos; el uso de cultivos adjuntos atenuados ha demostrado ser adecuado en la producción del tradicional queso Gouda para acelerar la maduración y mejorar la calidad de variedades reducidas en materia grasa (Düsterhöft y col., 2018).

Otro tipo de cultivos que se han propuesto para quesos semiduros son los probióticos. En este caso, los quesos han demostrado más ventajas como vehículo para bacterias probióticas que otros alimentos lácteos, como las leches fermentadas. En este sentido, la composición y densidad de la matriz quesera provee condiciones favorables para la sobrevivencia y/o desarrollo de los probióticos, protegiéndolos contra las condiciones adversas del tracto gastrointestinal (Karimi y col., 2011). Además, los microorganismos probióticos pueden aportar actividades enzimáticas de interés, que generen una influencia positiva en la textura, el *flavour* y la bioformación de compuestos bioactivos durante la maduración del queso (Silva y col., 2018). En este sentido, la adición de cultivos probióticos a quesos de pasta semidura puede presentar tanto beneficios como desafíos tecnológicos y sensoriales.

A nivel mundial existen antecedentes de quesos de pasta semidura adicionados de diferentes cepas probióticas de lactobacilos y bifidobacterias, especialmente queso Cheddar (Gardiner y col., 1998; Daigle y col., 1999; Ong y col., 2007), tipo suizo (Gomes y col., 1998; Ryan y col., 2015) y Prato (Chaves y Gigante, 2016; Silva y col., 2018). En cuanto a las variedades de quesos de pasta semidura nacionales, existen antecedentes de adición de diferentes cepas, tanto comerciales como autóctonas, potencialmente probióticas en queso Pategrás tradicional. Este producto demostró ser un vehículo apto para las cepas evaluadas ya que se observó una sobrevida satisfactoria en el queso hasta el final de la maduración. Por otro lado, se observó que estos cultivos influyeron en el proceso de proteólisis de manera diferencial: mientras que *Bifidobacterium lactis* no tuvo un impacto significativo y *Lb. paracasei* demostró un efecto leve, *Lactobacillus acidophilus* aumentó los niveles de compuestos nitrogenados de bajo peso molecular y aminoácidos libres, produciendo cambios deseables que podrían acelerar el proceso de maduración. Cuando se evaluó la forma de adición de los cultivos probióticos durante la elaboración, se observó que la preincubación de *Lb. acidophilus* en un sustrato enriquecido con grasa láctea previo a su incorporación a la leche de elaboración, modificó su actividad proteolítica, generando una mayor proteólisis en el queso (Bergamini y col., 2005, 2006, 2009a, 2009b, 2010).

Por otro lado, cepas autóctonas aisladas del ambiente quesero, es decir de origen NSLAB, también han sido caracterizadas por su potencial como probióticas. Sumado a sus características funcionales, estas cepas podrían aportar nuevas propiedades organolépticas y presentar la ventaja de adaptarse fácilmente al proceso tecnológico debido a su origen. En este sentido, las cuatro cepas de origen NSLAB (190, 191, 173 e 177) que fueron ensayadas como adjuntos en queso Pategrás y se describieron previamente, demostraron además potencial probiótico en estudios *in vitro* e *in vivo* (Burns y col., 2012).

Bacterias propiónicas

El rol de las bacterias propiónicas en las características sensoriales de los quesos se ha evaluado en varios estudios. Thierry y col. (2005a, 2005b) estudiaron el perfil de compuestos volátiles en quesos tipo suizo miniatura elaborados con y sin adición de diferentes cepas de *P. freudenreichii*, una de las especies esenciales para el desarrollo del *flavour* característico de los quesos tipo suizo. Los quesos con bacterias propiónicas tuvieron mayores niveles de ácidos grasos libres y de compuestos de cadena ramificada procedentes del catabolismo de los aminoácidos leucina e isoleucina. En nuestro grupo de investigación, Wolf y col. (2016) encontraron resultados similares

en quesos Pategrás. Thierry y col. (2006) también informaron que las propionibacterias favorecen la producción de ésteres y que el contenido de etanol es el factor limitante en la síntesis de esta clase de compuestos. El rol de estas bacterias en la lipólisis ha sido abordado en algunos trabajos que evidencian la presencia de lipasas de estos microorganismos y su acción clave durante el proceso de maduración de quesos (Dherbecourt y col., 2010; Mukdsi–Abeijón y col., 2013). Por otro lado, la actividad aspartasa, que cataliza la deaminación del aspartato a fumarato, que luego se reduce a succinato, es una característica importante y cepa–dependiente de las bacterias propiónicas. Las cepas con moderada actividad tienen un efecto positivo en quesos tipo suizo, tanto por la formación de ojos como por la intensidad del *flavour*, pero una actividad excesiva puede dar lugar al defecto de la fermentación tardía (Düsterhöft y col., 2018).

Temperatura de maduración

La temperatura de maduración de quesos influye significativamente en los cambios que ocurren durante este período debido a su influencia en las actividades de las enzimas y los microorganismos, que son los principales agentes de la maduración.

Como se ha visto a lo largo de este capítulo, el perfil de temperatura de la maduración es crítico en quesos con bacterias propiónicas, ya que dirige los eventos bioquímicos y microbiológicos hacia la fermentación láctica o propiónica, acelerándolas o disminuyéndolas. En todos los quesos madurados solamente con bacterias lácticas, el aumento de la temperatura se ha propuesto como una estrategia para acelerar la maduración (Law, 2001), y los quesos semiduros no son la excepción. Sin embargo, esta estrategia puede modificar la estabilidad del producto y la seguridad microbiológica del mismo. La maduración de queso Tybo a diferentes temperaturas (5, 12 y 16 °C) afectó la velocidad de proteólisis, detectándose una aceleración a mayores temperaturas. Los perfiles peptídicos de los quesos mostraron un perfil de picos similar, modificándose solamente la altura de los mismos al variar la temperatura de maduración (Sihufe y col., 2006).

Por otro lado, es importante tener en cuenta que el almacenamiento de quesos a temperaturas no controladas y superiores a los valores aconsejados es un hecho que puede ocurrir durante la comercialización, lo que puede derivar en un deterioro de la calidad. De esta manera, es crucial el control de temperatura durante la conservación de los mismos para garantizar una determinada vida útil. El tiempo de vida útil de quesos Danbo, almacenados durante una etapa de postmaduración a 4, 12 y 20 °C, fue evaluado en función de la cinética de la proteólisis y la pérdida de aptitud frente

al feteado mecánico. En este estudio se determinó que la vida útil disminuyó significativamente al aumentar la temperatura de conservación y que estos cambios fueron más notorios para quesos con un mayor contenido de humedad (Avila, 2015).

Conservación de los quesos

En quesos tipo Gouda se ha estudiado la influencia del envasado con materiales plásticos antes de la maduración. El envasado se plantea como una estrategia para minimizar la pérdida de peso del queso durante la maduración y facilitar el manejo de los mismos. Se demostró que esta forma de envasado no modificó los perfiles de ácidos orgánicos, textura y proteólisis; los quesos envasados tuvieron características similares a los madurados sin envasar (Bertola y col., 2000; Califano y Bevilacqua, 2000).

En otro estudio, se analizó la acción inhibitoria de polifosfatos de cadena larga (15–20 unidades de fosfato) sobre el crecimiento de mohos en la corteza de quesos de mediana maduración (Suárez y col., 2012). Se evaluaron varios tratamientos: inmersión en solución acuosa saturada de polifosfatos, con posterior recubrimiento o no de pintura vinílica con o sin polifosfatos, o solamente pintura vinílica adicionada de polifosfatos. El tratamiento que demostró la mejor performance y facilidad de aplicación y que no afectó las propiedades sensoriales fue la inmersión de los quesos en soluciones de polifosfatos y la posterior protección mediante un recubrimiento con una pintura de naturaleza vinílica. La estrategia planteada resultó una alternativa excelente al empleo de pinturas comerciales adicionadas de natamicina (antifúngico), además de ser de sencilla aplicación, eficiente y muy económica. El uso de estos compuestos como inhibidores de mohos permitiría disminuir el uso industrial de la natamicina, que es muy costosa y cuya aplicación está observada en algunos países. Este procedimiento, desarrollado por investigadores del INLAIN, fue objeto de la concesión de una patente (Reinheimer y col., 2019).

Quesos bajos en grasa y en sodio

Dado el interés que ha surgido desde hace varios años en relación con la reformulación de alimentos menor contenido de grasa y sodio, se han emprendido algunos estudios en quesos semiduros.

El consumo elevado de grasa y sodio es uno de los principales factores dietarios asociados al riesgo del desarrollo de diversas enfermedades crónicas no transmisibles. Sin embargo, eliminar o reducir estos ingredientes en los alimentos deriva en un deterioro de la calidad organoléptica, fundamentalmente de la textura y el *flavour*. El logro de reformulaciones aceptadas por los consumidores es un verdadero desafío para las industrias (Cruz y col., 2011; Mohamed, 2015).

En nuestro instituto, Candioti y col. (2002) evaluaron distintas estrategias para la elaboración de quesos semiduros tipo Tybo de pasta lavada bajos en grasa. Se analizó el efecto del agregado de un mimético de la materia grasa a base de proteínas de suero, solo o combinado con un coagulante de cabrito en pasta y una proteasa ácida (de *Aspergillus oryzae*), en la calidad de los quesos. El queso descremado sin ningún aditivo resultó el de mejor calidad. La incorporación de proteínas de suero, solas o en combinación con una proteasa o coagulante en pasta afectó negativamente los atributos sensoriales.

En relación con la disminución de sal, es importante considerar que la misma cumple múltiples funciones en las propiedades y características de los quesos, por lo que su disminución o sustitución con otras sales puede influir en los eventos que ocurren durante la maduración y en las características organolépticas. En este sentido, se ha evaluado el efecto del reemplazo parcial de NaCl por KCl durante el salado sobre la maduración y características sensoriales de queso Fynbo. Ambas condiciones de salado condujeron a niveles típicos de salinidad y firmeza en los quesos. Por otro lado, a pesar de detectarse un mayor amargor en los quesos salados con la mezcla de NaCl/KCl, los quesos fueron considerados aceptables para la comercialización (Zorrilla y Rubiolo, 1999). Asimismo, se observó que el uso de salmuera con NaCl y KCl en partes iguales, no modificó ni la proteólisis primaria (evaluada a través de la cinética de degradación de la α -s1 caseína a los 30 d de maduración) ni la proteólisis secundaria (analizada mediante perfiles peptídicos durante 90 d de maduración) de los quesos, en comparación con quesos salados en salmuera conteniendo solo NaCl (Zorrilla y Rubiolo, 1997; Sihufe y col., 2006).

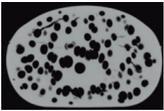
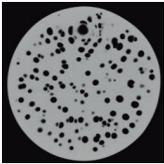
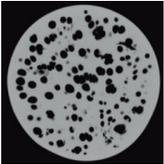
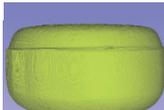
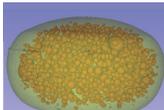
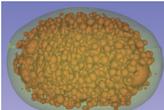
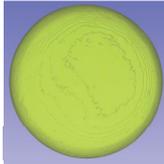
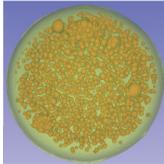
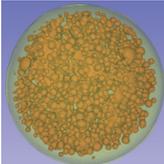
Estrategias para controlar la formación de ojos en quesos tipo suizo y metodologías para su análisis

Ciertos tratamientos como la centrifugación, bacto-fugación y microfiltración aplicados a la leche de elaboración de quesos tipo suizo, con el objetivo de eliminar impurezas físicas y disminuir el número de esporos de bac-

terias anaerobias y los defectos que ocasionan, conducen a una disminución del número de ojos, lo que conlleva a una pérdida de valor del producto. Este hecho ha sido atribuido a que las operaciones físicas de bactofugación y microfiltración disminuyen o eliminan micropartículas presentes naturalmente en la leche cruda, provenientes probablemente del alimento del ganado (Fröhlich–Wyder y Bachmann, 2007). En un estudio reciente, se propuso la estrategia de controlar el número y tamaño de ojos en quesos tipo suizo elaborados con leche microfiltrada (a través de membrana cerámica de $1,4 \mu\text{m}$ de tamaño de poro) mediante la siembra de una determinada cantidad de micropartículas de origen vegetal (alfalfa) de estructura capilar, que se supone que actúan como núcleos para la formación de ojos. El aire retenido en estos capilares permite la difusión del CO_2 desde el cuerpo del queso a las micropartículas y la posterior acumulación progresiva de gas en estas cavidades conduce a la formación de ojos visibles (Guggisberg y col., 2015). En el INLAIN se ensayó una alternativa más económica a la estrategia planteada y posible de aplicar en PYMES lácteas. En este sentido, se evaluó la microfiltración convencional a través de un filtro bolsa de $1 \mu\text{m}$ de tamaño de poro y la incorporación de micropartículas de alfalfa. Sin embargo, la alternativa ensayada no resultó adecuada, ya que los quesos elaborados con leche microfiltrada, con o sin partículas, mostraron formación de ojos durante la maduración (Giménez y col., 2019a).

Dada la importancia de la formación de ojos en la calidad de quesos tipo suizo, es fundamental el control de su producción y evolución durante la maduración. Sin embargo, una vez que la cuajada se moldea es imposible saber exactamente lo que sucede dentro de la horma del queso a menos que se realice una inspección visual, por corte o muestreo de la horma como técnica destructiva, lo que conduce a la interrupción de la maduración. En los quesos tipo suizo el control se realiza tradicionalmente escuchando el sonido producido cuando se golpea suavemente la superficie del queso con un martillo especial, siendo esta una metodología imprecisa y no cuantitativa, y que depende de la experiencia del evaluador. En los últimos años, aparecieron como alternativa metodologías no destructivas tales como la tomografía computada de rayos x (Guggisberg y col., 2013; Huc y col., 2014). En este caso la horma de queso es irradiada por rayos x y se obtienen una serie de imágenes radiográficas consecutivas como cortes transversales de la horma en escalas de grises. Los datos adquiridos por mediciones en múltiples direcciones permiten hacer una reconstrucción tomográfica para obtener un modelo 3D virtual, el cual permite visualizar la distribución y morfología de los ojos y calcular parámetros como el tamaño, cantidad y volumen de los mismos (Schuetz y col., 2016). En el

INLAIN se realizó un seguimiento tomográfico del proceso de formación de ojos de quesos Pategrás híbrido elaborados en la planta piloto del Instituto (Giménez y col., 2019b). Se analizaron los quesos antes de entrar a la cámara caliente, al finalizar la misma y al final de la maduración. En la figura 7 se observan las imágenes obtenidas de un corte de las hormas enteras (tomogramas), el modelo 3D y las imágenes obtenidas luego del corte destructivo; también se indica el volumen total de ojos y el porcentaje de los mismos en relación con el volumen total de la horma. El seguimiento de la formación de ojos durante la maduración mediante una metodología no destructiva aporta datos que facilitan el planteo de ajustes en el proceso cuando se producen defectos.

	Antes de Cámara caliente (10d)	Salida de Cámara Caliente (33d)	Fin de maduración (60d)	Corte destructivo
Tomogramas				
				
Modelos 3D				
				
Volumen y porcentaje de ojos	0 ml 0 %	459,9 ml 7,6 %	980,6 ml 15,4 %	

Fuente: Giménez y col., 2019b.

Figura 7. Imágenes del corte destructivo, tomogramas y modelos 3D de los quesos Pategrás híbrido analizados, volumen y % de ojos calculados

Defectos de quesos semiduros

Los problemas de hinchazón como consecuencia de la producción de gas por ciertos microorganismos adventicios constituyen uno de los defectos microbianos más comunes encontrados en quesos de pasta semidura. El exceso de gas se manifiesta a través de la aparición de grietas, agujeros y ojos que, dependiendo del microorganismo productor de gas, puede no producir un daño a la salud del consumidor, pero sí alterar las características y calidad organoléptica del producto. Diversos microorganismos pueden ser responsables de los defectos gasógenos, siendo principalmente bacterias lácticas heterofermentativas (*Leuconostoc* y lactobacilos), bacterias propiónicas, coliformes, levaduras y bacterias esporuladas (*Clostridium* y *Bacillus*). Si bien las bacterias propiónicas y ciertos microorganismos heterofermentantes o que fermentan el citrato se adicionan en algunos quesos semiduros para lograr una producción controlada de ojos, la presencia adventicia de las mismas puede ser causante de defectos gasógenos en variedades de quesos sin ojos. De esta manera, esta problemática se caracteriza por la gran diversidad de microorganismos que pueden ocasionarla, la alta frecuencia de ocurrencia y la dificultad para su corrección, provocando así un gran impacto económico y afectando grandes volúmenes de producción. La ocurrencia de este defecto dependerá de una serie de factores como la calidad microbiológica de la leche, higiene de los ambientes de elaboración, tratamientos térmicos aplicados sobre la materia prima e ingredientes y recontaminación de la materia prima tratada, entre otros. Asimismo, las características del queso (pH, potencial redox, actividad de agua, contenido de sal, disponibilidad de nutrientes) así como del ambiente donde se llevará a cabo la maduración (temperatura y humedad), pueden producir un hábitat propicio para el desarrollo de microorganismos gasógenos indeseables (Quiberoni y col., 2008; Ledenbach y Marshall, 2010; O'Sullivan y col., 2013).

Los valores de actividad de agua de los quesos semiduros permiten el desarrollo de un amplio rango de organismos alterantes, muchos de los cuales pueden causar hinchazón precoz. Por otro lado, los quesos semiduros son también susceptibles a sufrir hinchazón tardía, defecto que ocurre durante el proceso de maduración y puede manifestarse unas pocas semanas luego de la manufactura, hacia el final de la maduración o varios meses después de finalizada la misma (O'Sullivan y col., 2013). En general, la hinchazón tardía está asociada a la acción de clostridios, bacterias propiónicas, bacterias lácticas heterofermentantes o aquellas capaces de fermentar el citrato. Los clostridios gasógenos fermentan, en anaerobiosis, azúcares o ácidos orgánicos, produciendo ácido butírico y gases (CO₂ y H₂). Estos gases son producidos cuando los esporos

germinan durante la maduración de los quesos, siendo las especies implicadas más comunes *Clostridium tyrobutyricum* (fermenta lactato) y *Clostridium butyricum* (fermenta lactosa). El ácido butírico, en niveles elevados, es responsable del olor o sabor desagradable, mientras que los gases producidos generan grandes ojos o aberturas en la masa. Asimismo, se puede producir una importante proteólisis en la masa del queso, responsable también de un aroma muy desagradable. Las bacterias heterofermentantes, como *Levilactobacillus brevis* y *Limosilactobacillus fermentum*, producen CO₂ a partir de la lactosa residual y galactosa (O'Sullivan y col., 2013; Hayaloglu, 2016). Los caminos metabólicos de producción de gas de las bacterias propiónicas y bacterias que fermentan el citrato ya fueron descritos anteriormente en este capítulo.

En los últimos 20 años, en el INLAIN se han analizado diversos tipos de quesos semiduros (Gouda, Tybo, Danbo, Chubut, Pategrás, Gruyero, Fontina, Colonia y Taluhet) provenientes de industrias de la región, que evidenciaron diversos tipos de defectos; la mayoría correspondió a problemas de hinchazón, que estuvo o no acompañada de alteraciones en el *flavour*. En general, estos quesos presentaron abundante cantidad de ojos de diversos tamaños, grietas, textura quebradiza de la masa e hinchazón del envase. El nivel del microorganismo responsable del defecto en los quesos osciló entre 10⁵ y 10⁸ UFC/g.

En la figura 8 se muestra la distribución porcentual y tipo de microorganismos alterantes aislados de quesos de pasta semidura en el INLAIN, entre los años 1998 y 2020 (Guglielmotti y col., 2020).

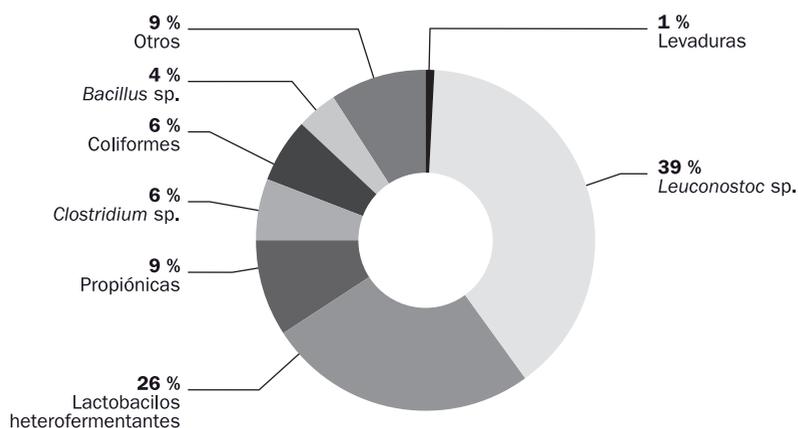


Figura 8. Distribución relativa porcentual y tipo de microorganismos productores de defectos aislados a partir de quesos de pasta semidura en el INLAIN, entre 1998 y 2020.

Cabe aclarar que, en algunos casos, fue posible aislar más de un microorganismo alterante (perteneciente a distintos géneros) en un mismo queso. Como puede observarse, en la mayoría de los casos (39% del total de quesos analizados) se identificó al género *Leuconostoc* como el responsable del defecto gasógeno, mientras que los lactobacilos heterofermentantes ocuparon el segundo lugar (26%). En algunos casos se realizó la identificación mediante secuenciación del ADN 16S de las especies de lactobacilos involucradas, determinando que las especies predominantes fueron *Lb. fermentum* y en menor medida, *Lb. brevis*. El 10% de las alteraciones se asociaron a la presencia de bacterias esporuladas pertenecientes a los géneros *Bacillus* (4%) y *Clostridium* (6%). Por otro lado, en aquellos casos en los que se detectó la presencia de bacterias propiónicas (9%), se observaron abundantes ojos lustrosos y el queso presentó sabor picante. Asimismo, en un 6% del total de muestras se aislaron bacterias coliformes (en alta concentración) que produjeron abundante cantidad de ojos pequeños, consecuencia de la generación de gas (CO₂). La presencia de levaduras (1%) produjo una gran cantidad de ojos irregulares que deformaron la masa del queso. En el 9% de las muestras restantes se encontraron diversos microorganismos responsables de la alteración, en particular bacilos productores de gas (no identificados genéticamente pero posiblemente *Arthrobacter* / *Corynebacterium*) y micrococcos, brevibacterias y estafilococos, que provocaron, dependiendo el caso, alteraciones en el color o textura del producto. En el caso de brevibacterias (presuntivamente *Brevibacterium linens*) detectadas en un queso Taluhet, la cáscara del queso se observó proteolizada con la presencia de zonas de color anaranjada-rojizas. Sin embargo, la masa presentó una textura normal mientras que el aroma fue intenso y desagradable. La presencia de micrococcos en un queso Colonia produjo decoloración en la superficie del queso con *flavour* desagradable, debido posiblemente a la proteólisis producida. En particular, en la cáscara de un queso semiduro con presencia de limo y olor desagradable, se detectó la presencia de *Staphylococcus* y bacilos (posiblemente *Arthrobacter* / *Corynebacterium*) que produjeron coloración anaranjada-rojiza.

El control del nivel de levaduras en las salmueras es fundamental ya que si alcanzan valores elevados pueden producir deterioro en los quesos. Por otro lado, es importante controlar el microclima que rodeará a los quesos (temperatura y humedad en la cámara de maduración). En este sentido, valores elevados de humedad podrían evitar que la masa del queso se seque, pero favorecerían el desarrollo de microorganismos como *Arthrobacter* sp., *B. linens* y mohos que pueden alterar negativamente la apariencia de los quesos como, por ejemplo, coloración de la superficie de la horma. Como fue observado en nuestros estudios, la presencia de *B. linens* puede provocar diversas tona-

lidades sobre la superficie del queso, por lo que resulta importante mantener una buena higiene de los estantes de la cámara de maduración. Por otro lado, humedades relativas muy bajas pueden provocar la aparición de zonas quebradizas y grietas en la masa o en el recubrimiento de pintura vinílica (Düsterhöft y van der Berg, 2007).

Más allá de la formación indeseable de ojos por microorganismos alterantes en quesos semiduros, también existen defectos en los quesos con ojos, relacionados a una incorrecta formación de los mismos por parte de los fermentos utilizados. Esto puede deberse a una baja o muy elevada actividad de los fermentos, problemas en la fusión de la cuajada durante el moldeo, y pH ácido que afecta negativamente la elasticidad de la masa y aumenta la solubilidad del CO₂ en la fase acuosa, entre otros factores. La dificultad de obtener una adecuada apertura de ojos en quesos Pategrás con bacterias propiónicas o quesos tipo suizo ha sido reportada en algunos trabajos. Durruty (2018) asoció este hecho a que las condiciones medioambientales del queso, principalmente pH bajo (~ 5,1) y un extracto seco muy elevado (~72%), no permitieron un buen crecimiento y actividad metabólica de las bacterias propiónicas. La influencia negativa de un pH bajo en la formación de ojos también ha sido comprobada en trabajos realizados en el INLAIN (Giménez y col., 2019a, 2019b). En el presente capítulo también se mencionó la importancia del contenido de sal y la temperatura de cocción en la viabilidad de las bacterias propiónicas, así como de la elasticidad de la masa y porosidad de la corteza en la correcta formación de ojos. Guggisberg y col. (2015) asociaron la ausencia de ojos con la falta de núcleos en la leche de elaboración debido a la eliminación de los mismos por la aplicación de una etapa de microfiltración a través de membranas de 1,4 µm de diámetro de poro. En este trabajo se postuló que la falta de núcleos en la masa del queso conduce a una sobrepresión de CO₂ en la fase acuosa y a un incremento de su difusión a través de la corteza, impidiendo la formación de ojos. Sin embargo, en estados avanzados de la maduración, con una masa menos elástica por la mayor proteólisis, el gas producido puede ocasionar grietas en el queso.

Otro de los defectos que ocurren en quesos semiduros es el desarrollo de sabor amargo. Este problema es consecuencia de un desbalance entre la proteólisis y peptidólisis, lo que puede ser ocasionado por el uso de enzimas coagulantes inadecuadas como, por ejemplo, una enzima microbiana con una elevada actividad proteolítica o el uso de fermentos primarios que posean una actividad peptidolítica muy baja (Zalazar y col., 1999). Se ha observado que la incorporación de fermentos adjuntos de *Lb. plantarum* incrementaron la peptidólisis y disminuyeron el sabor amargo de quesos semiduros (Gomez y col., 1996).

Finalmente, otro defecto que aparece en este tipo de queso es una elevada postacidificación, lo que podría derivar de una elevada actividad acidificante de cepas de bacterias lácticas incorporadas como fermentos adjuntos (Bergamini y col., 2006; Milesi y col., 2009). Este defecto origina alteraciones en el *flavour*, en la textura y puede también alterar o inhibir la correcta formación de ojos en quesos tipo suizo.

Referencias bibliográficas

- Avila, A. T. (2015).** Empleo de parámetros fisicoquímicos, sensoriales y de textura para la determinación del período de aptitud en quesos tipo sándwich (tesis inédita de doctorado). Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- Avila, A. T.; Palma, S. B. (...) Meinardi, C. A. (2010).** Características fisicoquímicas de quesos tipo sándwich comercializados en Santa Fe, y su relación con la tecnología de elaboración. *Revista Argentina de Lactología*, 26, 10–19.
- Bachmann, H. P.; Bütikofer, U. (...) Jakob, E. (2011).** Cheese: Swiss-Type Cheeses. En Elsevier (Ed.). *Encyclopedia of Dairy Sciences*, vol. III (2° Ed.) (pp. 712–720). Academic Press.
- Bergamini, C. V. (2007).** Influencia de la adición de bacterias probióticas sobre el perfil de proteólisis de quesos semiduros (tesis inédita de doctorado). Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- Bergamini, C.; Hynes, E. (...) Zalazar, C. (2005).** Probiotic bacteria as adjunct starters: influence of the addition methodology on their survival in a semi-hard Argentinian cheese. *Food Research International*, 38, 597–604.
- Bergamini, C. V.; Hynes, E. & Zalazar, C. A. (2006).** Influence of probiotic bacteria in the proteolysis profile of a semi-hard cheese. *International Dairy Journal*, 16, 856–866.
- Bergamini, C. V.; Hynes, E. R. (...) Zalazar, C. A. (2009a).** Multivariate analysis of proteolysis patterns differentiated the impact of six strains of probiotic bacteria on a semi-hard cheese. *Journal of Dairy Science*, 92(6), 2455–2467.
- Bergamini, C. V.; Hynes, E. & Zalazar, C. (2009b).** Proteolytic activity of three probiotic strains in semi-hard cheese as single and mixed cultures: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus paracasei* and *Bifidobacterium lactis*. *International Dairy Journal*, 19, 467–475.
- Bergamini, C.; Hynes, E. (...) Zalazar, C. (2010).** Pategrás cheese as a suitable carrier for six probiotic cultures. *Journal of Dairy Research*, 77, 265–272.
- Bertola, N.; Califano, A. N. (...) Zaritzky, N. E. (2000).** Effects of ripening conditions on the texture of Gouda cheese. *International Journal of Food Science & Technology*, 35(2), 207–214.
- Briggiler Marcó, M. M.; Capra, L. (...) Hynes, E. (2007).** Nonstarter *Lactobacillus* strains as adjunct cultures for cheese making: *in vitro* characterization and performance in two model cheeses. *Journal of Dairy Science*, 90, 4532–4542.
- Bude Ugarte, M.; Guglielmotti, D. (...) Hynes, E. (2006).** Nonstarter lactobacilli isolated from soft and semihard Argentinean cheeses: genetic characterization and resistance to biological barriers. *Journal of Food Protection*, 69, 2983–2991.

- Burns, P. F.; Cuffia, F. (...)** Hynes, E. (2012). Technological and probiotic role of adjunct cultures of non starter lactobacilli in soft cheeses. *Food Microbiology*, 30, 45–50.
- Califano, A. N. & Bevilacqua, A. E. (2000).** Multivariate analysis of the organic acids content of Gouda type cheese during ripening. *Journal of Food Composition and Analysis*. 13, 949–960.
- Candioti, M. C.; Palma, S. M. (...)** Zalazar, C. A. (2002). Estudio comparativo de distintas alternativas tecnológicas para la producción de quesos semiduros de pasta lavada bajos en grasa. *Grasas y Aceites*, 53(4), 384–390.
- Cappellini, O. R. (2011).** Dairy development in Argentina. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/docrep/013/al744e/al744e00.pdf>
- Chaves, K. S. & Gigante, M. L. (2016).** Prato cheese as suitable carrier for *Lactobacillus acidophilus* La5 and *Bifidobacterium* Bb12. *International Dairy Journal*, 52, 10–18.
- Cruz, A.; Faria, J. (...)** Shah, N. (2011). Review: Cheeses with reduced sodium content: Effects on functionality, public health benefits and sensory properties. *Trends in Food Science and Technology*, 22, 276–291.
- Daigle, A.; Roy, D. (...)** Vuilleumard, J. C. (1999). Production of probiotic cheese (cheddar-like cheese) using enriched cream fermented by *Bifidobacterium infantis*. *Journal of Dairy Science*, 82(6), 1081–1091.
- Dherbecourt, J.; Bourliou-Lacanal, C. (...)** Thierry, A. (2010). Time course and specificity of lipolysis in Swiss cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 11732–11739.
- Durruty, N. (2018).** Efecto de la incorporación de fermentos propiónicos sobre la calidad de queso Pategrás (tesis inédita de grado). Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires.
- Düsterhöft, E.–M. & van der Berg, G. (2007).** Dutch-type cheeses. En McSweeney, P. L. H. (Ed.). *Cheese problems solved* (pp. 230–245). CRC Press.
- Düsterhöft, E.–M.; Engels, W. & Huppertz, T. (2018).** Section 5.2. Gouda – The Netherlands. En Papademas, P (Ed.), Bintsis, T. (Co-Ed.). *Global Cheesemaking Technology: Cheese Quality and Characteristics – Part II, Section 5: Dutch-Type Cheeses* (pp. 329–332). John Wiley & Sons.
- Düsterhöft, E.–M.; Engels, W. & Huppertz, T. (2017).** Chapter 34: Gouda and related cheeses. En McSweeney, P. L. H.; Fox, P. F. (...) Everett, D. W. (Ed.). *Cheese – Chemistry, Physics & Microbiology, Volumen 1: General characteristics* (pp. 865–888). Academic Press.
- Fröhlich-Wyder, M. T. & Bachmann, H. P. (2007).** Swiss cheese. En McSweeney, P. L. H. (Ed.). *Cheese problems solved* (pp. 245–267). CRC Press.
- Fröhlich-Wyder, M. T.; Bisig, W. (...)** Wechsler, D. (2017). Cheeses with propionic acid fermentation. En McSweeney, P. L. H.; Fox, P. F. (...) Everett, D. W. (Eds.). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (4^o ed.) (pp. 889–910). Academic Press.
- Furtado, M. (2008).** Formación de ojos en quesos: aspectos cruciales. 1era. parte. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 51, 8–15.
- Gardiner, G.; Ross, R. P. (...)** Stanton, C. (1998). Development of a probiotic Cheddar cheese containing human-derived *Lactobacillus paracasei* strains. *Applied and Environmental Microbiology*, 64, 2192–2199.
- Gauna, A. (2005).** Elaboración de quesos de pasta semidura con ojos. Cuaderno Tecnológico N° 3 Lácteos. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Proyecto Mejora de la Eficiencia y de la Competitividad de la Economía Argentina. <https://www.inti.gov.ar/lacteos/pdf/cuadernotecnologico3.pdf>
- Giménez, P.; Bergamini, C. V. (...)** Hynes, E. R. (2019a). Prueba de microfiltración convencional de leche de elaboración para controlar la formación de ojos en quesos. *Actas del X Congreso Argentino de Ingeniería Química (CAIQ2019)*. Organizado por la Asociación Argentina de Ingenieros Químicos.
- Giménez, P.; Perotti, M. C. (...)** Bergamini, C. (2019b). Tomografía computada de rayos X en quesos para la evaluación de aberturas y de ojos en quesos. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 105, 49–54.
- Gomez, M. J.; Gaya, P. (...)** Medina, M. (1996). Effect of *Lactobacillus plantarum* as adjunct starter on the flavour and texture of a semi-hard cheese made from pasteurised cows' milk. *Lait*, 76, 461–472.

- Gomes, A. M. P.; Vieira, M. M. & Malcata, F. X. (1998).** Survival of probiotic microbial strains in a cheese matrix during ripening: simulation of rates of salt diffusion and microorganism survival. *Journal of Food Engineering*, 36, 281–301.
- Guggisberg, D.; Fröhlich-Wyder, M. T. (...) Schuetz, P. (2013).** Eye formation in semi-hard cheese: X-ray computed tomography as a noninvasive tool for assessing the influence of adjunct lactic acid bacteria. *Dairy Science and Technology* 93(2), 135–149.
- Guggisberg, D.; Schuetz, P. (...) Wechsler, D. (2015).** Mechanism and control of the eye formation in cheese. *International Dairy Journal*, 47, 118–127.
- Guglielmotti, D.; Suárez, V. (...) Reinheimer, J. (2020).** Microorganismos alterantes en la industria láctea. Incidencia regional en los últimos 20 años. En Reinheimer, J. (Ed.). *Avances y tendencias en la industria láctea. La contribución argentina desde el INLAIN* (pp. 205–217). Ediciones UNL.
- Hayaloglu, A. A. (2016).** Cheese: Microbiology of cheese. En Elsevier Inc. (Ed.). *Reference Module in Food Science* (pp. 1–11). Academic Press.
- Huc, D.; Challoy, S. (...) Mariette, F. (2014).** Spatial characterisation of eye-growing kinetics in semi-hard cheeses with propionic acid fermentation. *International Dairy Journal* 39(2), 259–269.
- Hynes, E.; Bergamini, C. V. y Perotti, M. C. (2018).** Section 6.5. Pategrás cheese–Argentina. En Papademas, P. (Ed.), Bintsis, T. (Co-Ed.). *Global Cheesemaking Technology: Cheese Quality and Characteristics – Part II, Section 6: Swiss-type cheeses (propionic acid cheeses)* (pp. 344–346). Estados Unidos.
- Karimi, R.; Mortazavian, A. M. & Da Cruz, A. G. (2011).** Viability of probiotic microorganisms in cheese during production and storage: A review. *Dairy Science and Technology*, 91(3), 283–308.
- Law, B. A. (2001).** Controlled and accelerated cheese ripening: the research base for new technologies. *International Dairy Journal*, 11, 383–398.
- Ledenbach, L. H. & Marshall, R. T. (2010).** Microbiological spoilage of dairy products. En Sperber, W. H. & Doyle, M. P. (Eds.). *Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages* (pp. 47–67). Springer.
- Meinardi, C.; Zalazar, C. & Pomar, F. (1981).** Maturation del formaggio Pategrás Argentino ottenuto da latte trattato con lattasi. *L'Industria del Latte*, 17 (3–4), 15–20.
- Milesi, M. M.; Vinderola, G. (...) Hynes, E. (2009).** Influence on cheese proteolysis and sensory characteristics of non-starter lactobacilli strains with probiotic potential. *Food Research International*, 42, 1186–1196.
- Mohamed, A. (2015).** Low-fat cheese: a modern demand. *International Journal of Dairy Science*, 10(6), 249–265.
- Mukdsi-Abelión, M. C.; Falentin, H. (...) Thierry, A. (2013).** The secreted esterase of *Propionibacterium* has a major role in cheese lipolysis. *Applied and Environmental Microbiology* 80(2), 751–756.
- O'Sullivan, D.; Giblin, L. (...) Cotter, P. D. (2013).** Nucleic acid-based approaches to investigate microbial-related cheese quality defects. *Frontiers in Microbiology*, 4, 1–15.
- Ong, L.; Henriksson, A. & Shah, N. P. (2007).** Chemical analysis and sensory evaluation of Cheddar cheese produced with *Lactobacillus acidophilus*, *Lb. casei*, *Lb. paracasei* or *Bifidobacterium* sp. *International Dairy Journal*, 17, 937–945.
- Perotti, M.; Mercanti, D. (...) Zalazar, C. (2009).** Characterization of the free fatty acids profile of Pategrás cheese during ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 62, 331–338.
- Polychroniadou, A. (2001).** Eyes in cheese: A concise review. *Milchwissenschaft* 56(2), 74–77.
- Quiberoni, A.; Guglielmotti, D. & Reinheimer, J. (2008).** New and classical spoilage bacteria causing widespread blowing in Argentinean soft and semihard cheeses. *International Journal of Dairy Technology*, 61, 358–363.
- Ramonda, M. B. (2009).** Desarrollo de un modelo basado en métodos estadísticos para la predicción del tiempo de maduración de quesos argentinos (tesis inédita de doctorado en Química). Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- Reinheimer, J.; Meinardi, C. (...) Rivera, M. (2019).** Patente N° AR084987B1: Una composición protectora que controla el desarrollo de la microflora de superficies de quesos de mediana y baja humedad. Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI).

- Ryan, P. M.; Burdíkóvá, Z. (...)** Stanton, C. (2015). Reduced-fat Cheddar and Swiss-type cheeses harboring exopolysaccharide-producing probiotic *Lactobacillus mucosae* DPC 6426. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8531–8544.
- Schuetz, P.; Guggisberg, D. (...)** Wechsler, D. (2016). Software comparison for the analysis of cheese eyes in X-ray computed tomography. *International Dairy Journal*, 63, 62–69.
- Silva, H. L. A.; Balthazar, C. F. (...)** Cruz, A. G. (2018). Sodium reduction and flavor enhancer addition in probiotic Prato cheese: Contributions of quantitative descriptive analysis and temporal dominance of sensations for sensory profiling. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 8837–8846.
- Sihufe, G. A.; Zorrilla, S. E. & Rubiolo, A. C. (2006).** Secondary proteolysis of Fynbo cheese salted with NaCl/KCl brine and ripened at various temperatures. *Food Chemistry*, 96, 297–303.
- Sihufe, G. A.; De Piante Vicin, D. A. (...)** Zorrilla, S. E. (2018). Effect of sodium chloride reduction on physicochemical, biochemical, rheological, structural and sensory characteristics of Tybo cheese. *International Dairy Journal*, 82, 11–18.
- Suárez, V.; Tremmel, G. (...)** Meinardi, C. (2012). Polyphosphates as inhibitors of surface mould growth on hard cheese during ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 65(3), 410–415.
- Thierry, A.; Maillard, M.-B. (...)** Lorta, S. (2005a). *Propionibacterium freudenreichii* strains quantitatively affect production of volatile compounds in Swiss cheese. *Lait*, 85, 57–74.
- Thierry, A.; Maillard, M.-B. (...)** Roussel, E. (2005b). The addition of *Propionibacterium freudenreichii* to Raclette cheese induces biochemical changes and enhances flavor development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4157–4165.
- Thierry, A.; Maillard, M.-B. (...)** Lorta, S. (2006). Ethyl ester formation is enhanced by ethanol addition in mini Swiss cheese with and without added propionibacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(18), 6819–6824.
- Thierry, A.; Deutsch, S. M. (...)** Jan, G. (2011). New insights into physiology and metabolism of *Propionibacterium freudenreichii*. *International Journal of Food Microbiology*, 149, 19–27.
- Upadhyay, V. K.; McSweeney, P. L. H. (...)** Fox, P. F. (2004). Cap. 14.4: Proteolysis in cheese during ripening. En Fox, P.F.; McSweeney, P. (...) Guinee, T. (Eds.). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 1: General Aspects* (pp. 391–433). Academic Press.
- Vélez, M. A.; Bergamini, C. V. (...)** Perotti, M. C. (2015). Influence of cheese making technologies on plasmin and coagulant associated proteolysis. *LWT- Food Science and Technology*, 64(1), 282–288.
- Wolf, I.; Peralta, G. (...)** Perotti, M. (2016). The role of propionibacteria in the volatile profile of Pategras cheeses. *Dairy & Science Technology*, 96, 551–567.
- Wolf, I. V.; Palma, S. B. (...)** Perotti, M. C. (2020). Caracterización de quesos típicos argentinos (pp. 95–109). En Reinheimer, J. (Ed.). *Avances y tendencias en la industria láctea – La contribución argentina desde el INLAIN* (pp. 95–109). Ediciones UNL.
- Zalazar, C.; Meinardi, C. (...)** Bernal, S. (1981). Estudio fisicoquímico y microbiológico de la maduración del queso tipo Pategrás. *La Alimentación Latinoamericana*, 15(132), 66–69.
- Zalazar, C.; Meinardi, C. (...)** Bernal, S. (1983). La maduración del formaggio Pategrás Argentino. 1era. parte: Influencia de la temperatura de stagionatura. *Scienza e Tecnica Lattiero Casearia*, 34(6), 459–471.
- Zalazar, C.; Meinardi, C. (...)** Bernal, S. (1984). La maduración del formaggio Pategrás Argentino. 2ª Parte: Influencia del tipo di coagulante. *Scienza e Tecnica Lattiero Casearia*, 35(6), 559–571.
- Zalazar, C.; Meinardi, C. (...)** Bernal, S. (1985). La maduración del formaggio “Pategrás Argentino”. 3a Parte: Influencia della coltura dei fermenti lattici sull'evoluzione della composizione chimica e della flora microbica. *Scienza e Tecnica Lattiero Casearia*, 36(5), 369–377.
- Zalazar, C.; Meinardi, C. (...)** Bernal, S. (1986). Efectos del mantenimiento en frío de la leche sobre la elaboración de quesos de pasta semidura. *La Alimentación Latinoamericana*, 160, 87–90.
- Zalazar, C.; Meinardi, C. (...)** Candioti, M. (1988). Características de los quesos argentinos tipo Pategrás. *Revista Argentina de Lactología*, 1(1), 27–43.
- Zalazar, C.; Meinardi, C. & Candioti, M. (1994).** The effect of microbial proteases on Pategrás cheese ripening. *Microbiologie-Aliments-Nutrition*, 12, 295–301.

Zalazar, C.; Meinardi, C. & Hynes, E. (1999). Quesos Típicos Argentinos. Una revisión general sobre producción y características. Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional del Litoral.

Zalazar, C. A.; Candiotti, M. C. (...) Meinardi, C. A. (2004). Maduración de quesos y su control. En Reinheimer, J. A. y Zalazar, C. A (Eds.). *Avances en Microbiología, Bioquímica y Tecnología de Quesos* (pp. 56–65). Ediciones UNL.

Zorrilla, S. E. & Rubiolo, A. C. (1997). Kinetics of casein degradation during ripening of Fynbo cheese salted with NaCl/KCl brine. *Journal of Food Science*, 62(2), 386–389.

Zorrilla, S. E. & Rubiolo, A. C. (1999). Sensory analysis during ripening of Fynbo cheese salted with NaCl/KCl brine. *Food Science Technology International*, 5(3), 251–254.

Fuentes

ANMAT (2020). Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. Código Alimentario Argentino. Cap. VIII: Alimentos lácteos. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/capitulo_viii_lacteos_actualiz_2020-01.pdf

MAGyP (2019). Ministerio de Agricultura, ganadería y pesca. https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/

OCLA (2019). Observatorio de la Cadena Láctea, <http://www.ocla.org.ar>

SAGPyA (2009). Secretaría de Agricultura, Ganadería Pesca y Alimentos. http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/valorAr/sello/SA016_Tybo_y_Holanda_v14.pdf

4.1.3. Pasta dura

Ma. Ayelén Vélez, Ma. Cristina Perotti, Facundo Cuffia, Verónica Wolf, Guillermo Peralta, Leila Pozza, Carina Bergamini, Ana Binetti, Erica Hynes y Carlos Meinardi

Argentina se ha mantenido entre los países de mayor producción de quesos del mundo desde 2005, generalmente ubicada entre los 15 primeros productores de este alimento. En la última década, la producción ha disminuido de 563 943 ton en 2012 a 429 411 ton en 2019, y esta situación se acentuó con la pandemia de COVID-19 en 2020, llegando a 420 650 ton (www.alimentosargentinos.gob.ar); según las últimas estimaciones de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2018), nuestro país se encuentra en décimo lugar entre las economías productoras de quesos de todo tipo, siendo la primera productora de Latinoamérica.

El 89 % de las industrias lácteas nacionales produce quesos y el 50 % de ellas son micro-pymes (https://www.magyp.gob.ar/sitio/ss_lecheria/industria/estado/index.php). Los quesos de pasta dura (por ej. Reggiano, Sardo) representan el 8 % de la producción total, mientras que los quesos de mediana humedad (por ej., Pategrás, Barra), de alta humedad (por ej. Cremoso, Port Salut) y de muy alta humedad (Crema y otros) constituyen un 30 %, 41 % y 14 % de la producción, respectivamente (www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas/_02_industrial/index.php). En cuanto a las exportaciones, los últimos registros de 2017 posicionan a los quesos duros en tercer lugar, los quesos de pasta blanda repre-

sentan el 58 % del total de las mismas (principalmente Mozzarella o pizza cheese), y los de pasta semidura y dura el 24 y 16 % del total de toneladas exportadas, respectivamente.

Historia

Los antecedentes de las variedades de quesos de pasta dura que se producen en Argentina se remontan a variedades de quesos italianos, cuya tradición fue incorporada por los inmigrantes que llegaron masivamente a nuestro país desde fines del siglo XIX hasta principios del XX. En efecto, Parmigiano Reggiano y Grana Padano son los quesos italianos que se tomaron como base para desarrollar la tecnología del queso Reggiano, mientras que el queso Pecorino Sardo de Cerdeña fue el antecedente del queso Sardo, aunque se emplea leche de vaca en vez de leche de oveja Sarda. El queso Sbrinz deriva de la variedad proveniente de la región central de Suiza, que se elabora exclusivamente con leche de vaca.

Al igual que otras variedades de queso de origen europeo, actualmente el Parmigiano Reggiano y Grana Padano cuentan con status de denominación de origen protegido (PDO, *Protected Designation of Origin*), categoría que obtuvieron en 1992 y 1996, respectivamente.

Las denominaciones de origen y otros instrumentos de protección fueron creados por la Unión Europea (UE) para proteger las indicaciones geográficas de diversos productos de alto valor cultural y tradicional de origen europeo. Dichas indicaciones fueron definidas por la Organización Mundial del Comercio (OMC) en 1995, en el Acuerdo sobre los aspectos de los derechos de propiedad intelectual relacionados con el comercio, como «indicaciones que identifican a una mercancía como originaria del territorio de un miembro o una región o localidad en ese territorio, donde una determinada calidad, reputación u otra característica del bien es esencialmente atribuible a su origen geográfico». De esta manera, el producto alimenticio con *status* geográfico protegido reconoce un patrimonio específico, permitiendo su diferenciación de otros productos similares de la misma categoría por el vínculo con la región de donde proceden, ofreciendo a los consumidores una garantía de autenticidad. Es por ello que se establecen normas específicas para el etiquetado, método de producción y comercialización del producto (Melini y Melini, 2020). A diferencia de las marcas comerciales, la denominación PDO constituye un patrimonio colectivo y puede ser utilizada por todos los productores de un queso en particular, en un área geográfica determi-

nada. Los quesos con PDO están protegidos por la Unión Europea a través de varios acuerdos internacionales (Bertozzi y Panari, 1993).

En el caso de los quesos de pasta dura argentinos, si bien inicialmente se inspiraron en los quesos europeos, las tecnologías fueron modificadas y adaptadas a los materiales y a las condiciones ambientales locales para dar productos que hoy se consideran distintos, con características diferentes de las variedades originales, lo que fue evidenciado por estudios llevados adelante por el propio Consorzio Parmigiano Reggiano. Los resultados evidenciaron que el Reggianito es diferente del Parmigiano Reggiano, pero también de los «parmesanos genéricos» producidos a gran escala industrial en Estados Unidos y otros países anglosajones como Australia, Irlanda y Nueva Zelanda (Zannoni y col., 1984; Candiotti y col., 2002).

El alto valor de los productos protegidos con PDO u otro *status* similar hace que sean blanco de falsificaciones o usurpaciones del nombre en forma genérica (por ejemplo *Parmesan Cheese*). Para identificar y validar sus productos, los consorcios que poseen las denominaciones motivan el desarrollo de sofisticadas estrategias analíticas y estadísticas que incluyen ensayos de determinados compuestos orgánicos, elementos trazas, perfil de minerales, relación isotópica, determinación de índices (cromatográficos, espectrométricos, espectroscópicos, electroforéticos, técnicas genéticas y basadas en ADN), acoplados a técnicas quimimétricas (Armenta y de la Guadía, 2016). Los quesos duros argentinos todavía no han sido beneficiados de un *status* de protección colectiva, si bien existen estudios pormenorizados sobre su composición y se ha explorado en diversas oportunidades la posibilidad de protegerlos.

Los quesos argentinos Reggianito y Sardo tienen más humedad y contenido de grasa que sus pares italianos, el tiempo de maduración es más corto y el tamaño de la horma es mucho menor. Al queso «Treboliano» se lo considera el primer queso grana producido en el país con características comparables a los importados (Anesí, 1921). Se elaboraba en El Trébol, Provincia de Santa Fe, cuando los hermanos De Lorenzi instalaron una fábrica que comenzó a producir en el año 1913 (De Lorenzi, 1990).

Una de las dificultades para proteger los quesos duros argentinos radica en que la zona de producción es extensa y cubre principalmente la región Pampeana (provincias de La Pampa, Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba y San Luis) en la que se ubican numerosas lecherías. Asimismo, hay una diversidad de procedimientos de producción de la leche y de fabricación de los quesos, y un escaso relevamiento de la documentación histórica desde sus orígenes. Sin embargo, existe potencial y oportunidades para poner en valor estos productos mediante investigaciones en este sentido.



Figura 1. Queso Reggiano

A continuación nos enfocaremos en las definiciones, características y aspectos legales de las principales variedades de quesos de pasta dura, se brindarán detalles sobre los aspectos tecnológicos y de maduración del queso Reggiano (figura 1), por ser la variedad de mayor difusión, y se profundizará sobre los últimos avances científicos e innovaciones.

Definición y características

El Código Alimentario Argentino (CAA, 2020) establece lo siguiente para ambos tipos de quesos:

Con el nombre de Queso Parmesano, Queso Parmesão, Queso Reggiano, Queso Reggiano y Queso Sbrinz se entienden los quesos madurados que se obtienen por coagulación de la leche por medio del cuajo y/u otras enzimas coagulantes apropiadas, complementada por la acción de bacterias lácticas específicas (art. 635).

y

Con la denominación de Queso Romano y Queso Sardo, se entienden los quesos de baja humedad, madurados, elaborados con leche entera o parcialmente descremada, acidificada por cultivo de bacterias lácticas, coagulada por cuajo de cabrito o cordero y/o enzimas específicas. Cuando se utilice cuajo de ternero o enzimas coagulantes deberá ser adicionado de enzimas lipolíticas (art. 637).

Se establece que ambas variedades tienen que cumplir con un contenido de grasa mínimo de 32 y 38 % p/p (en base seca), respectivamente, y ambos se clasifican como quesos de baja humedad con un contenido de hasta 36 % p/p. Además, los quesos deben responder a las siguientes características: la consistencia debe ser dura, la textura compacta, quebradiza y granulosa, el color blanco amarillento, el sabor salado y levemente picante, el olor característico y la corteza lisa, consistente, bien formada, cubierta con revestimientos apropiados, adheridos o no; podrá poseer algunos ojos pequeños o aberturas mecánicas. El peso del queso Reggianito se encuentra en un rango de entre 5 y 10 kg y deberá ser madurado como mínimo por 6 meses para lograr las características apropiadas. El queso Sardo se establece en un tamaño menor, con un peso de menos de 4 kg y una maduración mínima de 3 meses.

El queso Sardo posee una tecnología muy similar al queso Reggianito, aunque la norma establece que debe elaborarse con cuajo de cabrito o en su defecto con adición de lipasa. Esto le otorga un sabor más picante que la diferencia de otras variedades. Sin embargo, en la práctica industrial el queso Sardo se elabora con cuajo comercial y en general no se incorporan lipasas (Zalazar y col., 1999).

Tecnología de elaboración del queso Reggianito

Se utiliza leche de buena calidad, con características organolépticas normales, refrigerada, sin inhibidores, cuya acidez se sitúe entre 14 y 18 °D, y su pH se encuentre entre 6,60–6,75. El contenido de grasa se estandariza a 2,2–2,5 g/100 ml (relación de grasa/proteína 0,65–0,75).

La calidad microbiológica de la leche es crucial en este tipo de quesos ya que se trata de variedades de larga maduración donde pueden verificarse defectos una vez avanzada la misma, lo que incrementa las pérdidas económicas al encontrarse lotes defectuosos. Es posible agregar una etapa de microfiltración o bactofugación para eliminar esporos bacterianos que pueden causar el defecto de hinchazón tardía, pero son prácticas que requieren equipamientos específicos y en general no se utilizan en nuestro país (ver Tema 3 del presente libro).

El CAA permite el uso de leche cruda en variedades de queso cuya maduración supera los 60 d (CAA, art. 605), como en el caso de Reggianito y Sardo. Sin embargo, en Argentina la leche se pasteuriza en casi la totalidad de la producción quesera, con pocas excepciones de quesos artesanales o de pequeña escala. Luego de la pasteurización (72 °C, 30 seg) la leche se enfría a 31–34 °C y se agrega CaCl₂ para obtener una concentración final de 0,02 % p/v.

Con respecto al fermento para quesos duros, es de destacar que hasta pasados los años 2000 la práctica habitual era el empleo de fermento natural de suero (Hynes y col., 2003). El fermento de suero o suero fermento, tal como se detalló en el Tema 1, consiste en un cultivo obtenido del suero de la elaboración del día anterior, recogido en paralelo al moldeo de los quesos e incubado a 45 °C hasta pH 3,4–3,5 (130–140 °D) para luego ser conservado en frío hasta la siguiente elaboración (Zalazar y col., 1999). El suero fermento se agrega a la leche de elaboración en el volumen necesario para aumentar la acidez en 4 °D (400 mg ácido láctico/l, descenso de pH a 6,30–6,40), de manera que no solo aporta bacterias lácticas para liderar la acidificación, sino que suma acidez inicial a la leche.

Los fermentos de suero tradicionales presentan muchas ventajas, como la facilidad de preparación y robustez, y la mayor resistencia al ataque por fagos debido a su composición microbiana muy diversa, además de brindar tipicidad al producto. Sin embargo, fueron cayendo en desuso porque también muestran algunas desventajas, relacionadas fundamentalmente con la falta de constancia en la calidad del producto y a problemas de acidificación en el tiempo requerido, por lo que han sido paulatinamente reemplazados por fermentos comerciales.

El reemplazo de los coagulantes por quimosina obtenida por fermentación se ha señalado como un inconveniente para la obtención de suero fermentos robustos al proveer menos material nitrogenado a los microorganismos (Candioti y col., 2002). El uso de fermentos comerciales para reemplazar o reforzar los suero fermentos también ha influido en la biodiversidad autóctona y, hoy en día, es difícil encontrar queserías que utilicen suero fermento autóctono sin agregado alguno de fermentos comerciales.

En las últimas décadas, se ha popularizado en la industria quesera el uso de paquetes tecnológicos de fermentos comerciales de inoculación directa en tina (DVS) compuestos por cepas de *Lactobacillus helveticus*, que son utilizados por las grandes industrias en reemplazo del fermento de suero natural (Candioti y col., 2002; Perotti y col., 2004). Usualmente, se combinan fermentos seleccionados de agregado directo con ácidos orgánicos o acidógenos (glucono- δ -lactona, ácidos láctico y cítrico) debido a que se requiere la acidificación inicial de la leche (hasta pH 6,30–6,45) antes de la coagulación, de manera similar a la que aporta el fermento de suero natural.

La enzima coagulante más utilizada es la quimosina pero algunas industrias lácteas todavía emplean coagulante de bovino adulto. La coagulación se lleva a cabo en 15–20 min y la cuajada se lira hasta reducir el tamaño del grano al de un grano de arroz (1–3 mm de longitud). La etapa de cocción se lleva a cabo a 52 °C, una temperatura algo menor que la de los quesos italia-

nos de pasta cocida, que suelen alcanzar 54 o 56 °C. Consta de una primera rampa de calentamiento a una velocidad de 1 °C/min hasta llegar a 45 °C, destinada fundamentalmente a extraer humedad de la cuajada, y finaliza con un calentamiento rápido (0,5 °C/min) hasta la temperatura final de la cocción, cuyo objetivo es darle las características finales de pasta cocida. Con posterioridad, el suero se drena, se ejerce presión sobre la cuajada en la tina o en una tela de extracción para eliminar aberturas y se procede al moldeo. Los moldes, en general, son de acero inoxidable pero también pueden ser de plástico microperforado. Se prensan los quesos a razón de 2,00–3,55 Kg/cm² por 24 h con «volteo» de las hormas, esto es, dando vuelta el queso dentro del molde cada 12 h. Transcurrido este tiempo, los quesos se dejan orear 24 h fuera del molde en la cámara o en otro ambiente refrigerado a 10–15 °C y finalmente se salan por inmersión en salmuera (20 % p/v, 12–14 °C, pH 4,95–5,10) a razón de un día por kg de peso. Durante el salado los quesos deben «voltearse» cada 12 o 24 h, según el tamaño.

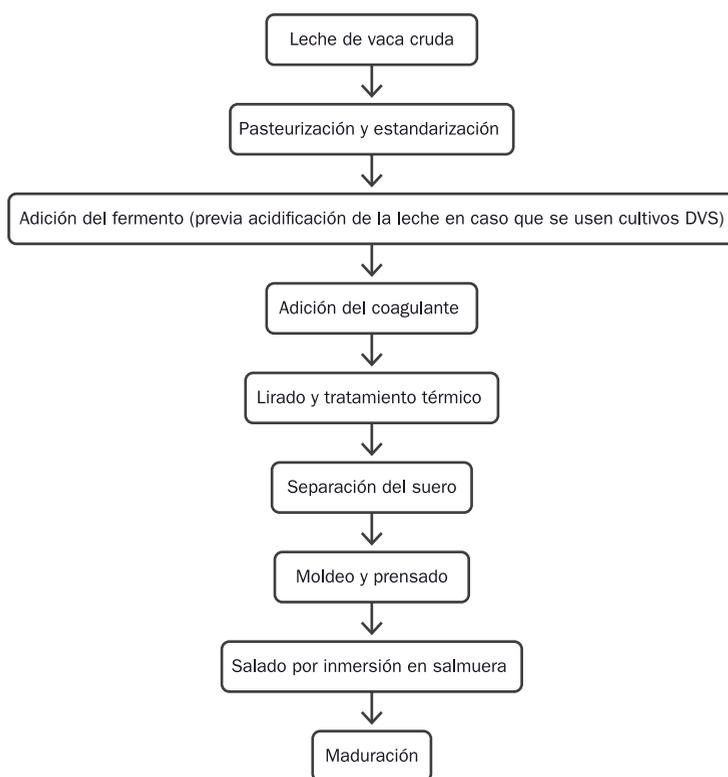


Figura 2. Tecnología estándar de elaboración de queso Reggiano

El pH del queso es de aproximadamente 6,30 al finalizar la cocción e inicio del moldeo, y alcanza 5,20 al finalizar el prensado y oreo, como consecuencia de la fermentación láctica. La maduración se lleva a cabo en cámara a 12 °C y humedad relativa del 80–85%. Si bien pueden aceptarse temperaturas mayores de cámara (hasta 18 °C), en Argentina casi todos los quesos de pasta dura se maduran alrededor de los 12 °C (Zalazar y col., 1999). En la figura 2 se presenta un esquema básico de la tecnología estándar de elaboración de queso Reggiano.

Maduración

El queso Reggiano ha sido caracterizado a través de numerosos estudios científicos que brindan información sobre diversos aspectos de esta variedad. Los primeros trabajos de nuestro Instituto se remontan a la década del 90 cuando se caracterizó la microbiota ácido láctica de cultivos de suero fermentos y se evaluaron sus propiedades tecnológicas, bioquímicas (Reinheimer y col., 1995, 1996) y genéticas (Quiberoni y col., 1998). Estos estudios permitieron aislar cepas autóctonas de *Lb. helveticus* que en trabajos posteriores se utilizaron para diseñar fermentos seleccionados, incubando las cepas en suero estéril. El desempeño de los fermentos seleccionados se evaluó en elaboraciones de queso a escala piloto, tanto a nivel de los perfiles de maduración (proteólisis, peptidólisis y lipólisis) como en el aspecto sensorial (Candiotti y col., 2002; Hynes y col., 2003; Perotti y col., 2005). De esta manera, se proveyeron cepas autóctonas seleccionadas a la industria quesera con la información tecnológica suficiente para reemplazo o apoyo a los fermentos naturales.

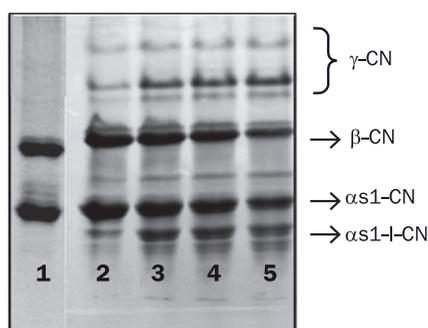
Otros estudios en Reggiano se dirigieron a la caracterización de la hidrólisis de las caseínas durante la maduración. En los quesos duros de pasta cocida, la proteólisis se ha atribuido principalmente al sistema plasmina/plasminógeno debido a que, por un lado, se considera que este sistema se activa o dispara por la etapa de cocción de la cuajada y, por otro lado, porque la enzima coagulante residual se inactiva, conduciendo a un menor impacto de este último agente de maduración. Sin embargo, sobre esta última hipótesis se ha encontrado evidencia contraria.

La plasmina (EC 3.4.21.7) es una serinaproteinasa derivada de la sangre; su pH y temperatura óptimos son 7,5 y 37 °C, respectivamente. Esta enzima forma un sistema en el que se encuentra su precursor inactivo (plasminógeno), los inhibidores de la plasmina e inhibidores de los activadores del plasminógeno. La enzima se encuentra asociada a las micelas de caseínas mientras que los inhibidores se encuentran en el suero y son sensibles al calor; la mayoría de ellos se inactivan durante el tratamiento térmico de la

leche para queso y una parte de los mismos se drenan con el suero (Prado y col., 2006). Las proteínas del suero en su estado nativo funcionan como inhibidores de la plasmina y disminuyen su actividad (Heino y col., 2010). Todo esto hace que la actividad neta de la plasmina se incremente debido a la cocción en quesos de pasta dura (Ramonda, 2009; Vélez y col., 2015).

En el queso, la acción de la plasmina conlleva a un aumento de la presencia de γ -caseínas en concomitancia con una disminución de β - y α s2- caseínas (Battistotti y Corradini, 1993; Gobetti y Di Cagno, 2003; Hynes y col., 2004), lo que puede verificarse en los ensayos de electroforesis (figura 3) y podría relacionarse con la liberación de aminoácidos hidrofóbicos durante la maduración, lo cual ha sido observado en los perfiles peptídicos de quesos Reggianito (figura 4).

En cuanto al coagulante, el mismo consiste principalmente en quimosina pura, que es una proteinasa aspártica ácida (E.C. 3.4.23.4) con un pH óptimo de aproximadamente 4,0 y una actividad de coagulación de la leche altamente específica a pH 6,7 sobre el enlace Phe₁₀₅-Met₁₀₆ de la κ -caseína. Luego, durante la maduración, el sustrato preferencial de la quimosina es la α s1- caseína, para dar el péptido α s1 f(24-199) o α s1-I y su péptido complementario α s1 f(1-23). La cantidad residual de enzima coagulante en la cuajada después del drenaje del suero es muy variable y puede alcanzar el 30 %, y el resto se elimina en el suero (Bansal y col., 2007). La retención de la actividad coagulante en la cuajada depende de factores tecnológicos, como el pH de drenaje, la temperatura de cocción y la humedad del queso (Jacob y col., 2010). Durante mucho tiempo se consideró que la enzima coagulante se encontraba totalmente inactivada en quesos duros por la cocción,



Fuente: Vélez y col. 2015a.

Figura 3. Electroforesis UREA-PAGE de quesos Reggianito. Línea 1: Caseinato de sodio. Líneas 2, 3, 4 y 5: Quesos Reggianito a tiempo inicial, 30, 80 y 180 d de maduración

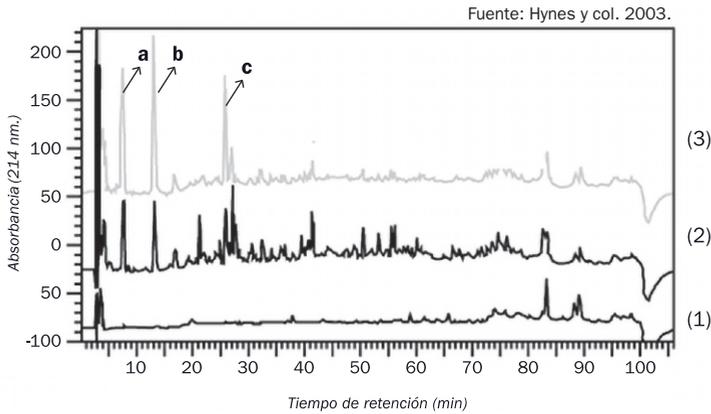


Figura 4. Perfiles peptídicos de quesos Reggiano al inicio, a los 90 y a los 180 d de maduración, respectivamente (1, 2 y 3). Los picos a, b y c se incrementaron durante la maduración y presentaron tiempos de retención idénticos a los aminoácidos hidrofóbicos tirosina, triptófano y fenilalanina

pero distintos trabajos han mostrado que la desnaturalización de la enzima es al menos parcialmente reversible (Hynes y col., 2004; Pozza, 2012) y se ha detectado la formación de α_{S1-I} en Reggiano durante la maduración (Costabel y col., 2015).

Debido al tiempo de maduración prolongado y a los fermentos de *Lb. helveticus*, especie muy proteolítica, los quesos duros suelen mostrar una proteólisis intensa, lo que se ha verificado por diversos índices (Battistotti y Corradini, 1993; Milesi, 2011). Hynes y col. (2003) encontraron un aumento de aminoácidos libres con el tiempo de maduración en quesos Reggiano elaborados con fermentos naturales. Ramonda (2009) detectó incrementos en los niveles de amonio con el transcurso de la maduración de quesos Reggiano comerciales. Milesi y col. (2011) estudiaron la actividad proteolítica de las cepas autóctonas *Lb. helveticus* 209 y 138 (LH209 y LH138) en extractos de quesos duros, las cuales mostraron capacidades proteolíticas potencialmente complementarias: LH209 se caracterizó por la producción de péptidos cortos mientras que LH138 aumentó la liberación de aminoácidos libres (AAL).

Otros trabajos sobre Reggiano abordan el tema de la lipólisis. En maduración de quesos, el término lipólisis refiere en conjunto a las reacciones de hidrólisis de los triacilgliceroles (o triglicéridos, TG) para dar di- o monoacilgliceroles, ácidos grasos libres (AGL) y glicerol. A diferencia de la proteólisis, es un fenómeno cuantitativamente minoritario en la mayoría de las varie-

dades, lo que constituye una ventaja para la mayoría de ellas ya que puede volverse una reacción indeseable si las condiciones son desfavorables. En los quesos duros de pasta cocida la degradación de los triglicéridos para dar AGL y sus derivados es significativa, probablemente debido al largo periodo de maduración que permite la expresión de la actividad lipolítica relativamente débil que está presente en el queso (Gobetti y Di Cagno, 2003). En Reggiano los agentes lipolíticos son la lipasa nativa de la leche, lipoproteína lipasa (LPL) y las enzimas de los fermentos lácticos y de las bacterias lácticas no pertenecientes al fermento (NSLAB). En la leche cruda la hidrólisis enzimática no se produce espontáneamente; esto se debe a que las enzimas lipolíticas y su sustrato se encuentran compartimentalizados: los TG dentro de glóbulos rodeados por una membrana y la LPL asociada a la fase proteica. La LPL es una enzima sensible al calor, se inactiva cuando se expone a temperaturas superiores a 60 °C y algunos autores reportaron que una pasteurización a 72 °C/30 seg la inactiva totalmente (Collins y col., 2003). La lipólisis en quesos duros no genera sabores rancios ni *off flavours*, por el contrario, es una transformación necesaria para la formación del *flavour* genuino de este tipo de producto en el que los AGL influyen directamente, especialmente los de cadena corta, que son volátiles. Además, la formación y el catabolismo de los ácidos grasos se favorece dado el prolongado tiempo de maduración (Perotti y col., 2005; Vélez y col., 2010). Sihufe y col. (2007) también informaron un incremento en la formación de AGL con la maduración en quesos Reggiano, y Sihufe y col. (2010) correlacionaron la aparición del *flavour* genuino característico en este tipo de quesos con el proceso de lipólisis.

Aunque los AGL y los AAL pueden contribuir por sí mismos al *flavour*, el rol de los mismos en muchas variedades de quesos es secundario. El catabolismo de los AAL y AGL, junto con el metabolismo de la lactosa, lactato y citrato, son los principales eventos bioquímicos que originan los compuestos orgánicos volátiles (VOC) en el queso (Urbach, 1997). Los compuestos característicos de la degradación de los AGL son las metilcetonas, lactonas, ésteres, alcoholes secundarios y aldehídos de cadena lineal (Collins y col., 2003). El catabolismo de los AAL origina compuestos diversos tales como aldehídos y alcoholes de cadena ramificada (2- y 3- metilbutanal, 2- y 3- metilbutanol), compuestos aromáticos (feniletanol, benzaldehído, etc.) y azufrados (dimetilsulfuro, dimetiltrisulfuro, etc.), entre otros (Tavaria y col., 2002). La degradación de la lactosa, el lactato y el citrato también aportan un amplio rango de compuestos de aroma (acetaldehído, etanol, ácido acético, diacetilo, acetoina, etc.) (McSweeney y Sousa, 2000). Las concentraciones de los diversos compuestos y los umbrales de percepción de los mismos son decisivas para determinar el impacto en el *flavour*.

En el INLAIN se investigó el perfil de VOC de muestras comerciales de quesos Reggiano (Wolf y col., 2010). Se identificaron 53 compuestos volátiles correspondientes a las familias de las cetonas, alcoholes, ésteres, ácidos, aldehídos, etc. Cuantitativamente, resultaron mayoritarios los compuestos del grupo de los ácidos (C2 a C12) y de los alcoholes (primarios y secundarios). De acuerdo a los tipos de compuestos presentes pudo evidenciarse un extenso catabolismo de AGL y AAL y de degradación del lactato.

Otro estudio realizado comprobó que el perfil de compuestos volátiles es útil para diferenciar quesos Grana de diferentes orígenes (Wolf y col., 2013). Las principales diferencias en los perfiles de compuestos volátiles de quesos Reggiano, Parmigiano Reggiano (PR) y Grana Padano (GP) procedentes de distintas regiones de Italia, fueron de tipo cuantitativo. La proporción del grupo de los ácidos prevaleció tanto en los perfiles de compuestos volátiles de los quesos PR y GP como en Reggiano. Sin embargo, también hubo diferencias en los grupos de las cetonas, ésteres, aldehídos y alcoholes. De este modo, los quesos Reggiano se caracterizaron por una particular incidencia de alcoholes, cetonas y aldehídos mientras que en los quesos italianos se observó una mayor contribución de cetonas, alcoholes y ésteres. El análisis multivariado de componentes principales (PCA) mostró una discriminación de las muestras de quesos de acuerdo a su origen.

Avances científicos e innovaciones

Entre las investigaciones más recientes del INLAIN, se destaca el estudio de diferentes estrategias de intervención de la tecnología tradicional para acelerar la maduración. La aceleración de la maduración es un tema siempre vigente para la industria quesera, especialmente para las variedades de maduración larga, ya que permite reducir los costos que implica mantener grandes volúmenes de producto inmovilizados por largo tiempo.

Por otro lado, y relacionado a la bioquímica del *flavour*, se propusieron fermentos adjuntos para diversificar y acelerar la formación de compuestos de interés.

Intervención en la leche de quesería

Se estudiaron intervenciones sobre la leche de quesería con el fin de aumentar la actividad de las enzimas nativas e incrementar las reacciones de lipólisis en quesos duros, en vistas de acelerar la formación del *flavour* típico de

estos productos. Nos centramos en el estudio del efecto de la pasteurización conjuntamente con tratamientos físicos de agitación, bombeo y homogeneización sobre mini cuajadas modelos y quesos Reggianito en pequeña escala y escala piloto (5 y 50 l).

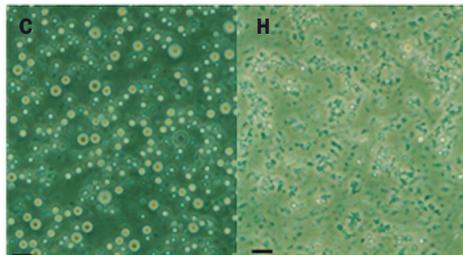
Los tratamientos tecnológicos durante la elaboración de los quesos pueden cambiar la estructura de la grasa de la leche ya que la membrana se daña por tratamientos físicos y térmicos como agitación, espumado, homogeneización, procesos de alta presión, refrigeración, calentamiento y congelación (Perotti y col., 2013; Hickey y col., 2015). Sin embargo, la información del efecto de este tipo de procedimientos sobre la maduración de quesos duros es escasa.

En un primer momento se aplicaron tratamientos físicos de agitación mecánica (2800 rpm/2 min) y bombeo (Vélez y col., 2011) en mezclas de leche y crema con distintos porcentajes de grasa (5, 15 y 30 %) y a distintas temperaturas (5, 15 y 45 °C), y se estimó el daño en la estructura de la grasa por medición de la grasa libre por un método semicuantitativo de centrifugación y por observación microscópica. Un daño moderado se consiguió con agitación mecánica (leche con 30 % de grasa, a 5 °C y 2800 rpm), condiciones que posteriormente se testaron en cuajadas miniatura y en elaboraciones de quesos a pequeña escala (5 l), donde además se evaluó la influencia de la pasteurización sobre la lipólisis y producción de compuestos volátiles durante la maduración (12 °C/90 d) (Vélez y col., 2010). La aplicación de bombeo produjo una excesiva producción de grasa libre por lo que no se continuó con la aplicación de esa estrategia. Se trabajó en un diseño experimental en el que se evaluaron dos factores: el tratamiento térmico a dos niveles (pasteurizado y no pasteurizado; en este último se empleó el aflorado natural de la crema para sanitizar la leche, similar a lo que se aplica en quesos italianos) y el tratamiento físico (crema agitada y no agitada o nativa). Los factores estudiados no influyeron sobre el grado de lipólisis pero se observaron diferencias en el perfil de AGL determinado por cromatografía gaseosa (GC): los ácidos de cadena corta (C4:0–C8:0) fueron significativamente afectados, siendo mayor la proporción en los quesos elaborados con leche cruda. Este incremento puede ser atribuido tanto a la acción de la LPL como a las enzimas lipolíticas microbianas. En ausencia de tratamiento térmico y en algunos casos bajo condiciones que favorecieron el contacto enzima–sustrato, se produjeron cantidades incrementadas de compuestos volátiles derivados de la grasa, como 2-heptanona y 2-nonanona, hexanoato de etilo, butanoato de etilo y butanoato de isoamilo. De esta experiencia, se concluyó que el pretratamiento de la leche de elaboración por agitación tuvo una baja incidencia

en el desarrollo de la lipólisis. Además, se observó pérdida de grasa en quesos elaborados con crema agitada y leche no pasteurizada, probablemente debido a la presencia de grasa libre en las muestras de crema agitada, lo que pudo haber afectado su retención en la cuajada.

Con el fin de continuar con los estudios sobre intervenciones que favorezcan la lipólisis y aceleración de la formación de *flavour*, se planteó la aplicación de una etapa de homogeneización (Vélez y col., 2017). Durante este proceso se produce la disrupción de las gotas de grasa y reducción del tamaño, con el concomitante aumento de la superficie o área total de los glóbulos o interfase grasa/agua (figura 5), lo que implica la formación de una nueva membrana, llamada membrana artificial o de reposición, que consiste en restos de membrana nativa y otros componentes (micelas de caseínas, proteínas del suero) que se adsorben en la interfase.

De hecho, la homogeneización es una operación que se aplica en algunas tecnologías queseras particulares en las que se desea potenciar la reacción de lipólisis para mejorar el *flavour*, como es el caso de los quesos azules. Por otro lado, también se ha utilizado para variedades de queso reducidos en contenido de grasa con el fin de mejorar la textura obteniendo quesos de mayor humedad y de cuerpo más suave o cremoso (ver capítulo 3 del presente libro). En estos ensayos, se elaboraron y analizaron quesos Reggiano miniatura elaborados con leche cruda (3 % MG), premadurada a 12 °C durante 12 h y preparada a partir de crema homogeneizada (20 % MG, 9 MPa). Los quesos se analizaron durante la maduración (3, 45 y 90 d a 12 °C) y se compararon con elaboraciones de quesos controles (con leche sin tratar). No se empleó leche pasteurizada para acentuar el efecto de la LPL en la maduración. La homogeneización no tuvo ningún impacto sobre la composición y la proteólisis determinada a través del análisis de las fracciones nitroge-



Fuente: Vélez y col., 2017.

Figura 5. Observaciones microscópicas de crema sin tratar (C) y crema tratada con homogeneización (H). Las líneas representan 10 μm

nadas. Se notó claramente una aceleración de la lipólisis en los quesos elaborados con leche homogeneizada al inicio de la maduración, mientras que ambos tipos de quesos alcanzaron niveles similares a los 90 d. Encontramos que el nivel de varios compuestos derivados del catabolismo de los ácidos grasos se vio notablemente influenciado por el tratamiento aplicado evidenciando la descompartimentalización enzima–sustrato en los quesos elaborados con leche homogeneizada; se formaron preferentemente aldehídos de cadena lineal como hexanal, heptanal y nonanal y metilcetonas de C5 a C9 (Vélez y col., 2017).

Para continuar con esta línea de investigación, realizamos un protocolo de elaboración en el que se incluyó un paso de homogeneización, premaduración y pasteurización de la leche, tomando como base el anteriormente mencionado con algunas modificaciones (Vélez y col., 2019). Se trabajó con una crema homogeneizada (20 % MG, 9 MPa) a partir de la cual se preparó leche experimental (2,8 % MG) que se premaduró antes de la elaboración de quesos (12 h a 12 °C); además, se preparó leche control (2,8 % MG). El proceso de homogeneización se caracterizó a través de la medición del tamaño de partícula por dispersión dinámica de la luz (DLS). Se verificó que la muestra sin homogeneizar presentó una distribución de tamaños bimodal con un pico a $4,6 \pm 0,5 \mu\text{m}$ y otro a $184 \pm 7 \text{ nm}$, que corresponden a los glóbulos de grasa y a las micelas de caseína, respectivamente. Luego del tratamiento de homogeneización, se evidenció el corrimiento de los mismos a $1,4 \pm 0,3 \mu\text{m}$ y a $258 \pm 67 \text{ nm}$. Varios autores han informado modificaciones similares en la distribución del tamaño de leches sometidas a homogeneización pero la magnitud de esos cambios depende de diferentes combinaciones de temperatura y presión, lo cual puede modificar las características fisicoquímicas de los productos elaborados (Hayes y Kelly, 2003; Pereda y col., 2007; Zamora y Guamis, 2015). Se elaboraron quesos miniatura experimentales y controles, con la leche homogeneizada y sin tratar, respectivamente. Para ambos casos, la leche se pasteurizó (65 °C/20 min) y los quesos se maduraron (90 d a 12 °C) y se analizaron a los 3, 45 y 90 d. La composición global y la proteólisis fueron similares en ambos tipos de quesos. Todos los quesos iniciaron la maduración con niveles similares de lipólisis, y a los 45 y 90 d se encontraron mayores niveles en los quesos experimentales comparativamente a los controles. Se observó una aceleración de la lipólisis: para algunos ácidos grasos se detectó una interacción entre el tiempo de maduración y los tratamientos aplicados. En efecto, en quesos experimentales madurados 45 d las concentraciones de C8:0, C10:0, C16:0 y C18:1 alcanzaron valores comparables a sus respectivos controles a los 90 d. Un comportamiento diferente fue evidenciado previamente en los quesos elaborados con leche cruda y crema homogeneizada, en

los cuales el nivel máximo de lipólisis se encontró al comienzo de la maduración y no se produjeron cambios a medida que avanzó dicho proceso. En cuanto al perfil de compuestos volátiles, los niveles de propanona, 2-pentanona, diacetilo, acetoína, 3-metil butanal, ácidos butírico y hexanoico fueron mayores en los quesos experimentales, mientras que los contenidos de 2-butanona, 2-butanol, 2-hexanol, etanol, butanoato de etilo y 3-metil butanol fueron superiores en los quesos controles. Estos resultados corroboran la preponderancia de la lipólisis y del catabolismo de los AGL en los quesos elaborados con leche homogeneizada a baja presión, premadurada y pasteurizada. Estos hallazgos podrían tener implicancias en el *flavour* y la aceptabilidad sensorial de los productos.

Modificaciones durante el proceso de elaboración de quesos

En cuanto a la aceleración de la proteólisis de quesos duros, en el INLAIN se realizaron ensayos para evaluar las siguientes variables: pH de drenado de suero, temperatura de cocción e incorporación de una etapa de lavado de la cuajada (Vélez y col., 2015b, 2016). Estas variables se evaluaron en cuajadas modelo de la siguiente manera: el pH de drenaje a tres niveles (4,6, 5,6 y 6,4), la temperatura de cocción y el lavado de cuajada a dos niveles cada uno (50–56 °C; ausencia de lavado y sustitución del suero por agua). El aumento del pH en el drenaje del suero y el lavado de la cuajada tuvieron un efecto positivo sobre la actividad de la plasmina. Esta se determinó mediante una técnica fluorométrica en la cual la enzima actúa sobre un péptido sintético y se mide la liberación de una fracción peptídica fluorescente en función del tiempo. Además, se evidenció la actividad de la enzima *in situ* en los perfiles de péptidos solubles determinados por HPLC. Sin embargo, la temperatura de cocción no evidenció modificaciones en la enzima y tampoco se verificó la activación del plasminógeno en los tratamientos. Respecto al coagulante, valores más bajos de pH en el drenaje del suero y una disminución en la temperatura de cocción de la cuajada incrementaron su actividad y el lavado de la cuajada no la modificó. La actividad del coagulante se determinó mediante la cuantificación de un péptido sintético (por HPLC) liberado por hidrólisis enzimática. Estos resultados se correspondieron con los perfiles peptídicos, electroforesis UREA–PAGE y fracciones nitrogenadas.

Los efectos de la temperatura y lavado verificados en los estudios descritos anteriormente también se observaron en quesos elaborados en dos industrias lácteas de la zona pertenecientes a las tres principales familias: Cremoso (blando), Pategrás (semiduro) y Reggianito (duro), que se madu-

raron en nuestro Instituto y por lo tanto en condiciones de tiempo y temperatura controladas (Vélez y col., 2015a). Las diferencias se relacionaron principalmente con la temperatura de cocción, ya que al disminuir la misma se incrementó la actividad coagulante, siendo superior en Cremoso, seguido por Pategrás y luego por los quesos Reggianito. En cuanto al sistema plasma/plasminógeno, se observó una mayor actividad del plasminógeno inactivo en los quesos Reggianito y Cremoso mientras que en el queso Pategrás el nivel fue muy bajo, probablemente porque la activación del plasminógeno se incrementó debido al lavado de la cuajada (eliminando los inhibidores de los activadores del plasminógeno). De hecho, la mayor actividad de plasma se encontró en el queso Pategrás, lo que indica que el lavado de la cuajada combinado con un tratamiento térmico suave (45 °C) de la misma favoreció la activación del plasminógeno. Sin embargo, la matriz del Reggianito fue más adecuada para preservar la estabilidad de la actividad plasma a lo largo de la maduración. Los resultados fueron consistentes con la proteólisis registrada en electroforesis y fracciones nitrogenadas.

Por otro lado, la aplicación de tratamientos de alta presión hidrostática (APH) a los quesos es una estrategia innovadora para la aceleración de la maduración. El impacto de este tratamiento depende de varios factores siendo uno de los más importantes la combinación tiempo–presión. En un estudio realizado por el Instituto de Lactología Industrial (INLAIN) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) se evaluó la aplicación de tratamientos de APH en quesos Reggianito miniatura empleando 100 o 400 MPa durante 5 o 10 min. Los tratamientos fueron aplicados a 20 °C el día posterior a la elaboración y los quesos fueron posteriormente madurados 90 d a 12 °C. En este estudio se observó que el tratamiento a 400 MPa condujo a una aceleración de la maduración de los quesos, lo que se reflejó principalmente en un aumento de la proteólisis y peptidólisis. Asimismo, los tratamientos de APH aceleraron el desarrollo de los atributos sensoriales característicos de un queso maduro (Costabel, 2015; Costabel y col., 2016).

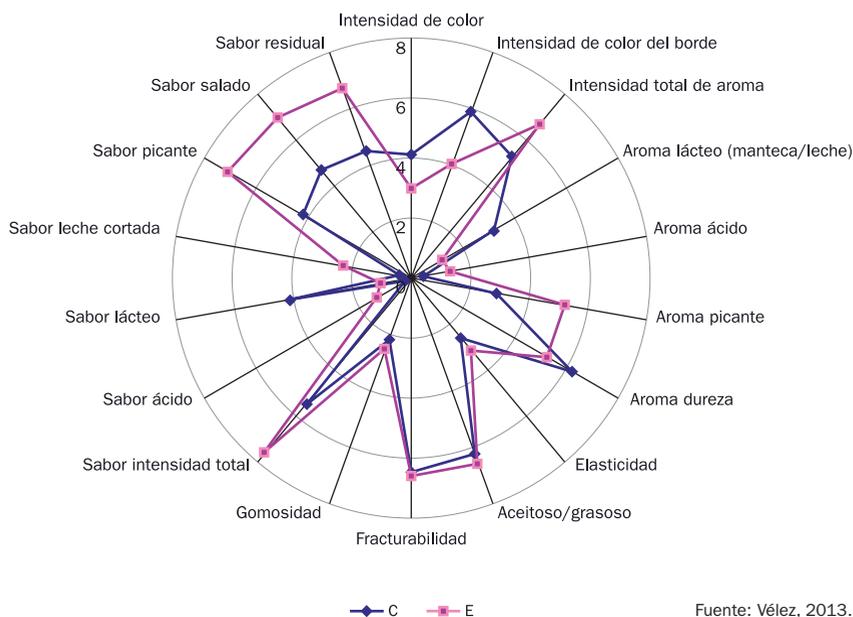
Diseño de un protocolo de elaboración

En el INLAIN diseñamos un protocolo de elaboración de quesos duro tipo Reggianito que incluyeron las variables seleccionadas de los estudios mencionados anteriormente a partir de las elaboraciones modelo: la homogeneización de la grasa de la leche, el empleo de leche cruda, la disminución de la temperatura de cocción y la inclusión de un paso de lavado de cuajada (con solución de lactosa al 4,5%). Se realizaron los mismos estudios que los mencio-

nados anteriormente y se incorporó un análisis sensorial con panel entrenado (Vélez y col., 2019). Se elaboraron quesos experimentales en los que se aplicaron las intervenciones mencionadas y que se compararon con quesos obtenidos con el protocolo tradicional; los quesos se elaboraron a escala piloto (50 l) y se analizaron durante la maduración, que se extendió hasta los 60 d debido a que, a ese tiempo, los quesos experimentales presentaron los atributos sensoriales propios de un queso maduro. En efecto, en los quesos experimentales se observó una aceleración de la maduración basada en un aumento de las reacciones de lipólisis y proteólisis; ciertos compuestos volátiles derivados de la degradación de la grasa alcanzaron su máximo nivel a los 45 d. Estos resultados se correspondieron con los análisis sensoriales, ya que se incrementó el sabor picante y la intensificación global del sabor/aroma (figura 6). Además, se realizó un análisis sensorial con consumidores (Garitta y col., 2021) para estudiar el tiempo óptimo de maduración con técnicas de estadística de supervivencia. Se verificó una segmentación en los consumidores: un pequeño porcentaje encontró que los quesos experimentales no habían madurado lo suficiente y un alto porcentaje los encontró demasiado maduros. Muchos consumidores calificaron a los quesos elaborados con el nuevo protocolo como demasiado picantes, especialmente al final de la maduración. El sabor picante se suele percibir antes que la textura y evidencia una aceleración de la formación del sabor. En el estudio concluimos que la intervención innovadora en la tecnología de fabricación de quesos fue exitosa en acelerar la maduración de los mismos y que posee un enorme potencial para desarrollar un nuevo producto dirigido a los consumidores que prefieren un buen sabor picante.

Diseño de fermentos

El uso de cultivos adjuntos, ya sea incorporados en una preparación mixta con el fermento primario o de manera individual, es una práctica cada vez más difundida en la industria quesera (Settanni y Moschetti, 2010; Gobbetti y col., 2015). El fermento primario es necesario para el desarrollo constante de acidez durante las primeras horas de elaboración del queso mediante la conversión de lactosa en ácido láctico. Además, contribuye al desarrollo del *flavour* durante la maduración del queso en base a sus múltiples actividades enzimáticas (Beresford y col., 2001). Los cultivos adjuntos, por otro lado, a menudo se agregan a la leche de elaboración para controlar la microbiota potencialmente dañina, diversificar y modular el desarrollo del *flavour* y acelerar la maduración (Beresford y col., 2001; Crow y col., 2001; Settanni y Moschetti, 2010). La incorporación de fermentos adjuntos en quesos blan-



Fuente: Vélez, 2013.

Figura 6. Atributos sensoriales de los quesos controles (C) y experimentales (E) a los 60 d de maduración

dos y semiduros es conocida y bien documentada, no así en quesos duros de pasta cocida en donde el proceso de cocción y el extenso período de maduración pueden afectar la viabilidad y las actividades enzimáticas de las cepas mesófilas empleadas (Hickey y col., 2017).

A su vez, la producción de compuestos volátiles por cepas de *Lb. helveticus* ha sido menos estudiada que la de lactobacilos mesófilos y lactococos. En nuestro equipo de trabajo demostramos que diferentes cepas de *Lb. helveticus* (una de origen comercial, denominada LHC, y otras autóctonas aisladas en el INLAIN a partir de suero fermento natural, LH138 y LH209) y de lactobacilos mesófilos de origen NSLAB (*Lacticaseibacillus casei* 72, LC72; *Lacticaseibacillus paracasei* 90, LP90, y *Lactiplantibacillus plantarum* 91, LP91), también aisladas en el INLAIN a partir de quesos, presentan marcadas diferencias en la producción de compuestos volátiles en modelos de quesos (extractos acuosos). En particular, las tres cepas de *Lb. helveticus* presentaron capacidad de sintetizar compuestos relacionados con el volatiloma del queso Reggianito (Wolf y col., 2010). LHC y LH209 produjeron una mayor diversidad de compuestos volátiles, mientras que LH138 presentó menor producción (Cuffia y col., 2018). Por su parte, los perfiles de volátiles producidos por los lactobacilos mesófilos se diferenciaron claramente entre sí y, además, para cada

cepa, se observaron variaciones en función de los sustratos presentes en el extracto (efecto matriz). También se analizó el impacto de diferentes combinaciones de las cepas de *Lb. helveticus* y de los lactobacilos mesófilos en el volatiloma. Se evidenciaron varias asociaciones cooperativas ya que niveles incrementados en varios compuestos volátiles se detectaron en los extractos inoculados con ambas cepas, comparativamente a lo producido por cada cepa individual; también se observó un efecto matriz (Cuffia y col., 2019a, b). El diseño o formulación de fermentos a partir de cepas seleccionadas por sus propiedades tecnológicas y actividades metabólicas relacionadas al desarrollo de *flavour*, y también por sus propiedades funcionales o producción de metabolitos bioactivos (rol probiótico, péptidos, ácidos grasos, entre otros), se presenta como una innovación para la mejora y estandarización de la calidad del queso, aportando además valor agregado.

En nuestro grupo también estudiamos el impacto de las metodologías de adición de los fermentos y la incorporación o no de un fermento adjunto en los perfiles de maduración de los quesos. En efecto, diversas metodologías de agregado involucran diferencias en el medio de crecimiento y en el estado fisiológico de las células, y pueden conllevar cambios en las actividades enzimáticas de los cultivos (Jensen y Ardö, 2010; Pedersen y col., 2013).

En nuestro trabajo, ensayamos el agregado directo de los fermentos primarios LHC y LH209, y del adjunto LP90, versus la preincubación de los mismos fermentos en suero de quesería estéril antes de la elaboración. En el primer caso, se incorporó glucono- δ -lactona a la leche para aportar acidez y se agregaron los cultivos deshidratados o en *pellets*, y en el segundo caso se agregaron cultivos de suero, que aportaban tanto la acidez inicial como los cultivos preincubados.

La proteólisis primaria se vio afectada por la metodología de agregado de los fermentos; los quesos con adición directa tuvieron mayor grado de maduración. Una proteólisis secundaria más profunda se observó solo en los quesos con adición directa de LHC. Algunas diferencias en los perfiles de azúcares y ácidos orgánicos (láctico, cítrico, propiónico) se observaron en los quesos a los 90 d de maduración, lo que pone en relieve el impacto de los factores estudiados sobre la actividad acidificante de las cepas. Con respecto al volatiloma de los quesos, se hallaron diferencias significativas. En términos generales, el agregado del adjunto produjo incrementos en los ácidos (acético, butírico, caproico) y disminución de los alcoholes, mientras que el efecto sobre la producción de cetonas fue diferente según el factor estudiado. La metodología de agregado de los fermentos modificó principalmente la generación de ácidos, y este efecto fue diferente según el fermento primario empleado. Varios de los compuestos detectados pueden derivar del catabolismo de los aminoácidos, que

se ha señalado como la principal vía de producción de volátiles en el queso (Yvon y col., 2006). Estos datos demuestran que la expresión de las actividades enzimáticas de los cultivos está fuertemente influenciada por el medio de crecimiento. De esta manera, el estudio de metodologías de preparación de los fermentos y la incorporación de fermentos adjuntos se presentan como estrategias interesantes para potenciar la producción de algunos compuestos característicos del queso y/o acelerar su maduración (Cuffia y col., 2020).

Defectos de origen microbiano

La aparición de defectos de origen microbiano en quesos de pasta dura representa una gran preocupación para la industria láctea ya que implica el descarte de hormas y, por lo tanto, conlleva a importantes pérdidas económicas. Los defectos pueden tener muy diversos orígenes y ocurrir en diferentes etapas durante el proceso de elaboración. Se los relaciona con variaciones en la calidad de la leche, con su tratamiento, con las prácticas de higiene o directamente con los parámetros de procesamiento del queso (tecnología de producción y/o maduración). Asimismo, pueden estar relacionados con diferencias en la actividad de los fermentos primarios y los perfiles de acidificación, así como con la naturaleza y niveles de microorganismos NSLAB que provienen de la leche cruda o del ambiente (O'Sullivan y col., 2013).

Los principales problemas de origen microbiológico en quesos Reggiano y Sardo se deben a la producción de gas tardía (que genera ojos, grietas, hendiduras, fisuras y agujeros en la masa del queso, acompañados de olores y sabores desagradables) y a la aparición de coloraciones rosa, que se presentan en forma de un anillo o manchas en el interior de la horma, y cuyo origen suele ser difícil de determinar.

En el caso de la hinchazón tardía, la generación de gas se produce en los estadios más avanzados de la maduración. Entre los microorganismos responsables de este tipo de defecto, pueden encontrarse algunas bacterias heterofermentantes pertenecientes al grupo NSLAB como *Levilactobacillus brevis* y *Limosilactobacillus fermentum*, que pueden ingresar al circuito productivo en la leche y producir gas a partir de la fermentación de lactosa residual y galactosa, generando CO₂, y las bacterias citrato-positivo como *Leuconostoc*, *Lactobacillus* y *Lactococcus*, que pueden producir CO₂ a partir de citrato (Hill y Kethireddipalli, 2013). Sin embargo, en este tipo de quesos, con baja humedad y salados en salmuera, es muy frecuente la aparición del defecto como consecuencia de la germinación de esporos del género *Clostridium*, que fermentan el lactato y/o lactosa y producen gases (CO₂ y H₂) así como

ácidos butírico y acético, entre otros. Estos productos dan lugar a defectos de calidad inaceptable (hinchazón, formación de ojos, grietas y hendiduras) y sabores desagradables (Doyle y col., 2015; Brändle y col., 2016).

Tres especies de clostridios se indican como las principales responsables de defectos tardíos: *Clostridium butyricum*, que generalmente crece en las primeras etapas de maduración, cuando aún hay lactosa residual que utiliza como fuente de carbono; *Clostridium tyrobutyricum*, que tiene capacidad de crecimiento en etapas tardías de maduración (cerca de un año), cuando el pH se vuelve favorable y debido a la utilización de ácido láctico y lactato como fuente de carbono, y *Clostridium sporogenes*, que es muy proteolítico y utiliza aminoácidos como fuente de carbono. Si bien *Cl. tyrobutyricum* es la especie señalada como la más perjudicial, la presencia simultánea de otras especies de clostridios en los quesos defectuosos indica que, en muchos casos, un efecto sinérgico entre diferentes especies y/o cepas es el responsable del defecto (Le Bourhis y col., 2007).

La contaminación por esporos de clostridios tiene lugar en las etapas tempranas del proceso de producción, durante el ordeño, siendo el ensilaje de baja calidad la principal fuente de contaminación en el medio ambiente del establo (Vissers y col., 2007). En algunos casos, incluso, se prohíbe la alimentación del ganado con ensilaje para producción de leche destinada a quesos duros. Además, la aplicación de buenas prácticas de higiene en el establo, en el sector de alimentación y de ordeño, son factores importantes que pueden impactar en el recuento de esporos de clostridios en la leche ya que las heces poseen muy alta concentración de esporos (Bava y col., 2017).

La alta resiliencia de los esporos en el entorno de los tambos puede explicarse mediante el llamado «ciclo de contaminación de esporos» que postula que la contaminación se origina en el suelo (son bacterias ubicuas de este) y se incorpora al ensilaje. Luego, el ganado lo consume y los esporos, al sobrevivir el tránsito intestinal, se acumulan en las heces y pueden contaminar las ubres de las vacas. De este modo, a través de las ubres contaminan la leche durante el ordeño. Asimismo, a partir de las heces vuelven a ser liberados en el suelo y, cuando se trata de granjas orgánicas, el fertilizante (estiércol) se esparce en la tierra, realimentando el ciclo. En consecuencia, los esporos de clostridios persisten en el entorno del tambo indefinidamente (Doyle y col., 2015).

Una vez en la leche, se pueden aplicar diferentes estrategias para minimizar el impacto de estos esporos en quesería. Las más comunes son el uso de bacto-fugación y microfiltración (eliminación física) o la adición de nitrato, lisozima o fermentos productores de bacteriocinas que impiden su germinación y crecimiento (Garde López-Brea y col., 2018). Sin embargo, la demanda por parte de los consumidores de productos libres de aditivos o

mínimamente procesados desalientan la aplicación de estas medidas, que se suman a la tendencia de las autoridades europeas que recomiendan un mínimo de uso de lisozima y nitrato debido a sus potenciales alergenicidad y carcinogenicidad, respectivamente. En nuestro país, el Código Alimentario Argentino autoriza la adición de lisozima y nitrato de sodio en niveles de hasta 25 mg/l de leche y 50 mg/kg de queso, respectivamente, para quesos de baja y mediana humedad, indistintamente.

Otro defecto de gran importancia en quesos de pasta cocida es el conocido como «anillo rosa» o *Pink Discolouration*, que agrupa una serie de fenómenos diversos. Se trata de un defecto intermitente y persistente en una amplia gama de variedades de quesos madurados de pasta semidura y dura (suizos, Cheddar, Grana y otros tipos italianos) que pueden o no contener un colorante añadido (páprika, annato, etc.). De un modo similar al defecto de hinchazón tardía, implica el rechazo de productos de exportación y, por consiguiente, se asocia a grandes pérdidas económicas (Daly y col., 2012).

Estas coloraciones rosa se pueden manifestar en distintas zonas del queso y, principalmente, de tres formas: coloraciones rosado-rojizas con intensidad variable hacia el interior de la horma, coloraciones rojo-parduzcas únicamente en el centro de la horma y coloraciones rosa dispuestas en un anillo a 5–7 cm desde la corteza hacia el centro.

Si bien es un problema ampliamente descrito desde hace décadas, las causas de la formación del defecto rosa en los quesos sin adición de colorantes (como el Reggianito y el Sardo argentinos) sigue siendo difícil de determinar (Quigley y col., 2016). En muchos casos se atribuye al metabolismo de ciertas cepas de lactobacilos termófilos, bacterias propiónicas, *Thermus* spp. (productora de carotenoides), *Glutamicibacter arilaitensis* y *Serratia liquefaciens*, así como a la actividad de residuos de enzimas microbianas o reacciones de Maillard, particularmente relacionadas con la presencia de galactosa no fermentada (Daly y col., 2012; Quigley y col., 2016; Cleary y col., 2018; Martelli y col., 2020). Es probable que el fenómeno sea multifactorial, causado por una serie de defectos individuales que solo se manifiestan cuando las condiciones son las ideales para que todos ocurran conjuntamente (Daly y col., 2012).

La mejor manera de prevenir y minimizar la incidencia de estos defectos es mantener la calidad microbiológica de la leche de elaboración y realizar una industrialización adecuada. Por ello, se apunta a buenas prácticas de ordeño: higiene en el tambo, calidad del ensilado y del agua, higiene en los equipos de ordeño y tanque de refrigeración, etc., así como a la higiene, los tiempos y la tecnología adecuada en el proceso de elaboración, y los fermentos activos y apropiados.

Referencias bibliográficas

- Anesí, C. (1921).** Informe de «Victorio y Esteban De Lorenzi y Cía.». Establecimiento para la fabricación especial de Queso de Grana «Treboljano». Anesí C. P. (estudio y comp.) Buenos Aires, pp. 11–13.
- Armenta, S. & de la Guardia M. (2016).** Analytical Approaches for the Evaluation of Food Protected Designation of Origin. En Espiñeira M. & Santaclara F.J. (Eds.). *Advances in Food Traceability Techniques and Technologies. Improving Quality Throughout the Food Chain* (pp. 275-311). Woodhead Publishing.
- Battistotti, B. & Corradini, C. (1993).** Italian cheese. En Fox P.F. (Ed.). *E Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 2* (pp. 221–244). Chapman & Hall.
- Bava, L.; Colombini, S. (...) Sandrucci, A. (2017).** Efficient milking hygiene reduces bacterial spore contamination in milk. *Journal of Dairy Research*, 84(3), 322–328.
- Beresford, T.; Fitzsimons, N. (...) Cogan, T. (2001).** Recent advances in cheese microbiology. *International Dairy Journal*, 11, 259–274.
- Bertozzi, L. & Panari, G. (1993).** Cheese with Appellation d'Origine Controlée (AOC): factors that affect quality. *International Dairy Journal*, 3, 297–312.
- Brändle, J.; Domig, K. J. y Kneifel, W. (2016).** Relevance and analysis of butyric acid producing clostridia in milk and cheese. *Food Control*, 67, 96–113.
- Candioti, M. C.; Hynes, E. R. (...) Zalazar, C. A. (2002).** Reggianito Argentino cheese: Influence of *Lactobacillus helveticus* strains isolated from natural whey cultures on cheese making and ripening processes. *International Dairy Journal*, 12:923–931.
- Cleary, J. L.; Kolachina, S. (...) Sánchez, L. M. (2018).** Coproporphyrin III produced by the bacterium *Glutamicibacter arilaitensis* binds zinc and is upregulated by fungi in cheese rinds. *mSystems*, 21;3(4):e00036–18.
- Collins, Y. F.; McSweeney, P. L. H. & Wilkinson, M. G. (2003).** Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: A review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13(11), 841–866.
- Costabel, L. M.; Bergamini, C. V. (...) Hynes, E. (2015).** Influence of chymosin type and curd scalding temperature on proteolysis of hard cooked cheeses. *Journal of Dairy Research*, 82(3), 375–384.
- Costabel, L. M. (2015).** Estrategias tecnológicas para el incremento de la proteólisis y peptidólisis de quesos duros (tesis inédita de doctorado). Universidad Nacional del Litoral.
- Costabel, L. M.; Bergamini, C. (...) Hynes, E. (2016).** Effect of high-pressure treatment on hard cheese proteolysis. *Journal of Dairy Science*, 99, 4220–4232.
- Crow, V.; Curry, B. & Hayes, M. (2001).** The ecology of non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) and their use as adjuncts in New Zealand Cheddar. *International Dairy Journal*, 11, 275–283.
- Cuffia, F.; Bergamini, C. (...) Perotti, M. (2019b).** Evaluation of autochthonous cultures to improve the cheese flavor: A case study in hard cheese model. *Food Science and Technology International*, 26, 173–184.
- Cuffia, F.; Bergamini, C. (...) Perotti, M. (2018).** Characterization of volatile compounds produced by *Lactobacillus helveticus* strains in a hard cheese model. *Food Science and Technology International*, 24, 67–77.
- Cuffia, F.; Bergamini, C. (...) Perotti, M. (2019a).** Influence of the culture preparation and the addition of an adjunct culture on the ripening profiles of hard cheese. *Journal of Dairy Research*, 86, 120–128.
- Cuffia, F.; Bergamini, C. (...) Perotti, M. (2020).** Evaluation of an adjunct culture and methodology of strains additions to improve cheese flavor: case of mini hard cheese. *International Dairy Journal*, 26(2), 173–184.
- Daly, D. F. M.; McSweeney, P. L. H & Sheehan, J. J. (2012).** Pink discoloration defect in commercial cheese: a review. *Dairy Science & Technology*, 92:439–453.
- De Lorenzi, E. M. (1990).** La fábrica. En V. y E. De Lorenzi Ltda. El Trébol. Dinámica de un pueblo. El Trébol: V. y E. De Lorenzi Ltda, 131–134.
- Doyle, C.; Gleeson, D. (...) Cotter, P. (2015).** Anaerobic sporeformers and their significance with respect to milk and dairy products. Review. *International Journal of Food Microbiology*, 197, 77–87.
- Evers, J. M. (2004).** The milkfat globule membrane—Compositional and structural changes post secretion by the mammary secretory cell. *International Dairy Journal*, 14(8), 661–674.

- Garde Lopez-Brea, S.; Gómez-Torres, N. & Ávila Arribas, M. (2018).** Spore-forming bacteria in dairy products. En Palmiro Poltronieri (Ed.). *Microbiology in Dairy Processing: Challenges and Opportunities, First Edition*. Hoboken: John Wiley & Sons Ltd. and the Institute of Food Technologists, 11–36.
- Garitta, L.; Vélez, M. A. (...) Hynes, E. R. (2021).** Determination of optimum ripening time in hard cooked cheeses (Reggianito type) using survival analysis statistics: Modified versus traditional cheese making technology. *Journal of Food Science*, 86, 1033–1038.
- Gobbetti, M.; De Angelis, M. (...) Fox, P. (2015).** Pros and cons for using non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) as secondary/adjunct starters for cheese ripening. *Trends in Food Science & Technology*, 45, 167–178.
- Gobbetti, M. & DiCagno, R. (2003) Hard Italian Cheeses.** En Roginsky, H.; Fuquay, J. W. & Fox, P. F. (Eds.). *Encyclopedia of Dairy Science*. Cornwall: Academic Press, 378–385.
- Hayes, M. G. & Kelly, A. L. (2003).** High pressure homogenisation of raw whole bovine milk (a) effects on fat globule size and other properties. *Journal of Dairy Research*, 70(3), 297–305.
- Heino, A.; Uusi-Rauva, J. & Outinen, M. (2010).** Pre-treatment methods of Edam cheese milk. Effect on cheese yield and quality. *Food Science and Technology*, 43(4), 640–646.
- Hickey, C. D.; Auty, M. A. E. (...) Sheehan, J. J. (2015).** The influence of cheese manufacture parameters on cheese microstructure, microbial localisation and their interactions during ripening: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 41(2), 135–148.
- Hickey, C.; Auty, M. (...) Sheehan, J. (2017).** Influence of process temperature and salting methods on starter and NSLAB growth and enzymatic activity during the ripening of cheeses produced with *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus helveticus*. *International Dairy Journal*, 69, 9–18.
- Hill, A. R. & Kethireddipalli, P. (2013).** Dairy products: cheese and yoghurt. En Eskin, N. A. M. & Shahidi, F. (Eds.). *Biochemistry of Foods*. Londres: Academic Press, 319–351.
- Hynes, E.; Aparo, L. & Candiotti, M. (2004)** Influence of residual milk-clotting enzyme on κ -SI casein hydrolysis during ripening of Reggianito Argentine cheese. *Journal Dairy Science*, 87(3), 565–573.
- Hynes, E. R.; Bergamini, C. V. (...) Zalazar, C. A. (2003).** Proteolysis on Reggianito Argentine cheeses manufactured with natural whey cultures and selected strains of *Lactobacillus helveticus*. *Journal of Dairy Science*, 86, 3831–3840.
- Jacob, M.; Jaros, D. & Rohm, H. (2010).** The effect of coagulant type on yield and sensory properties of semihard cheese from laboratory-, pilot- and commercial-scale productions. *International Journal of Dairy Technology*, 63(3), 370–380.
- Jensen, M. & Ardo, Y. (2010).** Variation in aminopeptidase and aminotransferase activities of six cheese related *Lactobacillus helveticus* strains. *International Dairy Journal*, 20, 149–155.
- Le Bourhis, A. G.; Doré, J. (...) Tholozan, J. L. (2007).** Contribution of *C. beijerinckii* and *C. sporogenes* in association with *C. tyrobutyricum* to the butyric fermentation in Emmental type cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 113(2), 154–63.
- Martelli, F.; Bancalari, E. (...) Bottari, B. (2020).** Novel insights on pink discoloration in cheese: the case of Pecorino Toscano. *International Dairy Journal*, 111, 104829.
- McSweeney, P. L. H. & Sousa, M. J. (2000).** Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Lait*, 80, 293–324.
- Melini, V. & Melini F. (2021).** Recent Advances in Food Protected Designations of Origin. En Cifuentes (Ed.). *Comprehensive Foodomics*, Vol. 3, Cap. 3.31 (pp. 417–437). Elsevier.
- Milesi, M.; Bergamini, C. & Hynes, E. (2011).** Production of peptides and free amino acids in a sterile extract describes peptidolysis in hard-cooked cheeses. *Food Research International*, 44, 765–773.
- O'Sullivan, D. J.; Giblin, L. (...) Cotter, P. D. (2013).** Nucleic acid-based approaches to investigate microbial-related cheese quality defects. *Frontiers in Microbiology*, 4, 1.

- Pedersen, T.; Ristagno, D. (...) Ardö, Y. (2013).** Potential impact on cheese flavour of heterofermentative bacteria from starter cultures. *International Dairy Journal*, 33, 112–119.
- Pereda, J.; Ferragut, V. (...) Trujillo, A. J. (2007).** Effects of ultra-high pressure homogenization on microbial and physicochemical shelf life of milk. *Journal of Dairy Science*, 90(3), 1081–1093.
- Perotti, M. C.; Bernal, S. M. (...) Zalazar, C. A. (2004).** Substitution of natural whey starter by mixed strains of *Lactobacillus helveticus* in the production of Reggianito Argentino cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 57, 45–51.
- Perotti, M. C.; Vélez, M. A. & Wolf, I. V. (2013).** Milk pre-treatment and free fatty acids in cheeses. En Preedy, V. R.; Watson, R. R. & Patel, V. B. (Eds.). *Handbook of Cheese in Health: Production, Nutrition and Medical Sciences* (pp. 585–599). Wageningen Academic Publishers.
- Prado, B. M.; Sombers, S. E. (...) Hayes, K. D. (2006).** Effect of heat treatment on the activity of inhibitors of plasmin and plasminogen activators in milk. *International Dairy Journal*, 16(6), 593–599.
- Quigley, L.; O’Sullivan, D. J. (...) Cotter, P. D. (2016).** Thermus and the pink discoloration defect in cheese. *mSystems* 1(3):e00023–16.
- Ramonda, M. (2009).** Desarrollo de un modelo basado en métodos estadísticos para la predicción del tiempo de maduración de Quesos Argentinos (tesis inédita de doctorado). Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.
- Reinheimer, J.; Quiberoni, A. (...) Suárez, V. (1996).** The lactic acid microflora of natural whey starters used in Argentina for hard cheese production. *International Dairy Journal*, 6, 869–879.
- Reinheimer, J.; Suárez, V. (...) Zalazar, C. (1995).** Microbiological and Technological characteristics of natural whey cultures for Argentinian hard cheese production. *Journal of Food Protection*, 58(7), 796–799.
- Settanni, L. & Moschetti, G. (2010).** Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese quality and provide health benefits. *Food Microbiology*, 27, 691–697.
- Sihufe, G.; Zorrilla, S. (...) Rubiolo, A. (2007).** The influence of ripening temperature and sampling site on the lipolysis in Reggianito Argentino cheese. *Food Research International*, 40, 1220–1226.
- Sihufe, G.; Zorrilla, S. (...) Rubiolo, A. (2010).** The influence of ripening temperature on the sensory characteristics of Reggianito Argentino cheese. *Journal of Sensorial Studies*, 25, 94–107.
- Sousa, M. J.; Ardö, Y. & McSweeney, P. H. L. (2001).** Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal*, 11, 327–345.
- Tavaria, F. K.; Dahl, S. (...) Malcata, F. X. (2002).** Amino Acid Catabolism and Generation of Volatiles by Lactic Acid Bacteria. *Journal of Dairy Science*, 85, 2462–2470.
- Urbach, G. (1997).** The flavour of milk and Dairy products: II. Cheese: contribution of volatile compounds. *International Journal of Dairy Technology*, 50(3), 79–89.
- Vélez, M. A.; Perotti, M. C. (...) Hynes, E. R. (2019a).** Lipólisis, proteólisis y perfil de compuestos volátiles de quesos duros: rol de la homogeneización, pre-maduración y pasteurización de la leche. En Asociación Argentina de Ingenieros Químicos (Ed.). *Abstracts del CAIQ2019 – X Congreso Argentino de Ingeniería Química*. Buenos Aires: Asociación Argentina de Ingenieros Químicos, 74–75.
- Vélez, M. A. (2013).** Influencia de las enzimas nativas de la leche lipoproteína lipasa y plasmina en la lipólisis y proteólisis de quesos duros de pasta cocida (tesis inédita de doctorado). Universidad Nacional del Litoral.
- Vélez, M. A.; Bergamini, C. V. (...) Perotti, M. C. (2015a).** Influence of cheese making technologies on plasmin and coagulant associated proteolysis. *LWT – Food Science and Technology*, 64(1), 282–288.
- Vélez, M. A.; Hynes, E. R. (...) Perotti, M. C. (2017).** Cheese milk low homogenization enhanced early lipolysis and volatiles compounds production in hard cooked cheeses. *Food Research International*, 96, 215–225.
- Vélez, M. A.; Perotti, M. C. (...) Hynes, E. R. (2016).** Plasmin and coagulant activities in a minicurd model system: Study of technological parameters. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7053–7062.

- Vélez, M. A.; Perotti, M. C. (...) Hynes, E. R. (2015b).** Short communication: A new minicurd model system for hard cooked cheeses. *Journal of Dairy Science*, 98(6), 3679–3683.
- Vélez, M. A.; Perotti, M. C. (...) Zalazar, C. A. (2011).** Effect of mechanical treatments applied to milk fat on fat retention and lipolysis in minicurds. *International Journal of Dairy Technology*, 64(2), 227–231.
- Vélez, M. A.; Perotti, M. C. (...) Zalazar, C. A. (2010).** Influence of milk pretreatment on production of free fatty acids and volatile compounds in hard cheeses: Heat treatment and mechanical agitation. *Journal of Dairy Science*, 93(10), 4545–4554.
- Vélez, M. A.; Hynes, E. R. (...) Perotti, M. C. (2019).** A new technological approach for ripening acceleration in cooked cheeses: Homogenization, cooking and washing of the curd. *Food Science and Technology*, 1–10.
- Visser, M. M.; Driehuis, F. (...) Lankveld, J. M. (2007).** Minimizing the level of butyric acid bacteria spores in farm tank milk. *Journal of Dairy Science* 90(7), 3278–85.
- Wolf, I.; Perotti, M. (...) Zalazar, C. (2010).** Study of the chemical composition, proteolysis, lipolysis and volatile compounds profile of commercial Reggianito Argentino cheese: Characterization of Reggianito Argentino cheese. *Food Research International*, 43, 1204–1211.
- Wolf, I. V. y Perotti, M. C. (2013).** Diferenciación de quesos grana de distintos orígenes a través del análisis de los perfiles de compuestos volátiles. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 77, 40–45.
- Wolf, I. V.; Perotti, M. C. (...) Zalazar, C. A. (2010).** Study of the chemical composition, proteolysis, lipolysis and volatile compounds profile of commercial Reggianito Argentino cheese. *Food Research International*, 43, 1204–1211.
- Yvon, M. (2006).** Key enzymes for flavor formation by lactic acid bacteria. *Australian Journal of Dairy Technology*, 61, 16–24.
- Zalazar, C. A.; Meinardi, C. A. y Hynes, E. R. (1999).** Los quesos argentinos. En Zalazar, C. A.; Meinardi, C. A. y Hynes, E. R. (Eds.). *Quesos típicos argentinos. Una revisión general sobre producción y características* (pp. 20–49). Centro de Publicaciones. Universidad Nacional del Litoral.
- Zamora, A. & Guamis, B. (2015).** Opportunities for Ultra-High-Pressure Homogenisation (UHPH) for the Food Industry. *Food Engineering Reviews*, 7(2), 130–142.
- Zannoni, M.; Nanni, M. & Mora, R. (1984).** Influenza di diverse modalita di affioramento sulle caratteristiche casearie del latte e sul formaggio Parmigiano-Reggiano ottenuto. *Scienza e tecnica lattiero-casearia*, 35, 541–556.

4.1.4. Pasta hilada – *Pizza Cheese*

Carlos Meinardi, Facundo Cuffia, Patricia Burns y Guillermo George

En Argentina, denominado simplemente como *Mozzarella–Muzzarella–Musarela*, el *Pizza Cheese* es un queso de pasta hilada, de mediana humedad, semigraso, de sabor láctico suave y ligeramente salado.

El Código Alimentario Argentino (CAA), al incluir bajo la denominación de *Mozzarella* tanto al queso tradicional italiano de alta humedad como al *Pizza Cheese*, define y clasifica al queso *Mozzarella* de una manera muy amplia. Lo clasifica como un queso de mediana, alta o muy alta humedad y extra graso, graso a semigraso. Y lo define:

Con el nombre de Queso *Mozzarella* se entiende el queso que se obtiene por hilado de una masa acidificada (producto intermedio obtenido por coagulación de la leche por medio de cuajo y/u otras enzimas coagulantes apropiadas), complementada o no por la acción de bacterias lácticas específicas (CAA, art. 618, Resolución Conjunta SPYRS y SAGPYAV 33/2006 y 563/2006).

La *Mozzarella* surge en la región de Campania (Italia), en el medioevo. Los primeros registros corresponden al Monasterio Benedictino de San Lorenzo en Capua en el siglo XII. La leche utilizada era de búfala, ganado que se había desarrollado en la zona meridional de la península itálica. Las condiciones cálidas a menudo provocaban la acidificación de la leche; el tratamiento de la cuajada ácida con agua caliente para mejorar la higiene y quitar la acidez se

incorporó como una tecnología que lograba quesos de una calidad óptima, surgiendo así la Mozzarella. El nombre deriva de la acción de cortar la cuajada caliente con los dedos, «Mozzare» (Salvadori del Prato, 1998).

Con el tiempo, este queso se popularizó en toda Italia y se adaptó la tecnología para su elaboración con leche bovina, ganado más difundido en la región septentrional de la península. Surge así el Fiordilatte, como se llamó a la Mozzarella elaborada con leche de vaca, de iguales características pero sin el sabor de la leche de búfala.

El Pizza Cheese es un queso que derivó del queso DOP (*Denominazione di Origine Protetta*) Mozzarella, de Búfala Campania. Al popularizarse la pizza a nivel mundial su acompañante, la Mozzarella, también originaria de la región de Campania, fue mutando. Primero, por un cambio en el tipo de leche, de bubalina a bovina, y luego por la búsqueda de ciertas propiedades que acompañaban de mejor manera a la pizza en la conquista de los paladares de todo el mundo. Así pasó de ser un queso de muy alta humedad y sin maduración (la Mozzarella tradicional) a uno de mediana humedad con un corto período de maduración (Pizza Cheese).

Fueron los norteamericanos quienes en los años 60, con el desarrollo de las cadenas de comida rápida que luego se extenderían a nivel mundial, popularizaron un nuevo estilo de queso Mozzarella, el Pizza Cheese. Si bien toma el nombre de Mozzarella, posee más similitudes con la Scamorza, siendo este otro queso tradicional de pasta hilada, semiduro, con una corta maduración y producido mayormente con leche bovina.

El origen en sí del Pizza Cheese se dio en la región de Wisconsin, donde la distancia a los grandes centros urbanos de la costa de EE. UU. (zonas que concentraban la demanda del queso italiano), hizo que se cambiara la Mozzarella tradicional de alta humedad por este nuevo queso, más seco y con mayor vida útil (Kindsted, 2019). Este nuevo tipo de queso posee las características seleccionadas para obtener una pizza con un estándar fácilmente reproducible. El sabor es dejado a un lado, ya que se convierte en un ingrediente en el que la textura y la apariencia son los objetivos principales. El sabor buscado entonces es neutro, ligeramente salado y son ahora atributos medibles los que lo caracterizan: la capacidad de fundirse (*meltability*), la capacidad de formar largos hilos cuando se funde (*stretchability*), el oscurecimiento de la superficie debido a la cocción (*browning*), la liberación de aceite (*free oil*) y la capacidad de ser procesado mecánicamente en forma de hebras, *pellets* (*shredability*) o fetas (McMahon y col., 1993).

El Pizza Cheese se ha convertido en el queso de mayor crecimiento a nivel mundial, representando el 30% de la producción de los EE. UU. y con un

consumo en aumento en Asia, lo que ha volcado gran parte de la leche de Oceanía a su producción para satisfacer esta demanda.

Además del creciente mercado para su exportación, el hecho de que se permita su venta con solo 24 h de estabilización, lo convierte en una gran opción para una planta quesera.

Proceso de elaboración

La tecnología de elaboración del Pizza Cheese es un proceso de carácter predominantemente enzimático, siendo la variante más distintiva el proceso de hilado.

El hilado, que caracteriza a los quesos denominados de Pasta Hilada, consiste en aplicar una fuerza mecánica a la cuajada ácida desmineralizada a una temperatura elevada (55 a 70 °C). De esta manera, las proteínas se alinean en forma de fibras y la grasa se funde llenando los espacios entre ellas junto al agua libre presente en la cuajada y la que se incorpora en el proceso de hilado. La figura 1 muestra el diagrama de flujo del proceso de elaboración de Pizza Cheese.

Materia prima

Si bien la Mozzarella surgió como una alternativa válida para procesar leche ácida y es posible conseguir un producto consumible a partir de la misma, la utilización de una calidad estable de leche permite obtener también un producto de calidad.

El Pizza Cheese se elabora con leche parcialmente descremada, con un contenido de grasa de entre 1,8–3 %, (relación grasa/proteína = 0,7–0,9). De esta manera se obtiene un queso con un 15–20 % de grasa en base húmeda y se evita la liberación excesiva de aceite al fundirse sobre la pizza.

Un aumento en la relación caseína/grasa da como resultado una cuajada más firme que, para ser hilada correctamente, necesita un mayor descenso de pH.

En cuanto a la homogenización de la leche, se han realizado estudios sobre su efecto en Pizza Cheese, resultando en un producto de mayor firmeza y menor capacidad de esparcirse al ser calentado (*melting*) (Tunick y col., 1993). Sin embargo, se han hecho pruebas a baja presión de homogenización (400 kPa) que probaron reducir la liberación de aceite sin afectar el *melting* (Lelievre y col., 1990). Un buen manejo de este tratamiento podría conducir también a una reducción de la pérdida de grasa en el agua de hilado.

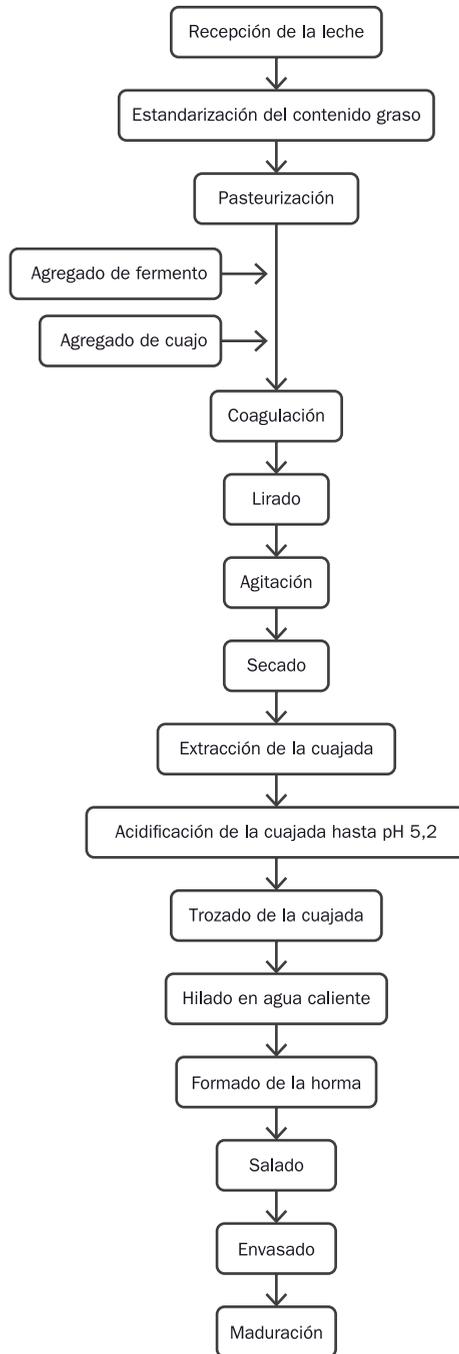


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de Pizza Cheese

La leche debe ser pasteurizada. Si bien el tratamiento térmico que se da durante el hilado puede ser alto, las condiciones existentes pueden proteger a los microorganismos impidiendo un completo saneamiento. La pasteurización recomendada es de 15 seg a 73 °C como máximo, evitando dañar a las proteínas del suero. Un sobrecalentamiento puede conducir a un mayor rendimiento por la capacidad de estas proteínas de retener el agua, pero su presencia impide la formación de largas cadenas de caseinato, no lográndose la estructura deseada en el queso hilado. En casos extremos en que la temperatura supera los 80–85 °C, el hilado no se puede realizar.

Luego del tratamiento térmico, es recomendable el agregado de un 0,01–0,02 % de calcio para reponer la fracción que se insolubiliza a alta temperatura y así favorecer la formación de un buen coágulo. Esta práctica permite un mejor trabajo en tina, reduciendo el desprendimiento de partículas de cuajada que debido a su menor tamaño se pierden en el suero (finos) o disminuyen la calidad del producto.

Fermento

El objetivo principal del cultivo iniciador (*starter*) en este tipo de quesos es lograr una rápida acidificación (llegar al pH de hilado en menos de tres horas) para evitar prolongar el tiempo de desuerado. Si bien la acidificación directa es posible, la acidificación por medio de cultivos microbianos confiere al producto mejores características de *flavour* y reológicas (Yun y col., 1995a).

El fermento utilizado es de *Streptococcus thermophilus*. Existen muchas variantes, pero las más difundidas son dos alternativas:

a) la utilización de una combinación de *St. thermophilus* con una coagulación cercana a 37 °C y un calentamiento entre los 40–42 °C o coagulación a 38–39 °C sin calentamiento (más difundida en Italia). Su uso conlleva una acidificación cercana a las cuatro horas, pero tiene como ventaja la baja capacidad proteolítica de estos microorganismos y su lento desarrollo cuando se alcanzan valores de pH entre 5,1–5,2.

b) el uso de una combinación de *St. thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* coagulando a una temperatura menor, cercana a los 35 °C, y una cocción hasta los 42–45 °C (más utilizada en EE. UU). Esta variante acelera la acidificación gracias a la cooperación que se da entre bacilos y cocos, logrando llegar al pH de hilado en tiempos cercanos a las tres horas. No obstante, tiene como inconveniente la posible sobreacidificación de la cuajada, por lo que se debe ajustar la tecnología para evitarlo.

La relación bacilos/cocos toma importancia cuando se analiza la proteólisis del queso. El carácter más proteolítico de los lactobacilos lleva a un producto menos sostenido en el tiempo y con mejores características de *melting*, pero en el caso de que se quiera obtener un producto para consumo en frío de mayor duración, es conveniente reducir su cantidad. Si se aumentase la relación bacilos/cocos también debe aumentarse la cantidad total de inóculo para mantener los tiempos de acidificación, ya que *St. thermophilus* posee mayor capacidad de acidificación a pH mayor a 5,5. La menor capacidad del estreptococo de acidificar a bajo pH permite estabilizar la acidez al alcanzar el pH de 5,2, impidiendo una rápida sobreacidificación (Yun y col., 1995b).

El fermento puede influir en la calidad del queso por su capacidad o incapacidad de consumir la galactosa. El metabolismo de la lactosa por parte de los cultivos lácticos puede llevar a una acumulación de galactosa cuando estos solo consumen la molécula de glucosa luego de la hidrólisis (Matzdorf y col., 1994). El agregado de *Lactobacillus helveticus* en Pizza Cheese permite prevenir el *browning* durante la cocción gracias a su consumo de la galactosa, evitando la formación de color debido a reacciones de Maillard del azúcar con los péptidos. Estos microorganismos no son usados en proporciones mayores al 10 % debido a su alto poder proteolítico y capacidad de sobreacidificación.

También son usadas mezclas de *St. thermophilus* con microorganismos mesófilos como *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* o *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*. Estas bacterias son galactosa positiva, por lo que reducen el *browning* y aportan sabor y aroma con sus proteasas. Su uso, si bien se da en bajas proporciones, retarda el desarrollo del cultivo termófilo conduciendo a elaboraciones con acidificaciones más lentas.

Coagulante

El coagulante usado por excelencia para este tipo de quesos es la quimosina. Se evita la pepsina y otros coagulantes porque su mayor actividad proteolítica puede influir en la calidad del queso cuando es conservado. Se han hecho ensayos comparativos con proteasas de *Endothia parasítica* y *Mucor miehei*, pero estos determinaron un mejor comportamiento de la quimosina (Yun y col., 1993).

A pesar de que podría creerse que el trabajo de hilado a altas temperaturas inactivaría las enzimas por completo, esto no sucede ya que el pH bajo de la cuajada en esa instancia las favorece generándose una inactivación parcial.

Trabajo en tina

El tamaño de grano logrado debe ser del tamaño de una avellana, ligeramente superior a 1 cm^3 . Esta granulometría permite el desuerado de la cuajada, aumentando la superficie de intercambio pero sin hacerlo de manera excesiva y logrando, de esta forma, obtener un queso de la humedad deseada.

Luego del corte se debe esperar el tiempo suficiente para que los granos (cubos de cuajada) se consoliden, liberando suero y contrayéndose, para posteriormente continuar la agitación y el calentamiento de la cuajada hasta la temperatura final, de manera de lograr la humedad deseada en el queso. En este último paso se puede calentar lavando la cuajada para disminuir la lactosa; de esta manera se minimizan las reacciones de Malliard (*browning*) y/o se evita sobreacidificación en el caso en el que tengamos presencia alta de lactobacilos.

Acidificación de la cuajada

El descenso de pH tiene el objetivo de desmineralizar la cuajada para su posterior hilado; desplaza el equilibrio del calcio, aumentando la concentración de calcio soluble (como HPO_4Ca^+ y Ca^{2+}) pasando el fosfato tricálcico a fosfato monocálcico (Walstra y col., 1999). Así, la estructura proteica queda debilitada ya que el PO_4Ca_3 enlaza las micelas en la red tridimensional.

Una opción válida para incrementar la velocidad de acidificación y reducir los tiempos de elaboración es dejar madurar la cuajada bajo suero. De esta manera se favorece la acidificación, ya que se mantienen las condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos termófilos. Un inconveniente de esta variante es la dificultad de detectar el punto de hilado con precisión. La alternativa que surge es comenzar la acidificación bajo suero y, en un estadio avanzado, drenar el suero remanente y dejar acidificar la cuajada sobre mesada.

La solubilización del calcio coloidal afecta la estructura de las micelas de caseína, haciéndola más abierta y permitiendo un mayor acceso del coagulante residual al interior de la red proteica. Al mantener la cuajada bajo suero por un período mayor de tiempo, se produce una mayor retención de coagulante residual en la cuajada, aumentando la proteólisis primaria (O'Keefe y col., 1975). También se ha demostrado que la retención de la quimosina en la cuajada aumenta notablemente por debajo del pH 5,6, probablemente debido a la variación en las cargas de las moléculas que favorece la interacción del coagulante con las micelas caseínicas (Bansal y col., 2007). Por lo

expuesto, resulta recomendable retirar la cuajada del suero una vez alcanzado este grado de acidificación.

En elaboraciones a gran escala es común emplear un sistema continuo de acidificación, similar al usado en queso Cheddar. En este equipo la cuajada circula a temperatura óptima por una cinta en un equipo cerrado hasta alcanzar el pH de hilado.

El punto de hilado, o sea el momento en que la cuajada está pronta para ser hilada, se determina normalmente mediante una medición potenciométrica. Otra manera de detectarlo es haciendo la prueba de hilado. Generalmente se hace un seguimiento del pH de la cuajada y cuando se acerca al valor deseado se realiza esta prueba, que consiste en tomar una porción de cuajada y realizar el hilado con agua caliente de forma manual; se verifica así llegar a la acidez para la cual se logra la textura deseada.

El pH al que se hila la cuajada es determinante en la calidad final del producto. Si se hila la cuajada a un pH elevado, se requiere de mayor trabajo mecánico para lograr una pasta elástica y esto acarrea pérdidas de rendimiento.

Si por el contrario la cuajada se sobreacidifica, la resistencia de las fibras es tan débil que estas se cortan fácilmente, liberan la grasa y se obtiene un producto duro y difícil de masticar. En el caso de excederse demasiado, la estructura se desintegra y es imposible hilarla.

Se puede elegir hilar a un pH más alto del óptimo (en términos de trabajo mecánico en tina) cuando se quiere obtener un producto de mayor vida útil que requerirá de un proceso de maduración (proteólisis) para alcanzar una textura ideal.

El hilado

Una vez alcanzado el pH deseado, normalmente entre 5,1 y 5,2, se procede a fetejar la cuajada o cortarla en trozos delgados para introducirla en la hiladora.

El trabajo mecánico ejercido durante el hilado es inversamente proporcional al rendimiento y la calidad del queso. Cuanto mayor sea el tiempo y la fuerza que se aplica, mayores serán las pérdidas; grasa y calcio se pierden en el agua de hilado, resultando también en un queso de menor humedad.

Las altas temperaturas, si bien son una variable necesaria, ejercen también un efecto perjudicial cuando la cuajada se somete a un calentamiento que se prolonga en el tiempo. La temperatura facilita el trabajo de hilado disminuyendo los tiempos necesarios para plastificar la cuajada y lograr la textura buscada, pero deben evitarse los daños producidos por exceso de la misma,

especialmente la pérdida de grasa (Renda y col., 1997). Si la temperatura de hilado es baja y la velocidad de trabajo de los amasadores es elevada, la masa no estará preparada para soportar los esfuerzos mecánicos perdiendo grasa y humedad. Se debe llegar a una opción de compromiso, logrando un balance entre temperatura y trabajo que reduzca los tiempos, pero sin deteriorar la cuajada por un exceso de temperatura o de fuerza aplicada. La cuajada se hila con resultados óptimos entre los 55 y 70 °C. Temperaturas entre 62 y 66 °C se presentan como un límite para la sobrevida de las cepas del *starter* y de las enzimas coagulantes residuales (Kindstedt y col., 2004), por lo que este parámetro es de gran importancia en la proteólisis del queso.

El salado del queso puede realizarse en esta última etapa, durante el hilado, mediante el agregado de sal al agua caliente o agregando la sal en seco a la cuajada feteada previo al ingreso a la hiladora (cheddarizado).

Formado y envasado

Al salir de la hiladora, la masa plástica pasa en caliente a la formadora y luego de adquirir su forma definitiva, normalmente prismas de 3 a 4 kg, es enfriada rápidamente en agua fría (2–5 °C). En el caso de no haber sido salada con anterioridad, se procede con un baño en salmuera hasta alcanzar 1–1,5 % de sal en el queso.

Como todo queso fresco, la Mozzarella debe ser conservada en frío, a temperatura de heladera (4–8 °C) y mantener la cadena de frío hasta su consumo. A temperaturas mayores la actividad microbiana crece y la proteólisis se acelera (Costabel y col., 2007).

Maduración

La Mozzarella para pizza, luego del oreo, se envasa generalmente al vacío y se madura por un período mínimo de 15 d. Este período de tiempo permite una proteólisis del queso que le confiere las características deseadas.

Los cambios de las propiedades de la Mozzarella pueden atribuirse principalmente a la degradación de las proteínas (proteólisis) y a cambios fisicoquímicos.

La proteólisis en el queso Mozzarella se da fundamentalmente por acción del coagulante residual y la proteasa natural de la leche, la plasmina (Barbano y col., 1993). La quimosina actúa hidrolizando casi exclusivamente la α_{s1} -caseína, dejando la β -caseína prácticamente intacta. La hidrólisis de

los péptidos resultantes (proteólisis secundaria) se produce a una velocidad mucho menor (McMahon y Oberg, 2011). En base a esto se puede afirmar que, cuando se quiere prolongar la vida útil, la reducción del coagulante residual es sumamente importante porque su acción promueve y acelera la proteólisis del queso.

Para el queso de masa sobremadurada, con exceso de proteólisis, se puede observar un buen *melting*; sin embargo, pierde capacidad para formar hilos resistentes lo que afecta al estiramiento (*stretching*) y trae problemas a la hora de procesar el producto, ya sea para su feteado o para la formación de *pellets* o hebras.

En cuanto a los cambios fisicoquímicos, se aprecia que, con el paso del tiempo, el agua que estaba en forma libre entre las fibras comienza a incorporarse, relajándolas y dando como resultado una estructura más suave del queso. Una explicación a este proceso es que el NaCl disuelto en los bolsos de suero, en su migración hacia la estructura caseínica, contribuye a la hidratación de esta en un proceso de solvatación y disolución (Kindstedt, 2004). Este proceso de incorporación de agua libre en la red proteica tiene gran influencia en la formación de burbujas (*blistering*) que se produce en la superficie del queso durante la cocción. El vapor que se genera es el responsable de la formación de las burbujas. En consecuencia, cuanto mayor sea la cantidad de agua libre, mayor será la cantidad de burbujas que se producen. El grado de proteólisis de la Mozzarella determinará el tamaño y cantidad de las mismas, ya que un queso con un nivel de proteólisis mayor funde más rápido, presentando menor resistencia a la liberación del vapor. Cabe destacar que la grasa liberada influye en detrimento de la formación de burbujas.

Tecnología alternativa mediante acidificación directa

Una alternativa válida para la elaboración de Mozzarella, en cualquiera de sus variantes, es la acidificación directa. Con esta tecnología no se requiere de la acidificación por parte del fermento. El ácido se dosifica en la leche pasteurizada fría hasta lograr el pH de hilado, se calienta a temperatura de coagulación y se agrega el cuajo; luego se procede en tina de igual forma que se lo hace en la tecnología de acidificación con un fermento y, una vez obtenido un punto deseado de desuerado de la cuajada, el suero se drena y se hila directamente.

Si la leche es acidificada de manera directa con ácido cítrico, el rango de pH óptimo de hilado oscila entre 5,6–5,8, mientras que si agrega ácido acético o láctico es de 5,4–5,6 (Addeo, 1996). Esto se debe a la variación del

poder secuestrante de los cationes Ca^{2+} de los distintos ácidos. Estudios realizados con glucono- δ -lactona reportan valores similares al agregado directo de ácido láctico (Giraffa y Olivari, 1992).

Los ácidos ejercen una desmineralización mayor de la cuajada; es por esto que el hilado se realiza a pH superiores. El resultado es una cuajada con una red proteica más sutil que presenta mayor capacidad de retención de líquido, haciendo que esta tecnología se adapte más a la elaboración de una Mozzarella de alta humedad que al proceso del Pizza Cheese. Otro factor en contra de esta tecnología es la mayor propensión que presenta a sufrir sobreacidificación y defectos por el crecimiento de microorganismos contaminantes, los cuales encuentran un medio sin competencia para su desarrollo y un alto contenido de lactosa. Estos factores hacen que esta tecnología no sea la más utilizada a pesar de su practicidad.

Mozzarella para pizza argentina

En Argentina las pizzerías crecieron con la fuerte inmigración italiana recibida a comienzos del siglo xx. Sin embargo, el rubro gastronómico en Buenos Aires estaba a cargo mayormente de inmigrantes españoles, por lo que la pizza tomó un estilo particular, con más masa, mayor contenido de ingredientes y un queso con un sabor pronunciado, que dista mucho de la Mozzarella tradicional de alta humedad italiana.

La Mozzarella utilizada para la pizza al estilo argentino, «Mozzarella bonaerense», adquiere su sabor en el período de maduración que se le da a la cuajada previo al hilado. La cuajada elaborada con leche entera en «tambos fábrica», mayormente de la provincia de Buenos Aires, se «conservaba» en frío y luego era recolectada e hilada por el fabricante de la Mozzarella que abastecía a las pizzerías. En este tiempo, el desarrollo de microorganismos en la cuajada y mayormente la acción de las enzimas, generan una proteólisis que le da el sabor distintivo.

Hoy en día se continúa implementando el proceso de maduración de la cuajada en frío para obtener un producto que es requerido por los consumidores (Vigliengo, 2013).

La cuajada es acidificada hasta un pH cercano a 5,3 y enfriada a 4 °C en una cámara fría, en bandejas (figura 2). También puede ser congelada, lo que le da mucha flexibilidad al proceso. Al momento del hilado, el quesero tritura la masa con distintos tiempos de premaduración con el fin de ajustar las condiciones. Se pueden emplear los aditivos que permite el CAA en el

artículo 605, inciso 3.c), y los límites máximos se verifican en el producto final, independientemente de la concentración usada en la cuajada.

La masa para elaborar Queso Mozzarella, en el caso de ser vendida exclusivamente para uso industrial, está regulada por el artículo 618 bis (Resolución Conjunta SPRYS y SAGP y A 33/2006 y 563/2006).

Innovaciones

Ante la demanda creciente del mercado, el desarrollo de tecnologías innovadoras en la producción de este tipo de quesos es constante. Nueva maquinaria para el procesamiento en continuo de cantidades cada vez mayores, tecnología de envasado para una mayor conservación y procesos que acortan la maduración del queso antes de su consumo son algunos ejemplos de desarrollos recientes.

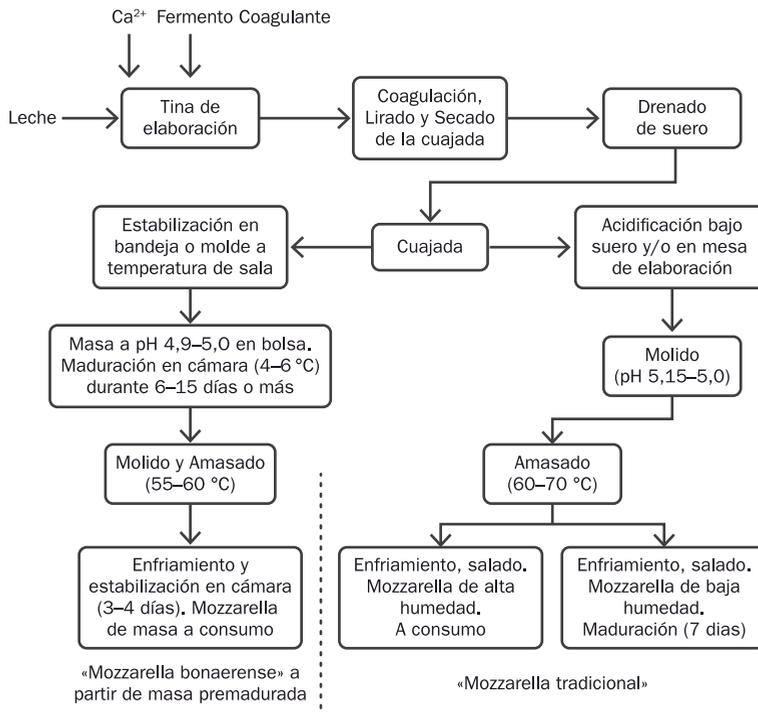


Figura 2. Diagrama de flujo de diferentes tipos de Mozzarella

En el INLAIN se ha trabajado con quesos de pasta hilada y se ha desarrollado la tecnología para incorporar, de manera exitosa, microorganismos probióticos a un queso Mozzarella de alta humedad para consumo fresco en ensaladas y platos fríos. El proceso de elaboración de estos tipos de quesos es hostil para la sobrevivencia de los microorganismos mesófilos, especialmente por el fuerte tratamiento térmico, lo cual representa un desafío tecnológico cuando se consideran como vehículos para la incorporación de probióticos. El principal desafío es lograr la sobrevivencia del probiótico al tratamiento térmico del hilado y que el producto mantenga una calidad y características sensoriales aceptables.

El desarrollo llevado adelante implicó realizar ajustes en la tecnología tradicional de elaboración de quesos tipo Fiordilatte, seleccionar cepas probióticas comerciales con elevada resistencia térmica y poder realizar recuentos diferenciales entre el/los microorganismo/s probiótico/s y el cultivo iniciador utilizado (*St. thermophilus* STI-14, Chr. Hansen). En particular, los parámetros tecnológicos seleccionados como óptimos fueron: acidificación de la cuajada ($\text{pH } 5,20 \pm 0,05$), tiempo de hilado (10 min) y temperatura del agua hilado ($79,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$), lo que implica una temperatura en el interior de la cuajada de $60,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ (Cuffia y col., 2017, 2019a, 2020). Este trabajo fue el primero en demostrar la funcionalidad *in vivo* (en ratones) de un queso Fiordilatte adicionado de probióticos. Los quesos adicionados de *Lactobacillus acidophilus* LA5, *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG, o de ambas cepas combinadas, resultaron seguros y fueron capaces de modular la respuesta inmune en animales, incrementando las defensas a nivel de mucosas y disminuyendo el perfil de citoquinas proinflamatorias (Cuffia y col., 2019b, 2020).

Sin embargo, este queso probiótico de pasta hilada desarrollado por el grupo de trabajo, que presenta excelentes características sensoriales, tiene una particularidad: debe conservar la cadena de frío durante su almacenamiento, distribución y período en góndola. La temperatura de almacenamiento es un factor importante para la conservación de los productos alimenticios con elevado contenido de humedad y/o adicionados de microorganismos probióticos y puede impactar en las características sensoriales de un producto. En nuestro trabajo (Cuffia y col., 2019a) se evaluó el efecto de la temperatura de almacenamiento (4°C y 12°C) sobre las características microbiológicas, químicas y sensoriales de los quesos adicionados con las cepas probióticas comerciales, solas o combinadas. En particular, desde el punto de vista microbiológico, en los quesos almacenados a 12°C durante 29 d (temperatura habitual de las góndolas de supermercados), se observó un desarrollo significativo de *Lb. rhamnosus* GG (no así de *Lb. acidophilus* LA5), con un crecimiento mayor a 1,5 órdenes logarítmicos, lo que derivó en detrimento de

las características sensoriales del producto como: elevado sabor ácido (por efecto de la sobreacidificación durante el almacenamiento), amargor, textura granulosa y calidad general inferior.

Si bien el desarrollo de una cepa probiótica podría ser considerado como un aspecto positivo para la funcionalidad de un alimento, se debe prestar especial atención a que el impacto de su actividad metabólica no perjudique las características sensoriales y la calidad del producto.

En base a esta experiencia, se presenta ahora la posibilidad de incorporar los probióticos en un queso tipo Pizza Cheese para consumo frío, como *snack*. Este tipo de producto se denomina en el mercado americano *String Cheese*, se vende en porciones individuales, envasado al vacío y normalmente saborizado con aditivos.

Defectos, causas y soluciones

Además de los defectos ya analizados, que involucran a las características funcionales del Pizza Cheese una vez que se funde sobre la pizza, otros defectos que pueden presentarse en el queso tras su elaboración son:

- **Corteza blanda:** puede ser producida por una salmuera nueva, sin calcio y/o con un pH no ajustado. Esto genera una migración de compuestos en la membrana externa del queso, que pierde calcio relacionado con la proteína y lo reemplaza por el sodio, provocando la solvatación de la proteína (McMahon y col., 1993). Se debe mantener la salmuera a un pH similar al del queso (-5,2) y cuando se prepara salmuera adicionalarla con un 0,06 % de calcio.

- **Superficie blanda:** puede deberse a un enfriamiento muy rápido de la Mozzarella caliente. Esta amplia diferencia de temperatura impide la migración de la humedad de la corteza hacia la salmuera, efecto que sí se da en los demás quesos en los cuales este gradiente no es tan amplio. Esto deja una corteza húmeda y salada que luego, durante la maduración, recibe más humedad proveniente del centro a los fines de lograr el equilibrio osmótico. Una posible solución es realizar un salado parcial previo (en seco o en el agua de hilado) para disminuir el salado en salmuera y así eliminar el defecto (McMahon y col., 1993).

- **Excesivo sabor ácido, amargor, textura granulosa y calidad general inferior:** el agregado de microorganismos termófilos o mesófilos complementarios para otorgar *flavour* o características funcionales al producto puede derivar en una sobreacidificación y/o mayor proteólisis del producto. Una posible solución es mantener la cadena de frío a 4 °C aproximadamente, durante su almacenamiento, distribución y periodo en góndola.

Evaluación de características funcionales del Pizza Cheese (estándares aplicados en la Mercolactea 2013)

Determinación de la fibrosidad

Se evalúa en una muestra de 4 x 4 cm presentada sobre una caja de Petri. Se realizan dos pequeños cortes, uno en el lado superior de la muestra y otra en el lateral, para después cortar la muestra con los dedos y buscar la presencia de fibras.

Determinación de las propiedades funcionales:

Equipo: horno grill eléctrico con controlador y medidor de la temperatura.

Temperatura: 250 ± 10 °C durante 5 min.

La muestra se obtendrá por medio de un sacabocado. Las dimensiones de la misma deben ser de 4 cm de diámetro por 1 cm de espesor.

Soporte 1: pizzetas o pan lactal para realizar las mediciones de las propiedades funcionales (preferentemente pizzetas ya que el pan absorbe más).

Soporte 2: se puede utilizar papel vegetal de 10 cm de diámetro, preferentemente para realizar la medición de «derretimiento» y *oiling off*.

Se utiliza una escala de 1 a 7 puntos para medir cada descriptor.

- Pardeamiento (*browning*): formación de coloración marrón en el producto luego de sufrir el tratamiento térmico. Como referencia, el valor 1 de la escala corresponde al producto antes de sufrir el tratamiento térmico y el valor 7 al producto cuya superficie se encuentre totalmente quemada (marrón oscuro–negro).

- Formación de burbujas (*blistering*): presencia de burbujas en la superficie del producto. Como referencia, el valor 1 de la escala corresponde al producto antes de sufrir el tratamiento térmico y el valor 7 al producto cuya superficie se encuentre llena de burbujas pequeñas, o bien, si presenta pocas burbujas grandes.

- Derretimiento (*melting*): distribución y cohesión durante el tratamiento térmico. El producto debe distribuirse homogéneamente sobre la superficie del soporte (pizzetas o pan lactal) y no debe «derramarse» o «caerse» del mismo. Como referencia, el valor 1 de la escala corresponde al producto que no funde o derrite (Mozzarella de alta humedad) y el valor 7 corresponde a un producto que se «cae» del soporte (tipo queso Cremoso).

- Liberación de aceite (*oiling off* o *free oil*): presencia de aceite en la superficie del producto. Como referencia, el valor 1 de la escala corresponde al producto antes de sufrir el tratamiento térmico y el valor 7 al producto que cubrió totalmente su superficie de aceite.

- Estiramiento (*stretching*): grado de estiramiento del producto en caliente. Para ello se estira al producto en sentido vertical con un cuchillo o punzón y se observa la distancia alcanzada antes que se produzca el corte. Como criterio de calidad se estableció una distancia óptima de 30 a 70 cm. Si la distancia alcanza a superar los 70 cm, recibe un puntaje de 3 o 4, mientras que si no alcanza los 30 cm se lo considera un defecto y el puntaje va de 1 a 3. Es importante evaluar la calidad del hilo (sin desprendimiento ni formación de grumos).

Tabla 1. Valores recomendados para los descriptores que miden las propiedades funcionales de una Mozzarella para pizza de máxima calidad

Descriptor	Mozzarella para pizza
Pardeamiento (<i>browning</i>)	Hasta 3
Formación de burbujas (<i>blistering</i>)	Hasta 2
Derretimiento (<i>melting</i>)	Debe cubrir entre 6 y 9,5 cm de diámetro
Liberación de aceite (<i>free oil</i>)	Hasta 2
Estiramiento (<i>stretching</i>)	Distancia óptima 30–70 cm. El hilo debe ser liso y brillante. No debe producirse desprendimiento mientras se estira, ni aparición de grumos

Referencias bibliográficas

- Addeo, F. (1996).** *Actas del Congreso Internacional de Tecnología en Producción de Quesos*. Organizado por Chr.Hansen-FEPALE. Buenos Aires, p. 276.
- Banville, V.; Morin, P. (...) Britten, M. (2013).** physical properties of pizza Mozzarella cheese manufactured under different cheese-making condition. *Journal of Dairy Science*, 96, 4804–4815.
- Bansal, N.; Fox, P. F. & McSweeney, P. L. H. (2007).** Factors affecting retention of rennet in cheese curd. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 9219–9225.
- Barbano, D. M.; Chu, K. Y (...) Kindstedt, P. S. (1993).** Contribution of coagulant, starter and milk enzymes to proteolysis and browning in Mozzarella cheese. En *Actas de 30th Marshall Italian and Specialty Cheese Seminars* (pp. 65–79). Organizado por Rhodia-Marshall, Madison (EE. UU.).
- Costabel, L.; Pauletti, M.S. & Hynes, E. (2007).** Proteolysis in Mozzarella cheeses manufactured by different industrial processes. *Journal of Dairy Science*, 90, 2103–2112.
- Cuffia, F.; George, G. (...) Burns, P. (2017).** Technological challenges in the production of a probiotic pasta filata soft cheese. *LWT – Food Science and Technology*, 81, 111–117.
- Cuffia, F.; Pavón, Y. (...) Burns, P. (2019a).** Effect of storage temperature on the chemical, microbiological and sensory characteristics of pasta filata soft cheese containing probiotic lactobacilli. *Food Science and Technology International*. DOI: 10.1177/1082013219854563
- Cuffia, F.; George, G. (...) Burns, P. (2019b).** In vivo study of the immunomodulatory capacity and the impact of probiotic strains on physicochemical and sensory characteristics: Case of pasta filata soft cheeses. *Food Research International*, 125, 108606.
- Cuffia, F.; Reinheimer, J. (...) Burns, P. (2020).** Tendencias y desafíos en la producción de quesos frescos de pasta hilada (capítulo 5). En Reinheimer, J. (Ed.). *Avances y tendencias en la industria láctea. La contribución argentina desde el INLAIN* (pp. 155–169). Ediciones UNL.
- Giraffa, G. & Olivari, G. (1992).** Impiego di glucono delta lattone nella fabbricazione di formaggi. Nota II: mozzarella. *L'industria del latte*, 28, 59–72.
- Kindstedt, P.; Carić, M. & Milanović, S. (2004).** Pasta filata cheeses. En Fox, P; McSweeney, P (...) Guinee, T. (Eds.). *Cheese: Chemistry, physics and Microbiology* (pp. 251–257). Elsevier.
- Kindstedt, Paul S. (2019).** Symposium review: The Mozzarella/pasta filata years: A tribute to David M. Barbano. *Journal of Dairy Science*, 102, 10670–10676. doi:10.3168/jds.2019-17096
- Lelievre, J.; Shaker, R. R. & Taylor, M. W. (1990).** The role of homogenization in the manufacture of halloumi and mozzarella cheese from recombined milk. *Journal of the Society of Dairy Technology*, 43, 21–24.
- Matzdorf, B.; Cuppett, S. L. (...) Hutkins, R. W. (1994).** Browning of Mozzarella cheese during high temperature pizza baking. *Journal of Dairy Science*, 77, 2850–2853.
- McMahon, D. J.; Oberg, C. G. & McManus, W. (1993).** Functionality of Mozzarella cheese. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 48, 99–105.
- McMahon, D. J.; Fife, R. L. & Oberg, C. G. (1999).** Water partitioning in Mozzarella cheese and its relationship to cheese meltability. *Journal of Dairy Science*, 82, 1361–1369.
- McMahon, D. J. & Oberg, C. G. (2011).** Pasta-Filata Cheeses: Low-Moisture Part-Skim Mozzarella (Pizza Cheese). En *Encyclopedia of Dairy Sciences Second Edition* (pp. 737–744). Elsevier.
- O’Keeffe, R. B.; Fox, P. F. & Daly, C. (1975).** Proteolysis in Cheddar cheese: Influence of the rate of acid production during manufacture. *Journal of Dairy Research*, 42(1), 111–122.
- Renda, A.; Barbano, D. M. (...) Mulvaney, S. J. (1997).** Influence of screw speeds of the mixer at low temperature on characteristics of Mozzarella Cheese. *Journal of Dairy Science* 80, 1901–1907.
- Salvadori del Prato, O. (1998).** Mozzarella (pp. 593–605). *Trattato di tecnologia casearia*. Edagricole.

- Tunick, M. H.; Malin, E. L. (...)** Holsinger, V. H. (1995). Effects of skim milk homogenization on proteolysis and rheology of Mozzarella cheese. *International Dairy Journal*, 5(5), 483–491.
- Vigliengo, E. (2013)**. Síntesis del material de las charlas técnicas. *ExpoSuipacha 2013*, p. 116.
- Walstra, P.; Geurts, T. J. (...)** van Boekel, M. A. J. S. (1999). *Dairy Technology. Principles of Milk Properties and Processes*. Marcel Dekker.
- Yun, J.; Barbano, L. & Kindstedt, P. S. (1993)**. Mozzarella Cheese: Impact of coagulant type on chemical composition and proteolysis. *Journal of Dairy Science*, 76, 3648–3656.
- Yun, J.; Barbano, L. (...)** Larose, K. L. (1995a). Mozzarella cheese: impact of whey pH at draining on chemical composition, proteolysis, and functional properties. *Journal of Dairy Science*, 78, 1–7.
- Yun, J.; Barbano, L. (...)** Kindstedt, P. S. (1995b). Mozzarella cheese: impact of rod:coccus ratio on chemical composition, proteolysis, and functional properties. *Journal of Dairy Science*, 78, 751–760.

4.2. Otros

4.2.1. De muy alta humedad, en potes (no fundidos) y procesados, y con tecnologías de membranas

Claudia Vénica, Gabriel Vinderola, Ma. Luján Capra, Carina Bergamini,
Soledad Caballero, Ma. Ayelén Vélez y Ma. Cristina Perotti

Los quesos frescos o de muy alta humedad representan un grupo diverso de variedades que están listos para ser consumidos luego de su fabricación. Su nivel de producción es bajo, ya que aproximadamente el 75% de la producción mundial total corresponde a los quesos madurados en sus distintas variedades (Fox y col., 2017). A pesar de ello, este grupo de quesos tiene una importancia económica creciente a nivel mundial.

En Argentina, la contribución de estos quesos al total de quesos producidos es muy baja; sin embargo, en los últimos años, y en sintonía con lo que acontece a nivel mundial, se observa una tendencia creciente en su producción, lo que se visualiza en la variada oferta de productos con diferentes características (nivel de grasa, sabores, etc.). Estos productos acompañan los nuevos hábitos alimenticios de los consumidores y se han incorporado en la dieta en diferentes momentos del día: en el desayuno/merienda, en la preparación de alimentos en combinación con otros ingredientes y en el *snackeo*.

Se caracterizan por un aroma suave y agradable, un ligero sabor ácido, textura cremosa y consistencia que varía desde quebradiza a untable. Su versatilidad permite muchas aplicaciones diferentes en la industria alimentaria (Fox y col., 2017; CAA, 2020; Wolfschoon Pombo, 2020).

Por otro lado, los quesos fundidos, reelaborados o procesados son un grupo de productos a base de queso que se diferencian de los quesos naturales en que no se elaboran directamente a partir de leche (o leche deshidratada) sino de diversos ingredientes como queso natural, leche desnatada, agua, y otros ingredientes lácteos y no lácteos (proteínas lácteas, proteínas vegetales, aceites vegetales, estabilizantes, colorantes, saborizantes, etc.) (Fox y col., 2017). La tecnología fue desarrollada a principios del siglo xx como una alternativa para desarrollar productos estables que se pudieran almacenar a temperatura ambiente por largos períodos, dándole destino a quesos con imperfecciones en su aspecto exterior, es decir con defectos de presentación, y que exhibían limitaciones comerciales; a partir de ahí se han desarrollado en todo el mundo muchas variedades de quesos procesados (Talbot-Walsh y col., 2018). El tratamiento térmico aplicado desactivaría la microflora y enzimas, logrando un producto más estable en el tiempo (Fox y col., 2017). Presentan un color, aroma y sabor similares al queso o mezcla de quesos utilizados o acorde con los colorantes, saborizantes/aromatizantes y/u otras sustancias alimenticias utilizadas en su elaboración. Se comercializan en varias presentaciones: rallado o feteado, en rodajas, en fetas, para untar o untable u otras de acuerdo con su consistencia (CAA, 2020).

En este apartado nos enfocaremos en las definiciones, características y aspectos legales de los quesos frescos y procesados, se brindarán detalles sobre las tecnologías de elaboración y se profundizará sobre los últimos avances científicos e innovaciones.

Quesos de muy alta humedad o frescos

Definiciones y características

Los quesos de muy alta humedad, también denominados de pasta muy blanda o mole, representan un grupo con diferentes variedades. El volumen de producción de estos quesos se encuentra en crecimiento; en el año 2015 representó el 0,04 % del total de quesos mientras que en el año 2020 prácticamente se cuadruplicó (0,14 %) (MAGYP, 2020). Presentan un contenido de humedad no menor a 55 % y se los clasifica de acuerdo a si han o no recibido tratamiento térmico luego de la fermentación en: «Quesos de muy alta humedad tratados térmicamente» y «Quesos de muy alta humedad». Son

producidos con leche entera, parcial o totalmente descremada, en algunas variedades llevan el agregado de suero de queso o crema y la mayoría son coagulados por acidificación láctica que puede ser complementada o no por cuajo y/o enzimas específicas (CAA, 2020).

La característica distintiva de estos quesos es que requieren un período de estabilización mínima de 24 h, es decir que se consumen poco después de su fabricación por lo que se los suele denominar «quesos frescos». Además, no presentan una forma definida sino que toman la forma del recipiente en el que se envasan para su comercialización y deben conservarse, inmediatamente después de elaborados y hasta su expendio, a una temperatura inferior a 10 °C (CAA, 2020).

El Código Alimentario Argentino (CAA, 2020) clasifica a los quesos de este tipo en dos grandes grupos de acuerdo al proceso de coagulación de la leche (o mezcla base, en el caso de los quesos elaborados con suero o con adición de crema) empleado durante la elaboración. El primero incluye aquellas variedades en las cuales la coagulación se produce por acidificación láctica (o biológica con bacterias ácido lácticas, BAL), complementada o no por cuajo y/o enzimas específicas (coagulación enzimática), tales como el queso Blanco (art. 613), PetitSuisse (art. 615), Cottage (art. 617 bis), Crema (art. 620) y Neufchatel (art. 616); este último se denomina Queso Fontainebleau si se agrega crema previamente batida durante su elaboración. En particular, el queso Philadelphia, original de EE. UU. y cuya tecnología está patentada, es reconocido a nivel mundial por su excelente calidad y es la referencia para los quesos Crema.

En el segundo grupo de quesos, la coagulación se produce por acción del calor en medio ácido y la acidificación puede ser en forma directa por el agregado de acidógeno o por BAL. Para la Ricota o Ricotta (art. 614) se permiten ambos métodos mientras que para el queso Mascarpone (art. 617) solo la acidificación directa.

En particular, la tecnología del queso Blanco es variable de país en país y también hay variaciones entre las industrias. Si bien el CAA establece que puede contener cuajo en su elaboración, también se puede obtener por aplicación de acidificación y calor (Fox y col., 2017). Otras variedades de quesos frescos se comercializan en otras partes del mundo, tales como Quark, Fromagefrais, Paneer, Ricottone, entre otros (Lucey, 2011; Farkye, 2017; Fox y col., 2017).

Por otro lado, según las definiciones del CAA, también se pueden incluir dentro de la categoría de quesos de muy alta humedad a los quesos Caccio (art. 619), Cuartirolo (art. 621), Cremoso (art. 622) y Mozzarella (art. 618), que fueron tratados en particular en otros capítulos.

Tecnología

El proceso de elaboración tiene algunas particularidades de acuerdo a cada variedad de queso y a la legislación de cada país, pero las etapas esenciales para cada grupo son similares (Lucey, 2011; Fox y col., 2017).

Para las variedades coaguladas por acidificación láctica complementada o no por cuajo, el primer paso consiste en la preparación de la leche o la mezcla base y la pasteurización, que puede ser alta temperatura/corto tiempo (72 °C/15 seg) o baja temperatura/largo tiempo (63 °C/30 min). Puede realizarse en forma opcional un tratamiento de homogeneización (por ejemplo: 12–17 MPa a 50 °C). Se ajusta la temperatura a 20–35 °C (dependiendo de la variedad) y se inocula con el fermento de BAL, compuesto generalmente por cultivos mesófilos (ejemplo: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* y *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*) en dosis variables que pueden oscilar desde 0,5 hasta 5 %. La acidificación hasta pH 4,6–4,8 es normalmente lenta y depende de la cantidad de fermento utilizado y de la temperatura de incubación, pudiendo ser 12–16 h a 21–23 °C (proceso largo) o 4–6 h a 30–35 °C (proceso corto). Durante este proceso se produce la conversión *in situ* de la lactosa principalmente en ácido láctico y otros ácidos y compuestos de aroma y sabor, por la actividad fermentativa de las BAL. Cuando el pH es de aproximadamente 6,3 (1–3 h) se puede añadir una pequeña cantidad de cuajo (menor al 3 %, que se usa normalmente para los quesos coagulados con cuajo, por ejemplo entre 0,5 y 1,5 ml/100 l), para obtener un coágulo más firme y minimizar las pérdidas de caseínas durante la posterior separación del suero; su adición es esencial para el queso Cottage mientras que es optativo para las demás variedades (Lucey, 2011; Farkye, 2017; Fox y col., 2017).

En el queso Cottage, la cuajada se corta en gránulos y se somete a un tratamiento térmico y agitación hasta alcanzar una temperatura de entre 40 y 56 °C para favorecer la sinéresis. La cuajada se lava y enfría simultáneamente con sucesivas adiciones de agua (hasta tres veces). Se drena el suero, se adiciona crema pasteurizada (10–20 % de materia grasa) a 4 °C conteniendo una pequeña concentración de sal y estabilizantes, y se procede al envasado en frío (< 30 °C) (Fox y col., 2017; Farkye, 2017).

Para el caso del queso Crema (Neufchâtel y Petit Suisse son similares, aunque presentan diferencias en el contenido grasoso), el coágulo se rompe con agitadores, se somete a un tratamiento térmico (40–55 °C), se desuera y envasa en frío o en caliente. En el primer caso, se sala la cuajada fría, se añaden estabilizantes (aprox. 0,3 %; ejemplo: goma xántica, goma guar, goma de algarrobo, pectina, almidón modificado) para ayudar a prevenir la sinéresis y la aparición de humedad libre en la superficie del producto durante el alma-

cenamiento, y se envasa ($< 30^{\circ}\text{C}$). En el proceso de envasado en caliente, la cuajada se mezcla con sal y estabilizantes en tinas, se calienta a $65\text{--}85^{\circ}\text{C}$, se puede homogeneizar, se envasa y enfría (Phadungath, 2005; Lucey, 2011; Fox y col., 2017). El desuerado puede realizarse por la aplicación de diferentes metodologías que incluyen separación centrífuga, ultrafiltración, filtración del gel sobre un lienzo o moldes perforados, pero la cuajada normalmente no se prensa o el prensado es muy ligero (Lucey, 2011; Fox y col., 2017).

Para la Ricota y Mascarpone, y en algunas tecnologías de queso Blanco, la coagulación se produce por calor y acidez. Para queso Blanco se emplea leche entera, parcial o totalmente descremada, para la Ricota normalmente se emplea suero o una mezcla de suero y leche, y para el Mascarpone se parte de leche y crema. El calentamiento ($80\text{--}95^{\circ}\text{C}$) se puede realizar mediante fuego directo, inyección de vapor directo a la mezcla o a través de la circulación de vapor en tinas con doble camisa. La coagulación se produce por adición de ácido de calidad alimentaria (láctico, cítrico, acético, tartárico) o acidógeno, como glucono- δ -lactona (GDL, que se hidroliza a ácido glucónico), hasta valores de pH $5,0\text{--}6,4$ (Lucey, 2011). Particularmente en la Ricota, las primeras partículas de cuajada se forman a $80\text{--}85^{\circ}\text{C}$; luego la cuajada se mantiene a esa temperatura por unos $15\text{--}20$ min, para reducir el contenido de humedad y para que las partículas de cuajada se vuelvan firmes, se fusionen y floten hacia la superficie debido al aire atrapado. La cuajada que se recupera de la superficie, se coloca en moldes perforados y se enfría (Pintado y col., 2001; Lucey, 2011; Fox y col., 2017). Para el queso Mascarpone la temperatura de cocción suele ser ligeramente más alta que para la Ricota ($85\text{--}90^{\circ}\text{C}$). La cuajada formada se escurre en bolsas de tela o por filtración por membranas, se puede o no adicionar sal, se mezcla o se bate y se envasa. El Mascarpone resulta más cremoso que la Ricota debido al mayor contenido de materia grasa. El proceso de elaboración del queso Blanco es similar al Mascarpone pero suele adicionarse, a la cuajada enfriada a aproximadamente 32°C , un cultivo de BAL para darle un sabor adicional (Lucey, 2011; Fox y col., 2017).

Los valores normales de pH de los quesos Crema, Cottage, Neufchâtel y Petit Suisse en el producto envasado suelen encontrarse entre $4,6$ y 5 mientras que valores más elevados ($5,2\text{--}6,4$) corresponden al Mascarpone, Ricota y Blanco (Lucey, 2011; Fox y col. 2017). En Argentina, la mayoría de los quesos de muy alta humedad presentan valores de pH de entre 5 y 6 (Amuchástegui Beeskow, 2017), ya que los consumidores prefieren quesos frescos suaves y no tan ácidos.

La calidad de los quesos frescos está influenciada por muchos parámetros, incluida la estructura del gel, las condiciones de separación del suero y los tratamientos de la cuajada (Fox y col., 2017).

Quesos fundidos, reelaborados o procesados

Definición y características

El CAA (art. 64I, 2020), establece lo siguiente para este tipo de quesos:

Producto obtenido por el desmenuzado, mezcla, fusión y emulsión por medio de calor y agentes emulsionantes de una o más variedades de quesos, con o sin adición de otros productos lácteos y/o sólidos de origen lácteo y/o especias, condimentos u otras sustancias alimenticias y en el cual el queso constituye el ingrediente lácteo utilizado como materia prima en mayor cantidad en la base láctea.

A su vez la mezcla, luego del proceso de fusión, puede ser sometida a tratamiento térmico a 135–145 °C durante 5 a 10 seg o cualquier otra combinación tiempo–temperatura equivalente, en cuyo caso deberán denominarse queso fundido/procesado UAT (ultra alta temperatura o UHT por sus siglas en inglés). Los quesos UAT que han sido envasados en sistemas estériles podrán almacenarse a temperatura ambiente mientras que los que no tienen este proceso deben refrigerarse a menos de 10 °C. Estos quesos deberán tener como máximo 70 % (p/p) de humedad y como mínimo 35 % (p/p) de materia grasa sobre el extracto seco. Únicamente los productos elaborados con una proporción mínima de un 75 % de una variedad de queso determinada se podrán denominar queso —seguido de la variedad de queso utilizado— fundido/procesado (CAA, art. 64I, 2020).

En Argentina, la participación en el mercado de los quesos fundidos es una de las más bajas en relación con el total de quesos producidos. En el año 2015, el volumen de producción de quesos fundidos junto con otras variedades (rallados y en polvo) fue de 0,12 % y en 2020 se observó un importante descenso (0,06 %) (MAGYP, 2020).

Tecnología

En la tecnología de quesos procesados se desintegra la red de caseínas del queso natural con el objetivo de solubilizar parcialmente las proteínas, permitiendo así la unión con el agua libre y emulsionar la grasa liberada durante el procesamiento (calentamiento y cizallamiento). El proceso representa la transformación estructural de un gel concentrado lleno de grasa a una emulsión concentrada de aceite en agua (Fox y col., 2017).

Se puede aplicar un proceso continuo o discontinuo dependiendo del volumen de queso a procesar, del tipo de producto y comprende varias eta-

pas que se detallan a continuación (Guinee, 2009; Eugster y col., 2012; Buňka y col., 2012; Fox y col., 2017; Talbot–Walsh y col., 2018).

El primer paso consiste en definir la formulación del producto seleccionando los diferentes tipos de quesos «naturales» y sus cantidades, y los demás ingredientes y aditivos (agua, proteínas lácteas, leche, crema, manteca, condimentos, especias, sales fundentes, almidones, antimicrobianos, colorantes, saborizantes, etc.) en función de la composición y características deseadas del producto final y que asegure el cumplimiento de los estándares legales establecidos en cada país. Los quesos «naturales» usados como materia prima tienen que ser perfectamente aptos para el consumo humano desde el punto de vista higiénico sanitario. Defectos de sabor y aroma serán transmitidos al producto final, obteniendo un queso procesado de calidad deficiente. En algunos casos las industrias elaboran quesos especialmente para ser fundidos.

La formulación de la mezcla de partida es un paso crucial y requiere el conocimiento y la experiencia del impacto potencial de los diferentes ingredientes en el producto final: pH, contenido de caseína intacta, relación calcio/caseína, relación caseína/proteínas de suero y relación lactosa/proteínas de los ingredientes en polvo, tipo y nivel de sales emulsionantes y características de retención de agua de los hidrocoloides o almidones, entre otros (Fox y col., 2017).

Se realiza un raspado y lavado de los quesos seleccionados y se reduce su tamaño mediante triturado, rallado o picado para maximizar la superficie del queso y facilitar la transferencia de calor de la mezcla durante el procedimiento de fusión. En algunas industrias, para mejorar la transferencia de calor, aplican un proceso de laminado del queso molido pasándolos a través de dos rolos lisos que pueden girar a distintas velocidades y que se encuentran muy cercanos entre sí, de manera de producir láminas lo más delgadas posibles; luego, se procede al mezclado con los demás ingredientes. Se debe asegurar la homogeneidad de la mezcla, de manera de obtener un producto final uniforme y se debe ajustar el pH entre 5,6 y 5,9 para las variedades untables, y entre 5,4 y 5,6 para los tipos que se presentan en fetas. Este ajuste se puede realizar haciendo una selección y mezcla de diferentes tipos de quesos y mediante la adición adecuada de emulsionantes/estabilizantes y, de ser necesario, correctores de pH. Durante el procesamiento se adicionan sales fundentes, que son secuestrantes de calcio, de manera que la cuajada se desmineralice y se funda en forma homogénea. Cuando se usan quesos poco ácidos o cuajadas, el pH se ajusta agregando además una sal acidificante. Por el contrario, si la mezcla es muy ácida se usan sales neutralizantes. Cuando el pH se acerca a 6 y se elaboran en fundidores con mucha agitación, esfuerzos de corte y alta humedad, los quesos son untables, mientras que, si se trabaja

a pH alrededor de 5,4, con una agitación suave y menor humedad de la mezcla, se obtienen quesos que se pueden cortar o fetear. Si el pH desciende por debajo de 5 se produce liberación de grasa porque se rompe la emulsión. La regulación del pH es muy importante ya que afecta la carga de las proteínas y puede provocar cambios en la unión intramolecular. A un pH de 4,6, las proteínas tienen una carga neta global neutra, lo que lleva a una mayor aglomeración de proteínas y mayor dureza del producto (Lee y Anema, 2009).

El calentamiento de la mezcla (proceso de fusión) se realiza en un sistema cerrado, y se puede efectuar por vapor indirecto a través de una camisa o por inyección directa de vapor; esta última opción disminuye el tiempo de cocción. Cuando se calienta por camisa siempre es conveniente contar con la posibilidad de inyectar vapor directo y a su vez de realizar vacío, lo que permite una extracción de los vahos que arrastran aromas atípicos o indeseables que muchas veces acompañan a los quesos utilizados para elaborar los quesos fundidos o reelaborados; también permite eliminar el aire previniendo aberturas en el producto final. Este proceso se realiza a $\sim 70\text{--}95^\circ\text{C}$ durante 1–15 min (proceso discontinuo o batch) en tinas o pailas cerradas, o a 140°C durante 5 seg (proceso continuo con inyección de vapor directo) generalmente en equipos continuos tubulares. Este proceso va acompañado de agitación/cizallamiento constante para evitar que se queme y conseguir una consistencia uniforme (Lucey, 2011; Fox y col., 2017). En este último proceso, la esterilización permite inactivar los esporos de clostridios que pudieran estar presentes en los quesos o ingredientes (no se obtiene un producto estéril, ya que en general los equipos de envasado no lo permiten). Si estuvieran presentes esporos podrían activarse durante el tratamiento térmico convencional ($75\text{--}85^\circ\text{C}$) y desarrollarse durante el enfriamiento y almacenamiento del producto, especialmente en aquellos con alto contenido de humedad y actividad acuosa. El tratamiento térmico contribuye a eliminar los microorganismos potencialmente patógenos y alterantes, extendiendo la vida útil del producto, y promoviendo el mezclado íntimo de todos los ingredientes de manera de facilitar los cambios fisicoquímicos y microestructurales que transforman la mezcla en un producto final con las características deseadas y estabilidad fisicoquímica.

La fusión es un proceso esencial para lograr una estructura uniforme, mediante el cual se produce un intercambio del calcio (las sales fundentes secuestran calcio y la cuajada pierde su estructura, o sea, se rompe la red proteica unida por el calcio) que mantiene unida la red proteica de fosfo–para–caseinato de calcio (de quesos obtenidos por coagulación enzimática) o de caseína insoluble (de quesos obtenidos por coagulación ácida) por sodio de las sales fundentes, formándose estructuras de para–caseinato o de caseinato

de sodio que son fácilmente dispersables, estabilizando la matriz para que no exude o libere agua o grasa. En efecto, las proteínas hidratadas enlazan agua y emulsionan el aceite libre liberado durante el calentamiento y el cizallamiento, contribuyendo así a la formación de un producto liso, homogéneo y físicoquímicamente estable (Fox y col., 2017). Además de este intercambio iónico, las sales fundentes producen modificación en el pH y tiene influencia en el sabor, color y conservación del producto. Existen diferentes tipos de sales fundentes con características particulares y es una práctica común en la industria utilizar una mezcla de ellas (en general se utilizan concentraciones aproximadas de entre 1 y 3 g/100 g) de manera de garantizar la máxima capacidad *buffer*, secuestrante y emulsionante. La primera sal fundente que se empleó fue el citrato de sodio, pero los quesos que se obtenían eran muy quebradizos y de marcado sabor. Luego se comenzaron a usar polifosfatos (aproxim. al 3 %) y correctores de pH de ser necesarios. Con el uso de polifosfatos, se obtienen quesos con sabor más suave, mucho más elásticos para los de corte y más cremosos para los tipos untables. Actualmente, las sales fundentes más utilizadas son citrato de sodio, y orto, piro y polifosfatos de sodio; en general contienen un catión monovalente (sodio) y un anión polivalente (citrato o fosfato).

Las diferentes variedades de quesos utilizadas como materia prima presentan diferencias en la composición (pH, contenido de humedad, proporción de calcio/caseína y nivel de caseína intacta) debido a variaciones en la composición de la leche, tecnologías de elaboración y grado de maduración, según corresponda (porque se pueden usar quesos frescos sin maduración). En los quesos madurados las caseínas intactas disminuyen como resultado de su hidrólisis durante la maduración por diversas proteinasas y peptidasas (de diferentes orígenes), produciendo péptidos y aminoácidos que son más solubles que la proteína original. Estas variaciones pueden afectar su procesabilidad, por ejemplo, la facilidad con la que la para-caseína del queso se hidrata y emulsiona la grasa libre (Lucey, 2011). En efecto, cuando se utilizan quesos jóvenes con mayor proporción de caseínas intactas el producto presenta buena textura y cuerpo, dando lugar a quesos procesados más firmes; por el contrario, menor proporción de caseína intacta reduce la firmeza del queso procesado porque los péptidos y aminoácidos producidos por la hidrólisis de las caseínas tienen menos capacidad de impartir estructura y rigidez y de emulsificar las grasas, por lo que se reduce la estabilidad del producto (Lucey, 2011; Fox y col., 2017; Talbot–Walsh y col., 2018). Inmediatamente después se procede a la homogenización (aprox. entre 50 y 150 MPa) del producto fundido caliente. Si bien es un paso opcional, la aplicación de homogeneización contribuye al mezclado íntimo de los com-

ponentes e ingredientes, a la reducción del tamaño de partículas, integración de partículas no disueltas (de sal, emulsionante, ingrediente seco, corteza de queso) y promueve una dispersión más fina de las gotas de grasa, conduciendo a un queso más cremoso, de consistencia más espesa y firme (Fox y col., 2017).

El envasado se realiza generalmente en caliente, con envasadoras que suelen ser automáticas brindando presentaciones en diferentes formatos de acuerdo al producto. Finalmente, se procede a la refrigeración del queso para promover la cristalización de la grasa y regular el tipo y grado de interacciones proteicas con los glóbulos de grasa recubiertos de para-caseinato y las moléculas de para-caseinato dispersas. El grado deseado de endurecimiento, y por lo tanto las características de textura del producto final, son regulados por la velocidad de enfriamiento. El tipo de queso fundido para untar debe ser enfriado rápidamente para mejorar sus propiedades untuosas; por el contrario, los que se presentan en formato barras o bloques, se deben enfriar lentamente. En general, los quesos en bloques son más firmes y se caracterizan por presentar un contenido de humedad relativamente bajo y acidez elevada (menor pH). Los quesos para untar tienen una consistencia blanda, un contenido de humedad elevado y baja acidez (mayor pH) (Guine, 2009; Lucey, 2011; Fox y col., 2017).

El perfil de sabor de estos productos es muy variable y depende de las materias primas e ingredientes/aditivos empleados. En general, los quesos maduros imparten altos niveles de sabor «a queso» al producto final, mientras los sabores suaves se asocian al uso de quesos jóvenes (Talbot–Walsh y col., 2018). Cuando se utilizan ingredientes opcionales, como por ejemplo suero de quesería, se debe tener cuidado de que el producto final no sea muy salado por el alto contenido de minerales del suero; esta es una alternativa a emplear para reducir la cantidad de sal a base de sodio agregada a la mezcla sin afectar adversamente el sabor del producto. También se puede agregar suero líquido (dulce) en lugar de agua para aumentar la humedad (incorporando los sólidos aportados por el suero), o bien suero ácido para bajar el pH, pero los quesos son más oscuros debido a las reacciones de pardeamiento no enzimático que se producen por la presencia de lactosa. El almidón se usa a menudo como relleno en el queso procesado ya que cuando se calienta puede reticularse otorgando cuerpo al queso. El almidón puede afectar el producto final de varias formas dependiendo del tipo utilizado, pero generalmente aumenta la dureza del queso procesado y disminuye la capacidad de fusión, lo que puede bajar la aceptación sensorial del producto (Talbot–Walsh y col., 2018).

Avances científicos e innovaciones

Una tendencia actual la constituye el desarrollo de quesos con propiedades nutritivas y saludables, incrementadas a través de diversas estrategias, en respuesta a las tendencias actuales de los consumidores y también impulsado por los procesos de innovación y agregado de valor en los que se encamina la industria láctea para mejorar su competitividad y cuota de mercado. La incorporación de sustancias bioactivas (fibras prebióticas, ácidos grasos, etc.), el agregado de bacterias probióticas y la reducción de grasa y sal, son algunas de las innovaciones que se estudian, muchas de las cuales se han cristalizado en productos que se encuentran al alcance del consumidor actualmente (Giri y col., 2017; de Almeida y col., 2018; Talbot–Walsh y col., 2018; Lučan y col., 2020; Lopes y col., 2021).

Incorporación de prebióticos

Los prebióticos se definen como ingredientes alimentarios que, al ser fermentados selectivamente, producen cambios específicos en la composición y/o actividad de la microbiota gastrointestinal, confiriendo beneficios a la salud del individuo (Corzo y col., 2015). De las fibras con propiedades prebióticas reconocidas (inulina, galato–oligosacáridos —GOS—, fructo–oligosacáridos —FOS—), la mayor cantidad de evidencia científica se reporta para la inulina. En efecto, varios estudios se han dedicado a evaluar la incidencia de su incorporación en la tecnología y en las características del producto obtenido (Hennelly y col., 2006; Buruti y col., 2007; Fadaei y col., 2012; Talbot–Walsh y col., 2018). Además de sus propiedades prebióticas reconocidas, la inulina tiene propiedades tecnológicas interesantes. Es utilizada especialmente cuando se busca reducir el contenido de materia grasa del queso, ya que actúa como efecto «relleno» o modificador de textura (de Almeida y col., 2012; Karimi, 2015). Cuando se estudió la sustitución de parte de la grasa por inulina (8, 10 y 12 % p/p) en queso Crema y se analizó el impacto en las características fisicoquímicas del queso (Fadaei y col., 2012), no se encontraron diferencias en los valores de pH y el contenido de humedad fue mayor en los quesos con inulina comparado al control sin inulina. Los autores señalaron que una proporción de inulina del 10 % fue suficiente para obtener un queso Crema bajo en grasa con atributos fisicoquímicos cercanos a los del queso Crema con contenido de grasa regular (26,5 %) y sin inulina. En otro trabajo (Juan y col., 2013), se comparó un queso fresco reducido en grasa (10 % de contenido graso), sin y con inulina (3 %), con quesos con contenido regular de grasa (20 %). El pH y la

calidad microbiológica no se vieron afectados por la presencia de inulina. Los quesos reducidos en grasa con inulina fueron menos duros, elásticos, cohesivos y masticables que los quesos reducidos en grasa sin inulina y similares a los quesos con contenido de grasa regular. El panel sensorial describió el queso reducido en grasa con inulina más aceptable que su contraparte sin inulina.

En lo que se refiere a los quesos procesados, se logró una reducción de grasa del 63% en comparación con un control de contenido de grasa regular (21,7 g/100 g) con la incorporación de hasta un 3,5% de inulina (Hennelly y col., 2006). La capacidad de fusión y dureza del queso no se vieron afectadas. También se encontró un ligero aumento del contenido de agua en la matriz del queso, lo que podría usarse para contrarrestar cualquier aumento en la dureza observado en los quesos bajos en grasa. Otro estudio (Giri y col., 2017) reportó disminuciones en la humedad, actividad de agua y acidez de los quesos a medida que se incrementó el nivel de inulina (0, 4, 6 y 8%). El panel sensorial informó una disminución significativa en la puntuación sensorial total (teniendo en cuenta los atributos de *flavour*, cuerpo, textura, color, apariencia y untabilidad) cuando se utilizó el nivel más alto de inulina (8%) mientras que, con los menores niveles de agregado, la puntuación fue similar al control. También observaron una disminución en la untabilidad para el queso con 8% de inulina, aunque no encontraron diferencias para los quesos con menor nivel de inulina y el control. Un trabajo más reciente (Belsito y col., 2017) reportó la incorporación de GOS (3–4%) en queso procesado (con 3,5% grasa), el cual produjo una estructura más suave y untable, y mejoró el *flavour* en comparación al queso control.

Incorporación de probióticos

Si bien las leches fermentadas, especialmente el yogur, han sido los vehículos más populares para la incorporación de microorganismos probióticos, los quesos, especialmente los de muy alta humedad, son también una matriz de interés debido al hecho de que poseen un pH significativamente mayor a las leches fermentadas y una masa más compacta, que potencialmente excluye de forma más eficaz al oxígeno (lo cual es benéfico para las cepas del género anaerobio estricto *Bifidobacterium*). Además, porque su mayor concentración proteica y de grasa podrían ofrecer un entorno protector más eficaz durante el tránsito gástrico, permitiendo la llegada al intestino delgado de una mayor cantidad de células viables o menos injuriadas (Karimi y col., 2011). Si bien para los quesos de muy alta humedad es posible encontrar reportes científicos sobre la adición y sobrevivencia

de microorganismos probióticos, o potencialmente probióticos, los estudios han sido principalmente relacionados con el impacto en la tecnología y en la viabilidad microbiana, y no siempre se ha evaluado en estudios de eficacia en humanos la capacidad probiótica del microorganismo incluido en esta matriz, respecto al microorganismo como componente de un suplemento dietario. Otro aspecto importante de destacar es que, en muchos de estos estudios, se utilizaron cepas de lactobacilos y *Bifidobacterium* que no necesariamente cumplían con el requisito mínimo de disponer de al menos un estudio clínico de eficacia en humanos que demostrara algún efecto sobre la salud (Binda y col., 2020). Cabe recordar que la sola pertenencia a alguna de las especies de los géneros mencionados no es condición suficiente para ser considerado un probiótico. En este sentido, es posible encontrar al menos un ejemplo de cada una de las variedades de queso que fue estudiado con éxito como vehículo para cepas de lactobacilos y/o bifidobacterias, algunas de estas con verdadero valor probiótico. Por ejemplo, un queso Blanco turco fue capaz de mantener niveles de *Lactobacillus acidophilus* 593N por más de 90 d cuando fue mantenido a 4 °C (Kasimo y col., 2004). El queso Petit Suisse ha sido utilizado en varios estudios por investigadores brasileños como modelo para la vehiculización de microorganismos probióticos (Cardarelli y col., 2008; Pereira y col., 2010; Villarreal y col., 2013; Barros y De Carvalho Delfino, 2014; Esmerino y col., 2015; Pereira y col., 2016). En el caso del queso Cottage, la cepa *Lactiplantibacillus plantarum* LB41 ha demostrado adecuada sobrevivencia (Jeon y col., 2016) pero carece de estudios que demuestren su capacidad probiótica. Sin embargo, otros trabajos han utilizado *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG, la cepa probiótica con mayor cantidad de estudios clínicos registrados (Dronkers y col., 2020), para estudiar su sobrevivencia en queso Cottage (Abadía-García y col., 2013). La Ricota fue también estudiada como vehículo para la incorporación de una de las cepas de *Lb. acidophilus* con mayor cantidad de estudios clínicos, *Lb. acidophilus* LA5 (Lopes y col., 2021), mientras que en otro estudio esta cepa fue adicionada a Ricota junto a la cepa probiótica de bifidobacteria más estudiada, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12 (Meira y col., 2015) sin afectarse negativamente las propiedades reológicas y sensoriales del producto. Sin embargo, cuando esta última cepa se utilizó junto a la inulina, se observaron modificaciones negativas de los aspectos reológicos y sensoriales del queso Mascarpone (Shoab y col., 2016; de Almeida y col., 2018); esto probablemente fue debido a aspectos relacionados con la inulina más que a la naturaleza de los probióticos, los cuales se agregan a los quesos como adjuntos, donde prácticamente no desarrollan actividad metabólica capaz de alterar las propiedades sensoriales del producto.

Es importante remarcar que el hecho de que no se dispongan de estudios de eficacia de cepas probióticas reconocidas una vez adicionadas a este tipo de quesos, o el hecho de utilizar lactobacilos o bifidobacterias que no puedan considerarse aún probióticos, no inhabilita a que estos productos sean considerados como potencialmente benéficos para la salud, ya que pueden considerarse fuente de microorganismos viables. La evidencia colectiva de la investigación del microbioma humano, los ensayos controlados aleatorios sobre microorganismos específicos (probióticos) y los estudios asociativos sobre el consumo de alimentos fermentados que proveen bacterias viables (quesos, leches fermentadas, kéfir, chucrut, kimchi) proporcionan pruebas preliminares de los potenciales efectos beneficiosos del consumo regular de microorganismos vivos seguros, sugiriendo a la vez que probablemente en el futuro existan recomendaciones dietarias sobre la ingesta de los mismos, aunque estos no clasifiquen técnicamente como probióticos (Marco y col., 2020).

Se ha investigado poco sobre la incorporación de probióticos en quesos procesados, debido a la intolerancia de estos a las altas temperaturas del proceso de producción (cerca de 90 °C). Para superar esta limitación, se ha estudiado la adición de probióticos a queso procesado luego del enfriamiento del producto (Sadek y col., 2017); sin embargo, la inoculación de estos microorganismos después de la fabricación del producto puede no ser factible a gran escala. Otros problemas que plantean los quesos procesados son los largos períodos de almacenamiento a temperatura ambiente (para los productos UAT donde el envasado es estéril) y las altas concentraciones de sal que suelen contener, además del contenido de ingredientes antimicrobianos. El primer trabajo de la incorporación de cultivos probióticos durante la fabricación de quesos procesados utilizó esporos de *Bacillus* como cultivo probiótico (Ehsannia y Sanjabi, 2016) en lugar de los probióticos clásicos basados en lactobacilos y *Bifidobacterium*. Los esporos de *Bacillus* se caracterizan por su resistencia a las altas temperaturas, por lo que pueden sobrevivir a las condiciones de procesamiento que requieren los quesos procesados. Un análisis sensorial de los quesos probióticos mostró una reducción de la presencia de aromas y sabores «extraños» en comparación con el control en los productos recién elaborados. Esta mejora del atractivo sensorial se atribuyó a los compuestos antimicrobianos producidos por el bacilo, que inhibirían el crecimiento de otras bacterias presentes en el queso. Sin embargo, durante el almacenamiento se observó una disminución del pH a un ritmo más rápido que el queso control debido a la producción de ácido láctico a partir de la lactosa. Esto causó un perjuicio en los atributos sensoriales del queso inoculado con esporos de *Bacillus* en comparación con el control. La produc-

ción a gran escala de quesos procesados con probióticos tendría que tener en cuenta el cambio de pH debido a la producción de ácido láctico durante la vida útil del producto, el cual, probablemente, la reduciría en gran medida (Talbot–Walsh y col., 2018).

Defectos microbiológicos

La manufactura de quesos frescos ha sido altamente mecanizada con el uso extendido de procesos de filtración por membrana o utilización de equipamiento automatizado para el lavado de la cuajada, lo cual resulta positivo para disminuir la contaminación microbiana y la prolongación de su vida útil. Esta puede verse reducida por crecimiento de mohos, levaduras y otros alterantes, los cuales pueden hacerlo debido al elevado contenido de humedad, ausencia de corteza y un elevado contenido de lactosa residual (Lucey, 2011). La Ricota ofrece un medio capaz de soportar el crecimiento de *Listeria monocytogenes* (D’Amico y Donnelly, 2017) y también se reportaron defectos en el color a causa de *Bacillus cereus* y *Clostridium* sp. (Laslo y György, 2018).

En queso Mascarpone, algunos autores encontraron alta incidencia de esporos de *Clostridium botulinum* (Franciosa y col., 1999). El origen de la contaminación habría sido la leche cruda y/o la crema usada en la elaboración. La concentración de los esporos presentes en la leche ocurre cuando esta se centrifuga para obtener la crema y, más aún, durante la etapa de concentración de la crema por ultrafiltración, en donde los mismos son retenidos. Asimismo, en pequeñas o medianas queserías italianas, para el Mascarpone se usa la crema obtenida de la aplicación de afloramiento (18–22 % de materia grasa) para higienizar la leche destinada a algunas variedades de quesos, la cual contiene muchos esporos. Posteriormente, durante la elaboración, el tratamiento térmico aplicado a la crema resulta insuficiente para eliminarlos. En cambio, elimina las células vegetativas de los demás microorganismos presentes, entre ellos de las BAL que podrían competir con *Cl. botulinum*, por lo que se promueve la germinación de los esporos si las condiciones resultan favorables para ello. Los factores intrínsecos (pH, actividad acuosa, potencial redox, tipo de ácido —el cítrico es un conservante menos activo que otros ácidos utilizados, incluso a valores de pH más bajos—) presentes en este tipo de queso podrían permitir el desarrollo de *Cl. botulinum* y la producción de toxinas si no se respeta estrictamente la cadena de frío. El proceso de producción y envasado a altas temperaturas (70 a 75 °C) con películas de baja permeabilidad a los gases produce un empaque hermético y disminución de la cantidad de oxígeno, que crea un entorno adecuado

para el desarrollo de *Cl. botulinum* y la producción de su toxina, comprometiéndose la seguridad del producto. La nisina inhibe el desarrollo de alterantes Gram positivos; su uso está permitido por el CAA y puede servir para controlar el peligro frente a abusos de temperatura (Boor y Fromm, 2006); también la nisina puede ser producida por algunas cepas de *Lc. lactis* subsp. *lactis*. Laslo y György (2018) encontraron valores apreciables para *Staphylococcus aureus* (3.10^3 UFC/g), para *Salmonella* sp. (2.10^2 UFC/g) y para levaduras (10^4 UFC/g) en queso Mascarpone.

En el queso Cottage, la baja temperatura de conservación y comercialización (inferior a 8°C) y el pH no son suficientes para inhibir el desarrollo de psicrotrofos y coliformes (Boor y Fromm, 2006). Entre los primeros, las más importantes son las bacterias Gram negativas que se encuentran en la leche y en el equipamiento usado en la elaboración. Especies tales como *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida* y *Pseudomonas fragi* son responsables de olores y sabores rancios. Mohos y levaduras psicrotrofos pueden también producir deterioro. *Alcaligenes viscolactis* produce limo como defecto en estos quesos. Además, algunos mesófilos y bacterias coliformes pueden aislarse a partir de quesos Cottage producidos en condiciones de higiene insuficiente y de abuso en la temperatura de almacenamiento (Dousset y col., 2016). Este tipo de queso es también capaz de soportar el crecimiento de *L. monocytogenes* (D'Amico y Donnelly, 2017). *Geotrichum candidum*, un moho levaduriforme frecuente en productos lácteos, se ha aislado como alterante en quesos de este tipo. Otros defectos se asocian a la acción de las bacterias del cultivo iniciador: flotación de la cuajada durante la cocción por excesiva producción de CO₂ por parte de cepas citrato-positivo de lactococos, producción de lodos por aglutinación de las BAL con las proteínas de la leche y producción de lodos involucrando toda la cuajada que se depositan en el fondo de la tina asociado a infecciones fágicas durante la fermentación. Por tanto, es necesaria una cuidadosa selección del fermento a usar (Lucey, 2011). En cambio, cultivos protectivos de *Lactococcus lactis* sp. *lactis* biovar. *diacetylactis* se han usado en combinación con ciertos aditivos para extender la vida útil de este tipo de quesos (Salih y col., 1990).

Defectos gasógenos causados por BAL heterofermentantes, principalmente del género *Leuconostoc* (*L. mesenteroides*, *L. pseudomesenteroides*) y en menor medida de lactobacilos (*Limosilactobacillus fermentum*, *Levilactobacillus brevis*, *Loigolactobacillus bif fermentans*) fueron analizados en INLAIN en quesos del tipo Petit Suisse. Levaduras gasógenas se detectaron también como responsables de este tipo de defecto. Las concentraciones de los microorganismos alterantes fueron siempre superiores a 10^6 UFC/g. También se aislaron alterantes en quesos Crema: un lactobacilo heterofermentante,

en concentración superior a 10^8 UFC/g, en un pote hinchado conteniendo queso con sabor ácido y olor muy fuerte, y en otro, un alterante esporulado del género *Bacillus* causante de olores muy desagradables en un queso con pH 5,43 y bajo recuento de BAL ($<10^3$ UFC/g) que presentaba además desarrollo en superficie de micelio fúngico (Guglielmotti y col., 2020). La alteración de queso Crema y quesos procesados se asocia con mohos y bacterias formadoras de esporos. *Bysochlamys nivea* es un moho termorresistente capaz de crecer a bajos niveles de oxígeno. Cuando está presente en la leche cruda, puede resultar difícil de eliminar a lo largo del proceso de elaboración de queso Crema (Laslo y György, 2018). Los mohos que se aíslan con más frecuencia pertenecen al género *Penicillium*, cuyo crecimiento en el queso produce deterioro y afecta la calidad. La multiplicación exagerada de las BAL del cultivo iniciador durante el almacenamiento produce reducción del pH y acidez excesiva, lo que resulta en un sabor muy fuerte e inaceptable (Perveen y col., 2011). *Bacillus cereus* es una bacteria formadora de esporos que cuenta con un rico paquete enzimático de proteinasas y lipasas, responsables de producir alteraciones y sabores desagradables. Se encuentra como contaminante en quesos procesados. También se han detectado especies del género *Clostridium*, los que en condiciones de anaerobiosis metabolizan azúcares residuales y citrato con producción de ácidos orgánicos (Laslo y György, 2018). La nisina es efectiva en el control de clostridios y también de *Listeria*, y se usa con ese fin en quesos procesados. Sin embargo, su utilización no es adecuada en quesos fermentados con BAL porque puede inhibir al cultivo iniciador (Hayaloglu, 2016). Para el Cottage y quesos procesados, el CAA permite el uso de conservantes adicionales a base de propionatos, además de los indicados para los otros quesos de muy alta humedad.

Referencias bibliográficas

- Abadía-García, L.; Cardador, A. (...) Amaya-Llano, S. L. (2013).** Influence of probiotic strains added to cottage cheese on generation of potentially antioxidant peptides, anti-listerial activity, and survival of probiotic microorganisms in simulated gastrointestinal conditions. *International Dairy Journal*, 33, 191–197.
- Ahmed, S. A.; Wehaidy, H. R. (...) El-Hofi, M. A. (2016).** Novel milk-clotting enzyme from *Bacillus stearothermophilus* as a coagulant in UF-white soft cheese. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 7241–249.
- Amuchástegui Beeskow, A. (2017).** Estudio de condiciones tecnológicas para obtener un queso enriquecido en galactooligosacáridos. Trabajo final para la obtención del título de grado de Licenciatura en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, FIQ, UNL.
- Barros, L. S. S. & De Carvalho Delfino, N. (2014).** Petit-Suisse cheese production with addition of probiotic *Lactobacillus casei*. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 1756–1764.
- Belsito, P. C.; Ferreira, M. V. S. (...) Cruz, A. G. (2017).** Manufacture of Requeijão cremoso processed cheese with galactooligosaccharide. *Carbohydrate Polymers*, 174, 869–875.
- Binda, S.; Hill, C. (...) Ouwehand, A. C. (2020).** Criteria to qualify microorganisms as «Probiotic» in foods and dietary supplements. *In Frontiers in Microbiology*, 11, 1662.
- Boor, K. & Fromm, H. (2006).** Managing microbial spoilage in the dairy industry. En de Blackburn, C. (Ed.). *Food Spoilage Microorganisms (1st Edition)* (pp.171–193). Woodhead Publishing.
- Bula, F. A. (2020).** Métodos analíticos para monitorear la hidrólisis de lactosa y producción de galactooligosacáridos. Práctica extracurricular. Código PE18C2–I33.
- Buňka, F.; Doudova, L. (...) Kračmar, S. (2012).** The effect of different ternary mixtures of sodium phosphates on hardness of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(10), 2063–2071.
- Cardarelli, H. R.; Buriti, F. C. A. (...) Saad, S. M. I. (2008).** Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially synbiotic petit-suisse cheese. *LWT – Food Science and Technology*, 41, 1037–1046.
- Corzo, N.; Alonso, J. L. (...) Clemente, A. (2015).** Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Nutrición Hospitalaria*, 31(Supl. 1), 99–118.
- D’Amico, D. J. & Donnelly, C. W. (2017).** Growth and survival of microbial pathogens in cheese. En McSweeney, P. L. H.; Fox, P. F. (...) Everett, D. W. (Ed.). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (fourth ed.) (pp. 929–954). Academic Press.
- De Almeida, J. dos S. O.; Dias, C. O. (...) Amboni, R. D. M. C. (2018).** Probiotic Mascarpone-type cheese: Characterization and cell viability during storage and simulated gastrointestinal conditions. *International Journal of Dairy Technology*, 71, 195–203.
- Dousset, X.; Jaffrès, E. & Zagorec, M. (2016).** Spoilage: bacterial spoilage. En Caballero, B., Finglas, P. M. & Toldrá, F. (Ed.). *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 106–112). Academic Press.
- Dronkers, T. M. G.; Ouwehand, A. C. & Rijkers, G. T. (2020).** Global analysis of clinical trials with probiotics. *Heliyon*, 6, e04467.
- Ehsannia, S. & Sanjabi, M. R. (2016a).** Physicochemical, microbiological and spoilage analysis of probiotic processed cheese analogues with reduced emulsifying salts during refrigerated storage. *Journal of Food Science Technology*, 53(2), 996–1003.
- Esmerino, E. A.; Paixão, J. A. (...) Bolini, H. M. A. (2015).** Survival analysis: A consumer-friendly method to estimate the optimum sucrose level in probiotic petit suisse. *Journal of Dairy Science*, 98, 7544–7551.
- Eugster, E.; Jakob, E. & Wechsler, D. (2012).** Cheese, processed cheese, and whey. Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Farkye N. (2017).** Chapter 43 Quark, Quark-like products, and concentrated yogurts. En Paul, L. H.; McSweeney, P. F. (...) David W. Everett (Eds.). *Cheese Chemistry, Physics & Microbiology* (fourth ed.). Elsevier Ltd.

- Fox, P. F.; Guinee T. P. (...)** **McSweeney, P. L. H. (2017).** *Fundamentals of Cheese Science* (second ed.). Springer.
- Franciosa, G.; Pourshaban, M. (...)** **Aureli, A. P. (1999).** *Costridium botulinum* spores and toxin in Mascarpone Cheese and other milk products. *Journal of Food protection*, 62(8), 867–871.
- Giri, A.; Kanawjia, S. K. & Singh, M. P. (2017).** Effect of inulin on physico–chemical, sensory, fatty acid profile and microstructure of processed cheese spread. *Journal of Food Science and Technology*, 54(8), 2443–2451.
- Guglielmotti, G.; Suárez, V. (...)** **Reinheimer, J. (2020).** Microorganismos alterantes en la industria láctea. Incidencia regional en los últimos 20 años. En Reinheimer, J. (Ed.). *Avances y tendencias en la industria láctea: la contribución argentina desde el INLAIN* (pp. 205–217). Ediciones UNL.
- Guinee, T. P. (2009).** The role of dairy ingredients in processed cheese products. Corredig, M. (Ed.). In *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Dairy–Derived Ingredients* (pp. 507–538). Woodhead Publishing.
- Hennelly, P. J.; Dunne, P. G. (...)** **O’Riordan, E. D. (2006).** Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. *Journal of Food Engineering*, 75(3), 388–395.
- Jeon, E. B.; Son, S. H. (...)** **Paik, H. D. (2016).** Characterization of *Lactobacillus plantarum* Lb41, an isolate from kimchi and its application as a probiotic in cottage cheese. *Food Science and Biotechnology*, 25, 1129–1133.
- Juan, B.; Zamora, A. (...)** **Trujillo, A. J. (2013).** Effect of inulin addition on the sensorial properties of reduced–fat fresh cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 66, 1–6.
- Karimi, R.; Mortazavian, A. M. & Da Cruz, A. G. (2011).** Viability of probiotic microorganisms in cheese during production and storage: A review. *Dairy Science and Technology*, 91, 283–308.
- Karimi, R.; Azizi, M. H. (...)** **Vaziri, M. (2015).** Application of inulin in cheese as prebiotic, fat replacer and texturizer: A review. *Carbohydrate Polymers*, 119, 85–100.
- Laslo, É. & György, É. (2018).** Evaluation of the microbiological quality of some dairy products. *Acta Universitaria Sapientiae, Alimentaria*, 11, 27–44.
- Lee, S. K. & Anema, S. (2009).** The effect of the pH at cooking on the properties of processed cheese spreads containing whey proteins. *Food Chemistry*, 115(4), 1373–1380.
- Lopes, L. A. A.; Pimentel, T. C. (...)** **Stamford, T. C. M. (2021).** Spreadable goat Ricotta cheese added with *Lactobacillus acidophilus* La–05: Can microencapsulation improve the probiotic survival and the quality parameters? *Food Chemistry*, 346, 128769.
- Lucey, J. A. (2011).** Cheese: Acid– and acid/heat coagulated cheese. En Fuquay, J. W.; Fox, P. F. & McSweeney, P. L. H. (Ed.). *Encyclopedia of Dairy Sciences* (second ed.) (pp. 698–705). Academic Press.
- Lučan, M.; Ranilović, J. (...)** **Čačić, J. L. (2020).** Physico–chemical properties, spreadability and consumer acceptance of low–sodium cream cheese. *Mljekarstvo*, 70(1), 13–27.
- Marco, M. L.; Hill, C. (...)** **Sanders, M. E. (2020).** Should there be a recommended daily intake of microbes? *Journal of Nutrition*, 150, 3061–3067.
- Meira, Q. G. S.; Magnani, M. (...)** **de Souza, E. L. (2015).** Effects of added *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* probiotics on the quality characteristics of goat ricotta and their survival under simulated gastrointestinal conditions. *Food Research International*, 76, 828–838.
- Pereira, E. P. R.; Cavalcanti, R. N. (...)** **Cruz, A. G. (2016).** Effect of incorporation of antioxidants on the chemical, rheological, and sensory properties of probiotic petit suisse cheese. *Journal of Dairy Science*, 99, 1762–1772.
- Pereira, E. P. R.; Faria, J. A. F. (...)** **Cruz, A. G. (2016).** Oxidative stress in probiotic Petit Suisse: Is the jabuticaba skin extract a potential option? *Food Research International*, 81, 149–156.
- Pereira, L.; Souza, C. (...)** **y Saad, S. (2010).** *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* sp. in co–culture improve sensory acceptance of potentially probiotic petit–suisse cheese. *Acta Alimentaria*, 39, 265–276.
- Perveen, K.; Alabdulkarim, B. & Arzoo, S. (2011).** Effect of temperature on shelf life, chemical and microbial properties of cream cheese. *African Journal of Biotechnology*, 10(74), 16929–16936.
- Phadungath, C. (2005).** Cream cheese products: A review. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 27, 191–199.

- Pintado, M. E.; Macedo, A. C. & Malcata, F. X. (2001).** Review: technology, chemistry and microbiology of whey cheeses. *Food Science and Technology International*, 7(2), 105–116.
- Sadek, Z. I.; Refaat, B. M. (...) Hassan, M. S. (2017).** Biocontrol of processed cheese by incorporation of probiotic bacteria and its metabolites. *International Journal of Dairy Science* (12), 93–104.
- Salih, M. A.; Sandine, W. E. & Ayres, J. W. (1990).** Inhibitory effects of microgard™ on yogurt and Cottage Cheese spoilage organisms. *Journal of Dairy Science*, 73(4), 887–893.
- Shoib, M.; Shehzad, A. (...) Niazi, S. (2016).** Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, 147, 444–454.
- Talbot–Walsh, G.; Kannar, D. & Selomulya, C. (2018).** A review on technological parameters and recent advances in the fortification of processed cheese. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 193–202.
- Villarreal, M. L. M.; Padilha, M. (...) Saad, S. M. I. (2013).** Advantageous direct quantification of viable closely related probiotics in petit–suisse cheeses under in vitro gastrointestinal conditions by propidium monoazide – QPCR. *PLoS ONE*, 8(12): e82102.
- Wolfschoon Pombo, A. F. (2020).** Cream cheese: historical, manufacturing, and physico–chemical aspects. *International Dairy Journal*, 117, 104948.

Fuentes

- ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica).** (2020). CAA (Código Alimentario Argentino). Capítulo XIII, Alimentos Lácteos. <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>
- MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca)** (2020). Estadísticas, producción industrial. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas/_02_industrial/index.php

4.2.2. Quesos azules

Verónica Wolf, Ma. Luján Capra, Silvina Rebechi,
Carlos Meinardi y Ma. Cristina Perotti

Las variedades de quesos en los cuales los mohos crecen durante la maduración se pueden clasificar en dos grandes categorías: quesos azules o con vetas azules (*blue-veined cheese* o *Fromage a pâte persillée*) y quesos con mohos superficiales (por ejemplo: Brie, Camembert). Si bien ambos grupos de quesos tienen en común el crecimiento de estos microorganismos, los métodos de fabricación y sus características sensoriales (*flavour*, textura) son muy diferentes (Fox y col., 2017). En este capítulo nos enfocaremos en los quesos azules, que son los más difundidos en nuestro país dentro de esta categoría. Debe aclararse que recientemente el término «hongos», aplicado a este tipo de quesos y a otras situaciones, ha sido reemplazado por «mohos», si bien en la jerga industrial se sigue utilizando todavía la expresión «quesos madurados con hongos».

Historia

El primer queso madurado por mohos conocido por el hombre, y antecesor de todos los quesos azules, es el Roquefort. A menudo se lo denomina el «Rey del Queso». El primer registro histórico se remonta al menos al siglo XI. Cuenta la leyenda que un joven pastor que acostumbraba a pas-

torear sus ovejas en la región de Larzac (*Causse du Larzac*), en el centro-sur de Francia (departamento Aveyron, región Occitania), se había enamorado de una jovencita que solía pasar por ahí. Una mañana la vio pasar y fue detrás de ella, dejando su queso y su pan en una cueva (al pie de la roca o macizo de *Combalou*); volvió más tarde a buscar sus ovejas y se olvidó de su merienda. Un par de meses después retornó al mismo lugar y encontró su queso y su pan, los que estaban verde-azulados; el pan se presentaba duro y el queso, con una textura especial. El joven probó el queso y notó que tenía un gusto diferente, atractivo, personal... había nacido el queso Roquefort. Este queso se elabora principalmente con leche de oveja de la raza Lacaune. Al igual que otras variedades de quesos, el Roquefort tiene *status* de denominación de origen protegido (PDO, *Protected Designation of Origin*) desde hace muchos años. Por esta razón, está prohibido en todo el mundo emplear la denominación Roquefort para las imitaciones de queso azul elaboradas con leche de vaca, y aún para los que se elaboren con leche de oveja que no cumplan con las condiciones de fabricación establecidas para el mismo.

La maduración del Roquefort se sigue llevando a cabo, exclusivamente, en las cuevas o cavernas naturales de *Combalou*. El colapso de la montaña de *Combalou* creó una red subterránea de cuevas ventiladas por fallas naturales en la roca que funcionan como chimeneas (*fleurines*), conformando un microclima único de temperatura constante (aprox. 8°C) y nivel de humedad ideal para el desarrollo de *Penicillium roqueforti*. El aire penetra a través de las fisuras proporcionando la humedad justa para este queso (95–98%) y se vehiculizan desde el exterior los esporos del moho (Battro, 2011).

Aparte del Roquefort, muchos otros quesos representativos de esta categoría se conocen mundialmente, entre los que pueden mencionarse: Bleu d'Auvergne, Bleu de Gex, Fourme d'Ambert y Bleu de Bresse (Francia), Blue Shropshire, Stilton y Huntsman (Inglaterra), Cashel Blue y Chetwynd (Irlanda), Danablu o Danish Blue y Mycella (Dinamarca), Gorgonzola y Strachitunt (Italia), Cabrales, Picón Bejes-Tresviso y Gamonedo (España), Bavarian Blue (Alemania), Edelpilkäse (Alemania y Austria), Kopanisti (Grecia) y Civil (Turquía). Varios de estos quesos están protegidos por la denominación PDO (Fox y col., 2017). En USA también se producen quesos azules de excelencia, siendo un buen ejemplo el Rogue River Blue del sur del estado de Oregon, el cual en el año 2019 resultó ganador en el certamen *World Cheese Awards*.

Aunque hasta hace algunos años muchos quesos azules europeos se elaboraban a partir de leche cruda sin la adición de fermentos primarios, actualmente se observa una creciente industrialización con el uso de leche pasteurizada y la adición de cultivos lácticos específicos. La cinética de acidificación

de la leche y el valor de pH al momento del agregado del coagulante son muy importantes, ya que favorecen la acción de este, mejoran el drenado del suero, gobiernan el desarrollo de *flavour* y textura del queso, y controlan el crecimiento de flora indeseable. Las especies microbianas seleccionadas como fermentos dependen del tipo de queso. Por ejemplo, para elaborar un queso con algunas aperturas en la masa tales como el Stilton, se utilizan distintas cepas de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* y *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, las cuales producen gas y *flavour*. En algunas variedades, *P. roqueforti* presente naturalmente en la leche desarrolla en el queso (ejemplo: Strachitunt), mientras que en otras los esporos del moho son introducidos en la leche de elaboración o en la cuajada como fermento secundario (Fernández-Salguero, 2004).

Definición y características

Según el Código Alimentario Argentino:

Con el nombre de Queso Azul se entiende el producto que se obtiene por coagulación de la leche por medio del cuajo y/u otras enzimas coagulantes apropiadas, complementada o no por la acción de bacterias lácticas específicas, y mediante un proceso de elaboración que utiliza hongos específicos (*Penicillium roqueforti*), complementados o no por la acción de hongos y/o levaduras subsidiarias responsables de otorgarle al producto características distintivas durante el proceso de elaboración y maduración. (capítulo VIII, art. 627)

El Queso Azul es un queso graso y de mediana o alta humedad, debiendo responder a las características de calidad y de composición (contenido graso: entre 45,0 y 59,9 %; humedad: entre 46 y 54,9 %).

Respecto a las características sensoriales deberá responder a los siguientes requisitos:

- *Consistencia*: semidura desmenuzable o semiblanda pastosa.
- *Textura*: abierta, con desarrollo de mohos distribuidos de manera razonablemente uniforme, con vetas características de color verde, verde azulado o verde grisáceo.
- *Color*: blanco, blanco amarillento, uniformes, con vetas características de color verde, verde azulado o verde grisáceo.
- *Sabor*: picante, salado, característico.
- *Olor*: característico acentuado.

- *Corteza*: rugosa, débil, sin rajaduras, irregular. Eventualmente puede presentar una untuosidad superficial de color ligeramente pardusco y/o incipiente desarrollo de mohos y/o levaduras subsidiarias.

- *Ojos*: no posee. Eventualmente podrá presentar algunos pocos ojos pequeños y diseminados y/o algunas aberturas (ojos mecánicos).

- *Forma y peso*: forma: cilíndrica; peso: 2 a 13 kg.

En la elaboración se deben utilizar los siguientes ingredientes obligatorios:

- Leche y/o leche reconstituida, estandarizada o no en su contenido de materia grasa. Las leches empleadas en la elaboración del Queso Azul deberán proceder de las especies bovina, ovina o caprina, y pueden ser utilizadas solas o en mezclas.

- La leche deberá ser higienizada por medios mecánicos adecuados y sometida a una pasteurización o tratamiento térmico equivalente para asegurar fosfata residual negativa, combinado o no con otros procesos físicos o biológicos que garanticen la inocuidad del producto. Queda excluida de la obligación de ser sometida a pasteurización o tratamiento térmico, la leche higienizada que se destine a la elaboración de quesos que se sometan a un proceso de maduración a una temperatura superior a los 5 °C durante un lapso no menor de 60 d.

- Cuajo y/u otras enzimas coagulantes apropiadas.

- Cloruro de sodio.

- Cultivos de *Penicillium roqueforti*.

Como ingredientes opcionales pueden emplearse leche concentrada, crema, leche en polvo, caseinatos alimenticios, proteínas lácteas u otros sólidos de origen lácteo. También pueden utilizarse cultivos de bacterias ácido lácticas (BAL) específicas, cultivos de mohos y/o levaduras subsidiarias para la maduración, cloruro de calcio y ciertos aditivos previstos para los quesos de alta y mediana humedad. Se autoriza además el uso de lipasas y proteasas según las buenas prácticas de manufactura (BPM). En la figura 1 se observa la forma de un Queso Azul producido en Argentina.

Tecnología de elaboración

En nuestro país, la elaboración del Queso Azul se realiza casi exclusivamente con leche de vaca (acidez: 15–17 °D; pH: 6,6–6,8), la cual se somete a procesos de estandarización del contenido de materia grasa (3,2–3,3 %), homogeneización y pasteurización (72–75 °C/15–30 seg). La homogeneización de la leche es un proceso comúnmente aplicado a esta variedad con dos propósitos: que



Fuente: imagen extraída de https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_893537-MLA42383937375_062020-0.webp

Figura 1. Queso Azul producido en Argentina

la masa se vea más blanca y resalte el color del moho (azulado-verdoso) y que se incremente el proceso de lipólisis al facilitar la accesibilidad de las enzimas lipolíticas al glóbulo graso, logrando de este modo un *flavour* más acentuado. La leche ingresa a la tina a aproximadamente 38 °C. A medida que se produce el llenado de la tina se procede a la adición secuencial de los distintos componentes del fermento primario. Primero se adicionan los cultivos mesófilos de BAL específicas homofermentantes como *Lc. lactis* y heterofermentantes como *Leuconostoc*, y luego de un tiempo de acción de los mismos se agrega el cultivo termófilo, siendo común la adición de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. De este modo, al finalizar el llenado de la tina, se asegura que el fermento actuó en la leche un tiempo aproximado de 2 h. Como ya se indicó, la cinética de acidificación de la leche y el valor de pH al momento del agregado del coagulante son muy importantes. Los fermentos deben acidificar lo más rápidamente posible ya que es importante llegar al salado con una cuajada que tenga un pH igual o menor a 4,8.

En la mayoría de las tecnologías de Queso Azul, la adición del fermento secundario de *P. roqueforti* se realiza a la leche de elaboración a continuación del fermento primario. Distintas cepas del moho se comercializan en nuestro país para la elaboración de quesos azules. La selección de las mismas frecuentemente se basa más en la experiencia que en estudios rigurosos de sus características tecnológicas tales como las actividades enzimáticas (López-Díaz y col., 1996; Larsen y col., 1998; Larsen y Jensen, 1999).

Luego de un tiempo de acción del fermento en la leche se procede a la adición del coagulante (cuajo de bovino adulto o quimosina producida por fermentación). Usualmente esta etapa se realiza a 33–34 °C y la dosis del coagulante empleado es tal que permite la formación del coágulo en aprox. 40–60 min (máximo 80–90 min). Dado que en la elaboración de un queso azul la coagulación es predominantemente ácida, las cantidades empleadas de coagulante son bajas y el tiempo de coagulación se extiende, no siendo este último un parámetro crítico de la tecnología. Luego se procede al corte de la cuajada; se suele trabajar con dos liras de manera de obtener cubos de aproximadamente 1 cm de arista, procurando que el lirado sea homogéneo. Se deja reposar entre 5 y 10 min. El trabajo en tina debe realizarse delicadamente y en forma lenta, con agitación manual y/o mecánica de manera periódica y sin calentamiento (proceso que en total puede llevar más de 2 h). Durante este período también se puede realizar la extracción parcial de suero. Es importante no agitar demasiado porque las cuajadas predominantemente ácidas son débiles y se rompen fácilmente. La aparición de granos pequeños (producidos por excesiva agitación o lirado inadecuado) puede ocasionar la aparición de zonas compactas en la cuajada, impidiendo la penetración de aire y el desarrollo del moho.

Durante el moldeo de la cuajada se debe drenar la mayor cantidad de suero posible para que los espacios inter-granos se ocupen con aire, conduciendo a la aparición de ojos mecánicos. Esta etapa es muy importante; no debe compactarse demasiado la cuajada con las manos, ya que si esto ocurre la masa se cierra y se dificulta el desarrollo del moho. Si bien la presencia de ojos mecánicos constituye un defecto en la mayoría de las variedades de quesos, en los azules es deseable tener estas aberturas en la masa para facilitar posteriormente la perforación de la masa y el crecimiento del *Penicillium*.

En las tecnologías donde el *P. roqueforti* se agrega a la cuajada, el mismo se realiza durante el proceso de moldeo; se intercalan capas de cuajada con el espolvoreo de esporos.

La cuajada sufre un intenso proceso de acidificación en el molde. Durante este proceso los moldes se giran o voltean para facilitar el desuerado, pero sin aplicación de presión a fin de que se mantengan los ojos mecánicos; durante las primeras 2 h se hace el volteo por lo menos 3 veces y luego en forma más espaciada. El pH debe descender a valores próximos a 4,8; valores superiores al mismo puede generar defectos de aparición de suero durante el período de comercialización.

El paso siguiente consiste en el salado, el cual puede realizarse en seco o por inmersión en salmuera. En el salado en seco, la granulometría de la sal es importante y está relacionada con la humedad de la superficie del queso;

para una humedad dada si la granulometría es muy fina se pega demasiada sal y si es muy gruesa, se pega muy poco. El salado por inmersión en salmuera se lleva a cabo a 10–12 °C durante 7–8 h/kg de queso.

Luego del salado los quesos se disponen en cámaras de maduración a una temperatura de 8–12 °C y 95 % HR, y un tiempo recomendado de por lo menos 35 d, para que el producto adquiera sus particulares características.

A los 5 d aproximadamente, los quesos son tratados por inmersión en natamicina. La natamicina es un antifúngico natural que actúa en superficie y previene la proliferación de mohos en el exterior del queso, pero no interfiere con su crecimiento en el interior de la masa, donde el proceso es deseable. Después de 7 d de elaborados se realiza la perforación de las hormas con agujas de acero inoxidable atravesando toda la masa de una cara hacia la otra y viceversa, para permitir el ingreso de aire al interior de la masa y posibilitar el desarrollo del *Penicillium*. Las perforaciones realizadas son abundantes (hasta 150 agujeros de cada lado para una horma de 4 kg).

Para el acondicionamiento comercial los quesos se embalan con papel aluminio o al vacío y se mantienen refrigerados durante su expendio ($T < 8^{\circ}\text{C}$).

En la figura 2 se presenta un esquema básico de la tecnología estándar de elaboración.

Maduración

La caracterización fisicoquímica y sensorial de los quesos azules durante la maduración ha sido extensamente abordada en la literatura (Gobbetti y col., 1997; Prieto y col., 2000; Lawlor y col., 2003; Hayaloglu y col., 2008; Diezhandino y col., 2015; Masotti y col., 2017). La composición global, la extensión de la proteólisis y de la lipólisis, como así también el tipo y nivel de compuestos volátiles presentan importantes variaciones entre los distintos tipos de quesos azules conocidos, asociados al uso de distintos tipos de leches, a las diversas tecnologías, fermentos, tiempos de maduración, etc. También, para un mismo tipo de queso se han señalado diferentes características fisicoquímicas y sensoriales en las diferentes zonas de la horma de queso, íntimamente ligado a la variación en las comunidades microbianas, valores de pH, contenido de sal, nivel de gases, entre otros. Esto hace que cada tipo de Queso Azul tenga características distintivas y únicas.

Diversos microorganismos componen la variada y compleja microbiota de los quesos azules, contribuyendo a la maduración de diferente manera y en diferentes estadios del proceso. Los más importantes son las BAL, que componen el fermento primario y el *P. roqueforti* proveniente del fermento

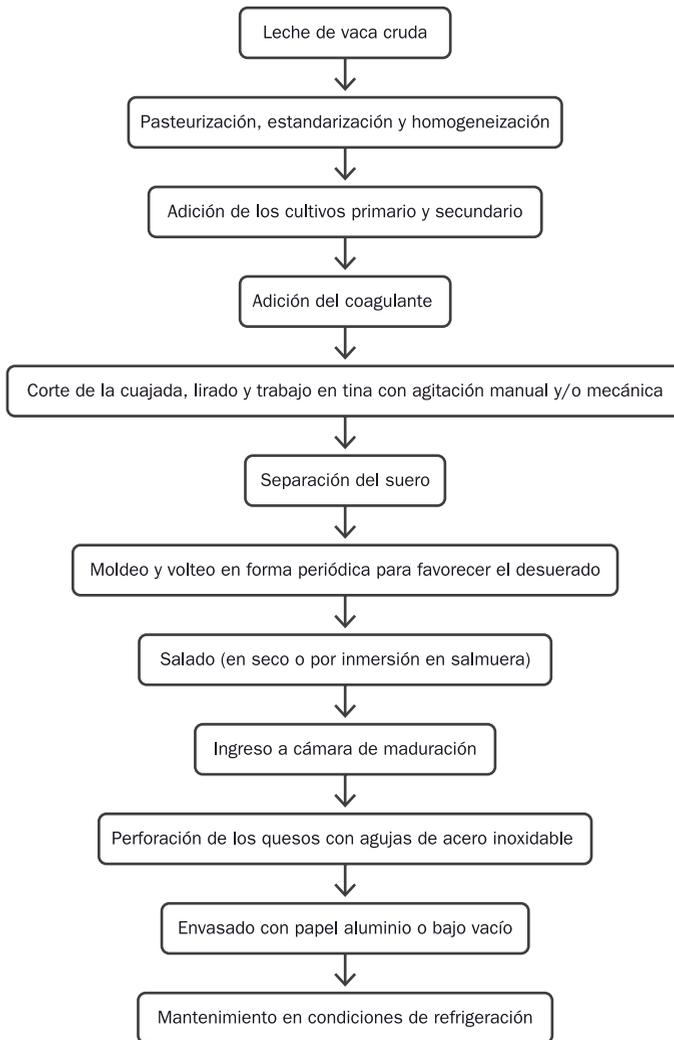


Figura 2. Tecnología estándar de elaboración de un Queso Azul

secundario. Sin embargo, ciertas levaduras y BAL adventicias no adicionadas con el fermento (NSLAB, por su sigla en inglés) también participan en la maduración (Hayaloglu, 2016).

Los quesos azules constituyen un ecosistema muy complejo en cuanto a la presencia de marcados gradientes de pH y NaCl, con niveles y distribución variables de CO₂ y O₂, parámetros que además se modifican a lo largo de la maduración. Se generan microambientes heterogéneos que ofrecen a

los microorganismos diferentes hábitats (el interior, fisuras y canales perforados, y la superficie del queso) los cuales tienen un gran impacto en su crecimiento, distribución espacial y actividad bioquímica y por lo tanto, en la calidad del producto final. Se han conducido diversos estudios respecto a la biodiversidad y la dinámica de las comunidades microbianas dominantes (Flórez y Mayo, 2006; Yunita y Dodd, 2018), la distribución espacial de las diferentes especies microbianas en las distintas secciones del queso (el corazón, la región de las vetas verde-azuladas y la parte exterior) (Ercolini y col., 2003; Gkatzionis y col., 2014) y la identificación del complejo consorcio de mohos y levaduras (Addis y col., 2001).

Todas las investigaciones sugieren que *Penicillium* spp. es el principal grupo microbiano que impacta significativamente en la maduración para la mayoría de los quesos azules conocidos, afectando el *flavour*, textura y color característico (vetas azuladas en las fisuras). Hay un acuerdo generalizado en que la restante microbiota juega un rol complementario en el desarrollo de las propiedades sensoriales (Fernández-Salguero, 2004).

P. roqueforti es el principal aportante de enzimas proteolíticas, liberadas después de la muerte celular y su posterior lisis, conduciendo a la formación de fragmentos nitrogenados solubles en agua y aminoácidos libres, los cuales actúan como precursores de compuestos volátiles (Lawlor y col., 2003). Además, este moho es también el principal agente lipolítico; la hidrólisis de la materia grasa por la acción de las enzimas lipolíticas libera ácidos grasos, los cuales son catabolizados a una gran diversidad de compuestos volátiles, debido a otras enzimas aportadas por este microorganismo (Coton y col., 2020).

Luego de un par de semanas, el moho domina completamente la maduración debido a su potente equipo enzimático. La germinación de los conidios, el crecimiento y la esporulación del moho ocurren durante esta etapa. En las primeras 2 ó 3 semanas, la concentración de NaCl asciende a valores tales (3,5%) que inducen la esporulación y reducen la germinación y el crecimiento. Eso condiciona la apariencia del queso ya que el color verde-azulado se debe exclusivamente a los conidios, a la vez que evita el crecimiento desmesurado de un grueso micelio en las fisuras, lo cual es indeseable porque se siente como goma en la boca (Ardö, 2011). El salado es un paso crucial de la elaboración dado que crea un gradiente desde la superficie al interior del queso que se equilibra lentamente a lo largo de la maduración. Eso no solo selecciona a los microorganismos halotolerantes adecuados para la maduración, sino que impide el desarrollo de patógenos o alterantes. Debido al gradiente de NaCl el desarrollo del *Penicillium* disminuye desde el interior hacia el exterior y generalmente no ocurre en la superficie del queso debido

a la alta concentración de sal. *P. roqueforti* se encuentra bien adaptado a las condiciones del medio (pH, moderada actividad acuosa, baja temperatura, y bajos niveles de oxígeno) de la elaboración y aún de la maduración, en la que estas se vuelven más hostiles (Ardö, 2011; Martín y Coton, 2017).

Las BAL termófilas y mesófilas que componen el fermento primario dominan las primeras etapas de la maduración, acidificando la cuajada. Los microorganismos termófilos incluyen *St. thermophilus* y *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*; en cuanto a los mesófilos se suelen emplear cepas acidificantes de *Lc. lactis* (subsp. *lactis* y *cremoris*) y puede incluir cepas de *Lc. lactis* subsp. *lactis* y de *Leuconostoc* productoras de CO₂ a partir de citrato. Estas últimas abren la masa del queso creando fisuras y canales en la cuajada. La perforación de la horma de queso al inicio de la maduración promueve la expulsión del CO₂ producido por las BAL y permite la difusión de pequeñas cantidades de O₂ al interior favoreciendo el crecimiento y esporulación de *P. roqueforti* (Cantor y col., 2017; Martín y Coton, 2017).

Además de *P. roqueforti* y las BAL del fermento, otros microorganismos pueden colonizar y crecer bien en los quesos azules, especialmente en la superficie. Más del 80% de la flora fúngica de los quesos azules es de *P. roqueforti*; sin embargo, otros géneros de mohos han sido detectados, en particular en aquellos de tipo artesanal.

Las levaduras también son importantes componentes de los quesos azules; aparecen espontáneamente y pueden desarrollarse durante la elaboración y la etapa de maduración. Las levaduras predominantes reportadas son *Debaryomyces hansenii* y en menor extensión *Kluyveromyces marxianus*, *Yarrowia lipolytica*, *Geotrichum candidum* y *Saccharomyces cerevisiae*, entre otras. Estas especies toleran bajos pH y altas concentraciones de sal y crecen a temperaturas de refrigeración. Desarrollan tempranamente (oxidando el lactato a CO₂ y agua, y produciendo amonio a partir de aminoácidos) causando un aumento del pH que promueve el crecimiento de bacterias, en general menos resistentes a bajos valores de pH (Hayaloglu, 2016). A lo largo de la maduración la población de levaduras se va tornando más homogénea, con *D. hansenii* como especie dominante (puede alcanzar niveles de 10⁶–10⁸ UFC/g) debido a su capacidad de crecer en presencia de sal, a bajas temperaturas y de metabolizar lactato y citrato. En condiciones de 25% de CO₂ y 0,3% de O₂, *D. hansenii* estimula el crecimiento de *P. roqueforti*. Esta levadura no aporta significativamente a la proteólisis o lipólisis en el queso, pero al asimilar ácidos orgánicos y carbohidratos residuales crea un microambiente estable durante la maduración, desfavorable para el crecimiento de microorganismos indeseables. *D. hansenii* contribuye positivamente al *flavour* de algunos quesos azules, mientras que otras especies de levaduras

han sido asociadas con la presencia de defectos. En los últimos años se ha profundizado en el rol de las levaduras y en los beneficios de su uso como cultivos adjuntos durante la elaboración de los quesos azules (Cantor y col., 2017; Martín y Cotton, 2017).

En Argentina, los aspectos relacionados con el proceso de maduración han sido muy poco estudiados. Aún no hay datos reportados encarados a identificar la dinámica microbiana que gobierna el proceso de afinado, ni su impacto en los perfiles de maduración y en los aspectos sensoriales. Nuestro grupo de investigación ha llevado a cabo algunos estudios. En uno de ellos se caracterizó la composición global, lipólisis, proteólisis y compuestos volátiles de quesos azules comerciales (n= 20) correspondientes a 6 marcas líderes de la región (Wolf y col., 2011) (Tabla 1).

Tabla 1. Composición fisicoquímica, fracciones nitrogenadas y grado de lipólisis en quesos azules comerciales de la región (n= 20) (valor medio \pm desviación estándar)

Parámetros	Valores
pH	5,7 \pm 0,4
Humedad (g/100 g queso)	41,9 \pm 2,8
Grasa (g/100 g queso; b.s)	54,0 \pm 5,6
Proteína (g/100 g queso)	20,5 \pm 1,6
NaCl (s.h.) ⁽¹⁾	6,3 \pm 1,3
NspH 4,6/NT% ^(*)	39,4 \pm 7,8
NsTCA/NT% ^(*)	35,0 \pm 9,0
NsPTA/NT% ^(*)	13,9 \pm 6,0
Grado de lipólisis (mg/kg queso)	20300 \pm 14100

⁽¹⁾ s.h: sal en la humedad, g/100 g humedad; ^(*) Valores porcentuales respecto al contenido de nitrógeno total (NT).

Los contenidos de humedad y de grasa en el extracto seco se ubicaron dentro de los valores establecidos por el CAA. Los distintos parámetros fisicoquímicos estuvieron en el rango reportado para quesos azules de otros orígenes.

En relación con los perfiles de lipólisis obtenidos por extracción por solventes y cromatografía de gases (GC), se observaron amplias variaciones entre las muestras analizadas. Se registraron niveles para el grado de lipólisis entre 6100 y 49200 mg/kg de queso. Los ácidos grasos libres mayoritarios fueron

oleico (C_{18:1}), palmítico (C_{16:0}) y mirístico (C_{14:0}). Los valores de fracciones nitrogenadas resultaron elevados y también con importantes diferencias entre las muestras. Los altos niveles de proteólisis y lipólisis, en comparación con variedades de quesos madurados por bacterias, revelan la intensa actividad enzimática del moho. Sin embargo, la extensión de la maduración en general resultó inferior a la reportada para quesos azules de otros orígenes (Thierry y col., 2017).

El análisis de la fracción volátil, llevado a cabo por microextracción en fase sólida acoplado a cromatografía de gases y espectrometría de masas (SPME/GC-MS), permitió identificar un total de 50 compuestos volátiles pertenecientes a las familias químicas de las cetonas (10), alcoholes (17), ésteres (9), ácidos (9) y otros compuestos (5).

Las cetonas resultaron un grupo mayoritario, superando el 50 % del total de las áreas de los compuestos volátiles en la mitad de las muestras analizadas. Se destacaron, desde un punto de vista cuantitativo, las metilcetonas y, en particular, la propanona, 2-pentanona, 2-heptanona y 2-nonanona. En muchas de las muestras, los alcoholes y los ácidos fueron otros dos grupos relevantes. Dentro de los alcoholes se identificaron, principalmente, alcoholes lineales secundarios (mayoritariamente 2-propanol, 2-pentanol y 2-heptanol), alcoholes ramificados (mayoritariamente 3-metil 1-butanol) y el etanol. En el grupo de los ácidos, predominaron el butírico y el hexanoico. Los ésteres, particularmente ésteres etílicos y metílicos de los ácidos butíricos y hexanoico, constituyeron un grupo minoritario, representando menos del 5 % del total de compuestos. Todos los compuestos volátiles identificados se encontraron reportados en quesos azules de otros orígenes. Importantes diferencias cuantitativas en los perfiles de volátiles se observaron en los distintos quesos analizados.

Por otro lado, en un trabajo realizado por el INTI se estableció el perfil sensorial estándar para el Queso Azul a partir de la selección y valoración de 20 atributos correspondientes a la apariencia, textura y *flavour* de muestras de quesos comerciales. En este estudio se evaluó además la composición fisicoquímica, lipólisis, fracción volátil y reología (Montero y col., 2014). Se obtuvieron valores promedio para el pH de 6,05, 26,9 % de proteínas y 45,5 % de contenido graso. Los perfiles de lipólisis y compuestos volátiles fueron similares a los informados por Wolf y col. (2011). Se detectó además, por GC-olfactometría, una importante riqueza en cuanto a variedad e intensidad de olores pertenecientes a diferentes familias (láctica, torrefacta, vegetal). Los parámetros de textura detectados por el panel fueron acordes con lo obtenido por la medición instrumental.

Avances científicos e innovaciones

La innovación es un tema muy presente en la industria de la alimentación. El entorno cambiante y el consumidor cada vez más informado y exigente obligan a pensar en nuevos productos y servicios. La innovación es una de las herramientas clave de una empresa para competir de modo satisfactorio en el mercado. Sin embargo, es un reto complejo.

En lo que refiere a los quesos azules, el desarrollo constante de nuevos fermentos para lograr características distintivas en estos productos continúa siendo la principal innovación tecnológica en el sector. Las características tecnológicas y metabólicas de las cepas que componen el fermento primario como el secundario, tienen un enorme impacto en el perfil sensorial y en la calidad del queso. Además, la búsqueda y selección de cepas de *P. roqueforti* incapaces de producir metabolitos secundarios tóxicos es un tópico de gran interés por parte de la industria de los fermentos, la cual ofrece al mercado una gran diversidad de cultivos para ser usados en la elaboración de estos quesos.

Otra innovación reportada es la aplicación de alta presión hidrostática (HHP). Esta tecnología de vanguardia ha atraído el interés del sector alimentario debido a su potencial de producir alimentos microbiológicamente seguros, modificar las propiedades funcionales de proteínas y polisacáridos y alterar reacciones bioquímicas sin afectar significativamente las propiedades nutricionales y sensoriales del alimento (Martínez-Rodríguez y col., 2012). Al presente, solo un limitado número de quesos tratados por alta presión se encuentran disponibles en el mercado mundial. En el caso de los quesos azules dos trabajos se encuentran publicados respecto al uso de esta tecnología. Voigt y col. (2010) estudiaron el efecto en los parámetros de maduración de la aplicación de 400 y 600 MPa a quesos azules de 42 d. Los recuentos de NSLAB, lactococos, levaduras, mohos, enterococos y bacterias aerobias totales decrecieron debido al tratamiento aplicado, siendo los mohos los microorganismos más sensibles y el valor de 600 MPa, el tratamiento más efectivo. Además de la actividad microbiológica reducida, se observó una proteólisis desacelerada respecto a los controles y ningún efecto significativo en la lipólisis ni en el desarrollo de compuestos de *flavour*. Martínez-Rodríguez y col. (2014) reportaron que tratamientos de 300, 400 y 500 MPa afectaron la masa micelial del *P. roqueforti*. A 300 MPa se redujo la viabilidad de los esporos y a mayores presiones se produjo una inactivación completa. También se observaron alteraciones en las actividades enzimáticas. La actividad proteolítica no fue afectada a 300 MPa, pero se redujo al incrementar la intensidad del tratamiento. La actividad lipolítica se redujo paulatinamente con el incremento de la presión.

Por otro lado, algunas de las más recientes investigaciones se han centrado en aplicar modernas herramientas analíticas para esclarecer la actividad bioquímica de los mohos sobre los distintos sustratos presentes en el queso. En este sentido, se destaca el trabajo de Mane y col. (2019) quienes dilucidaron los sitios de acción de las proteinasas de *P. roqueforti* sobre α S₁- y β -caseínas e identificaron numerosos fragmentos de péptidos producidos durante las 9 semanas de maduración de quesos Stilton. Una extensa proteólisis primaria fue observada a las 4 semanas, y se identificaron 91 sitios de hidrólisis para la α S₁-caseína y 118 para la β -caseína al final de la maduración. Las diferencias cuali y cuantitativas en los perfiles de péptidos obtenidos por modernas técnicas de cromatografía líquida (LCMS y UPLC) ponen de manifiesto el complejo mecanismo de proteólisis que acontece durante la maduración de estos quesos.

En las últimas décadas se viene prestando especial atención a la temática de los sistemas de empaque de los quesos, especialmente en relación con su efecto en la calidad y en la vida útil (Khoshgozaran y col., 2012). En el caso de los quesos azules se ha indicado que el material y el procedimiento de envasado puede influir en la dinámica microbiana y en el desarrollo del *flavour* (Duval y col., 2016), pudiendo también afectar el color del moho. El material más comúnmente utilizado es el papel de aluminio. El único estudio sobre el efecto de distintos sistemas de empaques en las características químicas, microbiológicas y de aceptabilidad en quesos azules fue reportado por Danków y col. (2006). Estos autores envasaron las muestras en film de aluminio, al vacío y en atmósfera modificadas de diferente composición de gases, usando en los dos últimos casos un material plástico. Informaron la proliferación de bacterias coliformes en los quesos envasados en papel aluminio, mientras que en los otros quesos este grupo de microorganismos se mantuvo constante a lo largo del almacenamiento, independientemente del tipo de atmósfera utilizada. La aceptabilidad por parte de los consumidores fue mayor en los quesos envasados en papel de aluminio.

La necesidad de clasificar determinados alimentos de acuerdo a su origen geográfico ha llevado al desarrollo de diversas metodologías analíticas. En los últimos años, el uso de narices optoelectrónicas, basadas en arreglos cromogénicos de sensores no específicos, ha emergido como un procedimiento promisorio, potente y versátil para el estudio de sistemas químicos complejos, el monitoreo de procesos y la clasificación de alimentos. Estas narices están basadas en un grupo de colorantes capaces de dar información a través de cambios específicos de color. Una de las aplicaciones reportadas de estos dispositivos fue la identificación o clasificación de quesos azules de acuerdo a su origen (Ros-Lis y col., 2017). Del mismo modo, el análisis de compues-

tos de *flavour* en combinación con modernas herramientas quimimétricas resulta útil para evaluar calidad, autenticidad y también innovación de productos. Un novedoso método estadístico, aplicado a los perfiles de volátiles obtenidos para 17 variedades de quesos azules, permitió seleccionar 14 compuestos específicos para distinguir entre las variedades (High y col., 2021).

Una de las desventajas nutricionales de los quesos azules es el alto contenido de sal y sodio. De hecho, el consumo de una porción de 40 g de queso que contienen 2 % de sal aporta el 16 % de la ingesta diaria recomendada de sodio (2000 mg). De acuerdo a esto, en algunos estudios se ha evaluado la posibilidad del reemplazo parcial del NaCl por otras sales. Pataky (2013) estudió el efecto de la reducción de un 25 % de sodio, con y sin reemplazo con KCl, en la composición, atributos sensoriales y proteólisis de un queso azul. Los resultados obtenidos indicaron que fue posible obtener un queso azul reducido en sodio con características organolépticas aceptables para los consumidores a pesar de algunas diferencias composicionales y sensoriales. Gore y col. (2019) propusieron la sustitución parcial de NaCl por lactato de calcio para mejorar el perfil nutricional. Una reducción del 75 % en el contenido de NaCl (en base seca) fue posible mediante la sustitución parcial por lactato de calcio, sin afectar el sabor, la apariencia, textura y aroma. Además, la granulometría de la sal fue un aspecto importante; la sal gruesa redujo un 20 % el contenido de sodio en comparación con la sal fina.

Defectos en quesos azules

Los principales defectos en quesos azules tienen un origen microbiológico. El ataque de bacteriofagos a cepas heterofermentantes del fermento primario puede producir una textura insuficientemente abierta en la masa del queso y escasa penetración de O₂ al interior, dificultando el desarrollo de *P. roqueforti*. En el INLAIN se aislaron nueve bacteriofagos específicos de *Leuconostoc mesenteroides* a partir de muestras provenientes de elaboraciones industriales de quesos azules con reducida apertura de la masa (Pujato y col., 2014).

Una diversidad de mohos provenientes del ambiente y de la leche, pueden colonizar los quesos. Estos microorganismos resultan contaminantes y causan deterioro por formación de malos sabores, cambios en la coloración o producción de micotoxinas (Desmaures, 2014; Hayaloglu, 2016). Las especies alterantes más importantes pertenecen al género *Penicillium* incluyendo a *Penicillium commune*, *Penicillium nalgiovense* y *Penicillium discolor*, entre otros (van den Tempel y Nielsen, 2000; Ardö, 2011; Cantor y col., 2017).

Habitualmente, el origen de las manchas coloreadas en quesos azules es microbiano y se asocia principalmente a mohos o levaduras de contaminación. Se debe a un pigmento marrón tipo melanina, que se produce si están presentes las enzimas microbianas necesarias y determinadas condiciones ambientales. Esta coloración se observa dentro del queso a pocos centímetros desde la superficie, y la zona marrón rojiza a veces desaparece luego de la exposición al aire por un corto tiempo (Ardö, 2011).

Penicillium caseifulvum se encuentra frecuentemente colonizando la superficie de quesos azules produciendo alteraciones en el color, generando manchas marrones y afectando la calidad del queso pero no a la germinación y esporulación del *P. roqueforti* ya que desarrollan en diferentes nichos. *P. caseifulvum* es sensible al CO₂ y, por tanto, crece únicamente sobre la superficie del queso. *P. roqueforti* en cambio, está bien adaptado a crecer en el interior del queso, donde un bajo nivel de O₂ se combina con un elevado nivel de CO₂ (Ardö, 2011).

La presencia de las manchas marrones en quesos azules también puede ser el resultado de una excesiva actividad del *P. roqueforti* en quesos madurados por períodos prolongados e, incluso, las bacterias termófilas del cultivo primario pueden estar implicadas. Entre las levaduras que también pueden causar este defecto se encuentra especialmente *Y. lipolytica* por la actividad de su enzima tirosinasa (Desmaures, 2014; Cantor y col., 2017).

Algunas cepas de *P. roqueforti* pueden producir micotoxinas y otros metabolitos tales como las roquefortinas C y D y el ácido micofenólico, compuestos que se han reportado en quesos madurados con mohos. Sin embargo, los bajos niveles y la relativamente baja toxicidad de estos metabolitos secundarios sugieren que el consumo de incluso grandes cantidades de queso no representaría ningún riesgo para la salud humana (O'Brien y O'Connor, 2007; Cantor y col., 2017; Dobson, 2017).

Las levaduras, provenientes de la leche cruda y la salmuera, están naturalmente presentes en alto número en los quesos azules madurados (van den Tempel y Nielsen, 2000). Dependiendo de la especie, pueden tener un impacto negativo sobre la calidad del queso, afectando *flavour*, textura y apariencia. Como ya se mencionó, *Y. lipolytica* está asociada a manchas marrones en la superficie y alteraciones en el sabor. *Geotrichum fragrans* puede producir manchas de color rosa–crema en las fisuras del queso (Desmaures, 2014). *G. candidum* puede ser un alterante cuyo origen principal es la deficiente higiene de los equipos. Al igual que *P. roqueforti*, puede desarrollar en las condiciones de la elaboración, pero en ausencia de sal. A diferencia de otras levaduras del ambiente lácteo, el crecimiento de *G. candidum* es limitado por la presencia de NaCl (Eliskases–Lechner y col., 2011). Por lo

tanto, ambos microorganismos compiten por el mismo nicho (el interior del queso) en las primeras etapas de la maduración debido a baja o nula presencia de NaCl. En etapas posteriores, la sal difunde al interior inhibiendo a *G. candidum* y estimulando a *P. roqueforti* (van den Tempel y Nielsen, 2000). La concentración de sal en quesos azules madurados se encuentra entre 2 y 5% (Cantor y col., 2017). La contaminación con *G. candidum* puede inhibir el crecimiento y esporulación de *P. roqueforti*, generando zonas sin las vetas verde-azuladas características y afectando significativamente la calidad del queso (Ardö, 2011). El principal defecto en quesos azules es el escaso o nulo desarrollo de *P. roqueforti*, que conduce a alteraciones en el sabor y textura característicos de este tipo de queso. Por todo esto se destaca la importancia de las BPM para prevenir la contaminación por *G. candidum* durante la elaboración de quesos azules. Además, *G. candidum* inhibe también el desarrollo de *D. hansenii* lo cual es doblemente negativo, ya que esta levadura estimula el crecimiento de *P. roqueforti* y juega en sí misma un rol positivo en la maduración. La inhibición producida por *G. candidum* sobre ambos microorganismos ocurre por competencia por nutrientes y por producción de compuestos inhibidores (van den Tempel y Nielsen, 2000).

Una problemática asociada a los quesos azules es la potencial presencia de aminas biógenas, las cuales son compuestos orgánicos nitrogenados que se producen por la decarboxilación de aminoácidos, en una reacción catalizada por enzimas específicas (decarboxilasas). Si bien algunas aminas biógenas son producidas fisiológicamente en el organismo humano cumpliendo importantes funciones, la ingesta de alimentos que contengan estos compuestos puede causar efectos tóxicos en los consumidores.

Algunas especies de lactobacilos, enterococos, *Leuconostoc*, *Streptococcus* y *Lactococcus* son capaces de producir aminas biógenas. Las BAL pueden ser parte del cultivo iniciador o estar presentes como microbiota adventicia procedente de la leche cruda o del ambiente. Por esto, es esencial la selección de cepas para descartar aquellas productoras de aminas biógenas (Martín y Coton, 2017, Moniente y col., 2021). En quesos azules, es común la presencia de estos compuestos debido a que los microorganismos y la concentración de aminoácidos libres se incrementan marcadamente durante la maduración (Pleva y col., 2014). Sin embargo, no hay información suficiente en la literatura sobre los niveles que pueden resultar tóxicos en humanos. En el INLAIN se investigó la presencia de aminas biógenas en diferentes tipos de quesos comerciales y artesanales, entre los cuales se incluyó a la variedad de quesos azules. En dicho estudio la tiramina, histamina, putrescina y cadaverina fueron detectadas en mayor nivel, en especial en los quesos obtenidos artesanalmente (Giménez, 2017).

Durante la maduración pueden desarrollar bacterias potencialmente patógenas provenientes de la leche o del ambiente de elaboración. Los quesos se encuentran entre los productos lácteos más frecuentemente contaminados por *Listeria monocytogenes*, un microorganismo psicrotrofo y patógeno transmitido por alimentos, agente causal de listeriosis. *Listeria* tolera concentraciones salinas elevadas (hasta 12%), bajos pH (resiste, pero no crece entre 3,3 y 4,2) y posee habilidad de crecer a temperaturas de refrigeración y de formar biopelículas. Los quesos azules son un sustrato que permite su crecimiento y supervivencia a lo largo de la maduración y vida útil (Dalzini y col., 2017; Morandi y col., 2019; 2020). Por tanto, cobran primordial importancia la correcta pasteurización de la leche y el uso de prácticas higiénicas adecuadas para lograr quesos azules libres de este patógeno (Papageorgiou y Marth, 1989). Teniendo en cuenta las características de la corteza desacidificada de los quesos azules y las posibles contaminaciones en contacto con el ambiente, el Consorcio Gorgonzola declaró que la corteza del queso Gorgonzola no es comestible, a fin de disminuir el potencial riesgo de ingestión de *L. monocytogenes*. Diversas estrategias (tratamientos físicos, biopreservación con cultivos protectivos, aplicación de antimicrobianos naturales) se han propuesto para el control de alterantes y patógenos en quesos de este tipo (Garnier y col., 2017; Correa y col., 2019; Morandi y col., 2019; 2020).

Referencias bibliográficas

- Addis, E.; Fleet, G. H. (...)** Leung, T. (2001). The growth, properties and interactions of yeasts and bacteria associated with the maturation of Camembert and blue-veined cheeses. *International Journal of Food Microbiology*, 69, 25–36.
- Ardö, Y. (2011)**. Cheese: Blue mold cheese. En Fuquay, J. W. (Ed.). *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)* (pp. 1:767–772). Academic Press.
- Battro, P. (2011)**. Los quesos azules. *Sitio Argentino de Producción Animal. Producir XXI*, 19(223), 72–73. www.produccion-animal.com.ar
- Cantor, M. D.; van den Tempel, T. (...)** Ardö, Y. (2017). Blue Cheese. En McSweeney, P. L. H.; Fox, P. F. (...) Everett, D. W. (Ed.). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (fourth ed.) (pp. 929–954). Academic Press. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00037-5>
- Correa, F. T.; de Souza, A. C. (...)** de Abreu, L. R. (2019). Effect of Brazilian green propolis on microorganism contaminants of surface of Gorgonzola-type cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 56(4), 1978–1987.
- Coton, E.; Coton, M. (...)** Jany, J.-L. (2020). *Penicillium roqueforti*: an overview of its genetics, physiology, metabolism and biotechnological applications. *Fungal Biology Reviews*, 34, 59–73.
- Dalzini, E.; Cosciani-Cunico, E. (...)** Varisco, G., (2017). *Listeria monocytogenes* in Gorgonzola cheese: Study of the behaviour throughout the process and growth prediction during shelf life. *International Journal of Food Microbiology*, 262, 71–79.
- Danków, R.; Pikul, J. (...)** Cais-Sokolinska, D. (2006). Effect of packaging systems on the quality and shelf-life of the Rokpol type mould cheese from goat milk. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 49, Special Issue, 214–218.
- Desmaures, N. (2014)**. Cheese: Mold-ripened varieties. En Batt, C. A. & Tortorello, M. L. (Eds.). *Encyclopedia of Food Microbiology* (second ed.) (pp. 409–415). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00060-4>
- Diezhandino, I.; Fernandez, D. (...)** Fresno, J. M. (2015). Microbiological, physico-chemical and proteolytic changes in a Spanish blue cheese during ripening (Valdeon cheese). *Food Chemistry*, 168, 134–141.
- Dobson, A. D. W. (2017)**. Mycotoxins in Cheese. En McSweeney, P. L. H.; Fox, P. F. (...) Everett, D. W. (Ed.). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (fourth ed.) (pp. 595–601). Academic Press. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00023-5>
- Duval, P.; Chatelard-Chauvin, C. (...)** Montel, M. (2016). Microbial dynamics in industrial blue veined cheeses in different packaging. *International Dairy Journal*, 56, 198–207.
- Eliskases-Lechner, F.; Guéguen, M. & Panoff, J. M. (2011)**. Yeasts and molds: *Geotrichum candidum*. En Fuquay, J. W. (Ed.). *Encyclopedia of Dairy Sciences* (second ed.) (pp. 4:765–771). Academic Press.
- Ercolini, D.; Hill, P. J. & Dodd, C. E. (2003)**. Bacterial Community Structure and Location in Stilton Cheese. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(6), 3540–3548.
- Fernandez-Salguero, J. (2004)**. Internal mould-ripened cheeses: Characteristics, composition and proteolysis of the main European blue varieties. *Italian Journal of Food Science*, 16, 437–445.
- Fox, P.; Guinee, T. (...)** McSweeney, P. (2017). Chapter 3. Principal Families of Cheese. En *Fundamentals of Cheese Science* (second ed.). New York: Springer, 27–70.
- Flórez, A. B. & Mayo, B. (2006)**. Microbial diversity and succession during the manufacture and ripening of traditional, Spanish, blue-veined Cabrales cheese, as determined by PCR-DGGE. *International Journal of Food Microbiology*, 110, 165–171.
- Garnier, L.; Valence, F. & Mounier, J. (2017)**. Diversity and control of spoilage fungi in dairy products: An update. *Microorganisms*, 5(3), 42.
- Giménez, P. (2017)**. Contenido de aminas biógenas en quesos argentinos. *XXI Encuentro de Jóvenes Investigadores de la Universidad Nacional del Litoral*.

- Gkatzionis, K.; Yunita, D. (...) Dood, E. R. (2014).** Diversity and activities of yeasts from different parts of a Stilton cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 177, 109–116.
- Gobbetti, M.; Burzigotti, R. (...) De Angelis, M. (1997).** Microbiology and biochemistry of Gorgonzola cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 7, 519–529.
- Gore, E.; Mardon, J. (...) Lebecque, A. (2019).** Calcium lactate as an attractive compound to partly replace salt in blue-veined cheese. *Journal of Dairy Science*, 102, 1–13.
- Hayaloglu, A. A.; Brechany, E. Y. (...) McSweeney, P. L. H. (2008).** Characterization of the chemistry, biochemistry and volatile profile of Kufllu cheese, a mould-ripened variety. *LWT–Food Science and Technology*, 41, 1323–1334.
- Hayaloglu, A. A. (2016).** Cheese: Microbiology of cheese. En *Reference Module in Food Science* (pp. 1–11). Elsevier Academic Press.
- High, R.; Eyres, G. (...) Kebede, B. (2021).** Characterization of blue cheese volatiles using fingerprinting self-organizing maps, and entropy-based feature selection. *Food Chemistry*, 347, 128955.
- Khoshgozaran, S.; Hossein Azizi, M. & Bagheripoor-Fallah, N. (2012).** Evaluating the effect of modified atmosphere packaging on cheese characteristics: a review. *Dairy Science & Technology*, 92, 1–24.
- Larsen, M. D.; Kristiansen, K. R. & Hansen, T. K. (1998).** Characterization of the proteolytic activity of starter cultures of *Penicillium roqueforti* for production of blue veined cheeses. *International Journal of Food Microbiology*, 43(3), 215–221.
- Larsen, M. D. & Jensen, K. (1999).** The effects of environmental conditions on the lipolytic activity of strains of *Penicillium roqueforti*. *International Journal of Food Microbiology*, 46(2), 159–166.
- Lawlor, J. B.; Delahunty, C. (...) Wilkinson, M. G. (2003).** Relationships between sensory attributes and the volatile compounds, non-volatile and gross compositional constituents of six blue-type cheeses. *International Dairy Journal*, 13, 481–494.
- Lopéz-Díaz, T. M.; Santos, J. (...) Moreno, B. (1996).** Some technological properties of *Penicillium roqueforti* strains isolated from a home-made blue cheese. *Letters in Applied Microbiology*, 23(1), 5–8.
- Mane, A.; Beck, T. (...) McSweeney, P. L. H. (2019).** Proteolysis in Danish blue cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 97, 191–200.
- Martínez-Rodríguez, Y.; Acosta-Muñiz, C. (...) Sepúlveda, D. (2012).** High hydrostatic pressure processing of cheese. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11, 399–416.
- Martín, J. F. & Coton, M. (2017).** Blue Cheese: Microbiota and Fungal Metabolites. En Frias, J.; Martínez-Villaluenga, C. & Peñas, E. (Ed.) (pp. 275–303). *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*. Academic Press.
- Martínez-Rodríguez, Y.; Acosta-Muñiz, C. (...) Sepúlveda, D. (2014).** Effect of high hydrostatic pressure on mycelial development, spore viability and enzyme activity of *Penicillium roqueforti*. *International Journal of Food Microbiology*, 168–169, 42–46.
- Masotti, F.; Cattaneo, S. (...) De Noni, I. (2017).** Composition, proteolysis and volatile profile of Strachitunt cheese. *Journal of Dairy Science*, 100, 1679–1687.
- Moniente, M.; García Gonzalo, D. (...) Botello-Morte, L. (2021).** Histamine accumulation in dairy products: Microbial causes, techniques for the detection of histamine-producing microbiota, and potential solutions. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20, 1481–1523.
- Montero, H.; Pino, F. (...) Rodríguez, G. (2014).** Caracterización de queso azul. INTI Lacteos. III del Queso Azul, Santa Fe, 1–33.
- Morandi, S.; Silveti, T. (...) Brasca, M. (2019).** Can lactic acid bacteria be an efficient tool for controlling *Listeria monocytogenes* contamination on cheese surface? The case of Gorgonzola cheese. *Food Control*, 96, 499–507.
- Morandi, S.; Silveti, T. (...) Brasca, M. (2020).** How we can improve the antimicrobial performances of lactic acid bacteria? A new strategy to control *Listeria monocytogenes* in Gorgonzola cheese. *Food Microbiology*, 90, 103488.
- O'Brien, N. M. & O'Connor, T. P. (2007).** Pathogens and food poisoning bacteria. What are mycotoxins, where do they come from and what problems do they cause? En McSweeney (Ed.). *Cheese problems solved* (pp. 150–151). CRC Press.

- Papageorgiou, D. K. & Marth, E. H. (1989).** Fate of *Listeria monocytogenes* during the manufacture and ripening of blue cheese. *Journal of Food Protection*, 52, 459–465.
- Pataky, E. (2013).** Sodium reduction in Blue cheese with and without replacement by KCl (tesis inédita de doctorado). Universidad de Minnesota.
- Pleva, P.; Bunková, L. (...) Purevdorj, K. (2014).** Biogenic amines in smear and mould-ripened cheeses. *Potravinárstvo*, 8, 321–327.
- Prieto, B.; Franco, I. (...) Carballo, J. (2000).** Picon Bejes-Tresviso blue cheese: An overall biochemical survey throughout the ripening process. *International Dairy Journal*, 10, 159–167.
- Pujato, S. A.; Guglielmotti, D. M. (...) Quiberoni, A. (2014).** *Leuconostoc* bacteriophages from blue cheese manufacture: long-term survival, resistance to thermal treatments, high-pressure homogenization and chemical biocides of industrial application. *International Journal of Food Microbiology*, 177, 81–88.
- Ros-Lis, J. V.; Vivancos, J. L. & Martínez-Mañez, R. (2017).** 1–Nanomaterial-based optoelectronic noses for food monitoring and classification. *Nanobiosensors*, 1–33.
- Thierry, A.; Collins, Y. (...) Spinnler, H. (2017).** Chapter 17. Lipolysis and Metabolism of Fatty Acids in Cheese. En McSweeney, P.L. H.; Fox, P. (...) Everett, D. (Eds.). *Cheese Chemistry, Physics & Microbiology* (fourth ed.) (pp. 423–440).
- van den Tempel, T. & Nielsen, M. S. (2000).** Effects of atmospheric conditions, NaCl and pH on growth and interactions between moulds and yeasts related to blue cheese production. *International Journal of Food Microbiology* 57(3), 193–199.
- Voigt, D. D.; Chevalier, F. (...) Kelly, A. L. (2010).** Effect of high-pressure treatment on microbiology, proteolysis, lipolysis and levels of flavour compounds in mature blue-veined cheese. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11, 68–77.
- Wolf, I. V.; Perotti, M. C. & Zalazar, C. A. (2011).** Composition and volatile profiles of commercial Argentinean blue cheeses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(2), 385–393.
- Yunita, D. & Dodd, C. (2018).** Microbial community dynamics of a blue-veined raw milk cheese from the United Kingdom. *Journal of Dairy Science*, 101, 4923–4935.

Fuentes

CAA (Código Alimentario Argentino). Capítulo VIII: Alimentos lácteos. Actualizado al 01/2020. <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>.

4.3. Quesos de leches finas

4.3.1. Quesos de leche de oveja

Silvina Rebecchi, Carina Bergamini, Elisa Ale, Guillermo George,
Carlos Meinardi y Facundo Cuffia

Lechería ovina en Argentina

A diferencia de lo que ocurre en otros países del mundo, donde la producción de leche de oveja es una práctica milenaria, en Argentina se puede decir que se trata de una actividad incipiente, que en ocasiones presenta una baja rentabilidad por falta de conocimientos e infraestructura adecuada para la explotación de la lechería. A esto se suman algunas cuestiones que restringen el potencial que entraña un rebaño ovino: i) la notable heterogeneidad en los planteles con que se opera; ii) la carencia en la pureza de razas; iii) el limitado nivel de productividad por falta de instalaciones y conocimientos adecuados; y iv) el obsoleto criterio que aún persiste en muchos establecimientos de considerar que la leche de oveja solo puede ser destinada a la alimentación de sus crías (Meinardi y col., 2012). Teniendo en cuenta lo mencionado, y bajo las condiciones descriptas, el volumen de leche producido es escaso y se destina mayoritariamente a la elaboración de quesos artesanales que muy a menudo no poseen una óptima calidad (Bain, 2007).

Esta situación actual se contrapone con lo que sucede a escala mundial. En otros países como Italia, Grecia, España, Rumania, Francia, Turquía,

Siria e Irán, entre otros, la lechería ovina está muy desarrollada y se pueden encontrar los quesos de oveja más famosos del mundo. Como ejemplo de algunos de ellos se pueden citar el Pecorino Romano, el Fiore Sardo y el Pecorino Sardo en Italia; el Feta y el Teleme en Grecia; el Manchego y el Idiazabal en España; y el Roquefort en Francia; todos amparados por la Denominación de Origen Controlada (DOC) (Ottogalli, 2005). En la Tabla 1 se presentan algunos de los principales quesos de leche de oveja elaborados en distintos países, indicando el tipo de consistencia y las características globales de su composición.

Según registros recientes, en nuestro país el ganado ovino cuenta con más de 15 millones de animales (Mueller, 2013). De estos, se estima que existen unas 4000 ovejas en ordeño, distribuidas en unos 45 tambos que producen anualmente alrededor de 500 000 l de leche, lo que permite elaborar 91 000 kg de quesos, aproximadamente. Muchos de estos quesos fueron desarrollados sobre la base del aporte realizado por expertos europeos, fundamentalmente italianos, quienes trajeron la tecnología utilizada en su región incluyendo el nombre que, en muchos casos, pertenecía a quesos protegidos por la Denominación de Origen. Esto propició la adopción de metodologías que frecuentemente no eran las más adecuadas para las características de la leche que se disponía. En efecto, las diferencias atribuibles a la genética de los planteles, la región de cría, las pasturas y, fundamentalmente, a la escasa tradición en el manejo de los rebaños para la producción de leche, imponen la adopción de metodologías adecuadas para cada caso. Sin embargo, cuando se comenzaron a visualizar estos problemas, la situación económica

Tabla 1. Contenido promedio (% p/p) de algunos componentes esenciales en quesos de oveja de diferentes países

País	Nombre	Tipo de Queso	Materia Grasa	Proteína	Calcio	Fósforo
Bulgaria	Kaschkaval	Pasta Hilada	45	20	–	–
Chipre	Halloumi	Madurado en Salmuera	48	24	–	–
Francia	Roquefort	Variada Azul	50	21	0,62	0,42
Grecia	Feta	Madurado en Salmuera	40	18	0,65	0,40
Italia	Pecorino	Duro	42	29	0,40	0,32
Portugal	Serra de Estrela	Semiduro	56	26	0,65	0,53
Rumania	Teleme	Madurado en Salmuera	50	18	0,53	0,40
España	Manchego	Semiduro	50–65	23	0,68	0,54

Fuente: Ramos y Juárez, 2011.

del país había cambiado y resultaba muy costoso traer expertos extranjeros. En este contexto, fueron muy pocos los establecimientos que tuvieron la capacidad de adaptar la tecnología a las características de su materia prima para obtener quesos de calidad, con un valor acorde a los costos de producción. Las empresas que no lograron alcanzar esta meta se vieron obligadas a cerrar o bien a volcarse a otras producciones.

Particularmente en la provincia de Santa Fe, parte importante de la región agrícola-ganadera e industrial de la Argentina, se concentran grandes extensiones de territorio que son explotadas principalmente por pequeñas y medianas empresas, para quienes la producción ovina representa un rubro más, orientado fundamentalmente a la comercialización de corderos jóvenes para consumo cárnico en el mercado interno. Ante esta situación, desde la Universidad Nacional del Litoral, a través del Instituto de Lactología Industrial (INLAIN), se iniciaron acciones tendientes a impulsar el desarrollo e investigación de la lechería ovina. Los resultados se presentarán a lo largo de este capítulo.

Características de la leche de Oveja

En general, las leches no tradicionales están asociadas a economías regionales, es decir, pequeñas escalas de elaboración artesanal de productos de elevado valor agregado. En este sentido, la leche ovina ocupa un lugar preponderante por cuanto constituye una excelente fuente de proteínas, calcio, fósforo y lípidos que, además, aporta vitaminas, macrominerales y oligoelementos que actúan como cofactores de numerosas enzimas. En comparación con la leche bovina, la leche de oveja puede ser considerada como un producto naturalmente concentrado, puesto que contiene mayores niveles de sólidos totales y nutrientes indispensables que le confieren, entre otras cosas, una mayor viscosidad y resistencia a la proliferación bacteriana tras el ordeño, debido a su elevada actividad antimicrobiana (Ramos y Juárez, 2011). En la Tabla 2 se muestran los valores de composición global típica para leche de oveja y de vaca.

Es importante destacar que la composición de la leche de oveja cambia durante el período de ordeño (que se extiende desde octubre a mayo). La misma se va concentrando en sólidos a medida que avanza el ciclo de lactación y los volúmenes de producción los que, luego de alcanzar un máximo en los primeros meses, comienzan a disminuir. Así, los sólidos totales aumentan desde ~16% (p/v) a los 30–45 d después del parto (momento del destete de las crías e ingreso al tambo) hasta ~26% (p/v) al final de la lactación, con un valor promedio de 19,30%. Esta tendencia se ve reflejada en los niveles de

Tabla 2. Composición global de leche de oveja y de vaca. Los valores están expresados en g/100 ml de leche¹

Especie	Sólidos Totales	Materia Grasa	Proteína	Lactosa	Cenizas	Agua
Ovina	19,30	7,40	4,50	4,80	1,00	80,7
Bovina	12,70	3,70	3,40	4,80	0,70	87,3

¹Valores medios obtenidos a partir de diferentes fuentes.

materia grasa y de proteínas, para los que se verifican incrementos del 5,45 al 11,20% (p/v) y del 5,47 al 8,39% (p/v), respectivamente, lo cual tiene un impacto directo en el rendimiento del proceso de quesería, tal como ha sido demostrado por Mercanti y col. (2008). Mediante un método rápido y sencillo, estos autores realizaron una predicción del rendimiento caseario de 421 muestras individuales de leche de oveja de raza Pampinta (EEA INTA Anguil, La Pampa) provenientes del mismo rebaño, a tres tiempos distintos durante un período de lactación. Los resultados obtenidos, presentados en la figura 1, muestran que, si bien a los 108 d de lactación hubo un ligero incremento en el rendimiento quesero, este último fue muy superior hacia el final de la misma (213 d), en concordancia con el aumento en el contenido de materia grasa y caseína en las leches.

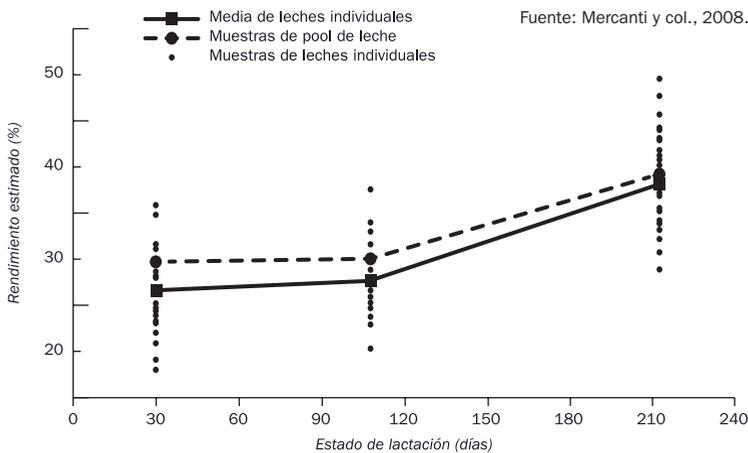


Figura 1. Rendimiento quesero (% p/p) durante el período de lactación estimado por un ensayo de predicción para muestras de leche provenientes de ovejas individuales del mismo rebaño

El Proyecto «Planta Industrial de la Escuela». Un aporte del INLAIN para el aprovechamiento y desarrollo sustentable de la lechería ovina y la producción de quesos regionales

Como se ha mencionado anteriormente, desde la Universidad Nacional del Litoral se iniciaron acciones tendientes a impulsar el desarrollo e investigación de la lechería ovina, principalmente tendientes a la producción de quesos regionales con características distintivas.

Desde el año 2006, se viene trabajando exhaustivamente en el desarrollo de tecnologías y explotación primaria de la lechería ovina. Es así como, en el 2008, se logró: i) instalar en la Escuela de Agricultura Ganadería y Granja de la Universidad Nacional del Litoral una planta modelo destinada a la producción de distintas variedades de quesos de leche de oveja, bajo estrictas exigencias de los órganos de contralor (RNE N° 21-112474); ii) desarrollar y obtener los derechos de autor de propiedades tecnológicas de 3 (tres) variedades diferentes de quesos de humedad intermedia (Alhua | RNPA 21088080, Arandu | RNPA 21088077, y Sayaten | RNPA 21088079), de un queso de baja humedad (Arandu | RNPA 21088078) y de un queso de elevada humedad (Kamby | RNPA 21088076); y iii) presentar tres patentes de invención las cuales han sido concedidas (Cuffia y col., 2018a, 2019, 2021).

Todo esto fue el resultado de un gran esfuerzo de trabajo, que permitió incorporar a productores de la región, desarrollar tecnologías, instalar una planta modelo y comercializar exitosamente los productos que han recibido las calificaciones más altas en el concurso de Mercoláctea, así como diversos premios y reconocimientos (Honorable Senado de la Nación Argentina, INNOVAR y congresos internacionales, entre otros).

Procesos de elaboración: desarrollos e innovaciones

Quesos de humedad intermedia y baja

La materia prima utilizada para la elaboración de estos productos a nivel regional deriva principalmente del ordeño de la raza de oveja Pampinta, biotipo autóctono de la Argentina y desarrollada en nuestro país. La leche que arriba a la planta se vierte en las tinas queseras de volúmenes no mayores a 500 l, corroborando que la temperatura de la misma no exceda el valor de los 4 °C para garantizar el mantenimiento de la cadena de frío. Para controlar la calidad de la leche y su consecuente impacto en la del producto final, se toma una muestra y se la somete a controles fisicoquímicos y microbiológicos (según normas ISO), debiéndose respetar las siguientes especificaciones:

7,2 ± 1,0% en grasa, 5,5 ± 1,0% en proteína, 5,0 ± 0,4% en lactosa, 18,6 ± 2,5% en extracto seco, ausencia de antibióticos, recuento de células somáticas < 500 000 CS/ml y recuento de microorganismos mesófilos totales < 300000 UFC/ml.

A continuación, se comienza a calentar la leche presente en la tina hasta una temperatura de 63 °C, manteniendo una agitación continua para garantizar la homogeneidad de la misma en todo el volumen; una vez alcanzado dicho valor, se mantiene durante un lapso de 30 min, con el objetivo de realizar el proceso de pasteurización (VAT Process) (Dan Zhun y col., 2020).

Una vez cumplido este tiempo, se comienza a enfriar la leche bajo agitación continua a razón de 2 °C por min, hasta alcanzar la temperatura de coagulación, definida en 37 °C para quesos de humedad intermedia (QHI) y 32 °C para quesos de baja humedad (QBH). Es importante destacar que, como la leche de oveja posee mayor cantidad de calcio coloidal que la leche de vaca (Ramos y Juárez, 2011; Cuffia y col., 2018b), se torna innecesaria la adición del mismo para la obtención de una cuajada firme y estable durante el enfriamiento; sin embargo, en muchas ocasiones se suele agregarlo de todas formas como CaCl₂ a razón de 0,14 g/l para asegurar el proceso. Seguidamente, alcanzados los 40 °C, se añade el fermento desarrollado por el grupo de trabajo (Cuffia y col., 2018a), constituido por 40% de *Streptococcus thermophilus* ST-M5, 35% de *Lactobacillus helveticus* LH-B02 y 25% de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* LB-12 (Chr. Hansen, Inc., Dinamarca). ST-M5 es el encargado de iniciar el proceso de acidificación del queso y definir la velocidad adecuada de producción de ácido láctico lo cual, durante el proceso de maduración, determina en buena medida las características de la pasta y la textura del queso. Asimismo, LB-12 continúa el proceso de acidificación una vez que se detiene ST-M5 y define el pH final del queso (Candioti y col., 2009). Además de ello, interviene de manera activa en la proteólisis durante el proceso de maduración al igual que LH-B02, que cumple un papel vital en el desarrollo del *flavour* característico (Bergamini y col., 2010). Se debe tener en cuenta que la mezcla debe ser diluida 30 min antes de la adición a la tina en un volumen de 500 ml de la misma leche esterilizada.

Una vez agregado el fermento y luego de 10 min, se procede a la adición de coagulante, específicamente quimosina obtenida por fermentación (Chy-Max, Inc. Chr Hansen, Dinamarca. 183 IMCU/ml), a razón de 0,14 ml por cada litro de leche hasta lograr la coagulación y una consistencia adecuada de la cuajada para poder efectuar el lirado. En este sentido, es importante tener en cuenta que la consistencia de la misma es mucho más compacta y

firme que la cuajada obtenida a partir de leche bovina, por lo que es necesario realizar un esfuerzo mecánico mayor para el lirado de la misma. Por ende, no debe cometerse el error de litar cuando se alcanza una consistencia semejante a la cuajada de leche bovina, ya que esto derivará en una importante caída del rendimiento quesero por la pérdida de finos de caseína.

La coagulación se debe producir en un tiempo estimado de 10 ± 3 min desde el agregado del coagulante y el corte de la cuajada se debe efectuar en un tiempo de 20 ± 5 min, también desde el agregado del coagulante. Una vez alcanzada la consistencia adecuada de la cuajada se procede a realizar el lirado de la misma, cortando la masa en forma de cruz hasta obtener un tamaño de grano de 8 a 11 mm de arista para los QHI y de 3 a 5 mm de arista para los QBH.

Generalmente, los granos de cuajada se dejan reposar inmersos en el suero de 5 a 8 min y se procede a cocinar la cuajada. Esta etapa consiste en calentar la totalidad del volumen hasta una temperatura de $45\text{--}47^\circ\text{C}$ para los QHI y $50\text{--}52^\circ\text{C}$ para los QBH, elevando la temperatura a razón de 1°C por min, con el objetivo de eliminar de la cuajada la cantidad adecuada de suero para lograr una humedad óptima.

Seguidamente, alcanzada la temperatura de cocción, se suspende el calentamiento y se procede a realizar la eliminación del suero presente en la tina, con el fin de colocar la cuajada en los moldes para que comiencen a tomar su forma definitiva. Completada esta etapa, se colocan los moldes en la prensa hasta alcanzar un $\text{pH} = 5,2 \pm 1,0$ (18–20 h), a los fines de definir la forma final del queso.

Finalmente, se procede a retirar los moldes de la prensa y a desmoldar los quesos; luego se los sumerge en una solución de salmuera al 20% (p/v) durante un tiempo de 12 y 24 h/kg queso (para QHI y QBH, respectivamente) a $12 \pm 1^\circ\text{C}$ y se los coloca en la cámara de maduración ($12 \pm 1^\circ\text{C}$ – 80% de humedad relativa), donde se estacionan por un período que varía entre 45 y 90 d para los QHI, y 90 y 150 d para los QBH.

Quesos de alta humedad

Los quesos frescos o de alta humedad (QAH) de leche de oveja no son comunes de encontrar en el mundo por lo que, para su desarrollo, nuestro equipo de trabajo debió estudiar y modificar los procesos generales existentes para los diferentes QAH que se fabrican en nuestro país y en el mundo a base de leche bovina.

Para el desarrollo de la tecnología de elaboración se utilizó el cultivo iniciador ST-M5. La leche se pasteurizó y enfrió hasta una temperatura de 39 °C (temperatura de coagulación) y, después de 10 min del agregado del cultivo, se adicionó quimosina producida por fermentación (Chy-Max, Inc. Chr Hansen, Dinamarca. 183IMCU/ml) según las condiciones anteriormente descritas en detalle. Después de 15–20 min, la cuajada se cortó al tamaño de grano apropiado (aprox. 25 mm de arista) y la mezcla se agitó suavemente para lograr la humedad adecuada. Se extrajo el suero y se dispuso la cuajada en moldes, los cuales se colocaron en una cámara caliente (40 °C–3 h) hasta alcanzar el pH final deseado ($5,10 \pm 0,05$). Finalmente, los quesos fueron sometidos a una etapa de oreo, salado diferencial y maduración en cámara a 4 °C y 92 % de humedad relativa por 30 d, siendo envasados al vacío luego de las primeras 96 h (Cuffia y col., 2019).

Oreo de los quesos

Una vez que el pH de los quesos ha alcanzado el valor de $5,10 \pm 0,05$, los mismos no se colocan directamente en la salmuera como sucede en las tecnologías tradicionales. En este caso, las hormas se mantienen en una cámara de acondicionamiento a 4 °C y 92 % de humedad relativa (con circulación de aire a baja velocidad para evitar una evaporación superficial excesiva) durante 24 h. Esta etapa tiene como finalidad regular la velocidad de enfriamiento y permite que, durante el desarrollo de la fermentación, se compense el aumento de pH derivado del equilibrio de sales que se produce durante el salado en salmuera (Cuffia y col., 2011). Este fenómeno de aumento de pH durante la maduración de los QAH podría deberse al gran contenido de minerales (principalmente calcio) que contiene la leche de oveja, el cual proporciona una alta capacidad tampón. En efecto, dado que la mayor parte del Ca^{2+} está asociado con la fracción coloidal (aprox. 75–80 % del total) (Park y col., 2007; Ramos y Juárez, 2011), su liberación de las micelas, debido al equilibrio iónico durante la maduración, puede elevar el pH.

Como la velocidad de enfriamiento de las hormas de quesos en el aire es menor que en la salmuera, el proceso de oreo garantiza un retardo progresivo en el desarrollo de los fermentos, lo cual hace que el ascenso de pH propio de estos quesos durante la etapa de salado (por su contenido de calcio y composición proteica) se equilibre con la acidificación residual de los fermentos y garantice un pH de 5,2 a la salida de la misma. Esto se traduce en un producto de óptimas características sensoriales (principalmente texturales) al final de la maduración (Cuffia y col., 2011; 2019).

Salado diferencial de los quesos

Este proceso consiste en sumergir los quesos en una solución de salmuera al 15 % (p/p), según lo establecido por Cuffia y col. (2015), con el objetivo de contribuir a que la cantidad de sal que ingrese al interior de las hormas sea la indicada en cuanto a las características finales del producto que se desea lograr. De lo contrario, el ingreso excesivo de sodio al interior de los quesos generará sabores indeseados como salado, ácido o amargo y pérdidas significativas de humedad, lo cual se traduce en un importante detrimento de sus características sensoriales y en una notoria pérdida de rendimiento quesero (Cuffia y col., 2018a, 2019).

Valor nutricional y funcionalidad. Características y estrategias

La composición de la leche

La leche de oveja presenta propiedades funcionales que se le atribuyen a su materia grasa, ya que contiene un 25 % p/v de ácidos grasos o triglicéridos de cadena media (TCM) C6:0–C14:0, especialmente cuando son expresados como porcentaje sobre la materia seca (Wendorff y Haenlein, 2017). Los TCM han sido reconocidos como un tipo importante de lípidos con aplicaciones únicas, demostrado su efecto beneficioso sobre la saciedad de pacientes saludables y con sobrepeso (Maher y col., 2021). Además, dietas ricas en estos triglicéridos han sido efectivas para tratar enfermedades metabólicas como la obesidad mediante la modificación de la microbiota intestinal (Ahmed Rial y col., 2016). Debido a su especial habilidad para proporcionar energía en lugar de contribuir a incrementar los tejidos adiposos como hacen otros lípidos, los TCM se han utilizado durante décadas para superar muchas anomalías metabólicas y digestivas tales como insuficiencia pancreática, malabsorción de grasas, alteración del transporte de quilomicrones linfáticos, hiperquilomicronemia grave y nutrición parenteral total, además de utilizarse en fórmulas para lactantes prematuros (Marten y col., 2006).

La leche de oveja es casi 3 veces más rica en ácido linoleico conjugado (CLA) y en sus precursores (1,12 a 2,33 g de CLA/100 g de ácidos grasos de la leche) que la leche de vaca (0,38 a 0,90 g de CLA/100 g de ácidos grasos de la leche), por lo que este tipo de leche potenciaría efectos inmunomoduladores, antidiabéticos, reguladores del metabolismo lipídico y antiarterioscleróticos (Mohapatra y col., 2019).

Adición de nueces

Una estrategia interesante e innovadora, no solo desde el punto de vista nutricional y funcional, sino también desde el punto de vista sensorial, consiste en la adición de nueces a los QHI y QBH (Cuffia y col., 2018a). Estas aportan ácidos grasos esenciales que son muy beneficiosos y necesarios para la producción de prostaglandinas, sustancias similares a las hormonas, las cuales son las responsables de la resistencia, la circulación y todo nuestro metabolismo. Esta práctica le confiere al queso de leche de oveja excelentes características para prevenir enfermedades cardiovasculares (Guasch-Ferré y col., 2017). Además, las nueces aportan al queso de leche de oveja argentino proteínas, vitaminas B6 y E, potasio, magnesio, cobre y zinc (Fischer y Gleis, 2013). Por su parte, la vitamina B6 contribuye a evitar la pérdida de memoria y protege el corazón de los seres humanos, mientras que por otro lado, su alto contenido en vitamina E conserva la piel y el cabello saludable. Tanto el potasio como el magnesio son buenos para el corazón humano, y el cobre, también presente en las nueces, es excelente para la prevención de várices. El zinc tiene la gran capacidad de rejuvenecer la glándula timo y de esta manera refuerza el sistema inmunológico. Asimismo, las nueces son una excelente fuente de ácidos grasos omega 3, omega 6 y omega 9, lo que las convierte en vitales para mantener saludable la piel, el corazón y todo el organismo (Ros, 2010).

Para ello, es necesario pesar las nueces (esterilizadas por irradiación) respetando la proporción de 5 g por litro de leche. A continuación, se someten a un proceso de molienda manual o mecánico hasta alcanzar un tamaño de partícula similar al de un grano de arroz para ser vertidas y mezcladas con la cuajada, con el objetivo de lograr una distribución homogénea sin que la cuajada sufra daños en su estructura que, más adelante, puedan interferir con el proceso de moldeado y prensado.

Adición de probióticos

Con el propósito de potenciar la funcionalidad de los quesos, en el INLAIN se estudió la forma más conveniente de enriquecerlos a través de la incorporación, como fermento secundario, de bacterias probióticas de probada idoneidad.

Para estas experiencias se adoptaron tres tipos de quesos (aprox. 800 g/horma) elaborados con las tecnologías ya mencionadas, desarrolladas en el INLAIN. Se estudiaron, individualmente y de manera combinada, dos cul-

tivos adjuntos probióticos comerciales: *Bifidobacterium bifidum* BB12 y *Lactobacillus acidophilus* LA5 (Chr. Hansen, Inc., Dinamarca). En los quesos que se maduraron durante 45 d a 12 °C y 85% de humedad relativa (QHI), el probiótico BB12 exhibió un buen nivel de supervivencia, mientras que el LA5 mostró una disminución de viabilidad de un orden logarítmico. Por otra parte, en los quesos que por su fermento y tecnología aplicada se asemejaban más a los QAH, la viabilidad de los dos probióticos se mantuvo a lo largo de los 45 d de maduración. Finalmente, en los QAH los recuentos de BB12 y LA5 en la cuajada fueron $\sim 10^8$ UFC/g y se mantuvieron en este nivel durante el tiempo de maduración. La adición de BB12 y LA5 produjo un aumento en los niveles de proteólisis secundaria, siendo el efecto más marcado para LA5. El análisis sensorial descriptivo, realizado por un panel entrenado, mostró que la adición de LA5 y BB12 no produjo defectos de sabor y aroma en los quesos, pero mejoró significativamente ($p < 0,05$) la elasticidad, apariencia de masa y sensación en boca (Zalazar y col., 2010; Palma y col., 2011; Perotti y col., 2011; Cuffia y col., 2018b).

Desarrollo de fermentos autóctonos para la producción de quesos regionales

Recientemente, con el objetivo de mejorar y estandarizar la calidad de estos productos, se comenzó a trabajar en el desarrollo de un fermento natural. Para ello, el estudio se orientó hacia la obtención de una leche fermento (LF), uno de los fermentos naturales más antiguos utilizados en la elaboración de quesos. Si bien actualmente en las grandes industrias la LF se ha ido reemplazando por fermentos comerciales (desarrollados para leche bovina), para las pequeñas empresas continúa siendo una alternativa interesante debido a que presenta una buena resistencia a bacteriofagos, es de bajo costo y los quesos elaborados con ella exhiben características sensoriales imposibles de reproducir mediante fermentos comerciales.

Para estas experiencias, la LF fue obtenida a partir de leche de oveja por selección térmica (10 min a 62 °C) y posterior incubación a 42 °C durante 2,5 h, aproximadamente. Este fermento tuvo un valor medio de pH igual a $4,90 \pm 0,16$ y una acidez Dornic de $90,0 \pm 15,4$ °D. Su análisis microbiológico arrojó los siguientes resultados: microorganismos mesófilos totales: 10^9 UFC/ml, contaminantes (coliformes, mohos y levaduras): <10 UFC/ml y enterococos: <10 UFC/ml (Suárez y col., 2013). Los estudios se realizaron en quesos de aproximadamente 700–800 g, los cuales fueron madurados durante 120 d en cámara a 12 °C y 85% de humedad relativa.

Los resultados obtenidos demostraron que, mediante el empleo de fermentos naturales, es posible obtener quesos con una calidad sensorial constante a lo largo de todo el período de lactación, lo cual no se pudo lograr utilizando fermentos comerciales. Asimismo, el análisis sensorial a cargo de un panel entrenado reveló que los quesos elaborados con LF presentaron un *flavour* residual amargo, picante y salado en intensidad muy baja, que los puso por encima de los elaborados con fermentos comerciales (Rebechi y col., 2013, 2014).

En resumen puede decirse que, más allá de la riqueza composicional que presenta la leche ovina, con la tecnología adecuada y las innovaciones desarrolladas por nuestro grupo de trabajo, es posible obtener productos de altísima calidad, placenteros al paladar, innovadores, y que, sin detrimento de estos atributos, pueden convertirse en un alimento funcional.

Referencias bibliográficas

- Ahmed Rial, S.; Karelis, A. (...) Mounier, C. (2016).** Gut Microbiota and Metabolic Health: The Potential Beneficial Effects of a Medium Chain Triglyceride Diet in Obese Individuals. *Nutrients*, 8(5), 281–299.
- Bain, I. (2007).** Elaboración de quesos artesanales con leche de oveja. *Revista IDIA XXI Lechería* (INTA–Chubut), 208–211.
- Bergamini, C.; Wolf, V. (...) Zalazar, C. (2010).** Characterization of biochemical changes during ripening in Argentinean sheep cheeses. *Small Ruminant Research*, 94, 79–89.
- Candiotti, M.; Bergamini, C. (...) Zalazar, C. (2009).** Characterization of proteolysis profile of Argentinean sheep cheeses made by two different production methods. *Journal of the Science of Foods and Agriculture*, 90(1), 36–42.
- Cuffia, F.; Hilgert, S. y Meinardi, C. (2011).** Desarrollo de un protocolo tecnológico para la elaboración de queso fresco de leche de oveja. *Actas del XIII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de los Alimentos* (CYTAL). 19 al 21 de octubre de 2011. Buenos Aires, Argentina.
- Cuffia, F.; Candiotti, M. & Bergamini, C. (2015).** Effect of brine concentration on the ripening of an Argentinean sheep's milk cheese. *Small Ruminant Research*, 132, 60–66.
- Cuffia, F.; Meinardi, C. y Zalazar, C. (2018a).** Un queso semiduro de leche de oveja. Número de Registro de Solicitud: P20110104784. Número de Concesión AR084369B1, INPI–Argentina.
- Cuffia, F.; Candiotti, M. C. & Bergamini, C. V. (2018b).** Probiotic soft sheep's cheese: evaluation of probiotic survival and its influence on proteolysis and organoleptic characteristics. *International Food Research Journal*, 25(1), 399–407.
- Cuffia, F.; Hilgert, S. y Meinardi, C. (2019).** Un queso fresco de leche de oveja. Número de Registro de Solicitud: P20130103026. Número de Concesión AR092241B1, INPI–Argentina.
- Cuffia, F.; Burns, P.; George, G. y Meinardi, C. (2021).** Un queso fresco de pasta hilada con microorganismos probióticos. Numero de Registro de Solicitud: P20160101398. Numero de Concesión AR104625B, INPI–Argentina.
- Fischer, S. & Gleis, M. (2013).** Potential health benefits of nuts. *Ernaehrungs Umschau International*, 60(12), 206–215.
- Guasch-Ferré, M.; Liu, X. (...) Bhupathiraju (2017).** Nut Consumption and Risk of Cardiovascular Disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 70(20), 2519–2532.
- Maher, T.; Deleuse, M. (...) Clegg, M. (2021).** A comparison of the satiating properties of medium-chain triglycerides and conjugated linoleic acid in participants with healthy weight and overweight or obesity. *European Journal of Nutrition*, 60, 203–215.
- Marten, B.; Pfeuffer, M. & Schrezenmeir, J. (2016).** Medium-chain triglycerides. *International Dairy Journal*, 16, 1374–1382.
- Meinardi, C. A.; Cuffia, F. (...) Zalazar, C. A. (2012).** Lechería Ovina: Una Alternativa Innovadora y Generadora de Alto Valor Agregado. *Actas de las IV^o Jornadas «Relación Universidad–Entorno Socio productivo–Estado».* «La cooperación interinstitucional para afrontar los desafíos del desarrollo». 16 de noviembre de 2012, Santa Fe, Argentina.
- Mercanti, D.; Buseti, M. (...) Zalazar, C. (2008).** Studies on a fast method for determining the yield in the production of Argentinean sheep cheeses. *Food Chemistry*, 107, 1717–1723.
- Mohapatra, A.; Kumar Shinde, A. & Singh, R. (2019).** Sheep milk: A pertinent functional food. *Small Ruminant Research*, 181, 6–11.
- Mueller, J. (2013).** La Producción Ovina en la Argentina. inta.gob.ar/documentos/caprina-y-ovina
- Ottogalli, G. (2005).** *Atlante Dei Formaggi*. Ulrico Hoepli Editore.
- Palma, S.; Bergamini, C. (...) Meinardi, C. (2011).** Optimización de la tecnología para la incorporación de bacterias probióticas en quesos de oveja. *Actas del XIII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de los Alimentos* organizado por CYTAL. 19 al 21 de octubre de 2011. Buenos Aires, Argentina.
- Park, Y.; Juárez, M. (...) Haenlein, G. (2007).** Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(68), 88–113.

- Perotti, M.; Wolf, V. (...) Meinardi, C. (2011).** Alimentos funcionales de leche de oveja: influencia de la adición de bacterias probióticas en la maduración de quesos. *Actas del XIII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CYTAL)*. 19 al 21 de octubre de 2011. Buenos Aires, Argentina.
- Ros, E. (2010).** Health benefits of nut consumption. *Nutrients*, 2(7), 652–682.
- Ramos, M. & Juárez, M. (2011).** Sheep Milk. En *Encyclopedia of Dairy Science* (second ed.). Ed. Elsevier Academic Press London, England (3), 494–502.
- Rebechi, S.; Suarez, V. (...) Meinardi, C. (2014).** La leche fermento y su impacto en la diferenciación de quesos artesanales de oveja. *Actas del V Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CICYTAC 2014)*. 19 de noviembre de 2014. Córdoba, Argentina.
- Suárez, V.; Binetti, A. (...) Meinardi, C. (2013).** Quesos de leche de oveja elaborados con fermentos naturales: características microbiológicas y sensoriales. *Actas del V XIII Congreso Argentino de Microbiología*. 23 al 26 de septiembre de 2013. Buenos Aires, Argentina.
- Wendorff, W. & Haenlein, G. (2017).** Sheep Milk: Composition and Nutrition. En *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals* (second ed.). Ed. John Wiley & Sons Ltd. Published, London, England, Chapter 3.2, 210–221.
- Zalazar, C.; Bernal, S. (...) Blazic, M. (2010).** Health nutrition – Sheep cheeses with addition of probiotic bacteria. *Actas del 3° International Professional and Scientific Conference «Occupational Safety and Health»*. September 22/25, 2010. Zadar, Croacia.
- Zhu, D.; Kebede, B. (...) Frew, R. (2020).** Effects of the vat pasteurization process and refrigerated storage on the bovine milk metabolome. *Journal of Dairy Science*, 103(3), 2077–2088.

4.3.2. Quesos de leche bupalina

Facundo Cuffia, Carina Bergamini, Elisa Ale, Guillermo George,
Carlos Meinardi y Silvina Rebechi

Lechería Bupalina en Argentina. Características de la leche de búfala

El búfalo es una especie ampliamente difundida en el mundo, explotada por el ser humano como animal de carga y para utilización de su carne, leche y cuero. La población de búfalos entre 2013 y 2017 se incrementó un 4,1% y la producción de leche de búfala en este período superó, en términos absolutos, el 17,5% (120 000 000 ton/año) (Berlese y col., 2019). La leche de búfala, que ocupa el segundo lugar en producción mundial, está en el foco de atención entre los investigadores de lácteos de muchos países debido a su perfil nutricional único. Comparándola con la leche de vaca, posee un mayor contenido de sólidos totales como resultado de mayores valores para todos los nutrientes (grasa, proteínas, lactosa, vitaminas y minerales, como Ca, P y Mg), y tiene menores niveles de colesterol y de Na y K, lo que favorecería la obtención de productos derivados más saludables (Sindhu y Arora, 2011).

Si bien las costumbres y los hábitos de consumo de la leche de búfala son bastante diversos en diferentes partes del mundo, existe una creciente demanda de la misma y de productos lácteos bupalinos. Desde el punto de

vista tecnológico, la elevada concentración en componentes de interés caseario, sumado al mayor tamaño de sus micelas, hacen de la leche de búfala una excelente materia prima para la elaboración de quesos, lográndose productos con mayor rendimiento. Los quesos bubalinos presentan características típicas de cuerpo y textura, únicos en su naturaleza. Son cada vez más conocidos y la preferencia de la población (principalmente en Europa) por las variedades de queso elaboradas con leche de búfala ha dado una nueva dimensión al crecimiento y desarrollo de los mismos (Hofi, 2013).

Específicamente, la leche de búfala se considera adecuada para la elaboración de quesos frescos en salmuera, como la Mozzarella en Italia y el queso tradicional de la India, el Paneer, en donde se requieran ciertas características sensoriales como una textura fibrosa y masticabilidad. Sin embargo, no se la considera una buena materia prima para variedades como Cheddar, Gouda y Swiss, ya que estos tipos de quesos se caracterizan por su cuerpo, textura y sabor rico y agradable debido a la maduración. Las elaboraciones de estas variedades con leche de búfala resultarán en quesos con cuerpo y textura dura, gomosa y seca. Estos defectos se deben principalmente a un desarrollo lento de la acidez, menor retención de humedad y menor velocidad en los cambios bioquímicos que juegan un rol importante en el desarrollo del sabor, cuerpo y textura característica. Para mejorar la calidad de quesos madurados se han planteado ciertas estrategias, como el empleo de mezclas de leches de otras especies con la leche de búfala, tratamientos previos en la leche de elaboración (tratamientos térmicos más severos que la pasteurización), filtración por membrana, tratamiento a alta presión y homogeneización. Otros enfoques incluyen la adición de cloruro de sodio, fermentos adjuntos, concentrados de proteínas de suero y enzimas (Hofi, 2013; Arora y Khetra, 2017).

Los primeros búfalos llegaron a la Argentina a principios del siglo xx procedentes de Rumania y con el propósito de cruzarlos con el ganado vacuno para producir carne y leche. Al fracasar dicho objetivo los búfalos prácticamente desaparecieron. En los años 90, se importaron grandes cantidades de vientres y reproductores seleccionados del Brasil, lo cual consolidó la cría de esta especie en el país. En la actualidad, más de 120 000 búfalos de las razas Mediterránea, Murrah y sus cruza se crían en nuestro país, posicionándolo como el tercer productor bubalino en América del Sur, luego de Brasil y Venezuela (Mignaqui, 2010; Crudelli y col., 2014). De acuerdo a los datos preliminares aportados por el Censo Nacional Agropecuario (2018), existe población bubalina en 14 de las provincias del territorio nacional, concentrándose la mayor población en las provincias del NEA, seguidas por Buenos Aires y Santa Fe (CNA, 2018).

La producción bubalina en el país presenta condiciones y ventajas competitivas para conformar un *cluster* productivo exitoso, ya que cuenta en su territorio con el ecosistema adecuado, productores dedicados a la actividad e instituciones gubernamentales y académicas dedicadas a la investigación en temáticas relacionadas con producción e innovación tecnológica.

En este contexto, el sector debe abordar dos cuestiones importantes: la explotación de su carne, especialmente de machos jóvenes, y la necesidad de diversificar la producción láctea. Teniendo en cuenta la tendencia positiva del sector lácteo bubalino y el creciente interés de los consumidores en estos productos, se presentan en este capítulo los desarrollos tecnológicos obtenidos por nuestro grupo de trabajo en esta incipiente rama del sector lácteo en nuestro país.

Quesos de leche de búfala en el mundo

La mayoría de los tipos de quesos se originaron en países donde el ganado vacuno es el principal animal productor de leche, por lo que las variedades conocidas se producen a partir de leche de vaca. Sin embargo, para quesos donde se requieren algunas características como textura fibrosa, la leche de búfala se considera la más adecuada.

En la Tabla 3 se presentan algunas variedades de quesos y su país de origen. Además, se han elaborado con leche bubalina variedades de quesos que se producen convencionalmente con leche de vaca.

Tabla 3. Principales quesos que se elaboran con leche bubalina

Queso	País de origen
Mozzarella	Italia
Paneer	India
Domiatí	Egipto
Queso blanco	América central y del sur
Queso blanco encurtido y salado	Países balcánicos

Proceso de elaboración: desarrollos e innovaciones

Quesos de alta humedad. Queso Mozzarella

El queso Mozzarella es una variedad de queso blando, sin madurar, de alto contenido de humedad y alto rendimiento quesero. Perteneció a la familia de quesos de pasta hilada y tiene su origen en la región denominada Battipaglia, en Italia (Citro, 1981). Este queso es blanco, suave, con una superficie brillante y con una estructura fibrosa característica derivada de la tecnología, la cual se basa en la acidificación de la cuajada, que determina la desmineralización de la caseína y la hace estirable en agua caliente. Convencionalmente, el queso Mozzarella se elabora con leche de búfala. Sin embargo, en otros países se elabora a partir de leche de vaca con modificaciones apropiadas (Citro, 1981; Ahmed y col., 2011; Jana y Mandal, 2011; Arora y Khetra, 2017; Natrella y col., 2020).

El origen conocido de la «Mozzarella» se remonta al siglo XVII. El nombre proviene del verbo «mozzare» (mochar, cortar). En efecto, en la etapa final de la elaboración, el quesero manualmente le da forma a la cuajada hilada y luego efectúa la «mozzatura» (corte) utilizando el índice y el pulgar. Actualmente, en algunas queserías de tipo industrial, esta operación se efectúa mecánicamente en moldeadoras.

En el continente europeo, Italia es el país más importante en crianza de búfalos y con una explotación mayoritariamente lechera destinada a la producción de queso Mozzarella. En el sur de Italia, la «Mozzarella di Búfala Campana» ha obtenido la Denominación de Origen Protegida (DOP) europea. Se elabora únicamente a partir de leche cruda del búfalo de río (*Bubalus bubalus*) y requiere de una óptima proporción entre proteínas (4,3–4,7%) y materia grasa ($\geq 7\%$) para obtener las características funcionales del queso. Dependiendo de la forma, el queso pesa entre 20 y 800 g, el color es blanco porcelana, con corteza muy fina y superficie lisa. El *flavour* es muy característico y delicado, originado por la fermentación láctica (De Angelis y Gobbeti, 2011).

La producción de la «Mozzarella di Búfala Campana» se ha incrementado en un porcentaje superior al 2% entre 2013 y 2017, impulsada por el crecimiento constante de las exportaciones especialmente a Alemania, Francia, EE. UU. y Reino Unido (Berlese, y col., 2019).

En nuestro país, el queso Mozzarella se elabora a partir de leche de vaca y sus características están reglamentadas por el art. 618 del CAA (ANMAT, 2020). La industrialización de leche de búfala destinada a la producción de Mozzarella es prácticamente inexistente y solo se cuenta con una producción irregular en establecimientos localizados en las provincias de Buenos Aires, Corrientes y Formosa. Si bien el consumo de Mozzarella de leche de búfala

es aún muy escaso y limitado, la incipiente y pequeña producción artesanal ha logrado un importante grado de aceptación en queserías, góndolas y restaurantes argentinos (Patiño, 2004; Rebecchi y col., 2016a).

En el proceso tecnológico de la Mozzarella tradicional italiana están involucrados los siguientes pasos:

Adición del fermento a la leche y adecuada acidificación

La acidificación de la leche es uno de los pasos importantes y se realiza adicionando suero fermento natural, el cual se obtiene mediante la acidificación de suero del proceso lácteo del día anterior, como se muestra en la figura 1. Este fermento presenta variaciones en el rango de acidez final, debido a los cambios en la microbiota presente, característica de la leche utilizada y de las condiciones del medio ambiente durante la preparación (Calandrelli, 2011; Natrella y col., 2020). Coppola y col. (1988) reportaron la composición microbiológica de algunos sueros fermentos, los cuales principalmente estaban constituidos por bacterias del ácido láctico (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* y *Streptococcus thermophilus*), coliformes, levaduras, ocasionalmente micrococos y bacterias del ácido butírico y propiónico.

La acidificación directa por adición de ácido cítrico a la leche es muy popular en la industria láctea. La misma es más económica y permite una estandarización en la fermentación inicial; por el contrario, el método tradicional que utiliza la adición de suero fermento natural se utiliza en lecherías artesanales y representa uno de los puntos característicos para la etiqueta de Denominación de Origen Protegida (DOP) (Natrella y col., 2020).

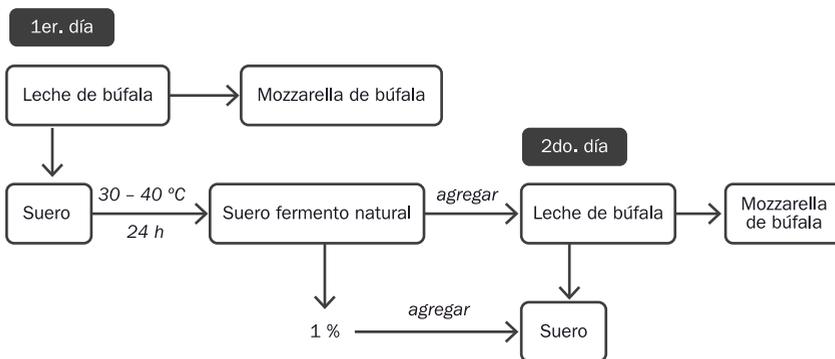


Figura 1. Proceso de obtención del suero fermento natural

Adición del coagulante a la leche

La caseína de la leche precipita, por acción del cuajo, en forma de paracaseinato dicálcico, atrapando grasa, minerales insolubles y algo de lactosa. La cuajada obtenida se debe poder texturizar para obtener el queso Mozzarella. En este punto, es importante reducir el nivel de coagulante residual en la cuajada, controlando tanto el pH del corte como el pH del suero. Debido a que el coagulante residual es el responsable de la proteólisis que altera la textura del queso, se enfatiza en los efectos negativos del exceso del mismo sobre el hilado de la cuajada y posterior textura del queso Mozzarella (Addeo y col., 2007).

Corte o Lirado y agitación del gel

El corte de la cuajada se realiza en dos etapas: en la primera, se corta en cubos grandes y se espera alrededor de 5 min, tiempo en el cual se observa la separación entre suero y cuajada; en la segunda, los cubos se reducen al tamaño de una nuez (3–6 cm). Esta fase determina la composición y el rendimiento del queso; es importante reducir pérdidas de grasa en el suero y remover la cuajada con mucha suavidad (Calandrelli, 2011).

Acidificación

La maduración de la cuajada se inicia bajo suero. Una parte de éste se extrae, se calienta a 46 °C y se agrega nuevamente a la masa, manteniendo la cuajada a una temperatura de aproximadamente 36 °C. Durante esta fase, la microbiota natural que proviene de la leche y del suero fermento lleva a cabo actividades bioquímicas complejas, siendo la más importante el desarrollo de acidez. El ácido captura los iones de calcio y provoca la desmineralización de la cuajada, que adquiere flexibilidad. Durante la maduración se produce una reducción del calcio en la cuajada con un aumento del mismo en el suero. Cuando el pH alcanza valores entre 5,3–5,5 se extrae la cuajada y se la deja madurar sobre una mesa durante un tiempo, el cual dependerá fundamentalmente de la temperatura ambiente. El valor del pH desciende a 4,9, siendo este el óptimo del final de la maduración. El calcio del paracaseinato dicálcico se disuelve, dando lugar a la formación de paracaseinato monocálcico. Este complejo, cuando se realiza el hilado en agua caliente (80–90 °C), es el responsable de que la cuajada sea suave, flexible, fibrosa, y que retenga grasa y, aproximadamente, el 25 % del calcio original. El nivel del calcio es importante, ya que le otorga textura y funcionalidad al queso Mozzarella. Si la acidificación es excesiva, el paracaseinato monocálcico continuará perdiendo calcio y se formará paracaseína, que puede estirarse pero tiene dificultades para retener la grasa. Por encima de un valor de pH de 5,6, generalmente la cuajada no se estira (Coppola y col., 1988; Addeo y col., 2007; Arora y Khetra, 2017).

Amasado/Hilado de la cuajada

Consiste en un amasado de la cuajada acidificada en agua caliente a 90–95 °C, alcanzando la misma una temperatura cercana a los 68 °C. Esta etapa, distintiva de la tecnología, influye en las características de textura del queso. El hilado transforma la matriz proteica tridimensional amorfa en una estructura orientada, cuasi laminada, que consta de fibras proteicas alineadas en paralelo y separadas por canales que contienen suero y grasa (De Angelis y Gobbeti, 2011). Esta característica parece estar gobernada por la cantidad de calcio asociado a la caseína disponible para reticular la matriz amorfa y a la hidratación de la para-caseína, que aumenta a medida que disminuye el nivel de calcio asociado a la caseína.

La cuajada que contiene mucho calcio asociado a la caseína no alcanza una consistencia suave y elástica al calentarla; por el contrario, una cuajada con poco calcio asociado a la caseína es excesivamente blanda y fluida durante el hilado. La cantidad de calcio asociado a la caseína depende del contenido y de la distribución del calcio total entre la fase soluble y la no soluble. A medida que disminuye el pH, el calcio asociado a la caseína se disocia de la matriz hacia la fase soluble. En general, una cuajada con alto contenido de calcio total debe tener un pH bajo en el hilado para que se plastifique y se estire. Por el contrario, en una cuajada con bajo contenido de calcio total se realiza el hilado a un valor más alto de pH. Resumiendo, la acidificación, la desmineralización y la deshidratación controladas, junto con el valor del pH de la cuajada al momento del hilado, son los parámetros tecnológicos clave para la obtención de la pasta hilada (Addeo y col., 2007; De Angelis y Gobbeti, 2011)

Esta etapa se puede identificar siguiendo la evolución del pH o realizando una prueba de hilado. Esta última consiste en verter en agua caliente un trozo de cuajada y estirar la pasta derretida a mano con un palito. Si se obtienen hilos continuos de más de un metro de largo, se puede considerar que la cuajada está lista para el proceso de hilado. La cuajada se corta y se coloca en agua caliente a 85–90 °C para realizar el hilado, que se puede llevar a cabo de forma manual o con hiladoras mecánicas. El hilado manual es una etapa muy crítica. Para realizarlo es necesario agregar agua caliente en la tina en una cantidad que es el doble de la cantidad de masa y remover continuamente con la pala, para luego empezar a estirar y amasar la cuajada. En las hiladoras mecánicas, durante el proceso, los tratamientos mecánicos y térmicos tienen una influencia significativa en la composición y propiedades del queso. En particular, la temperatura y la velocidad de los brazos necesitan ajustes adecuados para evitar la degradación de la microestructura del queso. Si la velocidad de los brazos es alta, se produce una disminución continua de la humedad y esto influye en la retención de

grasa, modificando las propiedades funcionales de la Mozzarella. El hilado se considera terminado cuando la masa se vuelve brillante y homogénea (Addeo y col., 2007; Calandrelli, 2011).

Moldeo, salado y envasado

El queso Mozzarella de leche de búfala puede tener varias formas además de la esférica característica, como los *bocconcini* (bocaditos), *perline* (perlas pequeñas), *ciliegine* (cerezas pequeñas), *trece* (trenzas) y *nodini* (nudos pequeños).

En esta etapa, también se diferencia la tecnología artesanal de la semi-industrial. En las lecherías artesanales, el armado de las hormas es de manera manual; se realiza con mucho cuidado, con movimientos característicos que culminan con la «mozzatura» para obtener el queso Mozzarella de búfala, que se enfría inmediatamente en agua helada. En cambio, en las lecherías semi-industriales, el armado de las hormas está mecanizado, con un tamaño de queso preestablecido, los cuales se enfrían mediante una corriente de agua helada.

La etapa de envasado y salado están muy relacionadas. El salado se puede realizar en salmuera fría o hilando la cuajada con agua con sal. El queso Mozzarella se conserva en una solución compuesta por agua, sal y ácido cítrico, en bolsas o bandejas de plástico. El queso se consume a las 24 o 48 h.

El aporte del INLAIN para el aprovechamiento y desarrollo sustentable de la lechería bubalina y la producción de quesos regionales

Como se mencionó anteriormente, Santa Fe es una de las provincias con una población bubalina considerable. En particular, la Escuela de Agricultura, Ganadería y Granja (EAGYG) de la UNL, ubicada en la ciudad de Esperanza, posee en su predio un plantel afianzado de búfalas dedicadas a la producción de leche. Dados los antecedentes de trabajo en conjunto que tienen la EAGYG y el INLAIN, se desarrollaron protocolos de elaboración de diferentes variedades de quesos de leche de búfala.

En primera instancia nos abocamos al desarrollo de un protocolo de elaboración de un queso fresco de pasta hilada, optimizando la tecnología tradicional italiana para la Mozzarella de búfala de acuerdo a la materia prima disponible en nuestra región.

La leche de búfala refrigerada, proveniente del tambo de la EAGYG, se pasteurizó a 65 °C durante 20 min en la tina de elaboración. Una vez alcanzada la temperatura de 37 °C, se adicionó el fermento (*St. thermophilus*) en una

dosis un 20 % superior a la aconsejada por el proveedor cuando se procesa leche bovina. Luego de 10 min, se agregó la cantidad necesaria de cuajo a fin de producir la coagulación en 10 ± 1 min y lograr la consistencia de lirado en 25 ± 5 min. Adquirida la consistencia adecuada, se cortó la cuajada de manera de obtener trozos grandes (cubos de más de 2 cm de arista). Cuando el suero cubrió la superficie, se agitó la cuajada suavemente cada 10 min con pala, de manera de facilitar el desuerado e incrementar la consistencia del coágulo sin reducir demasiado el tamaño del grano; luego se mantuvo en reposo bajo suero, con una temperatura cercana a los 40°C .

Cuando el pH alcanzó un valor de $5,45 \pm 0,05$ se extrajo el suero y la cuajada se colocó sobre la mesa de moldeo para que continúe su acidificación. La misma se presentó como una cuajada húmeda, blanda y su aroma se percibió suave y agradable.

Cuando el pH descendió a $4,90 \pm 0,05$, se comprobó si la cuajada estaba en condiciones para realizar el hilado. Para ello se sumergió un trozo de cuajada en agua a 85°C , se la amasó suavemente y se la estiró. Al extraerla, formó un hilo fino con una superficie homogénea (figura 2).

A continuación, la cuajada se cortó en láminas de aproximadamente 0,5 cm de espesor, se sumergieron en agua caliente a 85°C y se agitaron suavemente con la pala para unificar y estirar, de manera de obtener una masa



Figura 2. Hilado de la cuajada

texturizada y elástica. Cuando la cuajada tomó las características adecuadas, se procedió al formado de las hormas de manera manual; para ello se tomó una porción de la masa con la mano, se le dio la forma esférica (figura 3) y se cortó con la presión de los dedos.

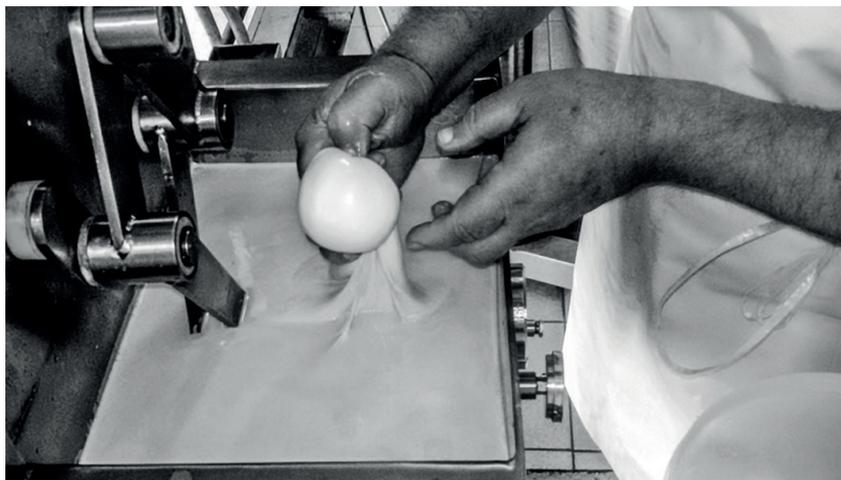


Figura 3. Generación de hormas a partir de la cuajada

Las hormas, de unos 250–300 g, presentaron una superficie lisa, suave y brillante. Se sumergieron en salmuera (2,5% p/v de NaCl) fría con agregado de hielo (4–6°C) durante 24 h. Finalmente se escurrieron, se envasaron al vacío y se conservaron a 4 ± 1 °C.

A las 48 h, los valores de humedad y materia grasa en el extracto seco de la Mozzarella oscilaron entre 47 y 49%, y 49% y 50%, respectivamente. Estos parámetros se encuentran comprendidos en los valores dado por el CAA para el queso Mozzarella (humedad máxima 60% y materia grasa en extracto seco mínimo 35%) (ANMAT, 2020).

La relación proteína/grasa de la Mozzarella elaborada en la planta piloto del INLAIN fue de 0,862, mientras que la relación para la «Mozzarella de búfala Campana» es 0,684 (Rebecchi y col., 2016a).

Esta tecnología (figura 4) se transfirió a la planta quesera de la EAGYG y el producto «Mozzarella de Búfala» de *La Escuela* obtuvo el RNPA 21–096150.

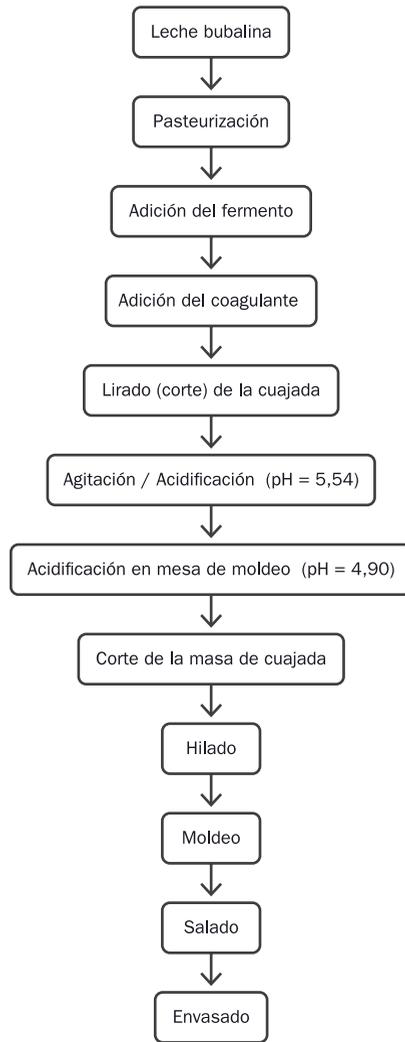


Figura 4. Diagrama de flujo de elaboración del queso Mozzarella (Rebechi, 2016)

Quesos de mediana humedad

Debido a varias diferencias composicionales entre la leche de búfala y la de vaca, los procesos tecnológicos convencionales son a menudo inadecuados y no pueden ser aplicados directamente para procesar leche de búfala. Las tendencias emergentes en investigación y desarrollo en el procesamiento de la leche de búfala sugieren que hay un amplio margen para adaptar la tecnología, particularmente en los países en desarrollo donde el búfalo dis-

fruta de una posición de privilegio en la producción de leche. Varios productos lácteos específicos tradicionales deben sus características únicas a la leche de búfala. La idoneidad del búfalo como productor de leche ahora está ganando importancia distintivamente en todo el mundo. El principal cuello de botella en la mejora del potencial de producción de los búfalos ha sido la investigación inadecuada y la escasez de información al respecto. A menudo se supone falsamente que la información científica generada sobre el ganado vacuno puede extrapolarse a los búfalos (Khedkar y col., 2016).

Cabe señalar que algunos autores sostienen que las tecnologías de procesamiento desarrolladas en los países occidentales para la leche de vaca no son adecuadas para la de búfala, ya que se obtienen quesos con un cuerpo duro, seco y de sabor neutro (Sindhu y Arora, 2011).

Si bien en los países de producción lechera bubalina se han elaborado otras variedades de quesos además de la tradicional Mozzarella, en nuestro país es prácticamente inexistente la elaboración de quesos madurados con leche de búfala, y solamente se han reportado algunos quesos artesanales escasamente difundidos (Patiño y col., 2004).

Al revalorizar el potencial de la materia prima, y teniendo en cuenta los hábitos y preferencias de consumo en nuestro país, nuestro grupo de trabajo ha desarrollado un protocolo de elaboración de queso de pasta semicocida de mediana humedad a partir de leche de búfala (Rebecchi y col., 2014). Para lograr este objetivo se optimizaron los parámetros tecnológicos de manera que el producto obtenido cumpliera con los requisitos establecidos por el CAA, que en su artículo 605 clasifica como queso de mediana humedad a aquel cuyo valor de humedad se encuentra en el rango de 36,0–45,9% (ANMAT, 2020).

En lo que respecta al proceso tecnológico, en la figura 5 se muestra el diagrama de flujo de elaboración del queso semicocido de leche de búfala.

La leche cruda refrigerada se pasteuriza en la tina de elaboración a 65°C durante 20 min, previo paso por un filtro o tamiz. Cuando la leche alcanza una temperatura de 37°C, se adiciona CaCl_2 (0,02%) y el fermento comercial, que consiste en una mezcla de cepas de *St. thermophilus*, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Lactobacillus helveticus* (1g/100 l de leche). Transcurrido un tiempo (10 min) que nos asegure la distribución homogénea del fermento en la leche, se agrega cuajo líquido (quimosina, 38 ml/100 l de leche) de manera que la coagulación inicie a los 10 min y se obtenga la consistencia de lirado entre los 25–30 min; la cuajada se corta con la lira en dos tiempos: se da el primer corte obteniendo cubos grandes y, luego de aproximadamente 5 min, se lleva a cabo el segundo corte, reduciendo el tamaño de los cubos a aproximadamente 1 cm de lado. La mezcla de cuajada y suero se agita suavemente durante 15–20 min para favorecer la sinéresis, y una vez que el grano de cua-

jada toma la consistencia adecuada, se calienta lentamente hasta 45 °C. Logrado el nivel de secado deseado, se suspende la agitación y se extrae la cuajada. La misma se coloca en moldes y se prensa. Los quesos, al alcanzar un valor de pH = 5,30, se salan por inmersión en salmuera (20 % p/v) a 12 °C, a razón de 8 h/kg de queso, y se maduran a 12 °C y HR 80 %.

El producto obtenido aplicando la tecnología descrita presentó una composición aproximada de: humedad 44,95 ± 0,65 %, proteínas 23,50 ± 0,15 %, materia grasa 27,50 ± 0,19 % y pH 5,42 ± 0,04. En lo que respecta a la estructura, y contrariamente a lo reportado por la bibliografía, se obtuvieron quesos

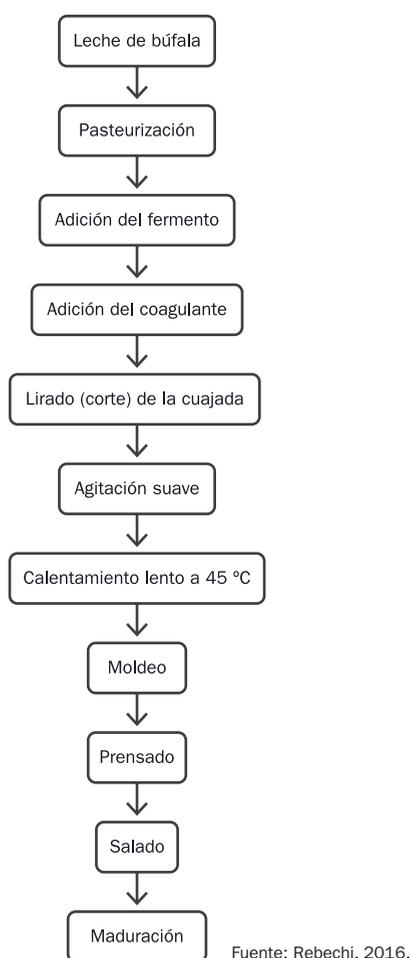


Figura 5. Diagrama de flujo de elaboración del queso semicocido de leche de búfala

que presentaron una pasta homogénea, sin ojos y una textura comparable a los quesos semicocidos elaborados con leche de vaca (Rebecchi y col., 2014).

La evaluación sensorial, que consistió en un análisis de Aceptabilidad realizado entre los 30–45 d y en un Análisis Descriptivo Cuantitativo realizado a los 30 y 150 d de maduración, indicaron que, si bien el queso contó con una alta aceptabilidad por parte de los consumidores, la caracterización del mismo reveló que no se detectaron variaciones significativas en el *flavour* global de los quesos, lo que es coincidente con lo informado por Sindhu y Arora (2011).

Esta tecnología se transfirió a la planta quesera de la EAGYG y el producto «Queso de Pasta Semidura de Búfala» de *La Escuela* obtuvo el RNPA 21–099032.

Debido a que el *flavour* no evolucionó a lo largo de la maduración, los quesos semiduros de leche de búfala representan un desafío tecnológico dado las particularidades fisicoquímicas de la leche. Una de las estrategias empleadas para mejorar las características organolépticas de los quesos es mezclar la leche de búfala con leches de otras especies. El empleo de mezcla de leches de diferentes especies de mamíferos es una práctica arraigada y común en la elaboración de algunos quesos típicos europeos (Rebecchi y col., 2017a).

El grupo de trabajo posee antecedentes en el desarrollo de protocolos de elaboración de diferentes variedades de quesos de leche de vaca y de oveja, así como también en su caracterización fisicoquímica, microbiológica y organoléptica. Los quesos semicocidos de leche de vaca o de oveja desarrollan, durante la maduración, un óptimo *flavour* debido a la elevada carga de bacterias de origen NSLAB (*Non Starter Lactic Acid Bacteria*) con buena actividad proteolítica y lipolítica (Rebecchi, 2016b). Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se realizaron elaboraciones de quesos semicocidos con mezclas de leche de búfala y oveja, y con mezclas de leche de búfala y vaca (Rebecchi, 2016a; Rebecchi y col., 2017a).

Los productos obtenidos evidenciaron la factibilidad de emplear mezclas de leche de búfala con leche de otras especies (oveja y vaca) para obtener productos innovadores de buena calidad y con características organolépticas diferenciadas, que podrían contribuir a la diversificación de esta incipiente rama láctea escasamente explotada (Rebecchi y col., 2015, 2017a).

Quesos de baja humedad: Provolone

El queso Provolone Hilado (CAA, art. 639) es un queso madurado de baja humedad, cuya pasta es hilada. De estos quesos con poca maduración se obtiene la provoleta que, asada en la parrilla o en la plancha, es una presentación muy popular en nuestro país (Rebecchi y col., 2016b, 2017b). En la figura 6 se mues-

tra el diagrama de flujo del protocolo de elaboración de queso Provolone. La leche de búfala se pasteuriza a 65°C por 20 min, se enfría a 37°C y se adiciona con fermento comercial, que consiste en una mezcla de cepas de *St. thermophilus*, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Lb. helveticus*. Luego de aproximadamente 10 min se agrega el cuajo líquido. Cuando la cuajada adquiere la consistencia adecuada, se lira. Cuajada y suero se calientan hasta 45°C, bajo agi-

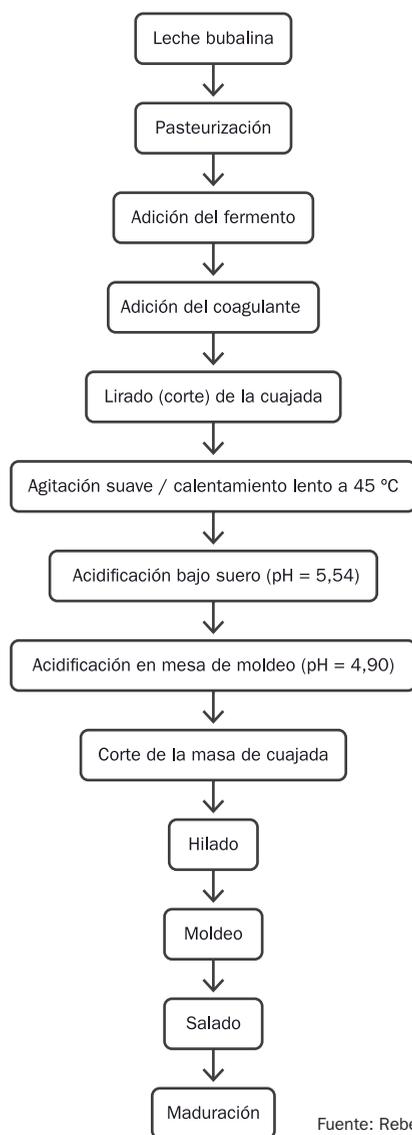


Figura 6. Diagrama de flujo protocolo de elaboración del queso Provolone

tación suave. Una vez que se logra el grado de secado, se suspende la agitación y se deja que la cuajada madure bajo suero. Cuando el pH alcanza el valor de 5,5–5,4 se extrae la cuajada y se continúa la acidificación a temperatura ambiente en la mesa de moldeo. A pH 4,9 se troza la cuajada y se procede al hilado en agua a 80–85 °C. La masa hilada se moldea manualmente y se la coloca en moldes cilíndricos (10 cm x 30 cm), en agua helada durante 24 h; luego se colocan en salmuera fría (18% p/v de NaCl, 24 h) y se maduran a 12 ± 1 °C.

Los quesos presentaron valores de pH 5,50–5,55, humedad 40–44%, materia grasa 49,0–50,5% (base seca) y proteínas 22,9–23,5%. Si se los corta en cilindros de aproximadamente 10 mm de altura y 120 mm de diámetro, tenemos la presentación conocida como Provoleta, que se envasa al vacío para su comercialización.

Ensayos de fusión, que se llevaron a cabo con Provoletas de leche de búfala y Provoletas de leche de vaca adquiridas en el comercio, revelaron que cuando se sometieron a una temperatura de 140 °C durante 20 min, la Provoleta de leche de búfala presentó un ablandamiento adecuado, sin quemarse la superficie y/o bordes; por el contrario, la Provoleta de leche de vaca se había deformado completamente y no sostuvo su estructura, además de presentar quemado en bordes y/o superficie (Rebechi y col., 2016b, 2017b).

Aspectos microbiológicos de quesos de leche bubalina: principales características y potenciales aplicaciones

La mayoría de los estudios relacionados con la composición de la microbiota de quesos elaborados con leche bubalina se concentran en Italia, país en el que históricamente se produce el queso Mozzarella tradicional. La leche de búfala presenta una microbiota compleja, rica en cepas pertenecientes a los géneros *Lactococcus* y *Acinetobacter* como dominantes (30% y 21% de las bacterias totales, respectivamente). Otros microorganismos abundantes encontrados fueron: cepas del género *Pseudomonas* (20%), *Streptococcus macedonicus* (10%) y *Lactococcus lactis* (10%) (Tilocca y col., 2020). Ercolini y col. (2012) evaluaron la microbiota en las distintas etapas de elaboración de quesos Mozzarella tradicionales, provenientes de dos provincias del Sur de Italia. El estudio se llevó a cabo por pirosecuenciación independiente de cultivo. Las muestras evaluadas fueron: leche cruda de búfala, suero fermento natural, cuajada antes y después de la maduración y el queso Mozzarella. Los autores encontraron que las bacterias ácido lácticas (BAL) termófilas del fermento natural fueron las principales responsables de la acidificación, mientras que los microorganismos encontrados en la leche cruda no se desarrollaron durante la misma. Estos últimos pre-

sentaron una composición compleja como se describió anteriormente, pero en este caso, los grupos mayoritarios fueron los organismos psicotrofos pertenecientes a los géneros *Acinetobacter* y *Pseudomonas*. También hallaron otros contaminantes como clostridios, carnobacterias y enterobacterias, además de otros microorganismos como *Lc. lactis* y *St. macedonicus*. En el suero fermento natural encontraron las especies *St. thermophilus*, *Lb. delbrueckii* y *Lb. helveticus*. Finalmente, se demostró que la microbiota asociada a estos productos lácteos no es tan compleja como se pensó anteriormente y solo unas pocas BAL termófilas fueron las responsables de la acidificación, mientras que las BAL mesófilas como *Lc. lactis* fueron cuantitativamente menos abundantes durante la elaboración. Concluyen que, si bien la diversidad que pueda existir a nivel cepa podría jugar un rol importante, la complejidad de los perfiles de aroma del queso Mozzarella pareciera no depender exclusivamente de la fermentación microbiana. Es decir, que hay factores ambientales, como la alimentación del ganado y la calidad de la leche cruda, que podrían impactar en el aroma del producto final, junto con la fermentación bacteriana.

Estudios recientes de la microbiota de distintos quesos Mozzarella de leche de vaca o de búfala acidificados con suero fermentos naturales comerciales mostraron, mediante secuenciación de nueva generación, que los quesos elaborados con fermentos comerciales presentaron principalmente *St. thermophilus*, mientras que los quesos de leche bubalina acidificados con suero fermentos naturales mostraron una prevalencia similar de *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lb. helveticus* y *St. thermophilus*. Además, se detectaron varias especies de NSLAB. La diversidad microbiana de los quesos derivados de leche vacuna fue mayor que la de los quesos de leche de búfala, y el análisis de *clusters* mostró que los quesos de leche de vaca tenían mayor prevalencia de psicotrofos (microorganismos causantes de defectos), mientras que los de búfala presentaron fundamentalmente *Lb. helveticus*, *Lb. delbrueckii* y *St. thermophilus*. Según los autores, la prevalencia de psicotrofos pudo deberse a períodos largos de exposición a bajas temperaturas y tiempos prolongados entre la producción y el consumo del alimento, factores que pueden alterar significativamente la microbiota del queso. Debido a esto, resulta crucial la búsqueda de estrategias que minimicen estos desbalances en la microbiota (Marino y col., 2019). Por ejemplo, en un trabajo de Tripaldi y col. (2020) se propuso un segundo tratamiento térmico seguido de un paso de homogeneización y empaquetado en caliente, que resultó eficiente para extender la vida útil del queso Ricotta de leche de búfala. No se detectaron microorganismos pertenecientes al género *Listeria* (incluida *Listeria monocytogenes*) ni *Salmonella* y los niveles de enterobacterias y *Pseudomonas* también resultaron menores al límite de detección. Por otro lado, los mohos se encontraron solo en una muestra dentro de

los límites permitidos. Resumiendo, con esta tecnología no se detectaron patógenos y los microorganismos considerados indicadores de higiene dieron por debajo del límite de detección. Sin embargo, el recuento total de mesófilos y BAL aumentó durante el almacenamiento, posiblemente por resistir al tratamiento térmico o debido a alguna contaminación posterior.

Potencial tecnológico y funcional

Con respecto al potencial tecnológico derivado de este tipo de productos de origen bubalino, numerosos estudios indican que pueden ser fuente de microorganismos con características tecnológicas y funcionales interesantes. En este sentido, de Sousa y col. (2020) aislaron varios enterococos del suero de quesos elaborados con leche vacuna, caprina y bubalina, y los utilizaron para la elaboración de leches fermentadas, evaluando el aroma y sabor del producto final. Este estudio señala la importancia del suero de la leche de búfala como fuente de aislamiento de BAL con potencial tecnológico. Asimismo, Casarotti y col. (2017) evaluaron el potencial, en este caso probiótico, de lactobacilos aislados de queso Mozzarella elaborado con leche de búfala, y encontraron que dos cepas presentaron características *in vitro* similares a la cepa probiótica comercial *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG (LGG). De manera similar, Forhad y col. (2015) aislaron varias bacterias de leche bubalina, de las cuales cuatro, pertenecientes a las especies *Limosilactobacillus fermentum*, *Lacticaseibacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium longum*, demostraron propiedades probióticas *in vitro*. Por otro lado, Tulini y col. (2016) aislaron numerosas BAL a partir de leche y queso de leche bubalina, las cuales presentaron actividad proteolítica en leche y actividad antimicrobiana, y pertenecieron a las siguientes especies: *Weissella paramesenteroides*, *Lc. lactis*, *Weissella confusa*, *Weissella hellenica* y *Enterococcus faecalis*. En queso, las especies aisladas fueron: *Lc. lactis*, *Enterococcus hirae*, *Leuconostoc mesenteroides* y *Leuconostoc citreum*.

Finalmente, es importante destacar que el queso de búfala demostró ser una matriz adecuada para el desarrollo de quesos probióticos. Marcatti y col. (2009) incorporaron exitosamente una bacteria de la especie *Lb. acidophilus* en un queso fresco tipo Minas elaborado con leche bubalina. En otro estudio similar, Sameer y col. (2020) incorporaron la cepa probiótica *Lb. acidophilus* LA-05 en queso Ricotta elaborado con leche de búfala. Otro queso de búfala tipo Minas fue también una matriz apropiada para la cepa probiótica *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB12, que logró mantener la viabilidad inclusive luego de la digestión *in vitro*, brindando un efecto protector a la cepa (Verruck y col., 2015).

Referencias bibliográficas

- Addeo, F.; Alloisio, V. (...)** Alloisio, V. (2007). Tradition and innovation in the water buffalo dairy products. *Italian Journal of Animal Science*, 6:sup2, 51–57.
- Ahmed, N.; Abd El-Gawad, M. (...)** Abd-Rabou, N. (2011). Properties of buffalo mozzarella cheese as affected by type of coagulant. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 10(3) 2011, 339–357.
- Arora, S. & Khetra, Y. (2017)**. Buffalo Milk Cheese, capítulo 42. En *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Editorial.
- Berlese, M.; Corazzin, M. & Bovolenta, S. (2019)**. Environmental sustainability assessment of buffalo mozzarella cheese production chain: A scenario analysis. *Journal of Cleaner Production*, 238 117922.
- Calandrelli, M. (2011)**. Manual on the production of traditional Buffalo Mozzarella Cheese. *Food and Agriculture Organization of the United Nation*. <https://www.fao.org/ag/againfo/themes/documents/milk/mozzarella.pdf>
- Casarotti, S.; Carneiro, B. (...)** Penna, A. (2017). In vitro assessment of safety and probiotic potential characteristics of Lactobacillus strains isolated from water buffalo mozzarella cheese. *Annals of Microbiology*, 67, 289–301. <https://doi.org/10.1007/s13213-017-1258-2>
- Citro, V. (1981)**. Dal latte di bufala un tipico prodotto locale «La mozzarella». *Scienza e tecnologia laterocasearia*, 32, 263–270.
- Coppola, S.; Parente, E. (...)** La Peccerella, A. (1988). The microflora of natural whey cultures utilized as starters in the manufacture of Mozzarella cheese from water-buffalo milk. *Le Lait*, INRA (Ed.), 68(3), 295–309.
- Crudelli, G.; Patiño, E. (...)** Konrad, J. (2014). Pasado, presente y futuro del Búfalo en Argentina. *Revista Veterinaria*, 25(2), 140–145.
- De Angelis, M. & Gobbeti, M. (2011)**. Cheese. Pasta-Filata Cheeses: Traditional Pasta-Filata Cheese. En *Encyclopedia of Dairy Sciences* (pp. 745–752). Editorial.
- De Sousa, M.; Muller, M. (...)** Granada, C. (2020). New enterococci isolated from cheese whey derived from different animal sources: High biotechnological potential as starter cultures. *LWT*, 2020, 109808. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109808>
- Ercolini, D.; De Filippis, F. (...)** Iacono, M. (2012). «Remake» by high-throughput sequencing of the microbiota involved in the production of water Buffalo mozzarella cheese. *Applied and Environmental Microbiology*, 78, 8142–8145. <https://doi.org/10.1128/AEM.02218-12>
- Forhad, M.; Rahman, S. (...)** Biswas, K. (2015). Probiotic Properties Analysis of Isolated Lactic Acid Bacteria from Buffalo Milk. *Archives of Clinical Microbiology*, 7, 1–6.
- Hofi, M. (2013)**. Buffalo Milk. *Cheese Buffalo Bulletin*, 32 (Special Issue 1), 355–360
- Jana, A. & Mandal, P. (2011)**. Manufacturing and Quality of Mozzarella Cheese: A Review. *International Journal of Dairy Science*, 6, 199–226.
- Khedkar C.; Kalyankar S. & Deosarkar, S. (2016)**. Buffalo Milk. En Caballero, B.; Finglas, P y Toldrá, F. (Eds.). *The Encyclopedia of Food and Health* (1) (pp. 522–528). Academic Press.
- Marcatti, B.; Habitante, A. (...)** Favaro-Trindade, C. (2009). Minas-type fresh cheese developed from buffalo milk with addition of *L. acidophilus*. *Scientia Agricola*, 66, 481–485.
- Marino, M.; Dubsky de Wittenau, G. (...)** Marroni, F. (2019). Metagenomic profiles of different types of Italian high-moisture Mozzarella cheese. *Food Microbiology*, 79, 123–131.
- Mignaquy, E. (2010)**. Boletín Bupalino. IX Congreso Mundial de Búfalos. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca. Presidencia de la Nación. Argentina.
- Natrella, G.; Faccia, M. (...)** Gambacorta, G. (2020). Short communication: Sensory characteristics and volatile organic compound profile of high-moisture mozzarella made by traditional and direct acidification technology. *Journal of Dairy Science*, 103, 2089–2097
- Patiño, E. (2004)**. Factores que afectan las propiedades físicas y la composición química de la leche de búfalas (*Bubalus bubalis*) en Corrientes, Argentina. *Revista Veterinaria*, 15(1), 21–25.
- Rebecchi, S.; Baroni, D. (...)** Meinardi, C. (2014). Características fisicoquímicas de quesos semicocido elaborados a partir de leche de búfala. *Food Innova*. Concordia. Argentina

- Rebecchi, S.; Maina, J. (...) Meinardi, C. (2015).** Acciones tendientes a mejorar la calidad organoléptica de quesos semiduros elaborados a partir de leche de búfala. *Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas CLICAP*. San Rafael, Mendoza, Argentina.
- Rebecchi, S.; Baroni, D. y Meinardi, C. (2016a).** Mozzarella de Búfala: una contribución a las economías regionales de la Argentina. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 96, 44–49.
- Rebecchi, S. (2016b).** Quesos de leche bubalina (de búfala) una alternativa para las economías regionales en Argentina. Conferencia 6° COSIMP – X CISDEM – 6° Congreso de Ciencias Farmacéuticas del Mercosur, 6° Simposio en Ciencia y Tecnología de Alimentos del Mercosur y X Foro Internacional de Desarrollo de medicamentos. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel – Paraná, Brasil.
- Rebecchi, S.; Wolf, V. (...) Meinardi C. (2017a).** Quesos elaborados con mezcla de leches de Búfala y Oveja. Efecto del tipo de leche en la lipólisis y formación de compuestos volátiles. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 100, 32–37.
- Rebecchi, S.; Perotti, F. (...) Meinardi, C. (2017b).** Provoleta elaborada con leche de búfala: un producto novedoso con características mejoradas. *XVI Congreso CYTAL*, Mar del Plata. Argentina.
- Sameer, B.; Ganguly, S. (...) Sabikhi, L. (2020).** Development and Characterization of Probiotic Buffalo Milk Ricotta Cheese. *LWT*, 121, 108944.
- Sindhu, J. & Arora, S. (2011).** Buffalo Milk. En Fuquay, J.; Fox, P & McSweeney, P (Eds.). *Encyclopedia of Dairy Sciences* (pp. 503–511). Academic Press.
- Tilocca, B.; Costanzo, N. (...) Piras, C. (2020).** Milk microbiota: Characterization methods and role in cheese production. *Journal of Proteomics*, 210, 103534.
- Tripaldi, C.; Rinaldi, S. (...) Zottola, T. (2020).** Chemical and microbiological characteristics of homogenised ricotta cheese produced from buffalo whey. *Italian Journal of Food Science*, 32, 292–309.
- Tulini, F.; Hymery, N. (...) De Martinis, E. (2016).** Screening for antimicrobial and proteolytic activities of lactic acid bacteria isolated from cow, buffalo and goat milk and cheeses marketed in the southeast region of Brazil. *Journal of Dairy Research*, 83, 115–124.
- Verruck, S.; Prudêncio, E. (...) de Mello Castanho Amboni, R. (2015).** The buffalo Minas Frescal cheese as a protective matrix of Bifidobacterium BB–12 under invitro simulated gastrointestinal conditions. *LWT*, 63, 1179–1183.

Fuente

ANMAT (2020). Capítulo VIII. Alimentos Lácteos. <http://https://www.argentina.gob.ar/anmat/codi-goalimentario>

Sobre las autoras y los autores

Jorge A. Reinheimer · Doctor en Química. Profesor Honorario de la Universidad Nacional del Litoral. Profesor Titular UNL. Ex Director del Instituto de Lactología Industrial (UNL–CONICET). Investigador Superior de CONICET. Ex Director de la Carrera de Posgrado «Especialización en Ciencia y Tecnología de la leche y productos lácteos». Director de Proyectos de investigación de UNL, CONICET, SECTEI, SPU y ANPCYT. Director de Becarios doctorales y posdoctorales (CONICET) e investigadores (CONICET). Premio «Asociación Argentina de Microbiología» en reconocimiento a la trayectoria profesional y aportes a la comunidad científica, otorgado por la Asociación Argentina de Microbiología (AAM) en 2011 y 2019. Miembro de número de la Academia de Ciencias Médicas de la Pcia. de Santa Fe. Coeditor de 3 libros y coautor de 30 capítulos de libros. Co-autor de 220 trabajos científicos publicados en revistas internacionales y nacionales. Coautor de 370 trabajos científicos presentados en Congresos internacionales y nacionales. Responsable de contratos de investigación y desarrollo, transferencia y servicios a terceros con empresas nacionales e internacionales.

Elisa Ale · Elisa Ale. Doctora en Ciencias Biológicas (UNL). Investigadora Asistente (CONICET), Área de Microbiología del INLAIN (UNL–CONICET).

Carina Bergamini · Doctora en Ciencias Biológicas (UNL). Investigadora Adjunta (CONICET), Área de Química y Bioquímica del INLAIN. Jefe de Trabajos Prácticos (FIQ, UNL).

Ana Binetti · Doctora en Química (UNL). Investigadora Independiente (CONICET), Área de Microbiología del INLAIN. Jefe de Trabajos Prácticos (FIQ, UNL).

Mariángeles Briggiler Marcó · Doctora en Ciencias Biológicas (UNL). Investigadora Adjunta (CONICET), Área de Microbiología del INLAIN. Jefe de Trabajos Prácticos (FIQ, UNL).

Patricia Burns · Doctora en Ciencias Biológicas (UNL). Investigadora Adjunta (CONICET), Área de Microbiología del INLAIN. Profesora Titular (FBCB, UNL).

María Soledad Caballero · Licenciada en Ciencias y Tecnología de los Alimentos (UNL). Personal de Apoyo (CONICET), Área de Química y Bioquímica del INLAIN. Auxiliar docente (FBCB, UNL).

María Luján Capra · Doctora en Ciencias Biológicas (UNL). Investigadora Adjunta (CONICET), Área de Microbiología del INLAIN. Jefe de Trabajos Prácticos (FIQ, UNL).

Facundo Cuffia · Doctor en Tecnología Química (UNL). Investigador Asistente (CONICET), Área de Tecnología del INLAIN. Profesor Adjunto (FIQ, UNL).

Guillermo George · Ingeniero Químico (UNL). Profesional Adjunto (CONICET), Área de Tecnología del INLAIN.

Paula Giménez · Licenciada en Química (UNL). Becaria doctoral (CONICET), Área de Química y Bioquímica del INLAIN.

Daniela Guglielmotti · Doctora en Ciencias Biológicas (UNL). Investigadora Adjunta (CONICET), Área de Microbiología del INLAIN. Jefe de Trabajos Prácticos (FIQ, UNL).

Erica Hynes · Doctora en Química (UNL). Investigadora Independiente (CONICET), Área de Química y Bioquímica del INLAIN. Profesora Titular (FIQ, UNL).

Carlos Meinardi · Ingeniero Químico (UNL). Área de Tecnología del INLAIN. Profesor Titular (FIQ, UNL).

Diego Mercanti · Doctor en Ciencias Biológicas (UNL). Investigador Adjunto (CONICET), Área de Microbiología del INLAIN. Profesor Adjunto (FIQ, UNL).

Guillermo Peralta. Doctor en Química (UNL). Investigador Adjunto (CONICET), Área de Química y Bioquímica del INLAIN. Ayudante de Cátedra (FCA, UNL).

María Cristina Perotti · Doctora en Química (UNL). Investigadora Independiente (CONICET), Área de Química y Bioquímica del INLAIN. Profesora Adjunta (FIQ, UNL).

Leila Pozza · Licenciada en Química (UNL). Profesional Asistente (CONICET), Área de Química y Bioquímica del INLAIN.

Melisa Puntillo · Licenciada en Biotecnología (UNL). Becaria doctoral (CONICET), Área de Microbiología del INLAIN.

Andrea Quiberoni · Doctora en Química (UNL). Investigadora Principal (CONICET), Área de Microbiología del INLAIN. Profesora Adjunta (FIQ, UNL).

Silvina Rebechi · Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos (UNL). Área de Química y Bioquímica del INLAIN. Jefe de Trabajos Prácticos (FIQ, UNL).

Viviana Suárez · Magister en Ciencia de Alimentos (UNL). Área de Microbiología del INLAIN. Profesora Adjunta (FIQ, UNL).

María Ayelén Vélez · Doctora en Ciencias Biológicas (UNL). Investigadora Adjunta (CONICET), Área de Química y Bioquímica del INLAIN. Ayudante de Cátedra (FIQ, UNL).

Claudia Vénica · Doctora en Tecnología Química (UNL). Investigadora Adjunta (CONICET), Área de Química y Bioquímica (INLAIN). Ayudante de Cátedra (FIQ, UNL).

Gabriel Vinderola · Doctor en Química (FIQ-UNL). Investigador Principal (CONICET), Área de Microbiología del INLAIN. Profesor Asociado (FIQ, UNL).

Verónica Wolf · Doctora en Química (UNL). Investigadora Adjunta (CONICET), Área de Química y Bioquímica del INLAIN. Jefe de Trabajos Prácticos (FIQ, UNL).

María Florencia Zacarías · Doctora en Ciencias Biológicas (UNL). Investigadora Asistente (CONICET), Área de Microbiología de Alimentos (ITA, FIQ, UNL).

Índice

Prólogo / 4

Jorge Reinheimer

Prefacio / 6

1. Historia de la quesería en Argentina / 8

Carlos Meinardi y Silvina Rebechi

2. Importancia de la quesería argentina / 22

Erica Hynes y Claudia Vénica

3. Leche destinada a quesería / 27

*Carlos Meinardi, Claudia Vénica, Paula Giménez, Diego Mercanti,
Ma. Ayelén Vélez, Guillermo George, Ma. Cristina Perotti y Carina Bergamini*

4. Los quesos argentinos / 68

4.1. Los quesos argentinos de mayor difusión / 68

Pasta blanda / 68

*Guillermo Peralta, Erica Hynes, Carlos Meinardi, Carina Bergamini,
Melisa Puntillo, Andrea Quiberoni, Daniela Guglielmotti, Verónica Wolf
y Claudia Vénica*

Pasta semidura / 97

*Carina Bergamini, Paula Giménez, Carlos Meinardi, Verónica Wolf,
Guillermo George, Ma. Florencia Zacarías, Mariángeles Briggiler Marcó,
Guillermo Peralta, Ma. Cristina Perotti y Erica Hynes*

Pasta dura / 133

*Ma. Ayelén Vélez, Ma. Cristina Perotti, Facundo Cuffa, Verónica Wolf,
Guillermo Peralta, Leila Pozza, Carina Bergamini, Ana Binetti, Erica Hynes y
Carlos Meinardi*

Pasta hilada. Pizza cheese / **160**

Carlos Meinardi, Facundo Cuffia, Patricia Burns y Guillermo George

4.2. Otros / 178

De muy alta humedad, en potes (no fundidos) y procesados,
y con tecnologías de membranas / **183**

*Claudia Vénica, Gabriel Vinderola, Ma. Luján Capra, Carina Bergamini,
Soledad Caballero, Ma. Ayelén Vélez y Ma. Cristina Perotti*

Quesos azules / **198**

*Verónica Wolf, Ma. Luján Capra, Silvina Rebechi, Carlos Meinardi
y Ma. Cristina Perotti*

4.3. Quesos de leches finas / 219

Quesos de leche de oveja / **219**

*Silvina Rebechi, Carina Bergamini, Elisa Ale, Guillermo George,
Carlos Meinardi y Facundo Cuffia*

Quesos de leche bubalina / **233**

*Facundo Cuffia, Carina Bergamini, Elisa Ale, Guillermo George,
Carlos Meinardi y Silvina Rebechi*

Sobre las autoras y los autores / 253

Describir los quesos argentinos más populares, así como el nuevo conocimiento disponible sobre los procesos de maduración, las dificultades que pueden presentarse en los procesos y las nuevas propuestas en quesería, se manifiesta como una necesidad imperiosa para el sector productivo. En este sentido, el INLAIN posee suficiente trayectoria para realizar este trabajo, visto que desde los años 80 trabaja en todo lo que tiene que ver con la transformación de la leche en productos lácteos fermentados y, particularmente, quesos. El éxito editorial de libros anteriores señala claramente el interés de las industrias por obras que ofrezcan conocimientos útiles para la producción. Los editores y coautores pensamos que este libro será un aporte significativo para nuestra industria quesera y para todos los investigadores y estudiantes interesados en la temática.