

## Opinión del Comité científico de la AESA sobre los riesgos asociados a la supresión de la refrigeración durante periodos limitados de tiempo, en las mesas de preparación de los servicios rápidos de restauración

Núm. Referencia: AESA-2005-013

Documento aprobado por el Comité Científico en sesión plenaria el 16 de noviembre de 2005

34

### Miembros del Comité Científico

Arturo Anadon Navarro, Margarita Arboix Arzo, Juan José Badiola Díez, Albert Bosch Navarro, Juan Francisco Cacho Palomar, Francesc Centrich Escarpener, José Luis García López, María Luisa García López, Manuela Juárez Iglesias, Manuel Martín Esteban, Juan Antonio Ordóñez Pereda, Andrés Otero Carballeira, Andreu Palou Oliver, Fernando Rodríguez Artalejo, Elías Rodríguez Ferri, Manuel Sánchez-Vizcaíno Rodríguez, Vicente Sanchis Almenar, Gregorio Varela Moreiras, Gonzalo Zurera Cosano

### Grupo de Trabajo

Gonzalo Zurera Cosano (coordinador)  
Jesús Campos Amado (secretario)  
Andrés Otero Carballeira  
M<sup>º</sup> Luisa García López  
Juan A. Ordóñez Pereda

### Resumen

Se analizan los riesgos asociados a la eliminación de la refrigeración en las mesas de preparación de los restaurantes de servicio rápido, durante periodos limitados de tiempo, por el impacto negativo producido en la calidad de las hamburguesas y la consiguiente repercusión negativa en los consumidores. Se valora el efecto de la supresión de refrigeración de los ingredientes durante la etapa de ensamblaje del producto final, teniendo en cuenta la posibilidad de que un determinado patógeno, presente en la materia prima o procedente del entorno de trabajo (personal, equipos y utensilios), pueda alcanzar su umbral de peligrosidad durante dicha etapa. Para ello se procede al análisis de la información extraída del documento de Evaluación de Riesgos presentado para su consideración y a la aplicación de modelos predictivos, sobre los microorganismos patógenos que el Real Decreto 3484/2000 establece para este tipo de alimentos y en especial sobre *Listeria monocytogenes*, obteniendo las estimaciones de crecimiento de bases de datos apropiadas. Del análisis de los datos obtenidos puede concluirse que la supresión de la refrigeración en las mesas de preparación en los términos planteados, no supone un aumento significativo del riesgo, siempre y cuando se lleve a cabo la monitorización del proceso, donde se verifique la realidad de observancia de la caducidad secundaria para los alimentos empleados como ingredientes del menú final (en términos de tiempo de permanencia en la mesa de preparación), así como de un control riguroso de materias primas, y de la eficacia del sistema de limpieza y desinfección de las mesas de preparación, de forma individual para cada establecimiento/grupo empresarial. Sólo en esa situación podría llegarse a la conclusión de que no es necesario el mantenimiento de la refrigeración en esta etapa de ensamblaje, y se estaría conforme a lo dispuesto en el apartado 2 del artículo 7 del Real Decreto 3484/2000.

### Palabras Clave

Microbiología predictiva, *Listeria monocytogenes*, mesas de refrigeración, servicios de restauración

En la Sesión Plenaria del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria (AESa) celebrada el día 11 de mayo de 2005, se presentó la solicitud de la Empresa McDonald's España, de "evaluación de los riesgos asociados a la eliminación de la refrigeración en las mesas de preparación durante periodos limitados de tiempo en los restaurantes de servicio rápido". La solicitud parece estar basada en el impacto negativo producido en la calidad de las hamburguesas al adicionar ingredientes fríos (pepinillos, salsas, etc.) a la carne recién retirada de la plancha, lo que reduce significativamente la temperatura del producto final y repercute negativamente en su aceptación por los clientes. Autoridades locales en aplicación de los Reales Decretos 2207/1995<sup>1</sup> y 3484/2000<sup>2</sup> por los que se regula la actividad de este tipo de establecimientos, recomendaron refrigerar las mesas de preparación, forzando a modificar el procedimiento operacional de los mismos con el consiguiente efecto desfavorable ya reseñado.

La solicitud planteada por McDonald's trata de acogerse a lo dispuesto en el apartado 2 del Art. 7 del Real Decreto 3484/2000, que establece que "cuando sea necesario por razones prácticas, se permitirán periodos limitados no sometidos al control de temperatura durante la manipulación, elaboración, transporte y entrega al consumidor final de las comidas preparadas, siempre que sea compatible con la seguridad y salubridad de los alimentos y hayan sido verificadas por la autoridad competente".

La necesidad de adoptar periodos no sometidos al control de temperatura se adopta únicamente por razones prácticas, y aunque esta decisión compete a la empresa, debe ser compatible con la seguridad y salubridad de los alimentos y verificada por la autoridad competente. Por tanto, la valoración de esta compatibilidad, es la que parece sustentar que la presente solicitud se someta al criterio del Comité Científico de la AESa. Para llevar a cabo dicha verificación es necesario disponer de un estudio de Evaluación de Riesgos sobre el aspecto ya reseñado.

En la Sesión Plenaria del Comité Científico de la AESa del 11/05/2005, se acordó solicitar documentación adicional a la Empresa solicitante, que se recibió el 20 de junio de 2005. Dicha documentación incluye el sistema de autocontrol implementado en los restaurantes de la cadena (Guías de Prácticas Correctas de Higiene y el Manual APPCC) y un estudio sobre *Microbiological Risk Assessment* para los ingredientes que componen el producto final (quesos, rodajas de tomate, cebolla deshidratada, cebolla cortada, lechuga, pepinillos, salsas, mostaza y ketchup) y sobre el que se deberán sacar las conclusiones que permitan finalmente acceder, o no, a dicha solicitud.

### **1. Análisis de la documentación presentada**

Del análisis de la documentación recibida y basándose en la estabilidad microbiológica, los diferentes tipos de ingredientes que integran el producto final pueden agruparse en tres categorías:

A. El grupo integrado por las salsas de gran estabilidad microbiológica que deriva de las características físico-químicas ( $\text{pH} < 4.6$  y  $\text{aw} < 0.85$ ), de las mismas.

1. Real Decreto 2207/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas de higiene relativas a los productos alimenticios.

2. Real Decreto 3484/2000, de 29 de diciembre, por el que se establecen las normas de higiene para la elaboración, distribución y comercio de comidas preparadas.

- B. El grupo integrado por los quesos, cuyas características físico-químicas hacen que requieran un control de temperatura, ya que pueden multiplicarse algunos microorganismos patógenos.
- C. El grupo de los vegetales (cebolla y lechuga), que al ser productos frescos mínimamente procesados, no han recibido un tratamiento higienizante que asegure la ausencia de determinados agentes patógenos como *Salmonella*, *Escherichia coli* o *Listeria monocytogenes* y, por lo tanto, requieren el control de temperatura para evitar su crecimiento.

Es coherente pensar en la necesidad de que estos dos últimos grupos de ingredientes deberían someterse al control de temperatura, ya que pueden soportar el crecimiento microbiano. Sin embargo, basándose en los criterios utilizados en el sistema de autocontrol aplicado y asumiendo el cumplimiento de los requisitos y directrices fijadas en el mismo (calidad de materias primas, caducidad secundaria, temperatura/tiempo de mantenimiento, etc.), podría cuestionarse la necesidad de refrigeración de los ingredientes en la etapa de ensamblaje de las hamburguesas y atenerse a los dispuesto en el apartado 2 del artículo 7 del Real Decreto 3484/2000.

Para fundamentar cualquier decisión en ese sentido, debe analizarse toda la información disponible que tenga en cuenta los factores que pueden incidir en el crecimiento microbiano y dar lugar a situaciones de riesgo. Esta información debe extraerse del documento de Evaluación de Riesgos presentado por McDonald's, elaborado para sus establecimientos ubicados en Europa. En él se concluye que existe un riesgo muy bajo, siempre y cuando se observen Buenas Prácticas de Elaboración y un correcto control de los denominados puntos críticos establecidos en su sistema APPCC.

El objeto del presente informe no es analizar en profundidad el mencionado documento. No obstante, acorde con él, deben tenerse en cuenta las diferentes situaciones particulares en las que se pueden introducir ó modificar factores de riesgo insuficientemente valorados, que pueden influir de manera decisiva en la inocuidad de los alimentos objeto de estudio y que puede impedir llegar a conclusiones extrapolables a otros establecimientos de similares características.

Puesto que de lo que se trata es de evaluar el efecto de la supresión de refrigeración de los ingredientes durante la etapa de elaboración del producto final, el aspecto crucial a tener en cuenta es evaluar la posibilidad de que un determinado patógeno, presente en la materia prima o procedente del entorno de trabajo (personal, equipos y utensilios), pueda alcanzar el umbral de peligrosidad durante dicha etapa.

Aunque el documento presentado por McDonald's parece estar correctamente diseñado y elaborado con rigurosidad, aporta información algo confusa y en ocasiones se recurre al sistema de "cortapega" con las consiguientes erratas, lo que conduce a crear más confusión. Los datos de prevalencia y de concentración, en unidades formadoras de colonias por gramo (ufc/g), utilizados en el estudio de Evaluación del Riesgo, son algo bajos y en todo caso discutibles, ya que pueden ser muy diferentes según la fuente de procedencia<sup>3,4</sup>. Por ejemplo, en el caso de *L. monocytogenes* se emplean los mismos datos de prevalencia y concentración en cada uno de los alimentos-base que integran el produc-

3. Opinion of the Scientific Comité on Veterinary Measures relating to Public Health on *Listeria monocytogenes*. 23 September 1999.

4. Vitas et al. (2004). Occurrence of *Listeria monocytogenes* in fresh and processed foods in Navarra (Spain). International Journal of Food Microbiology 90, 349-356.

to final. La concentración expresada no es clara (0-10 cells/g), si se tiene en cuenta que el límite de detección es de 10 ufc/g<sup>5</sup>.

Aunque se podría hacer una valoración con cada uno de los microorganismos de interés en estos alimentos, sólo se va a tener en cuenta a *L. monocytogenes*, ya que en el caso de *E.coli* O157:H7 y *Salmonella* tiene menos sentido, puesto que su sola presencia en cualquiera de los ingredientes es inaceptable desde el punto de vista sanitario. Por lo tanto, tratar de valorar el efecto de la supresión de refrigeración de los ingredientes en el comportamiento de estos dos últimos microorganismos es, de momento, de menor interés. Sin embargo, el ejemplo de *L. monocytogenes* puede ser muy clarificador.

En el documento sobre Análisis de Riesgos presentado por McDonald's se asume que *L. monocytogenes* no debe estar presente en el alimento si todas las etapas se ha implementado adecuadamente. Sin embargo (continúa el documento), cabe la posibilidad que 1 ufc/g pueda estar presente y no detectarse (límite de detección = 10 ufc/g). Si el objetivo de inocuidad alimentaria (FSO) es de 100 ufc/g, se puede estimar el tiempo que tardaría 1 ufc/g en alcanzar dicho nivel en la situación de temperatura del obrador o cocina más adversa, es decir, a la temperatura óptima (30° C) de crecimiento del microorganismo. En estas condiciones, el tiempo de duplicación de *L. monocytogenes* es de aproximadamente 40 minutos<sup>6</sup>. Por tanto, el tiempo necesario para superar el nivel de 100 ufc/g será de 280 minutos (7 duplicaciones x 40 minutos). Este periodo de tiempo es muy superior a la caducidad secundaria establecida por la empresa (tiempo de permanencia sin refrigeración) que es de tan sólo 120 minutos, es decir, se está aplicando un margen de seguridad superior al 50%.

Aunque en el documento se parte de la posible presencia de una célula de *L. monocytogenes* por gramo de alimento, podría hacerse el mismo razonamiento a partir de 3, 6 ó 9 ufc/gramo (recuérdese que el límite de detección en alimentos sólidos es de 10 ufc/g) o a partir de concentraciones iniciales más elevadas y al mismo tiempo permisibles (El Real Decreto 3484/2000, establece para *L. monocytogenes* el criterio de  $m=10$ ,  $M=102$ , para  $n=5$  y  $c=2$ ), por lo que el efecto sobre la valoración del riesgo (*risk ranking*) puede ser muy diferente en función de la concentración inicial de que se parta, superándose, o no, el tiempo de caducidad secundaria fijado para cada ingrediente.

De acuerdo con el mencionado criterio microbiológico establecido por el Real Decreto 3484/2000, se puede dar el caso que dos de cada cinco muestras tengan una carga microbiana muy próxima o, incluso, alcancen las 100 ufc/g, permitiéndosele a las tres muestras restantes un contenido máximo de 10 ufc/g (debe recordarse que el documento de Evaluación de riesgo presentado por McDonald's recoge niveles entre 0-10 ufc/g). Asumiendo, por una parte, la presencia de esa tasa (10 ufc/g) y aceptando, por otra, un tiempo de duplicación de 40 minutos, se tardarían sólo 2,6 horas en superar las 100 ufc/g (2,21 horas para alcanzarlo). Una situación intermedia y admisible por el R.D. 3484/2000, sería el de aquellas muestras con 50 ufc/g, que tardarían sólo 40 minutos en alcanzar las 100 ufc/g.

5. UNE-EN ISO 11290-2. Noviembre 2000. Microbiología de los alimentos para consumo humano y para animales. Método horizontal para la detección y recuento de *Listeria monocytogenes*. Parte 2: Método de recuento (ISO 11290-2:1998).

6. En el documento no se especifica de donde y como se obtiene dicho tiempo.

Por supuesto para muestras con 100 ufc/g, no es necesario ningún cálculo. No obstante, debe tenerse en cuenta que incluso un criterio microbiológico más restrictivo (como  $n=5$ ,  $c=0$ ,  $m=$  ausencia de *L. monocytogenes* en 10 g –o sea, menos de 10/g) que pudiera aplicarse a las materias primas, conlleva, en términos probabilísticos, que un lote que lo cumpla el criterio, tiene un 95% de probabilidades de contener un recuento medio de 5,88 ufc/g (supuestos una distribución logarítmico-normal de la población de *L. monocytogenes* y una desviación estándar -ds- de los recuentos de *L. monocytogenes* de 0,1 log ufc/g).

Con independencia de las conclusiones que puedan extraerse del documento de Evaluación de Riesgos presentada por McDonald's y en favor de su argumentación, deben tenerse en cuenta una serie de factores que actúan incrementando la seguridad del producto final. Entre ellos:

- las características intrínsecas (pH, aw) de algunos de estos alimentos, no son muy favorables para el crecimiento microbiano.
- la fase de latencia de los microorganismos en matrices complejas como son los alimentos, donde las condiciones ambientales están sujetas a cambios de temperatura, puede ser superior al periodo de caducidad secundaria establecida. (Ver Tablas 1 a 7). En consecuencia, la repercusión sanitaria de una contaminación durante el proceso de ensamblaje (contaminación cruzada) no se diferenciaría de la producida en zonas de trabajo refrigeradas
- el tiempo requerido para que un alimento previamente refrigerado (4° C) y expuesto a temperatura ambiente, alcance una temperatura desfavorable de 30° C es de aproximadamente 60 minutos.

## Metodología

Con el objeto de clarificar algunas de las dudas que pudieran derivarse del documento, se ha procedido a la aplicación de modelos predictivos en los microorganismos patógenos que el R.D. 3484/2000 establece para este tipo de alimentos (*E. coli*, *S. aureus*, *Salmonella* y *L. monocytogenes*), recurriendo a las estimaciones de crecimiento de los programas Growth Predictor (GP)

<http://www.ifr.bbsrc.ac.uk/safety/GrowthPredictor/default.html> y Pathogen Modelling Program (PMP) <http://www.arserrc.gov/mfs/PATHOGEN.HTM> (Tablas 1-7). Igualmente, se ha utilizado la información disponible de challenge tests en alimentos, procedentes de ComBase <http://www.combase.cc/> y de la bibliografía científica (Tabla 8), introduciendo intervalos de valores de las variables que afectan al crecimiento microbiano, entre los que se encuentran los productos objeto de estudio.

## Resultados

Los resultados obtenidos de la aplicación de los programas GP y PMP, permiten deducir que incluso en la situación más adversa de temperatura (30° C) y partiendo de una contaminación inicial de *L. monocytogenes* de 1 ufc/g, los tiempos de duplicación<sup>7</sup> (24 a 38 minutos) (Tablas 3 y 6) multiplicados por el número de duplicaciones necesarias para alcanzar 100 ufc/g (6.64 duplicaciones), proporcionan tiempos superiores (160 y 253 minutos) a la caducidad secundaria fijada para los alimentos que integran el producto final (2 horas). Sin embargo, si el nivel de contaminación es mayor (10 ufc/g), el resultado es muy diferente, ya que se alcanzaría las 100 ufc/g en tan sólo 80 a 126 minutos. Con otros niveles de contaminación mas elevados (por ejemplo 50 ufc/g) pero aún permitidos por el Real

Decreto 3484/2000 (recuérdese el criterio de  $m=10$ ,  $M=10^2$ , para  $n=5$  y  $c=2$ ), se alcanzarán las 100 ufc/g en tan sólo 24-38 minutos. Aunque estos resultados pueden crear cierta preocupación, hay que recordar que los tiempos de duplicación que se generan en los programas PMP y GP proceden de datos de crecimiento obtenidos en medios de cultivo y no en alimentos, por lo que estas estimaciones deben tomarse con cautela.

De los datos procedentes de pruebas de inoculación en productos con similares características, se obtienen tiempos de duplicación superiores, que difieren significativamente de los hallados por GP y PMP. Así, los datos de crecimiento de *L. monocytogenes* en lechuga<sup>8</sup> ofrecen un tiempo de duplicación de 60 minutos, con lo que partiendo de una concentración de 10 ufc/g, se alcanzarán las 100 ufc/g en 199 minutos (>3 horas) en el caso más adverso de temperatura (Tabla 8). Con 50 ufc/g se tardaría una hora en lograr esa población.

Si se considera sólo la fase exponencial de crecimiento, la concentración máxima admisible sería de hasta 25 ufc/g, ya que con dos duplicaciones (2 horas) se alcanzarían los 100 ufc/g. Sin embargo, para ciertos casos (contaminación cruzada), ha de tenerse en cuenta, además, la duración de la fase de latencia de este microorganismo, que en las condiciones más favorables para su crecimiento (temperaturas de 30° C y empleando medios de cultivo), es de 2.5 horas (Tablas 3 y 6). Con toda certeza este tiempo será superior si se trata de alimentos. Así, para *L. monocytogenes* en lechuga<sup>9</sup> en las condiciones mencionadas, se ha calculado una fase de latencia de 3.8 horas (Tabla 8).

## Conclusiones

A la vista de estas consideraciones, puede concluirse que la supresión de la refrigeración en las mesas de preparación en los términos planteados, no supone un aumento significativo del riesgo, siempre y cuando se lleve a cabo la monitorización del proceso y la verificación del cumplimiento de los periodos de caducidad secundaria para los alimentos empleados como ingredientes del menú final, así como un control riguroso de materias primas y de la eficacia del sistema de limpieza y desinfección de las mesas de preparación, de forma individual para cada establecimiento/grupo empresarial. Sólo en esa situación podría concluirse que no es necesario mantener la refrigeración en esta etapa del proceso de elaboración de acuerdo con lo especificado en el apartado 2 del artículo 7 del Real Decreto 3484/2000. Igualmente, convendría revisar el criterio microbiológico para *L. monocytogenes* establecido en el Real Decreto 3484/2000 de acuerdo a la propuesta de la CE<sup>10</sup>. En el caso de aplicarse el criterio de  $m=M=100$  ufc/g, el fabricante deberá ser capaz de demostrar a la entera satisfacción de la autoridad competente, que el producto no excederá el límite de 100 ufc de *L. monocytogenes*/g durante su periodo de vida comercial. Es decir, el fabricante puede fijar límites intermedios durante el

7. Téngase en cuenta que las predicciones dadas por GP y PMP proceden de datos obtenidos mediante experimentos realizados en caldo de cultivo.

8. Koseki and Isobe, 2005. Prediction of pathogen growth on iceberg lettuce under real temperature history during distribution from farm to table. *Int. J. Food Microbiol.* 104, 239-248.

9. Koseki and Isobe, 2005. Prediction of pathogen growth on iceberg lettuce under real temperature history during distribution from farm to table. *Int. J. Food Microbiol.* 104, 239-248.

10. SANCO/4198/2001 Rev. 18 de 22/6/2005. Draft Commission Regulation on microbiological criteria for foodstuffs.

proceso que deben ser suficientemente bajos para garantizar que el límite de 100 ufc de *L. monocytogenes/g* no se excederá al final del periodo de vida comercial del producto. Las posibilidades de demostración descansan en la aplicación de modelos matemáticos y la realización de pruebas de inoculación de alimentos bajo condiciones de almacenamiento previsibles<sup>11</sup> y, todo ello, en el marco de la correspondiente Evaluación de Riesgos<sup>12</sup>.

11. Carrasco et al., 2005. Quantitative models can help manufacturers achieve regulatory criteria for *Listeria monocytogenes*. COST Action 920 "Quantitative Risk Assessment". Dubrovnik.

12. La relevancia de la Evaluación de Riesgos ha quedado plasmada en el Reglamento (CE) N° 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo 29 de abril de 2004, cuyo artículo 13 establece que las disposiciones de los anexos I y II (Producción primaria y Requisitos higiénicos generales aplicables a todos los operadores de la empresa alimentaria, respectivamente) podrán adaptarse o actualizarse teniendo en cuenta nuevas Evaluaciones de Riesgos. Por otra parte, como recoge el Real Decreto 1940/2004 en su artículo 4, la Evaluación del Riesgo Microbiológico en Alimentos, vendrá a ser una de las normas generales de vigilancia de las zoonosis y de los agentes zoonóticos.

Predicciones de parámetros cinéticos: Growth Predictor y Pathogen Modelling Program

<http://www.ifr.bbsrc.ac.uk/safety/GrowthPredictor/default.html> [http://www.arserrc.gov/mfs/](http://www.arserrc.gov/mfs/PATHO-) PATHO-

GEN.HTM <http://www.combase.cc/>

**Tabla 1.-** Predicciones de parámetros cinéticos de *Escherichia coli* obtenidos mediante Growth Predictor y Pathogen Modelling Program.

T	Escherichia coli							pH	a <sub>w</sub>
	<sup>a</sup> Gr (Log <sub>10</sub> )		<sup>b</sup> Gt (h)		Lag (h)		Log N <sub>0</sub>		
	<sup>c</sup> GP	GP	<sup>d</sup> PMP	GP	PMP	GP	PM P		
10 <sup>e</sup>	0,0323	9,33	4,5		57,4			5,8	0,997 <sup>f</sup>
15	0,099	304	2,5		18,4				
20	0,2401	1,26	1,2		7,4	1	3 <sup>e</sup>		
25	0,4604	0,65	0,7		3,7				
30	0,6979	0,43	0,5		2,3				

<sup>a</sup>Maximum growth rate (log<sub>10</sub> concentración/h). (Tasa máxima de crecimiento).

<sup>b</sup>Generation time. (Tiempo de generación o de duplicación).

<sup>c</sup>Growth Predictor.

<sup>d</sup>Pathogen Modelling Program.

<sup>e</sup>Mínimo valor admitido por el programa.

<sup>f</sup>Valor por defecto.

N<sub>0</sub>: Concentración inicial empleada (log ufc/g).

**Tabla 2.-** Predicciones de parámetros cinéticos de *Staphylococcus aureus* obtenidos mediante Growth Predictor y Pathogen Modelling Program.

Staphylococcus aureus								pH	a <sub>w</sub>	
T (°C)	aGr (Log <sub>10</sub> )		bGt (h)		Lag (h)		Log N <sub>0</sub>			
	cGP	GP	dPMP	GP	PMP	GP	PM P			
7,5 <sup>e</sup>	0,0122	24,8	*		*					
10	0,0242	12,5	15		78,8					
15	0,0785	3,84	5,2		18,4	1	3 <sup>e</sup>			
20	0,1947	1,55	2,2		6			5,8		
25	0,3692	0,82	1,1		2,7					
30	0,5357	0,56	0,7		1,7			0,997 <sup>f</sup>		

<sup>a</sup>Maximum growth rate (log<sub>10</sub> concentración/h). (Tasa máxima de crecimiento).

<sup>b</sup>Generation time. (Tiempo de generación o de duplicación).

<sup>c</sup>Growth Predictor.

<sup>d</sup>Pathogen Modelling Program.

<sup>e</sup>Mínimo valor admitido por el programa.

<sup>f</sup>Valor por defecto.

N<sub>0</sub>: Concentración inicial empleada (log ufc/g).

\* Valor no disponible.

**Tabla 3.-** Predicciones de parámetros cinéticos de *Listeria monocytogenes* obtenidos mediante Growth Predictor y Pathogen Modelling Program.

Listeria monocytogenes								pH	a <sub>w</sub>	
T (°C)	aGr (Log <sub>10</sub> )		bGt (h)		Lag (h)		Log N <sub>0</sub>			
	cGP	GP	dPMP	GP	PMP	GP	PM P			
7	0,0334	12,9	9,6		56,6					
10	0,0425	7,09	5,6		35					
15	0,0981	3,07	2,5		17	1	3 <sup>e</sup>			
20	0,1862	1,62	1,3		9,1			5,8		
25	0,2907	1,04	0,8		5,3					
30	0,3732	0,81	0,5		3,4			0,997 <sup>f</sup>		

<sup>a</sup>Maximum growth rate (log<sub>10</sub> concentración/h). (Tasa máxima de crecimiento).

<sup>b</sup>Generation time. (Tiempo de generación o de duplicación).

<sup>c</sup>Growth Predictor.

<sup>d</sup>Pathogen Modelling Program.

<sup>e</sup>Mínimo valor admitido por el programa.

<sup>f</sup>Valor por defecto.

N<sub>0</sub>: Concentración inicial empleada (log ufc/g).

**Tabla 4.-** Predicciones de parámetros cinéticos de *Salmonella* obtenidos mediante Growth Predictor y Pathogen Modelling Program.

Salmonella										
T (°C)	<sup>a</sup> Gr (Log <sub>10</sub> )		<sup>b</sup> Gt (h)		Lag (h)		Log N <sub>0</sub>		pH	a <sub>w</sub>
	<sup>c</sup> GP	GP	<sup>d</sup> PMP	GP	PMP	GP	PM P			
7 <sup>e</sup>	0,012	25,2	*		*				5,8	0,997 <sup>f</sup>
10	0,0278	10,8	14,4		64,8					
15	0,0903	3,34	3,6		17,9					
20	0,22	1,37	1,2		7,4	1	3 <sup>e</sup>			
25	0,4018	0,75	0,6		4,5					
30	0,5506	0,55	0,4		4,1					

<sup>a</sup>Maximum growth rate (log<sub>10</sub> concentración/h). (Tasa máxima de crecimiento).

<sup>b</sup>Generation time. (Tiempo de generación o de duplicación).

<sup>c</sup>Growth Predictor.

<sup>d</sup>Pathogen Modelling Program.

<sup>e</sup>Mínimo valor admitido por el programa.

<sup>f</sup>Valor por defecto.

N<sub>0</sub>: Concentración inicial empleada (log ufc/g).

\* Valor no disponible.

**Tabla 5.-** Predicciones de parámetros cinéticos de *Escherichia coli* obtenidos mediante Growth Predictor y Pathogen Modelling Program.

Escherichia coli										
T (°C)	<sup>a</sup> Gr (Log <sub>10</sub> )		<sup>b</sup> Gt (h)		Lag (h)		Log N <sub>0</sub>		pH	a <sub>w</sub>
	<sup>c</sup> GP	GP	<sup>d</sup> PMP	GP	PMP	GP	PM P			
10	0,0349	8,62	5,4		54,0				5,8	0,997 <sup>f</sup>
15	0,1045	2,89	2,2		17,0					
20	0,2469	1,22	1,1		6,7	1	3 <sup>e</sup>			
25	0,46,13	0,65	0,6		3,3					
30	0,6816	0,44	0,4		2,0					

<sup>a</sup>Maximum growth rate (log<sub>10</sub> concentración/h). (Tasa máxima de crecimiento).

<sup>b</sup>Generation time. (Tiempo de generación o de duplicación).

<sup>c</sup>Growth Predictor.

<sup>d</sup>Pathogen Modelling Program.

<sup>e</sup>Mínimo valor admitido por el programa.

<sup>f</sup>Valor por defecto.

N<sub>0</sub>: Concentración inicial empleada (log ufc/g).

**Tabla 6.-** Predicciones de parámetros cinéticos de *Listeria monocytogenes* obtenidos mediante Growth Predictor y Pathogen Modelling Program.

Listeria monocytogenes								pH	a <sub>w</sub>	
T (°C)	aGr (Log <sub>10</sub> )		bGt (h)		Lag (h)		Log N <sub>0</sub>			
	<sup>c</sup> GP	GP	<sup>d</sup> PMP	GP	PMP	GP	PM P			
7	0,0274	11	6,9		39,3					
10	0,0501	6,01	4,1		24,4					
15	0,1177	2,56	1,9		11,9					
20	0,2273	1,33	1,0		6,4	1	3 <sup>e</sup>	5,8	0,997 <sup>f</sup>	
25	0,3611	0,83	0,6		3,8					
30	0,4718	0,64	0,4		2,5					

<sup>a</sup>Maximum growth rate (log<sub>10</sub> concentración/h). (Tasa máxima de crecimiento).

<sup>b</sup>Generation time. (Tiempo de generación o de duplicación).

<sup>c</sup>Growth Predictor.

<sup>d</sup>Pathogen Modelling Program.

<sup>e</sup>Mínimo valor admitido por el programa.

<sup>f</sup>Valor por defecto.

N<sub>0</sub>: Concentración inicial empleada (log ufc/g).

**Tabla 7.-** Predicciones de parámetros cinéticos de *Salmonella* obtenidos mediante Growth Predictor y Pathogen Modelling Program.

Salmonella								pH	a <sub>w</sub>	
T (°C)	aGr (Log <sub>10</sub> )		bGt (h)		Lag (h)		Log N <sub>0</sub>			
	<sup>c</sup> GP	GP	<sup>d</sup> PMP	GP	PMP	GP	PM P			
7	0,0139	21,7	*		*					
10	0,0318	9,49	10,1		58,8					
15	0,0999	3,02	2,7		16,0					
20	0,236	1,28	1,0		6,5	1	3 <sup>e</sup>	5,8	0,997 <sup>f</sup>	
25	0,4179	0,72	0,5		3,9					
30	0,5551	0,54	0,4		3,5					

<sup>a</sup>Maximum growth rate (log<sub>10</sub> concentración/h). (Tasa máxima de crecimiento).

<sup>b</sup>Generation time. (Tiempo de generación o de duplicación).

<sup>c</sup>Growth Predictor.

<sup>d</sup>Pathogen Modelling Program.

<sup>e</sup>Mínimo valor admitido por el programa.

<sup>f</sup>Valor por defecto.

N<sub>0</sub>: Concentración inicial empleada (log ufc/g).

\*Valor no disponible.

## Consideraciones

Predicciones resultantes de modelos secundarios cuyos datos crudos fueron obtenidos mediante experimentos realizados en caldo de cultivo en atmósfera aeróbica.

**Tabla 8.-** Predicciones de los parámetros cinéticos de crecimiento de *L. monocytogenes* y *E. coli* en lechuga iceberg a 30° C.

Koseki and Isobe, 2005. Int J. Food Microbiol. 104, 239-248

### Modelos tipo Ratkowsky

*L. monocytogenes*\_Lettuce:  $\sqrt{\mu_{max}}=0,016(T+4,26)$

*L. monocytogenes*\_PMP:  $\sqrt{\mu_{max}}=0,027(T+0,44)$

*E. coli* O157:H7\_Lettuce:  $\sqrt{\mu_{max}}=0,033(T-4,54)$

*E. coli* O157:H7\_PMP:  $\sqrt{\mu_{max}}=0,032(T-2,67)$

	$\mu_{max}$	Doubling time (h)	Doubling time (min)	Time (min) to reach No=10 cfu/g with	lag (h)	Lag (min)
<i>L. monocytogenes</i> _Lettuce	0,30.	1,00	60,10	199,56	3,80	228,11
<i>L. monocytogenes</i> _Lettuce	0,67	0,44	26,73	88,77	1,95	117,11
<i>E. coli</i> 0175: H7_Lettuce	0,70	0,42	27,58	84,94	1,77	106,38
<i>E. coli</i> 0157: H7_PMP	0,76	0,39	23,61	78,40	1,93	116,19

$\mu_{max}$ : Tasa máxima especificada de crecimiento (log ufc/gh).

Lag: Fase de latencia (horas).