

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



TITULACIÓN POR EXAMEN PROFESIONAL

Trabajo Monográfico:

**“PROCESO DE CONGELACIÓN DE PAVOS Y VIDA EN
ANAQUEL DE PAVOS EMPACADOS”**

Presentado por:

KATHIA LÓPEZ ANGELINO

Lima – Perú

2018

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1	PRE BENEFICIO.....	2
2.1.1	AYUNO.....	2
2.1.2	CAPTURA	2
2.1.3	PERSONAL DE CAPTURA	2
2.1.4	TRASLADO AL CAMAL.....	3
2.1.5	ZONA DE RECIBO	3
2.2	BENEFICIO	3
2.2.1	ATURSIMIENTO ELÉCTRICO	3
2.2.2	DESANGRADO	4
2.2.3	ESCALDADO.....	4
2.2.4	DESPLUMADO Y PELADO	5
2.2.5	ENFRIAMIENTO Y DESINFECCIÓN DE LA CANAL.....	5
2.2.6	MARINADO	6
2.3	EMPAQUE.....	6
2.3.1	EMBOLSADO	6
2.3.2	MATERIALES PARA EL ENVASADO AL VACÍO DE CARNE	6
2.3.3	TECNOLOGÍA DEL ENVASADO AL VACÍO	8
2.3.4	TERMO CONTRACCIÓN	9
2.4	CONGELACIÓN	10
2.4.1	PROCESO DE CONGELACIÓN DE LA CARNE.....	10
2.4.2	CARACTERÍSTICAS DEL PERIODO DE CONGELACIÓN	10
2.4.3	EL SISTEMA DE CONGELACIÓN POR AIRE EN CÁMARAS DE CONGELACIÓN	12
2.4.4	TECNOLOGÍA DE CONGELACIÓN	12
2.4.5	CONSERVACIÓN EN CONGELACIÓN	14
2.4.6	ALMACENAMIENTO	14
2.4.7	TRANSPORTE DE PAVO EMPACADO.....	15

2.4.8	MANIPULACIÓN DE LOS PRODUCTOS	15
2.4.9	PROCESO DE DESCONGELACIÓN	16
2.4.10	DAÑO POR FRÍO DE PRODUCTO.....	16
2.4.11	EFFECTOS DE LA CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CARNE.....	17
2.5	VIDA EN ANAQUEL	21
2.5.1	DEFINICIÓN	21
2.5.2	FACTORES QUE AFECTAN LA VIDA EN ANAQUEL.....	22
2.5.3	CAMBIOS DE DETERIORO RELACIONADO CON LA TEMPERATURA...24	
2.5.4	DETERMINACION DE VIDA EN ANAQUEL EN ALIMENTOS	25
2.5.5	PRUEBAS ACELERADAS DE VIDA EN ANAQUEL.....	28
2.5.6	PRUEBA ACELERADA Q10	28
2.5.7	INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA VELOCIDAD DE DETERIORO	29
III.	DESARROLLO DEL TEMA.....	31
3.1	PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAVO EMPACADO CONGELADO	31
3.1.1	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO.....	31
3.1.2	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	40
3.2	ESTIMACIÓN DE VIDA EN ANAQUEL PARA PAVO ENTERO CONGELADO	42
3.2.1	OBJETIVOS.....	42
3.2.2	PRODUCTOS A EVALUAR	42
3.2.3	EVALUACIONES A REALIZAR	42
3.2.4	TAMAÑO DE MUESTRA	43
3.2.5	DISEÑO DE LA PRUEBA	43
3.2.6	RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES	44
IV.	CONCLUSIONES.....	48
V.	RECOMENDACIONES	49
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1:	Permeabilidades al oxígeno y al dióxido de carbono de algunos films y compuestos plásticos utilizados en el empaquetado de carne	7
Cuadro 2:	Porcentaje de congelación de la carne a diferentes temperaturas.....	11
Cuadro 3:	Características y condiciones de utilizados en la operación empaque ..	35
Cuadro 4:	Velocidad de faja de túnel de secado.....	35
Cuadro 5:	Características y condiciones de trabajo de túneles de congelamiento.	37
Cuadro 6:	Resultados de estabilidad microbiológica de pavo entero	45
Cuadro 7:	Resultados de evaluación sensorial de pavo entero.....	46
Cuadro 8:	Resultados de evaluación físico química de pavo entero	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Equipo Rotomatic.....	35
Figura 2:	Equipo de secado	36
Figura 3:	<i>Rack</i> de emparrillado	36
Figura 4:	Equipos de congelamiento	38
Figura 5:	Distribución del aire frio en los túneles de congelamiento	39
Figura 6:	Diagrama de flujo para la obtención de pavo empacado congelado	41
Figura 7:	Valores de pH en pavo entero congelado	47

RESUMEN

El procesamiento de pavo empacado congelado está conformado por una serie de operaciones unitarias, entre ellas el beneficio, enfriamiento, desinfección, empacado y proceso de congelamiento de pavo todas estas operaciones ayudan a obtener una mayor vida en anaquel, característica que le permiten ser un producto competitivo en el mercado nacional e internacional. Durante los cinco años de experiencia en el control de calidad de estos procesos, se pudo ver y entender con mayor detalle las operaciones de congelamiento y estimación de vida en anaquel del pavo empacado congelado. El proceso de elaboración de pavos consta de las siguientes operaciones: Proceso de Beneficio: etapa previa a la congelación y que describe principalmente las operaciones de sacrificio y desinfección de carcasas procesos críticos para asegurar la calidad microbiológica, físico química y sensorial de la materia prima inicial. Posteriormente sigue el Proceso de Empaque: proceso mediante la cual se da al producto una adecuada presentación para una mejor conservación y mayor vida útil. Finalmente se realiza el Proceso de Congelación: proceso de conservación que consiste en bajar las temperaturas de los productos por debajo del punto de congelación del agua (0 °C) para ello se someten a los productos a temperaturas inferiores a los -30 °C. En el presente trabajo monográfico se describe con mayor detalle el proceso de congelamiento del pavo empacado y la estimación de su vida en anaquel señalando los principales parámetros a controlar.

Palabras clave: Pavo Empacado Congelado, Vida en Anaquel, Beneficio, Empaque, Congelación.

ABSTRACT

The processing of frozen packed turkey is conformed by a series of unitary operations, among them the benefit, cooling, disinfection, packing and freezing process of turkey. All these operations help to obtain a longer shelf life, characteristic that allows it to be a product competitive in the national and international market. During the five years of experience in the quality control of these processes, it was possible to see and understand in greater detail the operations of freezing and estimation of shelf life of the frozen packed turkey. The process of elaboration of turkeys consists of the following operations: Benefit Process: stage prior to freezing and which mainly describes the operations of slaughter and disinfection of carcasses critical processes to ensure the microbiological, physical, chemical and sensory quality of the initial raw material. Subsequently follows the Packaging Process: process by which the product is given an adequate presentation for better conservation and longer shelf life. Finally, the Freezing Process is carried out: conservation process that consists of lowering the temperatures of the products below the freezing point of the water (0 °C). For this, the products are subjected to temperatures below -30 °C. In the present monographic work, the freezing process of the packed turkey and the estimation of its shelf life are described in greater detail, indicating the main parameters to be controlled.

Keywords: Frozen Packed Turkey, Shelf Life, Slaughter, Packing, Freezing.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo describe las operaciones unitarias y los controles llevados a cabo en la elaboración de pavo empacado congelado. Se centra en el proceso de congelación y la estimación de vida en anaquel del producto.

La preservación de alimentos por congelación ocurre por diversos mecanismos, la reducción de temperatura por debajo de los 0 °C favorece la reducción significativa tanto la velocidad de crecimiento de los microorganismos como el correspondiente deterioro de los productos por la actividad de estos, además la disminución de temperatura ocasiona la reducción de la actividad enzimática y de las reacciones oxidativas, debido a la formación de cristales de hielo que modifican la disponibilidad de agua y evita que se favorezcan las reacciones deteriorativas (Singh y Heldman 2001).

El beneficio y desinfección de carcasas son etapas previas a la congelación y determinan la calidad microbiológica, físico químico y sensorial inicial del producto, mientras mejor es la materia prima con que se inicien los procesos, mayor tiempo de vida de anaquel tendrá el producto.

Las buenas prácticas de elaboración y control de calidad de las operaciones en la elaboración del pavo empacado son importantes para asegurar la «inocuidad» del producto.

La estimación de vida en anaquel del producto se realiza en base a la evaluación de las características: Microbiológicas, Físico químicas y Sensoriales del producto.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 PRE BENEFICIO

2.1.1 AYUNO

Se realiza con el fin de evitar la contaminación por heces durante el proceso posterior, principalmente en el proceso de evisceración, la preparación del ave empieza en la granja una semana antes de la fecha prevista, A partir de ese momento el galponero establece una dieta precisa retirando medicamentos y antibióticos a fin de evitar la contaminación de la canal de residuos de con residuos de sustancias químicas que dañen al consumidor, El último día de ayuno se retira el alimento a las aves entre 8 a 12 horas previas al sacrificio para que su tracto digestivo no esté repleto al momento de la matanza. Se recomienda que las aves tomen agua hasta una hora antes de su captura. El periodo total de ayuno dura hasta la matanza e incluye el tiempo de la retención en la planta de procesamiento (Industria Avícola 2003).

2.1.2 CAPTURA

Se recomienda realizar la captura en horas de la noche ya que se estresan menos a las aves y la temperatura es más fresca. El operario debe evitar que la pechuga golpee el piso siendo este uno de los factores que desmejora la calidad de la canal por hematomas, alas o patas rotas o las típicas hemorragias en los muslos causando incluso la muerte del ave, tomar al ave con las dos manos sujetando las alas (Industria Avícola 2003).

2.1.3 PERSONAL DE CAPTURA

El personal de captura debe considerarse como parte del equipo por lo que debe recordársele la importancia de su trabajo y cuando influye en los resultados de la empresa (Industria Avícola 2003).

- No tomar más de dos aves por cada brazo y según su peso uno por vez.
- Trabajar en una ambiente de semioscuridad.
- Introducir las aves de manera suave y cuidadosa.
- No correr detrás de las aves.

2.1.4 TRASLADO AL CAMAL

El transporte se realiza en horas de la noche, generalmente en la madrugada, ya que el ambiente fresco de esa hora constituye a evitar ahogamientos y disminución de peso por deshidratación. Este momento el valor de las aves son todos los kilos que pesen, todas las cargas del camión ya en matadero comenzarán las mermas del proceso.

Es importante evacuar el calor que producen las aves cargadas en el camión para evitar bajas por asfixia. El camión debe interrumpir su carga y realizar un recorrido de 10 minutos para proporcionar aire limpio a las aves situadas en el interior de la plataforma de carga (Industria Avícola 2003).

2.1.5 ZONA DE RECIBO

Ya en la planta procesadora, se descargan los camiones de manera rápida pero con delicadeza para evitar hematomas en las pechugas; debe haber una buena ventilación del área de recibo, los aspersores y el sistema de nebulización debe estar funcionando hasta que se sacrifique la última ave.

2.2 BENEFICIO

2.2.1 ATURDIDO ELÉCTRICO

La finalidad de esta actividad es lograr que las aves se vuelvan insensibles al dolor y permitir aplicarles una muerte más apropiada en el proceso general; sin esto sería difícil de sacrificar aves en un proceso continuo porque sus aletas entorpecerían al personal en este momento. Un aturdimiento correcto no mata la animal sino le produce solo una taquicardia que ponga un rápido efecto de bombeo de sangre hacia el exterior una vez efectuado el corte, el principio se basa en que colgada en ave se coloca la cabeza en un baño de agua recibiendo una descarga eléctrica al cerrar el circuito que ya desde el gancho al baño de

agua a través del cuerpo. Este proceso dura de 10 a 15 segundos, el voltaje es graduable y se realiza cuando varían el peso. El potencial está entre 86 a 91 voltios en corriente continua (Industria Avícola 2003).

2.2.2 DESANGRADO

El desangrado está determinado por la longitud de la cadena y su velocidad, las cuales controlan el tiempo de desangrado, cayendo en canales, las cuales impide que la sangre del ave moribunda se riegue, esto es llevado a una canecas donde se recoge la sangre del día, el tiempo que dura la sangre en el canal es de 1,5-3,0 minutos. Conviene que los canales lleguen con el mismo caudal de sangre al escardador ya que la presencia de esta, en el agua del mismo produce espuma y coloración rojiza especialmente en las extremidades del animal.

Un corte incorrecto provoca una degradación de la canal por un sangrado incompleto o problemas de transformación si se llega a la muerte la canal solo se desangra particularmente produciendo animales rojizos, negros o marrones y manchas la calidad en el exterior y en el interior al despreñar perjudicando la calidad y su conservación (Industria Avícola 2003).

2.2.3 ESCALDADO

Proceso después del cual las plumas de las aves se pueden quitar más fácil y rápidamente, por procedimientos manuales o mecánicos; para eso se sumergen a las aves al agua caliente en un cierto periodo de tiempo.

La temperatura del agua es importante, independientemente del tiempo que actúe sobre el ave ejerciendo una acción directa sobre la piel pudiendo perjudicarla por la acción de quemaduras que después del enfriamiento se presentan como manchas negruzcas desvalorizándose la canal. Existen tres tipos de escaldado en función de la temperatura:

- El bajo de 49 °C - 52 °C durante 1,5 minutos para pollo amarillo.
- El medio de 53 °C - 56 °C durante 1 minuto para pollo blanco con grasa de defensa.

- El alto de 58 °C a 60 °C durante 50 segundos para pollos blancos para congelación y asado haciendo desaparecer la epidermis perdiendo la protección que se proporciona a la piel, estando sueltas a esta temperatura todas sus plumas (Industria avícola 2003).

Hay que controlar la temperatura de la escaldadura verificando que le termostato funcione correctamente así como el funcionamiento del quemador para que no se apague ni enfría el agua y el combustible esté siempre disponible.

2.2.4 DESPLUMADO Y PELADO

Los pavos se colocan en las peladoras asmáticas que llevan una serie de discos giratorios, los cuales disponen de dedos de goma que al entrar en contacto con las plumas, las quitan. Al entrar en contacto los dedos con todas las aves deben ser bañadas con mucha agua para que tanto las aves como los dedos de goma se laven de manera que reduzca la contaminación (Industria Avícola 2003).

2.2.5 ENFRIAMIENTO Y DESINFECCIÓN DE LA CANAL

Se realiza con agua y hielo, el sistema más común es el enfriamiento continuo por inmersión de los canales en agua, Se dispone de tres *chilers* en serie por las cuales las canales van pasando sucesivamente. Este enfriamiento acarrea problemas de higiene si el agua no tiene una circulación apropiada y una dosificación de desinfectante suficiente para reducir la carga microbiana.

Los *chilers* de lavado se abastecen con agua corriente, que es suficiente si la temperatura no sube más de 16 °C, hay que monitorear la temperatura con un termómetro durante todo el periodo de lavado, si la temperatura tiende a subir por encima de 6 °C hay que añadir agua para que la temperatura de la canal no supere los 2 °C, los canales deben enfriarse por lo menos 4 °C en la región muscular profunda de la pechuga. Al agua de enfriamiento se le debe de añadir un desinfectante en dosis confiable, puede usar cloro disuelto en agua en forma de hipoclorito en un nivel de 25 ppm de cloro residual total en los *chilers*, los canales no deben permanecer mucho tiempo en los *chilers* ya que pueden absorber en su interior más del 13 por ciento de agua (INDECOPI 2005).

2.2.6 MARINADO

Es una actividad que consiste en inyectar una salmuera al pavo por un tiempo de 30 segundos a un minuto en las piernas y pecho, siendo la cantidad de salmuera a inyectar de acuerdo al peso del pavo.

2.3 EMPAQUE

Proceso mediante la cual se da al producto una adecuada presentación para una mejor conservación y mayor vida útil.

2.3.1 EMBOLSADO

Los envases para la carne de pavo no deben alterar su color, olor ni debe contaminarse con sustancias contaminantes y sustancias peligrosas.

Si los canales son para venta congelada se debe colocar en su envase las normas de descongelación controlada y forma de cocinarlo.

La cinta selladora en la parte superior de la bolsa en las máquinas de empaque al vacío debe evitar salida de aire que acorta la vida útil del producto (INDECOPI 2005).

2.3.2 MATERIALES PARA EL ENVASADO AL VACÍO DE CARNE

La tecnología de los films de envasado avanza según los cambios en la comercialización de la carne en la venta al por menor, las exigencias del consumidor respecto a un mayor tiempo de almacenamiento del producto, su presentación y practicidad de uso; mientras que para el comercio al por mayor, la gran preocupación es que el material de envase asegure que la carne esté protegida de la contaminación además de resistir el manipuleo y transporte.

Brody (1996) indica que las propiedades requeridas para una película plástica utilizada como envase, muy pocas veces se encuentran todas reunidas en un solo material; Hood y Mead (1993) mencionan que las propiedades beneficiosas de los films individuales se pueden combinar en un film compuesto tanto por adhesión laminando dos o más films o

mediante coextrucción de varios films conjuntamente en estado fundido. La elección del material de envoltura es una parte extremadamente importante de la operación de envasado al vacío y en atmósfera modificada. Se han realizado importantes investigaciones en esta área y los fabricantes continúan desarrollándola para obtener estructuras y laminaciones perfeccionadas (Parry 1995); ya que la composición del material de envasado debe estudiarse para cada tipo de producto y adaptarse a sus necesidades básicas (Brody 1996).

Los materiales deben contemplar las propiedades físicas esenciales: baja transmisión al vapor de agua, elevada capacidad barrera frente a los gases, resistencia mecánica a los esfuerzos sufridos durante el manejo en la máquina y al posterior almacenamiento y distribución en el formato de paquete terminado; adicionalmente debe poseer alta capacidad para proporcionar la integridad del sellado y protección del producto hasta que sea abierto por el consumidor (Parry 1995).

Entre los films más empleados se pueden mencionar a los laminados de poliéster y polietileno, nylon y polietileno, policloruro de vinilideno y al polipropileno orientado; también se puede tener otros films de mayor número de capas o combinaciones de materiales. En el cuadro 1 se muestran las propiedades de algunos films utilizados en el envasado de carne.

Cuadro 1: Permeabilidades al oxígeno y al dióxido de carbono de algunos films y compuestos plásticos utilizados en el empaquetado de carne

MATERIAL	PERMEABILIDAD (cm ³ /m ² .atm-1.gas)*	
	OXÍGENO	DIÓXIDO DE CARBONO
Polietileno (baja densidad)	8 500	44 000
Polietileno (alta densidad)	1 840	7 900
Polipropileno	3 000	7 900
Cloruro de polivinilo (PVC)	4 200	17 000
Poliéster (PET)	79	240
Cloruro de polivinilideno (PVdC)	10	53

«continuación»

Nylon 6 (poliamida)	240	1 600
Ionómeros (Surlyn)	5 000	15 000
Acetato de etilenvinil (EVA)	12 000	38 000
Poliestireno (PS)	4 500	31 500
Nylon/Polietileno (0,6/1,5 mm)	90	600

*Sino se indica lo Contrario, la permeabilidad es para films de 1 mm de espesor.

FUENTE: Tomado de Tylor, citado por Hood y Mead 1993

Un laminado multicapa puede combinar las propiedades de los componentes individuales en un fin simple, como buenas propiedades de barrera, sellabilidad por calor y capacidad de retracción, así como una buena transparencia y presentación y la posibilidad de realizar su impresión. Un polímero como el cloruro de polivinilideno, se puede utilizar como recubrimiento sobre otro film compuesto, o laminarlo sobre un poliéster transparente para proporcionarle propiedades de barrera adicionales frente a los gases. Todos los modernos films de empaquetado de carne tienen buenas propiedades de barrera frente al vapor de agua, mientras que la permeabilidad frente a otros gases es más variable y es una característica específica de los films individuales (Hood y Mead 1993).

Entre los aspectos técnicos más importantes del envasado al vacío o en atmósferas modificadas se encuentra la permeabilidad al oxígeno del material de envasado, cantidad de oxígeno residual en el envase y las características del envasado en lo que se refiere a la pérdida de fluidos. La permeabilidad al oxígeno es importante para dos aspectos: el control del crecimiento microbiano y la oxidación de la mioglobina. En el envasado al vacío, aunque se utilice un material con una permeabilidad inferior a 50 ml/m², no se logra mejorar la inhibición del desarrollo microbiano ni la estabilidad de la mioglobina a nivel comercial, si el nivel de vacío en el interior del envase es de 127 mm de Hg o superior (Brody 1996).

2.3.3 TECNOLOGÍA DEL ENVASADO AL VACÍO

Consiste en extraer el aire que contiene el producto y hermetizarlo, para que el vacío quede dentro de la bolsa por diferencia de presiones. Elimina el oxígeno interno para que no

exista el crecimiento de microorganismos aeróbicos y mesófilos causantes de la descomposición de los alimentos la decoloración o rancidez. Con una cadena de frío adecuado entre 0 °C a 2 °C se controla los microorganismos anaeróbicos, luego se sella la bolsa con una grapa especial para este tipo del bolsa (Industria Avícola 2003).

- **Envasado al vacío**

Es la forma de vacío en atmósfera modificada desarrollada comercialmente en primer lugar y que todavía se aplica ampliamente para productos (López y Caps 2004). Es un sistema que conlleva la evacuación del aire contenido en el paquete y su posterior cerrado. Si el proceso se realiza de forma adecuada, la cantidad de oxígeno residual es inferior al uno por ciento (García *et al.* 2006).

El film utilizado como envase debe ser de baja permeabilidad al oxígeno, para limitar la entrada del oxígeno desde el exterior. El envase sin aire, se pliega (colapsa) alrededor del producto, puesto que la presión interna es inferior a la atmosférica (Parry 1995). Es una variación del envasado en atmósfera modificada ya que en el almacenamiento, la «respiración tisular o natural» del alimento y el crecimiento microbiano (bacterias ácido lácticas heterofermentativas) generan CO₂ que puede alcanzar concentraciones de hasta 20 por ciento (García 2008).

Brody (1996) hace referencia al envasado al vacío con película adherida en la cual el producto se envasa para que no exista espacio de cabeza en el interior del envase, es decir el envase está en íntimo contacto con el producto independientemente de la forma del producto. En el caso de la carne, este tipo de envasado al vacío se le conoce como «segunda piel». García (2008) indica que el material de envasado se retrae por efecto del calor adaptándose al contorno del producto. De esta forma se evitan las bolsas de aire y arrugas incrementándose la vida útil y mejorando notablemente su presentación.

2.3.4 TERMO CONTRACCIÓN

Es el proceso por el cual el producto permanece a una temperatura de 90 °C como máximo, a fin de que la bolsa se encoja y tome forma, es decir se contraiga y cumpla su función, el material debe ser termoencogible luego el producto se enfría rápidamente para recién pasar a la cámara de conservación (Industria Avícola 2003).

2.4 CONGELACIÓN

La congelación es la acción de someter a un producto al frío de manera que provoque una transformación del agua que contiene a un agua en estado sólido, esta operación tiene como objetivo aumentar la vida útil del producto y para ello más del 80 por ciento de agua debe transformarse en hielo. Cuando la congelación es muy rápida y el almacenamiento ulterior del producto se hace a una temperatura que no supera los $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, se habla de «sobre congelación» (Genot 2000).

2.4.1 PROCESO DE CONGELACIÓN DE LA CARNE

El proceso de congelación se caracteriza por un cambio de estado de agua líquida a hielo bajo la acción del frío, o de manera simplificada: la cristalización del agua. Los aspectos fundamentales de este fenómeno son la termodinámica, mecanismos y cinética de nucleación y el crecimiento en tamaño de los cristales (Genot 2000).

En un producto alimenticio como la carne, la congelación se traduce en primer lugar en una evolución de la temperatura, no lineal en función al tiempo y que depende de su localización en la muestra. Esquemáticamente, un punto dado del producto, se puede distinguir la sucesión de tres etapas:

- El periodo de la precongelación durante la cual la temperatura disminuye hasta alcanzar la temperatura a la cual da comienzo el inicio de cristalización.
- Etapa de congelación propiamente dicha durante la cual una gran parte de agua congelable se transforma en hielo. Durante este periodo la temperatura disminuye progresivamente.
- Fase de reducción de temperatura hasta la temperatura de almacenamiento.

2.4.2 CARACTERÍSTICAS DEL PERIODO DE CONGELACIÓN

El periodo de congelación se caracteriza por:

- **Temperatura de congelación o de fusión inicial o temperatura de crioscopia (T_c)**, el tejido biológico se comporta básicamente como una solución diluida así la T_c disminuye cuando la concentración de solutos aumenta (Ley de Raoult). En la carne, el

valor de la T_c se aproxima a $-1,5\text{ }^\circ\text{C}$, temperatura a la cual empiezan a formarse los primeros núcleos, el punto de congelación es menor a T_c , se habla entonces de un fenómeno de sobrefusión o sub refrigeración. La energía de activación de la nucleación puede ser la responsable de esta reducción inicial de temperatura. Una vez que la nucleación ha comenzado el sistema emite mas calor latente muy necesario para el crecimiento de cristales y la temperatura aumenta rápidamente hasta T_c después si el régimen térmico es suficiente la temperatura disminuye progresivamente siempre siendo igual o inferior a T_c , produciéndose la *crio* concentración de los solutos.

- **Índice de Nucleación**, que se expresa por el número de núcleos formados por unidad de tiempo. Es mucho más elevado cuando el enfriamiento es rápido, por cada grado kelvin de sub refrigeración la tasa de nucleación se multiplica por 10.
- **Velocidad de crecimiento de los cristales**, controlada en gran parte por el flujo de calor evacuado de la zona de cristalización y también por la *crio* concentración de fluidos intra y extracelulares en curso de congelación que reduce progresivamente el crecimiento de los cristales (Genot 2000).

La congelación de la carne permite conservar el producto por mucho tiempo por debajo de su punto de congelación $-2\text{ }^\circ\text{C}$ manteniendo sus características sensoriales en un buen porcentaje (Telles 1992).

Según especialistas del Instituto del Frio en España (Telles 1992), el porcentaje de congelación en la carne varía en razón del grado de temperatura al cual está sometida, según el cuadro 2.

Cuadro 2: Porcentaje de congelación de la carne a diferentes temperaturas

T (°C)	AGUA CONGELADA (%)
-5	74
-10	82
-15	85
-20	87
-30	88

FUENTE: Tomado de Telles 1992

El cuadro anterior indica que a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ queda un 12 por ciento de agua ligada la que se denomina agua incongelable, la formación de cristales de hielo será mucho más numerosos y muy pequeños cuanto más baja la temperatura de congelación y más rápida.

2.4.3 EL SISTEMA DE CONGELACIÓN POR AIRE EN CÁMARAS DE CONGELACIÓN

Existen diversas técnicas, como las mostradas a continuación:

- **Lenta:** cuando la temperatura del aire es de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, requiriéndose cuatro días para congelar carnes.
- **Semi rápida:** cuando la temperatura del aire es $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$; el tiempo es de dos a tres días para congelación.
- **Rápida:** cuando la temperatura del aire es inferior a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$; el tiempo de congelación es inferior a 24 horas.
- **Ultrarrápida:** consiste en una congelación en tiempo muy rápido (120 minutos como máximo), a una temperatura muy baja (inferior a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$), lo que permite conservar al máximo la estructura física de los productos alimenticios.

2.4.4 TECNOLOGÍA DE CONGELACIÓN

Para que se logre una adecuada congelación en un producto alimenticio, éste debe ser expuesto a bajas temperaturas por el tiempo suficiente para remover el calor sensible y el calor latente de fusión, resultando en la conversión del agua líquida al estado sólido (hielo) (Sun y Zhu 1999). En la mayoría de los casos aproximadamente el 10 por ciento de agua de producto se mantiene en estado líquido (Do *et al.* 2004). Para que se logre la congelación en el tiempo de periodo deseado, el medio de congelación debe tener una temperatura mucho menor que la temperatura final deseada en el producto (Singh y Heldman 2001, Saravacos y Kostauropolos 2002).

a. Equipos para congelación

El proceso de congelación se lleva a cabo en sistemas diseñados para que el alimento entre en contacto con un medio a bajas temperaturas y que permita la remoción del calor complementado con los sistemas de congelación. La mayoría de los sistemas de

congelación son usados dependiendo de las características que presenta el alimento antes y después de que se lleve a cabo la congelación.

b. Equipo de congelación con aire

Flujos de aire a bajas temperaturas son empleados en los sistemas de congelación por medio de túneles, bandas transportadoras y equipos de lecho fluido. En todos los casos el flujo de aire se aplica continuamente al producto y dependiendo del equipo, el flujo es horizontal o vertical (Singh y Heldman 2001, Saravacos y Kostauropoulos 2002).

En el congelador de túnel, el flujo de aire que prevalece es el horizontal, dado que el calor específico del aire es bajo, las cantidades de aire que se necesitan para congelación son grandes (Singh y Heldman 2001, Saravacos y Kostauropoulos 2002).

c. Congeladores de túnel

Son empleados para la congelación de un amplio rango de productos, desde productos finamente cortados, productos molidos hasta las aves de corral o mitades de canales (Farouk *et al* 2004).

Este equipo consta de un cuarto aislado con una sola puerta o dos puertas con una operación continua. La diferencia entre los tipos de túneles es que la temperatura del aire varía de -30 °C a -40 °C, las cámaras de aislamiento son gruesas y la velocidad de aire es alta (3 a 6 m/s). Este equipo requiere intercambiadores de calor y ventiladores de alta potencia. El aumento de velocidad de aire reduce el tiempo de congelación pero el beneficio de dicha reducción no es significativo si el incremento de gasto se eleva tres veces en relación a la velocidad de enfriamiento.

Este equipo tiene como uno de los principales sistemas de congelación al sistema **Rack** el cual es un sistema automático con compresores múltiples instalados en paralelo, este sistema es muy aplicado para la congelación de canales. El tiempo de calentamiento depende del tamaño y la conductividad térmica del producto directamente proporcional (Singh y Heldman 2001, Saravacos y Kostauropoulos 2002).

2.4.5 CONSERVACIÓN EN CONGELACIÓN

La efectividad del método de conservación por congelación se relaciona con la disminución de la actividad fisicoquímica y bioquímica del alimento, la disminución de las reacciones enzimáticas y no enzimáticas, además de que a temperaturas por debajo de los menos 18 °C el crecimiento microbiano se ve detenido (George 1993, Moharram y Rofael 1993).

Ranken (2003) menciona las siguientes definiciones (en función de las temperaturas):

- **Refrigeración:** Es el enfriamiento de un producto a temperaturas por encima de su punto de congelación, por ejemplo +5 °C o 0-2 °C.
- **Superrefrigeración:** algunas veces se reserva para el producto justo por encima o por debajo de su punto de congelación, -2 °C a +2 °C.
- **Almacenamiento refrigerado:** Es el mantenimiento de un producto a temperaturas de refrigeración (0 a 5 °C).
- **Congelación:** Es el enfriamiento de un producto a temperaturas muy bajas, de forma que su agua de constitución se transforme en hielo, y el producto tenga una apariencia totalmente sólida. Normalmente la congelación se hace a temperaturas de -18 °C hasta incluso -35 °C.

2.4.6 ALMACENAMIENTO

Consiste en la colocación de los productos terminados ensacados/encajados en parihuelas para su almacenamiento en la cámara de productos congelados, la cual permanece en -18 °C a -20 °C.

En el almacenamiento de alimentos congelados, aunque los cambios en la calidad disminuyen conforme disminuye la temperatura, mantener la calidad es costoso. En los sistemas de congelación con gran capacidad es necesario disminuir las temperaturas del producto durante el proceso de congelación. Temperaturas más altas en el almacenamiento de alimentos congelados se deben evitar debido a la sensibilidad de los alimentos a la temperatura inicial de congelación. Existen diferentes tipos de cambios en calidad que pueden ocurrir durante el congelado de alimentos. Las temperaturas por debajo de la

inicial de congelación no elimina la oportunidad para la actividad microbiana. Sin embargo, el crecimiento de la mayoría de microorganismos es despreciable a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Una segunda categoría de cambios relacionados a la calidad del producto incluye reacciones bioquímicas que pueden ocurrir durante el almacenamiento de alimentos congelados, pero a velocidades bajas siempre y cuando la temperatura sea mantenida a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ o menores. Otro cambio asociado a la calidad de alimentos está relacionado con las enzimas. Las reacciones enzimáticas ocurrirán a temperaturas de congelación típicas, pero a velocidades más bajas (Heldman y Hartel 1997).

- **Cámaras de frío**

Permite la conservación de las carnes por corto tiempo a temperaturas ligeramente superiores a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ manteniendo las normas técnicas se requiere de una temperatura de $0-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de 85 a 90 por ciento y velocidad de ventilación de aire de 2 a 3 m/s (INDECOPI 2005).

Para contraer el fenómeno de sudoración que viene a ser la condensación de la humedad el medio ambiente sobre la superficie fría de las canales, conviene minimizar el tiempo de exposición de las canales al medio descubierto o utilizar envolturas (Telles 1992).

2.4.7 TRANSPORTE DE PAVO EMPACADO

Se realiza en furgones acondicionados para este tipo de carne con paredes y techos dobles por las que circula aire proveniente de una unidad de refrigeración o *Termoking*.

2.4.8 MANIPULACIÓN DE LOS PRODUCTOS

Los productos deben ser producidos, almacenados y transportarse de manera que se prevenga su contaminación o alteración.

Se debe evitar la manipulación innecesaria de los productos durante la distribución. La carga y descarga de los productos deberá efectuarse lo más rápido posible, para reducir al mínimo el tiempo de exposición de la carga a condiciones ambientales no controladas.

2.4.9 PROCESO DE DESCONGELACIÓN

Debe ser lenta por aire saturado de humedad, con una temperatura de -10 °C a 15 °C, humedad relativa mayor de 95 por ciento o utilizar también agua (Telles 1992).

La descongelación es una etapa particularmente crítica, especialmente por razones sanitarias. Desde un punto de vista térmico la descongelación no es estrictamente una operación inversa a la congelación, por que el hielo tiene una conductividad térmica diferente a la del agua. La carne congelada es entonces mejor conductor del calor. Durante la descongelación la temperatura del hielo sube relativamente rápido para estabilizarse sobre los -5 °C, temperatura a partir de la cual el proceso de fusión de hielo empieza a ser apreciable a medida que este «frente de descongelación», avanza una capa de producto descongelado tiende a aislar el centro aun congelado, reduciendo la transmisión de calor (Genot 2000).

2.4.10 DAÑO POR FRÍO DE PRODUCTO

Las quemaduras provocadas por las bajas temperaturas se deben, en general, a que el alimento se halla en atmósferas con una humedad baja, es decir, en ambientes secos. En estas condiciones, ceden su agua para equilibrar el ambiente y combatir la sequedad. El agua está en forma de hielo, en estado sólido. Cuando pasa al estado de vapor sin adquirir antes una textura líquida, se causan quemaduras en los alimentos. A simple vista, un producto quemado por bajas temperaturas tiene una gran cantidad de cristales de hielo, adopta un color marrón oscuro, se deshidrata y se daña la estructura. Las responsables de este proceso son las moléculas de agua de los alimentos y del hielo de congelación.

La deshidratación superficial de piezas congeladas de carnes rojas durante la conservación genera manchas pardas, llamadas «quemaduras por el frío», esta deshidratación superficial, favorece los fenómenos de la desnaturalización de las proteínas y la oxidación de lípidos y de la mioglobina. La congelación por convección forzada de productos sin envasar favorece esta alteración. Para evitarla y en consecuencia disminuir las pérdidas económicas que puede generar, es aconsejable envasar los productos antes de la congelación con algún material retráctil impermeable al vapor de agua (Genot 2000).

2.4.11 EFECTOS DE LA CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CARNE

Como todos los productos expuestos a la congelación, en el músculo, la proporción de agua congelada aumenta cuando la temperatura disminuye. Así a $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ el agua en forma de hielo representa aproximadamente el 80 por ciento del agua total del tejido muscular cuando la temperatura alcanza $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, alrededor del 90 por ciento del agua se encuentra en estado sólido; este porcentaje no sufre un aumento notable a temperaturas muy bajas (Genot 2000).

La conservación de los alimentos mediante la congelación produce en primer lugar la inhibición del crecimiento de microorganismos. A $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, todo crecimiento bacteriano se paraliza incluso las bacterias psicrótofas y psicrófilas. A $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, los hongos dejan de multiplicarse y a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, las levaduras. Así pues, por debajo de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ no hay ninguna multiplicación de microorganismos. Este efecto es el resultado, por una parte, de la disminución de velocidades de reacción según la ley de Arrhenius y, por otra parte, de la disminución de la cantidad de agua disponible y su actividad (Genot 2000).

Sin embargo el mayor deterioro en el almacenamiento de músculos (carne) es la oxidación de lípidos. Las reacciones de oxidación en la carne son los más importantes en la pérdida de calidad, incluyendo el *flavor*, textura el valor nutritivo y color (Morrissey *et al.*, citados por Soyer *et al.* 2010).

Así también, numerosos estudios han sido publicados sobre el efecto de la velocidad de congelación y la temperatura de almacenamiento sobre la calidad de la carne de vacuno congelada. Los resultados coinciden en que a un aumento de la velocidad de congelación y reducción de temperatura de almacenamiento mejorará la calidad de la carne (Farouk *et al.* 2004).

a. Pérdida de agua

En la fase de la congelación, durante la conservación y en el momento de la descongelación, la carne pierde agua por evaporación, por sublimación y por exudación. Las pérdidas de agua por evaporación durante la congelación representan generalmente entre un 0,5 por ciento y un 1,2 por ciento de la masa del producto, aunque puede alcanzar

un cinco por ciento. Estas pérdidas dependen, mayoritariamente, de las condiciones de congelación y, especialmente durante una congelación mecánica, de la velocidad de aire de su temperatura y de su humedad relativa.

Durante el almacenamiento, el hielo situado en la parte externa del producto sublima, produciendo una deshidratación superficial. Esta pérdida de agua se ve favorecida por la ventilación, es proporcional al periodo de almacenamiento y a la superficie expuesta, y es mucho menor a bajas temperaturas, debido a que la presión parcial del vapor de agua de la superficie del producto aumenta exponencialmente con la temperatura (Genot 2000).

De acuerdo a Genot (2000), el envasado de los productos permite reducir, según la naturaleza del envase, de 4 a 20 veces las pérdidas en agua por evaporación. Los materiales más usados son los sacos de tela, tejidos de algodón, el cartón, el papel y el plástico. Este último es muy eficaz, en particular cuando se aplica directamente al producto. En la práctica, las canales de carne se suelen envolver en películas de polietileno y tejidos de algodón.

La exudación es una pérdida de jugo que se manifiesta durante la descongelación. Representa generalmente entre 1 y 5 por ciento de la masa inicial del producto. Este fenómeno favorece la pérdida de algunos nutrientes (vitaminas del grupo B, proteínas sarcoplasmáticas, aminoácidos libres, dipéptidos, bases nitrogenadas, nucleósidos, nucleótidos, sales, etc.), y constituye también un factor de riesgo, ya que el jugo de la exudación es un lugar especialmente favorable para el crecimiento de microorganismos.

El volumen de líquido está determinado, por la capacidad de retención de agua de las proteínas, que es una característica intrínseca de la carne, sobre la cual influyen los tratamientos anteriores a la congelación, y las alteraciones físicas o químicas inducidas por la congelación. Por tanto, la exudación es susceptible de variar en función de las características iniciales del producto, de las velocidades de congelación y descongelación, de la temperatura y del periodo de almacenamiento y del envasado (Genot 2000).

- Influencia de la temperatura y tiempo de almacenamiento

Cuando la carne congelada se mantiene a temperatura constante, los cristales crecen progresivamente con el tiempo de almacenamiento. En tanto, la capacidad de retención

disminuye y la cantidad de exudado durante la descongelación crece. El aumento de exudación durante la conservación de carnes congeladas se constató ya que después de cuatro meses de conservación a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y al vacío, las pérdidas durante la descongelación de largo dorsal de cerdo son del 1,2 por ciento, de lomo de vacuno y de ternero son de 4,2 por ciento y de 2,2 por ciento respectivamente. Estas pérdidas aumentan con el tiempo de almacenamiento (Genot 2000).

- **Influencia del procedimiento de descongelación**

La descongelación no debe ser muy lenta, a fin de reducir el tiempo en la zona de inestabilidad química de la carne ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Las cantidades de exudado producidas durante la descongelación de filetes de *Semimembranosus* y de *Longissimus dorsi* de vacuno no fueron más importantes durante la descongelación en aire, produciéndose resultados idénticos en descongelaciones en microondas o en refrigerador (Genot 2000).

- **Envasado y exudación**

Además de los efectos positivos sobre las pérdidas por evaporación durante la congelación y la posterior conservación en congelación, el envasado de la carne congelada permite limitar las pérdidas por exudación. La cantidad de exudado aumenta con el periodo de almacenamiento, independientemente del envase, pero impermeable al oxígeno (hoja de aluminio o plástico aluminado) sin eliminar el aire, y es máxima con materiales permeables al oxígeno (PVC o polietileno). Así mismo se observó que los valores son menores cuando la carne está envasada al vacío (Brewer y Harbers, citados por Genot 2000).

b. Textura

Se mencionan las características de desnaturalización y oxidación de proteínas durante la congelación.

- **Desnaturalización y oxidación de proteínas durante la congelación**

La crioconcentración de los solutos en el transcurso de la congelación puede provocar modificaciones de la estructura de las proteínas musculares y de sus propiedades (capacidad de retención de agua, solubilidad y actividad enzimática) y en consecuencia, contribuir a modificar la calidad de la carne (jugosidad y textura). A $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, no queda sino un poco más del 10 por ciento de agua en estado líquido. La concentración en

solutos ha sido entonces multiplicada, aproximadamente por 10. En estas condiciones, las estructuras secundarias y terciarias de las proteínas sensibles a una fuerza iónica elevada pueden sufrir modificaciones, produciéndose cambios, reversible e irreversibles, en la conformación de las proteínas (desnaturalización). Los efectos de la congelación, generalmente moderados, dependen de las características del producto antes de su congelación (estado de maduración del músculo, troceado, etc.) y en menor medida de las condiciones de congelación; por otro lado, estos efectos son parcialmente eliminados por el tratamiento térmico (cocción) que a la evaluación de la ternura por métodos instrumentales o sensoriales (Genot 2000).

c. Flavor

La alteración del *flavor* durante la conservación en estado congelado es el resultado de la persistencia de reacciones químicas y enzimáticas en la carne congelada. Estas reacciones conducen a la aparición de productos de degradación, en particular procedentes de la oxidación de lípidos. La oxidación lipídica es inducida por la generación radical libre oxo y/o lipídico y tiene como resultado la generación de componentes tóxicos como el malondialdehído y productos de la oxidación del colesterol. La oxidación de fosfolípidos causa cambios perceptibles en la calidad de la carne. Estas reacciones ocurren a diferentes temperaturas de congelación y periodos de almacenamiento (Soyer *et al.* 2010).

Los fosfolípidos son, generalmente, substrato preferente para las reacciones de oxidación del tejido muscular. En efecto, son los constituyentes mayores de las membranas celulares y generalmente, se oxidan a mayor velocidad que los triglicéridos. Sin embargo, en las carnes picadas y cuando la conservación en estado congelado se prolonga más tiempo, los triglicéridos pueden intervenir de manera significativa en los procesos de oxidación (Igene *et al.*, citados por Genot 2000).

d. Color

La estabilidad de la mioglobina en el tejido muscular, depende de la especie del animal, de las características bioquímicas del músculo y de algunos parámetros externos como la presión parcial de oxígeno y temperatura. Entre las características bioquímicas, el tipo metabólico de las fibras musculares y el pH son los parámetros más importantes (Genot 2000).

Por otro lado, el envasado al vacío con materiales impermeables al oxígeno permite mejorar la estabilidad del color. El color de la carne de vacuno envasada con materiales permeables al oxígeno (polietileno) se deteriora bastante en 16 días a -13 °C y en 32 días a -20 °C. En cambio a las mismas temperaturas, el color se mantiene aceptable durante más de 250 días si la carne se conserva al vacío con un material impermeable al oxígeno. Así también, observó para la carne de avestruz, envasada al vacío y congelada a -20 °C por un mes, el color no difirió significativamente por lo que se consideró el mismo para la fresca y la carne congelado/descongelado (Leygonie *et al.* 2012).

2.5 VIDA EN ANAQUEL

2.5.1 DEFINICIÓN

De acuerdo a Dethmers (1979), el IFT (*Institute of Food Technologists*) de los EE.UU., define la vida en anaquel de un producto como: «El periodo entre la manufactura y venta al por menor de un producto alimenticio durante el cual el producto tiene una calidad satisfactoria».

La vida en anaquel es generalmente la ventana en la cual el alimento mantiene en sabor textura nutricional. La vida en anaquel está basada en la seguridad, calidad y nutrición.

Labuza (2000a) indica que la vida en anaquel depende de cuatro factores principales: formulación, procesamiento, empaque y condiciones de almacenamiento. La formulación involucra la selección de las materias prima más apropiada e ingredientes funcionales que permiten incrementar la aceptación y lograr la seguridad e integridad del producto. El procesamiento somete las materias e ingredientes formulados a condiciones que son desfavorables o inhibitorias para las reacciones de deterioro o promueven cambios físicos y químicos favorables que dan al alimento su forma y características finales. Una vez que el alimento abandona la etapa de procedimiento sigue manteniendo sus características y el periodo en que el alimento retiene dichos atributos está en función del microambiente del empaque. Los parámetros más importantes son: composición del gas (oxígeno, dióxido de carbono, gases inertes, etileno, etc.), humedad relativa precisión o estrés mecánico, luz temperatura. Estos parámetros son dependientes tanto del empaque como de las condiciones de almacenamiento.

Dado que los productos alimenticios tienen una vida finita y variable, se deben tomar precauciones para maximizar el mantenimiento de la calidad, que se traduce en costos y patrones de manipuleo (Dethmers 1979).

La vida del producto debe exceder el tiempo mínimo de distribución requerido, hasta que llegue al consumidor y que éste, como usuario final, someta a un periodo razonable de almacenamiento al producto (Dethmers 1979).

En general, el final de la vida en anaquel de producto alimenticio se define como el tiempo en el cual las muestras almacenadas son percibidas como diferentes en alguna medida.

2.5.2 FACTORES QUE AFECTAN LA VIDA EN ANAQUEL

La vida en anaquel de un producto está básicamente determinada por los componentes del sistema, el proceso de elaboración, el método de empaquetado, el tiempo y la humedad durante el transporte y almacenamiento. En forma general, estos factores pueden ser categorizados en factores intrínsecos y extrínsecos (Kilcast y Subramanian 2000). Los factores intrínsecos están constituidos por las propiedades del producto final, como son:

- Actividad de agua (agua disponible).
- pH y acidez, tipo de ácido.
- Potencial Redox.
- Oxígeno disponible.
- Nutrientes.
- Microflora natural y reencuentro de microorganismos supervivientes.
- Bioquímica de la formulación del producto (enzimas, reactivos químicos, etc.).
- Uso de preservantes en la formulación de producto.

Los factores intrínsecos se encuentran influenciados por variables como, tipo y calidad de la materia prima, formulación del producto y su estructura.

Los factores extrínsecos son aquellos que el producto tiene que enfrentar durante la cadena de distribución del mismo, estos incluyen los siguientes:

- Perfil tiempo - Temperatura durante el procesamiento, presión del espacio de cabeza.
- Control de la temperatura durante el almacenamiento y distribución.
- Humedad relativa durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- Exposición a la luz (UV e IR) durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- Contaminación microbiana durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- Composición de la atmosfera dentro del empaque.
- Tratamiento térmico subsecuente (es decir, recalentamiento o cocción del producto antes de que sea consumido).
- Manipulación del consumidor.

Estos factores operan comúnmente en forma conjunta e impredecible, por lo que debe investigarse la posibilidad de interacción entre ellos. Un tipo de interacción particular muy útil ocurre cuando los factores como, reducción de la temperatura, tratamiento térmico, acción antioxidante y empaque en atmosfera controlada, operan con la finalidad de inhibir el crecimiento microbiano, en el llamado «efecto de barrera». Esta forma de interacción de los factores, los cuales, de forma individual, no podrían prevenir el crecimiento microbiano, en combinación, permite a los productos usar técnicas de procesamiento más modernas de tal manera que permitan una mayor retención de las propiedades sensoriales y nutricionales (Kilcast y Subramanian 2000).

La interacción de los factores intrínsecos y extrínsecos puede inhibir o estimular procesos que limitan la vida en anaquel. Estos procesos pueden ser convenientes clasificados como sigue:

a. Cambios de deterioro Microbiológico

El crecimiento de deterioro microorganismo durante el almacenamiento depende de muchos factores, pero los mas importantes son: recuento microbiano al inicio de almacenamiento, propiedades fisicoquímicas del alimento; tales como contenido de humedad, pH, presencia de preservantes; el método usado para el procesamiento del alimento y condiciones de almacenamiento del producto (Kilcast y Subramanian, 2000).

La patogenicidad de ciertos microorganismos es la mayor preocupación del procesamiento y manejo de los alimentos. A parte de ingestión, los microorganismos tales como las

especies de *Salmonella* o las cepas de *Escherichia coli* causan infecciones mientras que otras tales como *Aspergillus flavus*, *Clotridium botulinum* y *Staphylococcus aureus* producen compuestos químicos en los alimentos que son tóxicos para los humanos. La presencia de mohos y su crecimiento podrían traer como consecuencia una apariencia y sabores indeseables (Man y Jones 1997).

b. Cambios de deterioro químico

Pueden ocurrir muchas reacciones de deterioro como resultado de las reacciones dentro del alimento y de los componentes del mismo con agentes extremos, tales como el oxígeno. El desarrollo de la rancidez es un factor importante en los alimentos ricos en grasa y ocurre a través de diversos mecanismos, por ejemplo, reacciones lipolíticas/hidrolíticas, reacciones de oxidación y reacciones de reversión de aromas. Los procesos enzimáticos limitan la vida en anaquel de frutas y vegetales y las reacciones de oxidación limitan la vida en anaquel de las carnes. Los cambios químicos pueden deberse también a la exposición a la luz, produciendo pérdida de color, rancidez, desarrollo de sabores en la leche y en los bocaditos.

c. Cambios de deterioro físico

La pérdida de la humedad es mayor causa de deterioro físico en los alimentos. Esta pérdida puede dar tanto en productos frescos (donde se pierde humedad), como en productos secos o deshidratados (en los cuales se gana humedad). Otro fenómeno de migración, especialmente complejos, es el de la grasa de un componente a otro. Los cambios de los materiales de empaque, puedan también limitar la vida en anaquel (Kilcast y Subramanian 2000).

2.5.3 CAMBIOS DE DETERIORO RELACIONADO CON LA TEMPERATURA

El deterioro puede producirse tanto a temperaturas bajas como a temperaturas elevadas. El incremento de la temperatura generalmente incrementa la velocidad de las reacciones químicas. En alimentos con contenido graso, la grasa sólida se vuelve líquida y actúa como solvente para las reacciones en la fase oleosa. El incremento de la temperatura puede también cambiar las características de cristalización de los alimentos con contenido de azúcares. La desestabilización del sistema de emulsión puede ocurrir bajo condiciones de variación en la temperatura y agitación mecánica. Las temperaturas fluctuantes producen

formación de cristales en los alimentos congelados, como los helados. En centrarse, el incremento de la temperatura reduce el endurecimiento de los panes (Kilcast y Subramanian 2000).

2.5.4 DETERMINACION DE VIDA EN ANAQUEL EN ALIMENTOS

De acuerdo a Kilcast y Subramanian (2000), la determinación de la vida en anaquel se puede realizar mediante:

a. Paneles sensoriales

La medición de los cambios en la calidad sensorial de un alimento requiere el uso de técnicas sensoriales. Estos son actualmente mediciones cualitativas y cuantitativas de un panel entrenado, aunque también pueden provenir de consumidores finales. Existen dificultades para asegurar una buena calidad en los datos para los periodos de prueba extensos, por ello las mediciones físicas constituyen un buen respaldo para los métodos sensoriales. El uso de las pruebas sensoriales requiere de un conjunto de procedimientos diseñados para proteger la salud de los panelistas. Es particularmente importante llevar a cabo las pruebas de vida de anaquel, teniendo especial cuidado en tomar las medidas necesarias para asegurar que los riesgos microbiológicos sean minimizados. Las pruebas de alimentos congelados, de los cuales se dispone de poca información acerca del final de la vida en anaquel, y que son llevados a cabo mediante pruebas aceleradas a temperaturas elevadas, requieren de precauciones específicas. Es necesario que paralelamente al análisis sensorial se lleve un análisis microbiológico.

b. Métodos instrumentales

Se han diseñado pruebas que permiten el uso de técnicas instrumentales para la medición de factores de calidad sensorial, pero este solo serán válidos si pueden correlacionarse con las mediciones sensoriales. Los instrumentales pueden ser, un complemento importante para los métodos sensoriales. Se han desarrollado nuevas técnicas instrumentales en la predicción de la vida en anaquel de los alimentos. Algunos ejemplos:

- Narices eléctricas: aunque aún no se ha establecido si constituye un instrumento viable, estos emplean un diferente paradigma de sensores que corresponden a compuestos presentes en el espacio de cabeza (compuestos aromáticos) utilizando un

proceso en red de lectura neurótica. Puede ser muy útil es los casos en los que la Aw del alimento es baja, ya que debe tenerse en cuenta que la Aw afecta significativamente la respuesta.

Uno de los ejemplos de la medición instrumental ampliamente usado para el control de la vida en anaquel, es la medida de la actividad de agua; el cual ya ha sido identificado como un factor intrínseco para la determinación de la vida de anaquel. Para la medición y monitoreo de la actividad de agua, que permite el control de bacterias patogénicas y esporuladas, se puede usar conductímetros de humedad o higrómetros.

Un punto de vista más acertado es el del llamado concepto de «mercado». Este concepto depende de la identificación de las propiedades químicas y físicas que se encuentran cercanamente unidas al proceso de deterioro, y del diseño de un sensor capaz de medir algún aspecto de deterioro, y del diseño de un sensor capaz de medir algún aspecto de estas propiedades y por tanto el deterioro (Kilcast y Subramanian 2000).

c. Mediciones físicas

La medición física más común es la de cambio de textura de un producto. Estos cambios pueden ser el resultado de reacciones químicas que ocurren del producto, como aquellos causados por la interacción entre los ingredientes o por influencia medio ambiental, como la migración de la humedad a través del empaque. Los métodos para medir la textura deben ser escogidos cuidadosamente para que los resultados pueden ser correlacionados con los cambios de textura que percibe un papel sensorial. Algunos atributos, tales como la dureza, pueden ser fácilmente medidos a través de la fuerza requerida para penetrar una distancia particular dentro del producto. Sin embargo, aun en los casos simples, los detalles de las pruebas, tales como el tipo de examen, posición y alineamiento de la muestra, distancia de penetración deben ser cuidadosamente elegidos para obtener la mejor correlación posible con las medidas sensoriales.

d. Mediciones químicas:

Los análisis químicos juegan un rol vital en la determinación de la vida en anaquel, dado que pueden ser causados para medir las reacciones químicas que ocurren en un alimento durante su almacenamiento o para confirmar los resultados obtenidos por un panel sensorial.

Para cualquier producto, las reacciones químicas ocurren simultáneamente durante el almacenamiento. Sin embargo, solo es necesario medir aquellas reacciones claves en la calidad del producto. Las pruebas químicas que determinan cambios en una característica particular de calidad pueden ser aplicables a diferentes tipos de productos. Un ejemplo de esto, es la medida del valor del Índice de Peróxido como indicador del nivel de rancidez de los productos (Kilcast y Subramanian 2000).

e. Mediciones microbiológicas:

Existen dos aspectos importantes a ser considerados en la determinación de la estabilidad microbiológica de un producto.

- Crecimiento microbiano.
- El crecimiento de los microorganismos patógenos que afectan la inocuidad del alimento.

La actividad de agua, temperatura de almacenamiento, tiempo y pH pueden ser usados para predecir los microorganismos que podrían tener probabilidades de crecimiento en el producto. El «periodo de patogenicidad» puede ser determinado almacenando el producto a una temperatura apropiada y midiendo el desarrollo microbiano a diferentes intervalos. El tiempo para llegar a un nivel predeterminado de recuento microbiano puede ser considerado como el punto final. Dado que es recomendable dejar un margen de seguridad en la fijación de la vida en anaquel, generalmente se toma el 70 por ciento de dicho tiempo como la vida de almacenamiento del producto (Kilcast y Subramanian 2000).

Labuza (2000b) menciona que de acuerdo a un sumario emitido por el IFT de los EE.UU., en lo que respecta al aspecto microbiológico de la vida en anaquel de carnes RTE (*Ready to Eat* o «listas para comer») y comidas precocidas, los patógenos psicrófilos y mesófilos son de vital importancia dado que estos tienen la capacidad de crecer durante el abuso de temperatura y almacenamientos prolongados. Desde el punto de vista de los microorganismos patógenos, existen muchos y nuevos métodos microbiológicos rápidos y altamente sensibles que además podrían ser aplicados para la determinación y predicción de la vida en anaquel. Los sistemas de impedancia y conductividad pueden ser usados para detectar la baja calidad de los alimentos o muestras por debajo de estándar en menos de ocho horas.

2.5.5 PRUEBAS ACELERADAS DE VIDA EN ANAQUEL

Las pruebas aceleradas de vida en anaquel consisten en experimentos de almacenamiento a temperaturas relativamente altas, con el fin de predecir, con un cierto margen de certidumbre, la vida en anaquel de productos en un tiempo más corto que con métodos tradicionales (Labuza y Schmidl 1985).

Existen dos procedimientos generales para predecir la vida útil de un producto. El método común es elegir una situación desfavorable aislada a la que se somete al alimento, realizar dos o tres ensayos durante un periodo determinado y, generalmente, por métodos sensoriales extrapolar seguidamente los resultados a las condiciones de almacenamiento normal. Otro proceder es suponer que determinados principios de cinética son aplicables en lo que se refiere a la dependencia de la temperatura, tales como la ecuación de Arrhenius y recurrir a un diseño más complejo, aunque más costoso probablemente de mejores resultados (Fennema 2000).

De acuerdo a Labuza y Schmidl (1985), en las pruebas aceleradas de vida en anaquel, los análisis pensados deberían estar basados en los modos de deterioro, esto incluye:

- Sensorial.
- Análisis químicos, tal como un nutriente, índices de peróxido o ácidos grasos libres.
- Contenido de humedad, si el recipiente no está sellado herméticamente.
- Análisis microbiológico.

2.5.6 PRUEBA ACELERADA Q₁₀

El principio de una prueba acelerada puede ser aplicado en la llamada prueba Q₁₀ para determinar la vida de anaquel de un producto. Q₁₀ es un factor de aceleración o proporcionalidad por el que se multiplica la constante de velocidad de una reacción (k), cuando se incrementa en 10 °C la temperatura a la que se realiza la prueba. Permite calcular la vida útil real a partir de datos obtenidos de forma acelerada (Labuza y Fu 1993).

$$Q_{10} = k_{T+10}/k_T$$

La tasa Q_{10} indica qué tan rápido se llega a los límites críticos de las variables de respuesta que califican la vida de anaquel cuando la temperatura de almacenamiento es incrementada en comparación con las muestras control. Si la temperatura ideal de almacenamiento de un producto es 2 °C, para calcular la vida de anaquel, ahora almacenado a 12 °C, se evalúa usando la siguiente ecuación. Donde R es la constante general de los gases (8,314 J/mol K).

$$Q_{10} = (R_2/R_1) \left(\frac{10}{T_2 - T_1} \right)$$

La prueba Q_{10} es un excelente método para determinar la vida de anaquel de un producto alimenticio; sin embargo, hay que tomar en consideración que si se aumenta la temperatura esta puede conducir a un riesgo de inocuidad, por lo tanto, existe la posibilidad de cambiar el tipo de empaque. Retomando, el color puede ser un factor finalizador de la vida útil del producto a 2 °C, pero el crecimiento microbiano tendría mayor peso al ser almacenada a 12 °C. Es importante asegurarse que los niveles de los parámetros de estudio (color, oxidación, microbiológicos) no cambien para un producto conforme aumenta la temperatura de almacenamiento. En ese caso, sería posible hacer cambios más pequeños en la temperatura de almacenamiento y conducir más estudios de vida de anaquel acelerada (Labuza y Fu 1993).

2.5.7 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA VELOCIDAD DE DETERIORO

La influencia de la temperatura en la velocidad de reacción ha sido derivada empíricamente así como también a partir de mecanismos termodinámicos, estadísticos y otros medios. Básicamente, el logaritmo de la constante de velocidad es proporcional a la inversa de la temperatura absoluta (Labuza y Riboh 1982).

$$k = k_0 e^{-(E_a/R)(1/T)}$$

Donde:

k_0 : Coeficiente o factor pre exponencial

E_a : Energía de Activación (KJ/mol)

R: Constante general de los gases (8,314 J/mol K)

T: Temperatura absoluta (K)

Esta ecuación (Ecuación de Arrhenius) enuncia que un ploteo del logaritmo neperiano de k ($\ln K$) versus la recíproca de la temperatura absoluta genera una línea recta, la pendiente de la cual es energía de activación dividida por la constante de los gases ideales R . De este modo, estudiando una reacción y midiendo k (constante de velocidad) a dos o tres temperaturas elevadas, uno puede entonces extrapolar con una línea recta a una menor temperatura y predecir la constante de velocidad de la reacción a la temperatura menor deseada (Labuza y Riboh 1982).

III. DESARROLLO DEL TEMA

3.1 PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAVO EMPACADO CONGELADO

3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO

A continuación se describen las operaciones a realizar para la obtención de pavo empacado congelado.

- Recepción y colgado

Esta actividad consiste en registrar la cantidad de las aves vivas procedentes de las granjas, descarga de las aves del camión de procedencia y colgado de las mismas en los ganchos respectivos dándose así al inicio del proceso de beneficio.

- Aturdido

Consiste en insensibilizar a las aves a través de una descarga eléctrica regulable de acuerdo al peso de la misma por un periodo de aproximadamente 14 a 18 segundos (desde que el ave entra en contacto con el agua hasta que deja de tener contacto con el agua) el voltaje es de 20 a 65 voltios de acuerdo al peso del ave.

- Degollado y sangrado

Actividades consecutivas que se dan después del aturdimiento del ave y consisten en el corte de la vena yugular y arterias carótidas del ave, y desangrado que es de tres a cuatro minutos hasta el inicio de la siguiente actividad.

- Escaldado

Consiste en la inmersión, de las aves desangradas, en agua caliente por un determinado tiempo a fin de facilitar el desprendimiento posterior de las plumas. El tiempo promedio de permanencia en el escaldador es de dos a tres minutos a una temperatura de 53,5 °C a 61 °C.

- **Pelado**

Consiste en la extracción de las plumas, inmediatamente después del escaldado, mediante el uso de peladoras y repasadoras mecánicas en baldes que duran de 20 a 50 segundos.

- **Corte de pescuezo**

Consiste en realizar el corte y retiro del pescuezo y dejar una pedazo de piel en forma de corbata.

- **Cambio de línea**

Esta actividad consiste en descolgar el ave de la línea de pelado y colgarla en la línea de eviscerado.

- **Corte pre eviscerado**

Incluye las actividades de corte de cloaca y corte abdominal.

- **Corte de cloaca**

Consiste en separar la cloaca del cuerpo de las aves mediante el uso de una pistola circular del tipo hidroneumática que consta con un sistema de inyección de agua para su limpieza. La cloaca pasa a ser parte del paquete de vísceras.

- **Corte abdominal**

El corte abdominal se realiza con la finalidad de facilitar la extracción de los órganos internos de las aves.

- **Eviscerado**

Consiste en la extracción de las menudencias. La extracción se hace siguiendo un orden lógico establecido (corazón, hígado, intestinos, molleja, pescuezo, buche, tráquea y pulmones), separando las menudencias que serán utilizadas de aquellas que se eliminarán.

Durante el eviscerado, después de la extracción de la molleja, la carcasa es lavada y desinfectada con agua, tanto interior como exteriormente, mediante un sistema de inyección de agua a presión.

- **Lavado a presión**

El ave pasa por una ducha con agua a presión, con la finalidad de retirar las cutículas adheridas en la carcasa.

- **Corte de patas**

Esta actividad consiste en retirar las patas de la carcasa (primero la pata derecha al momento de ingresar en la zona de enfriamiento y luego la pata izquierda antes de su ingreso al *chiller*).

- **Escaldado de patas (PCC):** Consiste en la inmersión, de las patas en agua caliente en un tiempo determinado a fin de facilitar el desprendimiento de las cutículas y eliminar los microorganismos patógenos a fin de garantizar su durabilidad hasta el cliente. El tiempo promedio de permanencia en el escaldador es de 1 a 1,5 minutos a una temperatura de 60 °C a 70 °C.
- **Acondicionado de patas:** Incluye las actividades de pelado y enfriado de patas.
- **Pelado de patas:** Consiste en el retiro de las cutículas de las patas escaldadas a través de las peladoras de patas en el cual permanece por un tiempo de tres a cinco minutos.
- **Enfriamiento de patas:** Consiste en la inmersión de las patas en agua helada (6 °C) con el propósito de lograr la disminución de temperatura proveniente del escaldado.

- **Manejo de menudencias y pescuezo**

Consiste en la limpieza y lavado de la molleja, extrayendo la cutícula, residuos de alimento y piedras que pudiese contener, y del pescuezo en la máquina centrífuga.

- **Enfriado y desinfección de menudencias y pescuezo (PCC)**

Consiste en la inmersión de las menudencias (hígado, corazón, y molleja) y pescuezo en agua helada con ácido peracético, con el propósito de lograr su enfriamiento y eliminar los microorganismos patógenos a fin de garantizar su durabilidad hasta el cliente.

- **Clasificación y embolsado**

Consiste en armar los paquetes de menudencias que se colocaran en la cavidad abdominal de las carcasas.

- **Pre Enfriado**

Consiste en la inmersión de las carcasas en agua helada para disminuir la temperatura interior y facilitar su enfriamiento total en la etapa siguiente. El tiempo de inmersión es de aproximadamente 10 a 20 minutos (de acuerdo al código y tipo de ave) y la temperatura a la que sale la carcasa es inferior a los 30 °C, aproximadamente.

- **Enfriado y desinfección (PCC)**

Consiste en el enfriamiento total del interior de las carcasas, hasta alcanzar temperaturas promedio entre 4 °C y 14 °C (que va a depender código y tipo de ave), mediante la inmersión en agua helada. El tiempo de permanencia de la carcasa en el *chiller* es de aproximadamente 45 a 65 minutos dependiendo del tipo de ave. El sistema de enfriamiento por chaqueta utiliza gas refrigerante. En esta etapa las carcasas son desinfectadas con ácido peracético.

- **Clasificación de carcasas**

Consiste en seleccionar las carcasas por calidad en primera y segunda teniendo en cuenta la tabla de factores (grado de hematomas). El operario verifica visualmente una a una las carcasas.

- **Preparación de valor agregado**

El valor agregado forma parte de aquel valor que se le añade al producto del proceso y consiste en la mezcla de un insumo (marinado) con agua en una dilución de 10:100.

- **Marinado:** Consiste en la inyección del valor agregado en las carcasas que son ingresadas a través de las agujas de la máquina inyectora.

- **Embutido de menudencia**

Consiste en la introducción de las menudencias previamente embolsadas, en las carcasas.

- **Embolsado**

Consiste en introducir los productos terminados en bolsas que pueden ser o no termoencogibles de acuerdo a la presentación del producto.

- **Vacío y clipeado**

Consiste en retirar el aire que contiene la bolsa mediante un succionador de aire (forma de boquilla), por un lapso de 15 a 20 segundos. Luego se procede a sellar con grapas metálicas, este proceso de clipeado se debe realizar teniendo en cuenta la presión de aire que debe estar entre 5 y 7 bar.

- **Descripción de la operación:** El operario coloca la entrada de la bolsa en la boquilla de vacío para que extraiga el aire de la bolsa (vacío). Finalmente llega a la clipeadora en donde se realizará el clipeado automático (figura 1).



Figura 1: Equipo Rotomatic.

- Termo Contracción

Consiste en adherir la bolsa a la piel del pavo mediante un baño con agua caliente cuya temperatura es de 92 °C a 95 °C por un tiempo de 19 segundos aproximadamente.

Cuadro 3: Características y condiciones de utilizados en la operación empaque

EQUIPO	CAPACIDAD	PRESION AIRE	TEMP TRABAJO	VACIO
CLIPADORA DE PAVO	2000 UND/HR	85PSI	NO UTILIZA	
TUNEL DE TERMOCONTRACCION	1600-1850 UND/HR	85PSI	92-96-°c	
TUNEL DE SECADO	1600-1850 UND/HR	815 M3/H DE AIRE	40°-50°c	
ROTAMATIC	2600 UND/HR	85PSI	NO UTILIZA	15pulg mercurio de vacio

- **Descripción de la operación:** El operario responsable de la termocontracción verifica la velocidad de la faja.

Cuadro 4: Velocidad de faja de túnel de secado

CÓDIGO OPERATIVO	VELOCIDAD FAJA (pies/minuto)	POSICIÓN
Pavo : A	34.44	2
Pavo : B, C, D, E, F, G, H1, H2	23.33	1

En la máquina de termocontracción, las carcassas pasan por un túnel donde reciben un baño de agua (93 °C a 95 °C), de este modo la bolsa se adhiere a la piel de la carcassas (figura 2).



Figura 2: Equipo de secado.

- **Codificado**

Consiste en identificar las carcasas con información relacionada a la fecha de producción, fecha de vencimiento, lote.

- **Emparrillado**

Consiste en colocar en *Rack* los productos que salen del equipo de termo contracción y llevarlos a la zona de antecámara que se encuentra a una temperatura entre 0 y 5 °C donde permanecen hasta ingresar al túnel de congelamiento, tal como se observa en la figura 3.



Figura 3: Rack de emparrillado.

- **Congelado**

Consiste en ingresar a los túneles de congelamiento por un tiempo de 8 a 10 horas, tiempo necesario para que la temperatura del túnel llegue a -35 °C aproximadamente. Este tiempo depende del código y tipo de ave.

- **Descripción de operaciones:**

- El Operario traslada los *racks* completos a la zona de túneles. Antes de ingresar los *racks* el operario verifica que el túnel haya recibido un golpe de frío previo; (en caso de ser primer *Batch*) seguidamente, ingresa los *racks* hasta completar su capacidad.
- Luego de completada la carga del túnel, el encargado de cámara comunica al personal de mantenimiento para que inicie el sistema de congelamiento.
- Luego de transcurrido el tiempo estimado de congelamiento el encargado de cámara verifica que el *batch* completo este congelado. (verifica sensorialmente).
- Una vez desactivado el sistema de congelamiento, el operario ingresa al túnel y retira los *racks*.

- **Descripción del proceso y equipos de congelamiento:** En el cuadro 5 se detallan las características y condiciones de trabajo de los túneles de congelamiento, los túneles Tienen una capacidad que se encuentra entre 30 y 36 toneladas de refrigeración y una capacidad de producto de entre 9 y 24 toneladas, el modelo de túnel es estacionario y el tipo de transferencia de temperatura es por convección. Gent (2008) menciona que al ser un sistema de congelación por túneles el flujo de aire que prevalece es horizontal y se da por convección forzada.

Cuadro 5: Características y condiciones de trabajo de túneles de congelamiento

SISTEMA DE CONGELAMIENTO DE TUNELES							ANTES DE INGRESAR AL EVAPORADOR		DESPUES DE INGRESAR AL EVAPORADOR		
TUNEL ESTACIONARIO	CAPACIDAD TR	MODELO TUNEL	TIPO DE TRANSFERENCIA	DIMENSIONES MT	N° MOTORES	RPM	TEMP LIQUIDO BOMBEADO	P ENTRADA EVAP	P ENTRADA EVAP	P SUCCION	DIAM VENTILADOR
TUNEL DE CONGELAMIENTO 1	30.4	ESTACIONARIO	CONVECCION	5.2 X5.8 x 4.3H	2	1700	-40°C	1.09 bar	1.09 bar	-.045bar	1.2 MT
TUNEL DE CONGELAMIENTO 2	36.5	ESTACIONARIO	CONVECCION	7.50 X 5 x 4.3 H	3	1700	-40°C	1.09 bar	1.09 bar	-.045bar	1.3 MT

Wolti-Chanes (2007) menciona que la cantidad de resistencia externa a la transferencia de calor en la congelación de carne varía desde la congelación en aire mediante convección natural (usando un coeficiente de transferencia de calor superficial de 2 a 5 W/m²K), hasta la congelación en aire por convección forzada (10 a 30 W/ m²K). Características del equipo de congelación usado se pueden apreciar en la figura 4.



Figura 4: Equipos de congelamiento.

Las hélices de los evaporadores trabajan a una velocidad de 1700 rpm, Welti-Chanes (2007) menciona que uno de los factores principales a considerar en el diseño y operación de un sistema de congelación es el tiempo de congelación. Cuando se considera el sistema de congelación, el tiempo requerido para el congelado establecerá la velocidad de movimiento del producto a través del sistema y por lo tanto la eficacia del sistema.

Según especialistas del Instituto del Frio en España, el tipo de congelación que se da en estos túneles es rápida debido a que la temperatura del aire es menor a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el tiempo de congelación es menor a 24 horas (Telles 1992).

Los pavos han sido empacados al vacío para evitar su deterioro durante el congelamiento. Devine *et al.* (1996) mencionan que la congelación de carne descubierta en aire forzado puede causar pérdidas de peso significativas, por ello, puede ser necesario empacarla previamente a la refrigeración o a la congelación.

El refrigerante utilizado es el amoníaco cuya temperatura de líquido bombeado es a menos $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, la presión de entrada al evaporador es 1,09 bar y a la salida es -0,45 bar. El amoníaco NH_3 se emplea como refrigerante en diversas industrias alimentarias, industrialmente se comercializa en forma licuada.

El tiempo de congelación depende del tamaño del pavo para un rango de peso entre 5 a 12 kilos el tiempo de congelamiento se encuentra entre 6 y 10 horas. Heldman y Hartel (1997) indican que el espesor del producto (L) tiene una influencia directa sobre el tiempo de congelación (tf). Al incrementar el espesor el tiempo de

congelación incrementa. Por otra parte, el gradiente de temperatura (TF-TM) se encuentra indirectamente relacionado al tiempo de congelación.

La distribución de la temperatura de los productos dentro del túnel depende de la dirección que sigue el aire de enfriamiento, en los túneles la dirección es de arriba hacia abajo en forma circular, el aire ingresa desde la parte superior del túnel hasta llegar a la parte inferior y luego empieza a subir, los productos que están en la superficie y en la parte inferior del túnel se encuentran a menor temperatura en comparación con los productos que se encuentran ubicados en la parte media del túnel, es por eso que se recomienda que haya un espacio entre los *racks* y los productos para que haya una mejor distribución del aire frío en el producto (ver figura 5).

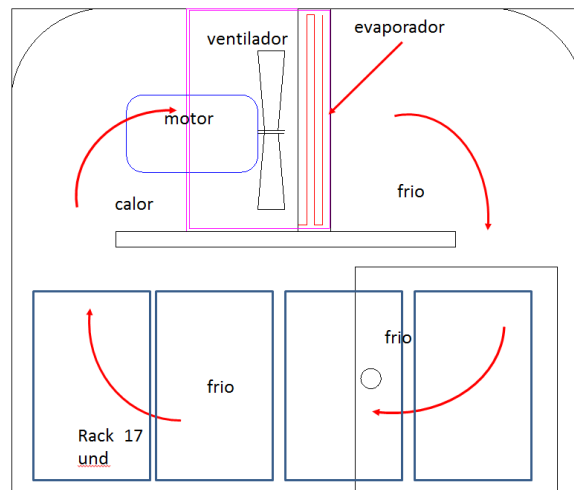


Figura 5: Distribución del aire frío en los túneles de congelamiento.

Se retira del producto del túnel cuando llega a una temperatura entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, esto se verifica sensorialmente y a través de la toma de temperatura realizada con las siguientes metodologías de medición en base a la metodología utilizada según el Codex Alimentario CAC/RCP 8-1976.

- **Medición No destructiva de la temperatura:** Se mide la temperatura exterior del envase, se toman dos productos se ponen en contacto se ejerce presión y se mide la temperatura, esto puede resultar en diferencias de entre $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre la temperatura real del producto y la lectura obtenida.

- **Medición destructiva:** Se perfora el producto y se ingresa la sonda del termómetro dentro del producto.

- **Desemparrillado**

Consiste en retirar los *racks* de los túneles de congelamiento y llevados a la zona de pallets, donde se procede a retirar las aves de los *racks*.

- **Embalaje**

Consiste en colocar las carcasas empacadas congeladas en sacos y/o cajas; el número de aves empacadas que contiene el saco y/o caja está en función al código

- **Almacenamiento (-18 °C)**

Consiste en la colocación de los productos terminados ensacados/encajados en parihuelas para su almacenamiento en la cámara de productos congelados, la cual permanece en -18 °C a -20 °C.

- **Despacho**

Consiste en colocar el producto en la cámara del vehículo refrigerado según lo estipulado en la guía de remisión. Dicho vehículo se encarga del traslado del producto hasta los almacenes que se le designen, o almacenes externos.

- **Transporte**

Consiste en programar las unidades frigoríficas para realizar el traslado de los productos a los almacenes externos. Se debe garantizar que los mantengan una temperatura de -18 °C y que no incrementen su temperatura a más de -12 °C.

- **Distribución**

Consiste en la entrega de los productos a los clientes en unidades con sistema de refrigeración.

3.1.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

A continuación se presenta la figura 6, la cual detalla el proceso de elaboración de elaboración de pavo empacado congelado.

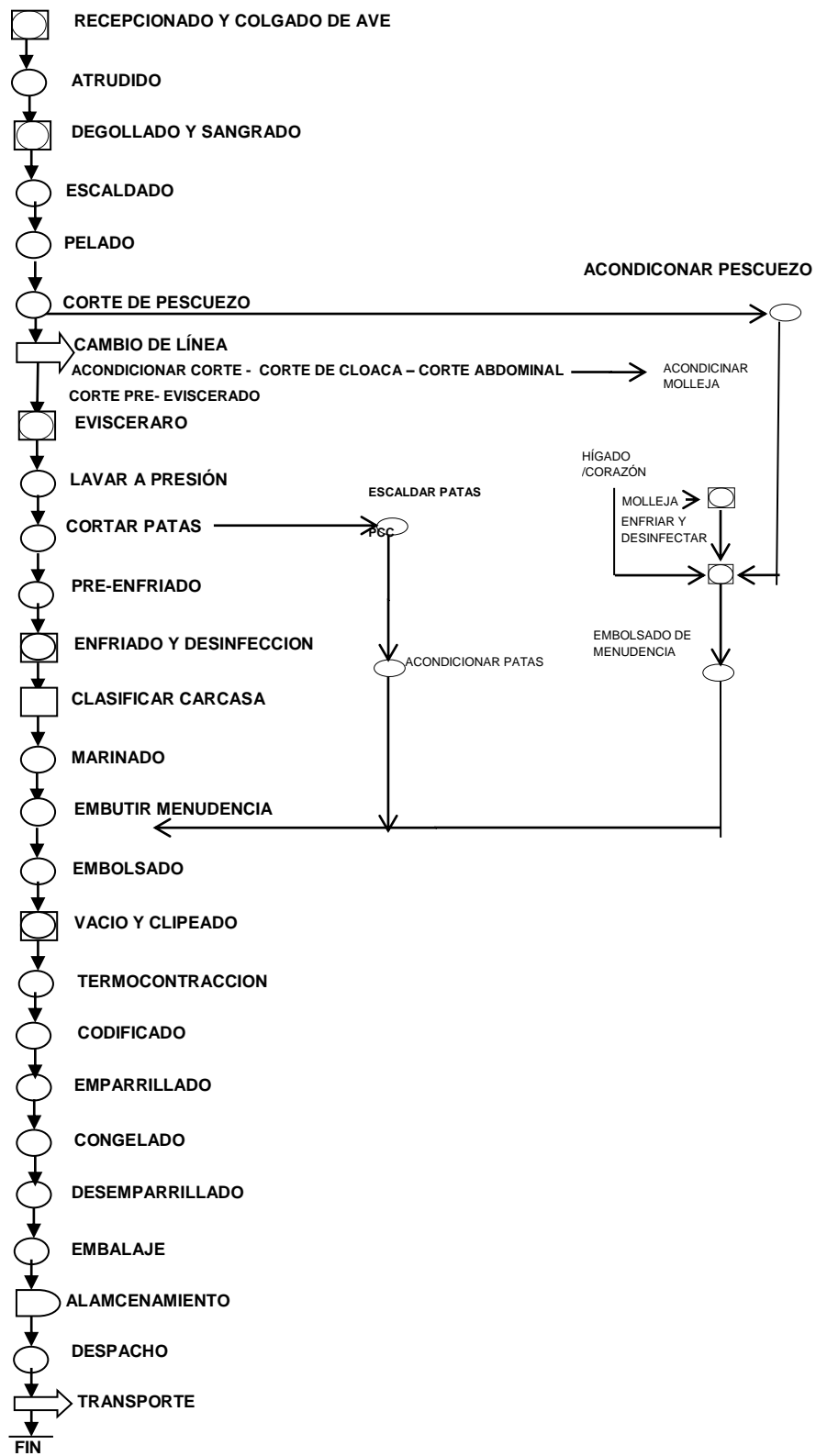


Figura 6: Diagrama de flujo para la obtención de pavo empacado congelado.

3.2 ESTIMACIÓN DE VIDA EN ANAQUEL PARA PAVO ENTERO CONGELADO

La evaluación de la vida en anaquel del pavo entero congelado se realizó en *tiempo real*.

3.2.1 OBJETIVOS

- Validar el tiempo de vida útil actual (12 meses) para pavo congelado.
- Evaluar el incremento de vida útil a (18 meses) para pavo congelado.

3.2.2 PRODUCTOS A EVALUAR

- Pavo entero con menudencias empacado al vacío, congelado a $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ y conservado a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un periodo mínimo de 12 meses y máximo de 24 meses. (fecha de producción: 12-04-12).
- Empaque: Bolsa de la marca CRYOVAC (COV E - X) DE EVA (etilen vinil acetato) bilaminado, coextrudado, irradiado y termo contraíble con impresión empacado al vacío. Capa en contacto con alimento: copo limero de etileno de 1-octeno, resto de la estructura: copo limero de etileno y vinil acetato.

3.2.3 EVALUACIONES A REALIZAR

Se realizaron tres tipos de evaluaciones, las cuales se detallan a continuación.

a. Evaluación microbiológica

Se realizó los envíos de muestras a laboratorios externos (SGS).

- **Métodos de referencia**

- Recuento de *Aerobios Mesofilos* (Método Oficial 990.12.Petrifilm - AOAC).
- Recuento de *Mohos y Levaduras* (Método para recuento de levaduras y mohos por siembra en placa. ICMSF - Reimp. 2000)
- Recuento de *Escherichia. Coli* y *Coliformes Totales*; (Método Oficial 991.14.Petrifilm - AOAC).

- Recuento de *Staphylococcus aureus* (Método Oficial 2003.07. Petrifilm – AOAC).
- Recuento de *Clostridium perfringens* (Método de Recuentos de *C. perfringens* ICMSF - Reimp. 2000).
- Detección de *Salmonella* (Método Oficial 2011.03 Vidas SLM – AOAC).
- Detección de *Escherichia Coli* O157:H7 (Método AOAC 996.09; 2012, Chapter 17, 19 th Ed. *Escherichia coli* in Selected Foods. Visual Immunoprecipitate Assay -VIP).

b. Evaluación sensorial

Se realizó los envíos de muestras a laboratorios externos (SGS)

- Método: ISO 4121:2003 Sensory analysis. Guidelines for the use of quantitative response.
- Evaluación en crudo (olor, color, textura)
- Evaluación en cocido (sabor, olor, color, textura)

c. Evaluación fisicoquímica

Se realizó los envíos de muestras a laboratorios externos (SGS)

- Método: pH a 20 °C NTP – ISO 2917:2005. Carne y productos cárnicos. Medición de pH.

3.2.4 TAMAÑO DE MUESTRA

El número de muestras fue de 50 pavos (25 pavos hembras de 6,5 Kg 12 semanas; 25 pavos machos de 9,5 Kg 13 semanas).

3.2.5 DISEÑO DE LA PRUEBA

El diseño de la prueba se detalla a continuación:

- Se produjeron y empacaron 44 pavos siguiendo el proceso normal de producción de pavo entero congelado.
- Previo al proceso se prepararon 44 bolsas con la inscripción «Pavo de Prueba» en lugar visible.
- Las muestras (44 pavos) fueron empacados en bolsas Termo-encogible COVE de 73 micrones baja permeabilidad.

- Los 44 pavos fueron embalados en sacos de polipropileno recubiertos con film plástico simulando las condiciones de paletizado realizado en el proceso normal.
- El «mini pallet» preparado fue despachado en camión hacia un CD donde fue almacenado durante el periodo de duración de la prueba.
- El «mini pallet» de muestra fue almacenado en la cámara «B» a temperatura de congelación (-18 °C) y fue ser debidamente identificado con un distintivo claramente visible, para evitar que sea despachado por error.

- **Ítems De Control**

- Recuento total de bacterias aerobias mesófilas
- Resultados de análisis sensorial producto crudo (aspecto, color, olor)
- Resultados de análisis sensorial producto cocido (aspecto, color, olor, sabor, textura).
- Resultados físico químicos (pH)

- **Criterios Normativos a Considerar:**

- RM. N° 591-2008 / MINSA - NTS N°071 MINSA - DIGESA V1. Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.
- NTP 201.054.2009. Carne y productos cárnicos. Aves para consumo. Definiciones y requisitos de la carcasa y nomenclaturas de cortes.

3.2.6 RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES

a. Resultados de la Evaluación de Estabilidad Microbiológica

En el cuadro 6 se observa que el producto pavo entero permanece dentro de los parámetros microbiológicos establecidos hasta los 24 meses el recuento de mesófilos para el mes 24 es 35 000 y la tolerancia máxima es 1 000 000 ufc/g. El recuento de aerobios mesófilos es un indicador de la calidad de la materia prima, recuentos elevados evidencian problemas de almacenamiento, cadena de frío inadecuada y es un indicador de término de vida útil.

Cuadro 6: Resultados de estabilidad microbiológica de pavo entero

RESULTADOS ESTABILIDAD MICROBIOLÓGICA						
PAVO ENTERO						
PARÁMETRO	0 MESES Eva. 13-04-12	9 MESES Eva. 15-01-13	12 MESES Eva. 17-04-13	18 MESES Eva. 17-10-13	24 MESES Eva. 14-04-14	TOLERANCIA
<i>mesófilos</i>	45 000	35 000	12 000	9 000	35 000	Hasta 1'000,000 UFC/gr
<i>E. coli</i>	<10	<10	<10	<10	<10	hasta 50 UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	10	10	<10	<10	<10	hasta 100 UFC/gr
<i>Clostridium perfringens</i>	<10	<10	<10	<10	<10	Hasta 10 UFC/gr
<i>Salmonella sp.</i>	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	Ausencia/ 25gr
<i>E. coli 0157:H7</i>	ausencia	-	-	-	ausencia	Ausencia/ 25gr

La conservación de los alimentos mediante la congelación produce en primer lugar la inhibición del crecimiento de microorganismos. A -10 °C, todo crecimiento bacteriano se paraliza incluso las bacterias psicrotofas y psicrófilas. A -12 °C, los hongos dejan de multiplicarse y a -18 °C, las levaduras. Así pues por debajo de -18 °C no hay ninguna multiplicación de microorganismos. Este efecto es el resultado, por una parte, de la disminución de velocidades de reacción según la ley de Arrhenius y, por otra parte, de la disminución de la cantidad de agua disponible y su actividad (Genot 2000).

b. Resultados de la Evaluación Sensorial

Los resultados de la valuación sensorial se detallan en el cuadro 7.

Cuadro 7: Resultados de evaluación sensorial de pavo entero

RESULTADOS EVALUACIÓN SENSORIAL					
EVALUCION SENSORIAL PAVO ENTERO <u>CRUDO</u>					
PARAMETRO	0 MESES Eva.13-04-12	9 MESES Eva.14-01-13	12 MESES Eva.16-04-13	18 MESES Eva.15-10-13	24 MESES Eva.15-04-14
Olor	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Color	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Textura	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
EVALUCION SENSORIAL PAVO ENTERO <u>COCIDO</u>					
PARAMETRO	0 MESES Eva.13-04-12	9 MESES Eva.14-01-13	12 MESES Eva.16-04-13	18 MESES Eva.15-10-13	24 MESES Eva.15-04-14
Olor	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Color	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Textura	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Sabor	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico

*Observación: todas las muestras permanecen conformes hasta los 24 meses de vida útil tanto en crudo y cocido.

c. Resultados de la Evaluación Físico química

Los resultados de la valuación evaluación físico química se detallan en el cuadro 8.

Cuadro 8: Resultados de evaluación físico química de pavo entero

RESULTADOS FISICOQUIMICOS						
RESULTADOS DE pH						
MUESTRA	0 MESES Eva. 13-04-12	9 MESES Eva.14-01-13	12 MESES Eva.16-04-13	18 MESES Eva.15-10-13	24 MESES Eva.15-04-14	TOLERANCIA
Pavo entero	6.1	6.04	6.23	6.09	5.97	5.8 a 6.5

*Observación: Todos los valores de pH evaluados a lo largo de los 24 meses se encuentran dentro de la tolerancia establecida.

En la figura 7 se observa que todos los valores de pH evaluados a lo largo de los 24 meses se encuentran dentro de la tolerancia establecida. El pH es un indicador de calidad alimentaria. Con el pasar del tiempo, el valor de pH tiende a disminuir. Además, es indicativo del grado de dureza de la carne cortada, debido a que el proceso de acidificación es diverso en los distintos cortes de carne. Valores elevados de pH caracterizan una carne más dura, menos sabrosa y de menor valor en el mercado.

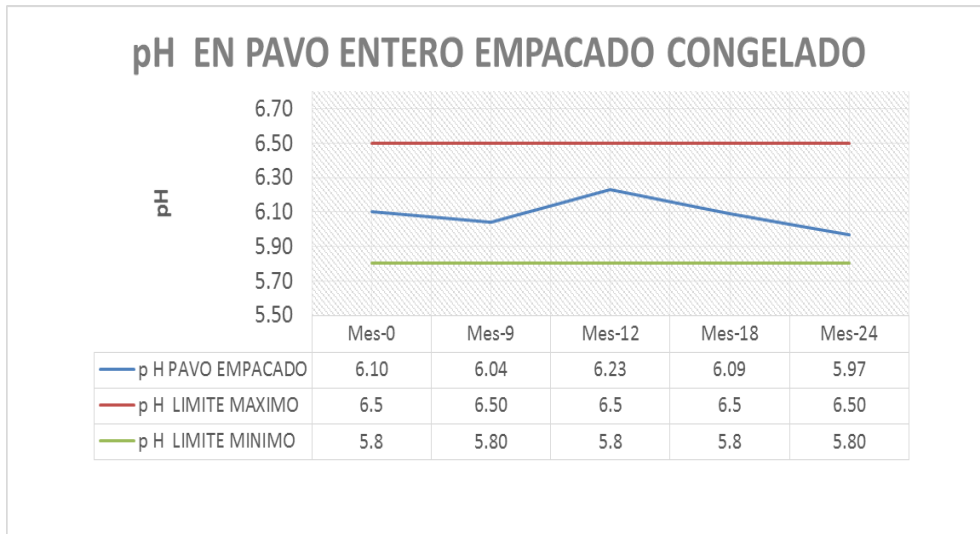


Figura 7: Valores de pH en pavo entero congelado.

IV. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados microbiológicos, físicos y organolépticos obtenidos del estudio, se determina que el producto «Pavo Empacado al Vacío Congelado» mantiene sus características durante el período de 24 *meses* y es apto para consumo humano durante ese periodo bajo condiciones de congelación a - 18 °C.
- En la congelación la aplicación con refrigerante NH₃ a -40 °C se obtiene una temperatura en el producto entre -20 °C y -25 °C.
- El pavo congelado empacado tiene un rango bastante amplio de vida útil mayor a un año y este se extiende con el uso del envasado al vacío del producto.
- El producto «Pavo Empacado al Vacío» permanece dentro de los parámetros microbiológicos establecidos durante los 24 meses el recuento de mesófilos para el mes 24 es 35 000 y la tolerancia máxima es 1 000 000 UFC/g.
- Después de 24 meses, el pH del producto fue de 5,83 valor aceptable que se encuentra dentro la tolerancia establecida (5,8 a 6,5).

V. RECOMENDACIONES

- Determinar el tiempo de vida en anaquel del pavo congelado por evaluación sensorial y otros métodos y comparar si es el mismo calculado por análisis de laboratorio.
- Continuar con las mejoras en el procesamiento para lograr una disminución de los resultados microbiológicos (control/ disminución de la contaminación fecal en la etapa de eviscerado para disminuir la carga bacteriana que ingresa al *chiller*, de esta modo se logra recuentos más bajos).
- Mantener y asegurar la cadena de frío del producto desde la salida del *chiller* hasta el almacén en planta, transporte refrigerado y centros de distribución.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brody, A. 1996. Envasado de alimentos en atmosferas controladas modificadas y a vacío. 1 ed. Zaragoza, España, Acribia. 213 p.
- Devine, CE; Graham-Bell, R; Lovatt, S; Chrystall, BB; Jeremiah, LE. 1996. Red meats. *In* Jeremiah, LE (ed.). Freezing effects on food quality. Estados Unidos, Marcel Dekker. p. 51-84.
- Do, G; Sagara, Y; Tabata, M; Kudoh, K; Higuchi, T. 2004. Three-dimensional measurement of ice crystals in frozen beef with a micro-Slicer image processing system. *International Journal of Refrigeration* 27(2):184-190.
- Farouk, MM; Wieliczko, KJ; Merts, I. 2004. Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. *Meat Science* 66(1):171-179.
- Fennema, OR. 2000. *Química de los Alimentos*. Zaragoza, España, Acribia.
- Ferrier, G. 1997. Tenderness of meat cooked from fresh, frozen and thawed states. *In* 43rd International congress of meat science and technology. Auckland, Nueva Zelanda. p. 560-561.
- García, E; Gago, L; Fernández, J. 2006. *Tecnologías de envasado en atmósfera protectora*. Madrid, España, Dirección General de Universidades e Investigación. 141 p.
- García, M. 2008. *Tecnologías de envasado en atmosferas protectoras y su calidad microbiológica*. Ciudad de México, México, Alfa Editores Técnicos. 300 p.
- Genot, C. 2000. *Congelación y calidad de la carne*. 1 ed. Zaragoza, España, Acribia. 104 p.

- George, RM. 1993. Freezing processes used in the food industry. *Trends in Food Science and Technology* 4(5):134-138.
- Heldman, DR; Hartel, RW. 1997. Principles of food processing: Freezing and frozen-food storage. Nueva York, Estados Unidos, Chapman & Hall. p. 113-137.
- Hood, DE; Mead, GC. 1993. Modified atmosphere storage of fresh meat and poultry. *In* Parry, RT (ed.). Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods. Boston, Massachusetts, Estados Unidos.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). 2005. Carne y productos cárnicos. Definiciones, Requisitos. NTP 201.043:2005. Lima, Perú. 13 p.
- Industria Avícola. 2003. Boletín proceso de Beneficio de Pavos (en línea, sitio web). Consultado 14 jun. 2018. Disponible en <http://www.industriaavicola-digital.com/201809/>.
- Kilcast, D; Subramanian, P. 2000. The stability and shelf life of food. 1 ed. Inglaterra, Woodhead Publishing Limited. 352 p.
- Labuza, T. 2000a. Determination of shelf life of foods (en línea, sitio web). Consultado 14 jun. 2018. Disponible en http://www.fscn.che.umn.edu/Ted_Labuza.tpl.html.
- Labuza, T. 2000b. The search for shelf life: an update on continued efforts in understanding practical strategies for determining and testing the shelf life of food products (en línea, sitio web). Consultado 14 jun. 2018. Disponible en http://www.fscn.che.umn.edu/Ted_Labuza.tpl.html.
- Labuza, TP; Fu, B. 1993. Growth kinetic for shelf life prediction: Theory and practice. *Journal of Industrial Microbiology* 12(3-5):309-323.

- Labuza, TP; Riboh, D. 1982 Theory and application of arrhenius kinetics to the prediction of nutrient losses in foods: Degradation, keeping, quality, temperature, quality controls, analysis, models. *Food Technology* 36:66-74.
- Labuza, TP; Schmidl, MK. 1985. Accelerating shelf life testing in foods. *Food Technology* 39(9):57-64.
- Leygonie, C; Britz, TJ; Hoffman, LC. 2012. Meat quality comparison between fresh and frozen/thawed ostrich *M. iliofibularis*. *Meat Science* 91(3):364-368.
- López, R; Caps, A. 2004. Tecnología de mataderos. Madrid, España, Mundi-Prensa. 433 p.
- Man, CM; Jones, A. 1997. Shelf life evaluation of foods. Londres, Reino Unido, Blackie Academic & Professional.
- Moharram, YG; Rofael, SD. 1993. Shelf life of frozen vegetables. *In* Charalambous, G (ed.). Shelf life studies of foods and beverages. Estados Unidos, Elsevier Science Publishers.
- Morrisey, P; Sheehy, P; Galvin, K; Kerry, J; Buckley, D. 1998. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science* 49(1):73-86.
- Parry, R. 1995. Envasado de los alimentos en atmosfera modificada. Ed. rev. Madrid, España, Vicente. 331 p.
- Ranken, M. 2003. Manual de industrias de la carne. Ed. rev. Madrid, España, Mundi-Prensa.
- Saravacos, GD; Kostaropoulos, AE. 2002. Handbook of food processing equipment. Nueva York, Estados Unidos, Plenum Publishers. p. 416-419.
- Sebranek, JG. 1982. Use of cryogenics for muscle foods. *Food Technology* 36(4):120-127.

Singh, RP; Heldman, DR. 2001. Food freezing. *In* Introduction to food engineering. 3 ed. Nueva York, Food Science and Technology International Series. p. 109-417.

Soyer, A; Ozalp, B; Dalmis, U; Bilgin, V. 2010. Effects of freezing temperature and duration of frozen storage and lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chemistry* 120(4):1025-1030.

Telles, J. 1992. *Tecnología e industrias cárnicas*. Lima. Perú, Artes Gráficas Espino.

Wolti-Chanes, J. 2007. *Apuntes de temas selectos de ingeniería de alimentos*. Boca Ratón, Florida, CRC Press.