

(S7-P127)

INFLUENCIA DE LA LIMPIEZA DEL AIRE Y DE LAS SUPERFICIES EN INSTALACIONES DE ENVASADO SOBRE LA VIDA ÚTIL DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS

A. TABOADA⁽¹⁾, E. SANCHEZ⁽¹⁾, R. CAVA⁽¹⁾, F. MARIN⁽¹⁾, A. LOPEZ⁽²⁾

⁽¹⁾Depto. de Tecnología de Alimentos, Universidad de Murcia,
Campus de Espinardo, Murcia

⁽²⁾Depto. de Ingeniería de Alimentos, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48
Cartagena

antonio.lopez@upct.es

Palabras clave: vida útil, sala blanca, limpieza de superficies

RESUMEN

Algunos de los factores que más influyen sobre la calidad y la vida útil de los alimentos envasados no asépticamente son la carga microbiana inicial del producto antes de su procesado y la carga aportada durante el desarrollo de este procesado y del envasado, que tendrá como resultado la carga microbiana final del producto envasado. Esta carga microbiana dependerá en gran medida de la contaminación del aire de la sala de envasado y de las superficies de los equipos en contacto con el producto. Es por ello, que se ha llevado a cabo este estudio de caracterización y correlación de toda una serie de parámetros relativos al aire de la sala de envasado: temperatura, humedad relativa, velocidad del aire, concentración de partículas, recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) en el aire, y la carga microbiana de las superficies de los equipos en contacto con el producto que se envasa. Esta carga microbiana del aire y de las superficies se ha relacionado con la evolución y vida útil de muestras de carne de cerdo y pavo cocido, que se han loncheado y envasado bajo dos condiciones de limpieza del aire y superficies: (i) en aire filtrado con flujo laminar (FL) (equivalente a sala blanca clase 100), y (ii) en condiciones de salas convencionales (SC) (en sala clase 100.000), y, posteriormente, se han almacenado a 4°C. Las muestras se analizaron periódicamente hasta el final de su vida útil, determinando: la carga de enterobacterias, microflora total mesófila, microflora psicrotrófa, microflora láctica, *Staphylococcus spp.* y *Listeria monocytogenes*; también, se determinaron los cambios organolépticos y de pH. Con la tecnología de loncheado y envasado en condiciones de flujo laminar se consiguió una mayor proporción de producto con recuentos inferiores a 10 UFC/g. En todos los casos, las muestras de carne de cerdo cocido presentaron valores inferiores a 10⁴ UFC/g, y las de pavo cocido inferiores a 10³ UFC/g. Esta significativa disminución de la carga microbiana inicial de los productos recién loncheados y envasados se tradujo en un claro aumento de su vida útil, en refrigeración a 4° C, que se amplió desde 18,6 días a 35,0 días, en el caso de la carne de cerdo cocida, y desde 32,3 a 49,2 días en el caso de la carne de pavo cocida.

ABSTRACT

The most important factors influencing the shelf life of cooked, sliced and packed meat products are the initial product quality and the factors of cutting and packaging process, mainly that's concerning to the contamination control of air and equipment surfaces in contact with the product. This contamination will influences on the microbial load of the packaged product. Therefore the interest of the accomplishment of these operations protecting the

product from the microbial contamination, using a cover of laminar flow with filtered air on the packaging line. In this study the shelf life of cooked ham and cooked turkey meat, sliced, packaged and stored in refrigeration (at 4° C) is analyzed, as function on the initial microbial load of the product, and the packaging technology: (i) under laminar flow (class 100 clean room) and (ii) in conventional clean room (class 100,000). The sliced and packaged product samples have been analyzed periodically until the end of their shelf life, determining the load of enterobacteriaceae, total mesophilic microflora, psychrotrophic microflora, lactic acid microflora, *Staphylococcus spp.* and *L. monocytogenes* in the samples. Also, they have been determined the changes in organoleptic properties, and pH. With the packaging technology using laminar flow a greater proportion of product just packaged with counts less than 10⁴ UFC/g is obtained, and, in all the cases, sliced meat samples with counts less than of 10⁴ UFC/g were observed in cooked ham, and less than 10³ CFU/g were observed in cooked turkey meat. This significant diminution of microbial load in the product just packaged results in a clear increase of its shelf life at 4°C, extending it from 18,6 days to 35 days in the case of sliced cooked ham, and from 32,3 to 49,2 days in the case of sliced cooked turkey meat.

INTRODUCCIÓN

Los productos alimenticios refrigerados listos para su consumo (*ready-to-eat*) se caracterizan por poseer un mínimo procesado (con un tratamiento leve de descontaminación), y un envasado en frío, normalmente, sin tratamiento térmico posterior, ni la adición de conservantes. Por lo tanto, son muy vulnerables a la alteración microbiana y al desarrollo de microorganismos patógenos, que pueden causar serios problemas en la vida útil y seguridad del producto (López y Ros 2005; Wirtanen 2002).

Para obtener una vida útil más elevada en estos productos y evitar serios problemas de desarrollo de microorganismos patógenos, se hace necesario el uso de la tecnología de acondicionamiento y envasado ultralimpio o aséptico, lo que implica que estos productos deben sufrir cierto tratamiento previo de descontaminación (Aantrekera 2003; Rouaud 2002).

Estas tecnologías de envasado en frío, en condiciones ultralimpias o asépticas, tienen que realizarse en ambientes, que rodeen las líneas de envasado, que trabajen con una conveniente presión positiva, seguras ante posibles contaminaciones, y en condiciones adecuadas de baja temperatura y humedad relativa. Por ello, se hace necesario la optimización del diseño y la operación de las instalaciones correspondientes de refrigeración y filtración del aire que entra en estas salas y atraviesa el interior de los equipos de envasado (Burfoot, 1999, 2000; Burfoot y et al., 2000; EHEDG, 2006). En la mayor parte de los casos, se utilizan diseños que implican algún sistema de suministro de aire filtrado localizado sobre el alimento, quedando de esta manera protegido contra la recontaminación.

Algunos alimentos requieren temperaturas bajas durante su procesado y envasado, por lo que la temperatura del aire filtrado también debe ser baja, además de tener unas adecuadas condiciones de humedad, velocidad y ausencia de contaminación. Por ejemplo, la temperatura de los productos cárnicos refrigerados debe mantenerse en 5°C o menos durante su envasado. Sin embargo, las normas de seguridad y salud de los trabajadores pueden recomendar que la temperatura del aire de las salas de envasado permanezcan en 13°C o más (EHEDG, 2006). Por ello, los sistemas de suministro de aire limpio y refrigerado deben ofrecer la posibilidad de satisfacer ambas restricciones, puesto que el aire que se aplica sobre el producto puede estar a una temperatura más baja que el aire de la sala donde se hace la preparación y envasado del alimento (Burfoot, 1999, 2000; Burfoot *et al.*, 2000).

Es por ello, que se ha llevado a cabo este estudio de caracterización y correlación de toda una serie de parámetros relativos al aire de la sala de envasado: temperatura, humedad relativa, velocidad del aire, concentración de partículas, recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) en el aire, y la carga microbiana de las superficies de los equipos en contacto con el producto que se envasa. Esta carga microbiana del aire y de las superficies se ha tratado de relacionar con la evolución y vida útil de muestras de carne de cerdo y pavo cocido, que se han loncheado y envasado bajo dos condiciones de limpieza del aire y superficies: (i) en aire filtrado con flujo laminar (FL) (equivalente a sala blanca clase 100), y (ii) en condiciones de salas convencionales (SC) (en sala clase 100.000), y, posteriormente, se han almacenado a 4°C.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Caracterización de la sala de loncheado y envasado.

La temperatura y humedad relativa (HR) fue determinada con un termo-higrómetro “Delta OHM, HD 9216”, la velocidad del aire con un anemómetro “Testo 512”. La determinación de partículas por m³ se realizó con un medidor “Met One 3313, Pacific Scientific Instruments” y el recuento de UFC/m³ en el aire de la sala con el equipo “Merck MAS-100 Air Sampler”. Las medidas fueron realizadas en diversos puntos de las salas, y a nivel del plano de trabajo.

2. Control de superficies.

Se cuantificó la microflora (biofilms) en todas las superficies de la línea en contacto con el producto. Se llevó a cabo el recuento de: enterobacterias, microflora total mesófila, microflora psicrotrofa, microflora láctica, *Staphylococcus spp.* Y *L. monocytogenes* según la metodología de Bore y Langsrud (2005).

3. Análisis del interés de la cobertura de flujo laminar.

Los ensayos fueron realizados en una sala clase 100.000 convencional (SC), y en una línea dotada de una cobertura de flujo laminar (FL, equivalente a una sala clase 100), utilizando coberturas móviles de flujo laminar EMC-ISO 5 (dotadas de unidades de ventilación y filtración, *Fan Filter Units*, en inglés). El FL fue colocado en diversas posiciones sobre la línea de loncheado y envasado, determinando su influencia en el control de la contaminación del aire y de las superficies de los equipos de la línea, evaluando su eficacia en el control de la recontaminación de los productos cárnicos envasados.

4. Productos cárnicos y análisis realizados.

Para este estudio se utilizaron dos tipos de producto cárnico sin sal: jamón cocido de cerdo y pechuga de pavo cocida. Tras su loncheado y envasado, las muestras fueron almacenadas a 4° C para estudiar la evolución de la calidad a lo largo de su vida útil. Se determinó la evolución del recuento de enterobacterias, microflora total mesófila, microflora psicrotrofa, microflora láctica, *Staphylococcus spp.* y *L. monocytogenes*. También se determinó la evolución del pH, y de los parámetros organolépticos (color, olor, exudado y otros).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los valores medios de temperatura, humedad relativa y velocidad observados en el aire de la sala de procesado y envasado SC, clase 100.000. Con estos valores medios de temperatura y humedad relativa se producen condensaciones de

humedad en la superficie de los productos cárnicos estudiados (como la temperatura del producto es de $-1/-2^{\circ}\text{C}$, las condiciones óptimas de temperatura y humedad relativa del aire tendrían que ser de 6°C y 50% de HR).

Tabla 1. Temperatura, HR y velocidad del aire, observados en la sala SC

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)			HR (%)			Veloc. del aire (m/s)			Punto de Rocío
Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	
9,47	12,00	7,50	57,25	67,00	47,25	2,96	3,30	2,10	1,0

Max; valor máximo obtenido. Min; valor mínimo obtenido.

Es de destacar la velocidad de aire tan elevada que se presenta en esta sala sc, que tiene un valor medio de 2,96 m/s, ya que no debería de pasar en ningún momento de 0,60 m/s, porque se provocan turbulencias (remolinos) que transportan partículas y microorganismos desde las superficies contaminadas hacia el producto.

Tras realizar las mediciones pertinentes de partículas en todos los puntos seleccionados, se pudo observar que la clasificación de la sala SC oscilaba ampliamente entre 100.000 y 1.000.000 (según la norma FS 209E), dependiendo esta clasificación de las condiciones de trabajo y número de personas que se encontraban en esta sala. Actualmente, para el envasado de estos productos cárnicos, la tendencia es a recomendar salas entre clase 100 y 10.000. En la Tabla 2 se muestra la clasificación de la sala SC según las condiciones de trabajo y personal que se encuentra en la misma.

Tabla 2. Clasificación de la sala SC, según la norma FS 209E y la norma ISO, en función de la presencia de personas trabajando en la misma.

SALA SIN PERSONAL		SALA CON 5 PERSONAS	
FS	ISO	FS	ISO
10.000	7	100.000	8

En esta clasificación es de vital importancia la vestimenta de los operarios, ya que una persona con ropa normal genera, por minuto, unas 300.000 partículas de diámetro superior a 5 micras. Con ropa especial de sala blanca esta cantidad se reduce a 50.000 partículas por minuto. Además, se pone de manifiesto que conforme aumenta el personal en la sala se observa un aumento progresivo del número de partículas por m^3 de aire de la sala. Muchas de las partículas del aire transportan microorganismos, de ahí el interés de proteger el producto cubriéndolo con un entorno microbiológicamente controlado (FL), protegiéndolo así de posibles contaminaciones cruzadas.

En la Tabla 3 se pueden observar los recuentos microbianos (en UFC/m^3) en el aire de la sala SC y el aporte que provocan de contaminación microbiana sobre el producto loncheado.

Tabla 3. Recuentos microbianos en el aire de la sala SC (UFC/m^3) y aporte de carga microbiana que suponen sobre el producto.

	Aire (UFC/m^3)	Aporte (UFC/g)

Media	223	1,1
Máximo	1.990	9,8
Mínimo	<10	<0,5

El aporte de microorganismos a cada bandeja se ha calculado mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Aporte (UFC/g producto)} = (\text{Carga del Aire (UFC/m}^3\text{)} \times \text{Superficie loncha (0,0246 m}^2\text{)} \times \text{N}^\circ \text{ lonchas/ bandeja} \times \text{Velocidad aire (2,96 m/s)} \times \text{Tiempo de exposición (10 s)}) / \text{Peso bandeja (150 g)}$$

El cálculo se ha realizado teniendo en cuenta un tiempo mínimo de 10 s de exposición del producto al aire ambiental de la sala y una velocidad media del aire de 2,96 m/s.

Estudios realizados por otros investigadores (Whyte, 1986) establecen que el tamaño de las partículas aéreas que, con más frecuencia, transportan microorganismos está situado entre 5 y 20 μm de diámetro, con un diámetro medio que oscila entre 12 y 14 μm . No obstante, algunas partículas del aire que son portadoras de microorganismos pueden ser inferiores a 1 μm o ser mayores de 100 μm .

En la Figura 1 se puede observar el nivel de correlación encontrado entre el tamaño de las partículas aéreas y el número de UFC/m³ de aire. El valor del coeficiente de correlación (r^2) es mayor para los tamaños de partícula superior a 3 μm . El valor de r^2 es deducido de las correlaciones lineales entre los valores de número de partículas aéreas (para cada uno de los diferentes rangos de tamaño) y el número de UFC/m³ en el aire en SC.

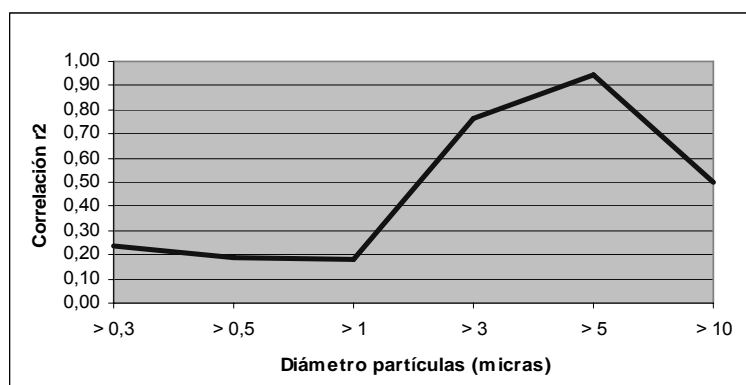


Figura 1. Variación del coeficiente de correlación (r^2) entre el tamaño de las partículas y los recuentos de UFC/m³ en el aire en SC, según el tamaño de las partículas.

En este trabajo se ha puesto de manifiesto la gran eficacia de la utilización de la cobertura con FL, siempre que esté colocada correctamente. Así, cuando la altura entre el techo filtrante y el plano de la mesa de trabajo no supera los 75 cm el recuento de microorganismos en el aire es $< 1 \text{ UFC/m}^3$ (que se corresponde con una sala clase 1). Sin embargo, cuando el techo filtrante que genera el FL se sitúa a 150 cm del plano de trabajo se obtiene un ambiente equivalente a una sala clase 1.000.

De esta forma, se ha podido observar una gran diferencia entre los recuentos microbianos obtenidos para los productos recién envasados trabajando en sc y en fl. El uso de fl implica un buen control de los microorganismos que se depositan sobre las superficies de la línea, obteniéndose una disminución significativa de los recuentos de UFC/g respecto a la SC (ver tabla 4). También se ha podido observar que cuando se trabaja con FL el porcentaje de productos con valores $< 10^1 \text{ UFC/g}$ es mayor, y, además, disminuyen los porcentajes de producto con recuentos $> 10^{3-4} \text{ UFC/g}$.

Tabla 4. Carga microbiana inicial en jamón cocido y pechuga de pavo, recién envasado en SC y FL.

	Jamón cocido		Pechuga de pavo	
	SC	FL	SC	FL
Media (Ufc/g)	1,85e+03 (N=85)	6,70e+02 (N=11)	5,22e+02 (N=82)	1,09e+02 (N=28)
% muestras <e+01	3	9	7	25
% muestras e+01	27	45	33	54
% muestras e+02	30	18	33	21
% muestras e+03	33	27	27	-
% muestras e+04	6	-	-	-

N= número de repeticiones.

Tabla 5. Carga microbiana inicial y vida útil del jamón cocido y pechuga de pavo almacenados a 4°C, procesados y envasados en SC y FL.

		Recuento inicial	Vida útil
		Log (UFC/g)	4°C (días)
Jamón cocido			
SC	*Media	3,1	18,6
	Máximo	4,0	50,0
	Mínimo	1,5	10,0
FL	**Media	1,1	35,0
	Máximo	2,9	40,0
	Mínimo	0,0	30,0
Pechuga de pavo			
SC	***Media	2,1	32,3
	Máximo	3,4	80,0
	Mínimo	0,0	20,0
FL	****Media	1,5	49,2
	Máximo	2,8	80,0
	Mínimo	0,0	25,0

* No se obtuvieron valores < 10 UFC/g.

** 60 % de las muestras obtuvieron valores < 10 UFC /g.

*** 9% de las muestras obtuvieron valores < 10 UFC /g.

**** 17% de las muestras obtuvieron valores < 10 UFC /g.

Esta disminución de la carga microbiana inicial de los productos, cuando se trabajó con el FL, llevó consigo una mejora significativa de la vida útil de los mismos (ver tabla 5), obteniéndose un incremento de la vida útil de 12-18 días en productos almacenados a 4°C.

En cuanto a la contaminación de las superficies, se ha podido comprobar que la carga microbiana de los equipos de la línea, previamente limpiados y desinfectados en una sala SC, era la misma que antes de limpiar al cabo de una hora de trabajo. Cuando se incorpora la cobertura con FL la carga microbiana de las superficies limpiadas y desinfectadas previamente se mantiene relativamente baja durante todo el tiempo de trabajo de la línea. Esta situación de limpieza de superficies contribuye significativamente a la disminución de la carga microbiana de los productos envasados, consiguiendo una mayor vida útil de los mismos.

CONCLUSIONES

Con el uso de la técnica de aplicación de aire filtrado según un flujo laminar analizada en este estudio, con una localización de aplicación ceñida a la línea de fabricación y envasado, las partículas y microorganismos patógenos y alterantes ya no son transportados a los productos cárnicos procesados desde las diferentes fuentes de contaminación, como son los operarios, el sistema de ventilación, el suelo, el propio producto y las zonas de acumulación de restos de los alimentos procesados (zona de corte y transportadores de lonchas).

También mediante esta técnica es posible un control diferenciado de la humedad relativa y temperatura del aire en contacto con el producto, debido a que los operarios pueden estar fuera de la corriente de aire limpio que envuelve al producto. La gran efectividad de la cobertura estudiada (clase ISO 5) queda demostrada por la importante disminución de la carga microbiana presente en el producto loncheado y envasado. En las condiciones de trabajo estudiadas, se logra un gran control de la limpieza del aire que se aplica sobre el producto, que presenta recuentos (en UFC /m³ de aire) <1 y recuentos de partículas (de tamaño superior a 0,5 µm/m³ de aire) <10 (que se corresponde con una clase 100) en todas las condiciones de trabajo.

Con la tecnología de loncheado y envasado en condiciones de flujo laminar se consiguió una mayor proporción de producto con recuentos inferiores a 10 UFC /g. En todos los casos, las muestras de carne de cerdo cocido presentaron valores inferiores a 10⁴ UFC /g, y las de pavo cocido inferiores a 10³ UFC/g. Esta significativa disminución de la carga microbiana inicial de los productos recién loncheados y envasados se tradujo en un claro aumento de su vida útil, en refrigeración a 4° C, que se amplió desde 18,6 días a 35,0 días, en el caso de la carne de cerdo cocida, y desde 32,3 a 49,2 días en el caso de la carne de pavo cocida.

BIBLIOGRAFÍA

- Bore E, Langsrud S. 2005. Characterization of micro-organisms isolated from dairy industry after cleaning and fogging disinfection with alkyl amine and peracetic acid. *J. Appl. Microbiol.* 98: 96–105
- Brody AL. 2006. Aseptic and Extended-Shelf-Life Packaging, *Food Technology.* 60: 66-68.
- Burfoot D. 1999. The Importance of Air Flows in Design, In *European Commission 'Meat Automation' Concerted Action*, FAIR-CT-97-1998, Khodabandehloo, K. (ed.), pp. 8–16, Technical Report on Consumer Protection, Labour Safety & Hygiene.
- Burfoot D. 2000. Localised Air Delivery Systems, *Food Processing.* 6: 25–26.
- Burfoot D, Brown K, XU Y, Reavell SV, Hall K. 2000. Localised Air Delivery Systems in Food Industry. *Trends in Food Science & Technology.* 11: 410–418.
- Den Aantrekker ED, Beumera RR, Van Gerwenb SJC, Zwieteringc MH, Van Schothorsta M., Boom RM. 2003. Estimating the probability of recontamination via the air using Monte Carlo simulations. *Int.l J. Food Microbiol.* 87: 1 – 15.
- EHEDG 2006. Guidelines on air handling in the food industry. *Trends in Food Science & Technology.* 17: 331–336.
- Federal Standard, 1992. Airborne Particulate Cleanliness Classes in Clean rooms and Clean Zones. FED-STD-209E, 11 September.
- López A, Ros M. 2005. Acondicionamiento del aire de locales y equipos de envasado ultralimpio y aséptico de alimentos listos para su consumo (*ready-to-eat*). En *Avances en ciencias y técnicas del frío-III*. Vol 2: 599-608.

- Rouaud O. 2002. Etudes numeriques et experimentales de dispositifs de protection contre la contamination aeroportée dans les industries alimentaires. PhD thesis, ENITIAA, Nantes.
- Wirtanen G. 2002. Clean air solutions in food processing. *VTT publications* 482. Finland.
- Whyte W.1986. Sterility assurance and models for assessing airborne bacterial contamination. *J. Parenter Sci. Technol.* 40:188-97