

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/311616285>

# La sal en el queso: diversas interacciones / Salt in cheese: several interactions

Article in *Agronomía Mesoamericana* · June 2017

DOI: 10.15517/am.v28i1.21909

---

CITATIONS

6

---

READS

1,392

4 authors, including:



**Juan Sebastián Ramírez-Navas**  
Universidad del Valle (Colombia)

85 PUBLICATIONS 127 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Victor Alexander Aristizabal**  
Universidad Nacional Autónoma de México

2 PUBLICATIONS 6 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Lácteos concentrados azucarados: de la tradición a la ciencia [View project](#)



Natural Ingredients [View project](#)

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

# LA SAL EN EL QUESO: DIVERSAS INTERACCIONES<sup>1</sup>

*Juan Sebastián Ramírez-Navas<sup>2</sup>, Jessica Aguirre-Londoño<sup>3</sup>, Víctor Alexander Aristizabal-Ferreira<sup>3</sup>,  
Sandra Castro-Narváez<sup>3</sup>*

### RESUMEN

**La sal en el queso: diversas interacciones.** El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de la sal sobre algunas propiedades físicas del queso, su interacción con los componentes del queso, y el efecto del contenido de sodio sobre la salud de los consumidores. La sal es un ingrediente importante, ya que determina en gran parte la calidad del producto y la aceptación del consumidor. El salado del queso tiene influencia en la calidad debido a sus efectos sobre la composición, el crecimiento microbiano y la actividad enzimática. Ejerce una influencia significativa sobre la reología y textura, así como en la maduración, principalmente a través de sus efectos sobre la actividad del agua. Los niveles de sal en queso van desde aproximadamente 0,6% p/p hasta aproximadamente 7% p/p. Debido a que el consumo de queso está aumentando en todo el mundo, se debe dar importancia a la reducción de la sal sin afectar su consumo. Entre las estrategias que se han planteado con tal fin está la sustitución parcial de la sal por otros compuestos. Pero el inconveniente de la sustitución del NaCl es su efecto sobre las propiedades sensoriales, la composición química, la proteólisis y la textura del queso. Otra interesante alternativa para el reemplazo del NaCl, es el uso de la tecnología de membranas para obtener permeado rico en sales provenientes del lactosuero; la adición de estas sales en la elaboración quesera, produce quesos bajos en sodio, con buena textura.

**Palabras clave:** subproductos de leche, propiedades organolépticas, cloruro sódico, salud.

### ABSTRACT

**Salt in cheese: several interactions.** The objective of this study was to analyze the effect of salt on some of the physical properties of cheese, its interaction with the cheese's ingredients, and the effect of sodium content on consumers' health. Salt is an important ingredient as -in a large extent- it determines the quality of the product and its acceptance by the consumer. The saltiness of the cheese influences its quality due to its effects on the composition, microbial growth and enzyme activity. It exerts a significant influence on its rheology and texture, as well as on its maturation, mainly through its effects on water activity. Salt levels in cheese range from 0.6% w/w NaCl to approximately 7% w/w NaCl. Given that cheese consumption is increasing worldwide, it is important to consider reducing its salt levels in a way that does not affect its consumption. Partial substitution of salt with other components/ingredients is among the strategies that have been considered in order to reduce salt levels. However, the disadvantage of replacing NaCl is its effect on the sensory properties, chemical composition, proteolysis and texture of cheese. Another interesting alternative to replacing NaCl is the use of membrane technology to obtain a rich permeate in salts that come from whey. The addition of these salts in the cheese processing produces low-sodium cheeses with good texture.

**Keywords:** milk byproducts, organoleptic properties, sodium chloride, health.

<sup>1</sup> Recibido: 12 de noviembre, 2015. Aceptado: 27 de abril, 2016. Este trabajo formó parte del proyecto de investigación "Estudio de la correlación instrumental y sensorial del sabor salado en queso fresco". Universidad Santiago de Cali, Colombia.

<sup>2</sup> Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Grupo de Investigación en Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos (GI-PAB). Cali, Colombia. [juan.sebastian.ramirez@correounivalle.edu.co](mailto:juan.sebastian.ramirez@correounivalle.edu.co) (autor para correspondencia).

<sup>3</sup> Universidad Santiago de Cali, Programa de Química, Grupo de Investigadores en Energía y Medio Ambiente (GIEMA). Calle 5 # 62-00 Barrio Pampalinda, PBX: +(57 2) 518 3000. Cali, Colombia. [gia\\_aguirre@hotmail.com](mailto:gia_aguirre@hotmail.com), [vicalexquim@hotmail.com](mailto:vicalexquim@hotmail.com), [sppccc@gmail.com](mailto:sppccc@gmail.com)



## INTRODUCCIÓN

La sal (NaCl) posee diversos usos. El salado de alimentos es una técnica que data de tiempos prehistóricos (McCaughey y Scott, 1998) y, junto con la fermentación y deshidratación (aire/sol), se ha convertido en un método clásico de conservación de alimentos. En la tecnología quesera moderna estos tres métodos son interdependientes (Fox et al., 2000), se complementan con el control de la temperatura (Guinee y Fox, 2004) y tienen gran influencia en la calidad, sobre todo el salado, debido a sus efectos sobre la composición del queso, la microbiota y la actividad enzimática (Guinee, 2004).

El sodio forma parte de la sal. Este elemento, por ser consumido en exceso, está relacionado con problemas de salud, principalmente la presión arterial elevada (IOM, 2010). La reducción de la ingesta de sodio se ha convertido en una importante pero difícil meta de salud pública por alcanzar. Los productos lácteos, en total, contribuyen con alrededor del 11% del sodio en la dieta. El queso no es una fuente importante de sodio, pero sí de calcio, fósforo y proteínas, nutrientes relacionados con la presión arterial baja (Ash y Wilbey, 2010). Sin embargo, la industria láctea ha reconocido la necesidad de reducir el contenido de sodio en sus productos, principalmente en los quesos y productos untables (Guinee y O'Kennedy, 2007).

El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de la sal sobre algunas propiedades físicas del queso, su interacción con los componentes del queso, y el efecto del contenido de sodio sobre la salud de los consumidores.

## CONTENIDO DE SAL EN QUESOS

El queso es el resultado de la concentración selectiva de la leche. Su composición varía dependiendo de diversos factores (Walstra et al., 1999; 2006), tales como: variaciones en la composición de la leche, diferentes procedimientos de elaboración (procesos artesanales o industriales), composición de la cuajada (nivel de humedad y pH), manejo dado a la cuajada (tamaño del grano de cuajada, desuerado), tecnología de salazón (tiempo, método), entre otros (Guinee, 2007a).

Los niveles de sal (%p/p de NaCl) en queso van desde aproximadamente 0,6% (Quesillo Chileno) hasta

aproximadamente 7% (queso petacones). Para cada variedad de queso existe un rango óptimo del contenido de sal, por ejemplo, en quesos frescos entre 0,6% y 7,0%, y en quesos madurados entre 0,9% y 6,0%. Los quesos que no difieren grandemente en su contenido de sal son las pastas hiladas, entre 1,2% y 1,9%. Los valores por debajo del rango óptimo de sal causan defectos debidos al crecimiento de bacterias no deseables y/o patógenas o a la actividad enzimática no regulada (Sutherland, 2002; Guinee y Fox, 2004), también se observa disminución en la firmeza y la salinidad, y pueden presentarse fermentaciones anormales (Katsiari et al., 1997); mientras que por encima del rango, el principal defecto son los sabores desagradables. En el Cuadro 1 se presentan los niveles aproximados de sal y de sodio en algunos de los quesos latinoamericanos.

## SABOR SALADO EN QUESOS

La sal es un ingrediente importante en los alimentos, ya que determina en gran parte la calidad del producto y la aceptación del consumidor (Saint-Eve et al., 2009). Una característica importante del uso de sal en los alimentos es su contribución directa al sabor; al ser adicionada en la proporción adecuada, mejora las propiedades sensoriales de prácticamente todos los alimentos (IOM, 2010). El sabor de la sal (salado) es muy apreciado por muchos y se considera como uno de los cinco sabores básicos (amargo, dulce, ácido, salado y umami) (Castro et al., 2009). Sensorialmente la importancia de la adición de sal a los alimentos, radica en que el sodio suprime los sabores amargos mejorando el sabor general del alimento y en algunos casos potenciando el de otros componentes del alimento (IOM, 2010).

Se presume que el sabor característico de la sal reside en la fracción de  $\text{Na}^+$ , ya que el cloruro de potasio tiene una sensación de sabor claramente diferente. La percepción salada de la sal se atribuye al catión en un 70% - 85% y al anión en un 30% - 15%.

En el queso hay evidencia directa de las correlaciones entre el nivel de la sal y la calidad sensorial, juzgada por expertos. Además, hay un impacto directo de la sal en el sabor; con demasiada o muy poca cantidad, los niveles de sal se vuelven cada vez más evidentes organolépticamente (Sutherland, 2002). El sabor del queso sin sal es insípido, incluso

**Cuadro 1.** Contenido aproximados de NaCl y sodio en diferentes variedades de queso latinoamericanos. Colombia. 2015  
**Table 1.** Approximate NaCl and sodium levels in different varieties of Latin American cheeses. Colombia. 2015.

Nombre	País	Características	NaCl (%, p/p)	Na (%, p/p)	Sal por porción de 30 g	% de contribución para un máximo de 5 g de sal por día*
Quesillo chileno	Chile	Fresco, blando	0,6	0,24	0,18	3,6
Queso cuajada	Colombia	Fresco, blando	0,8	0,3	0,24	4,8
Quesito antioqueño	Colombia	Fresco, blando	1,5	0,59	0,45	9
Queso amasado	Colombia	Fresco, blando, amasado	1,6	0,61	0,48	9,6
Queso campesino	Colombia	Fresco, semi duro, prensado	1,6	0,63	0,48	9,6
Queso picado	Ecuador	Fresco, semi duro, prensado	1,6	0,61	0,48	9,6
Queso turrialba	Costa Rica	Fresco, semi blando, prensado	1,8	0,69	0,54	10,8
Molido nariñense	Colombia	Fresco, blando, molido	2	0,78	0,6	12
Amasado carchense	Ecuador	Fresco, blando, amasado	2,1	0,8	0,63	12,6
Queso panela	México	Fresco, semi blando	2,2	0,86	0,66	13,2
Queijo minas	Brasil	Fresco, semi duro	3	1,18	0,9	18
Queso costeño	Colombia	Fresco, duro, prensado	3,3	1,27	0,99	19,8
Queso cotija	México	Fresco, semi duro, húmedo	4,5	1,76	1,35	27
Queso petacones	El Salvador	Fresco, duro, prensado	7	2,74	2,1	42
Queso chanco	Chile	Madurado, semi duro	0,9	0,35	0,27	5,4
Queso andino	Ecuador, Perú	Madurado, semi blando, prensado	1,8	0,69	0,54	10,8
Queso chihuahua	México	Madurado, semi duro	2	0,78	0,6	12
Queijo prato	Brasil	Madurado, semi duro	2,2	0,86	0,66	13,2
Queso patagras	Cuba	Madurado, duro, prensado	3	1,18	0,9	18
Queso paipa	Colombia	Madurado, semi duro, prensado	6,1	2,37	1,83	36,6
Queso pera	Colombia	Pasta hilada	1,2	0,45	0,36	7,2
Doble crema	Colombia	Pasta hilada	1,3	0,49	0,39	7,8
Quesillo	Colombia	Pasta hilada	1,3	0,49	0,39	7,8
Queso de hoja	Ecuador	Pasta hilada	1,4	0,55	0,42	8,4
Queso asadero	México	Pasta hilada	1,8	0,71	0,54	10,8
Queso palmito	Costa Rica	Pasta hilada	1,9	0,75	0,57	11,4
Queso Oaxaca	México	Pasta hilada	1,9	0,75	0,57	11,4

Adaptado de (Adapted from): Rodríguez y Novoa (1994), Villegas de Gante (2004), Blanco y Granados (2007), Castañeda et al. (2010), Leiva y Figueroa (2010), Ramírez-Navas et al. (2010), Ramírez-Navas (2010a), Ramírez-Navas et al. (2011).

\* Acorde a las directrices de ingesta de sodio en adultos y niños / According to the guidelines of sodium intake in adults and children (<http://goo.gl/dWuWFT>).

para alguien que no sea “amante” de este compuesto. Se estima que el uso de 0,8% p/p de NaCl es suficiente para superar el sabor insípido (Guinee y Fox, 2004), y

si se desea hacer algún tipo de reducción de sal, esta puede estar en el orden del 10% al 25%, dependiendo del tipo de queso (Cruz et al., 2011).

Cuando hay una reducción significativa en el contenido de sodio la aceptación del consumidor disminuye (Aguirre y Aristizabal, 2013), esto puede deberse en parte a un defecto común en quesos bajos en sodio, el amargor (Mistry, 2007). La cantidad adecuada de sal proporciona un sabor deseable en el queso y también ayuda a ocultar el amargor. Este en un queso bajo en sodio, a menudo se relaciona con la producción de una clase particular de péptidos, que pueden derivarse de una avería atípica de las proteínas de la leche (Lemieux y Simard, 1991; 1992). Para reducir el amargor se han identificado nuevos tipos de cuajo (por ejemplo, la quimosina de camello) y el cultivo iniciador seleccionado o cepas adjuntas. La aplicación del procesamiento a alta presión (HPP) a queso reducido en sodio, también ha demostrado reducir el amargor (Moynihan et al., 2013; Ozturk et al., 2015).

Los quesos bajos en sal también pueden ser más ácidos. Entre las estrategias que se tienen para evitar esta situación, se incluyen la reducción de los niveles de lactosa en la leche para quesería, o el aumento de la capacidad amortiguadora de la cuajada de queso por la fortificación con proteínas de la leche.

## MÉTODOS DE SALADO (TECNOLOGÍA DE SALAZÓN)

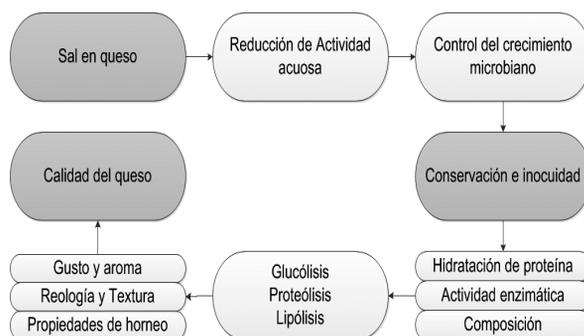
En el proceso de coagulación, la proteína coagulada atrapa otros componentes de la leche, tales como grasas, hidratos de carbono (lactosa), minerales y agua. A menudo atrapa más agua de lo que se desea en el producto final. Para eliminar este exceso de agua la cuajada se presiona, sin embargo, el prensado solo es insuficiente (Walstra et al., 1999; Fox et al., 2000; Villegas de Gante, 2004). Es ahí donde la adición de sal se utiliza para eliminar el agua hasta llegar a los niveles de humedad deseados.

La sal se añade a todos los tipos de queso al final del proceso de producción, excepto en el caso del queso Domiati en el que se sala la leche antes de añadir el cuajo (Sutherland, 2002). Hay tres métodos de salado: 1) inmersión en salmuera (p.ej. edam, gouda, provolone, suizo, costeño, entre otros); 2) salado en seco, en el que los cristales de sal se añaden directamente al gel formado antes de su moldeo y/o prensado (p. ej. cheddar, molido nariñense, amasado

carchense, stilton, entre otros); y 3) salado superficial en seco, implica la adición de los cristales de sal directamente a la superficie del queso moldeado (p. ej. queso azul) (Guinee y Fox, 2004; Ramírez-Navas, 2010a; Ramírez-Navas et al., 2010; 2011).

## EFFECTO DE LA ADICIÓN DE SAL

Además de su efecto conservante, el NaCl desempeña otras funciones importantes en los alimentos. La sal juega un papel fundamental en la regulación de muchos aspectos de queso y productos lácteos para untar (Figura 1). Aumenta la presión osmótica en la fase acuosa de los alimentos, causando la deshidratación de las bacterias, produciéndoles la muerte o previniendo su crecimiento y proliferación (Sheehan, 2007; Cruz et al., 2011). Junto con el pH, la actividad de agua ( $A_w$ ) y el potencial redox, contribuye a la minimización del deterioro y la prevención del crecimiento de patógenos en el queso. Promueve cambios físicos y químicos en los procesos de maduración y regula el crecimiento de organismos deseables, incluyendo las bacterias ácido lácticas (Sutherland, 2002). En el proceso de maduración ayuda a habilitar la función positiva de ciertas bacterias de la flora secundaria y modula la actividad enzimática para potenciarlo. En general, controla la textura (duros, fibrosos, etc.) y propiedades funcionales (fusión, estiramiento) (Ramírez-Navas, 2010b), la sinéresis y la humedad (es decir, contenido de agua), y contribuye a las características de sabor de



**Figura 1.** Funciones y efectos de la sal en el queso. Colombia. 2015.

**Figure 1.** Functions and effects of salt in cheese. Colombia. 2015.

Adaptado de (adapted from): Guinee y O'Kennedy (2007).

diferentes quesos. Para algunos tipos de queso, el salado crea una corteza dura que protege al queso durante la maduración y el transporte.

## EFFECTO DE LA ADICIÓN DE SAL EN LA COMPOSICIÓN

**Agua:** en los quesos, tanto la relación entre el contenido de sal con la humedad, como con la actividad del agua, es inversamente proporcional. Grandes concentraciones de sal favorecen el desuerado del queso (bajo contenido de humedad), por lo tanto, disminuyen la actividad del agua y asimismo la actividad microbiana. El agua se elimina en una proporción distinta dependiendo del tipo de queso que se esté fabricando, arrastrando con ella una parte de los elementos solubles y de las proteínas no coaguladas que contiene la leche (Simatos et al., 2009), la cantidad de agua juega un papel importante en el tiempo de conservación, la textura del queso y el rendimiento del proceso de elaboración (Fox et al., 2000). Por una parte, en quesos madurados, el agua que queda retenida en el queso es esencial para el desarrollo de los microorganismos y determina la velocidad de las fermentaciones y de la maduración; por otra parte, en quesos frescos las grandes adiciones de sal evitan la proliferación de organismos patógenos.

**Materia grasa:** es uno de los componentes más abundantes en los quesos, y durante la maduración gran parte de esta se hidroliza, contribuyendo al desarrollo de aromas y sabores. Influye en la textura, el sabor, el rendimiento y el color (Guinee y McSweeney, 2006). En quesos bajos en grasa, el contenido de humedad y la Aw es alto (Troller y Christian, 1978; Mistry y Kasperson, 1988), lo que provoca que la inhibición del crecimiento bacteriano por la adición de sal sea menor y que fácilmente se puedan desarrollar defectos de sabor tales como el amargor (Mistry, 2007).

**Proteínas:** la caseína es la proteína más importante en el queso; esta origina diversos compuestos aromáticos (Law, 2010), además se desnaturaliza, en gran parte, durante el proceso de maduración. El metabolismo de las caseínas conduce a la formación de numerosos compuestos de sabor; sin embargo, esta actividad se ve influenciada por la concentración de sal en el queso. Las bajas concentraciones (5% a 6%, p/p sal en humedad) aumentan la solubilización de

la caseína o paracaseína. La actividad proteolítica se inhibe a niveles altos de sal, y se estimula a niveles bajos (Guinee y Fox, 2004; Guinee y O’Kennedy, 2007), desarrollando excesiva acidez y amargor durante la maduración.

Por ejemplo, la alta concentración de sal y el bajo pH en el queso feta, origina un bajo contenido de amina biogénica (AB), debido a las condiciones desfavorables para la descarboxilación de aminoácidos. Las AB son bases orgánicas de bajo peso molecular que poseen actividad biológica, son producidas principalmente por descarboxilación microbiana de aminoácidos, varias de ellas juegan un papel importante en muchas funciones fisiológicas humanas. Sin embargo, para los individuos susceptibles, el consumo de alimentos que contienen altas concentraciones de estos compuestos puede causar efectos tóxicos. Entre las AB encontradas en quesos están: histamina, tiramina,  $\beta$ -feniletilamina, triptamina, putrescina, cadaverina, entre otras. Las AB son también motivo de preocupación en relación con el deterioro de los alimentos, ya que una vez que se forman son difíciles de destruirlas por pasteurización o cocción (Rice et al., 1976; Stratton et al., 1991; Silla-Santos, 1996; Valsamaki et al., 2000; Mistry, 2007; Razavi-Rohani et al., 2013; Deepika-Pr y Kumar-Raks, 2014).

**Carbohidratos:** el contenido de hidratos de carbono de los quesos está constituido por la lactosa o azúcar de la leche, que acaba transformándose, gran parte, en ácido láctico por acción de las bacterias lácticas. La lactosa es sustrato para la formación de ácido y por lo tanto, interviene en la coagulación de la leche, el desuerado, la textura de la cuajada, el crecimiento de los microorganismos (Fox et al., 2000) y en el desarrollo del sabor ácido. El nivel de sal en el queso y el método de aplicación, tienen un papel importante en la determinación de la tasa metabólica de la lactosa. Por esto, es importante que los niveles de sal en el queso sean controlados adecuadamente, ya que su adición retarda el crecimiento de bacterias ácido lácticas y ayuda a controlar el desarrollo del sabor ácido (Mistry, 2007).

**Vitaminas y minerales:** en cuanto al contenido de vitaminas, los quesos son más ricos en vitaminas liposolubles que en las hidrosolubles. En el queso el contenido de sales minerales varía entre 1,2% y 4,5%. Las sales en la leche se encuentran disueltas o formando compuestos con la caseína (caseinatos) o como fosfatos, las más importantes son las de sodio,

calcio, potasio, magnesio y hierro. Los minerales participan en la coagulación de la leche e influyen sobre el desuerado y la textura del queso (Gaucheron, 2005). El calcio se encuentra en dos formas en la leche: el 30% aproximadamente en solución y el 70% restante en forma coloidal. El fosfato cálcico forma parte del complejo caseínico producido en la coagulación de la leche, contribuyendo al aumento de tamaño de las micelas de caseína (Lucey y Horne, 2009). Por ello, la adición de cloruro cálcico a la leche favorece la coagulación de la caseína que así forma micelas mayores (González-Ramírez, 2010). La adición de cloruro de sodio ocasiona interacciones con el ion calcio, lo que modifica la textura del queso, como se amplía más adelante.

### **EFEECTO DE LA ADICIÓN DE SAL EN LA MADURACIÓN**

La sal influye en la maduración del queso, principalmente a través de sus efectos sobre la Aw (Guinee y Fox, 2004), pero también lo hace en el control de crecimiento y actividad microbiana, control de las diversas actividades de las enzimas en el queso, sinéresis de la cuajada y por lo tanto, en una reducción en la humedad del queso y en los cambios físicos en las proteínas que influyen en la textura del queso, solubilidad de la proteína y probable conformación de la péptidos (McSweeney, 2004a; 2004b).

### **EFEECTO DE LA ADICIÓN DE SAL EN LA REOLOGÍA Y LA TEXTURA**

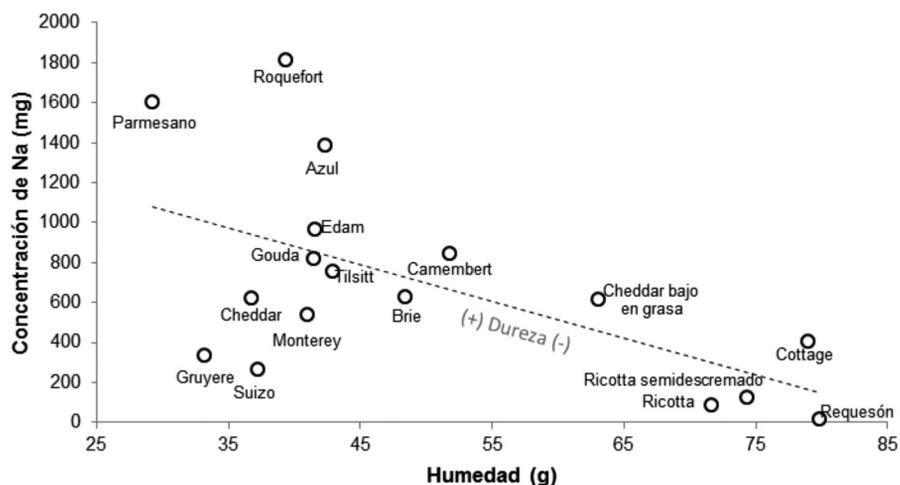
El salado del queso ejerce una influencia significativa sobre la reología y textura del queso. Durante el proceso de salado, se produce un intercambio de  $\text{Ca}^{2+}$  por iones  $\text{Na}^+$  en las moléculas de paracaseína; esto hace que la cuajada sea más suave. Si el pH es inferior a 5,0, habrá más iones  $\text{H}^+$  que  $\text{Ca}^{2+}$  unidos a la molécula de paracaseína y, en consecuencia, habrá suficiente incorporación de iones  $\text{Na}^+$ , dando lugar a un queso duro y quebradizo. Por el contrario, con pH superior a 5,8, habrá un exceso de iones  $\text{Ca}^{2+}$  vinculados a la molécula de paracaseína, causando una incorporación excesiva de  $\text{Na}^+$  en la molécula, lo que resulta en un queso más bien suave (Guinee y Fox, 2004). Microestructuralmente, los quesos salados tienen fisuras más homogéneas y

más pequeñas en comparación con los quesos sin sal (McMahon y Oberg, 1998)

Esto puede observarse mediante la comparación de las características sensoriales del queso bajo en sal con la versión salada. El queso salado presenta una forma más firme (p.ej. campesino, cheddar), mientras que el queso bajo en sal tiene una consistencia más suave y cremosa (adhesiva) o pastosa, (p.ej. requesón, ricotta, suizo). Además, las altas concentraciones de sal resultan en quesos duros, secos y quebradizos (p.ej. Gaziantep, Domiati, Feta) (Guinee y Fox, 2004; Cruz et al., 2011). Por ejemplo, como se observa en la Figura 2, el queso ricotta tiene un contenido de sodio inferior a los quesos semiduros, como el cheddar o el gouda, que a su vez tienen un contenido de sodio inferior a los quesos duros, como el parmesano.

Uno de los mayores defectos asociados con la reducción de sodio, son los altos niveles de humedad que causan una textura más suave en el queso (Guinee, 2007a). Los fabricantes de queso pueden hacer frente a este problema al hacer ajustes al proceso, por ejemplo, reducir el tamaño de la cuajada o aumentar la temperatura de cocción. Otra alternativa puede ser la incorporación de cloruro de calcio durante la fase de salazón en seco, lo que permite incrementar la reticulación de las proteínas logrando un queso más firme. Sin embargo, aún cuando el contenido de humedad de un queso bajo en sodio se ajusta de nuevo al mismo contenido de humedad de un queso con un contenido típico de sodio, la textura del queso reducido en sodio se mantendrá generalmente más suave (Lucey et al., 2003). La sal también produce cambios en las propiedades funcionales, tales como la capacidad de fusión, estiramiento, y flujo (Reddy y Marth, 1991).

El contenido de sodio (fuerza iónica) afecta a las interacciones entre las proteínas de la leche (Guinee y Fox, 2004). Niveles reducidos de sodio resultan en interacciones más débiles, produciendo quesos de textura más suave. Altos contenidos de humedad en el queso también exhiben mayor rapidez de descomposición de las proteínas durante la maduración (lo que resulta en una mayor acción suavizante) (Lucey et al., 2003), pero la investigación reciente demuestra que la aplicación de HPP poco después de la fabricación del queso retarda el proceso de maduración, lo que permite que el queso preserve con una textura firme (Ozturk et al., 2013).



**Figura 2.** Relación entre contenido de sodio y humedad de diferentes tipos de quesos. 2015.

**Figure 2.** Relationship between sodium and humidity of different types of cheeses. 2015.

## EFFECTOS SOBRE LA INOCUIDAD

El cloruro de sodio, junto con el pH, la  $A_w$  y el contenido de ácido láctico, son múltiples obstáculos que contribuyen a la seguridad microbiológica de los quesos tradicionales (Shrestha et al., 2011). La relación entre el porcentaje de sal y el de humedad (S/H) en el queso (producto final), sirve para evaluar si se han cumplido las condiciones de buena calidad, por lo tanto, también puede ser considerada como un indicador de inocuidad, así como la  $A_w$  es empleada como un indicador de la facilidad o dificultad del crecimiento microbiano (Hystead et al., 2013).

Valores de S/H menores a 3,5% en el queso, presentan mayor potencial de crecimiento de cultivos con el riesgo de desarrollar sabor amargo, aumento en la proteólisis por coagulante residual y un rápido crecimiento de bacterias ácido lácticas indeseadas que generan defectos de sabor y textura. Con valores de S/H mayores a 6%, se presenta inhibición del metabolismo de la lactosa por cultivos iniciadores, dando como resultado una maduración lenta con defectos de sabor y textura. Valores de S/H entre 4% y 6% presentan una alta probabilidad de obtener quesos de calidad satisfactoria. Agarwal et al. (2011) reportan valores de S/H para queso cheddar comercial entre 4,1 y 4,3. Las reducciones

de la sal que presenten desviaciones del rango ideal de S/H, podrían ocasionar cambios negativos en el crecimiento de cultivos benéficos durante la fabricación de queso (p. ej.: *Lactococcus lactis ssp. lactis*), así como un incremento de microorganismos patógenos (p. ej.: *Listeria monocytogenes*).

Los altos contenidos de sal no aseguran una adecuada inocuidad en el queso, ya que este puede tener una contaminación post proceso a causa de la mala manipulación y el uso de implementos inadecuados, como ocurre en la mayoría de quesos artesanales (Cabrera et al., 2001; Ares, 2002; Vasek et al., 2004). Chávez y Romero (2006) estudiaron el queso costeño (queso con el mayor contenido de sal en Colombia, S/H 8,5) producido en el Municipio de Sincé en el departamento de Sucre, encontraron un alto grado de contaminación microbiana (coliformes totales y fecales, *estafilococos*, *Salmonella*, *Aerobios mesofilos*), valores que sobrepasan lo establecido en la normatividad nacional. Hystead et al. (2013) inocularon *L. monocytogenes* en diferentes momentos, durante la maduración de queso cheddar con el fin de simular la contaminación post proceso, encontraron que el queso con una reducción del 50% en sodio (S/H 1,26), tuvo conteos más altos que la muestra control después de cincuenta días de incubación a 4 °C; en

el caso de contaminación de post proceso, observaron que *L. monocytogenes* fue capaz de sobrevivir en el queso durante las etapas posteriores a la maduración.

## RELACIÓN SAL - SALUD

La definición de la sal para el consumo humano se refiere a “cloruro de sodio cristalizado extraído de fuentes naturales, con la adición obligatoria de yodo”. La sal debe estar presente en forma de cristales de color blanco, con gránulos uniformes, libres de olor y poseer su sabor salino característico. La sal contiene sodio, que es el componente más abundante en los fluidos extracelulares y permite el transporte de nutrientes, su ingesta es esencial, ya que contribuye al mecanismo de regulación de la presión arterial, el transporte de agua intracelular, la regulación de la presión osmótica y la transmisión de los impulsos nerviosos y pH (Cruz et al., 2011; Botella-Romero et al., 2015).

El hombre necesita aproximadamente 2,4 g sodio al día, lo que equivale a 6 g NaCl (Drake et al., 2011). La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda reducir el consumo medio de sal para adultos a menos de 5 g por día. La ingesta de esta cantidad se puede cumplir a través del contenido natural de sodio en los alimentos; sin embargo, en las dietas occidentales modernas se añaden cantidades considerables de NaCl. De hecho, las dietas occidentales contienen aproximadamente dos a tres veces más sodio de lo que es necesario y su ingesta excesiva tiene efectos tóxicos, o por lo menos indeseables: efectos fisiológicos, de los cuales el más significativo es la hipertensión y el aumento de la excreción de calcio, lo que puede conducir a la osteoporosis (Guinee y Fox, 2004; Guinee y O’Kennedy, 2007; Botella-Romero et al., 2015).

Gran parte de la población mundial consume mucho más sodio del recomendado. Desde los años sesenta, se han impulsado una serie de intervenciones de salud pública y recomendaciones de orientación nutricional, con el objetivo de reducir la ingesta de sodio en la dieta; hasta la fecha, estas actividades no han cumplido con su objetivo. La ingesta de sodio se mantiene sin cambios e incluso ha mostrado una tendencia al alza, mientras tanto, la incidencia de la hipertensión no ha disminuido (IOM, 2010; Temple, 2011; Kara, 2016).

El consumo de sodio excede las recomendaciones nutricionales en muchos países industrializados.

Se ha demostrado claramente que una dieta alta en sal conduce a problemas de salud tales como la hipertensión, enfermedad coronaria, accidente cerebrovascular y aumento de la excreción de calcio, que puede conducir a osteoporosis (McCarron, 1997; 2000; O’Shaughnessy y Karet, 2006; Susic y Frohlich, 2012; Cappuccio, 2013; D’Elia et al., 2014). En consecuencia, existe un interés creciente en la producción de alimentos bajos en sodio, de acuerdo con las recomendaciones para la reducción de la ingesta dietética de cloruro de sodio.

Las dietas con alto contenido de sodio causan retención de agua en el cuerpo, que pueden originar o acentuar la hipertensión, un factor de riesgo importante para el desarrollo de las enfermedades cardiovasculares, que son conocidas como principales causas de morbilidad y mortalidad en el mundo (Cruz et al., 2011; Kara, 2016). La hipertensión arterial se considera un problema de salud pública, debido a la magnitud, el riesgo y la dificultad en el control de esta condición. Entre los factores nutricionales que se asocian con la elevada prevalencia de la hipertensión arterial son el alto consumo de alcohol y sodio, así como el exceso de peso.

Un estudio llevado a cabo con más de 10 000 personas en 52 países, reveló que el consumo de sodio era un factor importante en la determinación del nivel de la presión arterial en la población y que la incidencia aumenta con la edad. Se estima que un aumento de 6 g en el consumo diario de sal está relacionada con un aumento de 10/6 mmHg en la presión arterial en treinta años (es decir, a partir de la edad de 25-55). También en este estudio, solo tres comunidades (tribus) consumían menos de 3 g de sal al día, mostrando bajos niveles de presión arterial, sin ningún aumento en estos con la edad (Intersalt Cooperative Research Group, 1988; Cruz et al., 2011).

Otro síntoma que puede ser causado por la alta ingesta de sodio es la interferencia en la biodisponibilidad de calcio, debido al aumento en la excreción renal de este mineral. De acuerdo con ecuaciones de predicción, se cree que la excreción urinaria de calcio se incrementará en 30-40 mg por cada 2 g de sodio consumido. Sin embargo, si la ingesta de sodio está por debajo de 2,4 g por día, no habrá ningún impacto negativo en los huesos (Pereira et al., 2009; Cruz et al., 2011).

En 2011, el Consejo Internacional de Información Alimentaria (IFIC, por sus siglas en inglés) reportó

que el 59% de los consumidores no se preocupan por su consumo de sodio. Sin embargo, la conciencia sobre el sodio está aumentando gradualmente (Saieh et al., 2015). De acuerdo con *Dairy Management Inc.*, desde 2004, ha habido un aumento constante en el número de consumidores que afirman leer en el panel de información nutricional el contenido de sodio.

El queso representa un modelo de estudio entre los alimentos con un interés particular en la reducción de sal (sopas, embutidos, etc.). La presencia de sodio en el queso se debe al proveniente de forma natural en la leche, así como a la sal añadida. El queso ha sido identificado como uno de los principales vectores de alimentos que contribuyen a la ingesta de sal en países donde su consumo es relativamente alto (Henderson et al., 2003; Wyness et al., 2011). Por ejemplo, si una persona consume una cantidad media de 40 g de queso por día, esto por sí solo daría cuenta de 10% de la ingesta diaria recomendada de sal (calculado a partir de una ingesta de sal media de 8 g/día y 2% p/p de NaCl en el queso). Por lo tanto, una mejor comprensión del impacto de la sal en las características sensoriales y físico-químicas de los quesos, permitiría encontrar formulaciones que satisfagan las expectativas de los consumidores (Saint-Eve et al., 2009), sin consecuencias negativas sobre su salud.

En contraste, es reconocido que los productos lácteos pueden desempeñar un papel importante en pro de mantener una presión arterial saludable. En los Enfoques Alimenticios para Detener la Hipertensión (DASH, por sus siglas en inglés), los participantes siguieron un plan de alimentación baja en grasas y rico en frutas, verduras y productos lácteos bajos en grasa (incluyendo un promedio de 1 onza de queso regular cada día). Los investigadores encontraron que este plan de alimentación permitía bajar la presión arterial en mayor grado que una dieta rica en frutas y verduras, pero carente de productos lácteos (Sacks et al., 2001).

Jean Ragalie, presidente del Consejo Nacional Lechero de Estados Unidos (NDC-US, por sus siglas en inglés), señaló que “la educación basada en la ciencia, junto con consejos de sentido común son la clave para minimizar la confusión del consumidor”. La mala reputación que a veces recibe el queso, debido a su contenido de sal y la presión que se coloca en la industria quesera para reducir la sal en el queso, puede ser injustificada. Varios autores indican que innecesariamente se ha exagerado el efecto que la sal en el queso puede tener sobre la salud de un individuo,

situación que ha disuadido a la gente a consumir queso como parte de una dieta equilibrada, esta situación no es deseable, ya que el queso es, nutricionalmente, uno de los alimentos más completos (Ash y Wilbey, 2010). Además, el queso es una rica fuente de calcio, un mineral que en dos metaanálisis ha demostrado reducir la presión arterial (Allender et al., 1996; Bucher et al., 1996).

## ALTERNATIVAS AL USO DE LA SAL EN EL QUESO

Las estrategias de reducción de sodio usadas en la industria alimentaria incluyen el uso de: sales minerales que sustituyen al NaCl, grandes cristales (escamas de sal), sal marina (que también contiene sales de potasio y de magnesio), aditivos salados, varios potenciadores de sabor y el uso de sales extraídas del lactosuero.

La sal puede ser sustituida parcialmente por otros compuestos como cloruro de potasio (KCl), cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) o cloruro de magnesio ( $\text{MgCl}_2$ ) (Guinee, 2007b). El  $\text{MgCl}_2$  y  $\text{CaCl}_2$  no parecen ser buenos sustitutos del NaCl, porque modifican negativamente la textura del queso, volviéndola quebradiza, suave o grasienta (Guinee y O’Kennedy, 2007). Por otra parte, debido a la similitud entre los cationes potasio y sodio, se reconoce al KCl como una sal con mejores características para la sustitución del NaCl en varios alimentos (Kaur et al., 2011). Adicionalmente, el potasio tiene un efecto significativo en la reducción de la presión arterial y por lo tanto, en la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares (Doyle y Glass, 2010).

Varios trabajos de investigación reportan el efecto de la sustitución de NaCl por KCl,  $\text{MgCl}_2$  o  $\text{CaCl}_2$  (Ayyash y Shah, 2011b; Gomes et al., 2011; Ayyash et al., 2012; 2013; Grummer et al., 2013; McMahon et al., 2014) sobre las propiedades sensoriales, la composición química, la proteólisis, y la textura de varios tipos de quesos. En general, se observa que cambios de catión (potasio, magnesio y calcio), disminuyen la intensidad del sabor salado e incrementan la acidez y los sabores amargos; mientras que cambios de anión (fosfatos y citratos) dejan un sabor metálico residual. El efecto de la sustitución sobre la composición química, la proteólisis, y la textura, difiere según el tipo de queso estudiado. Durante el almacenamiento y refrigerado, la estabilidad microbiológica presentó una reducción sustancial.

En el caso del KCl se observó que reemplazos menores al 30% no presentaron diferencias significativas en las características sensoriales y el nivel de aceptación por parte de los consumidores. En queso feta el contenido de humedad disminuyó (McMahon et al., 2009), aunque sobre la proteólisis no se observó un efecto significativo (Katsiari et al., 2000). En queso minas (reemplazo del 25%) no se observaron variaciones significantes en la proteólisis ni en la dureza durante el almacenamiento (Gomes et al., 2011). En quesos nabulsi y halloumi el efecto de la sustitución parcial sobre la textura fue insignificante (Ayyash y Shah, 2011a; Ayyash et al., 2011). En queso cheddar reducido en grasa la dureza disminuyó (Mistry y Kasperson, 1988).

Otra interesante alternativa para el reemplazo del NaCl, es el uso de la tecnología de membranas para obtener sales de lactosuero (producto etiquetado como “sólidos lácteos”) (Solís et al., 2016). Las características de las sales presentes en el permeado, las hacen ideales para reemplazar el NaCl en muchas aplicaciones alimentarias (p. ej. salsas, salsas de queso, pan, masa de pizza, entre otras), logrando mantener un sabor aceptable para el consumidor. El permeado contiene los minerales de la leche, tales como sodio, calcio, potasio y magnesio, ácidos orgánicos y lactosa. Este coctel de sales minerales ayuda a proporcionar un sabor salado y reduce los niveles de NaCl (Ozturk et al., 2015). La adición de estas sales en la elaboración quesera, produce quesos bajos en sodio con buena textura. Guinee y O’Kennedy (2007) comentaron que los buenos niveles de textura alcanzados, pueden deberse al incremento del contenido de calcio y de fosfato, provenientes del permeado.

La sal como componente de los quesos tiene varias funciones importantes, desarrolla adecuado sabor y textura, garantiza la conservación y la seguridad bacteriológica. Sin embargo, por la demanda actual de productos que garanticen la salud del consumidor, se deben realizar más estudios con el fin de establecer el máximo nivel de reducción de sal en quesos sin afectar las propiedades físicas, químicas y organolépticas, o las posibles alternativas de reemplazo del cloruro de sodio. La industria láctea está comprometida con la salud y bienestar del consumidor, así como el gusto y la seguridad alimentaria. La industria debe seguir siendo proactiva y ayudar a replantear el diálogo con un enfoque integral que incluya la aceptación del

consumidor y reconozca la suma de beneficios para la salud y bienestar de los alimentos lácteos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a la doctora Bárbara Ulloa por la revisión del resumen y sugerencias en cuanto a la traducción. Y al profesor Timothy P. Guinee por los conocimientos compartidos durante la estancia del profesor J.S. Ramírez-Navas en Teagasc Food Research Centre (Irlanda).

## LITERATURA CITADA

- Agarwal, S., D. McCoy, W. Graves, P.D. Gerard, and S. Clark. 2011. Sodium content in retail cheddar, mozzarella, and process cheeses varies considerably in the United States. *J. Dairy Sci.* 94:1605-1615. doi: 10.3168/jds.2010-3782
- Aguirre, J., y V. Aristizabal. 2013. Estudio de la correlación instrumental y sensorial del sabor salado de queso fresco. Universidad Santiago de Cali, Cali, COL.
- Allender, P.S., J.A. Cutler, D. Follmann, F.P. Cappuccio, J. Pryer, and P. Elliott. 1996. Dietary calcium and blood pressure: a meta-analysis of randomized clinical trials. *Ann. Intern. Med.* 124:825-31.
- Ares, J.L. 2002. Caracterización cualitativa de los quesos tradicionales elaborados en empresas ganaderas de Andalucía. *An. R. Acad. Cienc. Vet. Andalucía Oriental* 15:161-210.
- Ash, A., and A. Wilbey. 2010. The nutritional significance of cheese in the UK diet. *Int. J. Dairy Technol.* 63:305-319. doi:10.1111/j.1471-0307.2010.00606.x.
- Ayyash, M.M., and N.P. Shah. 2011a. The effect of substituting NaCl with KCl on nabulsi cheese: chemical composition, total viable count, and texture profile. *J. Dairy Sci.* 94:2741-2751. doi:10.3168/jds.2010-3976
- Ayyash, M.M., and N.P. Shah. 2011b. The effect of substitution of NaCl with KCl on chemical composition and functional properties of low-moisture mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* 94:3761-3768. doi:10.3168/jds.2010-4103
- Ayyash, M.M., F. Sherkat, P. Francis, R.P.W. Williams, and N.P. Shah. 2011. The effect of sodium chloride substitution with potassium chloride on texture profile and microstructure of halloumi cheese. *J. Dairy Sci.* 94:37-42. doi:10.3168/jds.2010-3407

- Ayyash, M.M., F. Sherkat, and N.P. Shah. 2012. The effect of NaCl substitution with KCl on akawi cheese: chemical composition, proteolysis, angiotensin-converting enzyme-inhibitory activity, probiotic survival, texture profile, and sensory properties. *J. Dairy Sci.* 95:4747-4759. doi:10.3168/jds.2011-4940
- Ayyash, M.M., F. Sherkat, and N.P. Shah. 2013. The effect of NaCl substitution with KCl on proteinase activities of cell-free extract and cell-free supernatant at different pH levels and salt concentrations: *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei*. *J. Dairy Sci.* 96:40-49. doi:10.3168/jds.2012-5761
- Blanco, M., y L. Granados. 2007. Queso turrialba. FAO, IICA, San José, CRC.
- Botella-Romero, F., J.J. Alfaro-Martínez, y A. Hernández-López. 2015. Uso y abuso de la sal en la alimentación humana. *Nutr. Clin. Med.* IX:189-203. doi:10.7400/nem.2015.09.3.5030
- Bucher, H.C., R.J. Cook, G.H. Guyatt, J.D. Lang, D.J. Cook, R. Hatala, and D.L. Hunt. 1996. Effects of dietary calcium supplementation on blood pressure. A meta-analysis of randomized controlled trials. *JAMA* 275:1016-22.
- Cabrera, R.B., J.C. Basílico, y A.J. Fusco. 2001. Hongos en quesos artesanales de corrientes (Argentina). *FACENA* 17:1-4.
- Cappuccio, F.P. 2013. Cardiovascular and other effects of salt consumption. *Kidney Int. Suppl.* 3:312-315. doi:10.1038/kisup.2013.65
- Castañeda, R., S. Borbonet, A. Ibarra, J.L. Ipar, V.A. María, B.C. Carmen, N. Purtschert, y R. Alfonso. 2010. Quesos de América del Sur. Editorial Albatros, Buenos Aires, ARG.
- Castro, K., M.L. Restrepo, G. Taborda, y G.A. Quintero. 2009. Intensidad de los sabores básicos del tomate (*Lycopersicon esculentum*) en seis estados de madurez. *Rev. Bio. Sector Agro.* 7:23-28. doi:10.1590/S1692-35612009000100004
- Cruz, A.G., J.A.F. Faria, M.A.R. Pollonio, H.M.A. Bolini, R.M.S. Celeghini, D. Granato, and N.P. Shah. 2011. Cheeses with reduced sodium content: effects on functionality, public health benefits and sensory properties. *Trend. Food Sci. Technol.* 22:276-291. doi:10.1016/j.tifs.2011.02.003
- Chávez, A., y A. Romero. 2006. Diagnóstico de las condiciones microbiológicas y fisicoquímicas del queso costeño producido en el municipio de Sincé-Sucre (Colombia). Universidad de Sucre, Sincelejo, COL.
- D'Elia, L., F. Galletti, and P. Strazzullo. 2014. Dietary salt intake and risk of gastric cancer. *Adv. Nutr. Cancer* 159:83-95. doi:10.1007/978-3-642-38007-5\_6
- Deepika-Pr, W.M., and S. Kumar-Raks. 2014. Growth and biogenic amine (histamine and tyramine) potential of probiotic *Lactobacillus casei* in skim milk. *Am. J. Food Technol.* 9:69-79. doi:10.3923/ajft.2014.69.79
- Doyle, M.E., and K.A. Glass. 2010. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comp. Rev. Food Sci. Food Safety* 9:44-56. doi:10.1111/j.1541-4337.2009.00096.x
- Drake, S.L., K. Lopetcharat, and M.A. Drake. 2011. Salty taste in dairy foods: can we reduce the salt? *J. Dairy Sci.* 94:636-645. doi:10.3168/jds.2010-3509
- Fox, P.F., T.M. Cogan, P.L.H. McSweeney, and T.P. Guinee. 2000. Fundamentals of cheese science. Aspen Pub, Gaithersburg, MD, USA.
- Gaucheron, F. 2005. The minerals of milk. *Reprod. Nutr. Dev.* 45:473-483. doi:10.1051/rnd:2005030.
- Gomes, A.P., A.G. Cruz, R.S. Cadena, R.M.S. Celeghini, J.A.F. Faria, H.M.A. Bolini, M.A.R. Pollonio, and D. Granato. 2011. Manufacture of low-sodium Minas fresh cheese: effect of the partial replacement of sodium chloride with potassium chloride. *J. Dairy Sci.* 94:2701-2706. doi:10.3168/jds.2010-3774
- González-Ramírez, E.P. 2010. Caracterización de la composición físico química del queso fresco elaborado artesanalmente en Sehuilaca, municipio de Minatitlán, Veracruz. Universidad Veracruzana, Veracruz, MEX.
- Grummer, J., N. Bobowski, M. Karalus, Z. Vickers, and T. Schoenfuss. 2013. Use of potassium chloride and flavor enhancers in low sodium cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* 96:1401-1418. doi:10.3168/jds.2012-6057
- Guinee, T.P. 2004. Salting and the role of salt in cheese. *Int. J. Dairy Technol.* 57:99-109. doi:10.1111/j.1471-0307.2004.00145.x
- Guinee, T.P. 2007a. How does NaCl affect cheese composition? In: P.L. McSweeney, editor, *Cheese problems solved*. Woodhead Publishing Limited, and CRC Press LLC, Cambridge, GBR. p. 90-91.
- Guinee, T.P. 2007b. How can one make low-sodium cheese? In: P.L. McSweeney, editor, *Cheese problems solved*. Woodhead Publishing Limited, and CRC Press LLC, Cambridge, GBR. p. 98-99.
- Guinee, T.P., and P.F. Fox. 2004. Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. In: P.F. Fox, et al., editors, *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Elsevier Academic Press, London, GBR. p. 207-259.
- Guinee, T.P. and P.L. McSweeney. 2006. Significance of milk fat in cheese. In: P.F. Fox and P.L. McSweeney, editors, *Advanced dairy chemistry*. Vol. 2: lipids. Springer, New York, NY, USA. p. 377-440.

- Guinee, T.P., and B.T. O’Kennedy. 2007. Reducing salt in cheese and dairy spreads. In: F. Angus, editor, Reducing salt in foods. Woodhead Publishing, Cambridge, GBR. p. 316-357.
- Henderson, L., K. Irving, J. Gregory, C.J. Bates, A. Prentice, J. Perks, G. Swan, and M. Farron. 2003. The national diet & nutrition survey: adults aged 19 to 64 years. Vol. 4. Office for National Statistics, London, GBR.
- Hystead, E., F. Diez-Gonzalez, and T.C. Schoenfuss. 2013. The effect of sodium reduction with and without potassium chloride on the survival of *Listeria monocytogenes* in cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* 96:6172-6185. doi:10.3168/jds.2013-6675
- Intersalt Cooperative Research Group. 1988. Intersalt: an international study of electrolyte excretion and blood pressure. Results for 24 hour urinary sodium and potassium excretion. *BMJ* 297:319-28.
- IOM (Institute of Medicine). 2010. Strategies to reduce sodium intake in the United States. Institute of Medicine, and The National Academies Press, WA, DC, USA.
- Kara, B. 2016. Salt consumption: reflections on public health. *J. Comm. Pub. Health Nursing.* 2:e112. doi:10.4172/jcphn.1000e112
- Katsiari, M.C., L.P. Voutsinas, E. Alichanidis, and I.G. Roussis. 1997. Reduction of sodium content in feta cheese by partial substitution of NaCl by KCl. *Int. Dairy J.* 7:465-472. doi:10.1016/s0958-6946(97)00032-0
- Katsiari, M.C., E. Alichanidis, L.P. Voutsinas, and I.G. Roussis. 2000. Proteolysis in reduced sodium feta cheese made by partial substitution of NaCl by KCl. *Int. Dairy J.* 10:635-646. doi:10.1016/S0958-6946(00)00097-2
- Kaur, A., R. Bala, B. Singh, and J. Rehal. 2011. Effect of replacement of sodium chloride with mineral salts on rheological characteristics of wheat flour. *Am. J. Food Technol.* 6:674-684. doi:10.3923/ajft.2011.674.684
- Law, B.A. 2010. Cheese-ripening and cheese flavour technology. In: B.A. Law, and A.Y. Tamime, editors, Technology of cheesemaking. Blackwell, MA, USA. p. 231-359.
- Leiva, J., and H. Figueroa. 2010. Texture of chanco cheese: projection of a sensory map based on multivariate analysis. *Cien. Inv. Agr.* 37:85-91.
- Lemieux, L., and R. Simard. 1991. Bitter flavour in dairy products. I. A review of the factors likely to influence its development, mainly in cheese manufacture. *Lait* 71:599-636.
- Lemieux, L., and R. Simard. 1992. Bitter flavour in dairy products. II. A review of bitter peptides from caseins: their formation, isolation and identification, structure masking and inhibition. *Lait* 72:335-385.
- Lucey, J.A., and D.S. Horne. 2009. Milk salts: technological significance. In: P.L. McSweeney, and P.F. Fox, editors, Advanced dairy chemistry. Vol. 3: lactose, water, salts and minor constituents. Springer, LLC, N.Y., USA. p. 351-389.
- Lucey, J.A., M.E. Johnson, and D.S. Horne. 2003. Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *J. Dairy Sci.* 86:2725-2743. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73869-7
- McCarron, D.A. 1997. Role of adequate dietary calcium intake in the prevention and management of salt-sensitive hypertension. *Am. J. Clin. Nutr.* 65:712S-716S.
- McCarron, D.A. 2000. The dietary guideline for sodium: should we shake it up? Yes! *Am. J. Clin. Nutr.* 71:1013-1019.
- McCaughy, S.A., and T.R. Scott. 1998. The taste of sodium. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 22:663-676. doi:10.1016/S0149-7634(97)00067-5
- McMahon, D.J., M.M. Motawee, and W.R. McManus. 2009. Influence of brine concentration and temperature on composition, microstructure, and yield of feta cheese. *J. Dairy Sci.* 92:4169-4179. doi:10.3168/jds.2009-2183.
- McMahon, D.J., and C. Oberg. 1998. Influence of fat, moisture and salt on functional properties of Mozzarella cheese. *Aust. J. Dairy Technol.* 53:98.
- McMahon, D.J., C.J. Oberg, M.A. Drake, N. Farkye, L.V. Moyes, M.R. Arnold, B. Ganesan, J. Steele, and J.R. Broadbent. 2014. Effect of sodium, potassium, magnesium, and calcium salt cations on pH, proteolysis, organic acids, and microbial populations during storage of full-fat cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* 97:4780-4798. doi:10.3168/jds.2014-8071
- McSweeney, P.L. 2004a. Biochemistry of cheese ripening: Introduction and overview. In: P.F. Fox, et al., editor, Cheese: chemistry, physics and microbiology. Academic Press, London, GBR. p. 347-360.
- McSweeney, P.L.H. 2004b. Biochemistry of cheese ripening. *Int. J. Dairy Technol.* 57:127-144. doi:10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x
- Mistry, V.V. 2007. The effects of milk, its ingredients and salt on cheese flavor. In: B.C. Weimer, editor, Improving the flavour of cheese. Woodhead Publishing, Cambridge, GBR. p. 239-251.
- Mistry, V.V., and K.M. Kasperson. 1988. Influence of salt on the quality of reduced fat cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* 81:1214-1221. doi:10.3168/jds.S0022-0302(98)75681-4
- Moynihan, A.C., S. Govindasamy-Lucey, J.J. Jaeggi, M.E. Johnson, J.A. Lucey, and P.L. McSweeney.

2013. Effect of camel chymosin on the texture, functionality, and sensory properties of low-moisture, part-skim mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* 97:85-96. doi:10.3168/jds.2013-7081
- O'Shaughnessy, K.M., and F.E. Karet. 2006. Salt handling and hypertension. *Annu. Rev. Nutr.* 26:343-65. doi:10.1146/annurev.nutr.26.061505.111316
- Ozturk, M., S. Govindasamy-Lucey, J.J. Jaeggi, M.E. Johnson, and J.A. Lucey. 2013. The influence of high hydrostatic pressure on regular, reduced, low and no salt added cheddar cheese. *Int. Dairy J.* 33:175-183. doi:10.1016/j.idairyj.2013.01.008
- Ozturk, M., S. Govindasamy-Lucey, J.J. Jaeggi, M.E. Johnson, and J.A. Lucey. 2015. Low-sodium cheddar cheese: effect of fortification of cheese milk with ultrafiltration retentate and high-hydrostatic pressure treatment of cheese. *J. Dairy Sci.* 98:6713-6726. doi:10.3168/jds.2015-9549
- Pereira, G.A.P., P.S. Genaro, M.M. Pinheiro, V.L. Szejnfeld, and L.A. Martini. 2009. Dietary calcium – strategies to optimize intake. *Rev. Bras. Reumatol.* 49:164-180. doi:10.1590/S0482-50042009000200008
- Ramírez-Navas, J.S. 2010a. Queso molido nariñense. *Tecnol. Láctea Latinoam.* 59:56-59.
- Ramírez-Navas, J.S. 2010b. Propiedades funcionales de los quesos: énfasis en los quesos de pasta hilada. *Rev. RECITEIA* 10:70-97.
- Ramírez-Navas, J.S., S. González-Sequeira, y N. Sequeira-Cléves. 2011. Queso palmito: originalmente costarricense. *Tecnol. Láctea Latinoam.* 68:42-49.
- Ramírez-Navas, J.S., M. Osorio, y A. Rodríguez. 2010. Quesillo: queso colombiano de pasta hilada. *Tecnol. Láctea Latinoam.* 60:63-67.
- Razavi Rohani, S.M., J. Aliakbarlu, A. Ehsani, and H. Hassanzadazar. 2013. Biogenic amines determination in some traditional cheeses in West Azerbaijan province of Iran. *Vet. Res. Forum* 4:115-8.
- Reddy, K.A., and E.H. Marth. 1991. Reducing the sodium content of foods: a review. *J. Food Protect.* 54:138-150.
- Rice, S.L., R.R. Eitenmiller, and P.E. Koehler. 1976. Biologically active amines in food: a review. *J. Milk Food Technol.* 39:353-358.
- Rodríguez, A., y C. Novoa. 1994. Guía para producir quesos colombianos. 1ª ed. Banco Ganadero, Santafe de Bogotá, D.C., COL.
- Sacks, F.M., L.P. Svetkey, W.M. Vollmer, L.J. Appel, G.A. Bray, D. Harsha, E. Obarzanek, P.R. Conlin, E.R. Miller, D.G. Simons-Morton, N. Karanja, P.H. Lin, M. Aickin, M.M. Most-Windhauser, T.J. Moore, M.A. Proschan, and J.A. Cutler. 2001. Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the dietary approaches to stop hypertension (DASH) Diet. *New. Engl. J. Med.* 344:3-10. doi:10.1056/NEJM200101043440101
- Saieh, A.C., B.C. Zehnder, C.E.M. Castro, y P. Sanhueza. 2015. Etiquetado nutricional, ¿qué se sabe del contenido de sodio en los alimentos? *Rev. Méd. Clín. Las Condes* 26:113-118. doi:10.1016/j.rmcl.2014.12.005
- Saint-Eve, A., C. Lauerjat, C. Magnan, I. Déléris, and I. Souchon. 2009. Reducing salt and fat content: impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavoured model cheeses. *Food Chem.* 116:167-175. doi:10.1016/j.foodchem.2009.02.027
- Sheehan, J.J. 2007. How does NaCl affect the microbiology of cheese? In: P.L. McSweeney, editor, *Cheese problems solved*. Woodhead Publishing Limited, and CRC Press LLC, Cambridge, GBR. p. 96-97.
- Shrestha, S., J.A. Grieder, D.J. McMahon, and B.A. Nummer. 2011. Survival of *Listeria monocytogenes* introduced as a post-aging contaminant during storage of low-salt cheddar cheese at 4, 10, and 21°C. *J. Dairy Sci.* 94:4329-4335. doi:10.3168/jds.2011-4219
- Silla-Santos, M.H. 1996. Biogenic amines: their importance in foods. *Int. J. Food Microbiol.* 29:213-31.
- Simatos, D., D. Champion, D. Lorient, C. Loupiac, and G. Roudaut. 2009. Water in dairy products. In: P.L.H. McSweeney, and P.F. Fox, editors, *Advanced dairy chemistry*. Vol. 3: Lactose, water, salts and minor constituents. Springer, LLC, NY, USA. p. 457-526.
- Solís, C., C. Vélez, y J.S. Ramírez-Navas. 2016. Tecnología de membranas: desarrollo histórico. *Entre Ciencia e Ingeniería* 19:89-98.
- Stratton, J.E., R.W. Hutkins, and S.L. Taylor. 1991. Biogenic amines in cheese and other fermented foods: a review. *J. Food Protect.* 54:460-470.
- Susic, D., and E.D. Frohlich. 2012. Salt consumption and cardiovascular, renal, and hypertensive diseases: clinical and mechanistic aspects. *Curr. Opin. Lipidol.* 23:11-6. doi:10.1097/MOL.0b013e32834d9c52
- Sutherland, B.J. 2002. Cheese: salting of cheese. In: R. Hubert, editor, *Encyclopedia of dairy sciences*. Elsevier, Oxford, GBR. p. 293-300.
- Temple, N.J. 2011. Population strategies to reduce sodium intake: the right way and the wrong way. *Nutrition* 27:387. doi:10.1016/j.nut.2010.10.009

- Troller, J.A., and J.H. Christian. 1978. Control of aw and moisture. In: J.A. Troller, and J.H.B. Christian, editors, *Water activity and food*. Academic Press, London, GBR. p. 174-191.
- Valsamaki, K., A. Michaelidou, and A. Polychroniadou. 2000. Biogenic amine production in feta cheese. *Food Chem.* 71:259-266. doi:10.1016/S0308-8146(00)00168-0
- Vasek, O.M., R. Cabrera, G.J. Coronel, G.S. De Giori, y A.J. Fusco. 2004. Análisis de riesgos en la elaboración de queso artesanal de corrientes. *FACENA* 20:13-22.
- Villegas de Gante, A. 2004. *Tecnología quesera*. Editorial Trillas S.A. de C.V., MEX.
- Walstra, P., T.J. Geurts, A. Noomen, A. Jellema, and M.A. van Boekel. 1999. *Dairy technology: principles of milk properties and processes*. Marcel Dekker, N.Y, USA.
- Walstra, P., J.T.M. Wouters, and T.J. Geurts. 2006. *Dairy science and technology*. 2<sup>nd</sup> ed. CRC/Taylor & Francis, Boca Raton, USA.
- Wyness, L.A., J.L. Buttriss, and S.A. Stanner. 2011. Reducing the population's sodium intake: the UK Food Standards Agency's salt reduction programme. *Pub. Health Nutr.* 15:254-261. doi:10.1017/S1368980011000966