



Estudio de compatibilidad química en sales nitrificantes

Se estudia la estabilidad de los ingredientes comúnmente utilizados en la formulación de sales nitrificantes, tratando de identificar la causa de la coloración que se produce en algunas formulaciones tras su preparación y almacenaje

Daniel Tenllado¹, Sònia Sabaté² y Dulce Muñoz²

¹ ANVISA (Antonio Villoria S.A.)
Pasaje Ana M^a del Valle, s/n
28500 Arganda del Rey (Madrid)
dtenllado@anvisa.com

² FUNDITEC (Fundación Tecnológica Advantx)
Calle Faraday, 7
Edificio CLAUD, Campus Cantoblanco
28049 Madrid
dmunoz@funditec.es

Antecedentes

La mezcla de sal común con nitrito es conocida como sal nitrificante. Existen en el mercado gran variedad de sales nitrificantes en las que se combinan distintas proporciones de estos ingredientes para obtener distintas dosificaciones sobre la carne. Las sales nitrificantes desempeñan un importante papel en el desarrollo y estabilidad del color y el sabor curado, la supresión del crecimiento microbiano y la inhibición de la oxidación en productos cárnicos.

La estabilidad y seguridad microbiológica de los productos cárnicos curados no sólo se debe a la adición de nitritos, sino que está asociada también a otros factores como el pH, la actividad de agua, la concentración de NaCl, el potencial redox y la presencia de sustancias reductoras. Es por es-

ta razón que los componentes principales suelen acompañarse de otros ingredientes como el azúcar y antioxidantes como el ascorbato sódico (E-301) o el citrato trisódico (E-331iii). Por último, en los preparados nitrificantes se añade de manera generalizada un antiaglomerante como coadyuvante tecnológico, el dióxido de silicio E-551.

Durante el diseño de una sal nitrificante para la elaboración de producto cárnico curado, se deben realizar consideraciones en cuanto a la seguridad alimentaria, las acciones tecnológicas y las limitaciones legales de los distintos componentes utilizados, así como su acción sinérgica. La sal nitrificante utilizada se debe adaptar en cada caso a los condicionantes del proceso tecnológico de cada fabricante para la obtención de las características organolépticas deseadas.

Es común observar en estas sales un cambio de coloración que va desde el blanco, pasando por el

rosa y el beige hasta llegar a una coloración semejante al azúcar moreno.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue identificar la causa de la coloración que experimentan algunas formulaciones de sales nitrificantes transcurrido un tiempo tras su preparación y almacenaje.

Este estudio se abordó mediante el estudio de la estabilidad de los distintos ingredientes comúnmente utilizados en estos preparados y las posibles interacciones químicas entre ellos.

Se realizaron tres ensayos con los siguientes objetivos:

- Identificar los ingredientes que provocan la coloración en la sal nitrificante.
- Estudiar el efecto de la combinación de los distintos componentes.



C/ Baró de Coubertin, 6 - 17800 OLOT (Girona) Spain - P.O. Box 209 - T_ +34 972 27 10 09 - F_ +34 972 27 01 18 _ info@olotinox.com _ www.olotinox.com

TABLA 1

Composición de la formulación bajo ensayo	
Componente	% en peso
Sacarosa	57,00
Sal	20,00
Ascorbato sódico E-301	10,60
Citrato sódico E-331iii	7,60
Nitrito sódico E-250	3,70
Antiapelmazante (SiO ₂) E-551	1,10

- Ensayo de degradación acelerada.

Materiales

Para este trabajo se han utilizado los siguientes materiales:

- Sal extrafina TT1: Es el producto constituido fundamentalmente por cloruro sódico de cristalización por termocompresión, denominada Sal Vacuum. De aspecto blanco cristalino y con una humedad máxima de 0,05 %. Con antiapelmazante E-535 (20ppm).
- Sacarosa: Azúcar blanco Calidad Tipo 2 en cristales de granulación homogénea proveniente de remolacha y/o caña de azúcar. Con una humedad máxima de 0,06 %.
- Nitrito sódico E-250: Cristales de color amarillento. Con humedad máxima de 0,2 % y antiapelmazante E-551 (0,3 %).
- Ascorbato sódico E-301: Sintetizado a partir del ácido ascórbico proveniente del sorbitol obtenido del almidón de maíz. Cristal blanco/amarillento con humedad del 0,2 5%.

- Citrato trisódico E-331iii: Obtenido a partir del maíz. Cristal blanco con una humedad del 1 %.
- Antiapelmazante E-551: Polvo blanco, con humedad inferior al 7 %.

Métodos y resultados

Para el trabajo se estableció una formulación típica de un preparado utilizado para la nitrificación de productos cárnicos en la que se observa una paulatina modificación de color tras su fabricación durante los 6 meses de consumo preferente.

La composición bajo ensayo es la descrita en la **tabla 1**.

1º Ensayo: Identificación

El primer ensayo se realizó con el objetivo de estudiar la compatibilidad química de los componentes de la formulación e identificar cuál o cuáles de ellos produce la coloración en el producto final. Para ello, se prepararon 7 mezclas basándose en la composición original del producto (**tabla 1**) y omitiendo uno de los componentes en cada una de las combinaciones.

Las mezclas fueron disueltas en agua destilada para favorecer la interacción entre los ingredientes. La composición de las muestras preparadas se detalla en la **tabla 2**.

En las muestras de AV3 a AV7 no se añadió antiapelmazante, ya que este ingrediente presenta poca solubilidad en agua y la turbidez provocada por el material en suspensión interferiría en la percepción del color.

Las muestras permanecieron en viales cerrados

TABLA 2

Composición de las muestras del ensayo de compatibilidad química 1							
Descripción	AV1	AV2	AV3	AV4	AV5	AV6	AV7
	Fórmula completa	Sin SiO ₂	Sin sacarosa	Sin sal	Sin ascorbato	Sin citrato	Sin nitrito
Sacarosa (g)	5,7	5,7	–	5,7	5,7	5,7	5,7
Sal (g)	2	2	2	–	2	2	2
Ascorbato (g)	1,06	1,06	1,06	1,06	–	1,06	1,06
Citrato (g)	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	–	0,76
Nitrito (g)	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	–
SiO ₂ (g)	0,11	–	–	–	–	–	–
H ₂ O (mL)	15	15	15	15	15	15	15

a temperatura ambiente durante 14 días. A diferentes intervalos de tiempo, se realizaron las siguientes determinaciones:

- Evaluación visual de los cambios de color.
- Medida del pH.
- Análisis del color por el método colorimétrico platino-cobalto: Se tomaron alícuotas de 0,5 mL de las muestras y se llevaron a 10 mL con agua destilada. El color de estas diluciones en unidades de platino-cobalto (PCU) se determinó con un fotómetro HANNA HI 83399 a una longitud de onda de 420 nm. Todas las medidas realizadas, a excepción del día de preparación, corresponden al color verdadero de la muestra, obtenido por filtración de las muestras con filtro de 0,45 μm . El color de las muestras el día de su preparación corresponden al color aparente (muestras sin filtrar) que incluye tanto las especies disueltas en la solución como la turbidez provocada por los materiales en suspensión.

Resultados 1º ensayo

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el primer ensayo de compatibilidad química. La **figura 1** muestra la evolución del color de las mezclas a lo largo de los 14 días de estudio. La variación del pH en función del tiempo se ilustra en la **figura 2**. Los resultados del análisis de color y su variación en función del tiempo se recogen en la **tabla 3** y se representan en la **figura 3**.

A partir de los resultados del análisis colorimétrico, inspección visual y medida de pH se observa que:

1. Las muestras sin ascorbato (AV5) y sin nitrito (AV7) se mantienen prácticamente incoloras a lo largo del tiempo. En cambio, todas las muestras que incluyen ambos componentes en su formulación presentan cambios de color desde el primer día. Por lo tan-

FIGURA 1

Imágenes de las muestras del ensayo 1 a diferentes tiempos



0 días



1 día



4 días



7 días



14 días

FIGURA 2

Variación del pH en función del tiempo de las muestras del ensayo 1

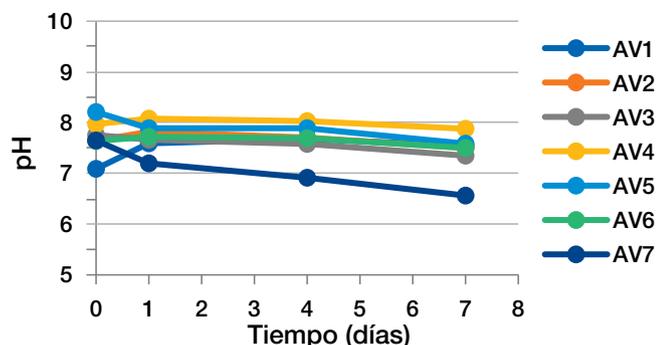


FIGURA 3

Variación del color en función del tiempo de las muestras del ensayo 1

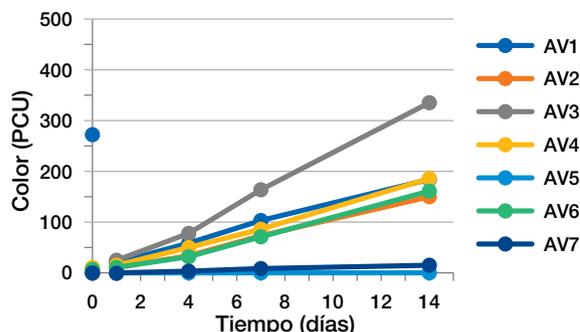


TABLA 3

Resultados de color del ensayo 1

Tiempo (días)	Color del agua (PCU)						
	AV1	AV2	AV3	AV4	AV5	AV6	AV7
0 ^a	273	10	8	10	6	8	1
1 ^b	24	11	23	15	0	12	0
4 ^b	58	35	77	50	2	32	4
7 ^b	103	74	164	87	2	72	9
14 ^b	184	152	336	186	3	162	15

a: Color aparente; b: Color verdadero.

to, el problema de coloración vendría dado por la combinación de ascorbato y nitrito en una misma formulación, es decir, existe incompatibilidad química entre el nitrito y el ascorbato sódico.

2. El color de las muestras que contienen ascorbato y nitrito cambia de incoloro a rosa pálido en un día y evoluciona a amarillo-naranja intenso después de 14 días a temperatura ambiente.

3. El pH de las disoluciones tiene un valor medio de aproximadamente 7,70 en el periodo de tiempo estudiado, excepto para la muestra sin nitrito (AV7) que presenta un pH medio ligeramente más ácido (7,09) y se acidifica más rápidamente que las otras formulaciones.

4. La muestra sin sacarosa (AV3) presenta más intensidad de color que la muestra con sacarosa (AV2), por lo que la sacarosa reduciría la interacción entre nitrito y ascorbato.

5. Las soluciones sin sal (AV4), sin citrato (AV6) y con SiO₂ (AV1) presentan el mismo color que la solución (AV2), por lo que estos ingredientes no influirían en la interacción entre el nitrito y ascorbato sódico.

2º Ensayo: Interacciones

Una vez identificados en el ensayo 1 los ingredientes que presentan incompatibilidad química y que

TABLA 4

Composición de las muestras del ensayo de compatibilidad química 2

Descripción	AV8	AV9	AV10	AV11	AV12	AV13	AV14
	Ascorbato (A)	Nitrito (N)	A + N	A + N + Sacarosa	A + N + Sal	A + N + Citrato	A + N + SiO ₂
Sacarosa (g)	-	-	-	5,7	-	-	-
Sal (g)	-	-	-	-	2	-	-
Ascorbato (g)	1,06	-	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Citrato (g)	-	-	-	-	-	0,76	-
Nitrito (g)	-	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
SiO ₂ (g)	-	-	-	-	-	-	0,11
H ₂ O (mL)	15	15	15	15	15	15	15

causan la coloración del producto, se realizó un segundo ensayo con el objetivo de estudiar el comportamiento en solución del ascorbato (A) y nitrito sódico (N) individualmente y en combinación con cada uno de los otros ingredientes de la formulación. Para ello, se prepararon 7 mezclas cuya composición se detalla en la **tabla 4**.

Las muestras permanecieron en viales cerrados a temperatura ambiente durante 14 días. A diferentes intervalos de tiempo, se realizaron las siguientes determinaciones:

- Evaluación visual de los cambios de color.
- Medida del pH.
- Análisis del color por el método colorimétrico platino-cobalto siguiendo el procedimiento detallado anteriormente.

Resultados 2º ensayo

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el segundo ensayo de compatibilidad química. La **figura 4** muestra la evolución del color de las mezclas a lo largo de los 14 días. La variación del pH en función del tiempo se ilustra en la **figura 5**. Los resultados del análisis de color y su variación en función del tiempo se recogen en la **tabla 5** y se representan en la **figura 6**.

A partir de los resultados del análisis colorimétrico, inspección visual y medida de pH se observa que:

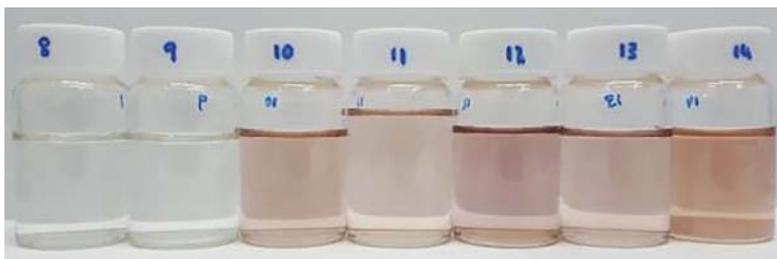
1. La muestra con solo nitrito (AV9) se mantiene incolora después de 14 días mientras que la muestra con solo ascorbato (AV8) adquiere un ligero color amarillento al final de ese mismo periodo. En cambio, las muestras con nitrito y ascorbato (de AV10 a AV14) presentan cambios de color desde el primer día. Por lo tanto, se confirma que el problema de coloración vendría dado por la combinación de ascorbato y nitrito sódico en una misma formulación, es decir, existe incompatibilidad química entre estos dos ingredientes.

FIGURA 4

Imágenes de las muestras del ensayo 2 a diferentes tiempos



0 días



1 día



4 días



7 días



14 días

FIGURA 5

Variación del pH en función del tiempo de las muestras del ensayo 2

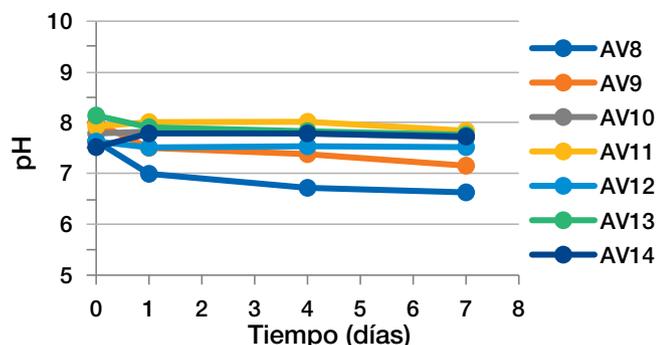


FIGURA 6

Variación del color en función del tiempo de las muestras del ensayo 2

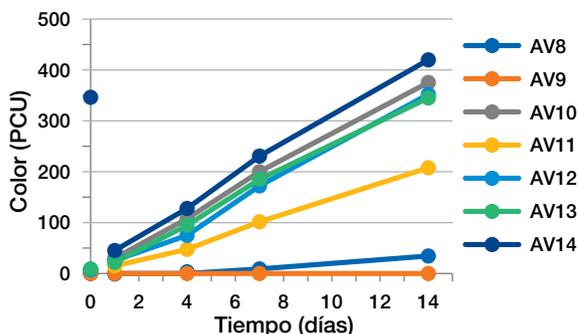


TABLA 5

Resultados de color del ensayo 2

Tiempo (días)	Color del agua (PCU)						
	AV8	AV9	AV10	AV11	AV12	AV13	AV14
0 ^a	5	3	8	6	7	9	347
1 ^b	0	0	30	15	26	23	46
4 ^b	4	1	108	48	77	95	129
7 ^b	9	1	201	102	174	186	231
14 ^b	35	0	375	208	352	345	420

a: Color aparente; b: Color verdadero.

- La evolución del color es el mismo que el observado en el ensayo 1. Las muestras que contienen ascorbato y nitrito cambian de incoloras a rosa pálido en un día y evolucionan a amarillo-naranja intenso después de 14 días.
- El pH de las disoluciones tiene un valor medio de aproximadamente 7,74 en el periodo de tiempo estudiado, excepto para la muestra con ascorba-

to (AV8) que presenta un pH medio ligeramente más ácido (7,00) y se acidifica más rápidamente que las otras formulaciones.

- Se confirma también que la adición de sacarosa (AV11) a la mezcla de ascorbato y nitrito reduce la interacción entre los dos componentes. La adición de sal (AV12) y citrato (AV13) no influye en la coloración y la presencia de SiO₂ (AV14) la potencia ligeramente.

3º Ensayo: Degradación acelerada

El tercer ensayo tuvo como objetivo identificar los cambios de coloración de diferentes formulaciones en estado sólido sometidas a condiciones de degradación acelerada.

Para ello, se prepararon por triplicado 6 muestras cuya composición se detalla en la **tabla 6**.

Cada una de las réplicas se sometió de manera controlada a las siguientes condiciones:

TABLA 6

Composición de las muestras del ensayo de degradación acelerada

Descripción	AV15	AV16	AV17	AV18	AV19	AV20
	Todo	Sin ascorbato	Sin nitrito	Ascorbato	Nitrito	A + N
Sacarosa (g)	1,14	1,14	1,14	–	–	–
Sal (g)	0,4	0,4	0,4	–	–	–
Ascorbato (g)	0,212	–	0,212	1,43	–	1,06
Citrato (g)	0,152	0,152	0,152	–	–	–
Nitrito (g)	0,074	0,074	–	–	1,43	0,37
SiO ₂ (g)	0,022	0,022	0,022	–	–	–
Total (g)	2	1,788	1,926	1,43	1,43	1,43

- Serie A: temperatura ambiente y baja humedad relativa (26 °C; 4,4 %).
- Serie H: temperatura ambiente y alta humedad relativa (26 °C; 82 %).
- Serie T: alta temperatura y baja humedad relativa (40 °C; 8,6 %).

Las muestras permanecieron en viales abiertos dentro de cámaras sin entrada de luz durante 7 días. Los cambios de color se evaluaron visualmente a diferentes intervalos de tiempo. La diferencia entre el color inicial y final de las muestras se determinó con un colorímetro 3Nh NR60CP obteniendo los parámetros de color CIE $\Delta L^* \Delta a^* \Delta b^*$, donde:

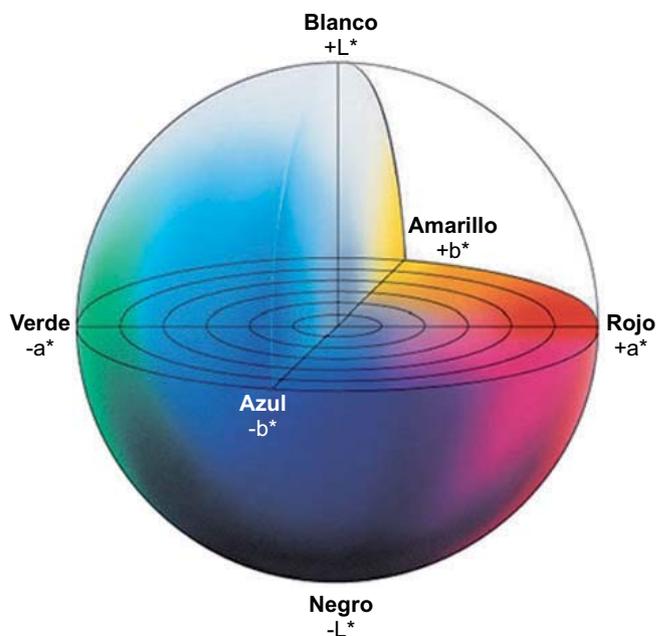
ΔL^* es la diferencia en luminosidad (valor positivo = más luminoso, valor negativo = más oscuro),
 Δa^* es la diferencia en rojo y verde (valor positivo = más rojo, valor negativo = más verde) y
 Δb^* es la diferencia en amarillo y azul (valor positivo = más amarillo, valor negativo = más azul).

Resultados 3º ensayo

La **figura 8** muestra la evolución del color de las muestras a lo largo de los 7 días. Las diferencias entre el color inicial y final de las muestras para las tres series se recogen en la **tabla 8**.

FIGURA 7

Espacio de color CIE L*a*b*



A partir de la evaluación visual y la determinación de las diferencias de color se observa que:

1. Tanto las muestras de la serie A (26 °C; 4,4 % HR) como la serie T (40 °C; 8,6 % HR) no presentaron cambios significativos de color en ninguna de las

FIGURA 8

Diferencias de color CIE L*a*b* de las muestras de los ensayos de degradación acelerada

Días	Serie A (26 °C 4,4 % HR)	Serie H (26 °C 82 % HR)	Serie T (40 °C 8,6 % HR)
0			
1			
4			
7			

TABLA 8

Diferencias de color CIE L*a*b* de las muestras de los ensayos de degradación acelerada

	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
AV15A	0,34	0,02	0,65
AV16A	0,25	-0,08	0,30
AV17A	0,03	0,12	0,33
AV18A	0,11	-0,07	0,09
AV19A	-0,12	-0,07	0,59
AV20A	0,32	-0,12	0,35
AV15H	-48,15	8,77	16,00
AV16H	-45,17	1,03	3,95
AV17H	-42,43	6,91	13,48
AV18H	-3,53	1,42	7,43
AV18Hs*	-32,20	16,25	22,99
AV19H	-28,84	0,46	-0,26
AV20H	-43,93	11,41	14,82
AV15T	0,28	0,38	0,66
AV16T	0,56	0,41	0,56
AV17T	0,18	0,62	0,87
AV18T	0,27	0,22	0,81
AV19T	0,81	0,32	0,07
AV20T	-0,01	0,28	0,78

*Color de la superficie del material.

composiciones en el periodo de tiempo estudiado, siendo las diferencias de los tres parámetros ($\Delta L^* \Delta a^* \Delta b^*$) inferiores a 1.

- Las muestras de la serie H expuestas a elevada humedad (26 °C; 82 % HR) mostraron cambios significativos en la coloración dependiendo de su composición.
- Todas las muestras de la serie H perdieron luminosidad (valores ΔL^* negativos). La muestra de ascorbato sódico (AV18H) presentó este efecto sólo en la superficie del material.
- Las muestras AV15H (formulación completa), AV17H (sin nitrito), AV18Hs (superficie del ascorbato) y AV20H (mezcla de ascorbato y nitrito) adquirieron un color rojizo (valores Δa^* superiores a 6) y amarillento (valores Δb^* superiores a 13). En cambio, aquellas muestras sin ascorbato como AV16H y AV19H (muestra con sólo nitrito), no presentaron cambios visuales significativos, obteniendo valores de Δa^* no superiores a 1 y de Δb^* inferiores a 4.

5. Por lo tanto, el cambio de coloración que se produce en las formulaciones después de su preparación y almacenaje no proviene del nitrito, sino del ascorbato sódico. Y este cambio se manifiesta con más intensidad en presencia de nitrito sódico, debido a la reacción entre estos dos ingredientes.

6. En concreto, la muestra con sólo ascorbato (AV18H) se degrada en condiciones de alta humedad adquiriendo un color anaranjado en la superficie del material. El nitrito (AV19H) no forma productos coloreados en las mismas condiciones. La mezcla de los dos ingredientes (AV20H) adquiere un color rojo-marrón intenso que pone de manifiesto la inestabilidad e incompatibilidad química entre el ascorbato y el nitrito sódico.

Conclusiones

Se ha comprobado mediante ensayos de compatibilidad química y de degradación acelerada que el problema de la coloración en el producto bajo estudio es causado por la combinación de ascorbato y nitrito sódico en las formulaciones, evidenciando la incompatibilidad química entre estos dos ingredientes.

Dado el conocido efecto reductor del ascorbato sódico, este material reduce el nitrito sódico a óxido nitroso, responsable de la formación del color rosado en los productos cárnicos. A su vez, el nitrito produce la oxidación del ascorbato sódico generando productos coloreados. Las sales nitrificantes con un alto contenido en ascorbato sódico serán aquellas en las que el efecto del cambio de tonalidad se haga más patente.

Puede ser recomendable trabajar con una sal nitrificante sin ascorbato sódico y añadir este antioxidante previamente a la dosificación a la carne. En este caso sería el fabricante quien debe realizar la mezcla previa a la dosificación sobre la carne.

La recomendación para extender la estabilidad de las formulaciones tras su preparación es almacenar el producto en envase cerrado, en lugar fresco y fundamentalmente seco.

Agradecimiento

Antonio Villoria, S.A. (ANVISA) ha financiado y realizado el estudio en colaboración con FUNDITEC. e