



Vegetales como fuentes de nitritos: una alternativa para el curado de carnes

E. E. Montiel - Flores*, A. López - Malo y M. E. Bárcenas - Pozos

*Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla.
Ex hacienda Sta. Catarina Mártir S/N, San Andrés Cholula, Puebla. C.P.72810, México.*

Resumen

La generación de las características particulares de los productos curados (color, aroma y sabor), se basa en la incorporación de nitritos y nitratos, siendo el nitrito el verdadero agente de curado. Esta sustancia, además de modificar las características sensoriales, imparte seguridad microbiana al producto terminado. En la actualidad los consumidores tienen mayor interés en comprar alimentos más saludables, con ingredientes orgánicos o naturales, es por ello que surge la necesidad de investigar fuentes naturales de nitritos y nitratos. Es bien sabido que los vegetales como el apio son fuente de nitrato, por lo que tienen potencial como alternativa para el curado. El empleo de estas fuentes naturales requiere el uso de cultivos iniciadores capaces de promover la reducción de nitrato a nitrito. El objetivo de este artículo es proporcionar información sobre alternativas naturales de curado para la elaboración de embutidos y otros productos cárnicos curados.

Palabras clave: nitrito, nitrato, vegetales con nitrito, curado, cultivo iniciador.

Abstract

The development of particular attributes in cured products (color, aroma and flavor), is based on the addition of nitrite and nitrate, being the nitrites is the true curing agent. This substance also modifies the sensory characteristics, and imparts microbial safety to the product. Today, consumers are more interested in healthier foods, organic or natural ingredients. Thus, research on natural sources of nitrites and nitrates is necessary. It is well known that plants, such as celery, are source of nitrate which could be considered as potential alternatives for curing. The addition of these natural sources requires the use of starter cultures, capable to promote the reduction of nitrate to nitrite. The aim of this article is to provide information on natural alternatives for curing in the preparation of sausages and cured meat products.

Keywords: nitrite, nitrate, vegetables with nitrites, curing, starter culture.

Introducción

El diseño y desarrollo de nuevos productos alimenticios de hoy en día toma en cuenta las

consideraciones de los consumidores. En la actualidad las personas tienen más conciencia de lo que consumen día a día, por lo que les preocupa la cantidad de sustancias químicas que ingieren de los alimentos, motivándolos así a consumir productos alimenticios elaborados con sustancias naturales o de forma

*Programa de Maestría en Ciencia de Alimentos
Tel.: +52 222 229 2126, fax: +52 222 229 2727
Dirección electrónica: ermesto.montiel@udlap.mx

natural. Esto ha provocado un auge en la demanda de productos etiquetados como naturales u orgánicos. La industria cárnica, en especial aquella que elabora embutidos, tiene que adaptarse a esta nueva corriente, ya que en las etiquetas se mencionan gran cantidad de ingredientes, muchos de los cuales son de origen sintético. El ingrediente principal de los productos cárnicos curados es el nitrito, el cual desarrolla las características propias de estos productos. Sin embargo, este ingrediente en la mayoría de los casos es de origen sintético. De aquí que el reto sea generar productos cárnicos curados sin adicionar nitritos sintéticos, con las mismas características sensoriales y de seguridad microbiológica que los productos elaborados con la formulación convencional. Con este fin, en años recientes se ha propuesto el uso de algunos vegetales, ya sea en polvo o en jugo, para el curado de carnes, por ser ricos en nitratos. A partir de las consideraciones previamente planteadas, el objetivo de este artículo es proporcionar información acerca del uso de vegetales como fuentes de nitritos y nitratos para el curado de carnes.

Revisión bibliográfica

1. *Productos cárnicos curados*

Los productos cárnicos son ampliamente consumidos en el mundo. Existe una gran variedad de productos cárnicos, los cuales pueden ser crudos o cocidos y éstos a su vez pueden ser curados o no. El término curado, que es ampliamente usado, está relacionado con la adición de sales de nitrito o nitrato, cloruro de sodio y otros ingredientes a la carne procesada que se utilizan para transformar químicamente las propiedades físicas, químicas y a veces microbiológicas de la carne (Sebranek y Bacus, 2007a). Sin embargo, es la adición de nitrito la que da lugar a las características distintivas de la carne curada

como color, sabor y olor (Sebranek y Bacus, 2007b).

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 213 (NOM-213-SSA1-2002), los productos curados son aquéllos “a los que se agreguen por vía húmeda o seca, sal o azúcares, nitratos o nitritos, independientemente de que sean sometidos a algún tratamiento térmico, a maduración o se manejen crudos”.

Por su parte, la Norma Oficial Mexicana 145 (NOM-145-SSA1-1995) clasifica a los productos cárnicos curados como:

“Madurados” a aquéllos elaborados con cortes definidos de las especies animales consideradas aptas para consumo humano, sometidos a curación, parcialmente deshidratados, ahumados o no, madurados por cierto tiempo por medio de cultivos microbianos o de la adición de azúcares de manera que se asegure su calidad sanitaria. Los productos correspondientes a este grupo son: salami, jamón serrano, jamón tipo Westfalia, salchichón, lomo embuchado, entre otros.

“Troceados” a aquéllos cuya carne curada, fue troceada o picada hasta lograr trozos no menores de 2 mm, pudiendo ser crudos, madurados por medio de cultivos microbianos o de la adición de azúcares cocidos o no y ahumados o no. Los productos correspondientes a este grupo son: chorizo, longaniza, queso de puerco, salami cocido, chistorra, entre otros.

Existen muchos métodos de curado para producir los productos cárnicos. El más antiguo es el curado en seco, en el cual la sal de curación es aplicada sobre la superficie de la carne. El curado con salmuera consiste en sumergir la carne en la salmuera. En ambos casos la sal de cura penetra lentamente en la carne. Otro método de curado consiste en inyectar la salmuera, este método tiene la

ventaja de reducir el tiempo de producción, ya que la sal de cura es inyectada homogéneamente en el interior de la carne (Yamanaka *et al.*, 2005).

1.1 Reacciones químicas del curado

El color de la carne depende del estado químico de la mioglobina, proteína que contiene el grupo hemo. El color rojo cereza es atribuido a la oximioglobina, sin embargo, la oximioglobina no es estable durante el almacenamiento y el calentamiento. La decoloración indeseable en la superficie de la carne durante el almacenamiento es debida a la acumulación del pigmento oscuro metamioglobina. La oxidación de la mioglobina está relacionada con la oxidación de la carne (Arihara *et al.*, 1993).

Las reacciones químicas del curado involucran procesos complejos que dependen del pH, la concentración de mioglobina, el potencial redox, la distribución del agente de curado, la temperatura y la humedad relativa (Gotterup *et al.*, 2007). Los dos ingredientes principales para desarrollar las reacciones químicas del curado son nitratos y nitritos.

El nitrato de potasio fue reconocido como el primer agente del curado y se ha utilizado para curar la carne durante cientos de años. A finales del siglo XIX se descubrió que el nitrato es convertido a nitrito por bacterias con capacidad reductora y que el nitrito es el verdadero agente de curado (Sebranek y Bacus, 2007b).

La química del nitrito en la carne curada es una mezcla compleja de reacciones químicas que involucran diferentes reactantes. El nitrito es un compuesto altamente reactivo que puede funcionar como agente oxidante, reductor y nitrosilante, y que puede ser convertido en ácido nítrico, óxido nítrico y nitrato (Sebranek y Bacus, 2007b).

El efecto más importante del nitrito en el proceso de curado es el desarrollo de color. En este proceso el nitrito es transformado en óxido nítrico, lo cual es facilitado por agentes reductores como el ascorbato. El óxido nítrico reacciona con el grupo ferroso de la mioglobina y la metamioglobina de la carne fresca, para formar pigmentos (nitrosilhemocromo) (Fig. 1). Sin embargo, muchas otras reacciones están involucradas en la formación de pigmentos en la carne; por ejemplo, cuando el nitrito es adicionado a la carne picada, ésta se torna café rápidamente debido a la metamioglobina formada, porque el nitrito actúa como un fuerte oxidante hemo. Además, el nitrito también puede reaccionar con los grupos sulfhidrido de las proteínas para producir óxido nítrico (Sebranek y Bacus, 2007b).

1.2 Otras funciones de los nitritos en los productos curados

Los nitritos funcionan como agentes antimicrobianos en las carnes curadas. Inhiben fuertemente a las bacterias anaeróbicas, la más importante *Clostridium botulinum*, y contribuyen al control de otros microorganismos como *Listeria monocytogenes* (Sebranek y Bacus, 2007b). Se necesita menos nitrito para proveer el desarrollo del color que para el control bacteriano (Sindelar *et al.*, 2007a). El mecanismo inhibitorio del nitrito para *C. botulinum* depende del pH, la concentración de NaCl, el contenido de hierro, entre otros. Probablemente el óxido nítrico es el compuesto que tiene la función antimicrobiana. En jamones y salchichas almacenados a 10 °C no se presentan toxinas de *C. botulinum*, durante un periodo de 10 semanas (Tompkin, 2005; Wanless, 2010).

Así mismo, los nitritos funcionan como antioxidantes en los productos curados, debido a que evitan la oxidación de las grasas, las cuales dan lugar a la formación de compuestos

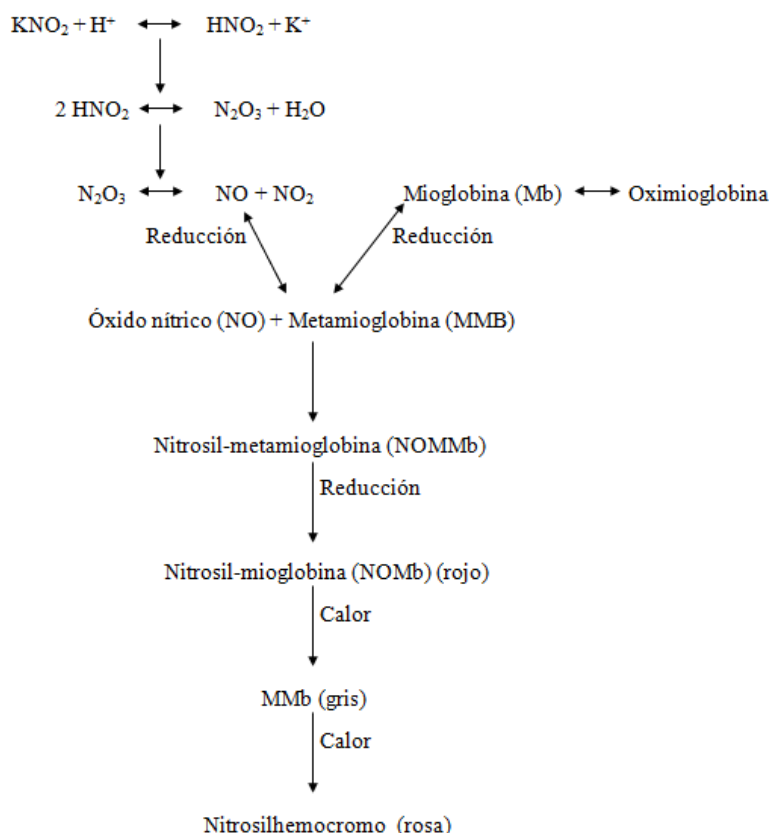


Fig. 1. Reacciones involucradas en el desarrollo de color rosa característico de la carne curada (adaptado de Ranken, 2003 y Honikel, 2008).

de bajo peso molecular que producen sabores y olores desagradables. Existen mecanismos propuestos que incluyen la reacción con el grupo hemo de las proteínas y los metales, y la formación de compuestos nitrosos y nitrosilados, que cumplen con esa función antioxidante (Sebranek y Bacus, 2007b).

Adicionalmente, los nitritos son los responsables de la formación de los compuestos volátiles que imparten sabor a la carne curada, aunque este aspecto es el que menos se tiene comprendido (Sebranek y Bacus, 2007b).

Por otro lado, los nitritos son reconocidos como compuestos tóxicos, ya que pueden formar compuestos cancerígenos en el alimento o al ingerirlo. No obstante, el uso

controlado de nitritos en las carnes procesadas no representa un riesgo para el consumidor. En estudios realizados por Cassens (1997) y Archer (2002), se ha demostrado que menos del 5% de los nitritos consumidos proviene de los productos cárnicos; el resto proviene de los vegetales y la saliva.

1.3 Concentraciones de nitratos y nitritos permitidas en productos curados

Para productos triturados, el nivel máximo permitido de nitrito de sodio o nitrito de potasio es de 156 ppm con base en el peso de la carne fresca. El máximo nivel de nitrato para estos productos es de 1718 ppm. Por otro lado, para los productos que se desarrollan por inmersión, masajeado y bombeado, los niveles máximos permitidos de sales de nitrito de

sodio o potasio son 200 ppm y 700 ppm, respectivamente, con base en el peso de la carne fresca. En productos curados secos sólo se pueden usar 625 y 2187 ppm de nitrito y nitrato, respectivamente, según lo establecido por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (Sebranek y Bacus, 2007b). En México, la Norma Oficial Mexicana 213 establece que el nivel máximo de nitritos y nitratos permitido es de 156ppm para productos cocidos, curados crudos y curados madurados (NOM-213-SSA1-2002).

Es importante recordar que la regulación también establece un mínimo de 120 ppm de nitrito para todos los productos curados con la leyenda “consérvese en refrigeración”, a menos que su seguridad sea controlada por otros procesos de conservación como tratamiento térmico, control de pH o humedad.

2. Alternativas naturales para el curado de productos cárnicos

Existe gran interés entre los consumidores por lo natural, orgánico y saludable en los alimentos, impulsando la demanda de los productos no adicionados con nitritos sintéticos (Sindelar *et al.*, 2007a). Así mismo, la ley de producción de alimentos orgánicos en Estados Unidos establece una lista de sustancias permitidas y prohibidas que pueden ser usadas como ingredientes en los alimentos etiquetados como orgánicos; en esta lista se prohíbe específicamente la adición de nitritos o nitratos (Sebranek *et al.*, 2012).

El problema es que el nitrito adicionado directamente o en forma indirecta derivado de nitrato, es una sustancia única, distintiva de los productos cárnicos curados, para la cual no hay un reemplazo. Por lo tanto, se necesitan cambios significativos en la formulación y proceso de los productos cárnicos curados, para elaborar productos naturales u orgánicos y así ofrecer a los consumidores productos con

las mismas características que los convencionales (Sebranek y Bacus, 2007b).

Una alternativa es usar vegetales como fuentes de nitritos debido a que hay vegetales con un contenido significativo de nitrato, que cuando son adicionados en un nivel suficiente junto con un reductor de nitrato o un cultivo iniciador que reduzca el NO_3^- a NO_2^- , pueden proveer una cantidad adecuada de nitritos para completar las reacciones del proceso de curado natural (Sindelar *et al.*, 2007a).

2.1. Ingredientes usados como alternativas

Durante muchos años, los polvos de vegetales han sido utilizados en la carne como agentes saborizantes, mientras que los cultivos iniciadores que reducen nitratos han sido utilizados desde la década de 1950. Sin embargo, la idea de combinar estos dos ingredientes para crear un proceso natural de curado surgió hasta la década de 1990 (Sebranek *et al.*, 2012).

Los vegetales, como ya se mencionó, son una buena fuente de nitrato; algunos como apio, lechuga y betabel tienen concentraciones de entre 1500 y 2800 ppm de nitrato. Los jugos y polvos de vegetales están disponibles en el mercado y pueden ser usados como ingredientes en productos naturales u orgánicos, ya que ofrecen gran potencial para introducir de manera simple nitratos en las carnes procesadas y tienen la ventaja de suministrar dichos compuestos en forma concentrada (Sebranek *et al.*, 2012).

La adición de un concentrado natural de polvo de apio (que contiene 3% de nitrato, lo cual significará 30,000 ppm) a la carne a una concentración típica de 0.3%, resulta en 90 ppm de nitrito en la mayoría de los productos cárnicos curados. Cuando se agrega un vegetal en polvo al 0.2%, significa que hay en el producto 69 ppm de nitrato, mientras que en

una concentración de 0.4% habrá 138 ppm. Como ya se mencionó, el nivel máximo permitido es de 156 ppm de nitrito, sin embargo, aun cuando haya el 100% de conversión, es difícil determinar la cantidad de nitrato que se convierte a nitrito, ya que la reacción es muy rápida (Sebranek *et al.*, 2012).

Al analizar algunos jugos de vegetales disponibles en el mercado, se encontró que los jugos de zanahoria, apio, betabel y espinaca contenían 171 ppm, 2114 ppm, 2273 ppm y 3227 ppm de nitrato, respectivamente. Después de 10 días de almacenamiento a temperatura ambiente, los niveles de nitrato en estos jugos bajaron entre 14 y 22%. El nitrito no fue detectado inicialmente, pero después de 10 días de almacenamiento a temperatura ambiente se detectaron concentraciones de entre 128 y 189 ppm. Probablemente este contenido de nitrito fue generado por las bacterias reductoras de nitrato presentes en estos jugos (Sebranek y Bacus, 2007b).

El jugo de apio, líquido o en polvo, es altamente compatible con las carnes curadas, ya que aporta muy pocos pigmentos (opuesto al betabel, zanahoria, acelga y espinaca) y tienen un perfil de sabor suave, similar al del apio crudo, por lo que no compite con el sabor del producto terminado (Sebranek y Bacus, 2007b). Además, el polvo de apio (*Apium graveolens* var. Dulce) contiene una alta concentración de nitrato (Sebranek *et al.*, 2012).

Sindelar *et al.* (2007b) concluyen que al emplear apio en polvo en una concentración de 0.2% en jamón, se obtienen características similares a las que presentan los productos cárnicos curados convencionalmente. Otro vegetal de interés que recientemente se ha evaluado en este sentido es la acelga en polvo, la cual se ha usado en una concentración de entre 0.15 y 0.3% (Gaudy, 2012).

Las características típicas de los productos curados convencionalmente (color, sabor y estabilidad del sabor) se desarrollan con al menos 50 ppm de nitrito formado del nitrato durante el proceso de curado con fuentes naturales de nitrato. Sin embargo, se sabe que cuando el nitrito es completamente consumido habrá cambios en el sabor y el color, por lo que es esencial asegurar que haya nitrito residual para mantener las propiedades típicas del curado. Tal parece que una concentración de entre 5 y 15 ppm de nitrito residual es un indicador razonable para mantener la estabilidad del producto (Sebranek y Bacus, 2007a).

Un aspecto fundamental para considerar a los vegetales como una alternativa al curado convencional, es la adición de cultivos iniciadores, ya que éstos propiamente son los responsables de reducir el nitrato proveniente de los vegetales a nitrito. Los cultivos iniciadores han sido empleados para garantizar la seguridad, contribuir al color y sabor y extender la vida útil del producto. Estos cultivos generalmente son bacterias ácido lácticas como *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus carnosus* y/o *Staphylococcus xylosus*. (Morot-Bizot *et al.*, 2006).

En este sentido, se ha demostrado que bacterias como *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus plantarum* y *Leuconostoc mesenteroides*, tienen la capacidad de convertir la metamioglobina en nitrosilmioglobina, el pigmento característico de los productos curados (Li *et al.*, 2013).

De igual forma, los cultivos coagulasa negativa cocci tales como *Kocuria varians* (formalmente *Micrococcus*), *S. xylosus*, *S. carnosus*, entre otros, reducen el nitrato a nitrito a temperaturas entre 15 y 20 °C; pero son mucho más efectivos a temperaturas mayores a los 30 °C (Sebranek y Bacus,

2007b). Específicamente, *S. xylosus* genera nitrosilmioglobina en un tiempo de incubación de 8 horas a 30 °C (Li *et al.*, 2013). Otras especies que producen los mismos efectos son *Staphylococcus simulans*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus marneri* y *Staphylococcus equorum* (Rossi *et al.*, 2001).

De manera similar, *S. xylosus* y *S. carnosus* presentan, además de su actividad reductora, propiedades proteolíticas y lipolíticas (Aksu *et al.*, 2008), las cuales contribuyen al desarrollo de aroma, ya que modulan el nivel y la naturaleza de los compuestos volátiles derivados de la oxidación de lípidos y el catabolismo de aminoácidos. Ambas especies producen compuestos de sabor, como metil ácidos, metil aldehídos y metil alcoholes, a partir del catabolismo de aminoácidos de cadena ramificada (Morot-Bizot *et al.*, 2006).

Por su parte, *L. sakei* tiene la capacidad de inhibir el crecimiento de bacterias deteriorativas de los productos cárnicos, contribuye a la reducción de nitrito residual y mejora las características sensoriales (Wang *et al.*, 2013).

Por otro lado, se ha observado que un cultivo iniciador se puede incluir para controlar la microflora de este tipo de productos. Kawahara *et al.* (2006) probaron el uso de *L. sakei* en jamón de lomo. Esta bacteria aumentó la vida de anaquel hasta 28 días, la cual fue mayor que la de los productos libres de nitrito en condiciones anaerobias; además, este microorganismo tiene la ventaja de desarrollar color rojo en el producto.

Finalmente, cabe mencionar que es de suma importancia monitorear la población de los cultivos iniciadores durante el proceso de producción de embutidos, ya que si son inhibidos por diversos factores como pH,

concentración de sal, actividad de agua u otros microorganismos predominantes, la calidad final del producto no será la esperada (Di-María *et al.*, 2002). Así mismo, en un estudio llevado a cabo por Sindelar *et al.* (2007a), se encontró que el tiempo de incubación es un factor más crítico que la concentración de vegetales en polvo.

2.2. Consideraciones especiales

2.2.1 Seguridad

Debido a que la cantidad de apio en polvo está delimitada por el sabor que aporta a la carne, las mejoras en esta alternativa se centran en reducir el sabor para poder aumentar la concentración de nitrito, para que se desarrolle mejor el curado y así incrementar la estabilidad en el control microbiano (Sebranek *et al.*, 2012). También es importante señalar que la adición de estos nuevos ingredientes aporta microorganismos, que pueden ser deteriorativos y/o patógenos, a los productos curados, por lo que es necesario aplicar tratamientos para eliminar los microorganismos y por ende asegurar el mismo nivel de calidad que los productos curados convencionalmente. Algunos procesos que se han propuesto incluyen la pasteurización a 131 °C durante 10 segundos, calentamiento por alta frecuencia por medio de microondas, radio frecuencia y aplicación de altas presiones (alrededor de 600 MPa) (Sebranek *et al.*, 2012). En el caso de productos esterilizados, en los que el tratamiento térmico es suficiente para asegurar la estabilidad microbiana de los productos cárnicos curados, no es necesario emplear otro tratamiento (Mandrea y Tita, 2011).

Por otro lado, de acuerdo con Ahn *et al.* (2002) la irradiación gamma, al menos 20 kilograys, puede ser aplicada a los productos cárnicos curados para reducir los compuestos carcinogénicos y el nitrito residual.

2.2.2 Proceso

En el curado con ingredientes naturales, una buena distribución de la fuente de nitrato y del cultivo iniciador es esencial para que el proceso sea uniforme (Sebranek y Bacus, 2007b). Sin embargo, no es recomendable mezclar el cultivo iniciador con algún otro factor que afecte su viabilidad, por ejemplo especias o sal, y por ende su capacidad de reducir el nitrato (Sebranek y Bacus, 2007b).

Por otro lado, para productos en los que se inyecta la salmuera con el cultivo iniciador es crítica la forma de inyección, debido a que los cultivos iniciadores no migrarán mucho desde los puntos de inyección (Sebranek y Bacus, 2007b).

Es importante señalar que en la elaboración de estos productos es fundamental que los cultivos iniciadores dispongan de tiempo suficiente para reducir los nitratos a nitritos. Con este propósito se lleva a cabo una incubación previa de los cultivos iniciadores. Sin embargo, la adición de este paso al proceso incrementa el tiempo de elaboración para algunos productos, particularmente el de aquellos de diámetro pequeño, los cuales requieren tiempos cortos de calentamiento. Para reducir este tiempo se incubaba el jugo de apio con el cultivo iniciador antes de adicionarlo al producto cárnico (Sebranek *et al.*, 2012). El tratamiento con jugo de apio y cultivo iniciador es efectivo en jamones, pero en este caso la cantidad de apio en polvo es más crítica. Por otro lado, parece que en productos de mayor diámetro el incremento lento de la temperatura del proceso térmico típico provee suficiente tiempo para que el cultivo reduzca el nitrato. Sin embargo, el delicado perfil de sabor de algunos productos como por ejemplo jamones, hace que éstos sean más susceptibles a la contribución de sabor por los vegetales empleados. Por su parte, los embutidos fermentados no requieren ajustes en su proceso de elaboración, debido a

que la etapa de fermentación permite la conversión de nitrato a nitrito (Sebranek y Bacus, 2007b).

2.2.3 Aditivos

Debido a que la concentración de nitrito de los productos curados utilizando fuentes naturales de esta sal es menor que la de los curados convencionalmente, se ha propuesto la adición de ácido ascórbico. El ácido ascórbico es conocido como un acelerador del proceso de curado y facilita la conversión de nitrito a óxido nítrico para el desarrollo de color. También sirve como agente reductor para ayudar a mantener el color del curado durante el periodo de almacenamiento (Sebranek *et al.*, 2012). Como fuente natural de ácido ascórbico puede usarse cereza en polvo (Sebranek y Bacus, 2007b).

Otros ingredientes que pueden ser considerados en el desarrollo de productos curados en forma natural son el vinagre y el jugo de limón, debido a que los ácidos tienen el potencial de acelerar las reacciones del nitrito, ya que un descenso en el pH de apenas 0.2 unidades es suficiente para duplicar la velocidad de formación de nitrito. Sin embargo, generalmente valores de pH menores a 5.5 no son deseables, debido a que los cambios en el pH afectan la carga de las proteínas que componen el músculo. Estos cambios alteran la separación entre las fibras de la carne, y el cambio en la estructura afecta la forma en la que la luz es reflejada y absorbida, lo cual afecta la apariencia visual (Boles y Pegg, 2008).

En los productos elaborados con carne picada, el efecto de la adición de ingredientes que afecten el pH es insignificante, debido a la capacidad de la carne para amortiguar los cambios de pH. Por otro lado, la adición de agentes acidulantes y reductores da lugar a una menor concentración de nitrito residual en la carne curada. Así mismo, el pH de las

salmueras es crítico para alcanzar un curado natural óptimo y una textura adecuada en el producto, debido a que los fosfatos y otros amortiguadores usados en el curado convencional, no pueden ser incluidos en productos etiquetados como orgánicos o naturales (Sebranek y Bacus, 2007a).

En cuanto a antioxidantes naturales, pueden usarse especias como romero y otras; para proveer protección al sabor y retardar la oxidación de lípidos en las carnes procesadas (Sebranek y Bacus, 2007b).

Los derivados de productos cítricos también pueden ser utilizados como ingredientes en la formulación de productos cárnicos curados naturalmente. Viuda-Martos *et al.* (2009) proponen el uso de la fibra dietética de naranja, extraída del albedo, para la reducción del porcentaje de nitrito residual en productos cárnicos.

Por otro lado, la pasta de tomate con 12% de sólidos solubles adicionada en una concentración de 12% en la elaboración de salchichas, tiene un efecto positivo en el color rojo y consecuentemente en la aceptabilidad por los consumidores, sin ningún efecto negativo en el proceso y en las características de calidad del producto en el almacenamiento (Deda *et al.*, 2007).

2.2.4 Etiquetado

Los productos curados que son elaborados sin la adición directa de nitrato y nitrito, deben ser claramente etiquetados como “no curados”, debido a que son significativamente diferentes a los productos curados tradicionales (Sebranek y Bacus, 2007b). Con el fin de proporcionar la mejor información a los consumidores, un término más apropiado para estos productos sería “curado naturalmente”, porque el producto realmente es curado con fuentes naturales de nitrato y nitrito; así se

eliminará la leyenda “sin nitrito o nitrato añadido” (Sebranek y Bacus, 2007a).

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) establece como mínimo 120 ppm de nitrito para asegurar que el producto se clasifique en la categoría “consérvese en refrigeración”, a menos que se asegure la calidad por otros procesos de conservación como tratamiento térmico, modificación de pH o control de humedad. A concentraciones menores que ésta habrá crecimiento microbiano, especialmente de *C. botulinum*, ya que esta bacteria sobrevive, crece y produce toxinas (Sindelar *et al.*, 2007a).

Conclusiones y comentarios finales

Algunos vegetales, como el apio, junto con cultivos iniciadores (bacterias ácido lácticas como *S. xylosus* y *S. carnosus*), son una alternativa importante como fuente natural de nitritos para la elaboración de productos cárnicos curados. Debido a esto, es importante continuar investigando sobre este tema, específicamente sobre el uso de estas fuentes de nitrito en las formulaciones de productos cárnicos curados distintos a los estudiados hasta el momento (jamón y salchicha, principalmente), con el fin de generar productos libres de aditivos sintéticos, con una “etiqueta limpia”, que sean mejor aceptados por los consumidores.

Agradecimientos

El autor Ernesto Montiel agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP), por el financiamiento otorgado para sus estudios de posgrado.

Referencias

- Ahn, H. J., Kim, J. H., Jo, C., Lee, C. H. y Byun, M. W. 2002. Reduction of carcinogenic N-nitrosamines and residual nitrite in model systems sausage by irradiation. *Journal of Food Science*. 67(4):1370-1373.
- Aksu, M. I., Kaya, M. y Oz, F. 2008. Effect of *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosus* on the inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 in pastrana, a dry-cured meat product. *Journal of Food Safety*. 28:47-58.
- Archer, D. L. 2002. Evidence that ingested nitrate and nitrite are beneficial to health. *Journal of Food Protection*. 65:872-875.
- Arihara, K., Kushida, H., Kondo, Y., Itoh, M., Luchansky, J. B. y Cassens, R. G. 1993. Conversion of metmyoglobin to bright red myoglobin derivatives by *Chromobacterium violaceum*, *Kurthia* sp., and *Lactobacillus fermentum* JCM1173. *Journal of Food Science*. 58(1):36-42.
- Boles, J. A. y Pegg, R. 2008. Meat color. University of Saskatchewan.
<http://www.safespectrum.com/pdfs/meatcolor.pdf>
accesada 01/02/2013.
- Cassens, R. G. 1997. Composition and safety of cured meats in the USA. *Food Chemistry*. 59:561-566.
- Deda, M. S., Bloukas, J. G. y Fista, G. A. 2007. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Science*. 76:501-508.
- Di-María, S., Basso, A. L., Santoro, E., Grazia, L. y Coppola, R. 2002. Monitoring of *Staphylococcus xylosus* DSM 20266 added as starter during fermentation and ripening of soppressata molisana, a typical Italian sausage. *Journal of Applied Microbiology*. 92:158-164.
- Gaudy, A. 2012. Comunicación personal. Naturex Inc. South Hackensack, NJ. EE.UU. Citado en: Sebranek, J. G., Jackson-Davis, A. L., Myers, K. L. y Lavieri, N. A. 2012. Beyond celery and starter culture: advances in natural/organic curing processes in the United States. *Meat Science*. 92:267-273.
- Gotterup, J., Olsen, K., Knochel, S., Tjener, K., Stahnke, L. H. y Moller, J. K. S. 2007. Colour formation in fermented sausages by meat-associated staphylococci with different nitrite- and nitrate-reductase activities. *Meat Science*. 78:492-501.
- Honikel, K. O. 2008. The use and control of nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*. 78:68-76.
- Kawahara, Y., Nakamura, M., Sakagami, I. y Suzuki, Y. 2006. Bright red color formation of cooked pork loin cured with lactic acid bacteria starter culture without adding nitrite during low-temperature storage. *Food Science Technology Research*. 12(2):101-107.
- Li, P., Kong, B., Chen, Q., Zheng, D. y Liu, N. 2013. Formation and identification of nitrosylmyoglobin by *Staphylococcus xylosus* in raw meat batters: A potential solution for nitrite substitution in meat products. *Meat Science*. 93:67-72.
- Mandrea, N. L. y Tita, O. 2011. Celery, a natural alternative to chemical nitrite added to meat products. *Bulletin UASVM Agriculture*. 68(2):1-4.
- Morot-Bizot, S. C., Leroy, S. y Talon, R. 2006. Monitoring of staphylococcal starters in two French processing plants manufacturing dry fermented sausages. *Journal of Applied Microbiology*. 102:238-244.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-213-SSA1-2002. Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. México. D.F.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-145-SSA1-1995. Productos cárnicos troceados y curados. Productos cárnicos curados y madurados. Disposiciones y especificaciones sanitarias. México. D.F.
- Ranken, M. D. 2003. *Manual de industrias de la carne*. Primera edición. AMV Ediciones. Madrid, España. 76 p.
- Rossi, F., Tofalo, R., Torriani, S. y Suzzi, G. 2001. Identification by 16S-23S rDNA intergenic region amplification, genotypic and phenotypic clustering of *Staphylococcus xylosus* strains from dry sausages. *Journal of Applied Microbiology*. 90:365-371.
- Sebranek, J. B. y Bacus, J. N. 2007a. Natural and organic cured meat products: regulatory, manufacturing, marketing, quality and safety issues. *American Meat Science Association White Paper Series*. 1:1-15.
- Sebranek, J. B. y Bacus, J. N. 2007b. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Science*. 77:136-147.
- Sebranek, J. G., Jackson-Davis, A. L., Myers, K. L. y Lavieri, N. A. 2012. Beyond celery and starter

culture: advances in natural/organic curing processes in the United States. *Meat Science*. 92:267-273.

Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A. y Ahn, D.U. 2007a. Effects of vegetables juice powder concentration and storage time on some chemical and sensory quality attributes of uncured, emulsified cooked sausages. *Journal of Food Science*. 72(5):324-332.

Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A. y Ahn, D.U. 2007b. Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *Journal of Food Science*. 72(6):388-395.

Tompkin, R. B. 2005. Nitrite. En: P. M. Davison, J. N. Sofos y A. L. Branen (Eds.) *Antimicrobials in Food*. Tercera edición. FL: CRC Press. Boca Raton.

Viuda-Martos, M., Fernández-López, E., Sayas-Barrera, E., Sendra, E., Navarro, C., y Pérez-Álvarez, J.A. 2009. Citrus co-products as technological strategy to reduce residual nitrite content in meat products. *Journal of Food Science*. 74(8):93-99.

Wang, X. H., Ren, H. Y., Liu, D. Y., Zhu, W. Y. y Wang, W. 2013. Effects of inoculating *Lactobacillus sakei* starter cultures on the microbiological quality and nitrite depletion of Chinese fermented sausages. *Food Control*. 32:591-596.

Wanless, B. 2010. The effect of natural nitrite and antimicrobials against *Clostridium botulinum* in frankfurter and ham products. Tesis de maestría. Universidad de Wisconsin-Madison.

Yamanaka, H., Akimoto, M., Sameshima, T., Arihara, K. y Itoh, M. 2005. Effect of bacterial strains on the development of the ripening flavor of cured pork lions. *Animal Science Journal*. 76: 499-506.