



Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas

Depto. Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química

Ingeniería en Alimentos

ANÁLISIS DE FACTORES Y PARÁMETROS QUE  
INCIDEN EN LA VIDA ÚTIL DE PLATOS PREPARADOS  
LISTOS PARA EL CONSUMO ENVASADOS EN  
ATMÓSFERA MODIFICADA PARA LA ELABORACIÓN  
DE UN MANUAL DE DESARROLLO DE NUEVOS  
PRODUCTOS.

DIRECTOR

Prof. Luis Puente Díaz

Doctor en Tecnología de los  
Alimentos

CO-DIRECTORA

Prof. Cielo Char Aubry

Doctor en Ciencia y Tecnología  
de los Alimentos

DIEGO A. SOTO ECHEVARRIETA

2024

# ÍNDICE

<b>1. Introducción .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Platos preparados listos para el consumo.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2 Antecedentes de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada comercializados en Chile .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3 Ingredientes, materias primas y composición nutricional de platos preparados listos para el consumo.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4 Deterioro de los alimentos .....</b>	<b>9</b>
1.3.1 Deterioro bioquímico.....	10
1.3.2 Deterioro microbiológico.....	10
1.3.3 Deterioro físico .....	11
<b>1.5 Vida útil de productos alimenticios .....</b>	<b>13</b>
<b>2. Fundamentos y objetivos del estudio .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Fundamentos.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Objetivo general .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Objetivos específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>3. Metodología.....</b>	<b>15</b>
<b>4. Revisión bibliográfica .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1 Microorganismos en los alimentos.....</b>	<b>17</b>
4.1.1 Mohos.....	17
4.1.2 Levaduras.....	17
4.1.3 Bacterias .....	17
<b>4.2 Envasado en atmósfera modificada.....</b>	<b>18</b>
<b>4.3 Equipos de envasado.....</b>	<b>18</b>
4.3.1 Equipos de cámara.....	18
4.3.2 Equipos de envases tipo almohadilla.....	19
<b>4.4 Gases utilizados en envasado en atmósfera modificada.....</b>	<b>20</b>
4.4.1 Oxígeno .....	20
4.4.2 Dióxido de carbono.....	21
4.4.3 Nitrógeno .....	21
4.4.4 Mezcla de gases .....	21
<b>4.5 Films plásticos.....</b>	<b>22</b>
<b>4.6 Factores extrínsecos que afectan la vida útil de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada.....</b>	<b>23</b>
4.6.1 Atmósfera gaseosa .....	23
4.6.2 Proporción entre el volumen de espacio de cabeza (EC) y el volumen del alimento (A) .....	24
4.6.3 Transferencias gaseosas .....	24
4.6.4 Materiales de envase.....	25

4.6.5 Temperatura .....	27
<b>4.7 Factores intrínsecos que afectan la vida útil de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada.....</b>	<b>29</b>
4.7.1 Actividad de agua ( $a_w$ ) .....	29
4.7.2 pH y acidez .....	30
4.7.3 Potencial de óxido reducción (Eh) .....	32
<b>4.8 Microorganismos que afectan la vida útil y seguridad de los alimentos.....</b>	<b>32</b>
4.8.1 Bacterias causantes de toxiinfecciones alimentarias .....	32
4.8.2 <i>Staphylococcus aureus</i> .....	34
4.8.3 <i>Clostridium botulinum</i> .....	34
4.8.4 <i>Clostridium perfringens</i> .....	35
4.8.5 <i>Bacillus cereus</i> .....	35
4.8.6 <i>Listeria monocytogenes</i> .....	36
4.8.7 <i>Salmonella spp.</i> .....	36
4.8.8 <i>Escherichia coli</i> .....	37
4.8.9 <i>Campylobacter jejuni</i> .....	37
4.8.10 <i>Yersinia enterocolitica</i> .....	38
4.8.11 <i>Vibrio parahaemolyticus</i> .....	38
<b>4.9 Bacterias alterantes de los alimentos .....</b>	<b>39</b>
4.9.1 <i>Pseudomonas spp</i> .....	39
4.9.2 Bacterias ácido lácticas .....	39
4.9.3 Bacterias formadoras de esporas .....	40
4.9.4 <i>Enterobacteriaceae</i> .....	40
<b>4.10 Mohos.....</b>	<b>41</b>
<b>5. Resultados y discusión .....</b>	<b>42</b>
<b>5.1 Análisis de factores intrínsecos que afectan la vida útil de platos preparados listos para el consumo.....</b>	<b>42</b>
5.1.1 pH.....	42
5.1.2 Actividad de agua ( $a_w$ ) .....	42
5.1.3 Potencial de óxido reducción (Eh) .....	43
<b>5.2 Análisis de factores extrínsecos que afectan la vida útil de platos preparados listos para el consumo.....</b>	<b>43</b>
5.2.1 Atmósfera gaseosa y proporción de volumen entre el espacio de cabeza (EC) y el alimento (A) .....	43
5.2.2 Transferencias gaseosas y materiales de envase.....	45
5.2.3 Temperatura de almacenamiento .....	46
5.2.4 Temperatura en procesos térmicos.....	47
5.2.5 Reducción de temperatura post tratamientos térmicos .....	48
5.2.6 Conservación de alimentos por tecnología de obstáculos .....	49
5.2.7 Microorganismos .....	49
<b>5.3 Diagrama de flujo para la producción de platos preparados listos para el consumo utilizando la técnica “sous vide” .....</b>	<b>50</b>
5.3.1 Descripción del diagrama de flujo .....	51
<b>5.4 Análisis de peligros y determinación de puntos críticos de control .....</b>	<b>53</b>

5.5	Determinación de límites críticos para los Puntos Críticos de Control.....	53
5.6	Otros factores que inciden en la vida útil de platos preparados listos para el consumo .....	54
5.7	Métodos de Control de factores que inciden en la vida útil de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada.....	56
5.7.1	Atmósfera gaseosa inyectada a los platos .....	56
5.7.2	Control de sellado óptimo de los platos .....	57
6.	<b>Conclusiones.....</b>	<b>58</b>
	<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>59</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>64</b>
	Anexo 1. Tiempos de pasteurización de carne, pescado y aves .....	64
	Anexo 2. Tiempos de calentamiento de carne descongelada para alcanzar temperaturas de pasteurización mediante sous vide .....	65
	Anexo 3. Tiempos de enfriamiento para alimentos pasteurizados con la técnica sous vide.....	66
	Anexo 4. Árbol de decisión .....	67
	Anexo 5. Análisis de peligros y significancia .....	68
	Anexo 7. Análisis y determinación de Puntos Críticos de Control .....	71

## REFERENCIA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Frecuencia de compra de alimentos preparados listos para el consumo.....	9
<b>Figura 2.</b> Etiquetado nutricional y de ingredientes de un plato preparado listo para el consumo envasado en atmósfera modificada .....	12
<b>Figura 3.</b> Diagrama resumen de la metodología a utilizar para realizar el estudio.....	16
<b>Figura 4.</b> Esquema de equipo de sellado semiautomático.....	19
<b>Figura 5.</b> Máquina envolvente Flow Pack horizontal (HFFS). Modelo FM 200 de ULMA.....	20
<b>Figura 6.</b> Procesos de transferencia gaseosa en productos envasados en atmósfera modificada .....	24
<b>Figura 7.</b> Envase preformado de cartón y plástico “HALOPACK MAP” .....	26
<b>Figura 8.</b> Clasificación de enfermedades transmitidas por alimentos de etiología bacteriana .....	33
<b>Figura 9.</b> Tanque de cocción Sous vide.....	48
<b>Figura 10.</b> Diagrama de flujo para la preparación de alimentos “sous vide” y platos preparados envasados en atmósfera modificada.....	50
<b>Figura 11.</b> Conteo de células viables (UFC/cm <sup>2</sup> ) en la superficie de carne de vacuno cocinada al vacío aplicando diferentes tratamientos de bajas temperaturas por largo tiempo. Treatment (IV) 50°C por 390 minutos. Treatment (V) 55°C por 390 minutos. Treatment (VIII) 60°C por 270 minutos. Treatment (IX) 65°C por 90 minutos. ....	54
<b>Figura 12.</b> Analizador de gases portátil.....	56
<b>Figura 13.</b> Sistema de detección de fugas de burbujas.....	57

## REFERENCIA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Mezclas de gases comercializadas por Air Liquide y las composiciones recomendadas para diferentes productos.....	22
<b>Tabla 2.</b> Programas de tiempo y temperatura para la cocción segura de alimentos.....	28
<b>Tabla 3.</b> Valores de actividad de agua en relación a la concentración de sal en una solución. ....	29
<b>Tabla 4.</b> Valores de actividad de agua de diferentes alimentos.....	30
<b>Tabla 5.</b> Valores de pH de diferentes alimentos.....	31
<b>Tabla 6.</b> Parámetros fisicoquímicos de crecimiento de <i>Listeria monocytogenes</i> .....	36
<b>Tabla 7.</b> Algunos microorganismos que deterioran alimentos y los cambios asociados .....	41
<b>Tabla 8.</b> Composición de mezcla de gases recomendadas para envasado de productos cocinados listos para el consumo. ....	44
<b>Tabla 9.</b> Cualidades principales de las combinaciones de plásticos más utilizadas para envasado en MAP.....	45
<b>Tabla 10.</b> Vida útil límite y temperatura de almacenamiento de productos “sous vide” respecto al peligro asociado de germinación de esporas de <i>Clostridium botinum</i> . ....	46

## RESUMEN

Las nuevas generaciones de consumidores se han vuelto cada vez más exigentes en cuanto a la demanda de productos alimenticios. La compra de productos listos para el consumo, en especial de platos preparados han tomado protagonismo dentro de las compras de los consumidores de sectores socioeconómicos AB y C1. Para los productores de este tipo de alimentos se ha vuelto un desafío desarrollar productos con una vida útil óptima y así poder satisfacer las necesidades del mercado.

En este trabajo se realizó una revisión bibliográfica y un posterior análisis para determinar los factores intrínsecos y extrínsecos que afectan la vida útil de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada, se analizaron cada uno de estos factores y se propuso un diagrama de flujo para la elaboración de los productos mencionados. En base a este diagrama se determinaron los puntos críticos de control para asegurar la inocuidad de los productos y se elaboró un manual para facilitar el desarrollo o la mejora de platos preparados envasados en atmósfera modificada.

El análisis realizado da cuenta que los factores intrínsecos (pH, actividad de agua y potencial redox) que afectan la vida útil de los platos preparados no se ven modificados durante el proceso productivo por lo que se deben controlar los factores extrínsecos para asegurar la vida útil de los productos. Estos factores extrínsecos son las temperaturas de procesos, tanto de calentamiento (pasteurización) como de enfriamiento y almacenamiento. Además, se debe elegir adecuadamente los materiales de envases y la composición de la atmósfera modificada para mantener intactas las cualidades organolépticas y microbiológicas de los platos preparados durante toda su vida útil.

## 1. Introducción

Las necesidades y requerimientos que demanda la sociedad actual son variados. Si se trata de la alimentación, los consumidores se tornan cada vez más exigentes en cuanto a requerimientos nutricionales y otros ámbitos asociados al cuidado de la salud. Dicho esto, los desafíos que imponen las nuevas generaciones van de la mano con la calidad, inocuidad y origen de los alimentos e ingredientes que se utilizan para producir los mismos.

Es por esto que se vuelve muy importante para las empresas productoras de alimentos estar a la vanguardia de las tecnologías que permitan innovar en procesos para reemplazar o disminuir el uso de ingredientes y materias primas que están quedando obsoletas debido a sus efectos adversos a la salud.

Dentro de las tecnologías que se utilizan para conservar los alimentos se puede considerar la atmósfera modificada o también conocida por sus siglas en inglés, tecnología MAP (Modified Atmosphere Protective), la cual tiene como principal objetivo asegurar y/o aumentar la vida útil de los productos que se envasan en ella, resguardando aspectos tanto organolépticos, como también microbiológicos.

El envasado en atmósfera modificada es útil para disminuir la tasa de respiración y retrasar el deterioro enzimático en productos vegetales. En otros productos alimenticios, la eliminación del oxígeno presente en el envasado logra retrasar el deterioro microbiológico al inhibir la reproducción de microorganismos aeróbicos además de reacciones de oxidación indeseadas (Cunha & Fonseca, 2016), permitiendo disminuir o eliminar el uso de preservantes químicos, actualmente cuestionados por sus potenciales efectos adversos para la salud de las personas.

Dentro de las categorías de productos alimenticios que se ven potenciadas por el uso de la atmósfera modificada están la de los platos preparados listos para el consumo. Según el informe “Preferencias y Tendencias del Consumo de Alimentos en Chile” desarrollado por Deloitte, los chilenos cada día destinan un mayor porcentaje de su presupuesto de compras a las comidas preparadas, donde el 28% de las personas de los segmentos socioeconómicos AB y C1 compran al menos una vez por semana este tipo de productos (Deloitte, 2021).

Para el desarrollo de un nuevo producto alimenticio con el valor agregado de ser libre de preservantes químicos utilizando la tecnología MAP se requiere conocer los diferentes factores que influyen en el deterioro del producto. Dicho esto, el objetivo de este trabajo es determinar de manera teórica los factores y parámetros críticos que inciden en la vida útil de los alimentos listos para el consumo envasados en una atmósfera modificada y proponer métodos para controlar el proceso con el fin de elaborar un manual que

entregue directrices para el desarrollo de nuevos platos preparados listos para el consumo envasado en atmósfera modificada.

### 1.1 Platos preparados listos para el consumo

Productos alimenticios elaborados principalmente a partir de materias primas de origen animal y/o vegetal con el objetivo principal de cubrir la necesidad de un almuerzo o cena. En general, son productos frescos de corta vida útil (5-8 días). Dicho de forma más específica, es el montaje de una combinación de alimentos cocinados en un envase apropiado para ser comercializado. El Reglamento Sanitario de los Alimentos los define como elaboraciones culinarias que se expenden, listos para su consumo, sean fríos o calientes o que requieran solo de un proceso de calentamiento (Ministerio de Salud, 2023b).

### 1.2 Antecedentes de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada comercializados en Chile

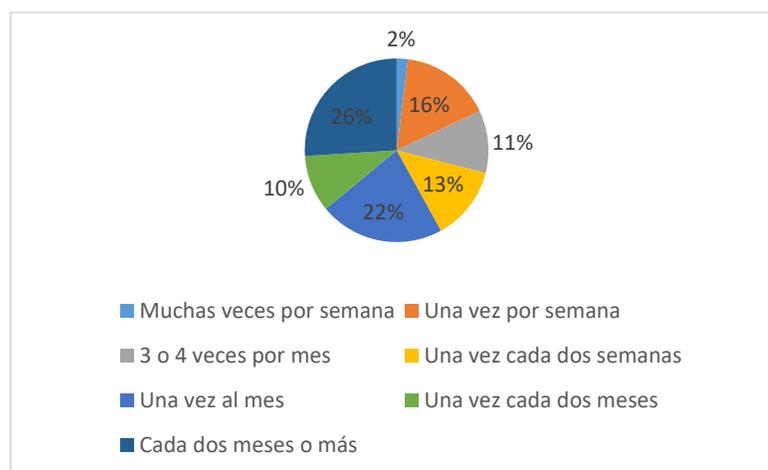
En Chile, marcas como FORK y Rait-Nau ofrecen platos preparados listos para el consumo refrigerados envasados en atmósfera modificada. FORK cuenta con tiendas propias y formato de venta e-commerce en las cuales se pueden adquirir sus productos. En el caso de Rait-nau solo cuenta con formato e-commerce como canal de venta.

Dentro del catálogo de estas empresas productoras de alimentos destacan platos como *“Charquicán de vacuno”, “Pastel de Choclo”, “Albondigas con espaguetis al perejil”, “Carne al jugo con puré de garbanzos”* y *“Fetuccini Alfredo con puré de garbanzos”*.

La grafica que se muestra en la figura 4 indica que el 36% de los consumidores en Chile compra menos de una vez al mes alimentos preparados listos para comer, sin embargo, si se analiza por segmento socioeconómico, el 28% de los sectores AB y C1 compran al menos una vez por semana. Estos datos indican que los alimentos preparados listos para comer pertenecen a este nicho de mercado lo que es una ventaja en el caso de una crisis económica, estos sectores son los menos afectados.

Los precios de estos productos actualmente van desde los \$3.990 (es el caso de todos los platos que ofrece Rait-nau), hasta los \$7.990 que corresponde a un *“Salmón a las finas hierbas con taboulet de quínoa”*, el plato individual más caro que ofrece FORK.

**Figura 1.** Frecuencia de compra de alimentos preparados listos para el consumo



Fuente: Elaboración propia en base a informe de frecuencia de compra en los hogares de Chile, Deloitte (2021)

### 1.3 Ingredientes, materias primas y composición nutricional de platos preparados listos para el consumo

Las materias primas e ingredientes empleados para la producción de platos preparados listos para el consumo son diversos. Van desde cereales y leguminosas como arroz, mote, quínoa, lentejas, porotos, como también preparaciones de pastas con y sin inclusiones de carnes y diferentes salsas las cuales pueden contener productos lácteos como crema, leche, queso y mantequilla. Los platos son montados con combinaciones de ingredientes cocidos lo que hace el producto final una matriz muy compleja en donde pueden existir diferencias de pH, humedad y actividad de agua ( $a_w$ ) y potencial de óxido reducción (Eh) entre los ingredientes de un mismo plato.

Al igual que con los parámetros fisicoquímicos mencionados anteriormente, la composición nutricional de estos productos no es homogénea. En la figura 5 se muestran los ingredientes y composición nutricional de "Plateada en su salsa con papas doradas". En este caso la mayor proporción de proteínas y grasas informadas en la tabla nutricional se encuentran en las albóndigas, mientras que la mayor proporción de carbohidratos se encuentra en los espaguetis.

### 1.4 Deterioro de los alimentos

Que un alimento se considere deteriorado y sea apto o no para su consumo es una afirmación subjetiva. Esto depende del consumidor, su cultura y también la necesidad que tenga este por consumir el alimento. Un alimento deteriorado no necesariamente causará o transmitirá una enfermedad al consumidor, más bien, ocasionará un disgusto,

ya sea por su sabor, aroma, color, aspecto y/o textura. El deterioro de los alimentos puede ser multifactorial, entre ellos: lesiones físicas por golpes o presiones, actividad de enzimas, cambios químicos y por actividad de microorganismos.

Resulta muy importante conocer el comportamiento en el tiempo del producto alimenticio que deseemos producir, dado que la vida útil de este, viene dada por el tiempo en que el productor asegure que el producto se mantenga dentro de los parámetros (que el mismo determine) de comerciabilidad y comestibilidad.

### 1.3.1 Deterioro bioquímico

Las reacciones de oxidación son las principales responsables del deterioro bioquímico de los alimentos. Estas son impulsadas por moléculas de oxígeno que entran en contacto directo con sustancias químicas presentes en los alimentos, tales como grasas y otras moléculas de aromas y sabores. Existen diversas vías para las reacciones de oxidación. Por un lado, se producen reacciones de oxidación química (auto-oxidación y foto-oxidación) las cuales pueden afectar parámetros de calidad como son el aroma, sabor y el color. Por otro lado, se pueden provocar reacciones de oxidación enzimática catalizadas por las enzimas lipoxigenasa y oxidasa. Esta última vía de reacción es menos relevante en platos preparados listos para el consumo ya que a través de los tratamientos térmicos aplicados en el proceso de elaboración, las enzimas se inactivan.

### 1.3.2 Deterioro microbiológico

En productos alimenticios, la actividad microbiológica es el factor más importante de deterioro. Es por esto, que la cuantificación del crecimiento microbiano permite determinar el grado de deterioro (Nychas & Panagou, 2011).

La carga inicial o nivel de contaminación inicial de un alimento puede determinar su vida útil pero el crecimiento y proliferación de estos depende de factores intrínsecos del alimento (pH y acidez, actividad de agua, potencial redox), factores extrínsecos (atmósfera gaseosa, temperatura ambiental, humedad relativa) y factores de procesos (destrucción por calor, enfriamiento rápido, congelación, materiales de envase) (Man, 2016).

Entre los efectos que se perciben en el deterioro microbiológico se encuentra la aparición de aromas y sabores desagradables, limo visible, pigmentaciones o cambios de color. Es importante señalar que si bien los microorganismos patógenos y de descomposición comparten los mismos factores de crecimiento, en especies patógenas como *Salmonella* y *Listeria monocytogenes* la proliferación de estas no se traduce en cambios en las propiedades sensoriales de los alimentos (Man, 2016)

### 1.3.3 Deterioro físico

Los platos preparados listos para el consumo envasados en atmosfera modificada se caracterizan por ser montajes de dos o más preparaciones por separado, generalmente, una guarnición y un acompañamiento, como por ejemplo, carne y arroz, tallarines y salsa boloñesa, pescado y puré, pollo y papas. Dadas las características físicas de cada ingrediente la transferencia de humedad desde un ingrediente a otro puede causar pérdida de textura o cambios de color por transferencia de pigmentos, lo que se traduce en disminución de la calidad de los alimentos (Man, 2016). Es por esto que es muy importante la elección de los ingredientes y la forma y orden del montaje de estos.

En platos preparados el montaje es muy importante para la apariencia final del producto por lo que la manipulación cuidadosa post sellado de platos resulta crucial para mantener un buen aspecto del producto.

**Figura 2.** Etiquetado nutricional y de ingredientes de un plato preparado listo para el consumo envasado en atmósfera modificada

**PLATEADA EN SU SALSA Y PAPAS DORADAS**

**Modo de Consumo**  
 Hazle 3 hoyitos y al microondas de 2 a 3 minutos.  
 También puedes retermalizar a baño maría.

**Ingredientes**  
 Papas, Plateada, Vino Blanco, Zanahoria, Pimentón Rojo, Aceite de Oliva, Cebolla, Sal de Cahuil, Cilantro, Ajo en Polvo, Aji Color y Pimienta Negra. Elaborado en líneas que también procesan leche, gluten, pescado, maní y nueces.

Mantener refrigerado (0°C y 5°C) Una vez abierto consumir la totalidad del producto. Consumir antes de la fecha indicada en el envase.

Elaborado por COALFA SPA para RaitNau! Camino Interior S/N 00, Sector San José, Maquehua, Algarrobo, Región de Valparaíso, Chile. RS N°2205268754 del 13/06/2022. Seremi Salud V Región.

**Información Nutricional**  
 Porción: 1 plato (330 gr)  
 Porciones por envase: 1 porción

	Por 100g	Por porción
Energía (kcal)	180,21	540,64
Proteínas (g)	13,23	39,7
Grasa total (g)	7,23	21,7
G. Saturada (g)	1,89	5,66
G. Monoinsaturada (g)	2,5	7,5
G. Poliinsaturada (g)	0,31	0,93
G. Trans (g)	0	0
Colesterol (mg)	0	0
H. de carbono disponibles (g)	14,16	42,49
Azúcares totales (g)	1,93	5,79
Sodio (mg)	284,61	853,84



Fuente: Imágenes extraídas de la página web de Rait-nau (<https://rait-nau.cl/producto/plateada-en-su-salsa-y-papas-doradas/>)

## 1.5 Vida útil de productos alimenticios

La vida útil de un alimento se define como el tiempo en que el producto se mantiene comestible, en un estado óptimo de salubridad y manteniendo sus características de calidad aceptables en las condiciones normales de almacenamiento. Como indicador de inocuidad se puede utilizar el conteo de poblaciones microbiológicas. Por otro lado, como indicador de calidad se incluye la apariencia, olor, sabor y textura.

Para determinar la vida útil de un producto alimenticio se deben realizar estudios que deben considerar factores de inocuidad basados en el análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) y mediante ensayos de almacenamiento en las condiciones definidas para dicho producto (Man, 2016).

## 2. Fundamentos y objetivos del estudio

### 2.1 Fundamentos

La vida útil de los productos alimenticios listos para el consumo, específicamente platos preparados, suele ser muy corta. El envasado en atmósfera modificada podría incrementar la vida útil desde 5-8 días a 15 días (Parry, 1995). Este aumento puede impactar positivamente en los costos asociados principalmente a la cadena logística, aumentando el tiempo de exhibición en puntos de venta y disminuyendo la merma de productos vencidos. Además, es posible mejorar aspectos productivos al permitir almacenar por más tiempo tanto en un centro de distribución como también en los puntos de venta. Por otro lado, un aumento en la vida útil permitiría comercializar en puntos de ventas más alejados de la planta productiva pudiendo llegar a más clientes e ingresar a nuevos mercados.

Según un estudio de mercado realizado por la agencia Deloitte, los chilenos destinan cada vez una mayor parte de su presupuesto a los platos preparados listos para el consumo (Deloitte, 2021).

Conocer los factores que influyen en la vida útil de productos alimenticios listos para el consumo permite adelantarse a posibles problemas que puedan surgir en el desarrollo de dichos productos y así ahorrar tiempo y costos en procesos de innovación y desarrollo de nuevos productos o de mejora continua.

### 2.2 Objetivo general

- Determinar los factores extrínsecos e intrínsecos que inciden en la vida útil de un plato preparado listo para el consumo envasado en atmósfera modificada con el fin de elaborar un manual para el desarrollo de nuevos productos.

### 2.3 Objetivos específicos

- I. Analizar los factores extrínsecos e intrínsecos que afectan la vida útil de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada.
- II. Establecer el diagrama de flujo del proceso productivo de un plato preparado listo para el consumo envasado en atmósfera modificada y determinar peligros químicos y biológicos.
- III. Determinar puntos críticos de control (PCC) del proceso productivo utilizando un árbol de decisión.
- IV. Elaborar manual para el desarrollo de nuevos productos.

### 3. Metodología

La metodología de investigación de este trabajo se basó en la recopilación de información existente en artículos científicos y reviews de páginas web reconocidas como “Science Direct”, “Google Scholar”, además se consultó libros científicos.

El primero objetivo se ejecutó mediante una revisión bibliográfica en donde se consideró como criterio de inclusión información relacionada con la producción y diseño de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada. Los términos principalmente utilizados como motor de búsqueda fueron “Ready-to-eat”, “Modified atmosphere protective”, “Microorganism in food”, “*Listeria monocytogenes*”, “Shelf life food”, “Food spoilage”, “Sous-vide cooking”, entre otros. Mediante esta revisión bibliográfica se determinaron los factores extrínsecos e intrínsecos que afectan la vida útil de los alimentos envasados en atmósfera modificada.

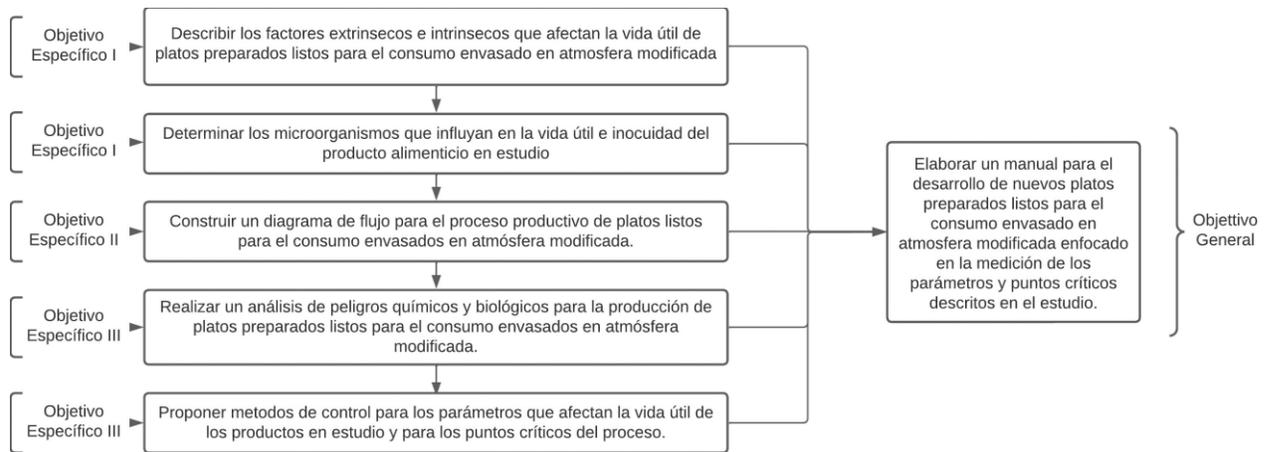
Luego, se consideraron estos factores e información bibliográfica relacionada a la producción de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada para proponer un diagrama de flujo, el cual corresponde al segundo objetivo del trabajo.

Una vez establecido el diagrama de flujo se determinaron los Puntos Críticos de Control (PCC) del proceso productivo utilizando un árbol de decisión. Para determinar los puntos críticos de control (PCC) se acotó el estudio a la producción de dos tipos de platos preparados utilizando como guarnición papa cocida y como acompañamiento carne de res para un plato y pechuga de pollo deshuesada para el otro plato. Los PCC fueron establecidos considerando los ingredientes mencionados y la severidad de los peligros químicos y biológicos asociados a estos. No se consideró la probabilidad de ocurrencia de estos peligros ya que estos factores son exclusivos y particulares de cada planta de producción. Se incluyó en el análisis los peligros químicos y biológicos relacionados a la naturaleza de las materias primas y envases utilizados. Se excluyeron de este estudio los peligros químicos y físicos relacionados con buenas prácticas de elaboración ya que se asume que las plantas de producción que se encuentran en funcionamiento y desean sacar al mercado nuevos productos cumplen con buenas prácticas de fabricación y ya cuentan con sus procedimientos operacionales estandarizados en marcha.

Recogiendo todo el análisis previamente descrito se elaboró un manual para el desarrollo de nuevos platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada. El manual fue construido desde la base de los factores tanto extrínsecos como intrínsecos que afectan la vida útil de estos productos. Se incluyó las etapas que deben ser consideradas para asegurar un producto duradero e inocuo.

En la figura 3 se puede observar un diagrama explicativo de la metodología utilizada paso a paso.

**Figura 3.** Diagrama resumen de la metodología a utilizar para realizar el estudio



## 4. Revisión bibliográfica

### 4.1 Microorganismos en los alimentos

#### 4.1.1 Mohos

Se denominan mohos ciertos hongos filamentosos que crecen en la superficie de los alimentos. Se reconocen por su aspecto aterciopelado o algodonoso. Los mohos son aerobios y capaces de crecer en el intervalo entre 2 - 8,5 en la escala de pH (Frazier & Westhoff, 1993a).

#### 4.1.2 Levaduras

Las levaduras corresponden a hongos unicelulares que pueden crecer bajo condiciones ambientales estresantes, como baja actividad de agua, valores de pH bajos y temperaturas reducidas, en comparación con hongos y bacterias, juegan un papel secundario en los procesos de descomposición de alimentos dado que en condiciones óptimas de crecimiento las poblaciones de bacterias proliferan puesto que poseen un tiempo de reproducción más corto (Orberá Ratón, 2004).

#### 4.1.3 Bacterias

Corresponden a microorganismos que pueden causar alteraciones en los alimentos y enfermedades en personas que los consumen. Estos microorganismos se adaptan a un amplio rango de ambientes por lo que se pueden encontrar en el aire, la tierra y el agua y en diferentes condiciones de presión, temperatura, pH, humedad y actividad de agua (Frazier & Westhoff, 1993a).

Existen diversas clasificaciones de bacterias como su forma, entre ellos, cocos bacilos, espirilos y vibriones. Por otro lado, las bacterias de interés en los alimentos se pueden clasificar fácilmente en Bacterias Gram negativas y Bacterias Gram positivas (Morales, 2016).

Las bacterias se pueden clasificar en deteriorantes (o alterantes) las cuales al proliferar en los alimentos afectan su estructura causando pérdidas de calidad, llámese deterioro de las cualidades organolépticas; bacterias patógenas (causantes de enfermedades en humanos) y bacterias banales las que generalmente se encuentran en alimentos y no los alteran ni causan enfermedades. Por otro lado, se encuentran bacterias útiles, las cuales

son utilizadas para realizar procesos industriales de producción de alimentos (Morales, 2016).

Las consecuencias a la seguridad alimentaria que acarrearán las bacterias patógenas tienen un gran impacto no solo en la vida humana y la salud pública sino también implica costosas retiradas (recall) masivas de alimentos. Además, un estudio indicó que para el año 2050 las muertes a causa de infecciones bacterianas alcanzarán los 10 millones, superando al número de muertes por cáncer (Lin et al., 2023).

## 4.2 Envasado en atmósfera modificada

El envasado en atmósfera modificada es una técnica de empaquetado que implica la eliminación total o parcial del aire, el cual tiene una composición aproximada de 78% Nitrogeno, 21% de O<sub>2</sub>, y trazas de CO<sub>2</sub>, vapor de agua y otros gases inertes, con la posterior inyección de un gas o mezcla de gases (Day, 2008). Se realiza con el fin de alargar la vida útil de un producto alimenticio por lo que es considerado un método de conservación de alimentos.

## 4.3 Equipos de envasado

Dentro del mercado se dispone de equipos para envasado en atmósfera modificada los cuales pueden catalogarse en dos grupos. Uno de ellos son los equipos de cámara los cuales pueden alimentarse por envases aplicando la técnica de termo-formado o utilizando envases preformados. Por otro lado, se dispone de equipos para envases de almohadilla.

### 4.3.1 Equipos de cámara

En una cámara se produce todo el proceso de sellado. En forma simultánea al ingreso del envase con producto a la cámara, el equipo de sellado se alimenta con el film que dará hermeticidad a la bandeja. Una vez se encuentra el producto al interior de la cámara, se procede a extraer el aire y se realiza la inyección de gases. Luego, el equipo suelda el film a la bandeja y corta el film.

Los equipos de cámara son ideales para envasar platos preparados listos para el consumo debido a que es posible sellar bandejas. En la figura 1 se presenta un esquema de un equipo semiautomático para el sellado de platos en atmósfera modificada.

**Figura 4.** Esquema de equipo de sellado semiautomático.



Fuente: Elaboración propia con imagen de termoselladora GTRe, extraída de la página web de SMARTPACK (<https://www.smartpack.cl/semiautomaticas/>).

#### 4.3.2 Equipos de envases tipo almohadilla

Este tipo de equipos realiza el sellado de productos en envases tipo almohadilla o flow pack. Existen variantes de este tipo de equipos los cuales se diferencian principalmente en la forma en que se procede a envasar el producto, ya sea de forma horizontal o vertical. Productos como pastas frescas, frutos secos y todo tipo de productos granulados pueden ser envasados en estos equipos. En la figura 2 se presenta un equipo de envasado flow pack el cual puede adaptarse para envasar con atmósfera modificada.

**Figura 5.** Máquina envolvedora Flow Pack horizontal (HFFS). Modelo FM 200 de ULMA.



- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | Pantalla táctil y botones de comandos                                 | 5 | Cinta transportadora de alimentación                          |
| 2 | Soporte para alimentación del film de sellado (rodillo de giro libre) | 6 | Válvulas de conexión de mangueras para inyección de gases MAP |
| 3 | Soporte tensor de film (rodillo de giro asistido)                     |   |   |
| 4 | Cámara de sellado MAP   |   |   |

Fuente: Imagen extraída de la página web de ULMA. Modelo FM200 de ULMA (<https://www.ulmapackaging.com/es/maquinas-de-ensado/flow-pack-hffs/fm-200>)

#### 4.4 Gases utilizados en envasado en atmósfera modificada

##### 4.4.1 Oxígeno

El oxígeno es el gas que se requiere eliminar de la atmósfera del espacio de cabeza en los envases de platos preparados listos para el consumo debido a que el oxígeno participa en procesos bioquímicos que alteran la calidad de este tipo de productos. En el caso del envasado de carnes rojas, el oxígeno es necesario para mantener la coloración óptima del producto, tal como se indica en la tabla 1. El oxígeno es utilizado por los microorganismos aerobios que provocan descomposición. Además, es responsable de algunas reacciones enzimáticas como la oxidación de la mioglobina en la carne, la oxidación de grasas y de otros compuestos sensibles como vitaminas y aromas (Parry, 1995).

#### 4.4.2 Dióxido de carbono

El dióxido de carbono tiene un efecto inhibitor sobre el crecimiento de microorganismos aeróbicos, tales como especies de *Pseudomonas* que provocan pérdida de color y aparición de aromas desagradables en carnes rojas, de ave y pescados. El efecto del CO<sub>2</sub> se fundamenta principalmente en el desplazamiento del O<sub>2</sub> de la atmósfera del envasado del alimento y el cambio de pH en la superficie del alimento (Ospina Meneses & Cartagena Valenzuela, 2008).

#### 4.4.3 Nitrógeno

El nitrógeno es un gas inerte, insípido y poco soluble en agua y grasas. Estas características fisicoquímicas lo hacen ideal para desplazar el O<sub>2</sub> de la atmósfera del alimento y disminuir o retardar el deterioro por microorganismos aeróbicos y el deterioro oxidativo, además de evitar el colapso del envase siendo utilizado principalmente como gas de relleno (Day, 2008).

#### 4.4.4 Mezcla de gases

La utilización de mezcla de gases es lo más común para el envasado de atmósfera modificada. Esta combinación de gases depende del tipo de alimento que se quiera envasar, sus características fisicoquímicas (humedad, contenido de grasa,) y microbiológicas. En la tabla 1, se indican composiciones de mezclas de gases recomendados por el proveedor Air Liquide para diferentes grupos de alimentos.

**Tabla 1.** Mezclas de gases y las composiciones recomendadas para diferentes productos.

Composición de gases	Familia de productos	Ejemplos
100% Nitrogeno	Productos secos	Frutos secos, maní, papas fritas, café, té, leche en polvo.
Mezcla 80% N <sub>2</sub> / 20% CO <sub>2</sub>	Productos con humedad intermedia y alta	Queso rallado, productos de panadería, productos de charcutería
Mezcla 70% N <sub>2</sub> / 30% CO <sub>2</sub>		Aves blancas (sin restricción de color), Quiche, productos delicatessen
Mezcla 50% N <sub>2</sub> / 50% CO <sub>2</sub>		Platos preparados, pizzas.
Mezcla 70% O <sub>2</sub> / 30% N <sub>2</sub>	Productos de alta humedad con restricción de color	Carnes frescas: ternera, cordero, pavo, cerdo.

Fuente: Elaboración propia con información de (Air Liquide, n.d.)

#### 4.5 Films plásticos

La característica principal que se revisa para la elección correcta del film son sus propiedades barreras para los gases que se encuentran contenidos en el envase (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, vapor de agua, etc). Además, es importante aislar el alimento de aromas externos que pudieran contaminar el producto, por lo que las propiedades barreras deben garantizar esta protección. Las propiedades barreras dependen de la estructura del polímero, el tipo de gas, las condiciones de temperatura y el espesor del film (Scheichl, Klopffer, M. Benjelloundabag, & Flaconnèche, 2005).

La barrera a gases es la capacidad que tiene el material de envase para evitar la permeación de moléculas de dichos gases a través de la matriz polimérica (Scheichl et al., 2005). En el caso del envasado de platos preparados los gases a los cuales se debe generar esta barrera son O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y vapor de agua, como se puede observar en la figura 6.

Por otro lado, se deben considerar propiedades como fuerza de unión para un sellado óptimo del producto, claridad o transparencia del film, resistencia al desgarro e impactos y propiedades anti-empañado.

Dentro de los films más comunes que se utilizan se encuentran policloruro de vinilo, polipropileno, poliestireno, nylon, y el polietileno en sus diversas formas. Un parámetro

indicativo de las propiedades barreras de un film es la tasa de transmisión de gas (GTR). Se ha observado que la tasa de transmisión de gas disminuye al aumentar el grosor de un film de polipropileno bio-orientado (Siracusa & Ingraio, 2017).

## 4.6 Factores extrínsecos que afectan la vida útil de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada

### 4.6.1 Atmósfera gaseosa

#### 4.6.1.1 Utilidad del nitrógeno ( $N_2$ ) en envasado MAP

El nitrógeno ( $N_2$ ) es utilizado para desplazar el oxígeno de la atmósfera que rodea al alimento. De esta forma inhibe las reacciones de oxidación y previene cambios de sabor, color y/o aroma, pérdida de vitaminas, enranciamiento de grasas, etc. Todas estas reacciones repercuten en la calidad total del producto. Al remover el oxígeno de la atmósfera, indirectamente se inhibe la reproducción de microorganismos aeróbicos, los cuales afectan la calidad y eventualmente la inocuidad del alimento.

Es por excelencia el gas más utilizado en atmósfera modificada de platos preparados listos para el consumo. Esto debido a su bajo costo respecto a otros gases inertes y por ser el gas más disponible aprobado para su uso en alimentos (Spencer, 2005).

#### 4.6.1.2 Utilidad del dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en envasado MAP

Por el contrario al nitrógeno que se utiliza por ser un gas inerte, el dióxido de carbono es utilizado como un agente activo dentro de la mezcla de gases en la atmósfera modificada para el control de microorganismos.

Uno de los mecanismos de acción para el control de microorganismos es gracias a su solubilidad en agua, donde se disocia y reacciona para formar ácido carbónico. Al producirse este ácido en el agua libre presente en el producto alimenticio se provoca una disminución de pH dando como resultado un medio más hostil para la proliferación y sobrevivencia de microorganismos. Además, el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) resulta ser un inhibidor competitivo de la respiración aeróbica de los microorganismos y un alterante de las membranas celulares de los mismos (Spencer, 2005).

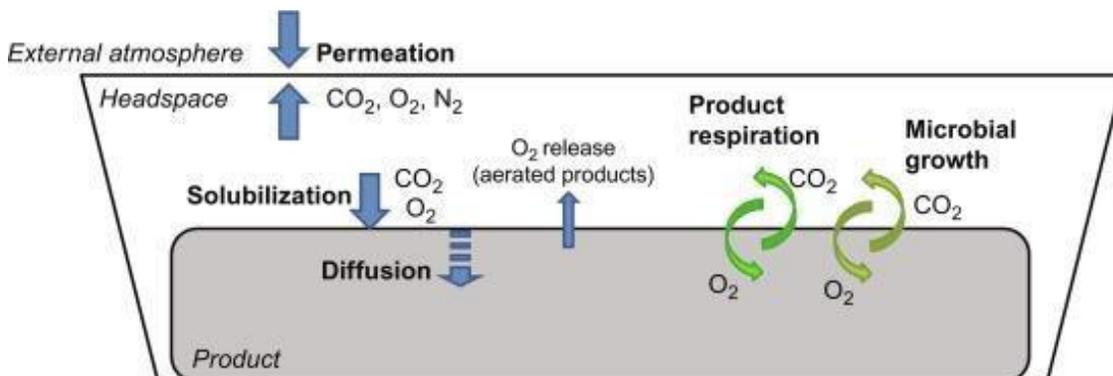
#### 4.6.2 Proporción entre el volumen de espacio de cabeza (EC) y el volumen del alimento (A)

Dentro de los factores extrínsecos que afectan la vida útil de productos envasados en atmósfera modificada, la proporción de volumen entre el espacio de cabeza y el alimento es de los menos estudiados. Sin embargo, se ha demostrado que para preservar un alimento envasado en atmósfera modificada es más efectivo relaciones altas EC:A (Ibarra, 2019). La proporción 2:1, en comparación a 1:1 y 1:0,5, logró mejores resultados en el almacenamiento de carne de ovino reflejado en parámetros organolépticos y fisicoquímicos (Kennedy, Buckley, & Kerry, 2004). Es decir, el volumen del espacio de cabeza idealmente debe ser al menos el doble que el volumen del producto envasado para que los gases de la atmósfera modificada tengan el efecto óptimo sobre la protección de la calidad e inocuidad del producto. Este factor físico puede afectar el “look” de un plato preparado ya que el consumidor verá poca cantidad de alimento en un gran espacio lo que supone un desafío para el diseño de un envase que cumpla con los requisitos de volumen.

#### 4.6.3 Transferencias gaseosas

Debido a las diversas vías de transferencia gaseosa que gobiernan a un plato preparado envasado en atmósfera modificada es que no resulta sencillo mantener la composición de gases. Estas vías se representan en la figura 6.

**Figura 6.** Procesos de transferencia gaseosa en productos envasados en atmósfera modificada



Fuente: (Ibarra, 2019).

La solubilización, difusión y permeación son procesos físicos impulsados por la gradiente de concentraciones que se produce entre una matriz y su atmósfera circundante. Mientras que la solubilización y la difusión son procesos que se producen bilateralmente entre el alimento y la atmosfera del espacio de cabeza, siendo la interface la superficie de dicho alimento, la permeación se produce de forma bilateral entre el espacio de cabeza y el ambiente, y su interface es el material de envasado.

Dependiendo del alimento que se desea envasar se requiere aislar o permear ciertos gases. Este último punto depende netamente de la bioquímica del alimento y si este respira, es decir absorbe oxígeno ( $O_2$ ) y libera  $CO_2$ , como es el caso de las frutas y verduras frescas. En el caso de los platos preparados listos para el consumo, se consideran como alimentos que no respiran, pero que sin embargo, podrían contener oxígeno libre y disuelto dentro de su matriz. Estos gases atrapados en la matriz alimenticia difunden hacia el espacio de cabeza y viceversa hasta alcanzar un equilibrio.

La solubilidad del  $O_2$  es más alta en productos grasos que en productos acuosos, lo mismo ocurre con el  $CO_2$ . A su vez, el  $CO_2$  es unas 25 veces más soluble en agua que el  $O_2$  y una 10 veces más soluble en aceite de oliva, ambos valores a  $25^\circ C$  (Chaix, Guillaume, & Guillard, 2014).

Además de los procesos físicos antes mencionados, se producen también fenómenos biológicos como los son la respiración de productos vegetales y frutas, o fermentaciones en las cuales se ven involucrados microorganismos. En ambos casos, el producto es  $CO_2$  y se consume  $O_2$ , alterando la composición de gases de la atmósfera circundante al alimento.

#### 4.6.4 Materiales de envase

Para el envasado de alimentos en atmosfera modificada, específicamente, el envasado de platos preparados, se deben considerar dos láminas como materiales de envase. Por un lado, la lámina base corresponde a la bandeja preformada (figura 7), generalmente rígida, donde se depositará el producto, y en segundo lugar la lámina de cubierta o film de tapa la que será flexible y tendrá que ser soldada a la lámina base.

**Figura 7.** Envase preformado de cartón y plástico “HALOPACK MAP”



Fuente: Imagen extraída

de termoselladora GTRe, extraída de la página web de SMARTPACK (<https://www.smartpack.cl/semiautomaticas/>).

La importancia del o los materiales utilizados en productos envasados aplicando atmósfera modificada radica principalmente en las propiedades de aislación o permeabilidad a gases que posean dichos materiales. Otro parámetro importante en el material de envasado es la fuerza de unión del envase el cual debe ser totalmente hermético para impedir el contacto entre el aire exterior y la atmosfera del plato.

Por otro lado, se debe considerar si el alimento es sensible a ciertos factores externos como la humedad o la luz, casos en los cuales se debe considerar utilizar materiales que dentro de sus propiedades sean impermeables al vapor de agua e impidan el paso de la luz total o parcialmente. Dado que no todos los materiales poseen las mismas propiedades, es que resulta conveniente utilizar films plásticos donde se combinen diferentes polímeros para llegar a un film dispuesto por capas y así obtener un envasado con las propiedades óptimas para mantener por más tiempo en buen estado el producto alimenticio.

#### I. Poliésteres (PET)

Este material puede utilizarse como film de cubierta (tapa de bandeja), como también en sus formas cristalinas y amorfas como bandeja preformada o incluso para el envasado termoformado. Al usarse como tapa de bandeja requiere una cubierta de polietileno (PE) o polipropileno (PP) ya que por sí solo no otorga un sellado hermético.

#### II. Polipropileno (PP)

Este plástico puede ser utilizado en su forma rígida (envase preformado) o flexible (film de cubierta). Tiene propiedades barreras al vapor de agua y en su forma orientada (OPP) y biorientada (BOPP) estas características se ven potenciadas. Debido a su resistencia a grasas y aceites es ideal para envasado de platos preparados.

### III. Poliestireno (PS)

Material con reducidas propiedades barrera frente al vapor de agua y gases. Sus cualidades son el bajo costo y su resistencia a los impactos, por lo que es utilizado en la capa externa en films para envasado de alimentos en atmósfera modificada.

### IV. Vinyl (PVC y PVdC)

El PVC posee buenas características como barrera a gases y moderada barrera al vapor de agua, además de una excelente resistencia a grasas y aceite. En cuanto al PVdC es considerado como el material de mayor barrera al oxígeno, sin embargo, es un polímero cuestionado para el uso como envase para uso alimentario debido a que contiene cloro.

### V. Poliolefinas (PE)

La familia de las poliolefinas corresponde al material proveniente de la polimerización de monómeros de polietileno. Se clasifica por su densidad alta (PEAD), moderada (PEMD) y baja (PEBD).

### VI. Alcohol etilevinílico (EVOH)

Es ampliamente utilizado en envasado de alimentos aplicando atmósfera modificada debido a su resistencia a grasas, aceites y excelente barrera al oxígeno. Este polímero es sensible a la humedad por lo que al ser utilizado en envasado de alimentos debe encontrarse en la capa interna y no entre en contacto con el alimento ni el ambiente.

#### 4.6.5 Temperatura

La temperatura es un factor muy importante a controlar para la correcta conservación de alimentos, tanto en los tratamientos térmicos aplicados en la operación como en el almacenamiento y distribución de los productos. Junto con el pH y la actividad de agua ( $a_w$ ), representan los obstáculos más importantes para mejorar la seguridad microbiana de los productos alimenticios (Kotzekidou, 2016).

En el caso de productos preparados listos para el consumo que no tengan barreras secundarias como las antes mencionadas ( $a_w$  y pH), el tratamiento térmico y sus condiciones de tiempo y temperatura son el punto crítico a controlar para el crecimiento de *Clostridium botulinum* y *Listeria monocytogenes*.

#### 4.6.5.1 Temperatura de almacenamiento

La refrigeración es crucial para la correcta conservación de los alimentos. En platos preparados listos para el consumo sin adición de preservantes y con una atmósfera reducida en oxígeno es especialmente importante. Para una vida útil prolongada y evitar el crecimiento de *C. botulinum* con su consiguiente producción de toxina se debe mantener el producto a una temperatura de 3,3°C o inferior (FDA, 2022). En cuanto a la *Listeria monocytogenes*, puede crecer a temperaturas más bajas por lo que se debe considerar aplicar la conservación por obstáculos como pH y  $a_w$  bajos, una determinación de vida útil adecuada y un monitoreo constante de temperatura.

#### 6.4.5.2 Temperatura de procesos térmicos

Como se indicó anteriormente, en el caso de los productos en estudio (platos preparados listos para el consumo) que no disponen de otros obstáculos para la proliferación de microorganismos como lo son la  $a_w$  baja y pH ácido, la temperatura de los procesos térmicos se torna muy importante a la hora de asegurar la destrucción de los microorganismos de interés para la salud pública.

Según las indicaciones del “*FOOD CODE*” de Food and Drug Administration (FDA) los alimentos crudos de origen animal, incluidos huevos preparados para consumo inmediato, pescados, carnes y sus derivados, deben alcanzar una temperatura de 68°C durante 17 segundos en el centro térmico del producto. En la tabla 2 se indican programas de tiempo y temperatura alternativos pero que igualmente cumplen con lo establecido por la FDA.

**Tabla 2.** Programas de tiempo y temperatura para la cocción segura de alimentos

Temperatura mínima	Tiempo mínimo
63	3 minutos
66	1 minuto
70	< 1 segundo (instantáneo)

Fuente: (FDA, 2022)

En el caso de aves de corral y pescados rellenos, carnes rellenas, pastas rellenas, pollo relleno, o cualquier relleno que contenga carne, se debe alcanzar una temperatura de 74°C durante 1 segundo.

#### 6.4.5.3 Reducción de temperatura

El enfriamiento de los alimentos post tratamiento térmico debe ser lo suficientemente rápido para evitar y limitar el crecimiento de microorganismos. Esto debido a que se ha determinado que un enfriamiento lento de los alimentos es uno de los principales factores que contribuyen a las enfermedades transmitidas por alimentos. Se deben evitar las temperaturas entre 21 y 52°C por tiempos prolongados.

#### 4.7 Factores intrínsecos que afectan la vida útil de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada

##### 4.7.1 Actividad de agua ( $a_w$ )

La actividad de agua es considerada como un parámetro más estrechamente relacionado con los cambios físicos, químicos y microbiológicos de los alimentos que la humedad. Este parámetro considera el agua que está disponible y que no se encuentra ligada a moléculas del alimento u otros componentes como sal de mesa (NaCl) o sacarosa.

**Tabla 3.** Valores de actividad de agua en relación a la concentración de sal en una solución.

Actividad de agua ( $A_w$ )	Concentración de NaCl (%)
0,995	0,9
0,99	1,7
0,98	3,5
0,96	7
0,94	10
0,92	13
0,9	16
0,88	19
0,86	22

Fuente: Tabla extraída de documento “Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP)” (Organización Panamericana de la salud, 2019)

Como se observa en la tabla 3, a mayor concentración de NaCl, la actividad de agua es menor. Esto debido a que el agua se encuentra menos disponible dado que se encuentra ligada a las moléculas de sal.

El valor de actividad de agua se encuentra dentro del intervalo de 0 a 1, donde 1 corresponde al agua pura y, a medida que el agua se encuentra menos disponible, el valor disminuye. Este valor es importante a la hora de realizar una evaluación de peligros biológicos ya que cada microorganismo, tanto deteriorantes de los alimentos (*Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*), como patógenos (*Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, etc) requieren de ciertos rangos de actividad de agua para sobrevivir y reproducirse.

**Tabla 4.** Valores de actividad de agua de diferentes alimentos

Alimentos	Actividad de agua (Aw)
Vegetales y frutas frescas	>0,97
Pollo fresco	>0,98
Carne fresa	>0,95
Huevo	0,97
Pan	0,95 a 0,96
Queso	0,91 a 0,999
Queso parmesano	0,68 a 0,76
Carne curada	0,87 a 0,95
Torta sin relleno ni cobertura	0,90 a 0,94
Nueces	0,66 a 0,84
Gelatina	0,82 a 0,94
Arroz	0,80 a 0,87
Harina de trigo	0,67 a 0,87
Miel	0,54 a 0,75

Fuente: Tabla extraída de documento de (Organización Panamericana de la salud, 2019)

#### 4.7.2 pH y acidez

La acidez hace referencia a la concentración de ácidos no disociados en el alimento. Los ácidos más comunes presentes en alimentos son el ácido cítrico, ácido málico y ácido láctico. Al disociarse el ácido en iones hidrogeno ( $H^+$ ) el pH disminuye.

El pH es un parámetro fisicoquímico que indica la acidez o alcalinidad, en este caso de alimentos. Es representado en una escala que va desde el 1 al 14, donde 1 es lo más ácido, 7 es neutro y 14 lo más alcalino. Su importancia radica en la gran influencia que tiene sobre muchas reacciones importantes en los alimentos, como la inactivación microbiana (estrechamente relacionada con la vida útil y seguridad de los alimentos), la actividad enzimática y ciertas reacciones químicas como la reacción de Maillard. En la tabla 5 se informa el pH de diferentes tipos de alimentos.

Dada la relevancia del pH sobre el control de la actividad microbiana es que se definieron categorías de alimentos según su pH. Los alimentos de baja acidez tienen un pH mayor a 4,5 y los alimentos ácidos son los que su pH es superior a 4,5 en la escala. Este valor viene dado por el límite en el cual se puede desarrollar *C. botulinum* y proliferar sus esporas. Esta categorización resulta crucial a la hora de elegir los tratamientos térmicos y definición de vida útil de los productos alimenticios.

**Tabla 5.** Valores de pH de diferentes alimentos

Categoría	Alimento	pH
Vegetales	Apio	5,7 a 6,0
	Lechuga	6
	Espárrago	5,7 a 6,1
	Papas	5,3 a 5,6
	Berenjena	4,5
	Betarraga	4,5
	Brócoli	6,5
	Cebolla	5,3 a 5,8
	Zanahoria	4,9 a 6,0
	Espinaca	5,5 a 6,0
Choclo	7,3	
Frutas	Ciruela	2,8 a 4,6
	Plátano	4,5 a 4,7
	Naranja	3,6 a 4,3
	Manzana	2,9 a 3,3
	Sandía	5,2 a 5,6
	Melón	6,3 a 6,7
	Uva	3,4 a 4,5
Carnes	Bovina	5,1 a 6,2
	Pollo	6,2 a 6,4
	Jamón	5,9 a 6,1
Productos del mar	Atún	5,2 a 6,1
	Camarón	6,8 a 7,0
	Ostra	4,8 a 6,3
	Salmón	6,1 a 6,3
Lácteos	Crema de leche	6,5
	Leche	6,3 a 6,5
	Queso	4,9 a 5,9

Fuente: Tabla extraída de documento “*Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP)*” (Organización Panamericana de la salud, 2019)

#### 4.7.3 Potencial de óxido reducción (Eh)

El potencial de óxido reducción es una medida potenciométrica y su valor es un indicador de cuan susceptible es el alimento a contaminación bacteriana y a reacciones de oxidación (Lewis, 2023).

En una reacción de óxido-reducción, el agente que recibe electrones se denomina oxidante. El oxígeno es un compuesto altamente oxidante, por lo que un medio con gran concentración de oxígeno tendrá valores de Eh positivos, lo que es un indicador de un medio susceptible a proliferación de microorganismos aeróbicos como mohos, levaduras y bacterias, principalmente alterantes de alimentos. Por lo tanto, la medición del potencial de óxido reducción da indicios de que microorganismos podrán desarrollarse en la matriz alimentaria estudiada. Generalmente los alimentos aireados como purés y merengues, tendrán valores de potencial de óxido reducción mayores.

#### 4.8 Microorganismos que afectan la vida útil y seguridad de los alimentos

Los microorganismos presentes en los alimentos se pueden clasificar como microorganismos que deterioran los alimentos y en microorganismos que son causantes de toxiinfecciones alimentarias.

Los microorganismos que deterioran los alimentos están relacionados estrechamente con la vida útil del producto alimenticio, ya que si bien no transmiten enfermedades y no son un riesgo para la salud, si causan cambios indeseados en los alimentos que los convierten en productos no comestibles ni comercializables ya que se ven afectados parámetros organolépticos como el aspecto, sabor, color, aroma y/o textura, y que los consumidores no estarían dispuestos a comprar ni mucho menos comer.

Por otro lado, se encuentran los microorganismos que muchas veces no causan cambios significativos en los alimentos, pero que al ingerirlos en concentraciones elevadas pueden causar enfermedades e incluso la muerte de personas. Un ejemplo de esto, son especies de *Salmonella spp* o *Listeria monocytogenes*, ya que un crecimiento de estas no va acompañado de cambios organolépticos en el alimento (Man, 2016).

##### 4.8.1 Bacterias causantes de toxiinfecciones alimentarias

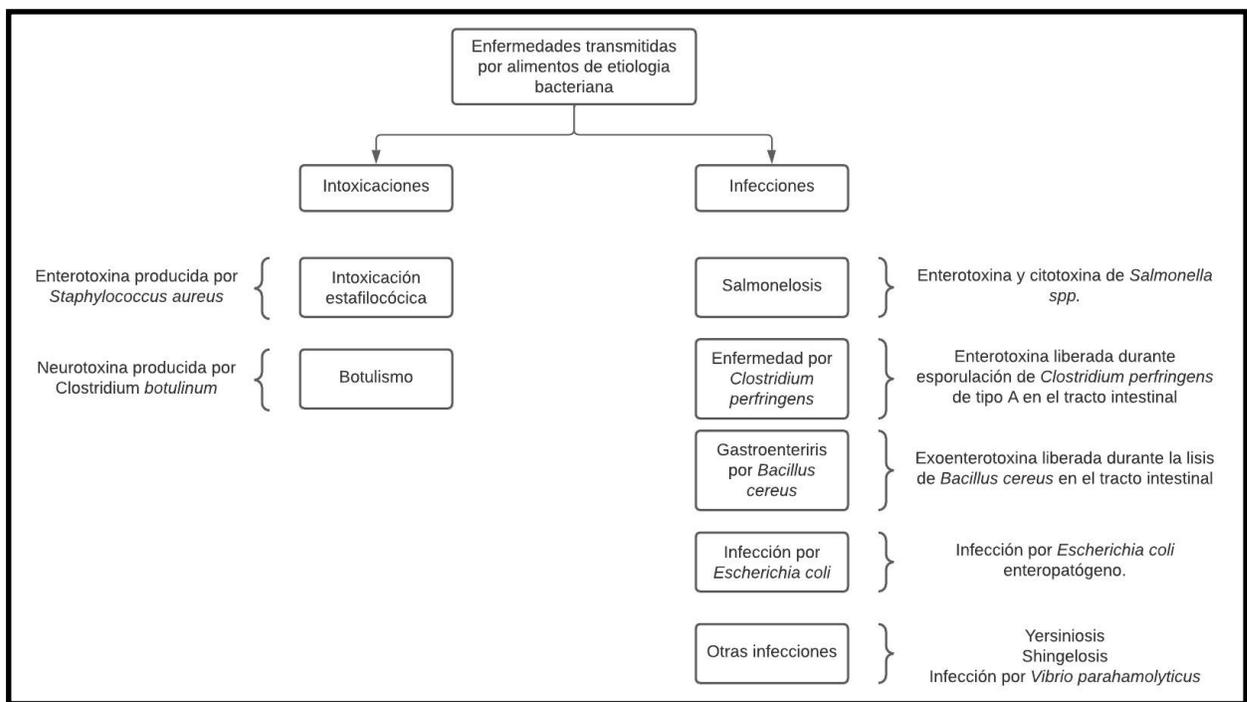
Las toxiinfecciones alimentarias corresponden a enfermedades o condiciones clínicas que afectan al tracto gastrointestinal. Estas tienen su causa por la ingestión de toxinas

producidas por microorganismos o por infecciones del microorganismo hospedador (Forsythe & Hayes, 2002).

En Estados Unidos, *Salmonella*, *Campylobacter* y *Staphylococcus aureus* son las principales bacterias responsables de toxiinfecciones alimentarias. En el caso de Reino Unido *Salmonella spp.* representaban un 90% de las causales de toxiinfecciones alimentarias, seguido por *Clostridium perfringens* (Forsythe & Hayes, 2002).

Según la base de datos del Ministerio de Salud, el 2022 hubo 762 brotes de enfermedades transmitidas por alimentos en Chile, de las cuales el 44% corresponde al consumo de comidas y platos preparados. En el 57% de los casos estos productos fueron consumidos en instalaciones destinadas a la preparación y consumo inmediato de alimentos como restaurantes y fuentes de soda, seguido de un 28% de los casos en los cuales el consumo se produjo en el hogar (Ministerio de Salud, 2023<sup>a</sup>). En la figura 8 se presentan las enfermedades transmitidas por alimentos causadas por bacterias.

**Figura 8.** Clasificación de enfermedades transmitidas por alimentos de etiología bacteriana



Fuente: (Frazier & Westhoff, 1993b).

#### 4.8.2 *Staphylococcus aureus*

Este microorganismo corresponde a un estafilococo el cual se forma en racimos de parejas o cadenas cortas. Si bien es un microorganismo facultativo crece mejor en medios aerobios que anaeróbicos. Estos toleran concentraciones de NaCl del 10 al 20%, además de nitritos, por lo que es de preocupación en alimentos como adobos de carnes y carnes adobadas, lo que incluye platos preparados listos para el consumo. También pueden crecer en medios con concentraciones de sacarosa comprendidas entre un 50 y 60%.

Esta bacteria patógena puede reproducirse y formar esporas en un intervalo de temperaturas entre 4 y 46°C aproximadamente. El pH mínimo de reproducción es de 4,8 en medios aeróbicos y de 5,5 en medios anaeróbicos, el pH máximo es 8. Respecto al crecimiento relacionado con la actividad de agua de la matriz alimentaria también depende de la presencia de oxígeno, siendo el valor mínimo de 0,86 en aerobiosis y de 0,90 en anaerobiosis.

La proliferación de este microorganismo se limita por la competencia con otros microorganismos, pero esta se ve desfavorecida en el caso de productos cocinados o pasteurizados como los platos preparados listos para el consumo.

La fuente de contaminación más relevante de este microorganismo es la manipulación de los alimentos ya que las vías nasales de los humanos pueden estar infectadas.

Los alimentos de mayor incidencia en intoxicaciones alimentarias estafilocócicas son productos de pastelería rellenos con crema, jamón y carnes de ave. Un 75% de los brotes de esta enfermedad tienen su causa en la insuficiente refrigeración de los alimentos (Frazier & Westhoff, 1993b).

#### 4.8.3 *Clostridium botulinum*

Corresponde a un bacilo Gram positivo, anaeróbico y esporulado que se halla naturalmente en suelos y agua. De las siete cepas identificadas (A, B, C, D, E, F y G), cinco de ellas provocan botulismo en el ser humano, estas son: A, B, E, F y G.

Una de las características diferenciadora de las distintas cepas es la capacidad de hacer proteólisis, digiriendo caseína para dar como producto H<sub>2</sub>S. Este es el caso de las cepas A, B, E y G, es decir, en su mayoría las cepas causantes de la enfermedad botulínica en el ser humano son proteolíticas, a excepción de la cepa F la cual no es proteolítica, pero es capaz de fermentar manosa.

Las cepas proteolíticas no crecen a temperaturas inferiores a 10°C y hasta temperaturas alrededor de 50°C. En cambio, la cepa no proteolítica se puede desarrollar desde los 3,3°C. Sin embargo, esto depende de otros factores como el pH, concentración de sal y actividad de agua, entre otros. En cuanto al pH, no existe crecimiento a pH inferior a 4,5.

Por otro lado, el valor mínimo de actividad de agua para el crecimiento y producción de toxina es de 0,94 para las cepas A y B, y 0,97 para la cepa E (Jay, Loessner, & David A. Golden, 2009).

Los síntomas del botulismo son náuseas, vómitos, fatiga, debilidad, dolor de cabeza, sequedad de la piel, boca y garganta, no presenta fiebre, parálisis muscular, visión doble, fallo respiratorio y la muerte. La tasa de mortalidad es alta y varía del 30 al 65%.

#### 4.8.4 *Clostridium perfringens*

Al igual que *C. botulinum*, corresponde a una bacteria Gram positivo, anaerobio y esporulado. Si bien se conocen 5 cepas, A, B, C, D y E, solo la cepa A produce intoxicación alimentaria. Además de las características mencionadas anteriormente, es una bacteria mesófila, donde su óptimo de reproducción se encuentre entre 37 y 45°C, siendo la temperatura más baja de reproducción 20°C. El rango de pH en el cual sobrevive este microorganismo esta entre 5,0 y 8,0. En cuanto a la actividad de agua, su límite inferior de sobrevivencia es de 0,95. Por otro lado, puede inhibirse su crecimiento en medios con 5% de NaCl o concentraciones superiores.

Los síntomas de la intoxicación por *Clostridium perfringens* aparecen entre las 8 a 12 horas desde la ingestión del alimento contaminado y constan de dolor abdominal agudo y diarrea, náuseas y fiebre, y en algunos casos vómitos.

#### 4.8.5 *Bacillus cereus*

*B. cereus* es una bacteria aerobia que forma esporas. Su temperatura de crecimiento mínima es de 4°C hasta unos 50°C aproximadamente y sus esporas resisten el calor como una bacteria mesófila típica. Su rango de crecimiento relacionado al pH es de 4,9 a 9,3 (Jay et al., 2009).

Existen dos síndromes que son causados por esta bacteria. El síndrome diarreico es cual es relativamente leve donde los síntomas son náuseas, dolor abdominal, tenesmo y heces acuosas, rara vez se producen vómitos. Generalmente, los alimentos implicados en brotes se asocian a productos que contienen maíz, papas, hortalizas, carnes y lácteos.

El segundo síndrome relacionado a esta bacteria se denomina emético y es más agudo que el síndrome diarreico. Las cepas que producen la toxina emética crecen en un rango de 15 a 50°C. Este síndrome se asocia generalmente a platos que contienen arroz.

#### 4.8.6 *Listeria monocytogenes*

Corresponde a un bacilo Gram positivo, anaerobio facultativo, que no forma esporas y es capaz de crecer a temperaturas de refrigeración (Flynn, Kozak, Lawton, & Alcalne, 2021). En la tabla 6 se detalla los parámetros de crecimiento de *Listeria monocytogenes*.

**Tabla 6.** Parámetros fisicoquímicos de crecimiento de *Listeria monocytogenes*

Parámetros fisico-químicos	Límite mínimo para crecimiento	Óptimo para crecimiento	Límite máximo para crecimiento	Sobrevivencia pero no crecimiento
Temperatura (°C)	-2	30 - 37	45	-18
pH	4,0 - 4,3	7	9,6	3,3 - 4,2
Aw	0,92	0,99	-	<0,90
% NaCl	-	-	12	>20
Atmósfera de gas	Crecimiento en presencia y ausencia de oxígeno (por ejemplo: envasado al vacío y en atmósfera modificada)			

Fuente: (Bergis, Bonanno, Asséré, & Bertrand Lombard, 2021).

Si bien, este microorganismo no es responsable de gran cantidad de brotes de enfermedades transmitidas por alimentos, es uno de los principales microorganismos que causan la muerte de personas. Solo en Estados Unidos es responsable del fallecimiento de 255 personas cada año, siendo su tasa de letalidad entre un 15 y 30%. La población de riesgo corresponde a mujeres embarazadas y recién nacidos, adultos mayores y paciente inmunodeprimidos (FDA, 2012).

#### 4.8.7 *Salmonella spp.*

*Salmonella spp.* corresponden a bacterias Gram negativas que no forman esporas y son anaerobias facultativas (Sandrasaigaran et al., 2023). En cuanto a la epidemiología, las Salmonellas que causan enfermedades en el hombre son *S. Typhi* y *S. Paratiphy*. Las enfermedades relacionadas a estos microorganismos son la fiebre tifoidea y la paratifoidea, siendo estas las enfermedades más graves causadas por Salmonellas (Jay et al., 2009).

Esta bacteria es capaz de crecer entre pH 4 a 9, siendo el óptimo la neutralidad, es decir, entre 6,6 y 8,2. Se ha encontrado que las temperaturas mínimas que se ha registrado crecimiento son de 5,3°C, y máximas de 45°C. En cuanto a la disponibilidad de agua, el crecimiento se inhibe a valores inferiores de 0,94. Por otro lado, estos microorganismos no toleran concentraciones superiores al 9% de sal (Jay et al., 2009).

#### 4.8.8 *Escherichia coli*

Los grupos virulentos de *E. coli* que se han identificado son enteroagregante (EAEC), enterohemorrágico (EHEC), enteroinvasivo (EIEC), enteropatógeno (EPEC) y enterotoxigénico (ETEC). El primero no se tiene claro si es de origen alimentario (Jay et al., 2009).

El grupo virulento EHEC es productor de la toxina Shiga y se asocia principalmente a carne de res o productos frescos contaminados y los síntomas de la enfermedad son diarrea, colitis hemorrágica y síndrome urémico hemolítico (Sivapriya Kailasan Vanaja, Mallick, & John M. Leong, 2013). En cuanto al grupo EIEC, este no produce la enterotoxina Shiga, pero penetra al intestino grueso por las células epiteliales causando síntomas similares a EHEC (Jay et al., 2009).

El grupo de *E. coli* enteropatógeno (EPEC) no produce enterotoxina Shiga al igual que el grupo EIEC, la diferencia radica en que EPEC coloniza el intestino delgado provocando diarrea.

Finalmente, el grupo ETEC es capaz de producir toxinas termolábiles (LT) y termoestables (ST), la primera se destruye a 60°C en unos 30 minutos, la segunda es capaz de resistir 100°C por 15 minutos (Jay et al., 2009).

Para evitar las enfermedades a causa de los grupos de *E. coli* antes descritos es necesario seguir las indicaciones de cocción y almacenamiento de alimentos, además de tener una buena higiene tanto del personal que manipula los productos como de las instalaciones y equipos donde se procesan los mismos.

#### 4.8.9 *Campylobacter jejuni*

Corresponde a un bacilo el cual requiere pequeñas cantidades de oxígeno para sobrevivir, entre un 3% y un 6%, no tolerando más de 21% (microaerófilo). Además, para un buen desarrollo requiere un 10% de dióxido de carbono. Su temperatura óptima de crecimiento es de 40°C y a esta temperatura, su pH óptimo se encuentra entre 5,5 a 8,0 con una concentración máxima de 1,75% de NaCl (Jay et al., 2009).

Los síntomas de la enteritis provocada por *Campylobacter jejuni* son diarrea, dolor abdominal, fiebre, dolor de cabeza, náuseas y/o vómitos. Estos síntomas suelen ser leves pero podría llegar a ser mortal en personas vulnerables como niños pequeños, personas de avanzada edad o pacientes inmunodeprimidos (Organización Mundial de la Salud, 2020).

Esta bacteria es sensible al calor, por lo tanto, siguiendo las indicaciones de manipulación y procesamiento, en cuanto a higiene, temperaturas de cocción y de almacenamiento de

alimentos de la FDA, el riesgo de contaminación y posterior infección en humanos se elimina.

#### 4.8.10 *Yersinia enterocolitica*

Esta bacteria Gram negativa tiene forma de cocobacilos y crece en un rango de temperaturas entre 0 y 45°C, encontrándose su óptimo entre 22 y 29°C. Además, es resistente a la congelación por lo que se clasifica como psicrófilo (Hassanzadeh, Ghasemzadeh Limoe, & Nouri Gharajalar, 2022).

Se ha aislado *Yersinia enterocolitica* de pasteles, carnes al vacío, productos de pesca, pero el origen principal como fuente patógena para el ser humano sería el cerdo (Jay et al., 2009).

Las patologías asociadas a este microorganismo es principalmente la gastroenteritis, sin embargo también se ha asociado a pseudoapendicitis, linfadenitis mesentérica, ileítis terminal, artritis reactiva, peritonitis, absesos en colon y cuello, colecistitis y eritema nodoso. Los síntomas de la gastroenteritis se observan varios días después de haber consumido alimentos contaminados y la enfermedad es más susceptible en niños que en adultos (Jay et al., 2009).

#### 4.8.11 *Vibrio parahaemolyticus*

*Vibrio parahaemolyticus* es una bacteria Gram negativa y halófila, es decir, puede sobrevivir en condiciones de alto estrés salino (Li et al., 2023). Es capaz de crecer en medios con concentraciones entre 1 y 8% de NaCl. Los requerimientos de temperatura óptimo para su crecimiento se encuentran entre 30 y 35°C, sin embargo, se ha observado reproducción de este microorganismo a 10°C en alimentos (Jay et al., 2009).

La gastroenteritis por *V. parahaemolyticus* tiene síntomas similares a los descritos para otros microorganismos con la diferencia que esta la transmiten casi exclusivamente por productos de origen marino, especialmente, ostras, gambas, cangrejos, langostas, almejas y otros similares. Probablemente esta sea la razón, por la cual esta enfermedad es de baja incidencia en Estados Unidos, y de alta incidencia en Japón, donde representaba el 24% de las toxiinfecciones alimentarias por bacterias entre 1965 y 1974 (Jay et al., 2009).

## 4.9 Bacterias alterantes de los alimentos

### 4.9.1 *Pseudomonas spp*

Corresponden a bacterias aeróbicas, Gram negativas y psicrótrofas. Son reconocidas como el principal microorganismo responsable del deterioro de alimentos debido a sus enzimas extracelulares (Arslan, Eyi, & Özdemir, 2011).

En carnes frescas, la proteólisis se debe a la actividad de proteasas bacterianas, donde las *Pseudomonas* son la principal responsable de este tipo de deterioro. Por otro lado, algunas *Pseudomonas* son productoras de lipoxidasas, por lo que estas bacterias también están relacionadas a la rancidez oxidativa y por consiguiente a la aparición de aromas y sabores desagradables. En la carne de aves alteradas, las *Pseudomonas* representan un 70 a 80% de la flora bacteriana, seguido de *Acinetobacter* (10% aproximadamente) y *Alteromonas* (Forsythe & Hayes, 2002).

Las especies *P. fluorescens*, *P. fragi*, *P. lundensis* y *S. putrefaciens*, se asocian al deterioro de productos derivados de animales como carnes, leche y pescados (Liao, 2006)

### 4.9.2 Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas (BAC) corresponden a microorganismos aerobios facultativos, no forman esporas y fermentan glucosa dando ácido láctico como producto principal. En su mayoría son mesófilas con una tasa de crecimiento óptimo entre los 20 y 40°C, sin embargo, existen también especies psicrótrofas que pueden crecer en refrigeración. Algunos lactobacilos y *Leuconostocs* se adaptan bien a temperaturas cercanas a 0°C (Schillinger, Holzapel, & Björkroth, 2006).

En las carnes envasadas en atmósfera modificada deterioradas predominan las bacterias ácido lácticas psicótrofas si se ha almacenado adecuadamente en refrigeración controlando el crecimiento de *Enterobacteriaceae* (Björkroth, 2005).

Se ha observado en salchichas cocinadas y envasadas al vacío que al alcanzar  $10^7$  UFC/g en la superficie comienza a aumentar la concentración de ácido láctico, a su vez, el pH disminuye desde 6,3 a 5,8 (Schillinger et al., 2006). Esto puede resultar clave a la hora de relacionar el pH con la vida útil de un plato preparado listo para el consumo.

Un problema para productos envasados al vacío o en atmosfera modificada es la producción de gases que se ve reflejada en un aumento de la concentración de CO<sub>2</sub>. Este subproducto metabólico se ha relacionado con lactobacilos y leuconostocs

heterofermentativos (Schillinger et al., 2006). El problema radica principalmente en la hinchazón del envase que contiene el producto lo que lo convierte en no apto para la venta ni el consumo.

#### 4.9.3 Bacterias formadoras de esporas

Una de las clasificaciones importantes dentro de las bacterias que deterioran los alimentos corresponde a su temperatura óptima de crecimiento. Dentro de las bacterias formadoras de esporas de interés en la producción de platos preparados listos para el consumo envasados en atmosfera modificada se encuentran las bacterias psicrófilas productoras de esporas, dado que las condiciones de almacenamiento del producto final son en refrigeración y bajo atmosferas con trazas o libres de oxígeno.

Se ha observado que las principales bacterias responsables del deterioro de carnes frescas envasadas al vacío (ingrediente utilizado en la preparación de platos preparados) son *Clostridium estertheticum* y *Clostridium gasigenes*. Ambas bacterias se reprodujeron a temperaturas entre -1,5 y 2°C (Clemens, Adam, & Brightwell, 2010). El deterioro provocado por estas bacterias se traduce en la producción de abundante gas, producción de olores y pérdida de color y textura (André, Vallaey, & Planchon, 2017).

En el caso de bacterias anaeróbicas, formadoras de esporas y mesófilas (crecimiento óptimo entre 15-45°C), se encuentran *Clostridium sporogenes*, *Clostridium putrificum* y *Clostridium putrefaciens* (McClure, 2006).

#### 4.9.4 Enterobacteriaceae

Esta familia de bacterias se caracteriza por ser Gram-negativas, anaeróbicas facultativas que no forman esporas. Las *Enterobacteriaceae* más estudiadas son patógenas para los humanos y estas son, *Salmonella typhi*, *Shigella dysenteriae*, *Yersinia pestis* y *Escherichia coli*. Si bien algunas cepas pueden sobrevivir a temperaturas cercanas a 50°C, los miembros de esta familia pueden ser eliminados por temperaturas de pasteurización. Una característica de esta familia es su capacidad por fermentar D-glucosa (fermentación láctica) (Baylis, 2006).

**Tabla 7.** Algunos microorganismos que deterioran alimentos y los cambios asociados

Bacterias que deterioran los alimentos	Cambios en los alimentos
<i>Pseudomonas</i>	Sabores desagradables, presencia de limo superficial en carnes, pigmentación en carnes rojas, pescado, aves, leches y productos lacteos
<i>Brochothrix thermosphacta</i>	Desarrollo de sabores desagradables en productos cárnicos MAP y VP
<i>Lactobacillus</i>	Formación de limo, generación de CO <sub>2</sub> , producción de ácido láctico con consiguiente caída de pH, desarrollo de sabores desagradables

Fuente: (Man, 2016).

#### 4.10 Mohos

Al hablar de mohos, se hace referencia a hongos filamentosos que no producen cuerpos fructíferos macroscópicos (setas).

La presencia de moho en los alimentos vuelve al producto poco apetecible además de cambiar su sabor y textura. Este tipo de deterioro es muy común en frutas y verduras causando la pudrición de estas. Este problema se presenta principalmente luego de la cosecha de estos productos por lo que un buen control de este inconveniente en una planta de producción de platos preparados son las revisiones exhaustivas de las materias primas a utilizar tanto en la recepción, como en las diferentes etapas del proceso de producción.

Sin embargo, existen especies ubicuas de *Penicillium* siendo tan comunes que deben considerarse omnipresentes en los alimentos tales como *Penicillium citrinum* y *P. chrysogenum*. Ambos microorganismos se encuentran en alimentos tan variados como cereales de grano pequeño, harina de maíz y trigo, frutos secos (maní, pistachos y avellanas), carnes fermentadas y curadas como jamones, granos de cacao y café, y otros granos como soya. Estos hongos no suelen causar daños manifiestos en los alimentos y se encuentran en niveles muy bajos en alimentos por lo que no se consideran un peligro grave (Pitt, 2006).

## 5. Resultados y discusión

### 5.1 Análisis de factores intrínsecos que afectan la vida útil de platos preparados listos para el consumo

#### 5.1.1 pH

El pH final de las guarniciones y acompañamientos de los platos preparados que se estudiaron no puede ser modificado dado que, en primer lugar, se busca desarrollar productos sin aditivos, por lo que se descarta el uso de reguladores de acidez. En segundo lugar, una modificación del pH de estos alimentos podría ocasionar pérdidas en la calidad del producto por la aparición de sabores no deseados.

Como se observa en la tabla 5, el pH de las materias primas alimenticias utilizada para elaborar platos preparados, en general es superior a 5, incluyendo carne de res, de ave, y papas, las cuales corresponden a las materias primas que forman parte de este estudio. Este valor de pH implica que la matriz alimenticia de los platos preparados es susceptible a desarrollar microorganismos, tanto patógenos como alterantes.

Por lo tanto, el pH no representa una barrera a la proliferación de microorganismos por lo que resulta necesario incluir otras barreras que impidan el crecimiento microbiano para asegurar la inocuidad y calidad del producto durante su vida útil.

#### 5.1.2 Actividad de agua ( $a_w$ )

Los ingredientes utilizados para las guarniciones y acompañamientos que conforman los platos preparados listos para el consumo poseen una actividad de agua superior a 0,95 como se puede observar en la tabla 4. La aplicación de un curado húmedo o salmuera de 3 a 10% por un par de horas permite que la carne absorba entre un 10 y 25% de su peso en agua (D. Baldwin, 2014). Esto implica una disminución de actividad de agua inferior a 0,95 (carne curada tabla 4) debido a la adición de sal en su matriz.

Resulta útil realizar el proceso de salmuera como técnica culinaria para la producción de productos cárnicos en platos preparados listos para el consumo, dado que la disminución de la actividad de agua y el aumento de la concentración de sal son una barrera a la proliferación de microorganismos patógenos tan peligrosos como las esporas de *C. botulinum* no proteolítico, las cuales no germinan a concentraciones de sal superiores al 5% (Peck, 1997). Sin embargo, esta barrera no es suficiente para asegurar la inocuidad y vida útil del producto, por lo que se debe complementar con otras técnicas.

Otra utilidad muy importante de la utilización de salmuera en productos cárnicos es la mejora del rendimiento, dado que durante la cocción se pierde alrededor de un 20% de su peso, absorber agua en el proceso de curado permite que la pérdida neta de peso luego de la cocción se encuentre solo entre el 0 y 12% (D. Baldwin, 2014).

### 5.1.3 Potencial de óxido reducción (Eh)

La ausencia de oxígeno en un plato preparado listo para el consumo envasado en atmósfera modificada implica que el producto se encontrará en un medio con un potencial de óxido reducción bajo. En este tipo de medios se ven desfavorecidas el crecimiento, proliferación y actividad de microorganismos aeróbicos. Estudios han demostrado que en condiciones reductoras se retrasa el crecimiento de *Lactobacillus plantarum* ralentizando el proceso de acidificación (Ouvry et al., 2002). Otro estudio relacionado a bacterias ácido lácticas, específicamente *Leuconostoc mesenteroides*, demostró que la fase lag aumento de 1 a 6 horas cuando se modificó el potencial de óxido reducción del medio (Eh) de +200 a -400mV (Bourel et al., 2003). Es importante señalar que, como se vio en la revisión bibliográfica, las bacterias ácido lácticas son las principales responsables del deterioro de productos cárnicos envasados en atmosferas carentes de oxígeno.

Por otro lado, bacterias anaeróbicas como *C. botulinum* y *C. perfringens* se ven favorecidas con valores de Eh negativos. Los rangos de crecimiento de microorganismos anaeróbicos se encuentra entre +100 y -250 mV (Lewis, 2023).

La medición de este parámetro podría resultar útil para preparaciones con multicomponentes en capas, como lasañas y en productos pastosos como pastelera de choclo o guisos, los cuales debido a la agitación, mezclado y montaje en su preparación puede mantener burbujas de aire al interior, aumentando el potencial de óxido reducción en el centro del producto. En el caso de las preparaciones vistas en este estudio, la mezcla de gases puede difundir a través de todos los componentes del plato (carne de res y ave, arroz y papas) lo que mantiene estable el potencial de óxido reducción en toda la matriz alimenticia.

## 5.2 Análisis de factores extrínsecos que afectan la vida útil de platos preparados listos para el consumo

### 5.2.1 Atmósfera gaseosa y proporción de volumen entre el espacio de cabeza (EC) y el alimento (A)

La mezcla de gases más utilizada para el envasado de platos preparados listos para el consumo está compuesta por N<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Lee et al. (2008) demostraron que una atmósfera

compuesta por 60% CO<sub>2</sub> y 40% N<sub>2</sub> tuvo una fase de retraso mayor que una atmósfera de 30% CO<sub>2</sub> y 70% N<sub>2</sub>, respecto al crecimiento de bacterias aeróbicas. La tasa de crecimiento entre ambas fue similar. El mismo estudio demostró que el producto con una atmósfera de 60% CO<sub>2</sub> y 40% N<sub>2</sub> almacenado a 5°C no evidenció crecimiento de microorganismos aeróbicos durante 58 días (Lee et al., 2008).

El CO<sub>2</sub> en concentraciones mayores al 20% retrasa el crecimiento de bacterias, sin embargo, a concentraciones más altas proporciona efectos bacteriostáticos y fungistáticos (Buys et al., 2023). En la tabla 9 se presentan combinaciones de composición de gases recomendada para envasado de alimentos listos para el consumo envasados en atmósfera modificada.

**Tabla 8.** Composición de mezcla de gases recomendadas para envasado de productos cocinados listos para el consumo.

Tipo de alimento	Composición de gases (%)	
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Carnes cocidas y curadas	30-40	60-70
Aves de corral y caza cocidas y curadas	30-40	60-70
Comidas listas	30	70
Productos combinados	30-40	60-70
Vegetales cocidos	30-40	60-70

Fuente: Elaboración propia con información de (Elna M. Buys, B.C. Dlamini, James A. Elegbeleye, 2023)

Un aspecto fundamental para que la combinación de gases inyectada cumpla la función de asegurar la calidad del alimento, es que se mantenga estable en el tiempo. El primer fenómeno de transferencia gaseosa de un plato preparado es la solubilización de CO<sub>2</sub> en el alimento hasta alcanzar un equilibrio que depende de la solubilidad específica del CO<sub>2</sub> (Ibarra, 2019), lo que trae como consecuencia una disminución del porcentaje de CO<sub>2</sub> en el espacio de cabeza. Por lo tanto, resulta importante establecer una proporción adecuada entre el volumen del espacio de cabeza y el volumen del alimento para que en el tiempo de vida útil del producto el espacio de cabeza mantenga una cantidad de CO<sub>2</sub> suficiente (Tabla 9) que proporcione los efectos bacteriostáticos deseados. Kennedy et al. (2004) comprobó que las relaciones 2:1 y 1,5:1 entre el volumen del espacio de cabeza y el volumen del alimento mantienen mejor la composición de gases inicial que la relación 1:1 (Kennedy et al., 2004). Es por esto que, para mantener la atmósfera circundante al alimento estable en su composición inicial se debe considerar las proporciones mencionadas.

## 5.2.2 Transferencias gaseosas y materiales de envase

Desde que es inyectada la mezcla de gases y es sellado el plato, comienzan a producirse los fenómenos de transferencia gaseosa entre los componentes del producto, el espacio de cabeza y el ambiente. Estos fenómenos se pueden observar en la figura 6 y son, la solubilización de gases en el producto, la difusión de gases a través del producto, la liberación de O<sub>2</sub> en productos aireados y la respiración y fermentación como procesos metabólicos de microorganismos. En el caso de los platos preparados no se producen fenómenos de respiración como en frutas y verduras frescas, o mariscos vivos (Ibarra, 2019).

Como se ha mencionado, resulta importante mantener la composición inicial de gases en la atmósfera modificada inducida al alimento. Esto se logra con una proporción de volumen adecuada entre el alimento y el espacio de cabeza disponible en el envase. Pero además, se deben considerar los materiales del envase para minimizar la permeación de gases entre el producto y el ambiente, esto significa elegir una combinación de films que sea capaz de ser una barrera al O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y la humedad.

Los principales polímeros utilizados como barrera para el envasado de productos en atmósfera modificada son el PVC, PET, PE y PP. Usando capas de varias películas se puede controlar mejor la permeabilidad a los gases (Séverin & Lonque, 2019). En la tabla 10 se presentan combinaciones de polímeros por capas para envasado de productos MAP.

**Tabla 9.** Cualidades principales de las combinaciones de plásticos más utilizadas para envasado en MAP.

Combinación de plásticos	Compatibilidad con procesos			Tipo de aplicaciones		
	Compatible con microondas	Compatible con horno tradicional	Congelación	Impresión	Tapa de bandeja	Termoformado
APET-PE	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí
CPET	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
PS-EVOH-PE	No	No	Sí	Sí	Sí	No
PP-PE	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
PP-EVOH-PE	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
PP-PA-PE	Sí	No	No	Sí	No	Sí
PP-PA-PP	Sí	No	No	Sí	No	Sí
PVC-PE	No	No	Sí	Sí	No	Sí

Fuente: Elaboración propia con información extraída de tablas de (Séverin & Lonque, 2019)

Empresas como ENVAPLASTER o FORMASPACK ofrecen films para tapa de bandejas de platos preformados y los mismos platos o bandejas preformadas. Los materiales utilizados en las bandejas preformadas que ofrecen alta barrera a gases especialmente diseñado para productos envasados en atmósfera modificada se conforman por PP/EVOH/PE, donde el polietileno (PE) se utiliza principalmente para mejorar los procesos de termosellado, la capa de EVOH aporta una gran impermeabilidad a gases y el polipropileno (PP) se usa como base estructural del envase.

### 5.2.3 Temperatura de almacenamiento

Los microorganismos patógenos de importancia en los productos listos para el consumo envasados en atmosfera modificada son *L. monocytogenes* dada su relativa alta resistencia al calor y su capacidad para crecer a temperaturas de refrigeración y en condiciones microaerofilas. Por otro lado, están las bacterias patógenas formadoras de esporas, que si bien no resisten los tratamientos de pasteurización, sus esporas en el caso de estar presentes podrían germinar durante el almacenamiento de los productos si estos perdieran su cadena de frío.

En la tabla 10 se presentan las temperaturas de almacenamiento que se requieren para asegurar la vida útil de productos envasados en atmosfera modificada considerando una posible germinación de esporas de *Clostridium botulinum*.

**Tabla 10.** Vida útil limite y temperatura de almacenamiento de productos “sous vide” respecto al peligro asociado de germinación de esporas de *Clostridium botinum*.

Temperatura	Vida útil
< 2,5 °C	90 días
< 3,3 °C	< 31 días
< 5,0 °C	< 10 días
< 7 °C	< 5 días

Fuente: Elaboración propia con información extraída de (Baldwin, 2014)

Durante el almacenamiento y distribución de los platos preparados listos para el consumo se debe asegurar el mantenimiento de la temperatura bajo los 3,3°C. De esta forma, los productos pueden llegar a tener una vida útil de 3 a 5 semanas si se enfrían y almacenan entre 0 y 3°C (Karyotis et al., 2017).

#### 5.2.4 Temperatura en procesos térmicos

En la cocción industrial existe una diversa gama de equipos para realizar el proceso. Estos equipos se agrupan en cocedores de calor húmedo, donde los alimentos se exponen directamente a algún líquido como agua, caldos, vino, donde las temperaturas no superan los 100°C. Los equipos de transferencia de calor seco como freidoras, pueden trabajar a temperaturas de 180°C para sellar, dorar o saltear, u hornos que alcanzan temperaturas alrededor de 300°C. Por último se cuenta con el método de cocción al vacío o “sous vide”, en el cual los alimentos previamente condimentados son envasados al vacío y luego expuestos a baños de agua o vapor a temperaturas de pasteurización o esterilización.

El método por excelencia para garantizar que los platos preparados listos para el consumo sean microbiológicamente seguros y estables, es la cocción industrial. Este método busca también mejorar las cualidades organolépticas de los alimentos para cumplir con los requisitos de calidad tales como el sabor, aroma, textura y color.

La utilización de la cocción al vacío (“Sous vide”) es muy útil para productos que se desea almacenar por días refrigerado o incluso meses congelado. El método cook-chill, es decir, cocción y posterior enfriamiento rápido, resulta muy útil para la producción de platos preparados listos para el consumo dado que es posible almacenar los alimentos cocinados, en sus bolsas selladas herméticamente, para luego montar estas preparaciones culinarias en su envase final para ser comercializados a los consumidores. En la figura 9 se presenta un equipo utilizado para la cocción de productos sellados al vacío.

Este método ofrece un control preciso de la temperatura dando un mejor manejo en la cocción (pasteurización) permitiendo reducir los patógenos a un nivel seguro a temperaturas más bajas. Para pasteurizar los alimentos “sous vide” se recomienda una reducción de 6 ciclos logarítmicos de *L. monocytogenes* (Baldwin, 2014). En el anexo 2 y 3 se presentan las temperaturas y los tiempos adecuados para la pasteurización de carnes, pescados y aves. Para este trabajo se considera, tanto para la carne de res como para las pechugas de pollo, bolsas termoestables dispuestas en forma de losa con cortes de un grosor de 25mm, por lo que para la pasteurización se requiere un tiempo total de 165 minutos en un baño de agua a 62°C.

**Figura 9.** Tanque de cocción Sous vide.



Fuente: Imagen tanque de cocción sous vide, modelo CT-10 de DC Norris, con capacidad para 400kg extraída de la página web de DC Norris (<https://www.dcnorrisna.com/wp-content/uploads/cook-tank.pdf>)

Para la cocción de vegetales se requiere temperaturas sobre 80°C. A esta temperatura la pared celular se mantiene sin daños, se ablanda la estructura de fibra y pectina, se asegura la gelatinización de almidón, se inactivan enzimas y se produce la muerte de patógenos (Sila et al., 2009). Para papas cortadas en cilindros de 15mm de altura, un tratamiento térmico sous vide a 90°C por 25 minutos es similar en cuanto a resultados de textura a la cocción tradicional, sin embargo, si el proceso se realiza a 80°C se obtiene una mayor firmeza de la papa (Iborra et al., 2015).

#### 5.2.5 Reducción de temperatura post tratamientos térmicos

Por disposición del “FOOD CODE” de Food and Drug Administration (FDA) se debe enfriar los productos alimenticios desde 57,2°C hasta 5°C en 6 horas, considerando el enfriamiento inicial de 57,2°C a 21,1°C en máximo 2 horas (FDA, 2022). Además, esta misma entidad considera el enfriamiento como un punto crítico de control esencial para prevenir brotes de enfermedades transmitidas por alimentos.

En el anexo 4 se presentan tiempos aproximados de enfriamiento en agua con hielo, en proporción 1:1, para productos sellados al vacío.

### 5.2.6 Conservación de alimentos por tecnología de obstáculos

La vida útil de los productos “sous vide” depende principalmente de la intensidad del tratamiento térmico, el tiempo empleado en enfriar el producto y el posterior almacenamiento a temperaturas adecuadas de refrigeración. Agregar una mayor cantidad de barreras para el control de microorganismos resulta ventajoso para un aumento de la vida útil y una mayor seguridad en el almacenamiento (Karyotis et al., 2017)

La técnica de marinado consiste en sumergir la carne en una solución o emulsión que puede contener agua, sal, aceites esenciales, especias, entre otros. Estos ingredientes penetran pasivamente la carne no solo mejorando sus características microbiológicas sino también sus propiedades organolépticas. Este método utilizado en la preparación culinaria resulta ser una barrera extra para el control de microorganismos. Como se observa en la tabla 6, si bien, *Listeria monocytogenes* es capaz de resistir altas concentraciones de sal, aplicando una salmuera al 10% de NaCl a temperaturas de refrigeración, se considera una barrera para su crecimiento. Además, las esporas de *C. botulinum* no proteolítico no germinan a concentraciones superiores al 5% de sal (Peck, 1997). Es por esto, que la utilización de salmuera en la preparación culinaria de carnes de vacuno y ave resulta ser efectiva para su conservación, siendo una barrera más a la proliferación de microorganismos.

### 5.2.7 Microorganismos

Las bacterias de relevancia en los productos alimenticios de cocción y almacenamiento al vacío y en atmósferas reducidas en oxígeno son las bacterias anaeróbicas formadoras de esporas. Una de ellas es *Clostridium botulinum* la cual es capaz de proliferar a temperaturas entre 3,3 y 45°C. *Clostridium perfringens* también corresponde a una bacteria anaeróbica formadora de esporas, capaz de crecer entre 4 y 53,3°C (Fellows, 2022). Estas bacterias son las responsables de limitar la vida útil de los platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada, es por esto que aquí radica la importancia de las temperaturas de almacenamiento y de los procesos térmicos previos al almacenamiento.

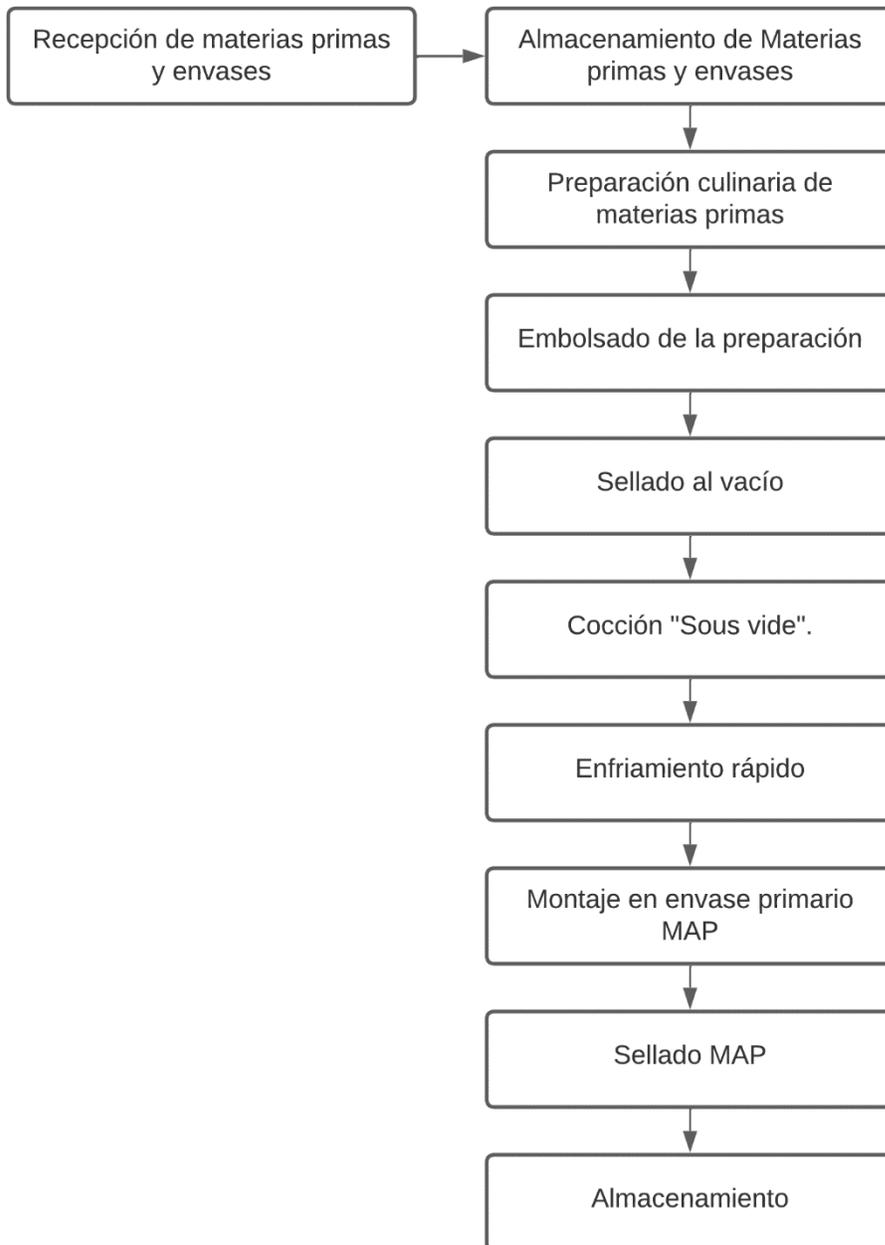
Por otro lado, las bacterias anaerobias facultativas también son de preocupación en estos productos. Estas corresponden a *Salmonellas spp*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica* y *Listeria monocytogenes* (Fellows, 2022).

*Listeria monocytogenes* es un microorganismo patógeno que no forma esporas, capaz de crecer a temperaturas de refrigeración y en condiciones con baja presión de oxígeno (microaerofila), es por esto que como se mencionó anteriormente, los tratamientos

térmicos deben ser diseñados para una reducción de 6 ciclos logarítmicos de *L. monocytogenes* (Baldwin, 2012)

### 5.3 Diagrama de flujo para la producción de platos preparados listos para el consumo utilizando la técnica "sous vide"

**Figura 10.** Diagrama de flujo para la preparación de alimentos "sous vide" y platos preparados envasados en atmosfera modificada.



Fuente: Elaboración propia con información de (D. Baldwin, 2014)

### 5.3.1 Descripción del diagrama de flujo

#### - **Recepción de materias primas**

Las carnes de vacuno y pollo frescas cuentan con dos envases, uno primario (bolsa al vacío) y uno secundario (cajas de cartón). Las papas pre-elaboradas son recepcionadas peladas y envasadas al vacío, a temperaturas de refrigeración. Al momento de la recepción, antes de abrir el vehículo, se realiza una revisión visual de la temperatura del transporte en el visor. Luego, se hace revisión visual de la higiene del vehículo, el estado de los envases secundarios y primarios, y luego se realiza la toma de temperatura directamente al producto.

#### - **Almacenamiento de materias primas**

Los productos recepcionados son segregados dependiendo de su naturaleza (origen animal o vegetal) y sus condiciones de almacenamiento (refrigerado o temperatura ambiente) y son almacenados según corresponda.

#### - **Preparación culinaria**

Para las pechugas deshuesadas de pollo y carne de res se prepara una solución con agua fría (<5°C) de Cloruro de Sodio al 6% (salmuera).

La carne de res se retira de su envase primario y es cortada en porciones similares de un grosor de 25mm aproximadamente. Las pechugas deshuesadas de pollo son recepcionadas porcionadas con un grosor de aproximadamente 25mm. Por separado, según la preparación, las carnes de vacuno y pollo se sumergen en la salmuera, durante 6-8 horas en refrigeración (<5°C). Luego, la salmuera es escurrida y la carne enjuagada con agua. Nuevamente se deja escurrir hasta que la carne no libere agua.

Las papas por su parte son retiradas de sus bolsas de vacío y porcionadas en rodajas de 15mm de altura. Luego son condimentadas con sal.

#### - **Embolsado de la preparación**

Las preparaciones (carne de vacuno, pollo y papas) por separado, dependiendo de la preparación, son envasadas en bolsas de vacío aptas para la cocción Sous Vide. Las preparaciones son dispuestas en forma de losa, sin superponer las porciones en la bolsa.

#### - **Sellado al vacío**

Las preparaciones embolsadas son selladas al vacío.

- **Cocción sous vide**

Las pechugas de pollo envasadas al vacío son sumergidas en un baño de agua a 62°C por 165 minutos.

La carne de vacuno es sumergida en un baño de agua a 62°C por 165 minutos.

Las papas son sumergidas en un baño de agua a 80°C por 25 minutos.

- **Enfriamiento rápido**

Las bolsas al vacío con las preparaciones en caliente son sumergidas en un baño de proporción 1:1 de agua y hielo. El tiempo de enfriamiento aproximado para las pechugas deshuesadas de pollo y la carne de res es de 50 minutos, para alcanzar una temperatura de 5°C (anexo 4). El tiempo estimado que se requiere para el enfriamiento de papas es de 25 minutos (anexo 4).

- **Montaje en envase primario MAP**

Al alcanzar una temperatura de 5°C las bolsas son abiertas y los ingredientes son pesados y montados manualmente por manipuladores de alimentos en una bandeja pre formada apta para mantener la atmosfera modificada.

- **Sellado MAP**

Los platos montados listos para el consumo son sellados introduciendo la atmosfera con la proporción de gases adecuada.

- **Almacenamiento**

Los platos sellados en atmosfera modificada son almacenados y mantenidos a una temperatura entre 0 y 3°C.

#### 5.4 Análisis de peligros y determinación de puntos críticos de control

Para el análisis de peligros del proceso de producción de carne de res con papas y pechuga deshuesada de pollo con papas envasados en atmosfera modificada se consideraron peligros biológicos y químicos intrínsecos de las materias primas y materiales de envase del producto. No se consideraron posibles contaminaciones biológicas por manipulación o contaminaciones químicas por productos de limpieza dado que estos factores son propios de cada planta de producción y su análisis depende de la robustez de su sistema de control de buenas prácticas de elaboración (BPE).

Los peligros significativos se determinaron solo por su severidad, es decir, la gravedad del daño o de las consecuencias resultantes en el consumidor. La probabilidad de ocurrencia no se consideró ya que también corresponde a un factor propio de cada instalación que produce alimentos. Para la identificación de los peligros significativos se utilizó el árbol de decisión que se encuentra en la norma chilena NCh2061 (Anexo 5).

Se identificaron como Puntos Críticos de Control (PCC) la temperatura interna y el tiempo de cocción de los productos sous vide, la temperatura interna y el tiempo de enfriamiento de los productos sous vide y las temperaturas de almacenamiento de los platos listos para el consumo.

#### 5.5 Determinación de límites críticos para los Puntos Críticos de Control

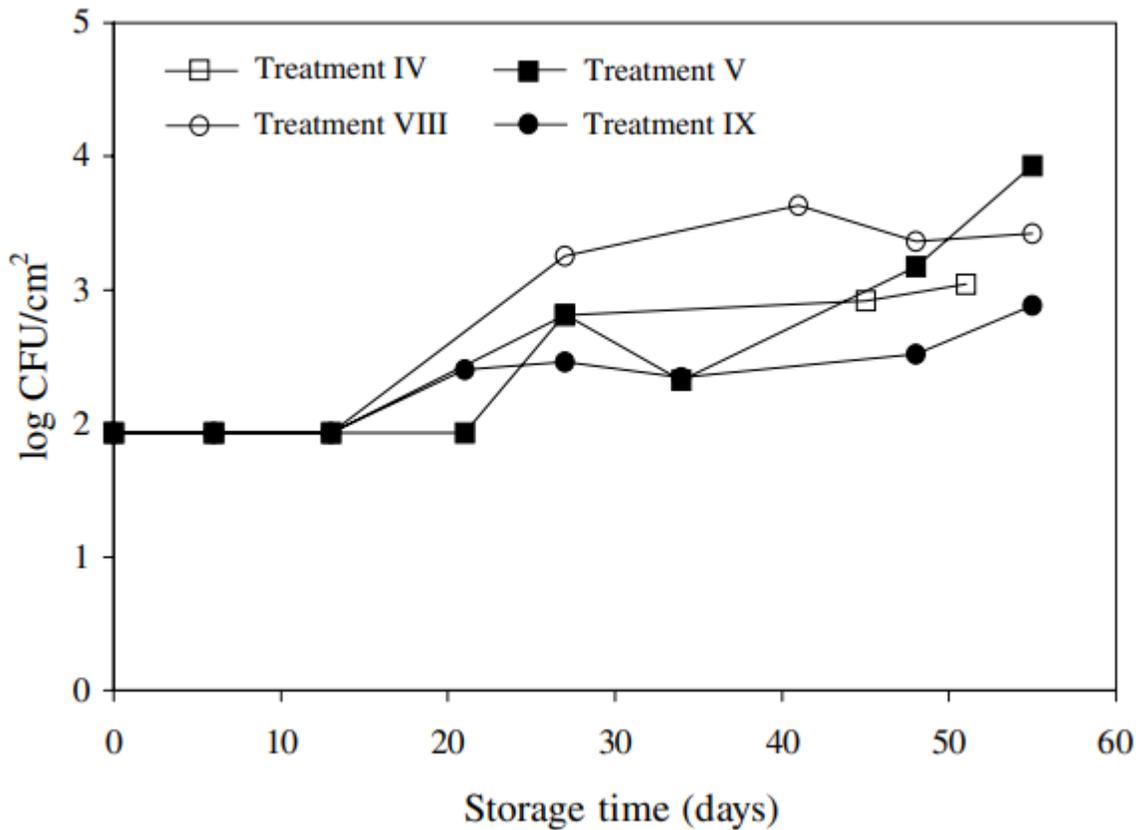
Se determinó que el límite crítico para la temperatura interna de las carnes de res y de pechuga de pollo deshuesada es de 61°C y el límite crítico de tiempo manteniendo dicha temperatura de 1 hora y 30 minutos.

En cuanto al enfriamiento, se estableció que el límite crítico de tiempo hasta alcanzar 5°C es de 6 horas.

Finalmente, para asegurar una vida útil prolongada, es decir, de hasta 30 días, el límite crítico de temperatura de almacenamiento es de máximo 3,3°C.

En la figura 11 se observa el comportamiento microbiológico en la superficie de carne de vacuno con tratamientos térmicos similares al señalado para este estudio.

**Figura 11.** Conteo de células viables (UFC/cm<sup>2</sup>) en la superficie de carne de vacuno cocinada al vacío aplicando diferentes tratamientos de bajas temperaturas por largo tiempo. Treatment (IV) 50°C por 390 minutos. Treatment (V) 55°C por 390 minutos. Treatment (VIII) 60°C por 270 minutos. Treatment (IX) 65°C por 90 minutos.



Fuente: Gráfico extraído de (Vaudagna et al., 2002)

### 5.6 Otros factores que inciden en la vida útil de platos preparados listos para el consumo

Si bien, se establecieron Puntos Críticos de Control para asegurar la inocuidad de dos platos listos para el consumo (carne de res con papas y pechuga deshuesada de pollo con papas) envasado en atmosfera modificada, se discutieron otros factores que inciden en la vida útil de este tipo de productos en general.

La composición de gases adecuada para asegurar una vida útil prolongada, en general, de los platos preparados listos para el consumo, comienza en un 30% de CO<sub>2</sub>, hasta un 50% de CO<sub>2</sub>, completando el porcentaje con un gas inerte, N<sub>2</sub>. El CO<sub>2</sub> inyectado inicialmente en el plato disminuye conforme pasa el tiempo debido a los fenómenos de transferencias gaseosas entre los componentes de la matriz alimentaria y los gases del

espacio de cabeza. Se recomienda como mínimo un 30% de CO<sub>2</sub> para que al llegar el equilibrio el porcentaje de CO<sub>2</sub> en el espacio de cabeza sea al menos del 20%.

Otro factor importante para mantener la atmósfera gaseosa sobre un 20% de CO<sub>2</sub> es el volumen del espacio de cabeza respecto al volumen del alimento envasado. Esta relación debe ser al menos de 2:1, donde la mayor proporción de volumen debe ser el espacio de cabeza.

## 5.7 Métodos de Control de factores que inciden en la vida útil de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada

### 5.7.1 Atmósfera gaseosa inyectada a los platos

El control de la atmósfera gaseosa en el espacio de cabeza se realiza con analizadores de gases. En la figura 9 se presenta un analizador portátil de gases. Se recomienda realizar este control antes sellar platos con alimentos, ya que de esa forma se asegura que la composición de gases sea correcta. Una desviación en la composición de gases puede significar diversos problemas tales como que el cilindro de gas alimentador no contenga la composición adecuada, haya problemas o fugas en las tuberías y/o mangueras de gas o que el equipo este sellando deficientemente los platos y existan fugas.

**Figura 12.** Analizador de gases portátil



Fuente: Imagen extraída de la página web del proveedor WITT  
(<https://www.wittgas.com/es/productos/analizadores-de-gas/analizadores-portatil/analizador-de-gas-oxybaby-60/>)

### 5.7.2 Control de sellado óptimo de los platos

El sellado hermético de los envases es indispensable para asegurar la vida útil de los platos preparados envasados en atmósfera modificada. Existen diversos métodos para realizar este control, uno de ellos corresponde a la detección visual de fugas de burbujas. Este método es ideal para envases flexibles, semi rígidos y rígidos, este último es el caso de los envases para platos preparados.

**Figura 13.** Sistema de detección de fugas de burbujas.



Fuente: Imagen extraída de página web del proveedor AMETEK  
(<https://www.ametekmocon.es/products/packageleakdetectors/leakpointer-h2o>)

## 6. Conclusiones

Mediante una revisión bibliográfica se logró describir los principales factores tanto extrínsecos como intrínsecos que afectan la vida útil de los platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada.

Se estableció que estos productos se consideran de alto riesgo debido a sus parámetros intrínsecos (pH alto y actividad de agua elevada) en los que la mayoría de microorganismos patógenos y alterantes se pueden desarrollar con facilidad. La utilización de atmósfera modificada en platos preparados supone una barrera u obstáculo para el desarrollo de microorganismos, principalmente aerobios los cuales son los principales responsables del deterioro y alteración de este tipo de alimentos.

Además, se determinó que la vida útil de los platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada depende netamente de los factores extrínsecos.

Los análisis realizados dieron paso a la determinación de todas las etapas necesarias del proceso de producción para asegurar la calidad e inocuidad de estos productos lo cual se plasmó en un diagrama de flujo. Esto a su vez permitió determinar los peligros químicos y biológicos asociados al proceso.

La temperatura del proceso térmico debe asegurar la reducción de 6 ciclos logarítmicos de *L. monocytogenes* para garantizar la inocuidad y calidad del producto final. Tan importante como la pasteurización es la reducción velocidad de reducción de temperatura, dado que un tiempo prolongado a temperaturas de peligro podría significar una disminución considerable de la vida útil de los platos preparados listos para el consumo debido al crecimiento de bacterias alterantes. Durante el almacenamiento se debe mantener los productos a una temperatura inferior a los 3°C.

Un control adecuado de todos los parámetros mencionados, puede garantizar hasta 30 días de vida útil de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada.

Con base en la revisión bibliográfica y el análisis realizado se elaboró un manual para el desarrollo de nuevos platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada enfocado en los procesos que se deben realizar para asegurar la calidad e inocuidad de los productos con el fin de facilitar y orientar el desarrollo de nuevos productos.

## Referencias Bibliográficas

Air Liquide. (n.d.). *Envasado en atmósfera modificada*.

André, S., Vallaey, T., & Planchon, S. (2017). Spore-forming bacteria responsible for food spoilage. *Research in Microbiology*, 168(4), 379–387. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2016.10.003>

Arslan, S., Eyi, A., & Özdemir, F. (2011). Spoilage potentials and antimicrobial resistance of *Pseudomonas* spp. isolated from cheeses. *Journal of Dairy Science*, 94(12), 5851–5856. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4676>

Baldwin, D. (2014). A Practical Guide to Sous Vide Cooking. Retrieved from <https://douglasbaldwin.com/sous-vide.html#Safety>

Baldwin, D. E. (2012). Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1), 15–30. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.ijgfs.2011.11.002>.

Baylis, C. L. (2006). Enterobacteriaceae. In *Food Spoilage Microorganisms* (pp. 624–667). <https://doi.org/10.1533/9781845691417.5.624>

Björkroth, J. (2005). Microbiological ecology of marinated meat products. *Meat Science*, 70(3), 477–480. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.07.018>.

Bourel, G., Henini, S., Divies, C., & Garmyn, D. (2003). The response of *Leuconostoc mesenteroides* to low external oxidoreduction potential generated by hydrogen gas. *Journal of Applied Microbiology*, 94(2), 280–288. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.01832.x>

Chaix, E., Guillaume, C., & Guillard, V. (2014). Oxygen and Carbon Dioxide Solubility and Diffusivity in Solid Food Matrices: A Review of Past and Current Knowledge. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(3), 261–286. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12058>

Clemens, R. M., Adam, K. H., & Brightwell, G. (2010). Contamination levels of *Clostridium estertheticum* spores that result in gaseous spoilage of vacuum-packaged chilled beef and lamb meat. *Letters in Applied Microbiology*, 591–596. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765x.2010.02838.x>

Cunha, L. M., & Fonseca, S. C. (2016). Chilled Foods: Modified Atmosphere Packaging. *Encyclopedia of Food and Health*, 19–22. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00145-8>

Day, B. P. F. (2008). Modified atmosphere and active packaging of chilled foods. In *Chilled Foods*. <https://doi.org/10.1533/9781845694883.1.158>

Deloitte. (2021). *Preferencias y Tendencias del Consumo de Alimentos en Chile*. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/cl/es/pages/consumer->

business/articles/preferencias-y-tendencias-del-consumo-de-alimentos-en-chile.html

- Elna M. Buys, B.C. Dlamini, James A. Elegbeleye, N. N. M. (2023). Reduction of the microbial load of food by processing and modified atmosphere packaging. In *Present Knowledge in Food Safety* (pp. 515–535).  
<https://doi.org/doi.org/10.1016/B978-0-12-819470-6.00064-0>
- FDA. (2012). *Listeria monocytogenes*. In *Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins* (Second ed., pp. 99–103).
- FDA. (2022). *FOOD CODE*.
- Flynn, B. T., Kozak, S. M., Lawton, M. R., & Alcalne, S. D. (2021). Lactose oxidase: An enzymatic approach to inhibit *Listeria monocytogenes* in milk. *Journal of Dairy Science*, *104*(10), 10594–10608. <https://doi.org/10.3168/JDS.2021-20450>
- Forsythe, S. ., & Hayes, P. R. (2002). Alteración de carnes frescas. In *HIGIENE DE LOS ALIMENTOS, MICROBIOLOGÍA Y HACCP* (3a ed., pp. 97–104).
- Frazier, W. C., & Westhoff, D. . (1993a). Alimentos y microorganismos. In *Microbiología de Alimentos* (pp. 1–75).
- Frazier, W. C., & Westhoff, D. . (1993b). Los alimentos en relación con las enfermedades. In *Microbiología de los Alimentos* (pp. 531–609).
- Hassanzadeh, P., Ghasemzadeh Limoe, E., & Nouri Gharajalar, S. (2022). Molecular detection, biotyping and serotyping of *Yersinia enterocolitica* isolated from chicken livers in Tabriz. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, *83*(February), 101777. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2022.101777>
- Ibarra, D. (2019). Modified atmosphere packaging and controlled atmosphere packaging. In A. V. Rémy Cachon, Philippe Girardon (Ed.), *Gases in Agro-food Processes* (pp. 319–431). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812465-9.00015-3>
- Iborra-Bernad, C., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2015). Physico-Chemical and Structural Characteristics of Vegetables Cooked Under Sous-Vide, Cook-Vide, and Conventional Boiling. *Journal of Food Science*, *80*(8), E1725–E1734.  
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.12950>
- Jay, J. M., Loessner, M. J., & David A. Golden. (2009). INTOXICACIONES ALIMENTARIAS CAUSADAS POR BACTERIAS GRAM POSITIVAS ESPORULADAS. In *Microbiología moderna de los alimentos* (5ta ed., p. 572). Zaragoza.
- Karyotis, D., Skandamis, P. N., & Juneja, V. K. (2017). Thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. in sous-vide processed marinated chicken breast. *Food Research International*, *100*, 894–898.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.078>.

- Kennedy, C., Buckley, D. J., & Kerry, J. P. (2004). Display life of sheep meats retail packaged under atmospheres of various volumes and compositions. *Meat Science*, 68(4), 649–658. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.05.018>
- Kotzekidou, P. (2016). Factors influencing microbial safety of ready-to-eat foods. In *Food Hygiene and Toxicology in Ready-to-Eat Foods*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801916-0.00003-0>
- Lee, K.-E., Kim, H. J., An, D. S., Lyu, E. S., & Lee, D. S. (2008). Effectiveness of modified atmosphere packaging in preserving a prepared ready-to-eat food. *Packaging Technology and Science*, 21(7), 417–423. <https://doi.org/10.1002/pts.821>
- Lewis, M. (2023). Food acidity, pH and redox potential. *Food Process Engineering Principles and Data*, (1947), 21–27. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821182-3.00012-1>
- Li, M., Xu, H., Tian, Y., Zhang, Y., Jiao, X., & Gu, D. (2023). Comparative genomic analysis reveals the potential transmission of *Vibrio parahaemolyticus* from freshwater food to humans. *Food Microbiology*, 113(September 2022), 104277. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104277>
- Liao, C. H. (2006). *Pseudomonas* and related genera. In *Food Spoilage Microorganisms* (pp. 507–540). <https://doi.org/doi:10.1533/9781845691417.5.507>
- Lin, X., Zhao, M., Peng, T., Zhang, P., Shen, R., & Jia, Y. (2023). Detection and discrimination of pathogenic bacteria with nanomaterials-based optical biosensors: A review. *Food Chemistry*, 426. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136578>.
- Man, C. D. M. (2016). Food Storage Trials. In P. Subramaniam (Ed.), *The Stability and Shelf Life of Food (Second Edition)* (pp. 171–198). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100435-7.00006-X>
- McClure, P. J. (2006). Spore-forming bacteria. In *Food Spoilage Microorganisms* (pp. 579–623). <https://doi.org/10.1533/9781845691417.5.579>
- Ministerio de Salud. (2023a). *Brotos de enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) - Base de datos*. Retrieved from <http://epi.minsal.cl/brotos-eta-basedatos/>
- Ministerio de Salud. *Reglamento Sanitario de los Alimentos 977/96*. , (2023).
- Morales, A. L. J. (2016). Generalidades de la microbiología de los alimentos. In *Microbiología de los alimentos. Fundamentos y aplicaciones en Ciencias de la Salud* (pp. 4–9).

- Nychas, G.-J. E., & Panagou, E. (2011). Microbiological spoilage of foods and beverages. *Food and Beverage Stability and Shelf Life. Food Science, Technology and Nutrition*, 3–28. <https://doi.org/10.1533/9780857092540.1.3>
- Orberá Ratón, T. de los M. (2004). Acción perjudicial de las levaduras sobre los alimentos. *Revista Cubana de Salud Pública*, 30(3).
- Organización Mundial de la Salud. (2020). Campylobacter. Retrieved from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/campylobacter>
- Organización Panamericana de la salud. (2019). *Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP)*. Retrieved from <https://www.paho.org/es/documentos/analisis-peligros-puntos-criticos-control-haccp>
- Ospina Meneses, S. M., & Cartagena Valenzuela, J. R. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 112–123.
- Ouvry, A., Waché, Y., Tourdou-Maréchal, R., Diviès, C., & Cachon, R. (2002). Effects of oxidoreduction potential combined with acetic acid, NaCl and temperature on the growth, acidification, and membrane properties of *Lactobacillus plantarum*. *FEMS Microbiology Letters*, 214(2), 257–261. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-1097\(02\)00886-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-1097(02)00886-8)
- P.J. Fellows. (2022). Industrial cooking. In *Food Science, Technology and Nutrition, Food Processing Technology* (pp. 327–341). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85737-6.00004-2>
- Peck, M. W. (1997). *Clostridium botulinum* and the safety of refrigerated processed foods of extended durability. *Trends in Food Science & Technology*, 8(6), 186–192. [https://doi.org/doi:10.1016/s0924-2244\(97\)01027-3](https://doi.org/doi:10.1016/s0924-2244(97)01027-3)
- Pitt, J. I. (2006). *Penicillium* and related genera. In *Food Spoilage Microorganisms* (pp. 437–450). <https://doi.org/10.1533/9781845691417.4.437>
- Sandrasaigaran, P., Kuan, C. H., Radu, S., Abidin, U. F. U. Z., Rukayadi, Y., New, C. Y., & Hasan, H. (2023). Multiple antibiotic-resistant *Salmonella enterica* serovars Enteritidis and Typhimurium in ready-to-eat battered street foods, and their survival under simulated gastric fluid and microwave heating. *Food Control*, 146(November 2022), 109515. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109515>
- Scheichl, R., Klopffer, M. Benjelloundabag, Z., & Flaconneche, B. (2005). Permeation of gases in polymers: parameter identification and nonlinear regression analysis. *Journal of Membrane Science*, 275–293. Retrieved from 10.1016/j.memsci.2005.01.019
- Schillinger, U., Holzappel, W. H., & Björkroth, K. J. (2006). Lactic acid bacteria. In *Food Spoilage Microorganisms* (pp. 541–578).

<https://doi.org/10.1533/9781845691417.5.541>

- Séverin, I., & Lonque, H. (2019). Modified Atmosphere Packaging and Controlled Atmosphere Packaging. In A. V. Rémy Cachon, Philippe Girardon (Ed.), *Gases in Agro-Food Processes* (pp. 319–431).
- Sila, D. N., Van Buggenhout, S., Duvetter, T., Fraeye, I., De Roeck, A. V. L., A., & M., H. (2009). Pectins in Processed Fruits and Vegetables: Part II-Structure-Function Relationships. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(2), 86–104. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00071.x>
- Siracusa, V., & Ingraio, C. (2017). Correlation amongst gas barrier behaviour, temperature and thickness in BOPP films for food packaging usage: A lab-scale testing experience. In *Polymer Testing* (pp. 277–289). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2017.02.011>
- Sivapriya Kailasan Vanaja, D. M. J., Mallick, E. M., & John M. Leong, S. B. (2013). *Escherichia coli* enterohemorrágica y otras productoras de toxina Shiga. In *Escherichia coli (segunda edición)* (pp. 121–182).
- Spencer, K. C. (2005). Modified atmosphere packaging of ready-to-eat foods. In *Innovations in Food Packaging: Overview*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-311632-1.50044-9>
- Vaudagna, S. R., Sanchez, G., Neira, M. S., Insani, E. M., Picallo, A. B., Gallinger, M. M., & Lasta, J. A. (2002). Sous vide cooked beef muscles: effects of low temperature-long time (LT-LT) treatments on their quality characteristics and storage stability. *International Journal of Food Science and Technology*, 425–441. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00581.x>

## ANEXOS

### Anexo 1. Tiempos de pasteurización de carne, pescado y aves

Tiempo aproximado (horas y minutos) de pasteurización de carne, pescado y aves en baños de agua de 58 a 66°C considerando una reducción de 6 ciclos logarítmicos de *L. monocytogenes*.

Grosor (mm)	58°C	59°C	60°C	61°C	62°C	63°C	64°C	65°C	66°C
5	1:30	1:08	0:51	0:40	0:31	0:25	0:20	0:17	0:14
10	1:36	1:15	1:00	0:49	0:41	0:35	0:30	0:27	0:24
15	1:48	1:28	1:13	1:02	0:53	0:47	0:42	0:38	0:35
20	2:04	1:44	1:28	1:17	1:08	1:01	0:56	0:52	0:48
25	2:18	1:57	1:41	1:30	1:21	1:13	1:08	1:03	0:59
30	2:32	2:11	1:55	1:43	1:33	1:26	1:19	1:14	1:10
35	2:46	2:25	2:09	1:56	1:46	1:38	1:31	1:26	1:21
40	3:00	2:39	2:22	2:09	1:59	1:50	1:43	1:37	1:32
45	3:22	3:00	2:42	2:29	2:17	2:08	2:00	1:53	1:48
50	3:44	3:21	3:03	2:49	2:37	2:27	2:19	2:11	2:05
55	4:08	3:45	3:26	3:11	2:58	2:47	2:38	2:30	2:23
60	4:35	4:10	3:50	3:34	3:20	3:09	2:58	2:50	2:42
65	5:02	4:36	4:15	3:58	3:43	3:31	3:20	3:11	3:02
70	5:30	5:04	4:42	4:23	4:08	3:54	3:43	3:32	3:23

Fuente: Elaboración propia con información de (D. E. Baldwin, 2012)

Anexo 2. Tiempos de calentamiento de carne descongelada para alcanzar temperaturas de pasteurización mediante sous vide

Tiempos aproximados de calentamiento para que carne descongelada alcance 0,5°C menos que la temperatura del baño de agua al cual es sometida.

Grosor (mm)	Forma de losa	Forma de cilindro	Forma de esfera
5	5 min	5 min	4 min
10	19 min	11 min	8 min
15	35 min	18 min	13 min
20	50 min	30 min	20 min
25	75 min	40 min	25 min
30	90 min	50 min	35 min
35	120 min	60 min	45 min
40	150 min	75 min	55 min
45	180 min	90 min	75 min
50	195 min	120 min	90 min
55	240 min	135 min	90 min
60	285 min	150 min	120 min
65	330 min	180 min	135 min
70	-	210 min	150 min

Fuente: Elaboración propia con información de (D. E. Baldwin, 2012)

### Anexo 3. Tiempos de enfriamiento para alimentos pasteurizados con la técnica sous vide

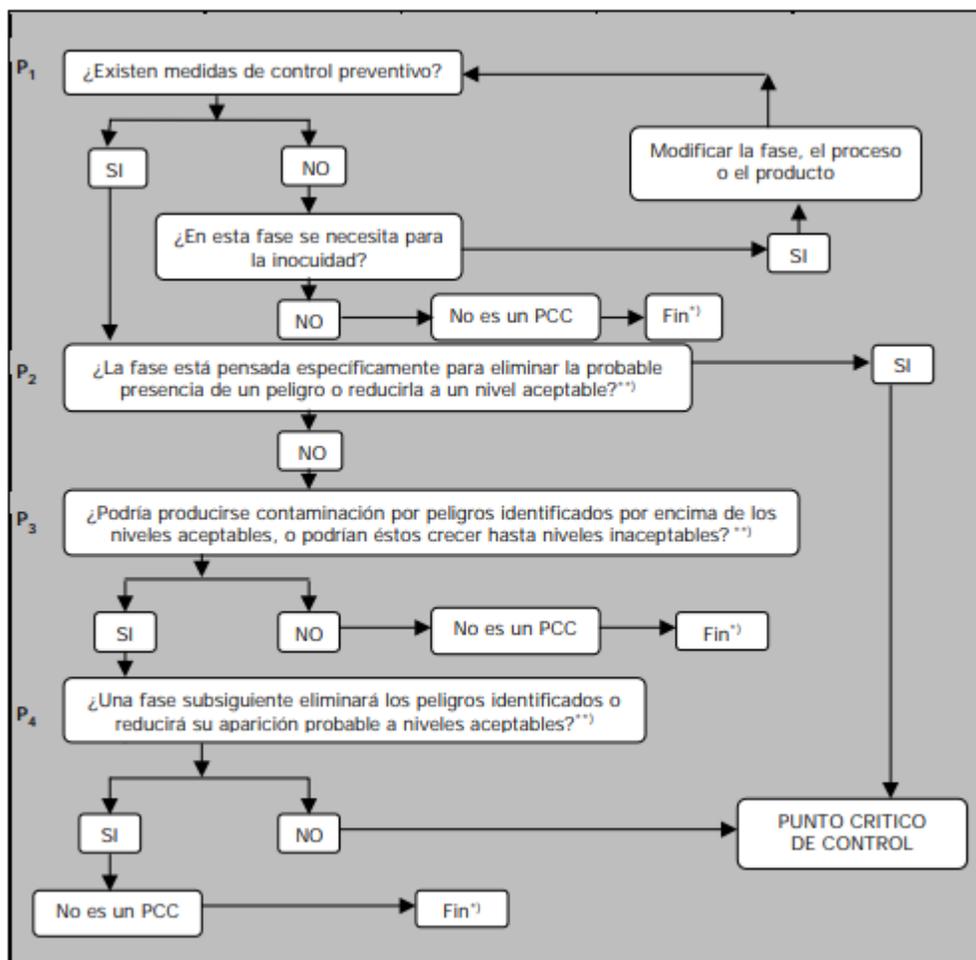
Tiempos aproximados de enfriamiento en un baño de agua y hielo en proporción 1:1 para productos envasados al vacío desde una temperatura de 80°C hasta 5°C.

Grosor (mm)	Forma de losa	Forma de cilindro	Forma de esfera
5	5 min	3 min	3 min
10	14 min	8 min	6 min
15	25 min	14 min	10 min
20	35 min	20 min	15 min
25	50 min	30 min	20 min
30	75 min	40 min	30 min
35	90 min	50 min	35 min
40	105 min	60 min	45 min
45	135 min	75 min	55 min
50	165 min	90 min	60 min
55	195 min	105 min	75 min

Fuente: Elaboración propia con información de (D. E. Baldwin, 2012)

## Anexo 4. Árbol de decisión

Árbol de decisión para la determinación de Puntos Críticos de Control (PCC)



## Anexo 5. Análisis de peligros y significancia

Proceso	Identificación de peligros			Análisis de peligros		
Etapa del proceso	Clasificación del peligro	Identificación de un potencial peligro introducido, controlado o aumentado en esta etapa	Causas	Efecto del peligro. Severidad	Justificación	¿Peligro significativo?
Recepción de materias primas (MP). <b>Productos cárnicos.</b>	Biológico	Carne de ave cruda por sobre los límites microbiológicos: <i>Salmonella</i> . (límites descritos en grupo 10.2 CARNE DE AVE CRUDA, artículo 173 RSA 977/96).	Malas prácticas del proveedor.	Muy serio	Puede provocara salmonelosis. Síntomas: Diarrea, dolor abdominal, fiebre moderada, escalofríos, vómitos y dolor de cabeza.	Sí
	Biológico	Carne de res cruda por sobre los límites microbiológicos: <i>Salmonella</i> . (límites descritos en grupo 10.1 CARNE CRUDA, artículo 173 RSA 977/96).	Malas prácticas del proveedor.	Muy serio	Puede provocara salmonelosis. Síntomas: Diarrea, dolor abdominal, fiebre moderada, escalofríos, vómitos y dolor de cabeza.	Sí
	Químico	No se identifican				

Recepción de materias primas (MP). Productos vegetales semielaborados que requieren cocción.	Biológico	Papas peladas semielaboradas por sobre los límites microbiológicos: <i>S. aureus</i> . (límites descritos en grupo 14.3 FRUTAS Y OTROS VEGETALES PRE-ELABORADOS, QUE REQUIEREN COCCIÓN, artículo 173 RSA 977/96).	Malas prácticas del proveedor	Muy serio	Puede provocara salmonelosis. Síntomas: Diarrea, dolor abdominal, fiebre moderada, escalofríos, vómitos y dolor de cabeza.	Sí
	Biológico	Papas peladas semielaboradas por sobre los límites microbiológicos: <i>Salmonella</i> . (límites descritos en grupo 14.3 FRUTAS Y OTROS VEGETALES PRE-ELABORADOS, QUE REQUIEREN COCCIÓN, artículo 173 RSA 977/96).	Malas prácticas del proveedor	Muy serio	Intoxicación alimentaria. Síntomas: Vómitos, diarreas y cólicos.	Sí
	Químico	No se identifican				
Recepción de materias primas (MP). Productos secos	Biológico	No se identifican				
	Químico	Sal contaminada con metales pesados por sobre los límites descritos en el artículo 160 RSA 977/06.	Malas prácticas de operación del proveedor	Muy serio	Los metales pesados pueden contribuir al desarrollo de cáncer.	Sí
Recepción de <b>Materiales de envase</b>	Biológico	No se identifican				
	Químico	Presencia de monomeros residuales por sobre lo permitido (Artículo 126, RSA)	Malas prácticas en la operación de proveedor	Serio	La migración de monomeros desde el envase al alimento y posterior ingestión de éstos puede provocar nauseas, vómitos y dolores de cabeza.	Sí

Preparación culinaria Productos Sous vide	Biológico	Proliferación de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Mantenimiento de las preparaciones por un tiempo prolongado a temperaturas de peligro	Muy serio	Estos microorganismos causan enfermedades gastrointestinales las cuales pueden ser tan graves causando la muerte..	Sí
	Químico	No se identifican				
Embolsado de la preparación Productos Sous vide	Biológico	Proliferación de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Mantenimiento de las preparaciones por un tiempo prolongado a temperaturas de peligro	Muy serio	Estos microorganismos causan enfermedades gastrointestinales las cuales pueden ser tan graves causando la muerte.	Sí
	Químico	No se identifican				No
Sellado al vacío Productos Sous vide	Biológico	Proliferación de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Mantenimiento de las preparaciones por un tiempo prolongado a temperaturas de peligro	Muy serio	Estos microorganismos causan enfermedades gastrointestinales las cuales pueden ser tan graves causando la muerte..	Sí
	Químico	No se identifican				No
Cocción Productos Sous vide	Biológico	Sobrevivencia de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	No se alcanza la temperatura adecuada para la reducción de 6 reducciones decimales de L. monocytogenes	Muy serio	Estos microorganismos causan enfermedades gastrointestinales las cuales pueden ser tan graves causando la muerte..	Sí
	Químico	No se identifican				No
Enfriamiento rápido	Biológico	Proliferación de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Mantenimiento de las preparaciones por un tiempo prolongado a temperaturas de peligro sin disminuir su temperatura rápidamente.	Muy serio	Estos microorganismos causan enfermedades gastrointestinales. En lactantes, ancianos, embarazadas y pacientes inmunodeprimidos pueden causar la muerte.	Sí
	Químico	No se identifican				No

## Anexo 7. Análisis y determinación de Puntos Críticos de Control

Etapa del proceso	Clasificación del peligro	Identificación de un potencial peligro introducido, controlado o aumentado en esta etapa	¿Es un peligro significativo?	¿Qué medidas de control se pueden aplicar para prevenir los peligros significativos?	P1. ¿Existen medidas de control preventivo?	P2. ¿Esta etapa está pensada para eliminar la presencia de un peligro o reducirlo a un nivel aceptable?	P3. ¿Podría producirse contaminación por peligros identificados por encima de niveles aceptables o podrían estos crecer hasta niveles inaceptables?	P4. ¿Una fase posterior eliminará los peligros identificados o reducirá su aparición probable a niveles aceptables?	¿Es un PCC?
Recepción de materias primas (MP). <b>Productos cármicos</b>	Biológico	Carne de ave cruda por sobre los límites microbiológicos: <i>Salmonella</i> . (límites descritos en grupo 10.2 CARNE DE AVE CRUDA, artículo 173 RSA 977/96).	Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elegir proveedores que cumplan con BPM.</li> <li>- Realizar auditorías al proveedor.</li> <li>- Solicitar análisis microbiológicos de sus productos.</li> </ul>	Sí	No	No	No	No
Recepción de materias primas (MP). <b>Productos vegetales semielaborados que requieren cocción.</b>	Biológico	Carne de res cruda por sobre los límites microbiológicos: <i>Salmonella</i> . (límites descritos en grupo 10.1 CARNE CRUDA, artículo 173 RSA 977/96).	Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elegir proveedores que cumplan con BPM.</li> <li>- Realizar auditorías al proveedor.</li> <li>- Solicitar análisis microbiológicos de sus productos.</li> </ul>	Sí	No	No	No	No
		Papas peladas semielaboradas por sobre los límites microbiológicos: <i>S. aureus</i> . (límites descritos en grupo 14.3 FRUTAS Y OTROS VEGETALES PRE-ELABORADOS, QUE REQUIEREN COCCIÓN, artículo 173 RSA 977/96).	Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elegir proveedores que cumplan con BPM.</li> <li>- Realizar auditorías al proveedor.</li> <li>- Solicitar análisis microbiológicos de sus productos.</li> </ul>	Sí	No	No	No	No
		Papas peladas semielaboradas por sobre los límites microbiológicos: <i>Salmonella</i> . (límites descritos en grupo 14.3 FRUTAS Y OTROS VEGETALES PRE-ELABORADOS, QUE REQUIEREN COCCIÓN, artículo 173 RSA 977/96).	Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elegir proveedores que cumplan con BPM.</li> <li>- Realizar auditorías al proveedor.</li> <li>- Solicitar análisis microbiológicos de sus productos.</li> </ul>	Sí	No	No	No	No

Recepción de materias primas (MP). <b>Productos secos</b>	Químico	Sal contaminada con metales pesados por sobre los límites descritos en el artículo 160 RSA 977/06.	Sí	- Elegir proveedores que cumplan con BPM. - Realizar auditorías al proveedor. - Solicitar análisis de metales pesados en sus productos.	Sí	No	No	No
Recepción de materias primas (MP). <b>Materiales de envase</b>	Químico	Presencia de monomeros residuales por sobre lo permitido (Artículo 126, RSA)	Sí	- Elegir proveedores que cumplan con BPM. - Realizar auditorías al proveedor. - Solicitar análisis o certificado que asegure la ausencia de aflatoxinas.	Sí	No	No	No
Preparación culinaria <b>Productos Sous vide</b>	Biológico	Proliferación de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Sí	- Realizar la operación en un área a temperatura adecuada y cumpliendo con BPM. - Utilización de la técnica de salmuera para productos cárnicos (especificada en el diagrama de flujo).	Sí	No	No	No
Embolsado de la preparación <b>Productos Sous vide</b>	Biológico	Proliferación de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Sí	- Realizar la operación en un área a temperatura adecuada y cumpliendo con BPM.	Sí	No	No	No
Sellado al vacío <b>Productos Sous vide</b>	Biológico	Proliferación de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Sí	- Realizar la operación en un área a temperatura adecuada y cumpliendo con BPM.	Sí	No	No	No
Cocción <b>Productos Sous vide</b>	Biológico	Sobrevivencia de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Sí	- Realizar un proceso de cocción que considere un tiempo y temperatura adecuado para reducir en 6 decimales L. monocytogenes.	Sí	Sí	No	Sí

Enfriamiento rápido	Biológico	Proliferación de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Sí	- Disminuir la temperatura según los criterios establecidos por la FDA.	Sí	Sí	Sí	Sí
Montaje en envase primario	Biológico	Proliferación de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Sí	- Seguir los procedimientos establecidos - Realizar la operación en un área a temperatura adecuada y cumpliendo con BPM.	No	No	No	No
		Proliferación de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Sí	- Realizar un control a los gases inyectados antes de sellar platos con alimentos	No	No	No	No
Sellado MAP	Biológico	Proliferación de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Sí	- Verificar correcto sellado de platos en equipo de sellado MAP.	Sí	No	No	No
		Proliferación de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Sí	- Realizar un control de temperatura de almacenamiento	Sí	No	Sí	Sí
Almacenamiento del producto terminado	Biológico	Proliferación de microorganismos patógenos (E. coli, Salmonella, S. aureus, L. monocytogenes)	Sí	- Realizar un control de temperatura de almacenamiento	Sí	No	No	No
		Germinación de esporas de patógenos productores de esporas (Clostridium botulinum, Clostridium perfringens, Bacillus cereus)	Sí	- Realizar un control de temperatura de almacenamiento	Sí	No	Sí	Sí



Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas

Depto. Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química

Ingeniería en Alimentos

# **MANUAL PARA DESARROLLO DE PLATOS PREPARADOS LISTOS PARA EL CONSUMO ENVASADOS EN ATMÓSFERA MODIFICADA**

**DIEGO A. SOTO ECHEVARRIETA**

2023

---

## Contenido

1. Introducción .....	2
2. Factores a considerar que afectan la vida útil e inocuidad de platos preparados listos para el consumo envasados en atmosfera modificada.....	3
2.1 Factores intrínsecos .....	3
2.2 Factores extrínsecos.....	3
3. Elaboración de receta.....	5
4. Determinación de vida útil deseada.....	6
5. Selección de formatos y materiales de envases .....	7
6. Elección de procesos y diagrama de flujo .....	8
7. Determinación de Puntos de Control y Puntos Críticos de Control.....	11
7.1 Puntos de Control.....	11
7.2 Puntos Críticos de Control.....	11
7.2.1 PCC: Cocción.....	12
7.2.2 PCC: Enfriamiento .....	13
7.2.3 PCC: Temperatura de almacenamiento .....	14
8. Elección de composición de gases a inyectar en los platos .....	14
9. Comentarios finales.....	16
10. Bibliografía recomendada .....	17

## 1. Introducción

Este manual es el resultado de una revisión bibliográfica exhaustiva realizada a fin de describir una introducción al diseño de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada, con enfoque en los parámetros intrínsecos y extrínsecos que afectan directamente la vida útil de estos productos. El conocimiento de estos factores facilita el diseño de nuevos productos, dado que el ingeniero desarrollador tendrá las directrices y bases desde donde enfocar los esfuerzos con el fin de desarrollar un producto viable en cuanto a la duración de su vida útil.

El diseño de este tipo de productos y procesos es siempre una relación entre los requisitos de inocuidad y calidad, por un lado, y las limitaciones operativas y de costos, por el otro. El desafío del diseñador de productos es equilibrar las necesidades contrapuestas de microbiología y calidad con los procesos necesarios para alcanzar dichas necesidades.

Dado que este manual tiene un enfoque en la vida útil, se mencionaran los factores intrínsecos y extrínsecos que afectan la vida útil de los platos preparados listos para el consumo envasados en atmosfera modificada para luego mencionar los procesos y tratamientos térmicos más ampliamente utilizados sin profundizar en cada uno de ellos. Se ahondara en las temperaturas de seguridad y puntos críticos de control que se requieren para asegurar la inocuidad de los productos. Además, se propondrán combinaciones de gases recomendadas para los platos preparados y materiales de envases para garantizar el mantenimiento de la atmósfera modificada inducida al plato.

## 2. Factores a considerar que afectan la vida útil e inocuidad de platos preparados listos para el consumo envasados en atmosfera modificada

### 2.1 Factores intrínsecos

El pH, la actividad de agua ( $a_w$ ) y el potencial de óxido reducción, son factores que afectan directamente la vida útil de estos productos ya que se relacionan con la actividad microbiana que juega un rol fundamental en la degradación y contaminación de los alimentos.

Los platos preparados se consideran productos de alto riesgo ya que, en general, poseen un pH superior a 5,0 y una actividad de agua superior a 0,90 lo que conlleva como consecuencia que se puedan desarrollar una gran gama de microorganismos patógenos y alterantes. En el proceso productivo de platos preparados estos dos parámetros no se modificarán significativamente por lo que resulta necesario aplicar técnicas de conservación diferentes.

En relación al potencial de óxido reducción, la ausencia de oxígeno en un plato preparado listo para el consumo envasado en atmósfera modificada implica que el producto se encontrará en un medio con un potencial de óxido reducción bajo. En este tipo de medios se ve desfavorecido el crecimiento, proliferación y actividad de microorganismos aeróbicos. Estudios han demostrado que en condiciones reductoras se retrasa el crecimiento de microorganismos como *Lactobacillus* y *Leuconostoc*, ambos relacionados con el deterioro de los alimentos.

### 2.2 Factores extrínsecos

Los microorganismos son los principales responsables de la degradación y contaminación de los platos preparados. Por el lado de los microorganismos patógenos, *Clostridium botulinum* es el de mayor interés, ya que la ingestión de las toxinas originadas por la germinación de esporas producidas por este microorganismo, podría provocar graves consecuencias a la salud de las personas, incluso la muerte. Este microorganismo es capaz de crecer y germinar sus esporas en condiciones anaeróbicas (tal como ocurre en platos envasados en atmosfera modificada), y a temperaturas entre 3,3 y 45°C. Las esporas de este microorganismo son altamente resistentes a las temperaturas de pasteurización, por lo que la barrera que debe controlar la germinación de estas esporas es la temperatura de almacenamiento del producto final.

*Listeria monocytogenes* es el siguiente microorganismo patógeno de importancia en la seguridad de los platos preparados envasados en atmósfera modificada. Es capaz de crecer en condiciones de anaerobiosis y a temperaturas de refrigeración. Es por estas razones que los tratamientos térmicos deben ser diseñados con el fin de eliminar este microorganismo. Controlando *L. monocytogenes* se asegura la eliminación de patógenos, tales como *Salmonella spp.*, *E. coli*, *S. aureus*, entre otros.

Dicho lo anterior, los factores extrínsecos, es decir, aquellos que son externos a la naturaleza de las materias primas y pueden ser controlados con el fin de asegurar la vida útil e inocuidad de los platos preparados envasados en atmósfera modificada, son:

- Temperaturas de procesos de pasteurización
- Enfriamiento
- Temperaturas de almacenamiento del producto
- Composición de la atmósfera modificada
- Volumen disponible para la atmósfera modificada (espacio de cabeza)
- Materiales de envase utilizados para el producto.

### 3. Elaboración de receta

Muchos ingredientes y materias primas diferentes se procesan para elaborar platos preparados. En el momento de la cosecha de vegetales o el sacrificio de animales, existe una amplia gama de microorganismos. El diseño de los componentes del producto y sus procesos debe garantizar que estos microorganismos puedan reducirse y permanecer en niveles seguros hasta que se consuma el producto o al menos hasta definido el término de su vida útil.

Los ingredientes y materias primas utilizadas para la elaboración de platos listos para el consumo se pueden categorizar como guarniciones, acompañamientos y condimentos. La categorización de los ingredientes será útil para tener una visión preliminar de las salas de procesos requeridas, evitando la existencia de contraflujos en la elaboración y así disminuir la probabilidad de ocurrencia de contaminaciones cruzadas. Esto incluye la utilización de utensilios, las buenas prácticas durante la manipulación y el uso correcto e higiénico de equipos de procesos. Esta categorización también es útil para ahorrar tiempo al poder realizar un análisis de peligros asociados a las materias primas por categoría, lo que incluye determinación de puntos críticos de control. Esto no priva de realizar subcategorías, por ejemplo, en acompañamientos, pudiendo subcategorizar productos cármicos y productos de pesca ya que ambos difieren en los peligros biológicos asociados.

Entre las guarniciones usualmente se utilizan ingredientes vegetales como verduras (papas, camote, zapallo y zanahoria, entre otros), cereales como arroz, maíz y mote, y legumbres como lentejas, garbanzos y porotos. Los acompañamientos, en general son productos cármicos (vacuno, ave, cerdo) y/o productos de la pesca. Finalmente, los condimentos (sal, pimienta, orégano, paprika, entre otras), son especias que se agregan tanto a las guarniciones como a los acompañamientos para otorgar sabor y aromas a las preparaciones.

#### 4. Determinación de vida útil deseada

Determinar la vida útil deseada del producto es crucial para la elección de procesos y parámetros críticos de los mismos. La vida útil en platos preparados listos para el consumo tiene directa relación con las temperaturas de procesos y las temperaturas de almacenamiento. Si se requiere productos de larga duración (más de 30 días) se debe enfatizar en la eliminación de las esporas termoresistentes de los microorganismos patógenos formadores de esporas como *C. botulinum*, *Clostridium perfringens* y *Bacillus cereus*. En cambio, para productos con vida útil inferior a 30 días se debe tener el cuidado de eliminar *L. monocytogenes*, ya que este microorganismo es capaz de reproducirse incluso a temperaturas de refrigeración.

En cuanto a la temperatura de almacenamiento, es estrictamente necesario mantener los platos preparados envasados en atmósfera modificada a temperaturas entre 0 y 3°C para evitar la germinación de esporas de microorganismos patógenos y evitar el crecimiento de *L. monocytogenes*.

El límite de vida útil de un plato preparado envasado en atmósfera modificada donde se utiliza la técnica de pasteurización junto con la refrigeración como métodos de conservación, la vida útil máxima es de 30 días, por lo tanto, son productos de corta vida útil.

## 5. Selección de formatos y materiales de envases

Para efectos de este manual, el formato del producto tiene relación con la cantidad de porciones que se requieren contener en un envase. Una porción corresponde a un formato individual y dos o más de una porción corresponde a un formato mediano o formato familiar.

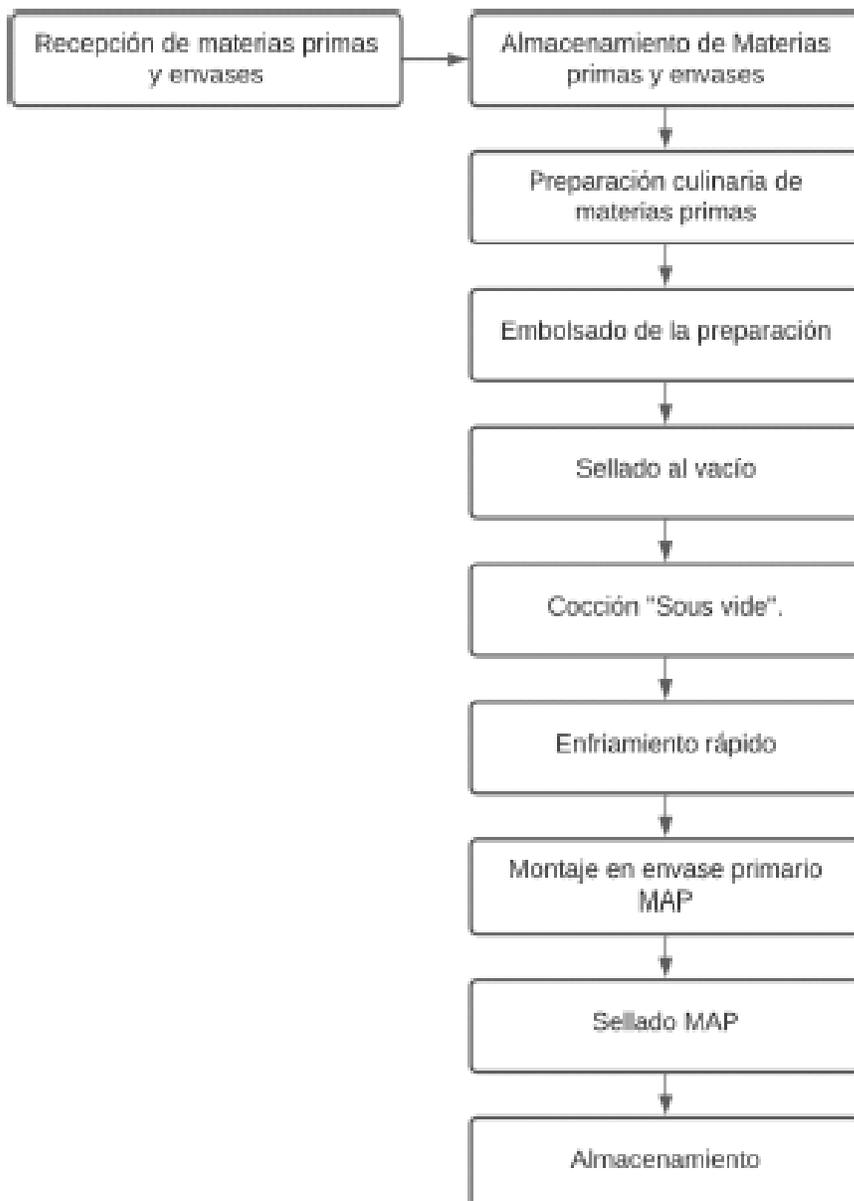
Conocer el volumen del alimento que se requiere envasar, resulta crucial a la hora de elegir el volumen del envase que lo va a contener, ya que la relación del volumen del alimento con el volumen del envase es un factor que influye en la vida útil del producto. Es por esto que para la elección de formatos y envases es necesario tener las siguientes consideraciones:

- **Tamaño del envase:** es importante considerar que el volumen del espacio de cabeza debe ser al menos el doble con respecto al volumen del producto envasado. El tamaño óptimo se puede corroborar realizando una medición de gases al espacio de cabeza pasadas 12 a 24 horas de realizada la inyección de gases. Si el porcentaje de CO<sub>2</sub> se mantiene sobre un 20%, el espacio de cabeza o dicho de otra forma, el tamaño del envase, es óptimo para el producto.
- **Materiales de envase:** los materiales de envase utilizados deben tener la capacidad de retener y mantener la composición de la atmósfera modificada inducida al producto. Cada material de envase tiene propiedades barrera que los hacen aptos o no para mantener dicha atmósfera. Además, los envases deben ser resistentes al calentamiento de hornos de microondas para un fácil recalentamiento del alimento.

Para la elaboración de platos preparados listos para el consumo se utilizan bandejas preformadas principalmente de PP/EVOH/PE. El polietileno (PE) se emplea primordialmente para mejorar los procesos de termosellado, mientras que la capa de EVOH ofrece una impermeabilidad sobresaliente a los gases. Por su parte, el polipropileno (PP) sirve como la base estructural del envase. Estos materiales son ampliamente adoptados en la industria, especialmente para productos envasados en atmósfera modificada, destacándose por su eficacia y versatilidad.

## 6. Elección de procesos y diagrama de flujo

Para la elaboración de platos preparados se requiere realizar una serie de operaciones necesarias para otorgar cualidades organolépticas óptimas y asegurar la inocuidad y calidad del producto durante toda su vida útil. A continuación se presenta un diagrama de flujo con las etapas necesarias para la elaboración de platos preparados listos para el consumo envasados en atmósfera modificada.



La etapa de preparación culinaria y/o acondicionamiento de materias primas puede considerar operaciones como corte, picado, rallado y/o mezcla en frío de materias primas cármicas, vegetales y condimentos.

El siguiente paso es embolsar las preparaciones en un material apto para alimentos y para soportar las temperaturas de cocción a las cuales se expondrán estos productos, por lo que en este paso es importante la elección del material de plástico. Por otro lado, es muy importante la disposición de los productos embolsados. Lo más común es embolsar los productos formando una "losa" evitando la superposición de los alimentos para así favorecer la transmisión de calor desde el medio externo hasta el centro del producto.

Luego se deben sellar al vacío los productos embolsados. La calidad del sellado será crucial para mantener el vacío durante el proceso térmico, el enfriamiento y el posible almacenamiento posterior. De otra forma, los productos son abiertos y montados en su plato final inmediatamente.

La cocción industrial es el método por excelencia para otorgar mejores características organolépticas a los alimentos cumpliendo con las exigencias de calidad. Estas características son textura, sabor, aroma y aspecto. Este último incluye parámetros de color y de apariencia en general. Al mismo tiempo, los procesos de cocción industrial deben garantizar la seguridad microbiológica del producto.

#### *Cocción con calor húmedo*

Este tipo de cocción consiste en disponer los alimentos en líquidos calientes como agua, caldos, vino o directamente vapor. Las temperaturas de este método van desde los 60 a los 100°C. Algunos de los métodos son el escaldado, cocción a fuego lento o hervor y cocción al vapor.

Algunos de los equipos más utilizados para cocciones con calor húmedo son marmitas, sartenes basculantes y vaporeras industriales.

#### *Cocción con calor seco*

Con este método, los alimentos son calentados directamente con una llama, aire caliente (seco) o en aceite. Las temperaturas que se alcanzan llegan hasta los 300°C aproximadamente provocando cambios organolépticos muy diferentes a los que se producen vía calor húmedo. Con calor seco es posible desarrollar sabores, aromas y colores debido a la reacción de Maillard. Las técnicas que incluye este tipo de cocción son asar en horno, asar en parrilla, saltear y freír. Este último puede realizarse con una fina capa de aceite o bien sumergir completamente los productos en aceite. Los equipos utilizados para realizar estas técnicas pueden ser parrillas tanto eléctricas como a fuego, y diferentes tipos de hornos.

### *Cocción al vacío (Sous vide)*

En la cocción al vacío se realiza el calentamiento de los productos utilizando bolsas de plástico aptas para resistir temperaturas de cocción las cuales son sumergidas en baños de agua. Para el caso de los ingredientes de platos preparados listos para el consumo, luego del calentamiento (pasteurización) se debe enfriar rápidamente los productos. Generalmente estos enfriamientos se realizan en baños de agua-hielo. Una de las ventajas que ofrece el método Sous vide como método de cocción (pasteurización) es el preciso control de temperatura, por lo que se puede realizar preparaciones a temperaturas más bajas que los métodos convencionales lo que otorga mejores resultados organolépticos, especialmente en carnes rojas.

Por lo dicho anteriormente es que la cocción al vacío es el método por excelencia para la producción de platos preparados listos para el consumo.

El paso posterior a la cocción (pasteurización) es el enfriamiento. Este proceso se facilita bastante si se realiza la cocción "Sous vide" ya que es posible realizar el enfriamiento disponiendo las bolsas al vacío con los alimentos en contacto directo con baños de agua y hielo.

Para finalizar el proceso, los productos deben alcanzar una temperatura igual o inferior a 3°C para luego ser desempacados de su bolsa de vacío y montados en su envase final, el cual será sellado aplicando una atmosfera modificada. En general, se realiza el montaje en platos preformados los cuales son sellados en equipos especializados que inyectan la combinación de gases adecuada para asegurar la vida útil del producto. Es muy importante señalar que los productos una vez enfriados deben mantener su cadena de frío (<3°C) hasta el momento del recalentamiento y posterior consumo inmediato.

## 7. Determinación de Puntos de Control y Puntos Críticos de Control

### 7.1 Puntos de Control

Un Punto de Control (PC) es cualquier etapa del proceso en la que pueden ser controlados peligros físicos, químicos o biológicos. En el caso del diagrama de flujo presentado, el primer Punto de Control se encuentra en la recepción de materias primas, donde es crucial medir la temperatura de recepción de estas. Generalmente, los límites de temperatura son definidos por el mismo proveedor de las materias primas y deben estar indicados tanto en la ficha técnica del producto, como también en el envase.

El siguiente punto de control (PC) en el proceso es la temperatura de los equipos de almacenamiento y la temperatura de los mismos productos almacenados. La temperatura de refrigeración se encuentra entre los 0 y 4°C. La temperatura de congelación es igual o inferior a -18°C.

Por último, se debe controlar la inyección correcta de gases, es decir, que se inyecte la composición de gases adecuada y que el plato quede sellado herméticamente.

Por definición, un Punto Crítico de Control (PCC) es la etapa del proceso donde se debe, por obligación, prevenir o eliminar un peligro significativo relacionado con la inocuidad del producto alimenticio.

### 7.2 Puntos Críticos de Control

En el caso de la producción de platos preparados listos para el consumo los Puntos Críticos de Control (PCC) se encuentran en la etapa de cocción y corresponden a la temperatura interna del producto y el tiempo de exposición a dicha temperatura; en la etapa de enfriamiento donde igualmente los parámetros a medir son la temperatura interna del producto y el tiempo empleado en llegar a dicha temperatura y finalmente, la temperatura de almacenamiento de los productos terminados, la cual, para productos listos para el consumo con una vida útil de máximo 30 días, debe ser menor a 3°C.

### 7.2.1 PCC: Cocción

Es esencial comprender la efectividad de los tratamientos térmicos. Un tratamiento de 70°C durante 2 minutos en la parte más fría de un paquete reduce significativamente la presencia de *L. monocytogenes*, específicamente, una reducción de 6 ciclos logarítmicos. Sin embargo, esta temperatura no afecta a las esporas de cepas psicrófilas de *C. botulinum*, microorganismos extremadamente resistentes al calor. Es por esto que, se recomienda tratamientos térmicos de 70 °C durante 2 minutos para productos de vida útil corta (máximo 30 días) o en operaciones de servicio de alimentos, garantizando un almacenamiento seguro a una temperatura máxima de 3°C.

La técnica "Sous vide" permite realizar una pasteurización equivalente a la mencionada a temperaturas inferiores a 70°C pero aumentando el tiempo de exposición. A continuación se presenta una tabla con tiempos y temperaturas de pasteurización para carnes, pescados y aves, en función del grosor del producto.

**Tabla 1.** Tiempo aproximado (horas y minutos) de pasteurización de carne, pescado y aves en baños de agua de 58 a 66°C considerando 6 reducciones decimales de *Listeria monocytogenes*.

Grosor (mm)	58°C	59°C	60°C	61°C	62°C	63°C	64°C	65°C	66°C
5	1:30	1:08	0:51	0:40	0:31	0:25	0:20	0:17	0:14
10	1:36	1:15	1:00	0:49	0:41	0:35	0:30	0:27	0:24
15	1:48	1:28	1:13	1:02	0:53	0:47	0:42	0:38	0:35
20	2:04	1:44	1:28	1:17	1:08	1:01	0:56	0:52	0:48
25	2:18	1:57	1:41	1:30	1:21	1:13	1:08	1:03	0:59
30	2:32	2:11	1:55	1:43	1:33	1:26	1:19	1:14	1:10
35	2:46	2:25	2:09	1:56	1:46	1:38	1:31	1:26	1:21
40	3:00	2:39	2:22	2:09	1:59	1:50	1:43	1:37	1:32
45	3:22	3:00	2:42	2:29	2:17	2:08	2:00	1:53	1:48
50	3:44	3:21	3:03	2:49	2:37	2:27	2:19	2:11	2:05
55	4:08	3:45	3:26	3:11	2:58	2:47	2:38	2:30	2:23
60	4:35	4:10	3:50	3:34	3:20	3:09	2:58	2:50	2:42
65	5:02	4:36	4:15	3:58	3:43	3:31	3:20	3:11	3:02
70	5:30	5:04	4:42	4:23	4:08	3:54	3:43	3:32	3:23

Fuente: Elaboración propia con información de (D. E. Baldwin, 2012)

### 7.2.2 PCC: Enfriamiento

La cocción de alimentos para la producción de platos preparados no solo implica la aplicación de calor para eliminar microorganismos, sino también la correcta implementación del enfriamiento post pasteurización, etapa la cual corresponde a un PCC.

Según las directrices del "FOOD CODE" del Food and Drug Administration (FDA), es obligatorio reducir la temperatura de los productos alimenticios desde 57,2°C hasta 5°C en un lapso de 6 horas. Se establece un enfriamiento inicial desde 57,2°C a 21,1°C en un máximo de 2 horas. El FDA considera crítico controlar el proceso de enfriamiento para prevenir posibles brotes de enfermedades transmitidas por alimentos. En la tabla presentada a continuación se detallan los tiempos estimados de enfriamiento desde 80 a 5°C en un baño de agua con hielo (en proporción 1:1) para productos sellados al vacío en función de su forma y el grosor de estos.

Tabla 2. Tiempos aproximados de calentamiento para que carne descongelada alcance 0,5°C menos que la temperatura del baño de agua al cual es sometida

Grosor (mm)	Forma de losa	Forma de cilindro	Forma de esfera
5	5 min	3 min	3 min
10	14 min	8 min	6 min
15	25 min	14 min	10 min
20	35 min	20 min	15 min
25	50 min	30 min	20 min
30	75 min	40 min	30 min
35	90 min	50 min	35 min
40	105 min	60 min	45 min
45	135 min	75 min	55 min
50	165 min	90 min	60 min
55	195 min	105 min	75 min

Fuente: Elaboración propia con información de (D. E. Baldwin, 2012)

### 7.2.3 PCC: Temperatura de almacenamiento

El último PCC corresponde a la temperatura de almacenamiento de los platos terminados. Considerando que para la producción de estos productos se realiza el tratamiento de pasteurización y no se elimina el riesgo germinación de esporas de *C. botulinum* la temperatura de almacenamiento es la barrera más importante para la disminución del riesgo. A continuación se presenta una tabla que relaciona el límite de vida útil y la temperatura de almacenamiento de los platos preparados listos para el consumo.

Tabla 3. Vida útil límite y temperatura de almacenamiento de productos "sous vide" respecto al peligro asociado de germinación de esporas de *Clostridium botinum*.

Temperatura	Vida útil
< 2,5 °C	90 días
< 3,3 °C	< 31 días
< 5,0 °C	< 10 días
< 7 °C	< 5 días

Fuente: Elaboración propia con información extraída de (D. Baldwin, 2014).

## 8. Elección de composición de gases a inyectar en los platos

Generalmente para los platos preparados se recomienda la eliminación total del O<sub>2</sub> del espacio de cabeza ya que este gas es el responsable del deterioro por bacterias aeróbicas. Eliminado este gas del espacio de cabeza, se recomienda una inyección de una mezcla entre CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>. El porcentaje de CO<sub>2</sub> debe ser superior al 20% ya que desde ese nivel de concentración comienzan a ser significativas sus propiedades bacteriostáticas. Sin embargo, conforme pasan las horas desde que se realiza la inyección de gases al plato, comienzan a desarrollarse los fenómenos de transferencia gaseosa entre los componentes del plato, el espacio de cabeza y el ambiente. Si la elección de los materiales de envase es correcta, y el sellado del plato es óptimo, las transferencias gaseosas entre el espacio de cabeza y el ambiente son casi nulas. Por lo que, las transferencias que gobiernan al producto son las que ocurren entre el alimento y el espacio de cabeza.

Durante las primeras 12 a 24 horas, el CO<sub>2</sub> inyectado comienza a difundir y a solubilizarse en la matriz alimenticia por lo que su concentración en el espacio de cabeza disminuye. Es por esto que en platos preparados, se recomienda inyectar una mezcla de gases con al menos un 30% de CO<sub>2</sub> y 70% de N<sub>2</sub>. Probablemente para platos con una mayor cantidad de alimento (formatos familiares) se requerirá

una mayor concentración de CO<sub>2</sub> en el espacio de cabeza. Existen proveedores de gases que recomiendan mezclas de gases compuestas por un 50% CO<sub>2</sub> y 50% N<sub>2</sub>. No se recomienda mayores concentraciones de CO<sub>2</sub> para platos preparados ya que este puede modificar el sabor del producto si se produjera una cantidad inadecuada de ácido carbónico por la reacción entre el CO<sub>2</sub> y el agua contenida en el alimento.

A continuación se presentan composiciones de mezclas de gases recomendadas para envasado de productos cocinados listos para el consumo

Tabla 4. Composición de mezcla de gases recomendadas para envasado de productos cocinados listos para el consumo.

Tipo de alimento	Composición de gases (%)	
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Carnes cocidas y curadas	30-40	60-70
Aves de corral y caza cocidas y curadas	30-40	60-70
Comidas listas	30	70
Productos combinados	30-40	60-70
Vegetales cocidos	30-40	60-70

Fuente: Elaboración propia con información de (Elna M. Buys, B.C. Dlamini, James A. Elegbeleye, 2023)

## 9. Comentarios finales

En este manual se ha destacado la importancia de conocer cuáles son los factores tanto extrínsecos, como intrínsecos que afectan la vida útil e inocuidad de los platos preparados listos para el consumo envasados en atmosfera modificada con el fin de adelantarse a posibles problemas y desafíos que puedan surgir en el desarrollo de nuevos productos.

Tener una noción preliminar de los procesos y parámetros requeridos para asegurar la inocuidad de los productos permite disminuir errores en la elección de procesos, materias primas y/o insumos, en el desarrollo de platos preparados listos para el consumo envasados en atmosfera modificada, lo que se traduce en disminución de tiempo y costos asociados al desarrollo de nuevos productos.