



Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería en alimentos

**Desarrollo y optimización del producto cárnico cotechino
para la empresa de embutidos Don Belisario**

Trabajo de Graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ALIMENTOS

Autor:

Juan Javier León Apolo

Director:

Dr. Piercosimo Tripaldi

Codirector:

Dr. Cristian Rojas Villa

Cuenca - Ecuador

Noviembre, 2021

DEDICATORIA

Con amor, a mis queridos padres y hermanos, que gracias a ellos he logrado alcanzar mis sueños, y especialmente a María Soraya por apoyarme y acompañarme en cada paso de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por acompañarme y guiarme durante todo el tiempo de estudio para finalizar mi sueño.

A mis queridos padres y hermanos, por cada consejo por cada viaje que me acompañaron durante mis estudios para finalizarlos con éxito.

A ti María Soraya, con tu amor, paciencia y apoyo, eres mi fortaleza para continuar y seguir adelante.

A mi director de Tesis Dr. Piercosimo Tripaldi por brindarme su apoyo y paciencia para culminar cada uno de los procesos de este proyecto.

A mi codirector Dr. Cristian Rojas por apoyarme, compartiendo sus conocimientos y opiniones muy valiosas sobre este proyecto.

A todos mis compañeros y profesores de la facultad de Ciencia y Tecnología que han compartido sus conocimientos y me brindaron su apoyo en estos 4 años de estudio.

Desarrollo y optimización del producto cárnico cotechino para la empresa de embutidos Don Belisario

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la optimización de un producto cárnico tipo cotechino, el cual se desarrolló mediante Placket Burman con un diseño factorial 2^2 , donde se realizaron 3 experimentos bases obteniendo la base principal de la formulación, posteriormente se realizó el desarrollo de los 12 experimentos con 6 variables, las cuales fueron: carne, tocino, cuero, sal, pimienta negra y ajo. Las variables implicadas en la experimentación tienen una distribución normal, a excepción de la sal y pimienta negra, que se encuentra por fuera de la recta, entonces la pimienta se encuentra en bajas cantidades y la sal en altas cantidades. Por lo tanto, las variables que tiene una mayor influencia en el experimento son: sal y pimienta negra.

Palabras clave: Cotechino, Placket Burman, Optimización, Variables, Diseño Factorial



Dr. Piercosimo Tripaldi

Director de tesis



Ing. María Fernanda Rosales

**Coordinadora de la Escuela
de Ingeniería en Alimentos**



Juan Javier León Apolo

Autor

Development and optimization of the Cotechino meat product for the Don Belisario sausage company

ABSTRACT

In this present work, the optimization of a Cotechino-type meat product was carried out, which was developed using Placket Burman with a factorial design 2^2 , where 3 base experiments were carried out, obtaining the main basis of the formulation, later the development of the 12 experiments with 6 variables, which were: meat, bacon, leather, salt, black pepper and garlic. The variables involved in the experimentation have a normal distribution, with the exception of salt and black pepper, which was outside the line, so pepper is in low quantities and salt in high quantities. Therefore, the variables that have the greatest influence on the experiment are: salt and black pepper.

Keywords: Cotechino, Placket Burman, Optimization, Variables, Factorial Design



Dr. Piercosimo Tripaldi

Thesis Director Coordinador



Ing. María Fernanda Rosales

Food Engineering Faculty



Juan Javier León Apolo

Author



Translated by



Juan Javier León Apolo

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
CAPÍTULO 1.	1
MARCO TEÓRICO	1
INTRODUCCIÓN	1
TIPOS DE CARNES	2
LA CARNE DE CERDO	4
INTRODUCCIÓN	4
COMPOSICIÓN DE LA CARNE DE CERDO.....	4
CONTRIBUCIÓN ALIMENTARIA	5
CLASIFICACIÓN DE LA CARNE DE CERDO	6
PERFIL LIPÍDICO	7
CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE.....	7
COMPOSICIÓN DE LA CARNE	7
TRIPAS	8
ESPECIAS	9
TIPOS DE ESPECIAS	9
COTECHINO	11
PRINCIPALES MERCADOS PARA EL COTECHINO	13
CAPÍTULO 2	14
MATERIALES Y MÉTODOS	14
PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DEL COTECHINO	14
CONTROL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN.....	15
ANÁLISIS SENSORIAL Y EVALUACIÓN	16
DISEÑO EXPERIMENTAL	18
ANÁLISIS SENSORIAL	21

MÉTODOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO	22
OPTIMIZACIÓN	24
CAPÍTULO 3	25
RESULTADOS DE LA OPTIMIZACIÓN	29
CAPÍTULO 4	31
DISCUSIÓN	31
CONCLUSIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXOS	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Carne y cárnicos en distintos cortes y presentaciones. (FAO, 2020)	1
Figura 2. Contribución de la carne de cerdo a los requerimientos de proteínas en las diferentes etapas, por cada 100g de alimento	6
Figura 3. Composición de la carne por cada 100g	8
Figura 4. Intestinos de cerdo.....	9
Figura 5. Forma de servir el cotechino	12
Figura 6. Diagrama de flujo para la elaboración del producto cárnico de Cotechino.....	15
Figura 7.- Estrategia de la experimentación.	19
Figura 8. Funciones de decisión de criterio múltiple	23
Figura 9. Gráfico de probabilidad normal para identificar los factores significativos	29
Figura 10. Ranking de las utilidades de los productos injertando el valor experimental del nuevo producto.....	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo Per Cápita de Cárnicos en el mundo (kg/año)	2
Tabla 2. Tipos de carnes.	3
Tabla 3. Perfil lípido, según el tipo de corte	7
Tabla 4. Diferentes tipos de especias	9
Tabla 5. Línea generadora para $n = 8$	21
Tabla 6. Matriz de Plackett-Burman para $n = 8$	21
Tabla 7. Umbrales sugeridos y evaluaciones para las funciones de utilidad.	23
Tabla 8. Condiciones experimentales de los diversos factores para el diseño de Plackett-Burman.....	25
Tabla 9. Matriz del diseño de Plackett-Burman	25
Tabla 10. Características examinadas por los catadores.	26
Tabla 11. Cálculo de medianas para los catadores.	27
Tabla 12. Matriz del modelo y los valores de las funciones de utilidad para cada experimento	28
Tabla 13. Valores obtenidos de los coeficientes de regresión	28

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Control de temperatura de cotechino	36
Anexo 2. Catación de cotechino.	36

Juan Javier León Apolo

Trabajo de Titulación

Dr. Piercosimo Tripaldi

Noviembre, 2021

Desarrollo y optimización del producto cárnico cotechino para la empresa de embutidos Don Belisario

CAPÍTULO 1.

MARCO TEÓRICO

1.1. LA CARNE

1.1.1. INTRODUCCIÓN

La carne es el nombre que define a una proteína de origen animal, es decir, la fibra muscular del animal faenado. Por lo tanto, bajo esta denominación se incluyen varias especies que son producidas para este fin, como es el caso de ganado bovino, porcino, ovejas, pollos, entre los más importantes. (Vargas, 2018).

Según el código alimentario, la carne es el tejido muscular de animales de sangre caliente; entre los más comunes se tiene a la ternera o vaca, cerdo, cordero o pollo. No obstante, en el mercado nacional también se consume carne de conejo, cuy o pavo. Estas carnes pueden presentarse en diferentes tipos de cortes, como por ejemplo filetes, chuletones, chuletas, trozos o se pica para hamburguesas (Alonso & Colmenero, 2014).



Figura 1. Carne y cárnicos en distintos cortes y presentaciones. (FAO, 2020)

Por otra parte, la FAO (2010) menciona que “la carne es el producto pecuario de mayor valor y posee proteínas y aminoácidos, minerales, grasas y ácidos grasos, vitaminas y otros componentes bioactivos, así como pequeñas cantidades de carbohidratos”.

No obstante, y a pesar de que el consumo de carne es masivo a nivel mundial, la FAO asegura que “La producción total de carne en el mundo disminuirá en 1,7% en 2020, debido a las enfermedades de los animales, las perturbaciones del mercado relacionadas con el COVID-19 y los efectos persistentes de las sequías”; por lo que se cree que el consumo de carne de cerdo disminuiría en un 8%. Sin embargo, la producción mundial de carne de aves de corral crecerá en un 2,4%. La mayor caída se registraría en el precio de la carne de ovino seguida por la de aves, cerdos y vacuno (FAO, 2020).

El desarrollo de la producción a nivel mundial de los distintos tipos de fuentes de proteína animal está ligada al comportamiento que ha tenido el consumo per cápita de cada tipo de carne, especialmente la reducción e incremento en el consumo anual, como se evidencia en la Tabla 1 (ESPAE & ESPOL, 2016).

Tabla 1. Consumo Per Cápita de Cárnicos en el mundo (kg/año)

	1996	2001	2006	2011	Crecim.
Cerdos	13,4	14,05	14,83	15,56	1,0%
Aves	9,47	11,24	12,54	14,52	1,9%
Bovinos	9,63	9,30	9,60	9,41	-0,2%
Ovinos	1,68	1,77	1,88	1,88	0,8%

Fuente: (FAOSTAT, 2013)

1.1.2. TIPOS DE CARNES

La carne es una proteína que constituye uno de los principales tipos de alimento en la dieta de los humanos no vegetarianos o veganos; y es que, a pesar que últimamente se ha ganado vigencia en cuanto al cuestionamiento de moralidad por consumir carne proveniente de otros animales, los productos cárnicos han sido fundamentales a lo largo de la historia de la humanidad; llegando al punto de clasificarlos según sus características, como lo explica la tabla 2 (Mataix, 2008).

En efecto, (Mataix, 2008) menciona que la carne representa uno de los comestibles esenciales en la dieta humana y se puede clasificar en 2 grandes categorías de acuerdo al color: carnes rojas y carnes blancas.

Tabla 2. Tipos de carnes.

Tipo	Detalle	Especie	Propiedades
Carne Roja	El color de la carne roja se atribuye a su elevada concentración de mioglobina, debido a que guarda una estrecha relación con la hemoglobina de los glóbulos rojos. La mioglobina es habitual en la musculatura roja o estriada, y su pigmentación justifica la tonalidad de la carne rica en esta proteína.	De res, buey o ternera (bovina)	Se trata de un alimento muy rico en ácido oleico, un tipo de grasa especialmente saludable que se encuentra en el aceite de oliva, entre otros alimentos; es por esto que comer cortes de carne de res no es malo para la salud si se hace con moderación.
		De cerdo (porcina)	Utiliza para preparar alimentos como el jamón, las salchichas, el bacon o el prosciutto. Prácticamente todas las partes del cuerpo de los cerdos son susceptibles de usarse como alimento, desde la cabeza y la papada hasta las extremidades, el rabo o las gónadas e intestinos. El cerdo contiene cantidades importantes de vitamina B1; es rico en zinc y selenio
		De oveja y cordero (ovina)	Es considerada uno de los tipos más saludables; y posee altas concentraciones de nutrientes relevantes para las defensas como las vitaminas B, el selenio y el zinc, así como su proporción óptima entre ácidos grasos omega-3 y 6. No obstante, el cordero es caro en comparación con otras carnes rojas.
Carne Blanca	Las carnes blancas son relativamente pobres en mioglobina y consisten sobre todo en fibras musculares lisas.	De pollo y otras aves	Resulta suficientemente nutritiva y baja en calorías; sin embargo, como sucede con los cerdos, estos animales pueden estar alimentados de forma poco saludable e higiénica. Proviene de aves como el pavo, el pato y, sobre todo, el pollo y la gallina.
		Pescado Azul	Hace referencia a alimentos como el salmón, el atún, la sardina, el

	Se podría definir como carne blanca a todas las que no provienen de un mamífero		arenque, el pez espada o la caballa. Todos estos peces tienen en común que el porcentaje de grasa en su musculatura supera el 5% de la masa total; y tienen un alto contenido en ácidos grasos omega-3.
		Pescado blanco	Tienen una proporción baja de grasa en la musculatura, de modo que por lo general estos tipos de carne no son tan nutritivos como los pescados azules. En esta categoría se destacan, la merluza, la de lenguado, la de rape, la de gallo, la de rodaballo y la de bacalao, particularmente cuando no se ha sometido a un proceso de salazón.

Fuente: (Mataix, 2008)

1.1.3. LA CARNE DE CERDO

1.1.3.1. INTRODUCCIÓN

Velazco (2019) manifiesta que la carne porcina es una de las proteínas más consumidas, tanto como carne magra no procesada (distintos cortes de la misma), así como en otras formas tales como embutidos. En términos generales, se aceptan las siguientes características:

- Tienen un alto contenido de proteínas de un gran valor biológico.
- Un menor contenido de grasa de lo que la gente cree.
- Alto contenido de minerales como el hierro, zinc, fósforo, magnesio o potasio.
- Está muy recomendada en épocas de crecimiento y para el correcto funcionamiento muscular.

1.1.3.2. COMPOSICIÓN DE LA CARNE DE CERDO

La Revista científica de Interporc (2015) afirma que la carne de cerdo está compuesta principalmente por tejido muscular; sin embargo, el resto de componentes están directamente relacionados con varios factores, entre los que se encuentran principalmente:

- Género del animal
- Raza

- Edad
- Alimentación recibida
- Entorno en el que se desarrollo
- Las trasformaciones de la carne mediante tecnología alimentaria

En este mismo sentido, y tras un estudio realizado por Capra y colaboradores (Cap151) para determinar el tipo de componentes que integran en esta carne de cerdo, se pudo obtener que los valores medios obtenidos para los diferentes tratamientos se ubican en el rango comprendido entre 2,05 y 2,57 gramos/100 gramos de carne para carnes magras. “Los resultados posicionan favorablemente a la carne de cerdo como alimento capaz de contribuir a la salud del consumidor ya que contiene vitaminas y minerales como zinc y selenio, tal como lo indica la tabla 2, además es beneficiosa por su bajo aporte de grasa intramuscular y su riqueza en ácido oleico” (Carvajal, 2001)

1.1.3.3. CONTRIBUCIÓN ALIMENTARIA

Se ha mencionado, en términos empíricos, de que este tipo de carne suele ser mala para la salud debido al alto contenido de grasa, más aún para personas que sufren de afecciones cardiacas. Sin embargo, hay que destacar que es un alimento rico en vitamina B₁, beneficiosa para la salud cardiovascular, así como para metabolizar los carbohidratos y producir energía. Así también es evidente la presencia de riboflavina y niacina que contribuyen al correcto funcionamiento del sistema nervioso. (Carvajal, 2001)

Normalmente el cerdo adquiere grasa en su cuerpo, lo cual depende en gran medida del tipo de alimentación que el animal recibe durante su desarrollo; sin embargo, este tipo de carne también contiene, de forma natural, sustancias de naturaleza proteica que han mostrado ejercer diversos efectos fisiológicos beneficiosos para la salud. Entre estos compuestos, denominados bioactivos, se encuentran (Interporc, 2015):

- Dipéptidos
- Carnosina
- Anserina
- Glutación
- Coenzima Q10
- Creatina
- Carnitina
- Taurina
- Glutamina.

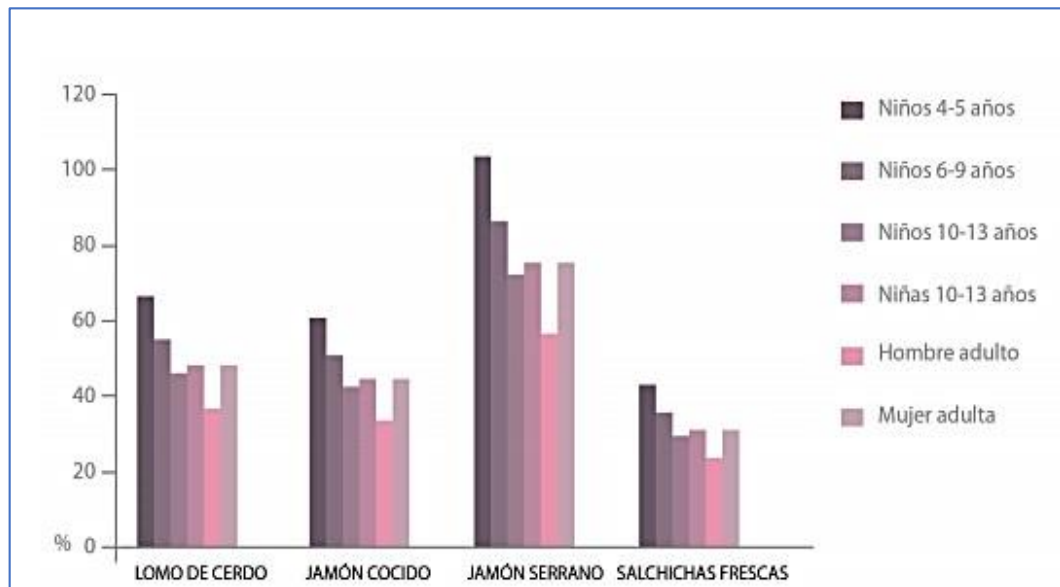


Figura 2. Contribución de la carne de cerdo a los requerimientos de proteínas en las diferentes etapas, por cada 100g de alimento (Interporc, 2015)

1.1.3.4. CLASIFICACIÓN DE LA CARNE DE CERDO

Es importante mencionar que la carne de cerdo se clasifica por sus cortes, pues a pesar de ser una carne que provenga de la misma especie o incluso del mismo individuo, existen diferencias entre corte y corte. Por lo tanto, es importante mencionar que existen cuatro tipos de cortes principales, dentro de los cuales también se engloban otros tipos (United States Department of Agriculture, 2018):

1. Paleta

- Punta de la paleta (pecho delantero), asado o filete
 - Filete de paleta (paletilla)
 - Paletilla de Boston sin hueso, asado
 - “Picnic” pernil delantero ahumado
 - Patas ahumadas
 - Carne molida de cerdo para salchichas
- ##### 2. Costillas
- Punta de la costilla/costillas de espalda
 - Tocino

3. Lomo

- Lomo entero sin hueso (cortado en forma de “mariposa”)
- Asado de lomo
- Filete de solomillo

- Solomillo, asado
- Costillas al estilo campestre
- Chuletas

4. Pierna

- Jamón/ fresco o ahumado y curado

1.1.3.5. PERFIL LIPÍDICO

Las carnes magras del cerdo de raza blanca contienen solo de 2 % al 11 % de grasa intramuscular; esto debido a que alrededor del 70 % de la grasa de la carne de cerdo es subcutánea, por lo que se puede eliminar fácilmente. Por este motivo, al compararla con el perfil lipídico necesario para una alimentación saludable, se evidencia que la carne de cerdo blanco se ajusta a este perfil; a su vez también es relevante que esta carne posea grasas del tipo *trans*.

Tabla 3. Perfil lípido, según el tipo de corte

Cortes	Chuleta		Lomo		Panceta		Salomillo		Media	Perfil Ideal
Grasa Total	29.5 g		2.65 g		46.6 g		5.1 g			
AGS	9.52 g	32.3%	0.9 g	33.9 %	15.04 g	32.3 %	2.05 g	40.2 %	34.7 %	< 33 %
AGM	12.33 g	41.8%	1.1 g	41.5 %	19.59 g	42 %	2.37 g	46.5 %	42.9%	43 – 66 %
AGP	4.51 g	15.3 %	0.65 g	24.5 %	7.13 g	15.3 %	0.44 g	8.6 %	15.9%	< 23 %

AGS= ácidos grasos saturados; AGM = ácidos grasos monoinsaturados; AGP= ácidos grasos poliinsaturados (Interporc, 2015).

1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE

1.2.1. COMPOSICIÓN DE LA CARNE

La carne tiene un elevado contenido de agua, proteínas de alto valor biológico, grasas entre un 3 y el 30%. Además, son fuente de vitaminas del grupo B, por ejemplo, B₁, B₂, equivalentes de niacina (B₃) y B₁₂; así como minerales (hierro hemo, zinc, potasio y selenio). Es por ello que es de especial importancia durante el crecimiento y la edad avanzada, particularmente

debido a que el grupo de carnes y productos cárnicos (embutidos) está compuesto por la parte blanda de distintos animales, vísceras y despojos (Alonso & Colmenero, 2014).

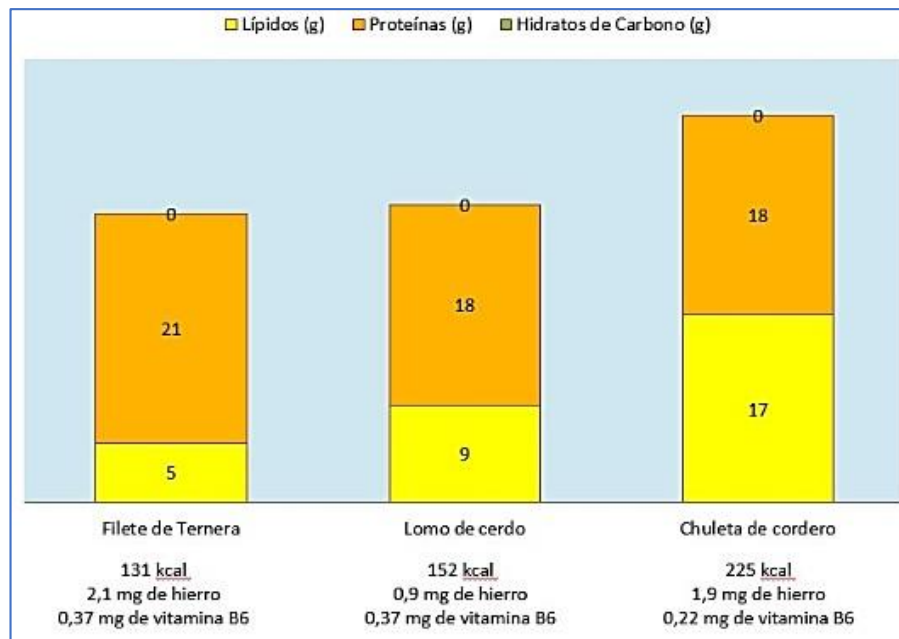


Figura 3. Composición de la carne por cada 100g. (Alonso & Colmenero, 2014)

1.3. TRIPAS

Las tripas forman parte de los órganos internos de los animales, los mismos que adoptan diferentes sinónimos, como pueden ser vísceras (se incluyen dentro de estas) o intestinos. Las más comercializadas por sus usos son las de cerdo y las de cordero. Esto se debe al uso de las mismas para preparar platillos exóticos, o a su vez para la fabricación de embutidos como las salchichas, botones, entre otros. No obstante, hay que mencionar que también existe comercialización de tripas artificiales, que son realizadas a partir de colágeno o de celulosa (Amerling, 2001).

“Su utilización se remonta al inicio del consumo de los diferentes tipos de carnes y se popularizó por el uso en conservación y transporte de productos de origen animal, dando procedencia a los diferentes embutidos que actualmente se conocen” (Melo, 2017).

Las tripas están incluidas dentro de las vísceras del animal, las mismas que se dividen en dos grupos (Moreno, 2006):

- Vísceras rojas
“Conformado por el **hígado**, el corazón, los riñones y los pulmones, que son considerados el alimento anti anémico por antonomasia”.
- Vísceras blancas
“Aquí se incluye los sesos, los callos, las mollejas o las criadillas y las tripas”.



Figura 4. Intestinos de cerdo. (Villaroel, 2020)

1.4. ESPECIAS

Se denominan especias a las plantas utilizadas como condimentos o saborizantes, las cuales han sido usadas por el hombre desde el principio de los tiempos. Las especias tienen variadas propiedades y diversas aplicaciones no solo en la gastronomía, sino también en la medicina. Esto posiblemente debido a los metabolitos secundarios o principios bioactivos presentes en los aceites esenciales (Bucay & Haiat, 2016).

1.4.1. TIPOS DE ESPECIAS

Los tipos de especias se determinan por la agrupación de las mismas, dependiendo de características particulares de las mismas (Tabla 4).

Tabla 4. Diferentes tipos de especias

Tipo	Especia	Contexto
Dulces	Clavo de Olor	Este es el botón de la flor de un árbol llamado syzgium. El sabor es entre dulce y amargo y se utiliza en bebidas como el vino caliente, en strudel de manzana o también para especiar carne de cerdo

	Vainilla	Es una especia que proviene de la vaina de una variedad de orquídea y se utiliza madura.
	Anís	Es una semilla proveniente de Asia cuya principal utilidad es hacer un licor con su sabor dulce y profundo
	Ajonjolí	Es rica en ácidos grasos insaturados y es una muy buena fuente de proteínas vegetales. Existen dos variedades: el blanco y el negro, también conocido como tahini.
	Semilla de Amapola	Denominada como poppy seeds, son uno de los ingredientes para repostería
	Pimienta Rosa	Se desarrolla en climas cálidos, lo que hace que desarrolle sabores dulces y cítricos. Se utiliza como aromatizante en postres o sazónador de carnes blancas y cerdo.
	Pimienta de Jamaica	Es una mezcla entre picante y dulce, por lo que se puede utilizar para dar profundidad a bebidas especiadas, sazonar carnes y salsas blancas.
Picantes	Cardamomo	De sabor dulce y ácido con notas picantes que predominan. Se utiliza principalmente para aromatizar bebidas y dar sabor a postres.
	Jengibre	Es antibiótico y antiinflamatorio natural, por lo que se suele consumir en infusión para evitar infecciones bucales y de garganta.
	Mostaza	Es picante y al mezclarse con vinagre y azúcar se hace uno de los aderezos más populares del mundo que marida bien con carnes rojas, cerdo y pollo.

Pimientas	Pimienta negra	Es el sazonador por excelencia de carnes rojas. El sabor es picante, por lo que se utiliza en alimentos con altos contenidos de grasa y sabor como las salmueras y los embutidos.
	Pimienta Blanca	Es menos picante que la negra o la verde, por lo que se utiliza para sazonar pollos y pescados.
	Pimienta Verde	El fruto se cosecha cuando llega al tamaño deseado, sin permitir que comience a madurar. Esto crea que el picante se concentre mucho más y pueda sazonar cortes de carne con alto porcentaje de grasa (como el New York o el T-Bone).
	Pimentón	Es una variedad de chile rojo alargado, y se utiliza para sazonar carnes de cerdo y res.
Ácidas	Paprika	Esta especia es básica en embutidos como el chorizo y la chistorra; también para dar sazón a platillos como el cocido madrileño, a base de vísceras de cerdo.
	Comino	Se utiliza en carnes rojas y potencia su sabor amargo y especiado al calentarse
	Canela	Es un gran ingrediente para hornear pan, aunque también contrasta muy bien con la carne roja.
	Enebro	Los tonos amargos de esta fruta hacen la diferencia del vodka y mezclan muy bien con sabores dulces

Fuente: Adaptado de (Green, 2007)

1.5. COTECHINO

El cotechino es un producto de origen Italiano elaborado a partir de carne magra, grasa y corteza de cerdo; con la adición de sal, pimienta y otras especias, y en algunas ocasiones vino. La mezcla de cotechino es embutida en una tripa natural o artificial (Mafood, 2019).

También se lo conoce como un producto cárnico tipo de salame (fiambre Italiano) que se cuece. Se le conoce así por la cotica o piel del cerdo, y recibe nombres locales de acuerdo al lugar de producción. Su historia se remonta a varios siglos atrás. Una leyenda dice que se creó a principios del siglo XVI por los ciudadanos de la corte de Pico Mirandola para preservar mejor la carne de los cerdos, durante el largo asedio de la ciudad por las tropas del Papa Julio II de la Rovere. El producto comenzó a extenderse hacia el final del siglo 700, cuando llegó

para reemplazar a la salchicha de color amarillo, que ya era famosa en Módena durante el Renacimiento. Su difusión en las regiones vecinas llegó con la transformación en estructuras semiindustriales de las dos primeras carnicerías famosas, Frigieri y Bellentani. Ya en el año 1800 el producto era muy popular y apreciado. El Cotechino de Módena se vende como producto fresco o cocido. En el primer caso puede ser llevado a la mesa sólo después de una cocción prolongada. El cotechino se corta y se sirve muy caliente, en combinación con platos hervidos (acompañado de la salsa verde tradicional) y puré de papas o verduras cocidas (espinacas, lentejas, col, frijoles) (Gastronoming, 2016).



Figura 5. Forma de servir el cotechino. (Melania, 2017)

“El cotechino con lentejas (Figura 5) es uno de los platos más típicos de la tradición culinaria italiana. Se consume solamente en nochevieja, pues tiene un fuerte valor simbólico ligado a esta fecha. Representa la abundancia y se sirve para desear un próspero año nuevo, especialmente desde el punto de vista económico” (Melania, 2017).

Para la manufactura de este producto, se embute en tripa natural una mezcla de piel (cotenna) de cerdo, carne (por lo general no de primera) y grasa. A la mezcla se adiciona sal, ajo y pimienta negra. En algunos productos, principalmente los de origen industrial, se incorporan también nitritos y nitratos para su conservación. Se pone la olla tapada a fuego medio y se espera hasta que rompa a hervir. Entonces se baja el fuego de forma que la tapa solo deje escapar un hilo de vapor y se deja hervir durante cuatro horas. En algunos casos se reemplaza el agua (por otra caliente) tras un par de horas (Modena, 2015).

En el caso particular del cotechino de Módena, se inicia con la molienda en una picadora con moldes característicos con agujeros que varían en tamaño de 7 a 10 mm para los alrededores de músculo y grasa, y entre 3 y 5 mm para la piel de cerdo. Continúa el desbaste y amasado en una máquina de vacío o a presión atmosférica. La mezcla resultante se embute en tripa

natural o artificial; a diferencia del Zampone, el cual está contenido en el cuero de la pata delantera del cerdo. El producto fresco se somete a un proceso adicional de secado en horno de aire caliente, mientras que el precocido se realiza en agua hirviente y se envasa en recipientes herméticamente cerrados, idóneos para el tratamiento térmico posterior en una autoclave a una temperatura mínima de 115 °C, durante un tiempo suficiente para asegurar la estabilidad del producto en las condiciones comerciales recomendadas. El cotechino debe ser de fácil cortado y mantener el corte, que debe aparecer compacto, con tamaño de grano uniforme y de color rojizo rosáceo desigual (Modena´s, 2008).

1.6. PRINCIPALES MERCADOS PARA EL COTECHINO

Teniendo en cuenta que el cotechino forma parte del grupo de embutidos, son varios los países que acogen este producto; sin embargo, y debido a la tradición misma del producto, es claro que el mercado principal es Italia. Desde el punto de vista geográfico, la mayor parte de la producción, representada por el 67%, se concentra en cuatro regiones de la Italia septentrional: Emilia Romana, Véneto y Piamonte. Esto se debe a motivos de tradición productivo-gastronómica, pues aquí nacieron los llamados distritos artesanos, y más del 71% del ganado italiano se cría en estas regiones” (Sierra, 2013). No obstante, y debido al desarrollo del mercado mismos, este producto se ha ido trasladando a otros países, como, por ejemplo, España, Alemania, Reino Unido (Fochi, 2001).

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DEL COTECHINO

2.1.1. SELECCIÓN Y DESINFECCIÓN

La materia prima para la elaboración del cotechino se desinfecta con Sulac que contiene ácido láctico y amonio cuaternario. Posteriormente, se escoge carne magra de cerdo, cuero y tocino para que brinde una mayor textura y sabor. La carne debe ser exenta de gordura, de igual manera el cuero debe ser precocido antes del troceado para una mayor ruptura del mismo y que favorezca el mezclado.

2.1.2 PESADO

Escoger las especias a usar y pesar en gramos sin alterar los porcentajes, un gramo podría alterar la aceptación sensorial e introducir variaciones en el diseño experimental del producto.

2.1.3 TROCEADO

Colocar la carne y tocino congelado a -15°C por 48 horas, seguidamente trocearla y colocarla en el molino cuando haya alcanzado aproximadamente los -3°C . Triturar hasta obtener pedazos homogéneos. Este proceso se debe realizar rápidamente para no variar la temperatura, ya que se podría desnaturalizar las proteínas.

2.1.4 MEZCLADO

Se adiciona la carne, el cuero y el tocino, acompañado de la sal y se trata de obtener una masa homogénea; posteriormente, se adiciona el ajo y la pimienta, y se agita hasta obtener una masa consistente. Finalmente se agrega el nitrato de sodio.

2.1.5 EMBUTIDO

La masa obtenida en el mezclado se traslada a la embutidora y se embute en tripa natural de cerdo y finalmente se amarra con hilo a la medida deseada.

2.1.6 ALMACENADO

El producto terminado se procede a empacar al vacío y almacenar en refrigeración a una temperatura de 4°C para una mayor vida útil.

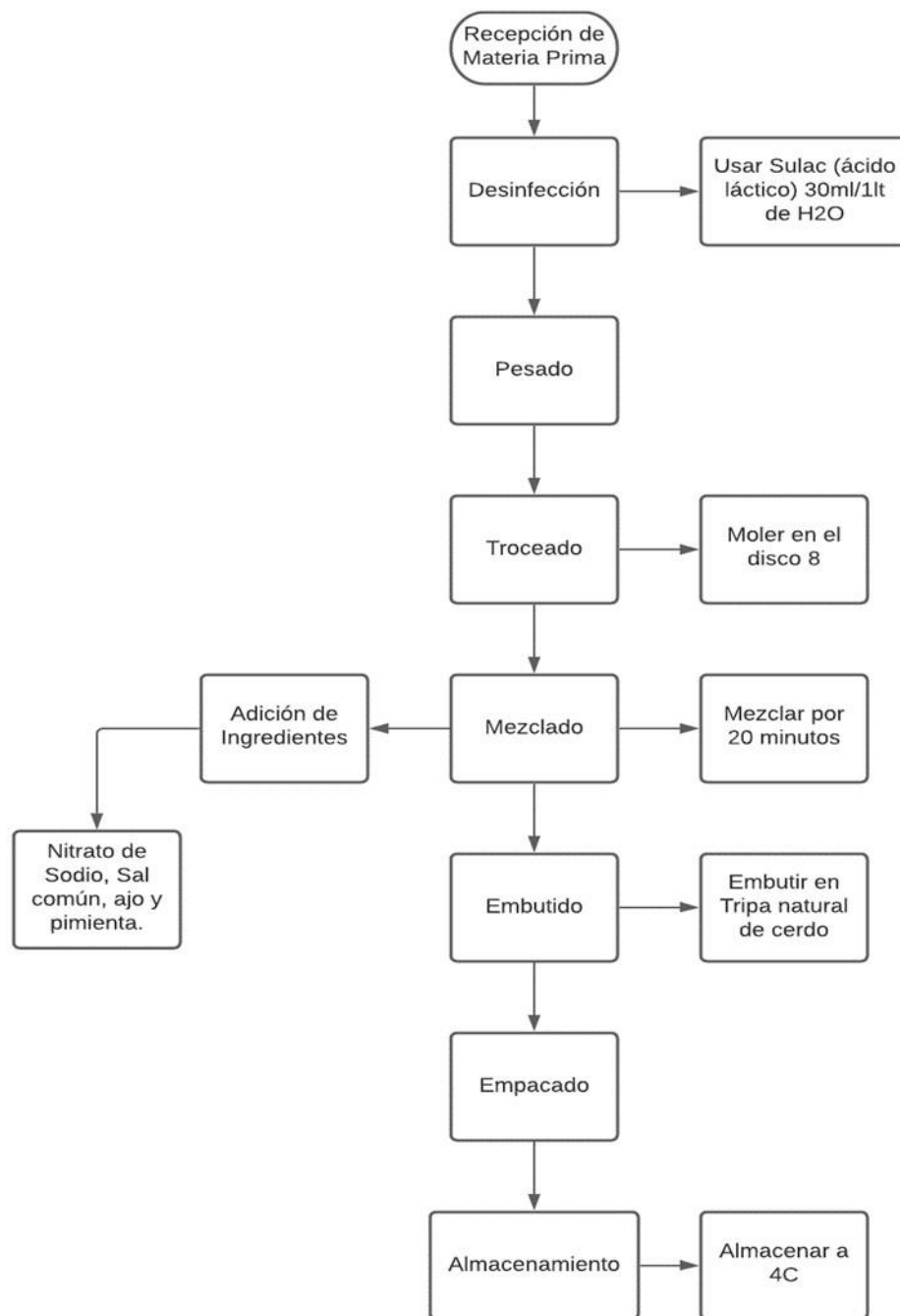


Figura 6. Diagrama de flujo para la elaboración del producto cárnico de Cotechino

2.2. CONTROL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN

Durante el control del proceso de elaboración del producto, se debe tener en cuenta la temperatura de la masa ya que podría alterar las características organolépticas del cotechino. El aroma y la textura son también parámetros fundamentales de control para obtener lo

deseado. Adicionalmente, se debe tomar en cuenta la consistencia del cuero, que es el factor que da la diferencia al producto y del mismo depende la textura. Por otro lado, el aroma se debe manejar con la pimienta y el ajo en diente que son los causantes de los cambios relacionados en la masa del cotechino y que van ayudar a que durante la maduración se obtenga mayor sabor y aroma en el producto.

2.3. ANÁLISIS SENSORIAL Y EVALUACIÓN

El análisis sensorial se desarrolló a través de un panel de catación conformado por 15 personas adultas, entre hombres y mujeres de diversas edades. Estas personas son las encargadas de evaluar cada una de las características organolépticas del cotechino. Con este panel se realizó un entrenamiento previo sobre la forma en la que se debe realizar la evaluación. De esta manera se espera minimizar el error debido al efecto del catador. Para cada aspecto sensorial se utilizó una escala ordinal de 0 a 3 puntos, donde 0 es la puntuación más baja y 3 la puntuación más alta. Cada experimento se evaluó en diferentes días de maduración de acuerdo al diseño experimental planificado.

Para diseñar la ficha de catación se realizó varias pruebas preliminares, donde se escogió la que mayores resultados proporciona. A continuación, se presenta la ficha de catación que se utilizó para la valoración sensorial del producto:

Universidad del Azuay
Facultad Ciencia y Tecnología Ingeniería
en Alimentos

Nombre:

Experimento:

Ficha de catación – Cotechino

Primera Impresión	
Buena	
Regular	
Mala	

Color	Nada 0	Poco 1	Normal 2	Alto 3
Pálido				
Oscuro				
Rosado				

Olor	Nada 0	Poco 1	Normal 2	Alto 3
Agradable				
Rancio				
Ácido				
Amoniaca				

Textura	Nada 0	Poco 1	Normal 2	Alto 3
Blanda				
Elástica				
Fibrosa				
Gomosa				
Jugosa				

Sabor	Nada 0	Poco 1	Normal 2	Alto 3
Salado				
Picante				
Acido				
Amargo				

Regusto	
Bueno	
Regular	
Malo	

¡Gracias por su colaboración!

2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas cuyo objetivo es mejorar la eficiencia de un proceso productivo y de la calidad del producto con un número reducido de pruebas. Como consecuencia se logra un costo económico menor y un tiempo dedicado a la experimentación más reducido que el gastado sin aplicar estas técnicas. La forma tradicional de mejorar la eficiencia de un proceso y de la calidad del producto prevé la variación de un solo factor involucrado en el proyecto a la vez. Esta metodología impide totalmente la identificación de las interacciones entre los factores (Mandeville, 2012).

Por esta razón es necesario utilizar una metodología multivariable para obtener mejoramientos significativos del producto y/o del proceso de producción. El conjunto de estos métodos se denomina "Diseño Experimental" (DOE). Para utilizar esta estrategia, es necesario reportar todos los factores del proceso en una única unidad de medida. Esta transformación se conoce generalmente como "codificación de las variables naturales" o escalado de las variables. La forma más utilizada para codificar las variables es el escalado de rango en el cual el mínimo nivel tiene valor -1 y el máximo nivel +1

$$x' = 2 \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} - 1$$

donde x' es la variable codificada; x es la variable original. Este tipo de escalado permite una fácil interpretación del efecto de los factores sobre el resultado en cuanto los efectos se cuantifican directamente por los coeficientes del modelo.

La estrategia experimental se presenta en el diagrama de flujo de la figura No 7.

Primera fase: definición del problema y

Selección de los factores “Razonablemente”
involucrados

Segunda fase: mejoramiento con diseño
experimental oportuno (generalmente de dos
niveles)

Tercera fase: optimización mediante diferentes
técnicas (máxima pendiente, simplex, superficie de
respuesta etc.)

Cuarta fase: validación para confirmar el resultado
óptimo

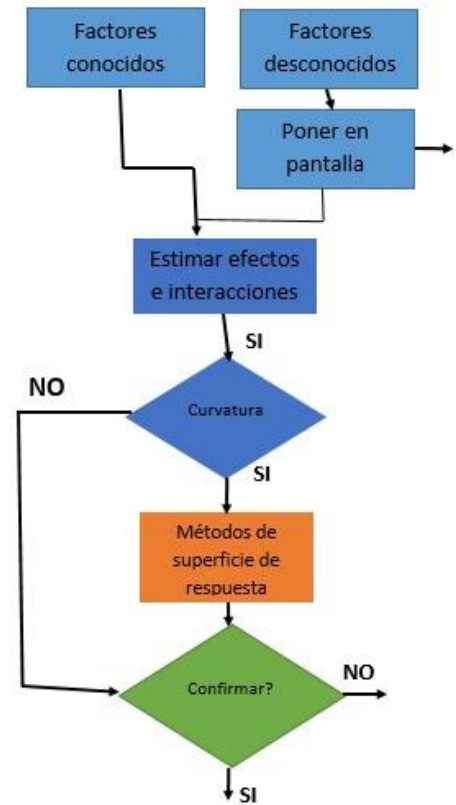


Figura 7.- Estrategia de la experimentación.

El diseño factorial de dos niveles, es el mejor instrumento para la formulación óptima del cotechino, en cuanto revela cuales factores productivos estudiados son realmente significativos en el proceso y/o en la calidad del producto. El número de experimentos a efectuarse en un diseño factorial completo de dos niveles depende del número de factores estudiados, aumenta en función de este número (k) de la siguiente forma:

$$N=2^k$$

Por lo tanto, cuando los factores en estudios son muchos se intenta estudiar el problema con un número de pruebas reducido con respecto a las necesarias para un diseño factorial completo. Naturalmente una reducción del número de pruebas puede proporcionar resultados con una inevitable limitación de aislar todos los efectos posibles, especialmente las interacciones entre factores.

Por ejemplo, para estudiar 7 factores se podrían efectuar solamente ocho pruebas, pero esta drástica reducción no permite separar los efectos principales de las interacciones entre dos o más factores. Este nivel de reducción (nivel III) produce datos que pueden ser estadísticamente significativos, pero, en la realidad, poco eficaces.

Para obtener la separación de los efectos principales de las interacciones entre dos factores, es necesario aumentar la capacidad de resolución del diseño (nivel IV) aumentando el número de puntos experimentales (Izquierdo, Tanco, Viles, Alvarez, & Arjona, 2007).

En general se utilizan diseños factoriales de dos niveles con estas dos opciones:

- 1) Diseños factoriales fraccionarios (2^{k-p}) donde k es el número de factores y p es el fraccionamiento.
- 2) Diseños de Plackett-Burman

En este estudio se han utilizado los diseños de Plackett-Burman (1946) que son diseños de dos niveles estudiados con un número de pruebas que aumenta de múltiplos de 4.

2.5 DISEÑOS DE PLACKETT-BURMAN

Cuando los factores a estudiar en la fase de exploración son bastante numerosos, es necesario recurrir al uso de un tipo de diseño que con un número limitado de experimentos sea capaz de estimar la significancia de los efectos principales (renunciando a la estimación de los efectos de interacción). Los diseños de Plackett-Burman corresponden a los diseños factoriales fraccionados de resolución III, es decir, diseños en los que los efectos principales se confunden con las interacciones de segundo orden (Todeschini, Consonni, & Ballabio, 2019). Estos diseños permiten únicamente un modelo aditivo de primer orden:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k$$

Los diseños de Plackett-Burman se basan sobre las matrices de Hadamard (H_n), es decir matrices ortogonales cuadradas que cumplen las siguientes propiedades:

- Son matrices de dimensión $n \times n$.
- Sus elementos son únicamente -1 o $+1$.
- Satisfacen la relación $H^T H = nI$, donde n es el número de experimentos e I es la matriz identidad.

Las columnas de la matriz H_n son ortogonales entre sí, exactamente como las columnas de un diseño factorial completo. De hecho, las matrices de los diseños factoriales completos y de los diseños factoriales fraccionados son matrices de Hadamard.

Plackett y Burman han demostrado que se pueden construir matrices de Hadamard para $n = 4, 8, 12, 16, 20, 24$, es decir, para cualquier múltiplo de 4. Así, estos autores han determinado la primera fila de estas matrices (línea generadora), a partir de la cual se obtienen las demás

líneas mediante una permutación cíclica a partir de la línea generadora y colocando en la última fila (exactamente igual a la fila generadora) todos los elementos -1. Por ejemplo, la línea generadora para $n = 8$ es la siguiente:

Tabla 5. Línea generadora para $n = 8$

+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1
----	----	----	----	----	----	----

Al aplicar la permutación cíclica y fijar todos los elementos de la última fila en -1, se tiene la matriz correspondiente, tal como se presenta en la Tabla 5

Tabla 6. Matriz de Plackett-Burman para $n = 8$.

+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1
+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1
+1	-1	+1	-1	-1	+1	+1
-1	+1	-1	-1	+1	+1	+1
+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1
-1	-1	+1	+1	+1	-1	+1
-1	+1	+1	+1	-1	+1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Para utilizar los diseños de Plackett-Burman es necesario efectuar número de experimentos múltiplo de 4. Si el número de factores es menor al múltiplo de n , se usan factores ficticios (dummy), de tal forma de completar la matriz del diseño. Los factores ficticios no hacen referencia a ningún factor experimental controlable, por lo que se pueden asociar a variables no controlables (influyen de forma casual sobre la respuesta).

2.6. ANÁLISIS SENSORIAL

La evaluación sensorial es una ciencia que nace en la década de los años 40 del siglo XX, como respuesta a la falta de sistematización y objetividad que existía al evaluar los alimentos que se elaboraban en esa época. A medida que aumentaban los volúmenes de producción y que aparecían más productos en el mercado, se empezó a observar que se requería de metodologías que permitieran obtener resultados objetivos a través de los cuales se pudieran sacar conclusiones. Con el análisis sensorial podemos conocer la opinión de los consumidores, la cual es de relevante importancia en los mercados actuales. (Pérez, 2018) En estos últimos años se ha observado que los consumidores tienden a otorgar mayor importancia a la calidad de los alimentos que consumen, interesándose no solo por el valor nutritivo si no por el grado de satisfacción y placer que les brindan. A través del análisis

sensorial se puede obtener información valiosa para la inserción de un producto al mercado. Así mismo, con la misma herramienta, podemos conocer las características del producto y cuáles serán las más influyentes en el momento de compra. Es decir, más allá del objetivo de saciar el placer del consumidor, se puede conocer que atributos o necesidades se deben satisfacer y en qué medida (R, Consonni, & Ballabio, 2019).

La respuesta de cada experimento representa la aceptación por parte del panel del producto obtenido bajo las condiciones experimentales del mismo experimento. La respuesta está constituida por los siguientes aportes:

- 1) Primera impresión
- 2) Color (Pálido, Oscuro, Rosado, Rojo)
- 3) Olor (Agradable, Rancio, Desagradable, Ácido, Amoniacal)
- 4) Textura (Reseca, Blanda, Elástica, Fibrosa, Dura, Gomosa, Jugosa)
- 5) Sabor (Salado, Agradable, Picante, Ácido, Amargo, Insípido)
- 6) Regusto

Para cada atributo sensorial se calculó la mediana de las evaluaciones del grupo de catación. Los datos sensoriales se expresaron en escala ordinal.

2.7. MÉTODOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO

Es importante el uso de estrategias que permitan tomar decisiones en función de criterios múltiples (respuestas), es decir, métodos de decisión multicriterio. Por ejemplo, en el campo de la ciencia de los alimentos, se puede citar la preferencia de un cierto producto que se encuentra en función de los atributos sensoriales: color, olor, sabor, textura, impresión visual; cada una de las cuales puede ser descrita a su vez por sub atributos. Estos métodos buscan jerarquizar los diferentes objetos (muestras, experimentos u opciones), mediante un algoritmo matemático que permite modular cada criterio en estudio y que permitan transformarlo en un criterio de optimalidad e importancia (ponderación), como lo explica la tabla 6 (R, Consonni, & Ballabio, 2019). Uno de estos enfoques son las funciones de utilidad. Este enfoque se basa en seleccionar una función de modulación (Figura 9) para cada atributo y realizar un cambio a escala unitaria.

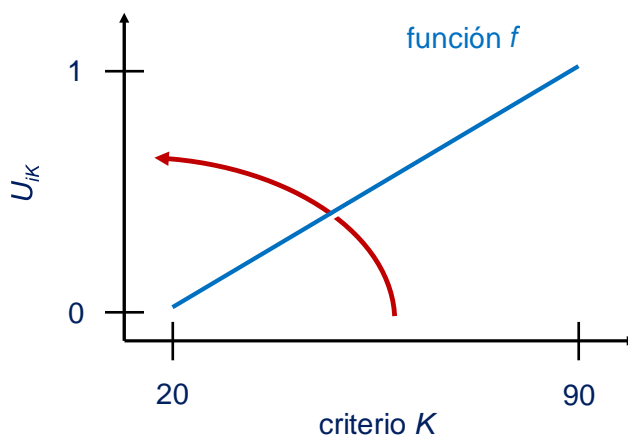


Figura 8. Funciones de decisión de criterio múltiple

El algoritmo matemático resulta:

$$d_{ik} = f_k(y_{ik}) \quad 0 \leq d_{ik} \leq 1$$

la utilidad global, U_i , se obtiene mediante la media aritmética de las funciones de utilidad individual:

$$U_i = \frac{\sum_{k=1}^K d_{ik}}{K} \quad 0 \leq U_i \leq 1$$

Una función de utilidad d_{ik} igual a cero no penaliza completamente a la función de utilidad global U_i . Existe una tabla empírica de valores de la función de utilidad propuesta por Harrington (Harrington, 1965):

Tabla 7. Umbrales sugeridos y evaluaciones para las funciones de utilidad.

Escala de D	Evaluación de calidad
1.00	La mejora más allá de este punto no tiene preferencia
1.00-0.80	Aceptable y excelente
0.80-0.63	Aceptable y bueno
0.63-0.40	Aceptable pero pobre
0.40-0.30	Límite
0.30-0.00	Inaceptable
0.00	Completamente inaceptable

2.8. OPTIMIZACIÓN

Una estrategia para la optimización de varios factores es el método de la máxima pendiente, (Lewis, Mathieu, & R., 1999) el cual se fundamenta en una búsqueda secuencial del valor óptimo. Este método utiliza las pendientes (coeficientes) de los factores significativos acoplados con ciertos incrementos Δx que generarán incrementos (o decrementos) en la respuesta Δy . El algoritmo matemático parte del modelo del diseño experimental:

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j x_j$$

$$y + \Delta y = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j (x_j + \Delta x_j)$$

El incremento en la respuesta resulta:

$$\Delta y = \sum_{j=1}^k b_j \Delta x_j$$

Para obtener el máximo incremento Δy , cada variable x_j debe ser modificada por un incremento Δx_j proporcional al coeficiente b_j :

$$\Delta x_j = \frac{\Delta y}{b_j}$$

De forma matricial se tiene:

$$\begin{bmatrix} \Delta y_1 \\ \Delta y_2 \\ \Delta y_3 \\ \dots \\ \Delta y_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1k} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2k} \\ b_{31} & b_{32} & \dots & b_{3k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{k1} & b_{k2} & \dots & b_{kk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \Delta x_3 \\ \dots \\ \Delta x_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \dots \\ b_k \end{bmatrix}$$

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

Los factores estudiados y los correspondientes niveles se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 8. Condiciones experimentales de los diversos factores para el diseño de Plackett-Burman

Nivel	A	B	C	D	E	F
+1	300	700	300	18	1.5	7
	Cuero	Carne	Tocino	Sal	Pimienta Negra	Ajo
-1	150	500	150	12	0.5	3

La matriz de los experimentos en variables codificadas se presenta a continuación: **Tabla 9.** Matriz del diseño de Plackett-Burman

Cuero	Carne	Tocino	Sal	Pimienta Negra	Ajo
A	B	C	D	E	F
1	-1	1	-1	-1	-1
1	1	-1	1	-1	-1
-1	1	1	-1	1	-1
1	-1	1	1	-1	1
1	1	-1	1	1	-1
1	1	1	-1	1	1
-1	1	1	1	-1	1
-1	-1	1	1	1	-1
-1	-1	-1	1	1	1
1	-1	-1	-1	1	1
-1	1	-1	-1	-1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1

Para cada experimento el panel de los catadores ha examinado las siguientes características:

Tabla 10. Características examinadas por los catadores.

Primera Impresión	Color				Olor					Textura						Sabor					Regusto		
	Pálido	Oscuro	Rosado	Rojizo	Agradable	Rancio	Desagradable	Ácido	Amoniaco	Resaca	Blanda	Elástica	Fibra	Dura	Gomosa	Jugosa	Salado	Agradable	Picante	Ácido		Amargo	Insípido

En seguida, se calcularon las medianas para los catadores para cada característica en todos los experimentos:

Tabla 11. Cálculo de medianas para los catadores.

Experi mentos	Prim era Impr esión	Color				Olor					Textura							Sabor					Reg ust o	
		Pá lido	Os curo	Ro sado	R oj o	Agra dable	Ra nci o	Desag radable	Ác ido	Amo niac al	Re seca	Bla nda	Elá stica	Fib rosa	D ura	Go mosa	Ju go sa	Sal ado	Agra dable	Pic ante	Ác ido	Am argo		Insí pido
1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
2	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	1	1	0	0	0	0	2
3	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	2
4	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	2	0	0	0	0	2
5	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	0	2	0	0	0	0	1
6	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	1	2	0	0	0	0	1
7	2	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	1	2	0	2	2	1	3	0	0	0	0	2
8	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	1	2	1	1	0	0	0	0	2
9	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	2	1	2	0	0	0	0	2
10	2	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	2	1	0	0	0	2
11	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	2	0	1	0	0	0	0	1
12	2	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	1	0	0	0	1	1

Posteriormente, se han calculado las funciones de Utilidad total para cada experimento bajo los criterios presentados en la metodología. Para el cálculo se ha utilizado el programa libre DART 2.05 (Taleta y JRC, 1960)

En la siguiente tabla 9, se presenta la matriz del modelo y los valores de las funciones de utilidad para cada experimento (respuestas). Esta matriz se obtiene, en este caso, adicionando una columna de 1 que representa la intercepción del modelo lineal.

Tabla 12. Matriz del modelo y los valores de las funciones de utilidad para cada experimento

	Cuero	Carne	Tocino	Sal	Pimienta Negra	Ajo	y
I	A	B	C	D	E	F	Utilidad
1	1	-1	1	-1	-1	-1	0.585
1	1	1	-1	1	-1	-1	0.68
1	-1	1	1	-1	1	-1	0.604
1	1	-1	1	1	-1	1	0.679
1	1	1	-1	1	1	-1	0.585
1	1	1	1	-1	1	1	0.657
1	-1	1	1	1	-1	1	0.692
1	-1	-1	1	1	1	-1	0.574
1	-1	-1	-1	1	1	1	0.658
1	1	-1	-1	-1	1	1	0.586
1	-1	1	-1	-1	-1	1	0.53
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.505

Posteriormente se calcularon los coeficientes del modelo de regresión, que se presentan a continuación en la tabla N°10

Tabla 13. Valores obtenidos de los coeficientes de regresión.

I	Cuero	Carne	Tocino	Sal	Pimienta Negra	Ajo
0.61125	0.01741667	0.01341667	0.02058333	0.033416667	-0.000583333	0.02241667

Para detectar los factores significativos se ha construido el Normal Probability Plot, el mismo que se establece sobre el hecho estadístico que si todas las respuestas fuesen casuales, es decir, no influenciadas por algún factor; los coeficientes se distribuirían en forma normal con

promedio igual a cero; en el gráfico coeficiente vs. probabilidad, estarían todos en una recta, y, por el contrario, si existe uno o más coeficientes significativos estos estarían fuera de la recta. A continuación, se presenta la recta en la Figura 9.

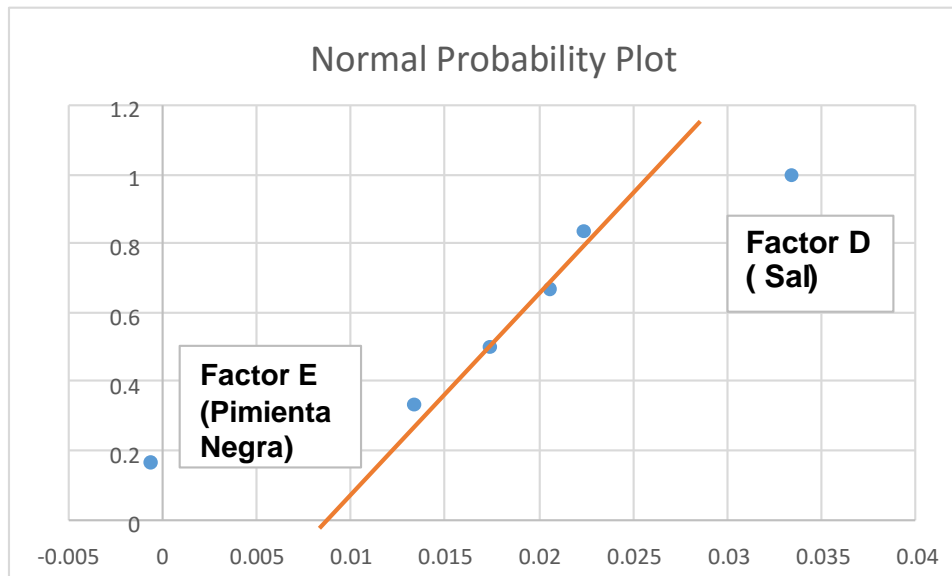


Figura 9. Gráfico de probabilidad normal para identificar los factores significativos

Entonces, se puede observar en la gráfica que resultan como factores significativos la pimienta negra con un coeficiente negativo y la sal con coeficiente positivo.

Así mismo, la respuesta del experimento **No 7** es la que tiene un valor sobresaliente (0.692) lo que evidencia las siguientes condiciones:

La pimienta es baja y la sal es alta. Entonces, para optimizar el producto se debería reducir la cantidad de pimienta y aumentar la cantidad de sal.

3.1. RESULTADOS DE LA OPTIMIZACIÓN

Los resultados anteriores indican que el experimento N° 7 es el mejor entre todos los realizados; para detectar si partiendo de la composición de este producto se puede obtener una composición óptima se ha aplicado el método de búsqueda del mejor experimento mediante máxima pendiente.

Utilizando los factores escalados significativos del experimento N° 7 se han calculado las nuevas condiciones para averiguar si es posible obtener un producto mejor que el del experimento N°7. Las nuevas condiciones se obtienen poniendo el paso k igual a 1 y resolviendo:

$$x_1 = 1 + 0.0334k$$

$$x_2 = 1 - 0.0005k$$

Se obtiene x_1

$= 1.0334k$ $x_2 =$

$1.0005k$

Que reportado en valores no codificados produce una cantidad de sal de 18.1 g y pimienta picante de 0.499 g. Entonces, se realizó un nuevo experimento con los nuevos valores de las dos variables, mientras que las demás que no son significativas se dejaron con los mismos valores del experimento N°7.

Para establecer la respuesta de este nuevo experimento se ha procedido a realizar exactamente los mismos pasos tal como en los diseños iniciales y se ha logrado obtener el nuevo valor de la función de utilidad:

Función de Utilidad experimento N°16 = 0.619. La posición de este valor en el ranking de todos los resultados se presenta en el diagrama de Pareto de la figura N° 10.

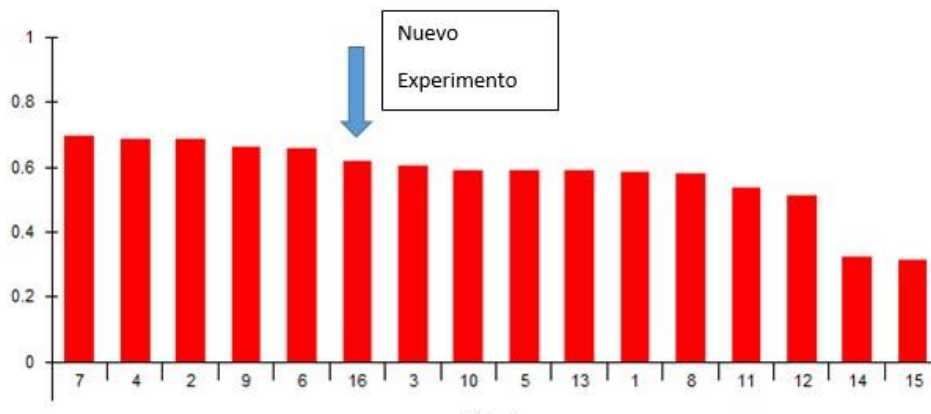


Figura 10. Ranking de las utilidades de los productos injertando el valor experimental del nuevo producto.

Por el contrario, se nota que no existió mejora en la aceptación (utilidad del producto) es decir, se ha obtenido un peor resultado en comparación con el del mejor experimento del cual se ha originado, por lo que se concluye que la mejor formulación es la del experimento N°7

CAPÍTULO 4

DISCUSIÓN

El diseño factorial de Plackett-Burman de dos niveles, muestra los valores significativos del modelo optimo que sirve para demostrar cual es el mejor experimento dentro del diseño experimental y de la misma forma descartar los malos experimentos de este estudio.

En este estudio ortogonal de nivel de resolución IV se efectuó 12 experimentos, en el cual se implementaron tres réplicas del experimento principal y a partir de ello se repitió un experimento adicional como parte final del estudio. El experimento N°7 que aparentemente sería el más apropiado ya que la superficie mayor de respuesta expresada por la función de utilidad como se puede evidenciar claramente en la tabla N°12, revela un resultado de (0.692); el mismo que sobresale en comparación a los valores de los 11 experimentos restantes que se obtuvieron valores más bajos.

Por otro lado, en la figura N°9 se observa la construcción de una gráfica (coeficiente vs probabilidad) la cual sirve para detectar si existen o no valores significativos en los experimentos realizados. Esta gráfica nos demuestra que los condimentos utilizados en la elaboración del cotechino tienen una distribución normal, con excepción de la pimienta negra y la sal. Por lo tanto, al quedar fuera de la recta, se demuestra que, existen dos factores significativos, es decir, la pimienta negra tiene un coeficiente negativo y la sal un coeficiente positivo. Entonces, la pimienta se encuentra en cantidades bajas, mientras que la cantidad de sal es elevada. Por lo tanto, para optimizar el experimento N°7 se debería reducir la cantidad de pimienta y aumentar la cantidad de sal.

Entonces, se procedió a elaborar un nuevo experimento donde se deseaba comprobar que, si cambiando las cantidades de las variables significativas se podía obtener un mejor producto, por lo que se cambiaron las cantidades de Sal a 18.1 gr y de pimienta a 0.499 gr, mientras que las variables no significativas se mantuvieron en las mismas cantidades que el experimento N°7, seguidamente se procedió a aplicar el método de máxima pendiente.

Para establecer la respuesta de este nuevo experimento se procedió a realizar los mismos pasos tal como en los diseños iniciales. La figura N°10 nos revela el nuevo valor de la función de utilidad, obteniendo un resultado de 0.619, es decir se encuentra en el puesto número seis mientras que el experimento N°7 se mantiene en primer lugar con el valor más alto (0.692), por lo que se determina que el mejor experimento de los 16 realizados en este estudio continúa siendo el N°7.

CONCLUSIONES

En conclusión, en esta investigación se logró demostrar que el diseño experimental es una herramienta fundamental para la optimización y el desarrollo de productos nuevos e innovadores tanto en el campo industrial como en el procesamiento de alimentos.

A través del diseño factorial 2^2 y de los métodos de decisión multicriterio se desarrolló y optimizó la formulación de un producto cárnico llamado "cotechino" a base de carne de cerdo con tripa natural, definiendo como variables significativas de estudio la relación sal/pimienta.

Las evaluaciones sensoriales se hicieron a 7 hombres y 8 mujeres en un rango de edad comprendido entre 20 a 50 años. Al analizar el perfil sensorial de este producto cárnico se obtuvo que:

La variable significativa que afecta de forma antagónica al cotechino fue la relación sal/pimienta, es decir, entre más baja es la sal y más alta la pimienta mayor es su aceptabilidad sensorial.

La formulación del cotechino optimizado quedó con la siguiente formulación:

Carne de cerdo: 59.55 %

Tocino: 25.52 %

Cuero: 12.76 %

Sal: 1.53%

Pimienta negra: 0.04 %

Ajo: 0.60 %

Las condiciones de maduración fueron de 4 días a 4° grados centígrados.

Se obtuvo un producto de características sensoriales aceptables, con un precio de 6,69\$/Kg teniendo un precio bastante accesible en comparación a los productos madurados que se encuentran en el mercado actual que sobrepasan los 10.99\$/Kg.

Cabe recalcar que la materia prima fue adquirida en la ciudad de Piñas, en la empresa de embutidos "Don Belisario".

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, B. O., & Colmenero, F. J. (2014). *Alimentos cárnicos funcionales: desarrollo y evaluación de sus propiedades saludables*. Madrid, España. Obtenido de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112014000600001
- Amerling, C. (2001). *Tecnología de la carne*. Madrid, España. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=9NweMkWe9VEC&pg=PA170&dq=que+es+la+tripa+natural+de+cerdo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiS9a7gr5HzAhXUSzABHTVMCbAQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=que%20es%20la%20tripa%20natural%20de%20cerdo&f=false>
- Bucay, W., & Haiat, W. (2016). Las especias o condimentos vegetales. ¿Sólo saborizantes o también remedios medicinales? *Medigraphic*, 23. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/anaotomex/aom-2016/aom163f.pdf>
- Carvajal, G. (2001). *Valor nutricional de la carne de: res, cerdo y pollo*. (CORFOGA, Ed.) San Jose, Costa Rica. Obtenido de <http://www.corfoga.org/images/public/documentos/pdf/Corfoga2001.pdf>.
- ESPAE, & ESPOL. (Febrero de 2016). *Escuela Politecnica del Litoral*. Obtenido de ESTUDIOS INDUSTRIALES ORIENTACIÓN ESTRATÉGICA PARA LA TOMA DE DECISIONES: <https://www.espae.espol.edu.ec/wpcontent/uploads/2016/12/industriaganaderia.pdf>
- FAO. (2010). *Carne y Productos Cárnicos*. Recuperado el 2020, de <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html#:~:text=La%20carne%20es%20el%20producto,como%20peque%C3%B1as%20cantidades%20de%20carbohidratos>.
- FAO. (12 de Junio de 2020). *La FAO estima que en 2020 se reducirá la producción mundial de carne en un 1,7%*. Obtenido de <https://www.agrolatam.com/nota/41333-la-faoestima-que-en-2020-se-reducira-la-produccion-mundial-de-carne-en-un-1-7/>
- FAOSTAT. (2013). Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#search/consumo%20percapita%20carnicos%20>
- Fochi, G. (20 de Abril de 2001). *El secreto de la química*. Milán, Italia. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=ETqC3NmtrssC&pg=PA78&dq=embutidos+italianos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjptIHxv5HzAhUsRDABHSjpbQIQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=embutidos%20italianos&f=false>
- Green, A. (2007). *El Libro de Las Especias: Hierbas Aromáticas Y Especias*. Barcelona, España: Robinbook. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=u_H8R3fdi8IC&pg=PA118&dq=tipos+de+especias+para+embutidos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwis_Nu8uJHzAhWeRzABHfj9DuwQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q=tipos%20de%20especias%20para%20embutidos&f=false

- Harrington, E. (1965). *The Desirability Function*. Industrial Quality Control.
- Interporc. (2015). LA CARNE DE CERDO DE CAPA BLANCA. *Revista científica Interprofesional porcino de capa blanca- Interporc*, 20. Recuperado el 2020, de https://www.interporc.com/revista_cientifica_simposio.pdf
- Izquierdo, I., Tanco, M., Viles, E., Alvarez, A., & Arjona, M. (2007). El diseño de experimentos como herramienta para la mejora de los procesos. Bogotá, Colombia. Obtenido de Redalyc: <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257021012011.pdf>
- Lewis, G., Mathieu, A., & R., R. P.-T.-L. (1999). *Pharmaceutical experimental design*. Marcel Dekker, Inc.
- Mafood. (2019). Cotechino Modena. *Modena's traditional food products*. Recuperado el 2020, de <http://www.mafood.it/es/wikifoodia/fiambres/cotechino/>
- Mandeville, P. (25 de 10 de 2012). Diseños experimentales. Monterrey, México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/402/40223164022.pdf>
- Mataix, J. (2008). *Nutrición para educadores*. Barcelona, España. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=Ow5O1EQzqHAC&pg=PA270&dq=tipos+de+carne+rojas+y+blancas&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwizYSLtZHzAhURDABHSgyC6UQ6AF6BAGJEAI#v=onepage&q=tipos%20de%20carne%20rojas%20y%20blancas&f=false>
- Melania, R. (2017). COTECHINO CON LENTEJAS: EL PLATO TÍPICO DE NOCHEVIEJA. *ItalianTraditions*. Recuperado el 2020, de <https://www.italiantraditions.com/es/cotechino-con-lentejas-el-plato-tipico-de-nochevieja/>
- Melo, H. (2017). *APROVECHAMIENTO DE LAS VÍSCERAS DE LOS ANIMALES QUE SE DESPOSTAN EN EL CAMAL DE LA CIUDAD DE AMBATO*. Ambato: UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES. Recuperado el 2020, de <http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/6427/1/PIUAESCO212017.pdf>
- Modena, C. (10 de 12 de 2015). *Coonsorcio Zampone Modena*. Obtenido de <https://www.modenaigp.it/wp-content/uploads/2015/12/Ricettario-CotechinoIGP.pdf>
- Modena's, t. (10 de 09 de 2008). *Cotechino Modena*. Obtenido de <http://www.mafood.it/es/wikifoodia/fiambres/cotechino/>
- Moreno, B. (2006). *Higiene e Inspección de carnes*. León, España. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=aOuMC7Dm59kC&pg=PA612&dq=tripas+visceras+rojas+y+blancas&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjZ3vmhk5jzAhXIIITQIHtFAAUMQ6AF6BAGFEAI#v=onepage&q=tripas%20visceras%20rojas%20y%20blancas&f=false>
- Pavan, M., & Todeschini, R. (2008). Data Handling in SCIENCE AND TECHNOLOGY SCIENTIFIC DATA RANKING METHODS. En *THEORY AND APPLICATIONS*. Elsevier.
- Pérez, P. S. (2018). *Que es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?* Ciudad de México, México. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/interdi/v7n19/2448-5705interdi-7-19-47.pdf>

- R, T., Consonni, V., & Ballabio, D. (2019). *La metodología della ricerca sperimentale*. Milano, Italia: The Netherlands: Elsevier.
- Sierra, C. (2013). *ITALIA: Mercado de jamones y embutidos*. Obtenido de https://www.camaravalencia.com/camaraonline/docs/Mercado_jamones_y_embutado_Italia.pdf
- Talete y JRC, I.-I. (1960). The JRC in Ispra (Italy). Italia: EU SCIENCE HUB.
- Todeschini, R., Consonni, V., & Ballabio, D. (2019). *La metodología della Ricerca Sperimentale* (3era ed.). Milano, Italia: Milano Chemometrics and QSAR Research Group.
- United States Department of Agriculture. (2018). Inocuidad de la Carne de Cerdo Desde el Criadero Hasta la Mesa del Consumidor. *USDA*. Obtenido de <https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/informational/enespanol/hojasinformativas/preparacion-de-las-carnes/inocuidad-carne-decerdo/inocuidad-de-la-carne-de-cerdo>
- Vargas, C. A. (Noviembre de 2018). *Instituto de investigaciones agropecuarias y recursos naturales*. Obtenido de Importancia nutricional de la carne: http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v5nEspecial/v5_a08.pdf
- Velazco, V. (2019). *OMPOSICIÓN DE CARNE DE CERDO EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN NATURAL*. Chile. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0719-38902019000300261&lng=pt&nrm=iso
- Villaroel, E. (2020). *Tripas de Cerdo*. Obtenido de <https://www.evillarroel.com/tripas-decerdo/>

ANEXOS



Anexo 1. Control de la temperatura durante la cocción del Cotechino



Anexo 2. Catación de uno de los experimentos de Cotechino