



Facultat de Veterinària  
Departament de Ciència Animal i dels Aliments

Trabajo presentado para la superación de los 15 créditos del Módulo Trabajo Fin de Máster del “**Máster Oficial en Calidad de Alimentos de Origen Animal**”.

**“Demostración de la homogeneidad del pH y actividad de agua en secaderos de derivados cárnicos madurados como medida de seguridad alimentaria”**

Maria Magdalena Vilallonga Montañà

Directora: Sra. Enrica Insa Falcó  
Tutora: Dra. Montserrat Mor-Mur Francesch

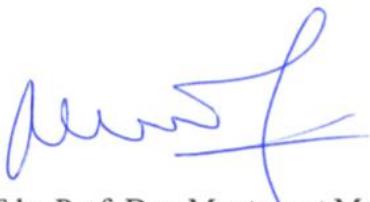
Bellaterra, 3 de Septiembre de 2018

Dña. Montserrat Mor-Mur Francesch, profesora titular del Departament de Ciència Animal i dels Aliments de la Facultat de Veterinària de la UAB, y Dña. Enrica Insa Falcó, Directora de Calidad de la empresa Noel Alimentaria, S.A.

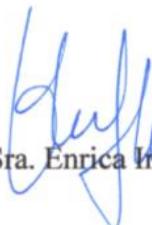
#### ***INFORMAN***

Que el trabajo titulado: **“Demostración de la homogeneidad del pH y actividad de agua en secaderos de derivados cárnicos madurados como medida de seguridad alimentaria”** ha sido realizado bajo nuestra supervisión o tutela por la Sra. Maria Magdalena Vilallonga Montañà dentro del módulo Trabajo Fin de Máster del Máster Oficial de Calidad de Alimentos de Origen Animal de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Barcelona, a 31 de Agosto de 2018



Fdo. Prof. Dra. Montserrat Mor-Mur  
Francesch



Fdo. Sra. Enrica Insa Falcó

### **Agradecimientos**

A la Dirección de Noel Alimentaria S.A.U. por permitirme y animarme a realizar este estudio en su empresa.

Al equipo de Noel Alimentaria, especialmente a los departamentos de Calidad, Técnico, Producción, I&D y RRHH, por su interés y colaboración para que pudiera llevar a cabo el trabajo experimental.

A Enrica Insa, Directora de Calidad de Noel Alimentaria, por su ilusión en el proyecto, por situarme en el contexto del trabajo, ayudarme a comprender la problemática sanitaria del proceso de curación de los derivados cárnicos y guiarme en los pasos a seguir para la realización del estudio.

A la Dra. Montserrat Mor-Mur, Tutora por parte de la Universidad, por su disponibilidad, su interés, su crítica siempre constructiva y sus consejos para dotar de rigor académico y científico el estudio.

A Ramon Cros, mi marido, por su paciencia conmigo durante el tiempo dedicado a la realización de este trabajo.

## **Lista de abreviaturas**

AMI Foundation = *American Meat Institute Foundation*

ANOVA = Análisis de la varianza

Aw = Actividad de agua

BRC *Global Standards*= *British Retail Consortium Global Standards*

FSIS = *Food Safety & Inspection Service* = Servicio de Inspección y Seguridad Alimentaria

GMP = *Good Manufacturing Practices* = Buenas prácticas de fabricación

IFS Food = *International Featured Standards for Food*

HACCP = *Hazard Analysis and Critical Control Points* = Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control

NIR = *Near Infrared Spectroscopy*

PCC = Punto de control crítico

pH = Medida del grado de acidez

PMP = *Pathogen Modelling Program.* Programa de predicción microbiana del Ministerio de Agricultura de Estados Unidos

RTE = *Ready to Eat* (hace referencia a los productos “listos para comer”, es decir, aquellos que no deben recibir ningún tratamiento antes de ser ingeridos)

SD = *Standard Deviation* = Desviación estándar

UFC = ufc = Unidades Formadoras de Colonias

USDA = *U.S. Department of Agriculture* = Ministerio de Agricultura de Estados Unidos

## Índice

<u>Summary</u> .....	1
<u>Resumen</u> .....	2
<u>Introducción</u> .....	3
Aspectos destacables de los derivados cárnicos curados picados y de bajo calibre.....	4
Sistemas de control de Seguridad Alimentaria y procesos de validación.....	6
Normas de referencia a nivel de Seguridad Alimentaria.....	7
Objetivos del trabajo.....	9
<u>Material y Métodos</u> .....	10
<u>Material</u> .....	10
Productos analizados .....	10
Secaderos.....	12
<u>Metodología</u> .....	15
Elección de los secaderos.....	15
Muestreo.....	15
Laboratorio e instrumentos de análisis.....	16
Análisis de las muestras.....	17
<u>Resultados y Discusión</u> .....	20
Puesta a punto del sistema.....	20
Homogeneidad dentro de una partida y cumplimiento de los criterios de   Seguridad Alimentaria.....	21
Homogeneidad entre diferentes partidas de un mismo secadero.....	28
Puntos menos favorables de los secaderos.....	30
Modelos de predicción microbiológica.....	34
<u>Conclusiones</u> .....	37
<u>Bibliografía</u> .....	39
<u>Anexos</u> .....	40
1. Resumen realizado a partir de las <u>GMP's</u> de la <u>American Meat Institute Foundation</u> para embutidos fermentados curados o <u>semi-curados</u> .....	40
2. Control de la evolución de la curva temperatura-tiempo durante la fermentación según las <u>GMP's</u> de la <u>American Meat Institute Foundation</u> .....	41

3.	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de <u>fuet</u> y <u>sarta</u> .....	42
4.	Procedencia de los datos utilizados en los modelos de predicción Microbiológica.....	43
5.	Ejemplo de análisis estadístico descriptivo por secadero y partida.....	44
6.	Ejemplo de análisis estadístico ANOVA por secadero y parámetro.....	48
7.	Ejemplo de resultados del modelo de predicción microbiana <u>Pathogen</u> <u>Modelling Program</u> .....	50
8.	Ejemplo de resultados del modelo de predicción microbiana del <i>Danish</i>	

## SUMMARY

Study carried out in the company Noel Alimentaria S.A.U., whose Quality department proposed to perform an analysis of the operating homogeneity of the drying rooms of the Noel 4 plant from the evaluation of two parameters, pH and water activity (Aw), in two dry-cured meat products (fuet and sarta). In these products, the control of the pH at the end of the fermentation process and from the Aw at the end of the drying process are Critical Control Points (CCP) as they face the biological danger of survival and growth of pathogens such as *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*.

This homogeneity was assessed in two aspects: the homogeneity between different points of the dryer for the same item; and the homogeneity between different batches of the same product that carried out their curing process in the same dryer. The degree of compliance with the criteria defined by the company as the main preventive measures at the level of food safety for cured meat derivatives was also determined. Finally, and given the observation of some heterogeneity between the pH and Aw values both within a batch and between batches of the same dryer, the less favorable points of the dryers were determined from the perspective of food safety. The statistical analysis of the data allowed concluding that heterogeneity does not compromise food security. This fact is also corroborated when, applying the experimental results of higher risk, the growth of pathogens is estimated by means of two methods of microbiological prediction.

## **RESUMEN**

Estudio llevado a cabo en la empresa Noel Alimentaria S.A.U., cuyo departamento de Calidad planteó realizar un análisis de la homogeneidad de funcionamiento de los secaderos de la planta Noel 4 a partir de la evaluación de dos parámetros, pH y actividad de agua (Aw), en dos derivados cárnicos (fuet y sarta). En estos productos, el control del pH al final del proceso de fermentación y de la Aw al final del proceso de secado son Puntos de Control Críticos (PCC) pues hacen frente al peligro biológico de supervivencia y crecimiento de patógenos como *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

Esta homogeneidad se valoró en dos aspectos: la homogeneidad entre diferentes puntos del secadero para una misma partida; y la homogeneidad entre diferentes partidas del mismo producto que realizaron su proceso de curación en el mismo secadero. También se determinó el grado de cumplimiento de los criterios definidos por la empresa como principales medidas preventivas a nivel de seguridad alimentaria para los derivados cárnicos curados. Por último, y dada la observación de cierta heterogeneidad entre los valores de pH y Aw tanto dentro de una partida como entre partidas de un mismo secadero, se determinaron los puntos menos favorables de los secaderos desde la perspectiva de seguridad alimentaria. El análisis estadístico de los datos permitió concluir que la heterogeneidad no compromete la seguridad alimentaria. Hecho también corroborado cuando, aplicando los resultados experimentales de mayor riesgo, se estima el crecimiento de patógenos mediante dos métodos de predicción microbiológica.

## INTRODUCCIÓN

Este estudio constituye el Trabajo de Fin de Máster del “Máster de Calidad de Alimentos de Origen Animal” que imparte la Universitat Autònoma de Barcelona. Se trata de un trabajo de carácter experimental realizado en la empresa Noel Alimentaria S.A.U., compañía puntera dentro del sector cárnico y alimentario que cuenta con 11 factorías, una facturación de 221 millones de euros en 2016 y una plantilla de más de 1.000 trabajadores. Concretamente, el estudio se llevó a cabo en la planta Noel 4 de Begudà (Sant Joan Les Fonts), de 18.000 m<sup>2</sup>, inaugurada en el año 2016 que destaca por disponer de la tecnología más avanzada actualmente en el sector cárnico.

La planta Noel 4 consta de una zona de elaboración de derivados cárnicos curados tipo fuet y chorizo de 35 secaderos destinados a la maduración de estos productos. Toda la planta cuenta con un elevado nivel de automatización de manera que muchos de los procesos son realizados por máquinas y robots especialmente diseñados para aumentar la eficiencia de los procesos de fabricación.

La compañía dispone de un Sistema HACCP (Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control) y de las certificaciones BRC Standards e IFS Food. Tanto el departamento técnico como el de calidad realizan controles exhaustivos de materias primas, productos en curso y producto acabado.

En el ámbito de la política de mejora continua de la empresa, el departamento de calidad se planteó realizar un análisis de la homogeneidad de funcionamiento de los secaderos de la planta Noel 4 a partir de la evaluación de dos parámetros, pH y actividad de agua (Aw), en dos derivados cárnicos (fuet y sarta), ampliando el número de muestras respecto a los estudios realizados hasta la actualidad.

Previo al establecimiento de la metodología se realizó una búsqueda bibliográfica, en paralelo con una serie de reuniones con diferentes departamentos de la empresa vinculados con los objetivos de este trabajo.

A nivel bibliográfico, se buscó información relativa a: proceso de maduración de derivados cárnicos curados, funcionamiento y validación de secaderos; normativa y regulaciones del FSIS norteamericano (*Food Safety and Inspection Service*) para los productos RTE (*Ready to Eat*) y modelos de predicción microbiológicos.

También se mantuvieron reuniones con diferentes departamentos de la empresa (Técnico, Calidad, Laboratorio, I&D, Producción, Ingeniería) a fin de conocer los sistemas de procesado y control de calidad de los productos objetos del estudio así como el funcionamiento de los secaderos donde se lleva a cabo la curación de los mismos. En concreto, se recabó información del diseño y características de los secaderos, datos técnicos de los productos a analizar, curvas de maduración del fuet y sarta, procedimientos de validación de pH, instrucciones de los equipos de medición a utilizar en el laboratorio (NIR, medidor de Aw, pHmetro, . . .), etc. Asimismo, antes de iniciar el trabajo experimental se asistió a un curso realizado por la propia empresa sobre Prevención de Riesgos Laborales en sus instalaciones y se tuvo una reunión con el Departamento de Prevención de Riesgos Laborales para revisar la parte práctica del trabajo experimental.

Las reflexiones del personal multidisciplinar y la información bibliográfica condujeron al planteamiento de la metodología de trabajo, consensuada por la directora y la tutora del estudio.

#### Aspectos destacables de los derivados cárnicos curados picados y de bajo calibre

En general los derivados cárnicos se clasifican en enteros y picados, y estos últimos en función del calibre de la tripa empleada, según la humedad extraída o en función de la duración del periodo de secado, entre otros factores. Los productos objeto de este estudio, fuet y chorizo sarta, pertenecen al grupo de derivados cárnicos picados de bajo calibre.

La uniformidad de los productos finales depende tanto de las condiciones de proceso como de la fórmula. La mayoría de derivados cárnicos curados se elaboran a partir de carne de cerdo, por lo tanto, las características físico-químicas y el estado higiénico de la carne son un factor clave en la calidad final del producto, así como las características de la grasa y de los ingredientes que actúan como agentes que facilitan el proceso de fermentación y curación. Cualquier variación en los ingredientes puede afectar al producto final por lo que su control determina una mayor uniformidad del producto final.

Se acostumbra a dividir el proceso de elaboración en 2 etapas: fermentación y secado.

La fermentación es un proceso que se inicia al principio del programa de curación en el cual las bacterias ácido-lácticas presentes en el cultivo iniciador convierten los carbohidratos fermentables de la mezcla cárnica (dextrosa y sacarosa) en ácido láctico, lo que provoca una disminución del pH. El uso de cultivos iniciadores de la fermentación es una práctica frecuente porque permiten obtener unos productos de características más uniformes entre diferentes lotes además de frenar el desarrollo de microorganismos patógenos con mayor

efectividad que lo haría la microbiota natural. La velocidad de disminución del pH depende de la cantidad y tipología del cultivo iniciador, de las características de los azúcares presentes en el producto, de la temperatura de la fermentación, y de la fórmula en su conjunto. A pH menor o igual a 5,3, las condiciones ambientales para *Staphylococcus aureus* y otros microorganismos patógenos son desfavorables (Toldrá, 2002). A partir del momento en que finaliza la fermentación el pH se mantiene relativamente estable y se inicia un proceso de secado a temperaturas más bajas. El proceso de secado se ve afectado por el diámetro del producto, que está condicionado por el diámetro de la tripa.

En general, la fermentación dura de 12 a 48h dependiendo de la temperatura, siendo más larga a temperaturas bajas. La humedad relativa es alta (>80%) durante este periodo para incrementar la transferencia de calor y evitar un exceso de deshidratación. Esto sirve para potenciar el desarrollo de las bacterias ácido-lácticas. Después se inicia y continúa la fase de secado en que la temperatura se mantiene durante unos días a 16-22°C y humedades relativas decrecientes (90 a 65%, para permitir la difusión del agua desde el producto hacia el aire que le rodea). El principal objetivo del secado es la disminución de la actividad de agua y el desarrollo del sabor y texturas características del producto final. El agua difunde desde el interior del producto hacia la superficie exterior y se evapora desde la superficie hacia el ambiente. Los factores que afectan a estos procesos son tanto intrínsecos del producto (pH, tamaño de partículas, porcentaje de grasa, diámetro del producto, tipo de tripa) como extrínsecos (temperatura y humedad relativa del secadero así como la velocidad del flujo de aire). El contenido final de agua del producto se encuentra entre un 20 y un 35%, y los niveles de actividad de agua entre 0,82 y 0,90. La caída del pH, relacionada a su vez con la acumulación de ácido láctico, es un factor primordial ya que a medida que el pH disminuye, las proteínas de la carne se acercan a su punto isoeléctrico y por lo tanto disminuye la capacidad de retención de agua de modo que, en general, cuando el pH disminuye rápidamente, el proceso de secado del producto se realiza con mayor rapidez.

La presencia de sal y nitritos, la disminución del pH y la reducción de la Aw, entre otros factores, conlleva un crecimiento selectivo de bacterias lácticas, *Staphylococcus* y otras bacterias fermentadoras en detrimento del crecimiento de microorganismos patógenos. Las bacterias ácido-lácticas crecen exponencialmente durante la etapa de fermentación debido tanto al incremento de la temperatura como a la disminución del pH. Bacterias lácticas con un contejo inicial de  $10^2$  o  $10^3$  ufc/g pueden llegar a niveles de  $10^7$  o  $10^9$  durante la fase de fermentación (Toldrá, 2002). También hongos y levaduras, inicialmente presentes a niveles bajos de  $10^2$  o  $10^3$  ufc/g pueden aumentar hasta  $10^6$  o  $10^7$  ufc/g en superficie.

La inhibición de microorganismos patógenos es el resultado de la acción combinada de diferentes factores: adición de sal y nitritos, contenido en azúcar, pH inicial y Aw, temperatura de fermentación, cantidad de bacterias lácticas en el cultivo iniciador, ratio de formación de ácido láctico y competencia por el sustrato.

Bacterias de la familia *Enterobacteriaceae*, pueden crecer ligeramente durante la fermentación y llegar a valores de  $10^5$  ufc/g pero decrecen hasta niveles mínimos durante el periodo de secado. El crecimiento de *Salmonella spp.* se previene sobre todo con la presencia de nitritos en la fase inicial de la fermentación y con la posterior reducción de pH así como por la actividad de los cultivos iniciadores con bacterias lácticas (Roca and Incze, 1990).

*Listeria monocytogenes* puede ser inhibida por un pH bajo, competencia de microbiota láctica y acumulación de los metabolitos producidos (en especial las bacteriocinas de *Lactobacillus* y *Pediococci* (Toldrá, 2002).

*Staphylococcus aureus* es una bacteria anaerobia facultativa que puede fermentar diversos carbohidratos. Tolera bien la sal, puede crecer a Aw baja y es capaz de producir enterotoxinas a temperaturas de fermentación pero solo en condiciones aeróbicas (Roca and Incza, 1990). El pH inicial y la actividad de las bacterias lácticas son los factores más importantes para el control de *S. aureus*. El riesgo de crecimiento es bajo cuando los contajes iniciales están por debajo de  $10^4$  ufc/g (Toldrá, 2002) pero en el caso de fermentación a temperatura elevada, es necesario controlar el proceso y conseguir una rápida disminución de pH para evitar que *Staphylococcus* pueda crecer cuando las bacterias lácticas están todavía en fase de latencia.

La eliminación de *Clostridium botulinum* y *C. perfringens*, en caso de estar presentes en la materia prima, se consigue por el efecto de los nitritos combinado con la disminución del pH y Aw (Lücke, 1985).

#### Sistemas de control de Seguridad Alimentaria y procesos de validación

El *Codex Alimentarius* (CAC-RCP 1-1969) establece los principios del Sistema HACCP así como orientaciones generales para su aplicación.

El cumplimiento del plan de HACCP asegura el control de los peligros que resultan significativos para la inocuidad de los alimentos en el segmento de la cadena alimentaria que se considere.

El PCC viene definido por el *Codex Alimentarius* como la fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable.

Es la validación de un proceso la que permite constatar que los elementos del plan de HACCP son efectivos; se concentra en la recolección y evaluación de información científica, técnica y en la observación, para determinar si las medidas de control son capaces de lograr su propósito específico en función del control del peligro.

En el contexto de este trabajo, y dentro de lo que es el estudio de validación de secaderos definido por la empresa, el control del pH al final del proceso de fermentación y de la Aw al final del proceso de secado de derivados cárnicos curados son claramente PCC pues hacen frente al peligro biológico de supervivencia y crecimiento de patógenos como *Salmonella spp*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

Una vez validado un plan APPCC, su revalidación se realiza como mínimo anualmente o en el caso de detectarse errores en el sistema de gestión de calidad, producirse cambios en el proceso o modificaciones en la reglamentación por la que se rige dicho sistema.

#### Normas de referencia a nivel de Seguridad Alimentaria

Se ha tomado como norma básica de referencia para este trabajo la legislación vigente en la Unión Europea sobre criterios microbiológicos de alimentos, el Reglamento (CE) nº 2073/2005. En el capítulo I dedicado a los Criterios de seguridad alimentaria, el punto 1.3. define los criterios para los “Alimentos listos para el consumo que no pueden favorecer el desarrollo de *L. monocytogenes*, que no sean los destinados a los lactantes ni para usos médicos especiales”. Los derivados cárnicos curados pertenecen a esta categoría con el plan de muestreo que se muestra en la tabla 1 y un límite máximo de 100 ufc/g de *L. monocytogenes* durante la vida útil del producto.

Microorganismos, sus toxinas y metabolitos	Plan de muestreo (1)		Límites (2)		Método analítico de referencia (3)	Fase en la que se aplica el criterio
	n	c	m	M		
<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100 ufc/g		EN/ISO 11290-2 (6)	Productos comercializados durante su vida útil

Tabla 1. Plan de muestreo y límite máximo de *L. monocytogenes* según el Reglamento 2073/2005.

La normativa define que “Se considera automáticamente que pertenecen a esta categoría de productos los productos con un pH inferior o igual a 4,4 o Aw inferior o igual a 0,92, productos con pH inferior o igual a 5,0 y Aw inferior o igual a 0,94, y los productos con una

vida útil inferior a 5 días". La empresa utiliza el criterio de la Aw inferior o igual a 0,92 el que utiliza la empresa para el cumplimiento del Reglamento.

Por otra parte, dado el interés de la compañía por el mercado de Estados Unidos, se han tenido también en cuenta las directrices establecidas en las "Good Manufacturing Practices for Fermented Dry & Semi-Dry Susage Products" elaboradas por *The American Meat Institute Foundation (AMI Foundation)*.

Las GMP's para embutidos fermentados curados y semi-curados de la *AMI Foundation* definen una serie de consejos para el control de: *Staphylococcus aureus*, *E. coli O157/H7*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella*. En el anexo 1 se resumen algunas de las características más importantes de crecimiento y parámetros de control para cada microorganismo.

Los puntos de control del proceso que definen las GMP's a nivel de seguridad alimentaria son el control de pH y el control de la evolución de la curva temperatura-tiempo durante la fermentación. Los embutidos curados deben, ya sea por la acción bacteriana o por la adición de ácidos orgánicos, conseguir una disminución del pH inferior o igual a 5,3 y después ser sometidos a un proceso de secado hasta eliminar el 25-50% de su humedad. En el caso de los embutidos semi-curados, las condiciones son las mismas pero la disminución de la humedad debe ser mínimo un 15%. Esto debe contribuir al control de patógenos como *S. aureus* y *E. coli*. En relación con el control de la curva temperatura-tiempo durante la fermentación, debe darse alguna de las condiciones descritas en el anexo 2.

En el caso de los derivados cárnicos objeto del estudio, la disminución del pH hasta un valor inferior o igual a 5,3 cumple la condición de tardar menos de 1.200 horas-grado siendo el caso de que la temperatura más alta del secadero es inferior a 32,22°C; en concreto, para el fuet el número de horas-grado es de 376 y para la sarta es de 369.

La hora-grado es el producto de tiempo (h) a una temperatura determinada. Las horas-grado se calculan por cada temperatura a la que se somete al producto durante la fermentación. Este cálculo se hace a partir de los 15,55°C (temperatura a la cual realmente empieza el crecimiento de *Staphylococcus*). La limitación en el número de horas-grado viene determinada por la máxima temperatura lograda en la fermentación antes de que el producto llegue a un pH inferior o igual a 5,3 (GMP's *AMI Foundation*).

La legislación de Estados Unidos a nivel de seguridad alimentaria, a través del FSIS (*Food Safety & Inspection Service*), establece la necesidad de ausencia de *Listeria monocytogenes* en 25g.

Según la *AMI Foundation*, las GMP's por sí mismas son insuficientes para el control de la presencia y crecimiento de *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* y *E.*

*coli O157:H7* en embutidos fermentados curados o semi-curados. Es obligatorio disponer también de dos elementos esenciales para su control como son un plan HACCP efectivo y un programa sanitario bien diseñado que elimine la posibilidad de contaminación cruzada.

### Objetivos del trabajo

I. El objetivo principal del trabajo es evaluar la homogeneidad de condiciones en el interior de los secaderos de la planta Noel 4 a partir de la evaluación de dos parámetros, pH y Aw, en dos de los productos que elabora la empresa (fuet y sarta). Estos parámetros son considerados fundamentales para la seguridad alimentaria en derivados cárnicos fermentados puesto que la combinación de determinados valores de pH y Aw, entre otros factores, permite predecir la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos. La homogeneidad se va a valorar en dos aspectos:

- I-i) homogeneidad entre diferentes puntos del secadero para una misma partida;
- I-ii) homogeneidad entre diferentes partidas del mismo producto que han realizado su proceso de curación en el mismo secadero.

Además, otros 2 objetivos derivan del objetivo principal:

II. Determinar el grado de cumplimiento de los criterios definidos por la empresa como principales medidas preventivas a nivel de seguridad alimentaria para los derivados cárnicos curados: criterios basados en la legislación de la UE y las GMP's de la *AMI Foundation*:

II-i) Evaluar si se cumple el criterio del valor máximo de pH aceptable una vez finalizado el proceso de fermentación;

II-ii) si se cumple el criterio de valor máximo de actividad de agua al final del proceso de curación.

III. En caso de que no exista homogeneidad en las determinaciones de pH y Aw, detectar los puntos menos favorables de los secaderos, es decir, aquellos puntos donde los valores de pH o Aw son más elevados pues es donde la inhibición del crecimiento microbiano puede estar más comprometida y por lo tanto, son ubicaciones candidatas a ser establecidas en un futuro como puntos de muestreo para el control del proceso de maduración de los derivados cárnicos fermentados.

En conjunto, todo lo expuesto tiene por finalidad que la compañía pueda cumplir su objetivo empresarial de mejorar del procedimiento de validación actual para los secaderos de la planta de Noel 4.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Material

Productos analizados. Fuet y sarta, derivados cárnicos curados cuyas características según etiqueta comercial son:

Fuet:

Ingredientes	Carne de cerdo, sal, dextrosa, pimienta negra, extracto de remolacha, antioxidante (E-316), conservador (E-252). Tripa natural comestible.
Medidas	27mm diámetro y 270mm de longitud ±20mm. Peso aproximado 170g±3g
Conservación	A temperatura ambiente.
Imagen	

Sarta:

Ingredientes	Carne de cerdo, sal, pimienta, dextrosa, ajo, pimienta de Cayena, antioxidantes (ascorbato sódico), nuez moscada, conservador (nitrito sódico), orégano.
Medidas	30mm diámetro y 170mm de longitud ±10mm. Peso aproximado 225g±6g
Conservación	En condiciones de refrigeración.
Imagen	

Ambos productos se fabrican en la planta de producción más moderna que la empresa posee dedicada a productos curados, dotada de equipos automáticos de elevado volumen de producción. Si bien tienen distinta fórmula, ambos productos comparten las etapas y equipos de producción, que están sujetos a los procedimientos de limpieza y desinfección, entre otros, así como al Control de Puntos Críticos definido por el Sistema de Calidad de la empresa.

Se inicia el proceso de elaboración con el triturado de la carne magra de cerdo y grasa, y se evalúa en línea su composición mediante un equipo de rayos X calibrado para indicar el porcentaje de proteína y grasa. Si el porcentaje de los diferentes componentes de la carne

(proteína, grasa, etc.) no es el correcto en relación con la fórmula del producto se corrige de forma automática añadiendo más cantidad de la materia prima que falta. A continuación la carne triturada cae en la tolva de mezcla, donde se le añaden automáticamente el resto de ingredientes y se mezcla para que estos últimos queden repartidos homogéneamente. Una vez la pasta preparada, se vuelca en la embutidora en la que un operario manipula la tripa, al ser esta natural, para un correcto proceso de embutición. En el momento en que el producto está embutido, otro operario lo coge para sellar los extremos y lo cuelga en una cadena mecánica en movimiento que coloca el producto en un palo de acero inoxidable que más tarde será depositado en la estructura metálica que será llevada al secadero.

En cada palo se van colocando productos hasta que el sensor de peso detecta que el palo está completo, momento en que desciende hasta una cubeta que contiene una solución acuosa de cultivos iniciadores y una vez impregnados el robot-grúa que forma parte del equipo lo sitúa en el lugar que corresponde de la estructura metálica. Cuando está completa, ella misma avisa al robot que realiza el transporte hacia los secaderos.

El robot transportador se sitúa debajo de la estructura, la carga y la lleva al secadero que el responsable de la sección de productos picados ha programado para dicha partida. De esta forma se va llenando un secadero. Durante la carga del secadero este se mantiene en frío. Una vez el secadero está lleno se inicia automáticamente el programa de maduración establecido para el producto en cuestión.



*Figura 1. Momento del traslado de una estructura de fuet desde la planta de elaboración hasta el secadero*

## Secaderos

La planta dispone de 35 secaderos: unos reservados para sarta, otros para fuet y otros que pueden utilizarse indistintamente. En cada uno se colocan 2 hileras de 15 estructuras cada una. La estructura metálica (también conocida como “aparato” o en catalán “gàbia”) es un armazón de acero inoxidable de base rectangular diseñada para sostener los palos de los que se cuelgan los derivados cárnicos durante su curación. La estructura para fuet consta de 6 niveles de altura (figura 2) y la de sarta de 12 (figura 3).



*Figura 2. Vista lateral de una estructura de fuet encima de un robot-transportador*



*Figura 3. Vista frontal de las 2 estructuras que forman la primera fila de un secadero*

Los 35 secaderos funcionan de modo completamente independiente pues cada uno de ellos tiene su propia unidad de tratamiento de aire, automatismos, canalizaciones, compuertas y sistemas.

Los secaderos se controlan automáticamente mediante una sonda termohigrométrica situada en la pared del fondo del secadero a 2,5m del techo que mide la humedad relativa y la temperatura. A partir de los valores obtenidos de estos parámetros y en función de las necesidades definidas en el programa de maduración, el sistema ajusta la temperatura y la humedad relativa del aire del secadero a partir de diferentes grupos de válvulas que influyen en la velocidad de circulación y la temperatura del aire.



Figura 4. Vista de la zona de secaderos de Noel Alimentaria

El aire entra en los secaderos por una serie de conos de material plástico dispuestos longitudinalmente en el techo, a ambos lados del secadero.

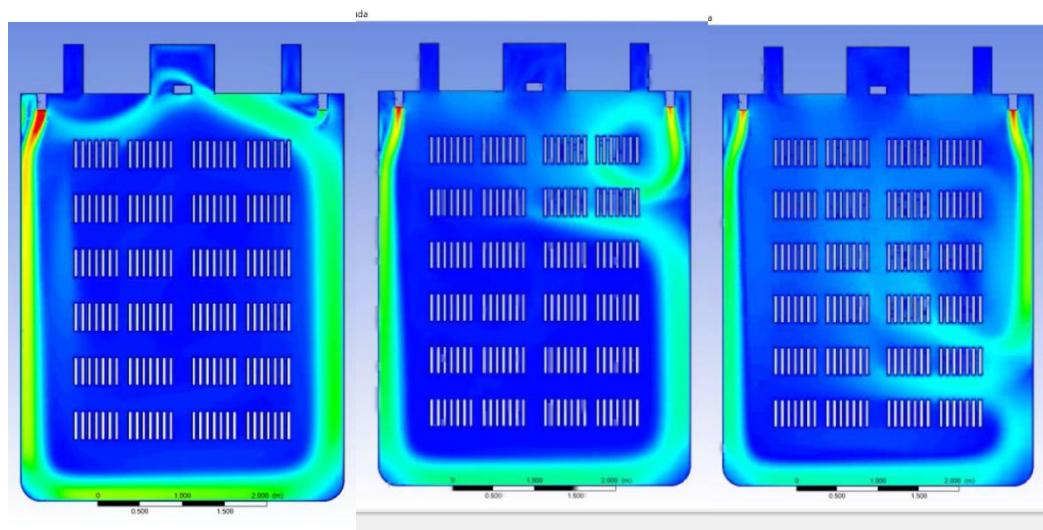


Figura 5. Esquema de diferentes modelos de circulación de aire en los secaderos.

El flujo que sigue es: baja hacia el suelo en paralelo a la pared hasta encontrar en la parte inferior de la misma (confluencia con el suelo) una zona cóncava que facilita el rebote del aire

hacia la zona central del secadero (entre las dos hileras de estructuras metálicas), de manera que es absorbido por una serie de válvulas de aspiración regulables situadas en el techo. En los conos hay una serie de compuertas de regulación del flujo de aire que permiten también orientar la dirección del aire.

El secadero también dispone, en la parte exterior, de un instrumento de control y regulación con una pantalla de visualización de temperatura, humedad relativa y evolución gráfica de diversos parámetros.<sup>1</sup>

El programa de maduración del fuet y la sarta son similares: el producto se somete a una serie de ciclos de temperatura y humedad que se caracteriza en primer lugar por una fase de fermentación donde el secadero alcanza el nivel máximo de temperatura y humedad relativa. Despues de la fase de fermentación la temperatura y la humedad relativa descienden progresivamente hasta el nivel final establecido por la empresa.<sup>2</sup>

El programa de Control de Secaderos permite conocer los lotes y productos de cada uno. Cada vez que se inicia un secadero en la web de Control de Secaderos se generan las alarmas de control de pH y/o Aw en función de las horas de estufaje y los días de curación configurados para cada artículo. Los valores límite de Aw (0,920) y pH (5,30) han sido establecidos por la empresa teniendo en cuenta la incertidumbre del equipo de determinación de la Aw ( $\pm 0,003$ ) y del pHmetro ( $\pm 0,02$ ).

Si el valor de la medida es superior al límite establecido en el producto, se genera una nueva alarma para un nuevo control de PCC (según la configuración de cada artículo) y el lote se mantiene en la consulta de Pendientes de Liberación.

El sistema de robots transportadores también pesa regularmente cada una de las estructuras del secadero, lo que permite, a partir del peso inicial, calcular automáticamente el nivel de merma de cada estructura y del secadero en general.

Una vez un lote de producto es liberado, el robot saca una por una las 30 estructuras metálicas y las transporta al pulmón correspondiente, una zona de almacenamiento provisional hasta que deban pasar al envasado, momento en que los robots transportan las estructuras hasta la terminal de envasado, donde otros robots-grúa descargan los palos de las estructuras y depositan los productos en la línea de envasado.

---

<sup>1</sup> Las características técnicas de los secaderos no se muestran por respeto a la confidencialidad de la empresa.

<sup>2</sup> Los programas de temperatura y humedad relativa para la fermentación y curación de los productos no se muestran por el mismo motivo.

En el anexo 3 puede verse el diagrama de flujo de todo el proceso de fabricación, curado y envasado así como los momentos en los cuáles se realizan los análisis descritos en este trabajo.

## **Metodología**

### **Elección de los secaderos**

Para analizar el funcionamiento de los secaderos de la empresa, y dado que los 35 secaderos son idénticos y completamente independientes en su funcionamiento, se decidió escoger 2 secaderos para analizar el efecto en fuet y 2 secaderos para analizar el efecto en sarta. Estos secaderos, asignados aleatoriamente por la empresa a las primeras fabricaciones que se analizaron, resultaron ser el nº 20 y 24 para el fuet y el nº 2 y 31 para la sarta.

### **Muestreo**

El propósito del estudio era aumentar el número de puntos de muestreo respecto a los puntos habituales de muestreo de la empresa de forma que estos estuvieran distribuidos por toda la cámara y permitieran analizar si realmente existía una homogeneidad en las condiciones físico-químicas de los productos. Se decidió escoger 18 zonas de muestreo, 9 en las estructuras de la hilera derecha y 9 en las estructuras de la hilera izquierda. Estas 9 zonas estaban ubicadas en diferentes niveles de profundidad del secadero (estructuras 3, 8 y 14) y a diferentes alturas (1, 3 y 5 en el caso del fuet y 1, 6 y 11 en el caso de la sarta), tal como puede verse en la figura 6.

Para cada zona de muestreo se decidió tomar 2 unidades de producto, con el objetivo de ampliar la base de muestras.

Debido a la exigencia del Reglamento (CE) nº 2073/2005 relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimentarios se establecieron dos momentos de muestreo, uno al final de la fase de fermentación para análisis de pH y otro al final del proceso de curación, para determinar la Aw.

La toma de muestras inicial sirvió también para comprobar que los palos con las unidades etiquetadas se habían colocado en las estructuras y niveles definidos así como que la orientación del palo era correcta.

## Puntos de muestreo en el secadero

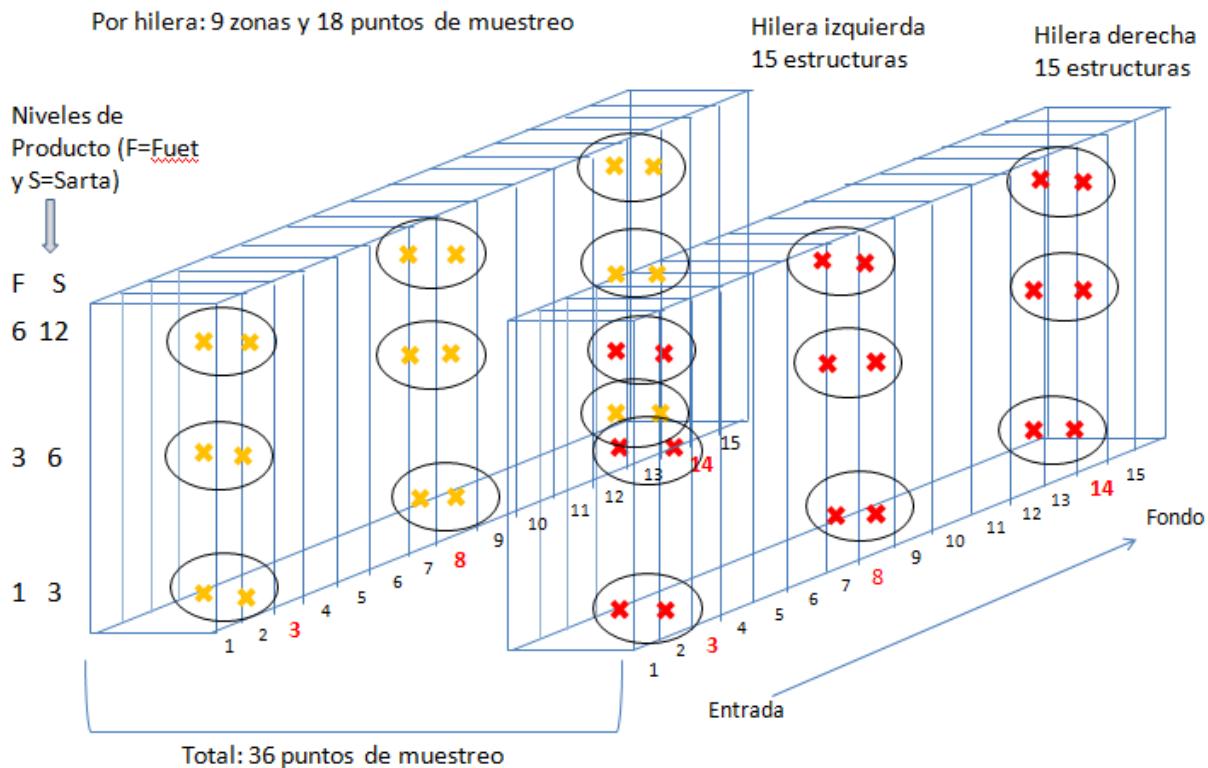


Figura 6. La imagen muestra la distribución de estructuras en un secadero, en forma de dos hileras de 15 estructuras cada una, una situada a la derecha del secadero y otra a la izquierda. Los círculos representan las 18 zonas de muestreo y las cruces los 36 puntos de muestreo.

### Laboratorio e instrumentos de análisis

Todos los análisis fueron realizados en el laboratorio físico-químico de la empresa. Los aparatos con los que se realizaron los análisis fueron:

- Medición de pH: pH-metroTESTO 205 basic (Lenzkirch, Alemania). Medidor de pH/°C con compensación automática de temperatura y sistema de penetración para alimentación.
- Medidor de Actividad de Agua: AQUA LAB Dew Point Water Activity Meter 4TE (Pullman, Estados Unidos).
- Medición de humedad y concentración de sal: Aparato NIR Bruker MPA Type I 23173 ECLO (Bremen, Alemania).
- Medición del peso inicial de los productos en la planta de fabricación y medición del peso final en el pulmón de envasado: Balanza GRAM Serie GX, Modelo GX-15, (L'Hospitalet de Llobregat, España).

- Medición del peso final en el laboratorio físico-químico: Balanza Mettler Toledo, modelo VIPER SW6, con una capacidad máxima de peso de 6Kg y resolución de 1g (Barcelona, España).

Para la realización de los análisis, tanto determinaciones de pH, como determinaciones de la actividad de agua o análisis de composición por espectrofotometría (NIR), se siguieron las instrucciones de los proveedores de los equipos así como los procedimientos aprobados por el departamento de Calidad de la empresa.

Hay que destacar también la utilización de una escalera diseñada por el departamento de I&D de la empresa expresamente para este estudio. Se trata de una escalera de una altura de 3m que permitía llegar hasta los niveles más altos de las estructuras metálicas ubicadas en los secaderos. Constaba además, de un enganche en el último peldaño que permitía sujetarla a la estructura sin peligro de que se moviera o desprendiera.

#### Análisis de las muestras

La zona de análisis de ambos productos fue el punto intermedio ya que los departamentos Técnico y de Calidad de la empresa lo consideraban como el más desfavorable en cuanto a facilidad de curación, según estudios realizados previamente.



*Figura 7. Muestra la zona intermedia del producto, donde se realizaba la medición del pH. Era también la zona donde se cortaban los trozos de producto para realizar el análisis de Aw.*

El análisis de pH se realizó por penetración con un solo pinchazo. La determinación de actividad de agua requería cortar unas rodajas del producto. En el caso del fuet se cortaron 4 rodajas de 8mm de grosos que luego eran trituradas hasta obtener partículas de tamaño aproximado de 2mm. En el caso de la sarta se cortaron 4 rodajas muy finas (0,5-1mm de grosor).

El análisis mediante NIR se realizó a partir de 60g de muestra picada hasta conseguir una pasta lo más homogénea posible. Se utilizaron rectas de calibración propias de la empresa: para los productos al final de la fase de fermentación se utilizó la de preparados cárnicos por

ajustarse más a la composición del producto en esta fase temprana del proceso de maduración; para los productos acabados la habitual de los mismos.

### Estadística y tratamiento de los datos

Se realizó un primer análisis estadístico descriptivo así como un test de Normalidad (Shapiro-Wilk) para los datos de pH y Aw, por secadero y partida.

Un segundo análisis estadístico tipo ANOVA se llevó a cabo para comparar los resultados obtenidos entre las diferentes partidas de un mismo secadero. El análisis se realizó para cada uno de los dos parámetros básicos del estudio: pH al final del proceso de fermentación y Aw al final del proceso de curación. La variable dependiente era el pH o la Aw mientras que la variable independiente era la partida.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa R en su versión simplificada “Deducer”.

### Modelos de predicción microbiológica

Se utilizaron los modelos de predicción *Pathogen Modelling Program (USDA)* y *Danish Meat Research Institute Predictive Models for Meat*. Los datos adicionales que requieren estos modelos se obtuvieron de dos fuentes:

- 1) Análisis realizados en el laboratorio físico-químico:
  - a. Análisis de Aw y composición del producto que se realizaron al final de la fase de fermentación: 5 muestras de 2 secaderos de cada producto.
  - b. Análisis del pH y temperatura del producto al final del proceso de curación: 5 muestras de 2 secaderos de cada producto.
- 2) Datos recopilados por el Laboratorio de la empresa.

Del PMP se utilizaron los modelos de predicción para *E. coli O157:H7*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella typhimurium*. Para cada uno de los microorganismos se escogieron las predicciones de reducción de UFC/g durante la fermentación y durante el periodo de secado. El pH que se utilizó para la fermentación fue el del final del proceso de fermentación mientras que para el secado fueron el pH y la Aw del inicio del proceso de secado.

Del *Danish Meat Research Institute* se utilizó el modelo de predicción “Conferm”, que realiza una predicción sobre la reducción de patógenos durante la producción de embutidos fermentados y curados. Con este modelo se obtienen predicciones de la reducción de *L.*

*monocytogenes*, *Salmonella* y *E. coli*. Los datos utilizados fueron suministrados por el Laboratorio de la empresa para ambos productos excepto los datos del pH al final de la fermentación, y pH y humedad al final del proceso de curación, para los cuales se utilizaron los valores más desfavorables obtenidos del trabajo experimental. También se utilizó el modelo “Staphox predictor” que realiza una predicción de la formación de enterotoxinas y crecimiento de *S. aureus* durante la fase de fermentación. En este caso, los datos utilizados fueron los suministrados por el Laboratorio de la empresa; el valor de humedad fue aplicado por defecto por el modelo. Se adjunta una tabla resumen de la procedencia de los datos utilizados en el anexo 4.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### Puesta a punto del sistema

Una cuestión importante que aumentó la complejidad del muestreo fue la necesidad de analizar unidades de producto procedentes todas de un mismo lote de carne picada (es decir, de una misma tolva), a fin de minimizar las diferencias de composición que pudiera suponer analizar lotes diferentes. Esto conllevó marcar específicamente las unidades y ubicarlas estratégicamente en determinadas posiciones de los secaderos en lugar de tomarlas aleatoriamente. Para asegurar que todas las unidades analizadas procedían del mismo lote, era necesario un trabajo de etiquetado de las unidades de producto correspondientes a 18 palos para cada partida a analizar. Esto se realizó iniciando el trabajo de etiquetado a la hora de inicio del turno de la mañana de manera que las unidades se etiquetaban del primer lote que se fabricaba de producto. Una vez colocadas las unidades en el palo se procedía a identificar el palo con la colocación de una etiqueta de color amarillo de un tamaño aproximado de 5x25cm en cada extremo donde se rotulaba el número de palo de que se trataba mediante una letra (de la A a la S). La etiqueta amarilla tenía por objetivo localizar fácilmente el palo en el secadero y permitía además asociar el palo a una determinada zona de toma de muestras. La colocación de los 18 palos con las unidades marcadas en las posiciones estratégicas de determinadas estructuras sólo pudo realizarse gracias a la cooperación de los jefes de línea de la zona de producción, pues comportaba parar todo el mecanismo automático descrito en el apartado de materiales (“flujo de la producción”) para colocar manualmente el palo marcado en la zona de carga del robot-grúa de manera que éste ubicara el palo en el lugar deseado de la estructura.

Desde el departamento Técnico se aconsejó aprovechar la realización de este trabajo para pesar todas las unidades etiquetadas al inicio y al final, de manera que estos datos sirvieran como base para un posterior análisis sobre mermas. Esto supuso un trabajo añadido de pesado de 2.800 unidades en dos ocasiones. A día de hoy, no ha habido tiempo de hacer la correlación de estos datos con los parámetros de pH y Aw.

Otra de las dificultades de la puesta en práctica de la metodología fue la repetición de la elaboración de un mismo producto en un determinado secadero. Esta dificultad se debió a las necesidades de fabricación de la empresa, que si bien obedecían a una planificación semanal, tenían la problemática de que la asignación de un producto, y en concreto, de una partida de producto a un determinado secadero, dependía de la dinámica de liberación de los secaderos, lo cual era algo previsible pero no controlable al 100%. Por lo tanto, para repetir el análisis del mismo producto en el mismo secadero debía darse la circunstancia de que la nueva

producción coincidiera en el tiempo con la liberación del secadero a analizar. Teniendo en cuenta el elevado número de referencias de productos que fabrica la empresa, y la existencia de 35 secaderos, esta coincidencia era todo menos fácil. Hay que decir que fue necesario el esfuerzo y la colaboración de todo el equipo de la planta de elaboración para realizar determinados ajustes en los planes de producción y en la planificación de llenado de los secaderos para lograr realizar las repeticiones deseadas.

Por último, como complemento al estudio se decidió incluir algunos modelos de predicción microbiológica para los cuatro microorganismos patógenos más importantes en productos fermentados curados indicados por la *AMI Foundation* a fin de corroborar la utilidad de los análisis de pH y Aw como medida de seguridad alimentaria y ver las estimaciones de los modelos en los casos de pH y Aw más desfavorables.

#### Homogeneidad dentro de una partida y cumplimiento de los criterios de Seguridad Alimentaria

El análisis de los resultados se va a realizar por secadero con el fin de comprobar tanto la existencia de homogeneidad dentro de cada una de las partidas analizadas como el cumplimiento de los criterios establecidos de seguridad alimentaria. Un ejemplo de análisis estadístico descriptivo por secadero y partida está disponible en el anexo 5.

Los resultados de las tres partidas de fuet elaboradas en el secadero nº 20 se muestran en la tabla 2. Como se observa, la distribución de los valores de pH y Aw fue Normal salvo para el pH de la segunda producción. Dentro de una misma partida se observaron intervalos estrechos tanto dentro de los rangos del 68% como del 95,4% de observaciones. Esta amplitud del rango indica buena similitud de los productos en relación con cada variable analizada. Por otra parte, el menor coeficiente de variación del pH (0,45), correspondiente a la segunda partida, demuestra que ésta presenta una mayor homogeneidad lo cual también sucede con la Aw, al presentar esta partida el menor coeficiente de variación (1,0203).

En las tres partidas todos los valores de pH al final del proceso de fermentación fueron <5,3 y todos los valores de Aw al finalizar el proceso de curación fueron ≤0,92, lo que supone el cumplimiento del Reglamento 2073/2005 que establece los criterios de seguridad en los alimentos.

RESUMEN ANÁLISIS FUET: pH y Aw				SECADERO N° 20							
pH											
n	Número Secadero	Fecha fabricación	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Mediana	Desviación Estándar	Distrib. Normal	Rango 68% observaciones	Rango 95,4% observaciones	Coeficiente variación
32	20	11-abr	4,87	4,97	4,93	4,93	0,0228	Sí	4,91-4,95	4,88-4,98	0,46
36	20	31-may	4,61	4,69	4,64	4,63	0,0210	No	4,63-4,64	4,60-4,68	0,45
36	20	18-jun	4,63	4,79	4,70	4,71	0,0274	Sí	4,68-4,73	4,65-4,76	0,58
Aw											
n	Número Secadero	Fecha fabricación	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Mediana	Desviación Estándar	Distrib. Normal	Rango 68% observaciones	Rango 95,4% observaciones	Coeficiente variación
36	20	11-abr	0,8770	0,9175	0,8990	0,8967	0,0108	Sí	0,8882-0,9098	0,8774-0,9206	1,2013
36	20	31-may	0,8730	0,9123	0,8919	0,8922	0,0091	Sí	0,8861-0,8975	0,8831-0,9013	1,0203
36	20	18-jun	0,8691	0,9100	0,8924	0,8927	0,0092	Sí	0,8831-0,9015	0,8739-0,9107	1,0309

Tabla 2. Resumen del análisis estadístico descriptivo para las determinaciones de pH y Aw en el secadero 20.

Los resultados de las tres partidas de fuet elaboradas en el secadero nº 24 se muestran en la tabla 3. Como se observa, la distribución de los valores de pH fue Normal sólo para la segunda partida y la de los valores de Aw no lo fue para la primera. Esta falta de Normalidad en los resultados implica la falta de un patrón claro de comportamiento entre partidas. Por otra parte, dentro de una misma producción se observaron intervalos estrechos tanto dentro de los rangos del 68% como del 95,4% de observaciones exceptuando la segunda partida, que tuvo unos intervalos bastante más amplios. Precisamente, sus coeficientes de variación para el pH y Aw difieren de los obtenidos en las demás partidas, lo que indica un comportamiento distinto, a pesar de mostrar Normalidad tanto en el pH como en la Aw. Su mayor coeficiente de variación del pH (1,62), demuestra que presenta una mayor heterogeneidad lo cual también sucede con la Aw, al presentar un mayor coeficiente de variación (1,9595). De todas formas, incluso en este caso, los coeficientes de variación presentan valores entre 1,5 y 2, lo que nos indica una variación poco importante de las observaciones.

En las tres partidas todos los valores de pH al final del proceso de fermentación fueron <5,3 y todos los valores de Aw al finalizar el proceso de curación fueron ≤0,92, por lo que, igual que en el secadero nº 20, se cumple el Reglamento 2073/2005 que establece los criterios de seguridad en los alimentos.

RESUMEN ANÁLISIS FUET: pH y Aw			SECADERO N° 24									
			pH									
n	Número Secadero	Fecha fabricación	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Mediana	Desviación Estándar	Distrib. Normal	Rango 68% observaciones	Rango 95,4% observaciones	Coeficiente variación	
60	24	03-abr	4,82	4,89	4,86	4,86	0,0181	No	4,85-4,87	4,82-4,89	0,37	
38	24	11-jun	4,70	4,83	4,75	4,75	0,0770	Sí	4,72-4,79	4,68-4,81	1,62	
36	24	28-jun	4,58	4,65	4,62	4,62	0,0167	No	4,60-4,63	4,58-4,65	0,36	
			Aw									
n	Número Secadero	Fecha fabricación	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Mediana	Desviación Estándar	Distrib. Normal	Rango 68% observaciones	Rango 95,4% observaciones	Coeficiente variación	
31	24	03-abr	0,8825	0,9071	0,8893	0,8913	0,0091	No	0,8802-0,8984	0,8711-0,9075	1,0233	
36	24	11-jun	0,8452	0,9147	0,8880	0,8909	0,0174	Sí	0,8705-0,9055	0,8530-0,9230	1,9595	
36	24	28-jun	0,8815	0,9126	0,8962	0,8952	0,0082	Sí	0,8879-0,9043	0,8797-0,9125	0,9150	

Tabla 3. Resumen del análisis estadístico descriptivo para las determinaciones de pH y Aw en el secadero 24

Los resultados de las dos partidas de sarta elaboradas en el secadero nº 2 se muestran en la tabla 4. Como se observa, la distribución de los valores de pH y Aw fue Normal salvo para la Aw de la segunda producción. Dentro de una misma partida se observaron intervalos estrechos tanto dentro de los rangos del 68% como del 95,4% de observaciones, indicativo de una similitud de los productos en relación con cada variable analizada. Por otra parte, el menor coeficiente de variación del pH (0,66), correspondiente a la primera partida, demuestra que ésta presenta una mayor homogeneidad lo cual también sucede con la Aw, al presentar esta partida el menor coeficiente de variación (0,6761). De todas formas, en ambas partidas los coeficientes de variación para el pH (0,66 y 0,80) y Aw (0,3273 y 0,6761) se pueden considerar bajos.

RESUMEN ANÁLISIS SARTA: pH y Aw			SECADERO N° 2									
			pH									
n	Número Secadero	Fecha fabricación	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Mediana	Desviación Estándar	Distrib. Normal	Rango 68% observaciones	Rango 95,4% observaciones	Coeficiente variación	
36	2	28-may	4,79	4,93	4,84	4,85	0,0321	Sí	4,81-4,88	4,78-4,91	0,66	
36	2	26-jun	4,77	4,96	4,84	4,84	0,0389	Sí	4,80-4,88	4,76-4,92	0,80	
			Aw									
n	Número Secadero	Fecha fabricación	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Mediana	Desviación Estándar	Distrib. Normal	Rango 68% observaciones	Rango 95,4% observaciones	Coeficiente variación	
36	2	28-may	0,9084	0,9206	0,9166	0,9172	0,0030	No	0,9136-0,9196	0,8901-0,9185	0,3273	
38	2	26-jun	0,8928	0,9182	0,9022	0,9010	0,0061	Sí	0,8961-0,9083	0,8900-0,9144	0,6761	

Tabla 4. Resumen del análisis estadístico descriptivo para las determinaciones de pH y Aw en el secadero 2.

En cuanto al valor máximo de Aw observado en el secadero nº2 (0,9206, también cumple la legislación. Esta indica que tras redondear a dos dígitos, debe ser  $\leq 0,92$ , valor que obtenemos en nuestro caso incluso teniendo en cuenta la incertidumbre del equipo de medición. En consecuencia, todos los valores de pH al final del proceso de fermentación fueron  $<5,3$  y todos los valores de Aw al finalizar el proceso de curación fueron  $\leq 0,92$ , por lo que de nuevo se cumplen los requisitos establecidos por la legislación Europea en Seguridad Alimentaria para este tipo de productos.

Los resultados de las dos partidas de sarta elaboradas en el secadero nº 31 se muestran en la tabla 5. Para la primera partida (fabricada el 9 de abril) se decidió descartar los resultados del pH por haberse realizado la determinación antes de finalizar el proceso de fermentación, por lo que no van a ser comentados.

Como se observa, la distribución de los valores de pH y Aw fue Normal salvo para el pH de la primera producción. Dentro de una misma partida se observaron intervalos estrechos tanto dentro de los rangos del 68% como del 95,4% de observaciones, lo que indica una similitud de los productos en relación con cada variable analizada. Por otra parte, el menor coeficiente de variación del pH (0,73), correspondiente a la segunda partida, demuestra que ésta presenta una mayor homogeneidad lo cual también sucede con la Aw, al presentar esta partida el menor coeficiente de variación (0,7851). En este caso se ve como los coeficientes de variación son más dispares entre sí de lo que ocurría en el secadero nº2, lo que demuestra una mayor heterogeneidad entre las partidas.

RESUMEN ANÁLISIS SARTA: pH y Aw											
SECADERO N° 31											
pH											
n	Número Secadero	Fecha fabricación	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Mediana	Desviación Estándar	Distrib. Normal	Rango 68% observaciones	Rango 95,4% observaciones	Coeficiente variación
36	31	09-abr	5,36	5,72	5,56	5,58	0,1027	No	5,47-5,67	5,36-5,78	1,85
36	31	15-may	4,72	4,88	4,78	4,78	0,0348	Sí	4,74-4,81	4,71-4,84	0,73
Aw											
n	Número Secadero	Fecha fabricación	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Mediana	Desviación Estándar	Distrib. Normal	Rango 68% observaciones	Rango 95,4% observaciones	Coeficiente variación
35	31	09-abr	0,8847	0,9209	0,9048	0,9052	0,0103	Sí	0,8942-0,9155	0,8846-0,9258	1,1384
35	31	15-may	0,8870	0,9183	0,9043	0,9041	0,0071	Sí	0,8972-0,9114	0,8901-0,9185	0,7851

Tabla 5. Resumen del análisis estadístico descriptivo para las determinaciones de pH y Aw en el secadero 31.

En este caso el valor máximo de Aw es de 0,9209, que según lo expuesto anteriormente también queda redondeado a 0,92. En consecuencia, todos los valores de pH al final del

proceso de fermentación fueron <5,3 y todos los valores de Aw al finalizar el proceso de curación fueron ≤0,92, por lo que, igual que en secadero nº 2, se cumplen los requisitos establecidos por la legislación Europea en Seguridad Alimentaria para este tipo de productos. Como resumen podemos decir que en el caso del fuet, los datos de pH siguen criterio de Normalidad en la mitad de las partidas y los de Aw en 5 de las 6 partidas. La media del pH para las diferentes partidas tiene valores que abarcan desde 4,58 hasta 4,97 mientras que para la Aw varía entre 0,8452 y 0,9175. Por otra parte las desviaciones estándar (SD) también sufren variaciones entre partidas, como se puede observar en el caso del pH: 2 partidas con SD<0,02, 3 con SD<0,03 y 1 con SD<0,08. En referencia a la Aw, las desviaciones estándar son inferiores a las del pH: 4 partidas con SD<0,01 y 2 con SD<0,02.

En el caso de la sarta, los datos de pH y Aw siguen criterios de Normalidad exceptuando los datos de pH de la primera partida del secadero 31 y los de Aw de la primera partida del secadero 2. La media del pH para las diferentes partidas tiene valores que abarcan desde 4,72 hasta 4,96 mientras que para la Aw varía entre 0,8847 y 0,9209. Por otra parte las desviaciones estándar se sitúan en <0,04 en todos los casos para el pH y <0,01 en la Aw de tres de las cuatro partidas.

La existencia de cierto grado de heterogeneidad dentro de los valores analizados para cada partida demuestra que a pesar de minimizar la heterogeneidad de la muestra partiendo de unidades de producto fabricadas con la pasta procedente de la misma tolva, el hecho de tratarse de un producto picado hace que inevitablemente exista una heterogeneidad entre unidades, hecho que caracteriza y dificulta la estandarización y el control de la elaboración de este tipo de derivados cárnicos.

El análisis estadístico descriptivo proporciona una serie de datos que permiten conocer cómo se distribuyen los resultados obtenidos de pH y Aw por partida y secadero: sus valores mínimo y máximo, su media, su desviación estándar, el rango donde se pueden encontrar el 95,4% de observaciones y el coeficiente de variación. De estos valores el coeficiente de variación describe la relación entre el tamaño de la media y el grado de variabilidad de la variable, por lo que a mayor valor del coeficiente de variación, mayor heterogeneidad de los valores de la muestra.

Esto permite ordenar las partidas de fuet de mayor a menor homogeneidad tomando como referencia el pH al final de la fermentación y la Aw al final del proceso de curación, tal como se muestra en la tabla 6.

pH final fermentación	Aw final curación
Tercera partida – Secadero 24	Tercera partida – Secadero 24
Primera partida – Secadero 24	Segunda partida – Secadero 20
Segunda partida – Secadero 20	Primera partida – Secadero 24
Primera partida – Secadero 20	Tercera partida – Secadero 20
Tercera partida – Secadero 20	Primera partida – Secadero 20
Segunda partida – Secadero 24	Segunda partida – Secadero 24

*Tabla 6. Partidas de fuet ordenadas de mayor a menor homogeneidad según el valor del coeficiente de variación del pH al final de la fermentación y Aw al final de la curación*

Las partidas de sarta ordenadas de mayor a menor homogeneidad tomando como referencia el pH al final de la fermentación y la Aw al final del proceso de curación se muestran en la tabla 7.

pH final fermentación	Aw final curación
Primera partida – Secadero 2	Primera partida – Secadero 2
Segunda partida – Secadero 31	Segunda partida – Secadero 2
Segunda partida – Secadero 2	Segunda partida – Secadero 31
Primera partida – Secadero 31	Primera partida – Secadero 31

*Tabla 7. Partidas de sarta ordenadas de mayor a menor homogeneidad según el valor del coeficiente de variación del pH al final de la fermentación y Aw al final de la curación*

Estos resultados permiten comparar, para cada producto, el grado de homogeneidad existente entre las diferentes partidas de un mismo secadero y las de distintos secaderos. En el caso del fuet los resultados no son concluyentes puesto que no hay un patrón claro de comportamiento. En el caso de la sarta, los resultados nos muestran una mayor homogeneidad en las partidas del secadero nº 2.

Si bien podemos comparar la homogeneidad de las partidas, es fundamental determinar a partir de qué valor, sea de desviación estándar o de coeficiente de variación, debemos considerar que una partida es o no es homogénea. Teniendo en cuenta que el enfoque del estudio plantea la homogeneidad desde la perspectiva de seguridad alimentaria y no desde un punto de vista de producción o técnico, se considera necesario buscar un criterio que permita decidir qué grado de homogeneidad se acepta como válido. Por ello, el percentil, como medida de posición utilizada en estadística que indica, una vez los datos ordenados de menor a mayor, el valor de la variable por debajo del cual se encuentra un porcentaje dado de

observaciones, puede ser una medida complementaria que permita dictaminar si la homogeneidad de un secadero es adecuada como medida de seguridad alimentaria.

En las tablas 8 para fuet y 9 para sarta se muestran los valores de corte superiores de los percentiles P(95) y P(99) calculados por secadero y partida. Se puede observar la diferencia entre los P(99) y los P(95), aunque en este caso, debido a un valor de n alrededor de los 36 valores, la diferencia del percentil 99 respecto al 95 varía solo respecto a un valor de las observaciones. Desde un punto de vista de seguridad alimentaria se consideró que el percentil que se debía tener en cuenta el estudio era el P(99) para minimizar los riesgos que pudieran existir por unos valores de pH y Aw demasiado elevados.

Por lo tanto, para este tamaño de muestra el P(99) puede ser un criterio que determine una homogeneidad en los valores obtenidos para cada secadero y partida aunque se podría valorar si, en caso de agregar datos de un gran número de partidas, el criterio de P(95) sería suficiente.

SECADERO	20	20	20	24	24	24
FECHA FABRICACIÓN	11/04/2018	31/05/2018	18/06/2018	03/04/2018	11/06/2018	28/06/2018
FECHA ANÁLISIS	27/04/2018	04/06/2018	02/07/2018	20/04/2018	13/06/2018	12/07/2018
P(99) pH	4,97	4,69	4,79	4,89	4,83	4,65
p(95) pH	4,96	4,69	4,74	4,89	4,83	4,65
P(99) Aw	0,9187	0,9123	0,9100	0,9071	0,9147	0,9126
P(95) Aw	0,9175	0,9074	0,9073	0,9020	0,9123	0,9098

Tabla 8. Resumen de percentiles de fuet por secadero y partida.

SECADERO	2	2	31	31
FECHA FABRICACIÓN	28/05/2018	26/06/2018	09/04/2018	15/05/2018
FECHA ANÁLISIS	08/06/2018	09/07/2018	23/04/2018	28/05/2018
P(99) pH	4,93	4,96	n/a	4,88
P(95) pH	4,91	4,89	n/a	4,84
P(99) Aw	0,9206	0,9126	0,9209	0,9183
P(95) Aw	0,9203	0,9101	0,9207	0,9175

Tabla 9. Resumen de percentiles de sarta por secadero y partida. (Nota: n/a = not available, no disponible).

En lo que respecta al cumplimiento de los criterios de Seguridad Alimentaria (pH al final de fermentación < 5,3 y Aw al final del proceso de curación  $\leq 0,92$ ), el Percentil 99 de los resultados de pH y Aw de fuet y sarta los cumplen. En el caso de las Aw, y dado que el Reglamento nº2073 establece la Aw en 2 dígitos (0,92), si redondeamos los resultados obtenidos (de 4 dígitos) a 2 dígitos, podemos considerar que todos los resultados de Aw

cumplen con el requisito. Incluso cuando se considera la incertidumbre de los equipos ( $\pm 0,02$  para el pHmetro y  $\pm 0,003$  para el equipo de determinación de la Aw), se observa el cumplimiento de los criterios de Seguridad Alimentaria para todos los valores de P(99).

#### Homogeneidad entre diferentes partidas de un mismo secadero

En la tabla 10 se muestran por cada secadero de fuet y sarta las diferencias entre partidas en relación con cada una de las dos variables: pH y Aw. Un ejemplo de análisis estadístico ANOVA por secadero respecto a las variables pH y Aw está disponible en el anexo 6.

PRODUCTO	SECADERO	p-value ANOVA pH	RESULTADO ANOVA pH	R <sup>2</sup> ANOVA pH	p-value ANOVA Aw	RESULTADO ANOVA Aw	R <sup>2</sup> ANOVA Aw
FUET	20	2,20E-16	Medias significativamente diferentes	0,9643	0,001687	Medias significativamente diferentes	0,1145
	24	2,20E-16	Medias significativamente diferentes	0,9488	0,01337	Medias significativamente diferentes	0,08268
SARTA	2	0,3932	Medias iguales	0,01043	2,20E-16	Medias significativamente diferentes	0,8258
	31	n/a	n/a	n/a	0,8406	Medias iguales	0,0005994

*Tabla 10. Resultados del análisis estadístico ANOVA de las variables de pH y Aw para las partidas elaboradas en cada secadero. Nivel de significancia de 0,05. (Nota: n/a = not available, no disponible).*

En el caso del fuet, el resultado del test ANOVA para el pH es que las medias de las tres partidas analizadas son significativamente diferentes tanto en el secadero 20 como en el 24. Lo mismo sucede en el test ANOVA de la Aw de las tres partidas analizadas por secadero. Esto nos indica la existencia de una heterogeneidad manifiesta tanto en los valores de pH de las partidas elaboradas en los secaderos 20 y 24 de fuet (valores de  $p < 0,05$ ) como en los valores de Aw.

Esta heterogeneidad implica que el secadero (proceso de maduración) tiene menor influencia en el pH y Aw que las características físico-químicas de la partida. Es decir, que son las características de la pasta de cada lote las que determinan estas diferencias entre los valores de una y otra, a pesar de que el proceso de curación ha tenido lugar en el mismo secadero y bajo idéntico programa de curación. La reflexión es que, como ya se mencionaba en la Introducción, en los derivados cárnicos curados picados la materia prima, especialmente la carne, constituye un factor de variación entre partidas, por más que en el proceso de producción se controlen adecuadamente los porcentajes de magro y grasa. Sin embargo, como se ha visto al analizar los percentiles, el P(99) de las observaciones cumple los criterios

establecidos de pH al final del proceso de fermentación y Aw al final del proceso de curación, por lo que esta heterogeneidad no tiene consecuencias a nivel de Seguridad Alimentaria sino más bien a nivel técnico. Las diferencias existentes entre partidas representan una dificultad para la empresa pues a pesar de tener los procesos estandarizados, se comprueba que no es fácil conseguir una homogeneidad entre partidas de producto. Haría falta completar el estudio con el análisis de las mermas para sacar más conclusiones; también sería interesante comprobar la correlación entre los valores de pH y Aw y los valores de las mermas.

En el caso de la sarta, el resultado del test ANOVA para el pH es que las medias de las dos partidas analizadas son iguales para el secadero 2 ( $p=0,3932>0,05$ ) mientras que para la Aw las medias son significativamente diferentes ( $p<0,05$ ). Esto nos indica la existencia de cierta heterogeneidad entre las dos partidas curadas en el secadero 2 pues si bien se observa homogeneidad del pH, no así en la Aw. En el secadero 31, donde solo podemos analizar los datos de Aw, el test ANOVA indica homogeneidad ( $p=0,8406>0,05$ ).

Por lo tanto, en el caso de la sarta, y puesto que sólo una de las variables observadas manifiesta heterogeneidad (Aw en el secadero 2), se puede concluir que la influencia del secadero (proceso de maduración) puede llegar a compensar la hipotética variabilidad de la pasta inicial. Este resultado es diferente de lo que se ha descrito para el fuet. La causa de esta mayor homogeneidad entre las partidas de sarta puede deberse a diferentes motivos: relación en el porcentaje de magro y grasa, origen y tamaño de la tripa e influencia de otros ingredientes del producto, entre otros. Quizás de todos ellos, el más importante es el porcentaje de grasa.

De todas formas, teniendo en cuenta que del fuet se analizaron 3 partidas y de la sarta 2, sería conveniente analizar una tercera partida de sarta para los mismos secaderos 2 y 31 y ver si se mantienen o no estos resultados de los test ANOVA.

Los valores de  $R^2$  indican el porcentaje de variabilidad de la variable dependiente (pH o Aw), que es explicado por la variable independiente (la partida). En el secadero 20 la variabilidad del pH quedaría explicada en un 96,43% por la partida y la de Aw sólo en un 11,45%. En el secadero 24 la variabilidad del pH quedaría explicada en un 94,88% por la partida y la de Aw sólo en un 8,26%. Esto indica que en el fuet, la Aw es una variable más dependiente del secadero que de la partida, como se puede comprobar por el valor de  $R^2$  cercano al 10% en ambos secaderos.

En el caso de la sarta, en el secadero 2 la variabilidad del pH quedaría explicada en un 1,04% por la partida y la de Aw en un 82,58%. En el secadero 31 la variabilidad de Aw quedaría explicada en un 0,06% por la partida. Esto indica que en este producto parece no existir una

relación clara entre Aw y partida, puesto que en unos casos el valor de Aw es dependiente de la partida y en otros no; sería necesario poder analizar más partidas para sacar conclusiones.

A partir de los datos aportados por el test ANOVA se puede comprobar que no siempre hay homogeneidad entre las partidas analizadas de un producto para un mismo secadero, y que, en caso de existir homogeneidad entre partidas, es mayor entre las partidas de sarta que entre las partidas de fuet. Además, se puede observar que no existe un secadero donde la homogeneidad entre partidas coincida tanto en los resultados de pH como de Aw. Sin embargo, una vez más, si aplicamos el criterio de Seguridad Alimentaria, comprobamos que no habría problema con este grado de heterogeneidad en los valores de pH y Aw de las diferentes partidas puesto que los P(99) cumplen con los criterios definidos.

#### Puntos menos favorables de los secaderos

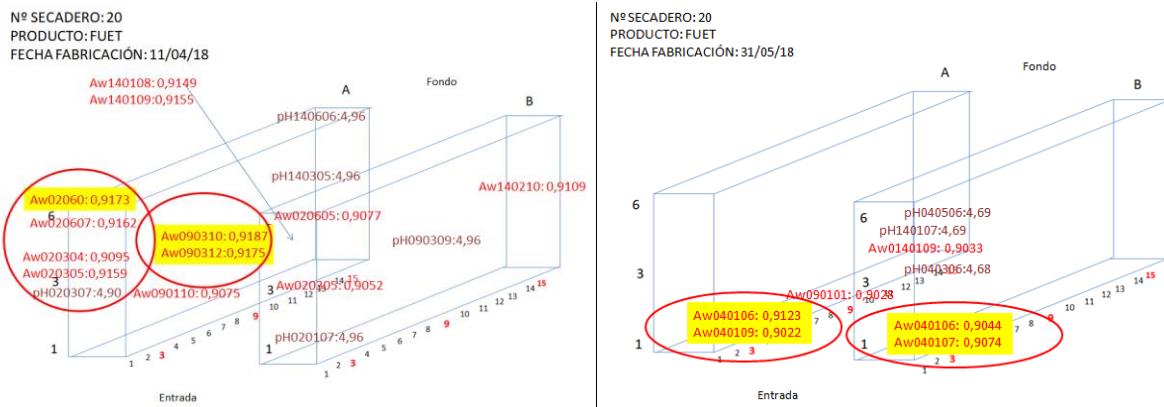
Para profundizar en el impacto de la variabilidad en la seguridad y dado que no siempre existe una homogeneidad entre partidas del mismo producto para un mismo secadero, es importante determinar si existen puntos menos favorables en cada secadero para definir un criterio de muestreo que contemple el peor de los casos según el funcionamiento de los secaderos.

Para cada secadero y partida se determinaron los puntos menos favorables para el cumplimiento de los requisitos de pH al final de la fermentación y Aw al final del proceso de curación. Estos puntos se obtuvieron de la Ficha Técnica de Datos para cada partida y secadero, donde se relacionan las determinaciones de pH y Aw con las posiciones que ocupaban los productos en el secadero. La tabla 11 muestra un ejemplo de dicha ficha.

HOJA DATOS MUESTRAS		FUET																	
Nº SECADERO		24																	
Nº LOTE TOMA DE MUESTRAS		3																	
FECHA INICIO ESTUFAIE		28/06/2018																	
PUNTOS DE MEDIDA	HILERAS ESTRUCTURAS IZQUIERDA																		
ESTRUCTURA 3, 8 y 14	EE3N1M7	EE3N1M8	EE3N3M6	EE3N3M7	EE3N6M6	EE3N6M7	EE8N1M7	EE8N1M8	EE8N3M6	EE8N3M7	EE8N6M6	EE8N6M7	EE14N1M7	EE14N1M8	EE14N3M5	EE14N3M6	EE14N6M5	EE14N3M6	
Nº PALO	O	O	N	N	M	M	S	S	R	R	P	P	J	J	L	L	F	F	
Finalización estufaje	4,61	4,60	4,62	4,62	4,60	4,62	4,60	4,63	4,62	4,63	4,62	4,59	4,61	4,61	4,59	4,59	4,63	4,63	
pH																			
Finalización maduración																			
ESTRUCTURA 3, 8 y 14	EE3N1M5	EE3N1M6	EE3N3M4	EE3N3M5	EE3N6M4	EE3N6M5	EE8N1M5	EE8N1M6	EE8N3M4	EE8N3M5	EE8N6M5	EE8N6M8	EE14N1M6	EE14N1M9	EE14N3M3	EE14N3M4	EE14N6M4	EE14N3M7	
Aw	0,8887	0,8865	0,9004	0,8915	0,8965	0,8992	0,8965	0,8974	0,8885	0,8890	0,8966	0,8935	0,9065	0,8981	0,8894	0,8895	0,8959	0,9021	
PUNTOS DE MEDIDA	HILERAS ESTRUCTURAS DERECHA																		
ESTRUCTURA 3, 8 y 11	DE3N1M7	DE3N1M8	DE3N3M8	DE3N3M9	DE3N6M5	DE3N6M6	DE8N1M8	DE8N1M9	DE8N3M4	DE8N3M5	DE8N6M5	DE8N6M6	DE11N1M7	DE11N1M8	DE11N3M5	DE11N3M6	DE11N6M5	DE11N6M6	
Nº PALO	G	G	H	H	I	I	K	K	A	A	B	B	E	E	D	D	C	C	
Finalización estufaje	4,62	4,62	4,63	4,62	4,60	4,61	4,58	4,59	4,63	4,63	4,62	4,64	4,62	4,62	4,62	4,65	4,63	4,65	
pH																			
Finalización maduración																			
ESTRUCTURA 3, 8 y 11	DE3N1M5	DE3N1M6	DE3N3M3	DE3N3M6	DE3N3M7	DE3N6M3	DE8N1M6	DE8N1M7	DE8N3M2	DE8N3M3	DE8N6M4	DE8N6M7	DE11N1M6	DE11N1M9	DE11N3M3	DE11N3M4	DE11N6M7	DE11N6M8	
Aw	0,9089	0,9036	0,8945	0,8902	0,9077	0,9126	0,9092	0,9098	0,8904	0,8900	0,8937	0,8871	0,8887	0,8914	0,8815	0,8839	0,9069	0,9062	
Observaciones:																			
Interpretación código ubicación	EE3N3M4																		
	E	Secadero izquierda																	
	E3	Estructura 3																	
	N3	Nivel 3																	
	M4	Muestra nº 4 del palo																	

Tabla 11. Ejemplo de Ficha Técnica de Datos correspondiente a la tercera partida del secadero 24.

Para el secadero nº 20 de fuet, se pueden ver las diferencias entre partidas en las figuras 8, 9 y 10, así como los puntos menos favorables para cada partida, que están subrayados de amarillo. Se puede observar como estos puntos ocupan posiciones en las estructuras delanteras del secadero, especialmente en las zonas ubicadas en la hilera izquierda en las estructuras 2 a 4 y 8-9, en el nivel 1 de altura pero especialmente en el nivel 3, es decir, en la mitad de la altura de la estructura. Sólo la segunda partida tiene algunos puntos menos favorables en la hilera derecha.



Figuras 8 y 9. Posiciones menos favorables para la 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup> partida de fuet del secadero 20

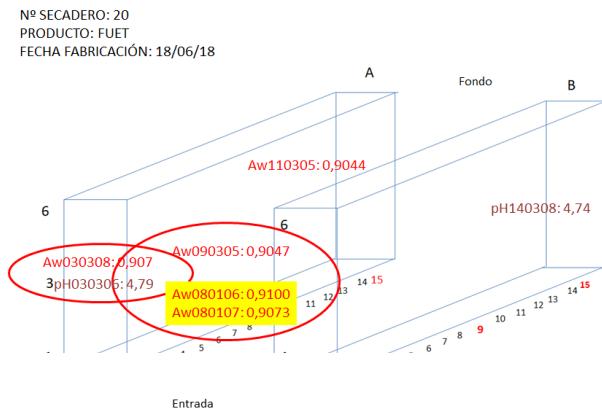
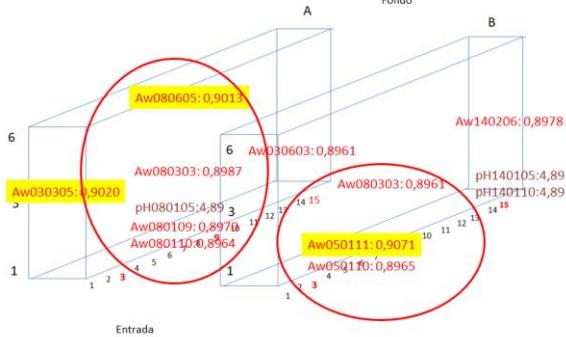


Figura 10. Posiciones menos favorables para la 3<sup>a</sup> partida de fuet del secadero 20

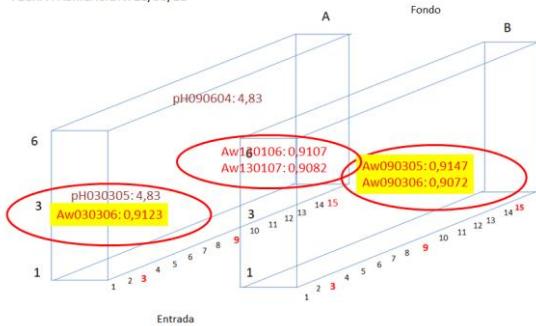
Para el secadero nº 24 de fuet, se pueden ver las diferencias entre partidas en las figuras 11, 12 y 13. En este caso se observa que los puntos menos favorables ocupan posiciones en las estructuras intermedias del secadero (estructura 8 en la partida 1, 9 en la partida 2 y 8 en la partida 3) y en las delanteras (estructura 5 en la partida 1, 3 en la partida 2 y 3 en la partida 1).

Estos puntos menos favorables se encuentran tanto en el nivel bajo, como medio y alto de la estructura y afectan a ambas hileras.

Nº SECADERO: 24  
PRODUCTO: FUET  
FECHA FABRICACIÓN: 03/04/18



Nº SECADERO: 24  
PRODUCTO: FUET  
FECHA FABRICACIÓN: 11/06/18



Figuras 11 y 12. Posiciones menos favorables para la 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup> partida de fuet del secadero 24

Nº SECADERO: 24  
PRODUCTO: FUET  
FECHA FABRICACIÓN: 28/06/18

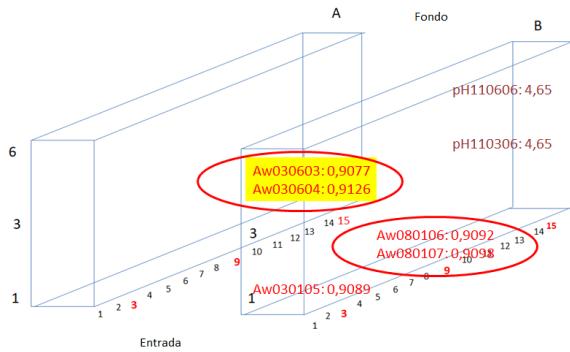
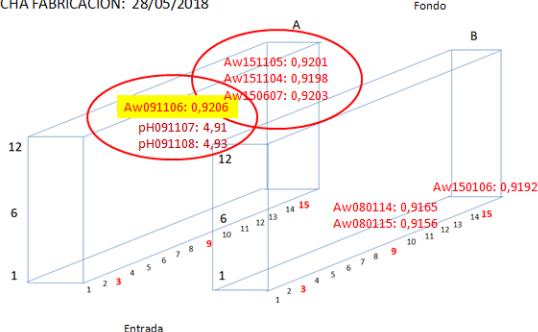


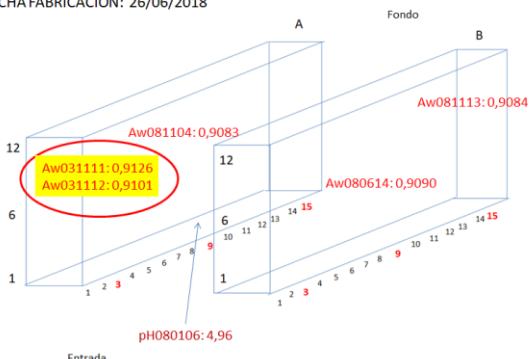
Figura 13. Posiciones menos favorables para la 3<sup>a</sup> partida de fuet del secadero 24

Para el secadero nº 2 de sarta, se pueden ver las diferencias entre partidas en las figuras 14 y 15.

Nº SECADERO: 2  
PRODUCTO: SARTA  
FECHA FABRICACIÓN: 28/05/2018



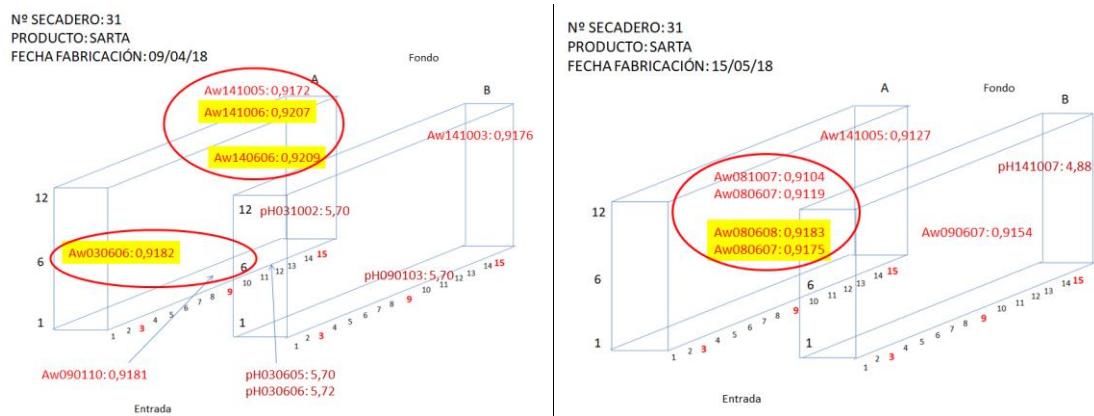
Nº SECADERO: 2  
PRODUCTO: SARTA  
FECHA FABRICACIÓN: 26/06/2018



Figuras 14 y 15. Posiciones menos favorables para la 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup> partida de sarta del secadero 2

En este caso se observa que los puntos menos favorables están situados sobre todo en la hilera izquierda, tanto en las estructuras intermedias y finales (figura 14) como en las delanteras (figura 15) pero siempre en el nivel de altura más elevado que se ha controlado (nivel 11).

Para el secadero nº 31 de sarta, se pueden ver las diferencias entre partidas en las figuras 16 y 17. En este caso se observa que los puntos menos favorables ocupan posiciones especialmente en la hilera izquierda (estructuras 3 y 14 en la primera partida y 8 en la segunda partida). Estas zonas menos favorables se encuentran desde el nivel medio de altura hasta la zona más alta (niveles 6 y 10 de altura).



Figuras 16 y 17. Posiciones menos favorables para la 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup> partida de sarta del secadero 31

Por lo tanto, a modo de resumen podemos decir que en el caso de los 2 secaderos destinados a fuet, las estructuras que contienen los puntos menos favorables están situadas sobre todo en la zona intermedia (estructuras 8 y 9) y delantera, que afectan en ambas partidas a la hilera izquierda y en el secadero 24 también a la hilera derecha y que el nivel de altura al que se encuentran estos puntos es sobre todo el nivel 3, aunque también existen puntos menos favorables en el nivel 1 y en todos los niveles en el caso del secadero 24. En el caso de la sarta, hay una mayor coincidencia entre los dos secaderos analizados, de manera que los puntos menos favorables se localizan en la hilera izquierda, sobre todo en las estructuras intermedias y finales y en los niveles medios y más altos.

La consecuencia lógica de la detección de zonas menos cercanas al límite de cumplimiento de los criterios de seguridad alimentaria en los secaderos sería una revisión del modelo de muestreo. Si bien se observa la presencia de zonas menos favorables también es cierto que, especialmente en el caso del fuet, no se puede definir un patrón claro de su comportamiento puesto que abarcan varias zonas y diferentes niveles por lo que plantear ajustar el modelo de muestreo a las zonas menos favorables requeriría en realidad muestrear todo el secadero, que

ya se está haciendo en la actualidad. En el caso de la sarta, donde la tendencia es que las zonas menos favorables se localicen en la hilera izquierda, se podría plantear un aumento de los puntos de muestreo en esta hilera; sin embargo en la práctica, al corresponder cada hilera a una partida de producto, y el modelo actual de muestreo establecer la necesidad de realizar un muestreo que incluya todas las partidas, desplazar los puntos de muestreo a la hilera izquierda tampoco sería conveniente.

### Modelos de predicción microbiológica

Si bien los criterios de pH al final de la fermentación  $< 5,3$  y de Aw al final del proceso de curación  $\leq 0,92$  son aceptados como puntos críticos de control a nivel de Seguridad Alimentaria en lo que refiere a microorganismos patógenos, se ha considerado interesante completar este estudio con unos modelos de predicción microbiológica.

El modelo PMP se escogió principalmente porque es el modelo creado por el USDA (*U.S. Department of Agriculture*) de Estados Unidos, que como se ha mencionado anteriormente es un mercado objetivo de la empresa y su ventaja es que permite diferenciar las fases de fermentación y secado para los derivados cárnicos fermentados curados o semi-curados. Un ejemplo de los resultados del modelo PMP se puede ver en el anexo 7.

La tabla 12 muestra la reducción microbiológica estimada para las dos fases de producción de cada producto y secadero en relación con los tres microorganismos que permite seleccionar el modelo (*E. coli O157:H7*, *L. monocytogenes* y *S. Typhimurium*). Para *L. monocytogenes* y *E. coli O157:H7* se puede observar como en la fase de fermentación, en que la disminución de pH es más marcada, la predicción de reducción microbiológica es mayor. En el caso de *S. Typhimurium* es lo contrario, la predicción de reducción se ve más afectada por el valor de la Aw por lo que es mayor en la fase de secado. En el fuet los valores de reducción microbiana observados en los dos secaderos presentan diferencias significativas entre ellos desde el punto de vista microbiológico pues en la mayoría de los casos difieren en  $> 0,5$  log, especialmente en la fase de secado. En la sarta las diferencias significativas entre partidas se aprecian en la fase de fermentación para *S. Typhimurium* y en todas las fases para *E. coli O157:H7*.

PRODUCTO	Nº SECADERO	<i>L.MONOCYTOGENES</i>		<i>S. TYPHIMURIUM</i>		<i>E.COLI O157:H7</i>	
		FERMENTACIÓN	SECADO	FERMENTACIÓN	SECADO	FERMENTACIÓN	SECADO
FUET	20	1,81	0,39	0,00	4,19	3,21	0,72
	24	2,33	3,77	2,59	6,16	4,50	2,76
SARTA	2	1,81	0,39	0,00	4,19	3,21	0,72
	31	2,33	0,45	2,59	4,04	4,50	4,86

Tabla 12. Reducción (log ufc/g) según el modelo de predicción microbiológica PMP para cada secadero y fase de procesado.

El *Danish Meat Research Institute Predictive Model for Meat* se ha escogido porque es el modelo de predicción que mejor se adapta a los embutidos fermentados y curados y además lo hace teniendo en cuenta una gran cantidad de variables del producto y condiciones del proceso de curación (porcentaje de NaCl, ppm de nitrato de sodio, temperatura de fermentación, pH inicial, a las 48h y final, merma, duración del proceso de curación y humedad final) permitiendo reflejar las condiciones del proceso real lo que supone un gran diferencia respecto al anterior modelo predictivo. Un ejemplo de los resultados del modelo “Conferm” y “Staphox predictor” están documentados en el anexo 8.

Estas diferencias entre los dos modelos tienen su explicación en el diferente enfoque de los organismos que los han creado: mientras que el USDA tiene por objetivo la separación de las fases de fermentación y secado, el modelo danés está más enfocado a reflejar los factores que influyen en el proceso de maduración de los productos típicos de la cuenca Mediterránea. También, de cara a la actual controversia sobre la utilización de nitritos sintéticos o de fuentes naturales, este modelo permite comparar las predicciones entre usar nitritos o no usarlos.

En la tabla 13 se resumen los resultados del modelo predictivo “Conferm” en cuanto a reducción de *L. monocytogenes*, *Salmonella* y *E. coli* (durante todo el proceso de producción: fermentación y secado) para cada tipo de producto y secadero.

PRODUCTO	Nº SECADERO	REDUCCIÓN TOTAL <i>L. MONOCYTOGENES</i>	REDUCCIÓN TOTAL <i>SALMONELLA</i>	REDUCCIÓN TOTAL <i>E.COLI</i>
FUET	20	1,8 +/- 0,4	3,5 +/- 0,4	3,8 +/- 0,3
	24	1,9 +/- 0,4	3,6 +/- 0,5	3,9 +/- 0,6
SARTA	2	1,6 +/- 0,3	3,1 +/- 0,4	3,4 +/- 0,4
	31	1,7 +/- 0,3	3,3 +/- 0,6	3,6 +/- 0,6

Tabla 13. Reducción (log ufc/g) según el modelo de predicción microbiológica danés para cada secadero y la totalidad del proceso de maduración

En el fuet los valores de reducción microbiana observados en los dos secaderos no presentan diferencias significativas desde el punto de vista microbiológico pues difieren en 0,1 log en los tres casos (*L. monocytogenes*, *Salmonella* y *E. coli*). La farmacopea europea considera la diferencia entre recuentos menores de 0,5 log no es debida a crecimiento, por lo que una diferencia de 0,1 log no es significativa. En el caso de la sarta los valores de reducción microbiana observados en los dos secaderos no presentan diferencias significativas desde el punto de vista microbiológico pues difieren en 0,1-0,2 log en los tres casos (*L. monocytogenes*, *Salmonella* y *E. coli*).

Los dos modelos no son comparables pues en el primero la predicción de reducción microbiana está separada en dos fases dentro del proceso de maduración de los productos mientras que en el segundo se considera todo el proceso de maduración, sin diferenciar la fase de fermentación. Es este último modelo donde debemos considerar los valores de inhibición del crecimiento microbiano más ajustados al poder introducir un mayor número de variables (no sólo datos de características físico-químicas sino también de ingredientes conservantes del producto), y en consecuencia, poder reproducir de una manera más fiel las condiciones reales del proceso.

Los resultados en ambos modelos son los que se obtienen al utilizar los valores de pH y Aw hallados en el trabajo experimental que implican mayor riesgo desde el punto de vista de seguridad alimentaria, aunque en el modelo Danés, no se utiliza el valor de Aw sino el de humedad.

El modelo predictivo “Staphox predictor” da como resultado para todos los secaderos ausencia de crecimiento de *S. aureus*.

## CONCLUSIONES

De los resultados analizados se desprenden las siguientes conclusiones:

- 1.- En los secaderos analizados de fuet y sarta existe una variabilidad en lo que refiere a las observaciones de pH y Aw dentro de una misma partida. Por lo tanto, se puede concluir que dentro de una partida existe cierto grado de heterogeneidad en las determinaciones de los parámetros analizados (pH y Aw), si bien dicha variabilidad no afecta al cumplimiento de los criterios de Seguridad Alimentaria.
- 2.- Según ANOVA se puede comprobar que no hay homogeneidad entre las partidas analizadas de un producto para un mismo secadero ni en pH ni en Aw. Sólo se puede hablar de homogeneidad para determinadas combinaciones de secadero, partida y valor de pH o Aw.
- 3.- La introducción del concepto de percentil permite determinar que el 99% de los valores cumple con los criterios definidos a nivel de Seguridad Alimentaria para los PCC. Por lo tanto, a pesar del grado de heterogeneidad detectado en los valores de pH y Aw de determinadas partidas, desde un punto de vista de Seguridad Alimentaria, el 99% de los valores muestreados sí cumple con las criterios definidos por el Reglamento (CE) nº 2073/2005, por lo que la heterogeneidad no afecta a la seguridad.
- 4.- Los resultados de los modelos de predicción microbiológica PMP y el del *Danish Meat Research Institute* aplicados a los resultados menos favorables de pH y humedad permiten corroborar la inhibición del crecimiento de los microorganismos *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.
- 5.- La ubicación en el espacio del secadero de los valores más elevados de pH y Aw permite definir unas zonas donde las condiciones del secadero son menos favorables al cumplimiento de los valores establecidos como PCC. Sin embargo, el análisis conjunto de estas zonas no permite establecer un patrón claro de repetición, lo que nos lleva a la conclusión de que en realidad no hay posiciones menos favorables en relación con el funcionamiento de los secaderos y que el proceso tanto de fermentación como de secado puede considerarse homogéneo por lo que las diferencias que se detectan entre partidas para un mismo secadero se deberían principalmente a la heterogeneidad del producto. Por otra parte, la falta de un

patrón claro de repetición de zonas menos favorables corrobora que el procedimiento actual de muestreo en los secaderos en relación con la determinación de los valores de pH y Aw como PCC es correcto.

Finalmente, cabe destacar que al ampliar el muestreo, la empresa ha cumplido su objetivo de validación de los secaderos observando que, según las conclusiones expuestas, la Seguridad Alimentaria queda garantizada. Del objetivo empresarial queda por evaluar el impacto del funcionamiento del secadero en las mermas.

## BIBLIOGRAFÍA

- American Meat Institute Foundation, (1997) *Good Manufacturing Practices for Fermented Dry and Semi-dry Sausage Products*. Washington, American Meat Institute Foundation.
- Badiella, LL.; Blasco, A.; Boixadera, E.; Espiral, A.; Valero, O. y A. Vázquez (2015) *Manual de Introducción a Deducer: una interfaz gráfica para usuarios de R*. Cerdanyola del Vallès, Servei d'Estadística Aplicada de la Universitat Autònoma de Barcelona.
- Campden BRI (2009). *HACCP: a practical guide (Guideline nº 42)*. Fourth Edition. Gloucestershire, R. Gaze.
- Comisión Europea (2007) *Reglamento (CE) Nº 1441/2007 de la Comisión de 5 de diciembre de 2007 que modifica el reglamento (CE) nº 2073/2005 relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios*. Bruselas. Comisión Europea.
- Council of Europe (2016) *European Pharmacopoeia*. Ninth Edition. Strasbourg, Council of Europe.
- FAO. *Codex Alimentarius* (CAC-RCP 1-1969). Enmienda 1999. Revisiones 1997 y 2003. Roma, FAO.
- Lücke, F.K. (1985) *Fermented sausages*. In Microbiology of Fermented Foods. Vol. 2. B.J.B. Wood (ed.), pp 41.83. London, Elsevier Applied Science.
- Noel Alimentaria S.A.U. (2016). *Estudio de validación del plan APPCC para picados curados*. Sant Joan Les Fonts, Noel Alimentaria S.A.U.
- Roca, M. and Incze, K. (1990) *Fermented sausages*. Philadelphia, Food Rev. Int. 6, 91-118
- Toldrá, F. (2002). *Dry-cured Meat Products*. Connecticut, Food & Nutrition Press, Inc.

## ANEXOS

ANEXO 1 - Resumen realizado a partir de las GMP's de la American Meat Institute Foundation de los 4 microorganismos más importantes en embutidos fermentados curados o semi-curados.

<i>Staphylococcus aureus</i>	
Crecimiento	Alimentos con bajo porcentaje de agua: 0,86 (bajo condiciones aeróbicas) y 0,90 (bajo condiciones anaeróbicas) Alimentos con alta concentración de sal/ azúcar No se inhibe fuertemente por la presencia de nitritos
Control	Control temperatura es la mejor forma de disminuir su crecimiento y evitar producción de toxinas Control en productos fermentados: pH: disminución rápida a < 5,3 impide la multiplicación del microorganismo Aw < 0,85 impide el crecimiento y por lo tanto la producción de toxinas
<i>E.coli O157:H7</i>	
Crecimiento	Puede sobrevivir a temperaturas de refrigeración o congelación Se puede multiplicar lentamente a 6,66°C y puede sobrevivir a pH 3,6-7.
Control	Control = Combinación de pH, Aw, temperatura y microflora en materia prima FSIS requiere: 1) Demostrar mediante un estudio de validación, que el proceso pueden reducir 5 log las muestras inoculadas con <i>E.coli O157:H7</i> o 2) Instituir un programa estadístico de muestreo de producto acabado que confirme la ausencia de <i>E.coli O157:H7</i>
<i>Listeria monocytogenes</i>	
Crecimiento	Puede crecer en condiciones aeróbicas y anaeróbicas, también en condiciones secas. Tolera bien la sal. Puede crecer a temperaturas de entre 2,5-44°C. A 4°C puede doblar su número cada 1,5 días.
Control	Contenedores de carne cruda, posibles contaminaciones cruzadas entre producto crudo y seco, contaminación a partir de tuberías de aire o agua, humanos, etc. Control en productos fermentados: Combinación de disminución de pH, concentración de sal, competición y exclusión por parte de los cultivos iniciadores de la fermentación, variaciones en el proceso de estufaje y secado.
<i>Salmonella</i>	
Crecimiento	Crecimiento lento a 10°C, a pesar de que no muere a temperatura de congelación. Crecimiento con o sin presencia de oxígeno, en un amplio abanico de temperaturas (5-47°C). Una refrigeración retarda su crecimiento pero no lo impide.
Control	Tratamiento por calor (65-74°C) La humedad es siempre un factor que aumenta la posibilidad de existencia de <i>Salmonella</i> , a mayor sequedad menos posibilidad de crecimiento de <i>Salmonella</i> . Un pH < 4,6 previene su crecimiento, un pH entre 6,5-7,5 es idea para su crecimiento. Control en productos fermentados: La fermentación implica una disminución del pH, Aw y un aumento de los cultivos de inicio para que compitan e inhiban el crecimiento de <i>Salmonella</i> . Si el proceso de fermentación es rápido, el crecimiento de <i>Salmonella</i> tiene muchas posibilidades de ser inhibido.

ANEXO 2 – Control de la evolución de la curva temperatura-tiempo durante la fermentación según las GMP de la American Meat Institute Foundation

Proceso a temperatura no constante:

El proceso es aceptable si se controla el crecimiento de *S. aureus* y *E. coli*.*O157/H7* en el producto y disminuye el pH a un valor inferior o igual a 5,3, a partir de alguna de las siguientes condiciones:

- a) Menos de 1.200 horas-grado cuando la temperatura más alta del secadero es inferior a 32,22°C
- b) Menos de 1.000 horas-grado cuando la temperatura más alta del secadero está entre 32,22°C y 37,77°C.
- c) Menos de 900 horas-grado cuando la temperatura del secadero es superior a 37,77°C.

Proceso a temperatura constante:

Es necesario llegar a un valor de pH inferior o igual a 5,3 en como máximo el tiempo requerido que se muestra en la tabla según la temperatura que ha mantenido el secadero así como su duración.

Horas-grado por encima de 15,55°C	Temperatura del secadero (°C)	Máximo tiempo (h) para llegar a pH 5,3
1.200	23,88	80
1.200	26,66	60
1.200	29,44	48
1.000	32,22	33
1.000	35	28
1.000	37,77	25
900	40,55	20
900	43,33	18

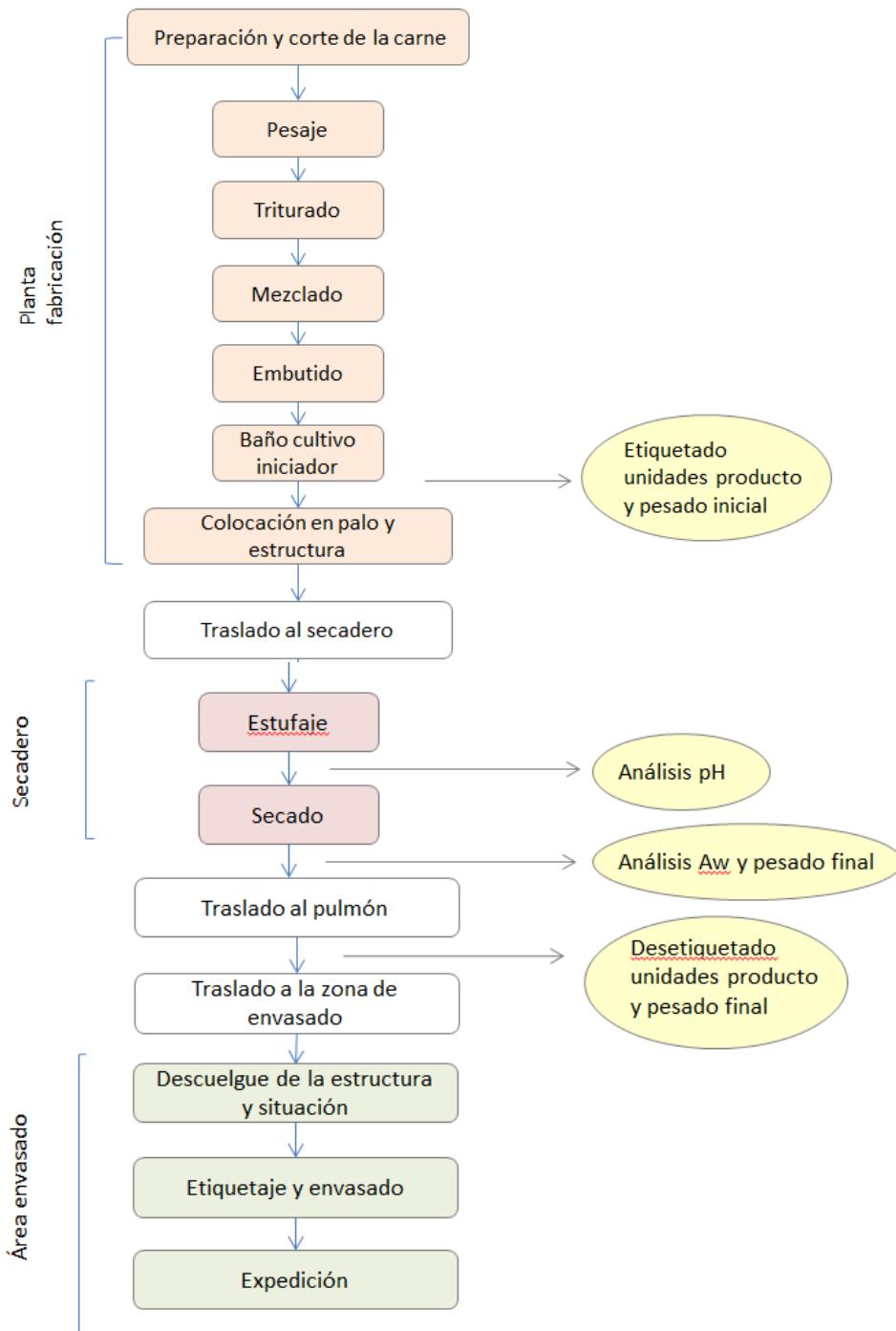
Nota: Definición del concepto de grados-hora

Los grados se calculan como exceso a partir de los 15,55°C (temperatura a la cual realmente empieza el crecimiento de *Staphylococcus*).

El grado-hora es el producto de tiempo (h) a una temperatura determinada. Los grados-hora se calculan por cada temperatura a la que se somete al producto durante la fermentación. La limitación en el número de grados-hora viene determinada por la máxima temperatura lograda en la fermentación antes de que el producto llegue a un pH inferior o igual a 5,3.

### ANEXO 3 - Diagrama de flujo del proceso de elaboración de fuet y sarta

En los círculos se puede ver el momento en el cual se realizan los diferentes análisis.



ANEXO 4. Procedencia de los datos utilizados en los modelos de predicción microbiológica

Modelo PMP (Pathogen Modelling Program)

Datos obtenidos de las determinaciones de los parámetros en los productos muestrados:

pH más desfavorables al final de la fase de fermentación e inicio de la fase de secado

PRODUCTO	SECADERO	pH	Partida	n
FUET	20	4,97	Primera	104
	24	4,89	Primera	122
SARTA	2	4,96	Tercera	72
	31	4,88	Segunda	72

Aw más desfavorables al final de la fase de secado

PRODUCTO	SECADERO	Aw	Partida	n
FUET	20	0,9175	Primera	107
	24	0,9147	Segunda	103
SARTA	2	0,9206	Primera	70
	31	0,9209	Primera	74

Modelo del Danish Meat Institut Research: “Conferm” y “Staphox Predictor”

Datos obtenidos de las determinaciones de los parámetros en los productos muestrados:

pH más desfavorables al final de la fase de fermentación

PRODUCTO	SECADERO	pH	Partida	n
FUET	20	4,97	Primera	104
	24	4,89	Primera	122
SARTA	2	4,96	Tercera	72
	31	4,88	Segunda	72

El resto de datos fueron proporcionados por el Laboratorio de la empresa.

## ANEXO 5: Ejemplos de análisis estadístico descriptivo por secadero y partida

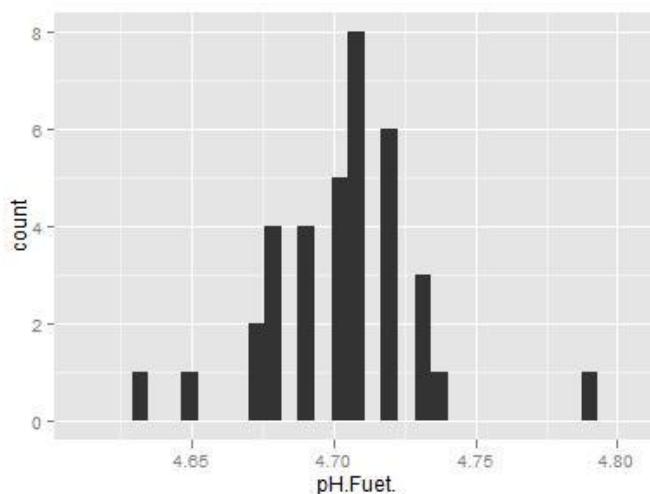
### **SECADERO N° 20**

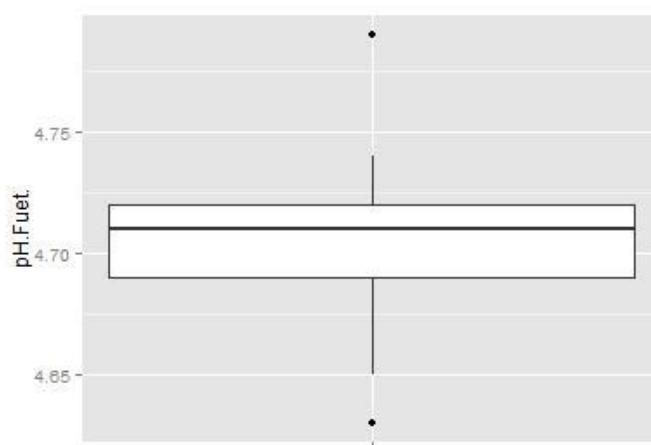
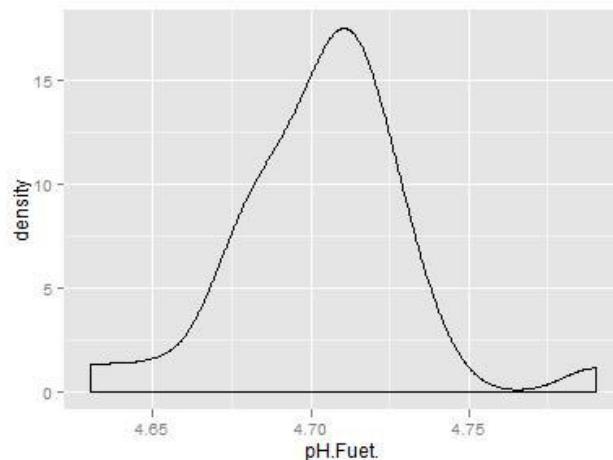
**PRODUCTO: FUET**

**FECHA FABRICACIÓN: 18/06/18**

#### **DATOS pH**

Nº unidades: 36	Q1 (25%): 4,69
Valor máximo: 4,79	Q3 (75%): 4,72
Valor mínimo: 4,63	IQR (50% observaciones): 4,69 y 4,72
Media: 4,70333333	X+SD= 4,7033+0,0274= 4,7307
Mediana: 4,71	X-SD= 4,7033- 0,0274= 4,6759
Desviación estándar (SD): 0,02746426	68% observaciones entre: 4,6759 y 4,7307
Asimetría (skewnesss): 0,15576879	X+2SD= 4,7033+(2*0,0274)= 4,7581
Apuntamiento (kurtosis): 2,74673080	X-2SD= 4,7033-(2*0,0274)= 4,6485
Distribución Normal (Shapiro Wilk Test): Sí (p-value 0,1273882 > 0,05)	95,4% observaciones entre 4,6485 y 4,7581





Todos los valores de pH son <5,3. Los valores más elevados de pH son:

1 valor con pH 4,79

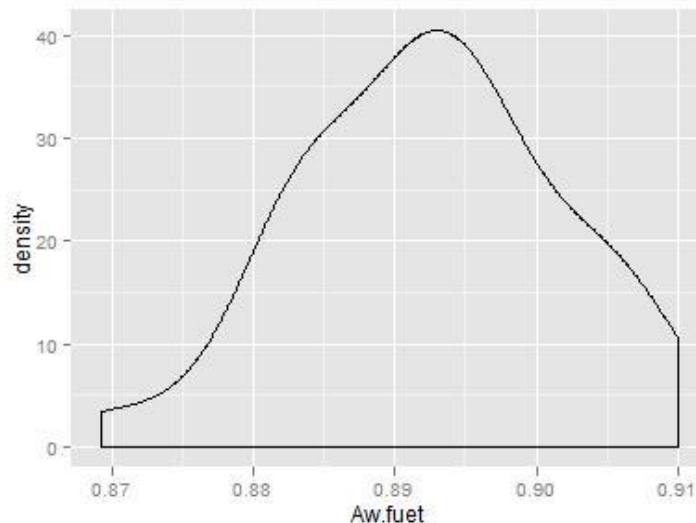
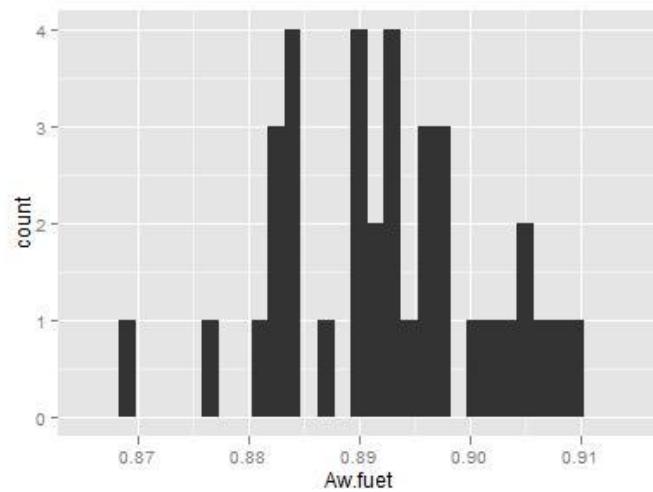
---

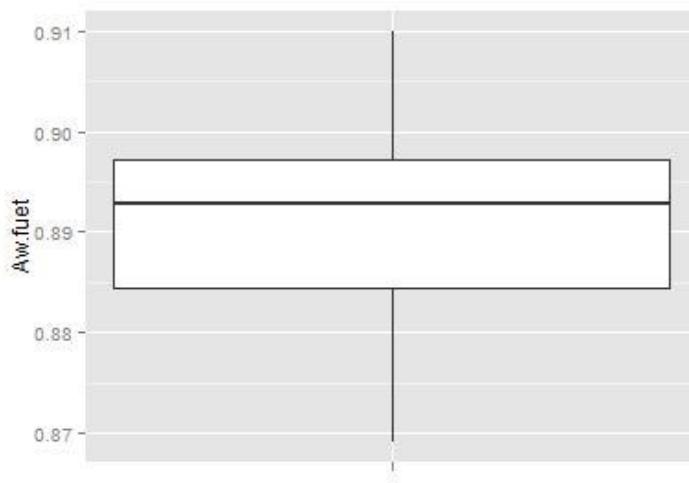
#### DATOS Aw

---

Nº unidades: 36	Q1 (25%): 0,88435
Valor máximo: 0,9100	Q3 (75%): 0,897175
Valor mínimo: 0,8691	IQR (50% observaciones): 0,88435 y 0,897175
Media: 0,892377778	X+SD= 0,8923+0,0092= 0,9015
Mediana: 0,89275	X-SD= 0,8923-0,0092 = 0,8831
Desviación estándar (SD): 0,009259192	68% observaciones entre: 0,8831 y 0,9015

Asimetría (skewness): -0,181613187	$X+2SD = 0,8923 + (2 * 0,0092) = 0,9107$
Apuntamiento (kurtosis): -0,077146069	$X-2SD = 0,8923 - (2 * 0,0092) = 0,8739$
Distribución Normal (Shapiro Wilk Test): Sí (p-value 0,8159928 >0,05)	95,4% observaciones entre 0,8739 y 0,9107





Ningún valor sobrepasa 0,9200. Los valores más elevados de Aw:

0,9100  
0,9073  
0,9070  
0,9047  
0,9044  
0,9038  
0,9018  
0,9003  
0,8974  
0,8971  
0,8971  
0,8965  
0,8963  
0,8960  
0,8947

## ANEXO 6. Ejemplo del resultado del test ANOVA para un secadero en relación con las variables de pH y Aw.

### **ANOVA pH FUET SECADERO 20**

Mensajes de aviso perdidos

```
1: package 'XLConnect' was built under R version 2.15.3
2: replacing previous import 'show' when loading 'rJava'
> Fulla.resum.pHs.fuet.Ass.20 <-
readWorksheet(loadWorkbook('C:/Users/Magda/Desktop/Fulla resum pHs fue
Ass 20.xlsx'),sheet=1)
> model.lm <- lm(formula=pH ~
as.factor(PARTIDA),data=Fulla.resum.pHs.fuet.Ass.20,na.action=na.omit)
> Anova(model.lm,type='II')
Anova Table (Type II tests)

Response: pH
      Sum Sq Df F value    Pr(>F)
as.factor(PARTIDA) 1.57125  2   1366 < 2.2e-16 ***
Residuals          0.05809 101
---
Signif. codes:  0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> summary(model.lm)

Call:
lm(formula = pH ~ as.factor(PARTIDA), data =
Fulla.resum.pHs.fuet.Ass.20,
na.action = na.omit)

Residuals:
    Min      1Q      Median      3Q      Max
-0.073333 -0.013333 -0.000625  0.016667  0.086667

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 4.930625  0.004239 1163.04 <2e-16 ***
as.factor(PARTIDA)P2 -0.292292  0.005827  -50.17 <2e-16 ***
as.factor(PARTIDA)P3 -0.227292  0.005827  -39.01 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02398 on 101 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.9643, Adjusted R-squared: 0.9636
F-statistic: 1366 on 2 and 101 DF, p-value: < 2.2e-16

> rm('model.lm')
```

### **ANOVA AW FUET SECADERO 20**

Mensajes de aviso perdidos

```
1: package 'XLConnect' was built under R version 2.15.3
2: replacing previous import 'show' when loading 'rJava'
> Fulla.resum.Aws.fuet.Ass.20..2. <-
readWorksheet(loadWorkbook('C:/Users/Magda/Desktop/Fulla resum Aws fue
Ass 20 (2).xlsx'),sheet=1)
```

```

> model.lm <- lm(formula=Aw ~
+ as.factor(PARTIDA), data=Fulla.resum.Aws.fuet.Ass.20..2., na.action=na.omit)
> Anova(model.lm, type='II')
Anova Table (Type II tests)

Response: Aw
          Sum Sq Df F value    Pr(>F)
as.factor(PARTIDA) 0.0013347  2 6.7894 0.001687 ** 
Residuals         0.0103211 105
---
Signif. codes:  0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> summary(model.lm)

Call:
lm(formula = Aw ~ as.factor(PARTIDA), data =
Fulla.resum.Aws.fuet.Ass.20..2.,
na.action = na.omit)

Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max
-0.0232778 -0.0076521 -0.0001583  0.0060229  0.0203417

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 0.899617  0.001652 544.429 < 2e-16 ***
as.factor(PARTIDA) P2 -0.007658  0.002337 -3.277 0.00142 **
as.factor(PARTIDA) P3 -0.007239  0.002337 -3.098 0.00250 **
---
Signif. codes:  0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

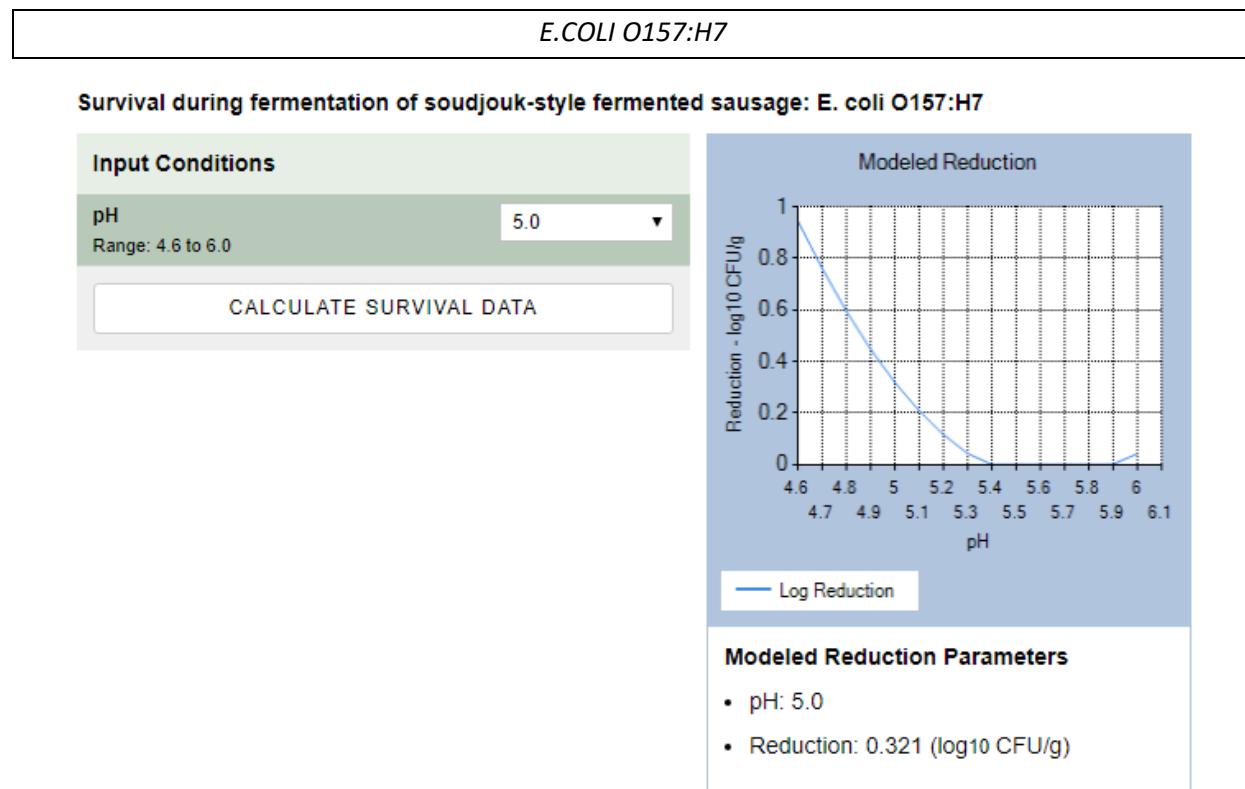
Residual standard error: 0.009914 on 105 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.1145, Adjusted R-squared: 0.09765
F-statistic: 6.789 on 2 and 105 DF,  p-value: 0.001687

> rm('model.lm')

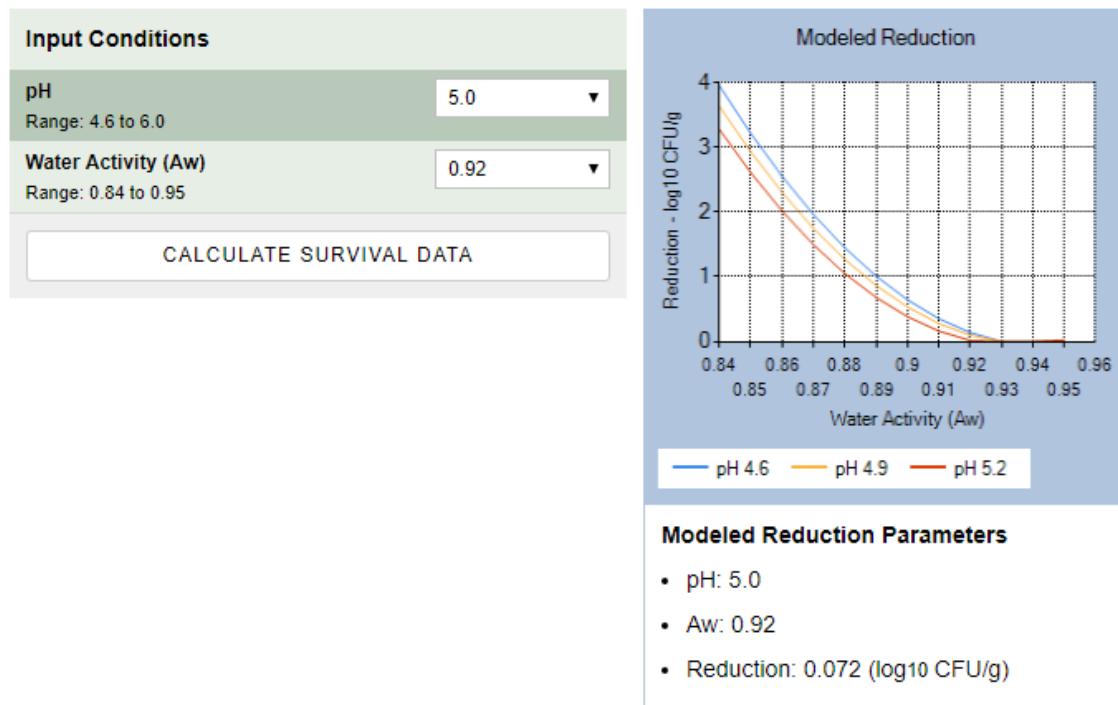
```

ANEXO 7. Ejemplo del resultado del modelo de predicción microbiológica “Pathogen Modelling Program”

**PATHOGEN MODELLING PROGRAM – SECADERO 20 - FUET**

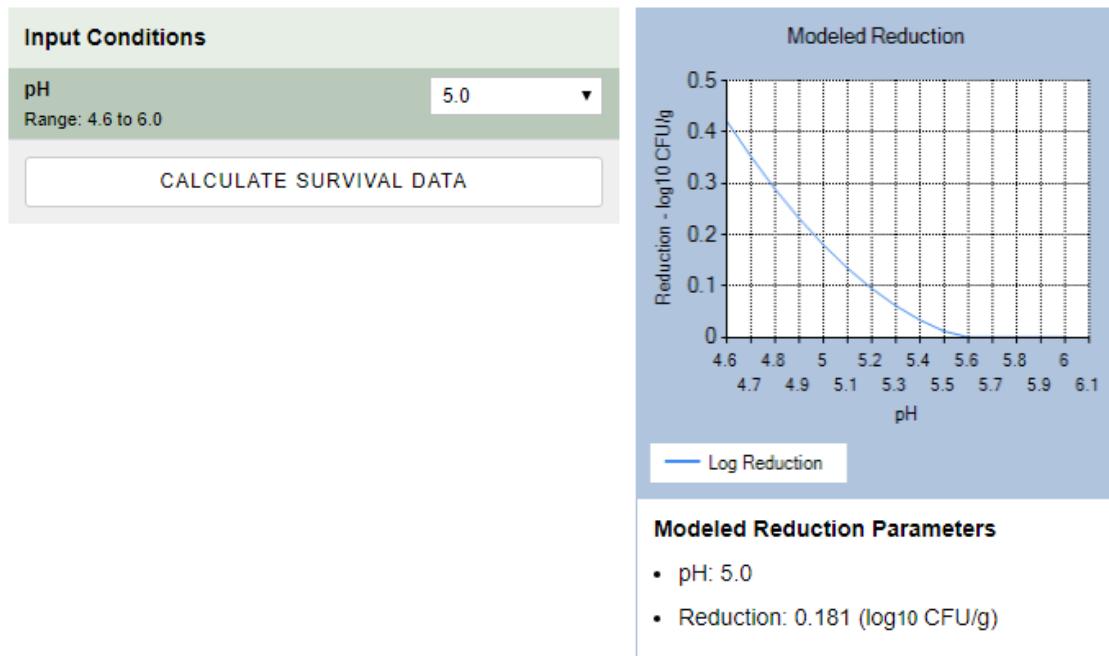


Survival during drying of soudjouk-style fermented sausage: E. coli O157:H7

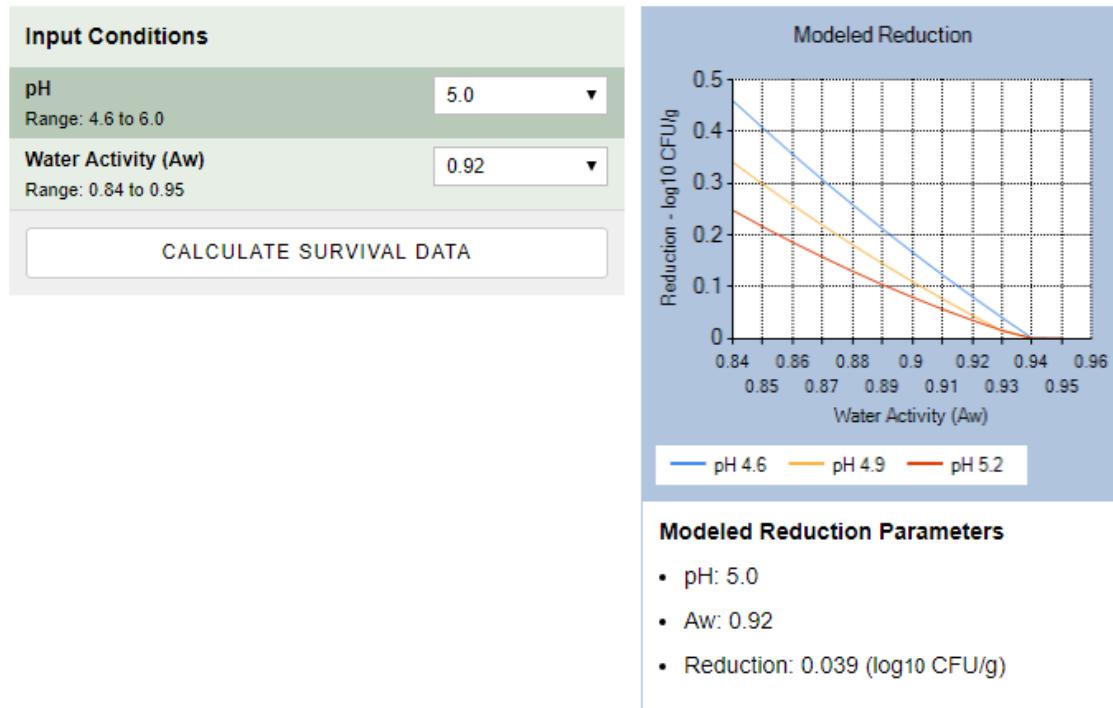


## LISTERIA MONOCYTOGENES

### Survival during fermentation of soudjouk-style fermented sausage: L. monocytogenes

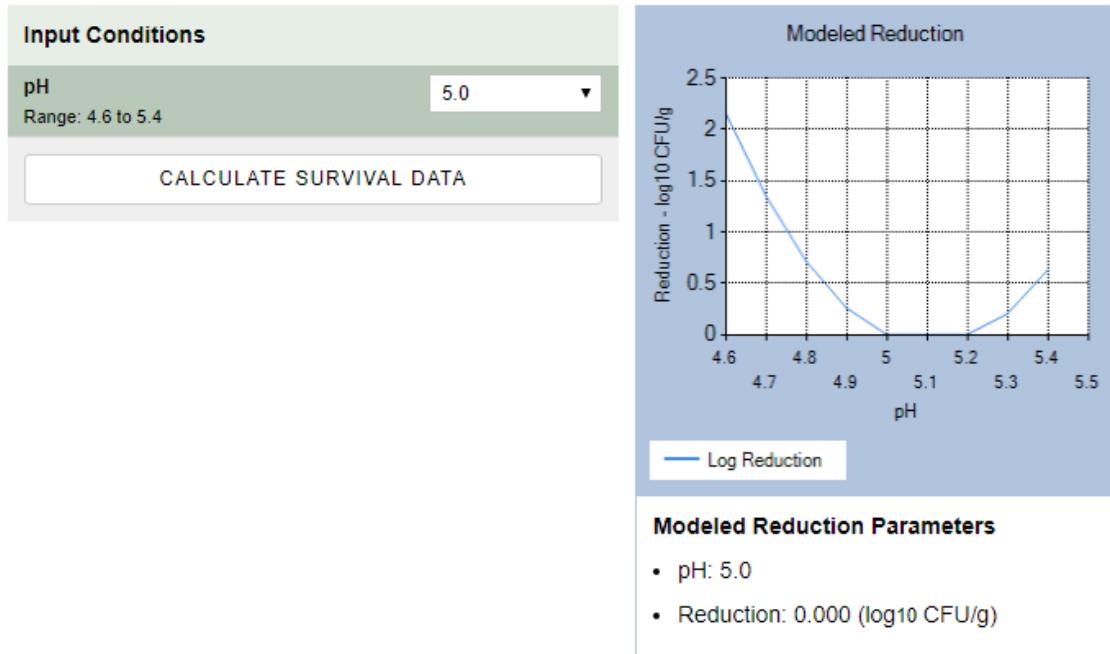


### Survival during drying of soudjouk-style fermented sausage: L. monocytogenes

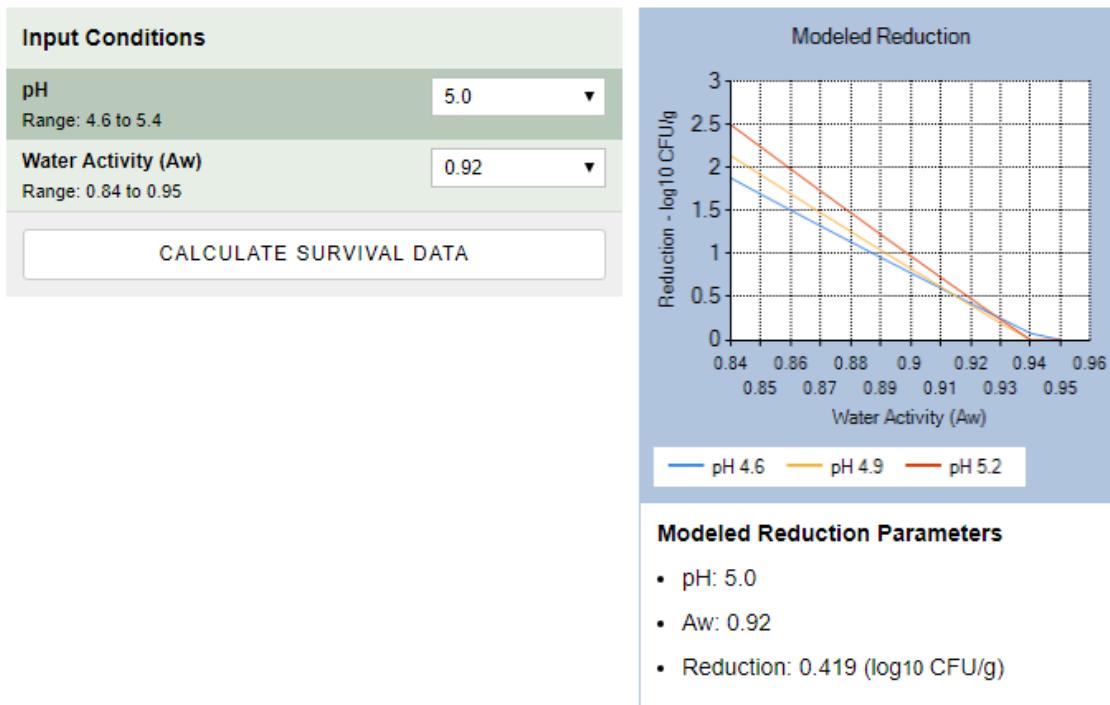


## SALMONELLA TYPHIMURIUM

### Survival during fermentation of soudjouk-style fermented sausage: S. Typhimurium



### Survival during drying of soudjouk-style fermented sausage: S. Typhimurium



ANEXO 8. Ejemplo del resultado de los modelos de predicción microbiológica del Danish Meat Institut Research: “Conferm” y “Staphox Predictor”

**MODELO PREDICTIVO “CONFIRM” – SECADERO 20 – FUET**

**Output**

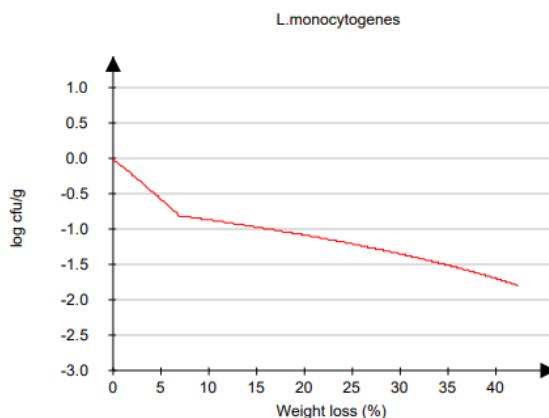
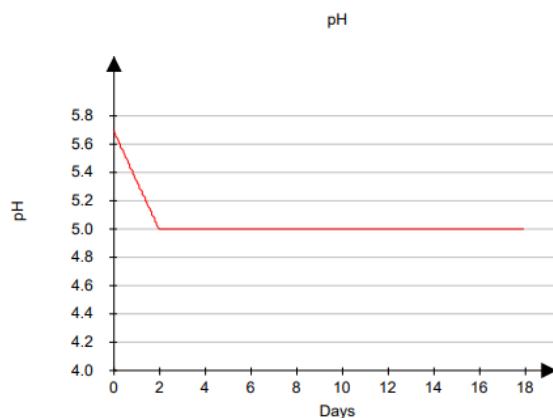
Total reduction: L. monocytogenes (log cfu/g)	1.8 ±0.4
Total reduction: Salmonella (log cfu/g)	3.5 ±0.4
Total reduction: ST E. coli (log cfu/g)	3.8 ±0.3

PREDICTIVE MODELS FOR MEAT



ConFerm

Predicting the reduction of pathogens during the production of fermented and matured sausages. Version 2.0 (June 2016)

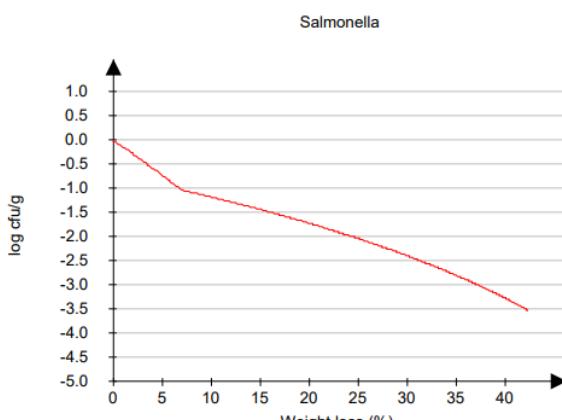
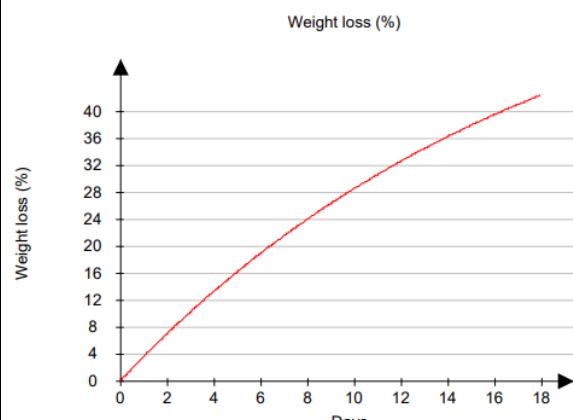


PREDICTIVE MODELS FOR MEAT



ConFerm

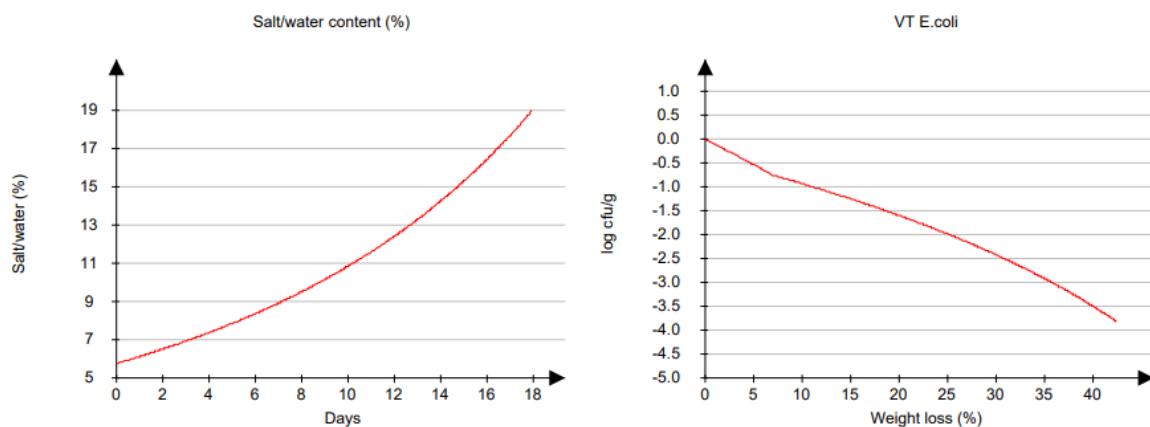
Predicting the reduction of pathogens during the production of fermented and matured sausages. Version 2.0 (June 2016)



## PREDICTIVE MODELS FOR MEAT

### ConFerm

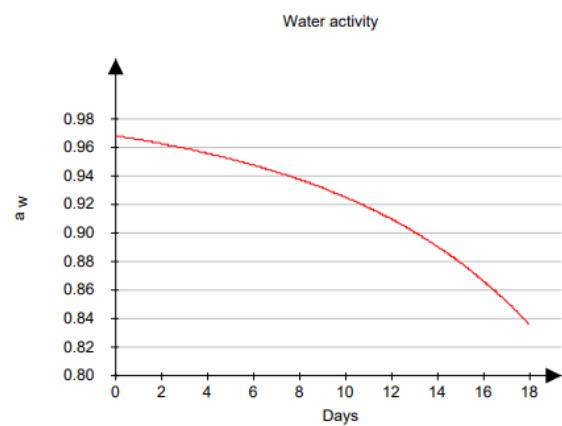
Predicting the reduction of pathogens during the production of fermented and matured sausages. Version 2.0 (June 2016)



## PREDICTIVE MODELS FOR MEAT

### ConFerm

Predicting the reduction of pathogens during the production of fermented and matured sausages. Version 2.0 (June 2016)



## **MODELO PREDICTIVO “STAPHTOX PREDICTOR” – SECADERO 20 – FUET**

Increase of *S. aureus* after proces

0 log cfu/g

Toxin formation

no

PREDICTIVE MODELS FOR MEAT

Staphtox predictor  
Version 1.0 June 2017

DANISH MEAT  
RESEARCH INSTITUTE

