



# Nacameh

Vocablo náhuatl para “carnes”

Volumen 2, Número 2, Diciembre 2008

Difusión vía Red de Computo semestral sobre Avances en Ciencia y Tecnología de la Carne

Derechos Reservados<sup>©</sup> MMVIII

ISSN: 2007-0373

<http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/>



Nueva URL: <http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/>

ISSN: 2007-0373

*NACAMEH Vol. 2, No. 2, pp. 160-187, 2008*

## Nitritos y Nitratos: Su uso, control y alternativas en embutidos cárnicos

Eduardo Bazan Lugo✉

*Laboratorio de Alimentos, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Av. Tecnológico s/n esq. Av. Central, Ecatepec 55210, Estado de México. TEL.: (55) 5000 2227. E-mail: bazanlugo\_edu@yahoo.com.mx*

### Introducción

La apariencia y el color de los alimentos es la primera y más importante característica que percibe el consumidor, el color de los productos cárnicos es el resultado de pigmentos naturales presentes o colorantes agregados. El principal pigmento natural presente en los productos cárnicos es la mioglobina, la cual dependiendo de su estado de oxidación puede presentar distintas tonalidades, el rojo brillante que presentan algunos productos cárnicos comerciales es responsable de la nitrosilmioglobina ( $MbFe^{II}NO$  o  $MbNO$ ) la cual se deriva a partir de la reacción de la mioglobina con el óxido nítrico (NO) derivado a partir de la adición de nitratos y/o nitritos agregados a los productos cárnicos. A la adición de nitratos o nitritos, sales y otros ingredientes incluyendo la sacarosa y especies a las carnes se les denomina con el término de “curado”. Entre las funciones que desempeñan los nitritos en el curado de la carne son: (a) desarrollo de un característico color rosa estable, (b) un sabor típico (c) una textura única que la hace diferente al de la carne fresca, (d) previene y protege contra el desarrollo de algunas bacterias aeróbicas y e) acción antioxidante. En las últimas décadas se ha

cuestionado el uso de nitritos y/o nitratos debido a su ingesta en altas concentraciones causa problemas de intoxicación y producción de carcinógenos. El incremento por la demanda de alimentos orgánicos sin aditivos químicos e inocuos para la salud por parte de los consumidores ha incrementado la investigación y elaboración de alimentos cárnicos con colorantes naturales y reducidos o sin nitratos o nitritos. Entre las alternativas para la elaboración de productos cárnicos no curados se ha planteado la adición de ingredientes de origen natural como: licopeno, paprika, betaínas, antocianinas, y jugo de verduras que han resultado una buena alternativa a la adici3n de nitritos y/o nitratos.

#### **Química y bioquímica del color de la carne**

Entre los compuestos minoritarios que le confieren una coloraci3n a la carne se encuentran los compuestos orgánicos con sistemas enzimáticos cuyos enzimas y grupos prostticos tienen propiedades crom3foras como son las peroxidasas, y flavinas que tienen poca contribuci3n al color de la carne. Existen otros compuestos mayoritarios que desempeñan un papel importante en el color de la carne como son los citocromos (metaloproteínas con un grupo prosttico hemo), carotenoides (sistemas de pigmentos conjugados de naturaleza isoprenoide) presentes principalmente en aves, y hemoproteínas presentes en el músculo *postmortem* (Pérez, 2006). La mioglobina es la principal proteína responsable del color de la carne, además existen otras hemoproteínas como la hemoglobina y el citocromo C que juegan un rol importante en el color de la carne de res, cordero y aves de corral (Hunt, 2005). La mioglobina está formada por la globina que es característica de cada especie animal y el grupo prosttico

hemo ( $\text{Fe}^{+2}$ ), así pues, la mioglobina es un complejo de globina y hemo, el hierro localizado centralmente posee seis puntos de coordinación cuatro de los cuales están ocupados por átomos de nitrógeno del anillo tetrapirrólico, el quinto anillo de coordinación está unido a un residuo de histidina de la globina y quedando el sexto sitio disponible para formar complejos con átomos electronegativos donados por diversos ligandos (Fig. 1). El hierro hemo del anillo de porfirina de la mioglobina puede existir en dos formas: como hierro ferroso reducido ( $\text{Fe}^{+2}$ ) formando mioglobina (Mb) y férrico oxidado ( $\text{Fe}^{+3}$ ) que resulta en la formación de la metamioglobina (MMb), además existe otro estado de la mioglobina que se conoce como oxigenación en el cual esta se une al oxígeno formando oximioglobina ( $\text{MbO}_2$ ), (Von Elve, 2000; De Man, 1999) así, las distintas tonalidades que adopta esta hemoproteína dependen tanto de su estado de oxidación como de su grado de oxigenación (Tabla 1)(Carballo y col. 1991).

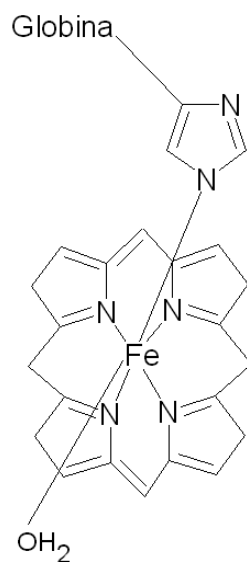


Figura 1. Esquematación del complejo mioglobina y el grupo hemo

Tabla 1. Principales estados de la mioglobina

Forma	Color	Estado de Oxidación
Mioglobina	Rojo púrpura	Fe <sup>++</sup>
Oximioglonina	Rojo brillante	Fe <sup>++</sup> (oxigenada)
Metamioglobina	Parda	Fe <sup>+++</sup> (no oxigenada)

### *Oxigenación*

La oxigenación ocurre cuando la mioglobina es expuesta al oxígeno y se caracteriza por el desarrollo de un color rojo brillante. La valencia del hierro no sufre cambios durante la oxigenación, aunque la sexta coordinación de su sitio es ahora ocupada por un oxígeno diatómico (Mancini y Hunt, 2005). La penetración y cantidad de mioglobina oxigenada depende de la temperatura de la carne, presión parcial de oxígeno, pH, competitividad por el oxígeno y otros procesos respiratorios (Sebranek y Fox, 1985).

### *Oxidación*

La decoloración en los productos cárnicos es referida como la cantidad de superficie de área que contiene metamioglobina; esta resulta de la oxidación de los enlaces ferrosos de la mioglobina dando el ion férrico, esta oxidación se lleva a cabo por medio de la incorporación y/o presencia de sales que oxidan al ion hierro (Carballo y col., 1991; Mancini y Hunt, 2005; Skibsted, 2002)

### *Oxidación-reducción*

La reducción de la metamioglobina es crucial en la coloración de la carne y generalmente depende de la concentración de oxígeno dentro del músculo,

sistemas enzimáticos y el conjunto enzimático NADH el cual depende del tiempo del periodo *postmortem* (Mancini y Hunt, 2005).

### **Química del curado**

El curado de las carnes presenta cuatro principales funciones: (a) un característico color rosa estable al calor, (b) un sabor típico (que puede estar directa o indirectamente relacionado al retardo de la oxidación y rancidez), (c) previene y protege contra el desarrollo de algunas bacterias aeróbicas (Canssens y col., 1978; Osterlie y Lerfall, 2004) y (d) le confiere una textura única que la hace diferente al de la carne fresca (Quing-Li y col., 2007).

La formación del color de los productos cárnicos curados involucra reacciones entre pigmentos de la carne y nitritos ( $\text{NO}_2$ ) o nitratos ( $\text{NO}_3$ ) agregados, resultando en la formación de nitroso hemo pigmentos (NOHP) (Sakata y Nagta, 1992). Las reacciones en el proceso del curado para la formación de la nitrosilmioglobina ( $\text{MbNO}$ ), el cual es el principal pigmento responsable de la coloración de los productos cárnicos curados comienza con la reducción química de los nitritos en el medio reductor de la carne (pH ácido) produciendo óxido nítrico que posteriormente reacciona con grupos o residuos de aminoácidos y la mioglobina. (Fig. 2) (Honikel, 2007).

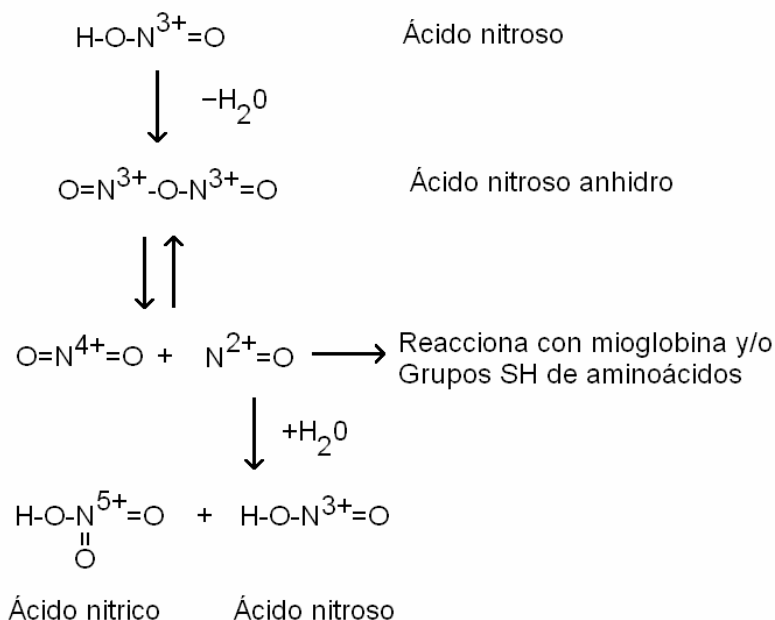


Figura 2. Reacción del ácido nitroso en sistemas cárnicos (adaptada de Honikel 2008)

De esta manera, la evolución de la transformación de la mioglobina a nitrosilmioglobina está corroborada por dos hipótesis en el cual la nitrosilación en los productos cárnicos puede ocurrir mediante dos vías: vía directa) cuando la Mb reacciona con el óxido nítrico (NO) produciendo el pigmento curado NOMb, y vía indirecta) la Mb es oxidada a MMb, que posteriormente reacciona con el NO produciendo nitrosilmetamioglobina (MMb-NO<sub>2</sub>) la cual se reduce transformándose en MbNO (Fig. 3) (Girard, 1991); la concentración de Mb decrece cuando incrementa la concentración de MMb y MMb-NO<sub>2</sub>, cuando se incrementa la concentración de NOMb decrece la concentración de MMb-NO<sub>2</sub> incrementándose la coloración al ser mayor la fracción Mb/MMb o Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup> (Chasco y col., 1996). La velocidad y la concentración de la conversión de Mb a pigmentos cárnicos curados

(MMb-NO<sub>2</sub> y NOMb) depende de muchos factores como: pH, concentración de pigmentos cárnicos, potencial redox, agentes reductores, temperatura, presión parcial de oxígeno, cofactores reductores presentes en la carne (NADH y FAD) y sales (Chasco y col., 1996; Møller y col., 2004; Sebranek y Fox, 1985).

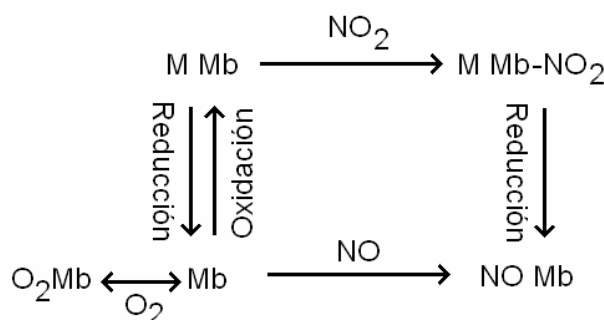


Figura 3. Reacciones del proceso de curado

### *Reducción química de nitratos y nitritos con agentes reductores*

El ácido ascórbico (ascorbato) y el ácido eritórbico (eritorbato) son usados como aceleradores del curado, estos ayudan a acelerar la conversión del nitrito y/o nitrato a óxido nítrico durante el desarrollo del color en el proceso del curado de las carnes; una parte de ácido ascórbico es equivalente a una parte del ácido eritórbico. Se han reportado tres principales beneficios del empleo de ácido ascórbico y eritorbato en el proceso del curado de las carnes: a) el tiempo del curado puede ser



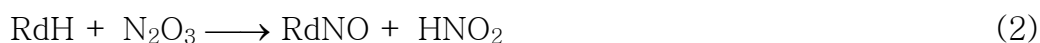
sustancialmente reducido, b) una coloración más uniforme sobre el producto terminado, c) mejoran el color y sabor los cuales pueden ser mantenidos durante su almacenamiento y distribución de los productos (Hui, 2001), aunque la influencia del eritorbato y ascorbato sobre el color, sabor y aceptabilidad no parecen ser significativas cuando estos se presentan a diferentes concentraciones de nitritos o nitritos su influencia parece ser muy significativa sobre el desarrollo de sabor y aceptabilidad en productos cárnicos sin nitritos o nitratos agregados (Sebranek y col., 1994).

Las reacciones del proceso del curado se resumen a continuación (Sebranek y Fox, 1985):

El ácido nitroso es reducido por un electrón formando óxido nítrico y agua.



Posteriormente



Donde:

Rd es un agente reductante como el ascorbato, eritorbato, grupos sulfidrilo, hidroquinonas, etc. Empleando ascorbato en la ecuación (1) y (2) da:



La reducción de  $\text{MbFe}^{\text{III}}$  ocurre con otras reacciones directas: con ascorbato o reducción por nitrosilación con NO bajo condiciones anaeróbicas o anaeróbicas. Mediante el empleo de técnicas de espectroscopia se ha detectado que al parecer el ascorbato reduce tanto a la  $\text{MbFe}^{\text{III}}$  como al nitrito.

Diversos estudios realizados (Walters y Taylor, 1964; Karzami y Brown 1971) han mostrado que el cofactor NADH reduce tanto la MbFe<sup>III</sup> como al nitrito bajo condiciones aerobias como anaerobias. El NADH reduce al nitrito oxidándose a NAD y radicales OH<sup>-</sup> que posteriormente reducen a la MbFe<sup>III</sup> (Skibsted, 2002):



También se ha comprobado la conversión de MbFe<sup>II</sup>NO a MbFe<sup>III</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en presencia de oxígeno (mediante espectrometría para la detección de productos) (Møller y col., 2004):



El término nitrito es generalmente usado para el anión NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y ácido nitroso para HNO<sub>2</sub>, para la síntesis de nitrosilmioglobina (MbFe<sup>II</sup>NO) (Gøtterup y col., 2007) a partir de MbFe<sup>II</sup> requiere de NO a partir de la reacción del ácido nitroso el cual se forma a partir de dos moléculas de HNO<sub>2</sub> con desprendimiento de una molécula de H<sub>2</sub>O, después el ácido nitroso se transforma a anhídrido nitroso, que en el equilibrio se transforma a los óxidos nítrico y nitroso (NO, NO<sub>2</sub>). La constante de disociación para el ácido nitroso a ácido nítrico en el equilibrio es de 3.98X10<sup>-4</sup> (pKa= 3.4) en el pH ácido de la carne que se encuentra entre 5.5 y 6.5 (Sebranek y Fox, 1985). El NO reacciona con la mioglobina o aminoácidos como la cisteína y el NO<sub>2</sub> reacciona con el agua formando una molécula ácido nítrico (Fig. 2) (Skibsted, 2002; Honikel, 2007).

Del total del nitrito agregado a los productos cárnicos alrededor del 1-10 % es oxidado a nitratos; 5-10 % reacciona con la mioglobina; 5-15 % con grupos sulfhídrico; 1-5% con la grasa; 20-30 % con las proteínas; 1-5 % es transformado a gas (Cassens, 1997) y aproximadamente del 10 al 30 % permanece intacto como nitrito residual, aunque se ha documentado que esta cantidad decrece con el tiempo de almacenamiento (Sindelar y col., 2006) y este decremento tiene un comportamiento lineal durante su primera fase de declive, (Pérez y col., 1996; Walters, 1996) de esta manera, el 45% del nitrito y/o nitrato agregado es consumido en la coloración durante el proceso del curado y el nitrito residual es involucrado en otras reacciones las cuales involucran la formación de nitrosaminas con efectos tóxicos y cancerígenos (Schuck y col., 1973; Cassens y col., 1978;)

#### **Nitratos y nitritos: pros y contras**

Es bien sabido que los nitritos a altas concentraciones tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de algunos microorganismos aerobios como: *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus plantarum* y *Staphylococcus carnosus* los cuales, a concentraciones mayores de 50 ppm se detiene su crecimiento y comienzan a morir después de un periodo de ocho días de maduración (Erkmen y Bozkurt, 2004). Aunque para algunas bacterias se requiere de concentraciones muy grandes de nitrato y/o nitrito para sólo retrasar su velocidad de crecimiento como es el caso de *Clostridium botulinum* y esporas de *Bacillus*, las cuales requieren concentraciones de hasta 300 ppm de nitritos para provocar su muerte por lisis celular ya que con concentraciones de 150-200 ppm de nitritos sólo se retrasa su crecimiento celular (Sofos y col., 1979; Pierson y col., 1982).

No obstante, el uso de nitritos y nitratos presenta una buena ventaja al inhibir la producción de toxinas producidas por *Clostridium botulinum* que provocan el botulismo (Canssens y col., 1978), donde por ejemplo la combinación de nitratos o nitritos con ascorbato en una proporción de 0.5 mM de NaNO<sub>2</sub>/4mM de ascorbato favorece la formación de NO inhibiendo el crecimiento de *Clostridium botulinum* (Tabla 2).

**Tabla 2. Inhibición en fase exponencial de cultivos de *Clostridium sporogenes* por Nitratos, Nitritos y Óxido nítrico**

Inhibidor	Rendimiento celular (% del control)	Crecimiento en medio fresco
1 mM NaNO <sub>3</sub>	100	Si
1 mM NaNO <sub>2</sub>	100	Si
4 mM NaNO <sub>2</sub>	77	Si
0.5 mM NaNO <sub>2</sub> /4 mM ascorbato	64	Si
0.5 mM NaNO <sub>2</sub> /10 mM ascorbato	<3	No
0.186 mM de NO	<3	No

También se ha demostrado que la adición de altas concentraciones de sal (NaCl) mayores al 3% tiene un efecto inhibitorio sobre la formación de toxinas del botulismo y que una concentración de 2.5 % de sal en combinación con 2.5 % de NaNO<sub>3</sub> más 200 ppm de NaNO<sub>2</sub> tiene un efecto

inhibitorio positivo sobre la formación de toxinas después de un periodo de incubación de 30 días a 30°C (Tabla 3) (Cornforth, 1996).

Tabla 3. Efecto de la Sal, Nitrato, y Nitrito sobre la formación de toxinas del botulismo en salchichas incubadas a 30°C

Tratamiento	Primera detección de toxinas (+) o (-) a los días indicados
Sal, 2.0%	3, (+)
Sal, 2.25%	3, (+)
Sal, 2.50%	6, (+)
Sal, 2.75%	16, (+)
Sal, 3.00%	23, (-)
Sal, 3.25%	30, (-)
Sal, 2.25% + nitrato de sodio, 0.1%	16, (+)
Sal, 2.5% + nitrito de sodio, 200 ppm	30, (+)
Sal, 2.5% + 0.1% nitrato + 200 ppm nitrito	30, (-)

Los posibles mecanismos mediante los cuales los nitritos inhiben a *C. botulinum* en los productos cárnicos se resumen a continuación: (1) formación de sustancias inhibidoras procedentes de los nitritos y otros componentes cárnicos, (2) activación del nitrito como un oxidante o reductante sobre las enzimas intracelulares o ácidos nucleicos, (3) restricción del hierro (u otros metales esenciales para *C. botulinum*) por

medio de la interferencia de este con los nitritos, interfiriendo sobre el metabolismo y mecanismos de reparación celular de *C. botulinium* y (4) reacción del nitrito con las membranas celulares limitando el metabolismo, intercambio o transporte de sustrato (Sebranek y Fox, 1985). A pesar de que el uso de los nitritos presentan algunas ventajas, su uso ha sido cuestionado en las últimas décadas debido a que estos en ambientes ácidos reaccionan con las aminas produciendo nitrosaminas (N-nitroso) con cualidades tóxicas, mutagénicas y carcinogénicas (Canssens y col., 1978; Girard, 1991; Von Elve, 2000).

### *Formación de nitrosaminas*

Las nitrosaminas son compuestos estables que solo se descomponen en presencia de luz o en ambientes ácidos, en contraste, estas son mucho menos estables en soluciones acuosas y estables en soluciones básicas. La Estructura general de los componentes N-nitroso se presenta a continuación:



Estas se pueden dividirse en dos clases con diferentes propiedades químicas:

- 1) Nitrosaminas donde  $\text{R}_1$  y  $\text{R}_2$  pueden ser alcuilos o grupos de alcuilos.
- 2) Nitrosamidas donde  $\text{R}_1$  es un alquil o grupo alquil y  $\text{R}_2$  es un grupo acil.

La ocurrencia de la acción carcinogénica de los compuestos N-nitrosos en animales se dá en diferentes órganos, sin embargo; cambios en la estructura de nitrosaminas alquil o cíclicas están estrechamente relacionadas con

capacidad carcinogénica. En relación a sus efectos tóxicos se ha observado que algunas tienen efectos letales sobre los embriones de animales causando severas malformaciones en sus órganos y sistemas inmunológicos (Geneva, 2005).

Intensas investigaciones han demostrado que la formación de nitrosaminas tiene un significativo factor de formación que está en función de la concentración de nitritos residuales (Sebranek y Bacus, 2007). La principal ruta química a la formación de nitrosaminas es la reacción de aminas secundarias (como la prolina) con ácido nítrico en presencia del ión nitrito. El ácido nitroso anhídrido ( $N_2O_3$ ) y preferentemente el ácido nitroso ( $HNO_2$ ) son los agentes nitrosilantes para las aminas secundarias ya que la formación de nitrosaminas es dependiente de la concentración de aminas y  $HNO_2$ , la velocidad de formación de nitrosaminas está dada por:

$$V = K_i [\text{amina}] [HNO_2]_2 \quad (9)$$

La velocidad de formación está dada por la presencia de aminas secundarias a un pH de 2.5-3.4 y el  $pK_a$  del  $HNO_2$  es de 3.4. El valor  $K_i$  depende de cada tipo de amina. A valores por encima de un pH de 6 el  $HNO_2$  es inactivado a su forma ión nitrito ( $NO_2^-$ ). El NO es incapaz de actuar como agente nitrosilante a menos que sea oxidado en presencia de  $O_2$  a  $NO_2$ , o en presencia de catalizadores como el yodo o iones de plata; la nitrosilación por medio del  $NO_2$  no requiere de condiciones ácidas y es generalmente más seguro que el  $HNO_2$  en esas condiciones (Cornfoth, 1996).

La formación de nitrosaminas es inhibida por el ácido ascórbico, eritorbato y el  $\alpha$ -tocoferol estos actúan por reducción del  $\text{HNO}_2$  o otros agentes nitrosilantes a  $\text{NO}$  (Cornfoth, 1996; Savic, 2005; Honikel, 2007).

#### **Legislación: Uso y control de los nitratos y/o nitritos**

El uso de nitritos en productos cárnicos ha sido cuestionado en el pasado, por ejemplo en Alemania durante los años 30's del siglo XX muchas personas murieron debido a la intoxicación por nitritos en productos cárnicos. Los nitratos empleados en productos cárnicos son principalmente: el nitrato o nitrito sódico ( $\text{NaNO}_3$  o  $\text{NaNO}_2$ ) y el nitrato o nitrito de potasio ( $\text{KNO}_3$  o  $\text{KNO}_2$ ), los cuales al participar en el proceso del curado se han introducido en la manufactura de una gran variedad de productos cárnicos, sin embargo; debido a que estos presentan algunas desventajas en la salud del consumidor su uso se ha regulado. La regulación de las cantidades de nitratos en los productos cárnicos depende del país y la norma o legislación. El Comité Conjunto de expertos en aditivos de la FAO/OMS y el Comité Científico para la Alimentación Humana de la Comunidad Europea (SCF), han determinado cantidades máximas de ingesta para cada uno de ellos y la definieron como Ingesta Diaria Admisible (IDA): Cantidad máxima de una sustancia química presente en un alimento que se recomienda ingerir al día, expresada en mg de aditivo por kg de peso corporal que carece de riesgo apreciable". También se asigna sobre la base de un Nivel de No Observación de Efectos Adversos (NOEA) derivado de ensayos toxicológicos realizados con animales de experimentación durante períodos prolongados, mediante los cuales se llega a conocer la dosis máxima que pueden ingerir los animales sin que representen un riesgo para la salud,



este valor se extiende a los humanos con previa aplicación de un margen de seguridad muy amplio (igual a 1/100). Dicho Comité ha recomendado una IDA para los nitratos de 0-3.7 mg / kg de peso corporal expresada en iones nitrato y concentraciones mucho menores de nitritos (la toxicidad del  $\text{NaNO}_2$  es bastante más alta que la del  $\text{NaNO}_3$ , casi 10 veces más) 0-0.06 mg / kg de peso corporal para los nitritos, expresada en términos de iones nitrito (Majul y col., 2004). La dosis letal para el consumo humano de nitratos está entre 80-800 mg/kg de peso corporal, mientras que la dosis de nitritos está entre 33-250 mg/Kg de peso corporal; es decir que una dosis de 2.3-17.5 g de nitritos en un individuo de 70 kg de peso corporal podría causarle la muerte (Geneva, 1978).

La regulación seguida por The European Parliament and Council Directive 95/2/EC sobre aditivos alimenticios como endulcorantes y colorantes indica una adición máxima de 150 mg  $\text{NaNO}_2$  /kg de alimento, y de 300 mg de  $\text{NaNO}_3$ /kg. Las cantidades residuales van desde 50 mg  $\text{NaNO}_2$ /kg en productos cárnicos no tratados térmicamente y de 100 mg  $\text{NaNO}_3$ /kg a todos los demás productos excepto el tocino y algunos productos similares y con cantidades residuales de 250 mg de nitratos/Kg en todos los productos cárnicos curados (Tabla 4). En países como Dinamarca excluyen el uso total de los nitritos para todos los productos cárnicos con excepción del tocino y otros jamones crudos con una cantidad de 300 mg de nitratos/kg, así, se considera una cantidad máxima de nitritos de 150 mg/kg de producto regulada por la Danish Regulation 1055/95 en diciembre de 1995. Otros países tomaron decisiones similares tal como los USA, el cual en el Code of Federal Regulations preinscribieron las siguientes condiciones: el uso y la

cantidad límite de nitrito de sodio para el curado en productos cárnicos incluyendo las aves no debe rebasar las 200 ppm en el producto terminado (o nitrito residual) y la cantidad de nitrato de sodio no debe rebasar las 500 ppm del producto terminado (Honikel, 2007). En otros países como en Cuba se tomaron decisiones más estricta en el cual la Norma Cubana 38-02-05:198 establece como límite máximo de nitrato de sodio residual de 125 mg/kg de producto (Valdes, 2002).

Tabla 4. Clasificación de los colorantes

Colorante	Ejemplo
Certificados	
Colorante	FD&C Rojo No 40
Laca	Laca FD&C Rojo No 40
Exento de certificación	
Pigmentos naturales	Antocianina Jugo concentrado Jugo de vegetal,
Sintéticos (idénticos a los naturales)	$\beta$ -caroteno

En México la NOM-213-SSA1-2002 sobre productos cárnicos curados y cocidos, ahumados o no, sometidos a cocción y enfriamiento empacados para su distribución y conservación en refrigeración establece un límite máximo de 156 ppm de nitrito de sodio/kg de producto terminado y en el caso de uso de nitrato de sodio, la cantidad máxima en combinación con el nitrito de sodio no debe rebasar los 156 mg/kg (Secretaría de salud, 2002).

## **Pigmentos: Alternativa para el proceso del curado**

### ***Legislación sobre el uso de pigmentos en alimentos***

Si bien el uso de nitritos y nitratos en el proceso de curado tiene tanto pros como contras, su uso se debe reducir a los niveles mínimos posibles que sean tanto inocuos en la ingesta humana como también eficaces en la preservación de los productos cárnicos. Estudios realizados sobre la concentración mínima de nitratos y/o nitritos agregados a los productos cárnicos curados que no afecten sus propiedades organolépticas (color y sabor) han mostrado que con una cantidad de 40-100 ppm de nitritos agregados no se ve afectada la aceptabilidad, aroma y sabor del producto cárnico en presencia de eritorbato de sodio (Sales y col., 1980; Sebranek y col., 1977), el empleo de sorbato de potasio es una buena alternativa para inhibir el crecimiento de microorganismos como *Salmonella* (Rice y Pierson, 1982), y el empleo de especias de origen natural (ajo, cebolla y apio) resultan efectivos como saborizantes naturales y preservación del producto contra la oxidación y microorganismos (Bacus, 2007).

Una alternativa para el proceso del curado es la adición de pigmentos tanto sintéticos como naturales (sin efectos adversos a la salud); en la industria alimentaria de los EE UU se entiende por colorante a aquél que posee una pureza de grado alimentario, es soluble en agua y está certificado por la Food and Drug Administration (FDA), estos colorantes específicos se conocen como “colorantes certificados” a los cuales se les asigna un número y las letras FD&C. Además de la lista certificada de colorantes certificados, existe también la FD&C para lacas; las lacas son colorantes que se extienden sobre un sustrato (la alúmina) y son dispersadas en aceite.

En Europa las especificaciones del uso de colorantes esta regulada por la Comunidad Económica Europea (CEE) o la Organización Mundial de la Salud (OMS). Además de los colorantes certificados y lacas existen otros que se usan pero están aún exentos de certificación por los organismos competentes (Tabla 5) (Von Elve, 2000), por lo que algunos colorantes alimenticos han sido suspendidos por muchos años hasta que se compruebe su inocuidad, un ejemplo es la suspensión del FD&C rojo No. 2 o amarant en 1976, en los EE UU éste fue remplazado por FD&C rojo No. 40 (De Man, 1999).

Tabla 5. Nitratos y nitritos en productos cárnicos (directiva 95/2/EPC)

E No.	Nombre	Alimento tratado	Cantidad agregada durante su elaboración (mg/kg)	Cantidad residual (mg/Kg)
E249	Nitrito de potasio	No tratados térmicamente y productos cárnicos secos	150	50
E250	Nitrito de sodio	Otros productos cárnicos curados (tocino curado)	150	100
E251	Nitrato de sodio	Productos cárnicos curados	300	175
E252	Nitrato de potasio	Productos cárnicos curados	300	250

#### *Uso de pigmentos naturales en productos cárnicos*

Debido al rápido crecimiento del consumo hacia los productos orgánicos de origen natural y sin aditivos químicos inorgánicos en los últimos años, se han propuesto nuevas y diversas alternativas hacia el emplazamiento y/o

disminución de los nitratos y nitritos por colorantes de origen orgánico. Existen varios colorantes de origen vegetal exentos de certificación que son usados como aditivos para dar color en los alimentos y que han sido utilizados en los productos cárnicos para la reducción de nitritos y nitratos en el proceso del curado. A continuación se presentan algunas alternativas:

#### Licopeno

El licopeno es el pigmento que se encuentra en mayor cantidad en los tomates (2.5-200 mg/100 g de tomate crudo), el cual presenta una moderada estabilidad térmica (inferior a 100 °C) durante su procesamiento en los alimentos, este también es una buena fuente de  $\beta$ -caroteno el cual es el principal precursor de la vitamina A, C, E y ácido ascórbico en la dieta humana (Mayeaux y col., 2006; De Man, 1999) además de contribuir a la protección del deterioro de los tejidos contra los radicales libres y tener una acción antioxidativa de las grasas y aceites presentes en los alimentos (Descalzo y Sancho, 2008). La pasta de tomate como fuente de licopeno agregada en un 12% en salchichas reduce el nivel de nitrito de 150 a 100 ppm dando productos con un mejor color rojo y mayor aceptabilidad y preferencia por los consumidores (Deda y col., 2007); además de que la acidez de los tomates junto con el bajo pH moderadamente ácido de los productos cárnicos en combinación con sales y bajas concentraciones de nitritos presentan efectos inhibidores sobre el crecimiento de los microorganismos y proporciona una buena estabilidad de las grasas hacia su oxidación previniendo su rancidez (Osterlie y Lerfall, 2004; Calvo y col., 2007).

Capsantina: extracto de Páprika (*Capsium annum*)

Los pimientos rojos (paprika) contienen una gran cantidad del carotenoide capsantina, principal componente responsable del incremento de color rojo cuando se le añade a las pastas (Fernández y col., 2002) y chorizo evitando la rancidez por efecto antioxidante de las grasas de este último (Aguirrezábal y col., 2000), como todos los carotenoides la capsantina que se puede agregar en los alimentos tanto en su forma natural como sintética es un compuesto moderadamente termoestable (Von Elve, 2000). La adición de extracto de paprika en cantidades que van desde los 15 a 30 g/kg incrementa de manera notable la coloración de las salchichas y la aceptabilidad de los consumidores (Fernández y col., 2002).

Betaínas

La raíz de la remolacha roja (*vulgaris*, betabel) es un buen recurso de pigmentos rojos: las betaínas y los pigmentos amarillos, las betaxantinas. Su uso se ha incrementado de manera notable sobre la pigmentación de los alimentos, la mejor betacianina es la betaína que se encuentra en proporciones de 75-95 % en los betabeles del total de sus pigmentos; el color y la termoestabilidad de las soluciones de betaínas es influenciado por el pH, por lo que su color es más estable a pH ácido y este oscila entre 4.0 y 6.0 que es un rango de pH favorable en los productos cárnicos. La luz y el aire tienen efectos degradantes sobre este pigmento (De Man, 1999). En pruebas realizadas con el uso de polvo de betabel (600 mg de betaína/ kg de salchicha) o pigmento de betabel (33 ppm) dan una coloración más estable durante el almacenamiento a las salchichas en comparación con las que contienen nitritos y nitratos (156 ppm) las cuales mostraron una coloración

gris después del mismo periodo de almacenamiento (dos semanas), además; al realizar una comparación sobre la evaluación sensorial de las formulaciones con betabel y nitritos-nitratos agregados indican una insignificante preferencia por todos los evaluadores (Von Elve y col., 1974).

#### Antocianinas

Las antocianinas son pigmentos responsables de la coloración roja, y violeta de muchas frutas y vegetales, el contenido total de antocianina varía entre plantas y este va de 20 mg/100 g de peso fresco. Las antocianinas son estables a pH ácido e inestables a variaciones de temperatura, estas se condensan consigo mismas y con compuestos orgánicos (copigmentación), forman complejos de bilis con proteínas, taninos y polisacáridos, la formación de estos complejos tiende a ser más estable durante el almacenamiento y procesado, dicha asociación incrementa su uso como aditivo colorante alimentario (Von Elve, 2000; De Man, 1999). Las ciruelas tienen una buena proporción de antocianinas con respecto a sus demás pigmentos, en batidos cárnicos preparados con 3.5 a 5% de puré y polvo de ciruela se ha reportado que estos retienen de un 4 a un 8% más de humedad y que estas incrementaban su calidad sensorial (color, sabor, textura, etc.), también se ha observado que el polvo de ciruela retarda la oxidación de los lípidos contenidos en alimentos que contienen una gran cantidad de grasas como las salchichas de cerdos (Keefon y Jimmy, 2002).

#### Jugo de verduras

El uso de jugos de vegetales en polvo (0.2% y 0.4%) es muy efectivo en el re emplazamiento y/o disminución de los niveles de nitritos en el proceso del curado. En estudios realizados sobre el efecto de la adición de jugos en

polvo comercial de vegetales comparado con un control con nitratos y nitritos agregados en batidos cárnicos arrojó los siguientes resultados: a) Color. El color rojo incrementa de manera significativa y es más estable en las salchichas con jugo en polvo en comparación con las del control (sin jugo en polvo), b) Oxidación de lípidos (rancidez) se observó una diferencia no significativa al comparar ambos tratamientos (Sindelar y col., 2007a). Además se han obtenidos buenos resultados sobre la coloración, efecto antioxidante y sabor en jamones bajos en nitritos y nitratos elaborados con polvo de jugo de vegetales (Sindelar y col., 2007b).

#### Monóxido de carbóno

Durante el cocinado de sistemas cárnicos y salchichas con un flujo directo del 1% en gas de monóxido de carbono durante la etapa de amasado produce un color rojo, igual o mayor que el que se da con la incorporación de nitritos. El monóxido de carbono se enlaza fuertemente a la mioglobina formando un estable color rojo brillante (Totosaus, 2008).

Los colorantes no certificados incluyen un gran número de extractos tanto naturales como inorgánicos y algunos de ellos pueden presentar algunas restricciones para su uso en alimentos en la Tabla 6 se presentan algunos de ellos (De Man, 1999).

#### **Conclusiones**

El curado de las carnes es un proceso que se conoce desde hace siglos, y uno de sus principales beneficios es el desarrollo del color rosa característico que le confiere a las carnes, la principal desventaja con el curado de las carnes es debido a que en la adición de nitritos estos reaccionan con las aminos produciendo nitrosaminas que son cancerígenas,



por lo que las autoridades pertinentes sobre la regulación de aditivos alimenticios han establecido (Conjunto de expertos en aditivos de la FAO/OMS, y el Comité Científico para la Alimentación Humana de la Comunidad Europea (SCF)) un límite máximo permisible de nitratos y/o nitritos agregados durante su manufactura de 150-300 ppm y cantidad residual de 50-250 ppm respectivamente según el producto. Una alternativa para el proceso del curado es el uso de colorantes tanto de origen natural como sintéticos, los colorantes de origen natural han resultado una buena alternativa ya que estos tienen una buena aceptación por parte del consumidor, proporcionan una buena actividad antioxidante y con características sensoriales aceptables de coloración y sabor, además de estar exentos de certificación. La demanda de los consumidores por productos alimenticios con colorantes y conservadores inocuos hacia su salud proporciona un mayor ímpetu hacia la investigación de muchas sustancias naturales.

### Referencias

- AGUIRREZÁBAL M., MATEO M., DOMÍGUEZ C., ZUMALACÁRREGUI M. (2000). The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages. *Meat Science*, 54: 77-81.
- BACUS N. J. (1997), Navigating the processed meats labeling maze, *Food Technology*, 28-32.
- CALVO M. M., GARCÍA M. L., SELGAS M. D. (2007). Dry fermented enriched lycopene from tomato peel. *Meat Science*, 80 (2): 167-172.
- CANSSENS R. G., ITO T., LEE M., BUEGE D. (1978). The use of nitrite in meat. *Bio Science*, 28: 633-637.
- CARBALLO B., CARBALLO G., LÓPEZ DE T. (1991). *Manual de Bioquímica y Tecnología de la Carne*. España: Madrid Vicente Editores, pp. 45-75.

- CASSENS R. G. (1997). Composition and safety of cured meats in the USA, *Food Chemical*, 56: 561-566.
- CHASCO J., LIZASO G., BERIAIN M. (1996). Cured color development during sausage processing. *Meat Science*, 44: 203-211.
- CORNFORTH DAREN. (1996), Role of Nitric Oxide in Treatment of Foods, capítulo 8 en: *Hardbound Nitric Oxide: Principles and Actions*, editor Jack Lancaster, Academic Press, 259-288.
- DE MAN JHON M. P. (1999). *Principles of food chemistry*. 3<sup>ra</sup> edición, Gaitherburg, EE UU: Aspen Publishers, 229-239.
- DEDA M.S., BLOUKAS J.G., FISTA G. A. (2007). Effect of paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Science*, 73 (3): 501-508 .
- DESCALZO A. M., SANCHO A. M. A (2008). A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science*, 79: 423-436.
- VON ELVE J., H, KLEMENT J. T, AMUNDSON C. H, CASSENS R. G., LINDSAY R. C. (1974). Evaluation of Betalain Pigments as Sausage Colorants. *Journal of Food Science*, 47: 128-132.
- VON ELVE J. (2000). Colorantes. Capítulo 10 en: *Química de los alimentos*, Fennema O. R. editor, Zaragoza, Acribia S.A. de C.V. pp. 773-849.
- ERKMEN O., BOZKURT H. (2004). Effect of nitrate/nitrite on the quality of sausage (sukuc) during ripening and storage. *Journal of science of food and agriculture*, 84:279-286.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., PÉREZ -ALVAREZ J. A. SAYAS-BARBERÁ E., LÓPEZSANTOVEÑA F. (2002). Efficacy of paprika (*Capsium annum*) on color of spanish-type sausages during the resting stage. *Journal of science*, 46: 2410-2414.
- GENEVA. (2005). Nitrates, Nitrites and N-Nitroso compounds. International program on chemical safety, (<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc005.htm>), 1-94.
- GIRARD J. P. (1991), *Tecnología de la carne y de los productos cárnicos*, editorial Acribia S. A., Zaragoza, pp. 19-20,128-129.
- GØTTERUP J., OLSEN K., KNØCHEL S., TJENER K., TAHNKE H., MØLLER J. K. (2007) Colour formation in fermented sausage by meat-associated

- staphylococci with nitrite and nitrate-reductase activities. *Meat Science*, 78: 492-501.
- HONIKEL K. O. (2007). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78: 68-76.
- HUI Y. H. (2001). *Meat Science and Applications*. Cap. 20 en: *Meat Curing Technology*, 2001. edit. Marcel Derker, New York.
- HUNT R. A. (2005), Current Research in Meat Color, A Review, *Meat Science*, 71: 100-121.
- KEEFON B., JIMMY T. (2002). Evaluation of Plum/Prune Ingredients As a Component of Meat Products, parte II: 1-37.
- MAJUL E. M., JIMÉNEZ M. J., RAMÓN N. A. (2004). Estimación de la Ingesta Diaria Potencial de Nitritos en Adolescentes. *RESPYN 5 (3)*; 3-10.
- MANCINI R. A., HUNT M. C. (2005). Current Research in meat color: A Review. *Meat Science*, 71: 1-22.
- MAYEAUX M, XU Z, KING J. M., PRINYAWIWATKUL W. (2006). Effects of cooking conditions on the lycopene content in tomatoes. *Journal of Food Science: Food Chemistry and Toxicology*, 71: 461-464.
- MØLLER K. S., NANNERUP L., SKIBSTED L. H. (2004). Effect of carbon on autoxidation and photooxidation of nitrosilmyoglobin. *Meat Science*, 69: 71-78.
- MØLLER K. S., SKIBSTED L. H., (2001) Nitric oxide myoglobins, *Food Chemistry*, 102 (4) 1167-1178.
- OSTERLIE M., LERFALL J. (2004). Lycopene from tomato products added minced meat: Effect on storage quality and color. *Food Research International*, 38: 925-929.
- PÉREZ ÁLVAREZ J.A. (2006), Color. Capítulo 6 en: *Ciencia y Tecnología de la carne*, Hui Y.H., Guerrero I., Rosmini M. R. Limusa, México, pp. 163-183.
- PEREZ R. M., BOSCH B. N., GARCÍA M. M. (1996). Monitoring nitrite and nitrate residues in frankfurters during processing and storage, *Meat Science*, 44: 65-73.
- QUING-LI D., KANG T., YANG-LI G., JIA-LI Y., HAI WANG y YU-YANG CHEN. (2007). The effect of sodium Nitrite on textural properties of

- cooked sausage during cold storage, *Journal of Texture Studies*, 38: 537-554.
- RICE K.M., PIERSON M.D. (1982). Inhibition of *salmonella* by sodium nitrite and potassium in frankfurters. *Journal of Food Science*, (47): 1615-1617.
- SAKATA R., NAGATA Y. (1992). Heme pigment content in meat as affected by the addition of curing agents, *Meat Science*, 32: 343-350.
- SALES A. C., BOWERS A. J., KRIPF D. (1980), Consumer acceptability of frankfurters with 0, 40, and 100 ppm nitrite, *Journal of Food Science*, 45: 1060-1061.
- SAVIC I. V. (2005). Nitrite and Nitrate. Small scale sausage production. *FAO Animal Production And Health*. URL: <http://www.fao.org/docrep/003/x6556e/X6556E00.htm>. Fecha de acceso: 12/02/08.
- SCHUCK H. P., WELLFORD H., WASSERMAN A. E., WOLFF I. A. (1973). Botulism and nitrites, *American Association for the Advancement of Science*, 180: 1322-1322.
- SEBRANEK G J., FOX J. B. (1985). A review of nitrite and chloride chemistry: Interactions and implications for cured meats. *Journal of the Science of the food and Agriculture*, 36: 1169-1182.
- SEBRANEK J. G., BACUS J. N. (2007). Cured meat products without addition of nitrate or nitrite: What are the issues? *Meat Science*, 77: 137-147.
- SEBRANEK J. G., SCHORODER B. G., RUST R. E., TOPEL D. G. (1994). Influence of erithorbate on color development, flavor and overall acceptability of frankfurters cured with reduced levels of sodium nitrite. *Journal of Food Science*, 42: 1120-1121.
- SEBRANEK J. G., SHORODER B. G., RUST R. E., TOPEL D. G. (1977). Influence of sodium on color development, flavor and overall acceptability frankfurters cured with levels of sodium nitrite. *Journal of Food Science*, 42: 1120-1121.
- SEBRANEK JOSEPH G., FOX JAY B. (1985). A Review of nitrite and chloride chemistry: Interactions and implications for cured meats. *Journal of the Science of the food and Agriculture* , 36: 1169-1182.
- SECRETARÍA DE SALUD, 2002. Norma Oficial Mexica NOM-213-SSA1-2002, productos y servicios, productos cárnicos procesados. Productos

de la carne. Productos cárnicos curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos. Especificaciones sanitarias.

- SINDELAR J. J., CORDAY J. C., SEBRANEK J. G., LOVE J. A., AHN D. U. (2007a). Effects of vegetable juice powder concentration and storage time on some chemical and sensory quality attributes of uncured, emulsified cooked sausages. *Journal of Food Science*, 72: 324-332.
- SINDELAR J. J., CORDRAY J. C., SEBRANEK J. G., LOVE J. A., 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: 388-395.
- SINDELAR J. J., CORDRAY J. C., OLSON D. G., SEBRANEK J. G., LOVE J. A. (2006). Investigating quality attributes and consumer acceptance of uncured, NO-nitrate/nitrite-added commercial hams, bacons, and frankfurters. *Journal of Food Science*, 72: 551-559.
- SKIBSTED J. K. (2002). Nitric oxide myoglobins. *American Chemical Society*, 44: 1167-1178.
- SOFOS N. F., BUSTA F., ALLEN C. E. (1979). Sodium nitrite and sorbic acid effects on *Clostridium botulinum* spore germination and total microbial growth in chicken frankfurters emulsions during temperature abuse. *Applied and Environmental Microbiology*, 37 (6): 1103-1109.
- TOTOSAUS A. (2008). Colorants. Capítulo 9 en: Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis. Nollet L. M., Toldra F. CRC Press, Boca raton, pp. 210-240.
- VALDES, M. E. (2002). Nitrato de sodio en productos cárnicos elaborados en Cien Fuegos. *Revista Cubana Aliment Nutricional*, 19-22.
- WALTERS C. L. (1996). Nitrates and nitrites in food. Capítulo 5 en: Nitrates and Nitrites in Food and Water, Michael Hill Editor, Wood head Publishing Limited, pp. 105-104.
- WALTERS C. L., TAYLOR A. M. (1967). Nitrite metabolism by skeletal muscle mitochondrial in relation to haem pigment. *Biochim. Biophys. Acta* 143, 310-318.