

COLECCIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Los quesos argentinos

Producción, características
y nuevas propuestas



Jorge Reinheimer
Editor

ediciones UNL





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.



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 cumplen 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 adquiriera 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

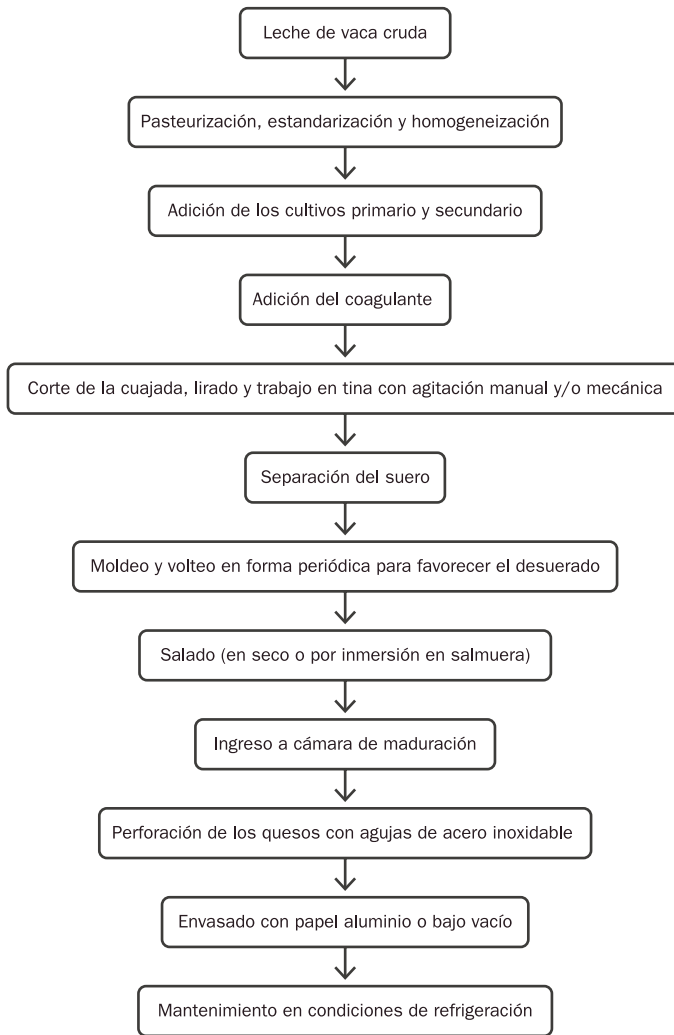


Figura 2. Tecnología estándar de elaboración de un Queso Azul

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 CO_2 y O_2 , 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 Coton, 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 (Desmasures, 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 (Desmasures, 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. & Bagheripour-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. *Potravinarstvo*, 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-Máñez, 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>.