

Estudio y diseño de un sistema experto para la higienización de cuchillos

Nicoletta Belletti^a, Narcís Grèbol^a, Albert Puxan^b
y Conrad Fargas^b

^a CENTA-IRTA
Finca Camps i Armet s/n
17121 Monells
(Girona)
info@centa.cat

^b MIMASA
C/I 31 Pl. Pont Xetmar
17844 Cornellà del Terri
(Girona)
info@mimasa.com

El presente estudio discute los sistemas actuales de higienización de cuchillos y analiza los factores críticos de los procesos de limpieza y desinfección. Se propone un nuevo concepto de higienización basado en criterios científicos de inactivación térmica de microorganismos, que además de asegurar la eficacia de la higienización, optimiza los tiempos de proceso y minimiza el consumo energético.

Introducción

Antecedentes del estudio

Según la Opinión del Comité Científico de Medidas Veterinarias, relativa a la limpieza y desinfección de cuchillos (2001), los sistemas de higienización de cuchillos por lotes parecen ser la alternativa más apropiada, pero con el inconveniente de que la duración total del proceso resulta demasiado larga para su utilización en descansos cortos durante la jornada de trabajo.

Como contraste, los sistemas continuos (túneles), se caracterizan por tiempos cortos de proceso, pero con una eficacia en el lavado muy pobre y con una fase de desinfección que necesita la utilización de productos químicos.





Figura 1.



Figura 2.

Objetivos

A falta de sistemas efectivos y eficientes para la higienización de cuchillos, se han establecido los siguientes objetivos para el presente estudio:

- Desarrollar un método capaz de garantizar la higienización efectiva de cuchillos.
- Reducir la duración del proceso de higienización, con respecto a los procesos por lotes actuales.
- Optimizar la eficiencia energética del proceso de higienización.
- Diseñar un nuevo equipo de lavado que incluya un sistema experto capaz de monitorizar en continuo la eficacia de la higienización.

Higienización de cuchillos. Estado de la técnica

Es obligatorio que los equipos e instalaciones aprobadas para la matanza, preparación y despiece de canales y elaboración de carnes sean cuidadosamente limpiados y desinfectados varias veces durante y al final de la jornada de trabajo, para prevenir la contaminación por patógenos y por otros microorganismos asociados a la alteración de los alimentos.

Puntos de desinfección de cuchillos en el mismo puesto de trabajo

La Directiva 64/433/EEC requiere que los establecimientos que procesan carnes deben disponer de equipos para desinfectar útiles con agua caliente a no me-

nos de 82 °C. Este proceso, que se utiliza en muchas plantas de procesamiento de carne durante el trabajo es poco apropiado para obtener una desinfección eficaz. El inconveniente mayor de este método es que la inmersión de cuchillos cargados de material orgánico en agua caliente provoca la coagulación de proteínas en la superficie de los cuchillos.

Además, la inmersión repetida de cuchillos sucios en el mismo recipiente de agua caliente provoca la acumulación de grasa y de sustancias orgánicas en la superficie del agua. Como resultado, la hoja del cuchillo “desinfectado” se puede contaminar con los microorganismos flotando en la superficie cuando el cuchillo es retirado del agua. A pesar de estas objeciones, este sistema es el que se usa para minimizar la contaminación cruzada en el puesto de trabajo.

Sistemas actuales de higienización

Actualmente, la higienización de cuchillos fuera del puesto de trabajo se realiza en sistemas discontinuos (armarios de lavado) o en sistemas continuos (túneles de lavado).

En los armarios de lavado, discontinuos, por lotes, los cuchillos suelen ser limpiados por aspersión a baja presión (2-3 bar), mientras la temperatura incrementa gradualmente desde 40 a 82 °C, para eliminar el riesgo de coagulación de proteínas en la hoja. El calentamiento hasta 82 °C es el criterio de desinfección utilizado.

Si la fase de limpieza requiere el uso de detergentes para mejorar la eficacia del lavado, es necesaria

una fase final de aclarado para prevenir la presencia de cualquier residuo de productos químicos en las superficies limpias que entrarán en contacto con la carne (DIN, 1996).

Los sistemas continuos (túneles), se caracterizan por cortos tiempos totales de proceso, pero con una baja eficacia de lavado porque no todos los puntos del cuchillo reciben la acción mecánica necesaria, y además, para poder garantizar la desinfección en tiempos cortos, necesitan la adición de desinfectantes químicos al agua de proceso.

Los equipos e instalaciones deben estar cuidadosamente limpiados y desinfectados para prevenir la contaminación por patógenos y otros microorganismos

Métodos alternativos

En el documento Opinión de la Comisión (2001) se revisan varios métodos alternativos o adicionales, y entre ellos, la posibilidad de higienización térmica a temperaturas inferiores a los 82 °C si se asegura una limpieza eficaz antes del proceso térmico de higienización.

Métodos

Búsqueda de posibles nichos de contaminación en cuchillos

Para detectar si otras partes del cuchillo además de la hoja podían ser posibles nichos de contaminación, los mangos de siete cuchillos fueron abiertos longitudinalmente. Los cuchillos, de diferentes fabricantes, provenían de diferentes

plantas de procesamiento de carnes y con diferentes tiempos de uso en operaciones de despiece y deshuesado.

Adquisición de datos de temperatura-tiempo

Se fijaron cuatro temperaturas de consigna (70, 75, 80, 85°C) y tres modelos de cuchillo de diferente tamaño (cuchillo para deshuese de 15 mm; cuchillo para deshuese de 18 mm; cuchillo para despiece de 21 mm), para evaluar la transmisión de calor en los cuchillos en condiciones reales de

proceso. Los tres tamaños de cuchillo serán mencionados como S (pequeño), M (mediano) y XL (grande).

El objetivo era obtener la mejor estimación tanto de la temperatura de la superficie de la hoja como la del punto más frío en el mango del cuchillo. La temperatura de la superficie de la hoja se considera equivalente a la medida por un sensor en el ambiente del armario de lavado, en condiciones de saturación de humedad que se garantizan por la estanqueidad del armario, una vez cerrado, durante el proceso.

La localización del punto frío del mango del cuchillo se optimizó por cálculo a partir de las imágenes de tomografía de rayos X con el software ACPRO de Yokogawa Medical Systems (**figura 1**).

VISÍTENOS EN LA FERIA IFFA DE FRANKFURT
DEL 8 AL 13 DE MAYO 2010
IFFA
Messe Frankfurt
Pabellón 9.0 Stand D40




OLOTINOX S/A
UTILAJE DE CORTE PARA LA INDUSTRIA CARNICA

c/ Baró de Coubertin, 6
✉ Apartado de correos 209
17800 OLOT (Girona)
☎ 972 27 10 09 - Fax 972 27 01 18
Internacional: ✉ P. O. Box 209
17800 OLOT (Girona) Spain
☎ 34 972 27 10 09 - Fax Nr.: 34 972 27 01 18
e-mail: info@olotinox.com
http:// www.olotinox.com



Figuras 3 y 4.

Se realizó una perforación para alcanzar este punto e introducir un sensor (Testo, A NiCr-Ni Tipo K clase 1), que se selló con adhesivo cianoacrilato (como muestra la **figura 2**). Todos los sensores se conectaron a un *data logger* Testo (T4-177). Para cada temperatura de consigna y para cada cuchillo se registraron los perfiles de tiempo-temperatura tanto de la hoja como del punto frío del mango.

Cuantificación de la letalidad térmica frente a los microorganismos

Para determinar el efecto de las diferentes combinaciones de temperatura-tiempo en la higienización de cuchillos hemos adoptado el mismo método que se aplica a la validación del procesado térmico de alimentos. Katzin *et al.* (1943) definieron el tiempo de reducción decimal que Ball and Olson (1957) simbolizaron con la letra D.

El modelo se expresa como: $\log N_t = \log N_0 - t/D$. Se ha utilizado una versión modificada de la hoja de cálculo recomendada por AMI para el cálculo de procesos térmicos en productos cárnicos, basada en este modelo log-lineal.

Se escogieron para la realización de este estudio las siguientes bacterias: *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* y *E. coli*. Mediante búsqueda bibliográfica, se construyó una base de datos de parámetros de inactivación D y z para estos tres patógenos.

Para establecer criterios fiables de inactivación térmica hemos considerado un trabajo reciente de Van Asselt and Zwietering (2006).

Figura 5. Perfiles de temperatura en la superficie de la hoja de los cuchillos, para las cuatro temperaturas de consigna

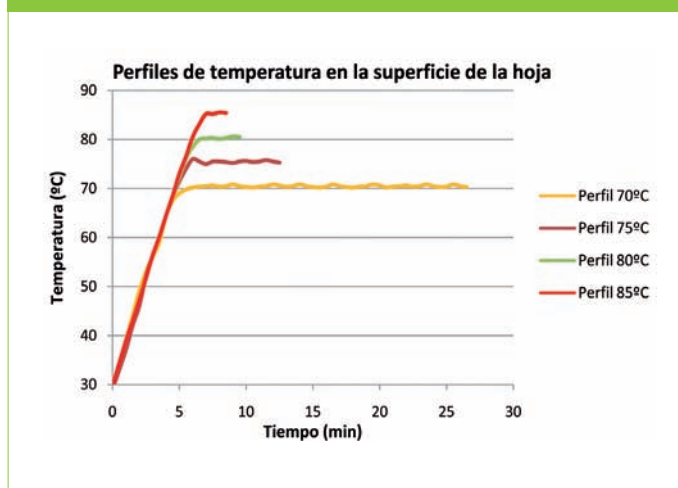
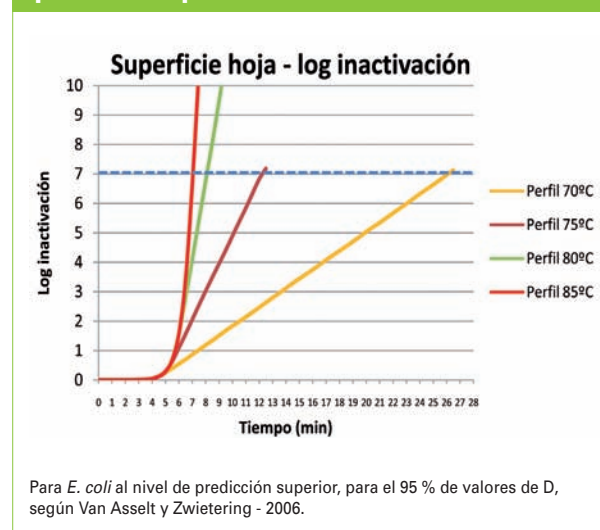


Figura 6. Perfiles de inactivación para cada perfil de temperatura



Para *E. coli* al nivel de predicción superior, para el 95 % de valores de D, según Van Asselt y Zwietering - 2006.

Los autores recogieron una gran cantidad de valores D (n=4.066), para varios patógenos y alimentos, aplicaron la regresión lineal a los valores de D y de z y calcularon los límites de predicción.

El límite superior (95%) de los valores de D, es una estimación conservadora aplicable a procesos y alimentos de los que no se tienen datos reales de inactivación térmica.

Se obtuvieron cuatro perfiles de tiempo-temperatura para cada temperatura de consigna y para cada tamaño de cuchillo. Se determinaron las curvas de inactivación para *E. coli* con los valores de D estimados aplicando el límite superior mencionado.

Resultados

Demostración de la presencia de suciedad en el interior del mango de los cuchillos

Los mangos abiertos de dos cuchillos se muestran dentro de las **figuras 3 y 4** como ejemplo de contaminación ligera y de contaminación intensa. La presencia de suciedad en el interior de los mangos, procedente de la interfase hoja-mango, en una zona interior que queda protegida de los procedimientos actuales de higienización, puede representar un nicho que permita la presencia y crecimiento de microorganismos y una fuente potencial de contaminación cruzada.

Los resultados de los análisis microbiológicos demuestran la presencia tanto de células viables como de esporas, pero será preciso evaluar este problema en un estudio posterior con un mayor número de muestras.

Cuantificación de la letalidad en la hoja del cuchillo

Para la determinación del nivel de inactivación que debe alcanzarse, el valor de 7 unidades logarítmicas fue adoptado según la de-

finición de higienización publicada en el Glosario de la EHEDG.

Esta opción es muy conservadora, si consideramos que en la Opinión de la Comisión(2001) se plantea como posible nivel de higienización aceptable, 3 unidades logarítmicas de inactivación para *E. coli*.

Los tiempos necesarios para 7 log de inactivación de *E. coli*, fueron:

- Para 70 °C de temperatura de consigna: 26,3 min.
- Para 75 °C de temperatura de consigna: 12,7 min.
- Para 80 °C de temperatura de consigna: 8,1 min.
- Para 85 °C de temperatura de consigna: 7,1 min.

MAPA
di Martino Paolo

EUROFLEX

GIESSER
MESSER
Alles im Griff

suministros y mantenimiento
mercafilo
INDUSTRIAS CARNICAS

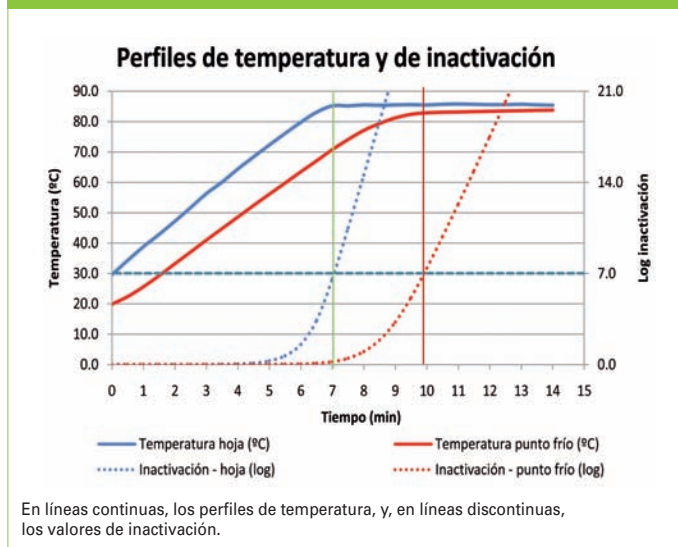
Mangold
Industrial

FISCHER
GOMEZ
VALENCIA
CUCHILLERIA

Cuchillas especiales, de empaquetado, industriales y circulares

mercafilo, s.l.
c/ Ciudad del aprendiz, 17 - 46017 Valencia - Spain
t. +34 96 341 0335 - f. +34 96 380 5750
www.mercafilo.es - info@mercafilo.es

Figura 7. Comparación, para una temperatura de consigna de 85 °C, en cuchillos XL, de la inactivación obtenida en la hoja y en el punto frío del mango



Cuantificación de la letalidad en el punto frío del mango

Los tiempos necesarios para alcanzar 7 logaritmos de inactivación, para una temperatura de consigna de 85 °C, en cuchillos XL, fueron:

- Hoja: 7,1 min (higienización de la superficie del cuchillo).
- Punto frío del mango: 9,9 min (higienización total del cuchillo).

Discusión

Los parámetros de inactivación utilizados en este estudio se refieren a alimentos o a sistemas modelo que simulan alimentos.

Como mencionan muchos autores, la mayor dificultad al aplicar los conceptos de D y de z está en escoger los valores adecuados para la estimación de la letalidad de cada proceso.

En este estudio asumimos que los datos que han sido obtenidos en alimentos son apropiados para evaluar la letalidad térmica en cuchillos. También asumimos que la hoja de un cuchillo es un modelo más sencillo que un alimento y que los microorganismos en el interior del mango encontrarán condiciones similares a las de un alimento.

Los autores de este artículo conocen que pueden producirse desviaciones respecto de este modelo y por esta razón han utilizado los valores más conservadores para proceder a la estimación de la letalidad.

La noción de que la inactivación microbiana sigue cinéticas de primer orden ha sido frecuentemente cuestionada. Es un modelo sencillo que ha probado su utilidad práctica durante 80 años de aplicación industrial. Existe suficiente evidencia de que la curva log-lineal de supervivencia de células bacterianas es más la excepción que no la regla (van Boekel, 2002). En otros casos, las curvas presentan formas cóncavas o convexas (Cerf, 1997).

En este estudio, la aproximación log-lineal se ha escogido por simplicidad de uso y por ser la forma más comúnmente aceptada para cuantificar el efecto de un proceso de higienización en la industria alimentaria.

Tabla 1. Cálculos, a partir del perfil de temperatura de la figura 7, de los tiempos teóricos de proceso para alcanzar una inactivación de 7 log en *E. coli*

<i>Escherichia coli</i>	T ref (°C)	z (°C)	D (min)	Tiempo a 7 log en hoja (min)	Tiempo a 7 log en punto frío	Matriz alimentaria
AMI ref # 1	62.78	8.30	0.30	4.4	6.6	Carne picada magra de vacuno
AMI ref # 2	60	6.33	20.90	5.5	7.8	Carne picada de vacuno (25% grasa)
AMI ref # 3	65	6.50	1.45	5.2	7.4	Carne picada magra de pavo
AMI ref # 4	65	6.89	1.90	5.4	7.6	Carne picada magra de cordero
AMI ref # 5	65	6.50	1.60	5.3	7.5	Carne picada magra de cerdo
van Asselt 2006	70	10.60	3.70	7,1	9,9	Análisis de 4.066 estudios publicados

Cálculos elaborados utilizando los parámetros citados por AMI en 5 referencias, comparados con la estimación propuesta, que se demuestra más conservadora, basada en el trabajo de Van Asselt y Zwietering, de 2006

Conclusiones

Los perfiles de temperatura y las curvas de inactivación mostrados en este estudio, han sido obtenidos en un equipo piloto. En sistemas industriales de lavado, la pendiente de la curva tiempo-temperatura dependerá de la cantidad de energía suministrada y, como consecuencia, el tiempo para alcanzar el objetivo de inactivación será más corto si la potencia aplicada es mayor.

Los valores de referencia de inactivación utilizados en este estudio se han escogido considerando el peor escenario posible. En los sistemas industriales, cada usuario debe poder escoger los parámetros (microorganismos de referencia y datos de inactivación térmica), que mejor cumplan con las exigencias de las legislaciones específicas del sector o del país, con los requisitos del Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC) y con los sistemas de gestión de la seguridad alimentaria (BRC, IFS, ISO 22000).

Los sistemas industriales de lavado deben ser capaces de registrar los datos de proceso, para documentar que cada lote ha conseguido alcanzar los objetivos de higienización establecidos.

Ahorro de energía: esta capacidad de monitorización y registro de la higienización obtenida se utilizará opcionalmente para interrumpir la entrada de energía en el sistema tan pronto como el objetivo de higienización se ha conseguido.

Diseño de equipos industriales

El diseño optimizado de los nuevos equipos de lavado combina el efecto mecánico que se puede ob-



tener en un túnel con el “efecto ducha” que caracteriza los armarios de lavado comercializados actualmente.

La fase de lavado se basa en una acción mecánica optimizada. La energía de las bombas se concentra en boquillas de aspersión capaces de crear el efecto de una cortina que elimina la suciedad.

Se utiliza un movimiento circular para atacar la superficie de los cuchillos en todas sus caras y desde diferentes ángulos. De esta forma, es posible arrancar la suciedad eficientemente y conseguir rápidamente el efecto deseado (**figura 8**).

Ahora afilar es muy fácil

**AHORRE
DINERO
AFILANDO**

**El afilador
más avanzado
del mundo**



Promofilo

Afilador profesional
de discos de diamante

**Todo tipo de cuchillos:
CARNICERÍAS
PESCADERÍAS
RESTAURANTES, etc...**

Pº Cedros, 2 - 28 Izq. (Monteprincipe) • 28668 Boadilla del Monte (Madrid) • Tel.: 917 157 681 • Móvil: 606 93 60 15 • informacion@promofilo.com • www.promofilo.com

Figuras 8 y 9. Equipo de lavado de cuchillos

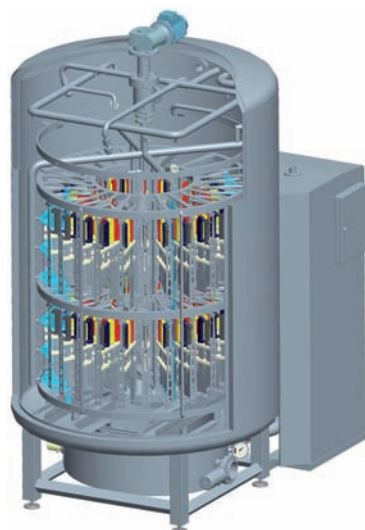


Figura 8

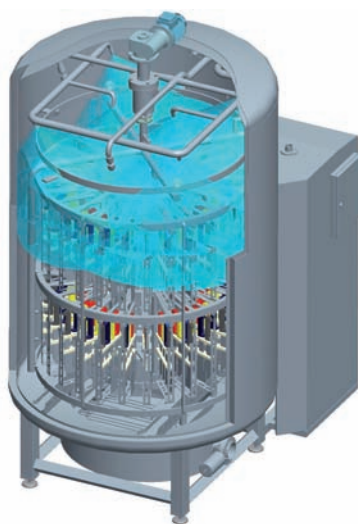


Figura 9

La fase de desinfección se obtiene por transferencia de calor a los cuchillos mediante agua caliente desde un circuito independiente a baja presión que crea el efecto ducha que permite asegurar un aporte homogéneo de agua caliente sobre todas las superficies (figura 9).

El software incorporado calcula, mediante el modelo predictivo basado en parámetros de inactivación, el valor acumulado del efecto letal debido a la temperatura. Se incorporan dos sondas de medición de la temperatura en el equipo para asegurar la fiabilidad del proceso.

En caso de detectar cualquier error o fallo, el ciclo debe iniciarse de nuevo, como medida correctora para asegurar la obtención del valor de higienización marcado como objetivo.

Referencias

- Ball, C. O., & Olson, F. C. W. (1957). *Sterilization in food technology*. New York: Mc Graw-Hill.
- EHEDG Glossary Version 2004/04G01.
- Esther D. van Asselt, Marcel H. Zwietering. 2006. A systematic approach to determine global thermal inac-

tivation parameters for various food pathogens. *Inter-national Journal of Food Microbiology*, 107, 73-82.

- European Comission – Health & Consumer Protection – Directorate General. Opinion of the Scientific Committee on Veterinary Measures relating to Public Health. *The cleaning and disinfection of knives in the meat and poultry industry* (adopted on 20-21 June 2001).
- Jaesung Lee, Richard Cartwright, Tom Gruesser, Melvin A. Pascall. Efficiency of manual dishwashing conditions on bacterial survival on eating utensils. *Journal of Food Engineering* 80 (2007) 885–891.
- Jan P.P.M. Smelt, Johan C. Hellemons, Patrick C. Wouters, Suzanne J.C. van Gerwen. Physiological and mathematical aspects in setting criteria for decontamination of foods by physical means. *International Journal of Food Microbiology* 78 (2002) 57– 77.
- Kathryn A. Whitehead, Paul Benson, Joanna Verran. Differential fluorescent staining of *L. monocytogenes* and a whey food soil for quantitative analysis of surface hygiene. *International Journal of Food Microbiology* 135 (2009) 75–80.
- Manvi Sharma, S.K. Anand. Biofilms evaluation as an essential component of HACCP for food/dairy processing industry – a case. *Food Control* 13 (2002) 469–477.
- Maria G. Corradini, Mark D. Normand, Micha Peleg. Calculating the efficacy of heat sterilization processes. *Journal of Food Engineering*, Volume 67, Issues 1-2, March 2005, 59-69.
- Olivier Couvert, Stéphane Gaillard, Nicolas Savy, Pierre Mafart, Ivan Leguériel. Survival curves of heated bacterial spores: effect of environmental factors on Weibull parameters. *International Journal of Food Microbiology* 101 (2005) 73– 81.
- P. Pittia, R. Furlanetto, M. Maifreni, F. Tassan Mangina, M. Dalla Rosa. 2008. Safe cooking optimization by F-value computation in a semi-automatic oven. *Food Control* 19, 688-697.
- Sandra A. Wilks, Harold T. Michels, C. William Keevil. Survival of *L. monocytogenes* Scott A on metal surfaces: Implications for cross-contamination. *International Journal of Food Microbiology* 111 (2006) 93–98. ■