



**Informe Técnico 2**  
**PROYECTO FIA CÓDIGO PYT-2017-0803**

**“Agregación de valor a productos agrícolas de la Comunidad Indígena Quechua de Quipisca mediante el desarrollo de snacks saludables y productos gourmet.”**

**Ejecutado por:**

**Centro Regional de Estudios en Alimentos Saludables / Comunidad Indígena Quechua de Quipisca**



**Enero, 2019**

## RESUMEN

En el siguiente informe se presentan los resultados obtenidos asociados al cumplimiento del Objetivo N°2 del Plan Operativo, que señala “*Generar alternativas de valor agregado a la producción de membrillos a través de su transformación en productos saludables y tipo gourmet*”.

De acuerdo a lo anterior, y en base a lo ya reportado en el primer informe de avances, en este período se trabajó en la reformulación y mejoramiento de los snacks elaborados anteriormente, con la incorporación de sabores y nuevos ingredientes que permitiesen mejorar los atributos organolépticos y sensoriales de los productos elaborados. De esta forma, y en conjunto con la Comunidad Indígena Quechua de Quipisca y las dos visitas realizadas a sus dependencias durante este período, se seleccionaron diferentes formulaciones farináceas para la elaboración de snacks, descartando los slices de membrillos deshidratados propuestos inicialmente. En este sentido, es importante recordar que no se obtuvieron buenos resultados para estos prototipos según las pruebas realizadas en CREAS, donde se generan productos de textura gomosa sin crocancia, lo que también involucra mayor riesgo de contaminación microbiana debido a su retención de agua.

Es así como se elaboraron diversos snacks farináceos de membrillo, horneados y sin sellos negros de advertencia nutricional por presencia de nutrientes críticos, los cuales presentan adecuadas características de crocancia, textura y sabor. Se espera que debido a sus características físico-químicas presentes una adecuada estabilidad microbiológica en un envase adecuado, estudio que será realizado y validado en los próximos períodos de ejecución.

En cuanto al desarrollo de chutneys y compotas de membrillo, se generaron diversas mejoras y reformulaciones a los prototipos elaborados anteriormente, en función de mejorar los atributos organolépticos de los productos, y además de buscar soluciones fácilmente implementables para la Comunidad que, por ejemplo, impidan el pardeamiento natural de los membrillos y su pulpa. Además, se capacitó a los beneficiarios sobre técnicas de preservación de estos productos, donde la pasteurización logra ser una alternativa viable tanto para mantener la inocuidad de los prototipos sin perder su calidad sensorial, como por su factibilidad técnica y bajo costo. De esta forma, además de la formulación de los productos, se trabajó en paralelo en la determinación de su estabilidad microbiológica y sensorial, estudio que será validado posteriormente, como ya se mencionó.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	2
1. RESULTADOS .....	6
1.1 DESARROLLO DE PRUEBAS DE CONCEPTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL SNACK.....	6
1.2 PROTOCOLO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS SNACKS, DESARROLLO DE PROTOTIPOS, VIDA ÚTIL Y TRANSFERENCIA A LA EMPRESA....	12
1.3 FORMULACIÓN DE CHUTNEY Y COMPOTA DE MEMBRILLO .....	16
1.3.1 Pretratamiento de los membrillos y generación de la pulpa .....	16
1.3.2 Prototipos elaborados de compotas y chutneys.....	16
1.4 PRUEBAS DE CONCEPTO DEL NUEVO PRODUCTO Y ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE ESTERILIZACIÓN DEL CHUTNEY Y COMPOTA DE MEMBRILLO .....	20
1.4.1 Curvas de penetración térmica y técnicas de envasado .....	22
2. CONCLUSIÓN.....	27
3. ANEXO A. ISOTERMAS DE SORCIÓN .....	28
4. ANEXO B. MÉTODO GENERAL DE BIGELOW PARA LA DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN DE COMPOTAS Y CHUTNEYS .....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Primera Reunión de Avances realizada junto a la Comunidad de Quipisca. ....	7
Figura 1.2: Segunda Reunión de Avances realizada junto a la Comunidad de Quipisca.....	11
Figura 1.3: Uso de distintas sales para generar atmósferas de humedad relativa controlada. ...	15
Figura 1.4: Isotherma de sorción obtenida para los snacks elaborados.....	15
Figura 1.5: Envases con cubierta interior de polietileno para los snacks elaborados. ....	16
Figura 1.6: Curva típica de esterilización .....	22
Figura 1.7: Sensor y software utilizado para la determinación de las curvas de penetración de calor. ....	23
Figura 1.8: Datos originales pasteurización prototipo compota/chutney, donde TRT (línea azul) corresponde a la temperatura de referencia del medio, y la línea verde y roja es la curva de penetración térmica medida en el punto geométrico.....	24
Figura 1.9: Diagrama modelado del comportamiento de la compota .....	26

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Formulación 4 para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto. ....	8
Tabla 1.2: Formulación 5 para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto. ....	8
Tabla 1.3: Formulación 6 para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto. ....	9
Tabla 1.4: Formulación 7 para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto. ....	9
Tabla 1.5: Formulación 8 para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto. ....	10
Tabla 1.6: Formulación 9 para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto. ....	10
Tabla 1.7: Nuevas formulaciones base generadas para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto.....	11
Tabla 1.8: Nuevas formulaciones con sabores generadas para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto. ....	12
Tabla 1.9: Límites microbiológicos para “ <i>Productos farináceos para cóctel (snacks, etc)</i> ” establecidos en el RSA .....	13
Tabla 1.10: Límites microbiológicos para “ <i>Pan y masas horneadas sin relleno</i> ” establecidos en el RSA.....	14
Tabla 1.11: Formulación 5 para la elaboración de compotas de membrillo, por cada 100 g de producto .....	18
Tabla 1.12: Reformulaciones para la elaboración de compotas de membrillo, por cada 100 g de producto .....	18
Tabla 1.13: Composición de las formulaciones 1, 2, 3 y 4 de los chutney de membrillo, por cada 100 g de producto. ....	19
Tabla 1.14: Composición de las nuevas formulaciones 1, 2, 3 y 4 de los chutney de membrillo. ....	20

## 1. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto, en función de las actividades propuestas en el Plan Operativo de este proyecto para el Método Objetivo 2, y según el período que se reporta. En este sentido, el plan operativo contemplaba para este período continuar y finalizar con el “*Desarrollo de pruebas de concepto y diseño experimental del proceso de producción del snack*”, además de comenzar con el “*Protocolo del proceso de elaboración de los snacks, desarrollo de prototipos, vida útil y transferencia a la empresa*”, donde ambas actividades se realizaron de acuerdo a la Carta Gantt propuesta. En este último punto, mencionar que se realizaron dos visitas a las dependencias de la Comunidad Quechua de Quipisca, en función de mostrar los avances realizados, tomar decisiones respecto al transcurso del proyecto, y capacitar a los beneficiarios en diferentes técnicas de preservación de los productos.

El plan operativo contempla además continuar y finalizar con la “*Formulación de chutney y compota de membrillo*” y el desarrollo de “*Pruebas de concepto del nuevo producto y establecimiento de las condiciones de esterilización del chutney y compota de membrillo*”, actividades que también se han desarrollado adecuadamente según la planificación, y que se presentan en detalle a continuación.

Para las formulaciones presentadas en este capítulo, se buscó mejorar las distintas condiciones operacionales para el desarrollo de los prototipos, principalmente asociado a formulación de los snacks en función de alcanzar una textura y crujencia adecuada mediante procesos simples de elaboración; y los diferentes procesos térmicos asociados al desarrollo de las compotas y chutneys de membrillo. Finalmente, también se trabajó con técnicas para la preservación de pulpas naturales de membrillo, a modo de mantener de mejor forma las características de sabor y color de estas pulpas, que son uno de los ingredientes base de todas las formulaciones ya señaladas.

### 1.1 DESARROLLO DE PRUEBAS DE CONCEPTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL SNACK

De acuerdo a los avances presentados en el anterior informe técnico, a continuación se presenta la primera parte del desarrollo de nuevas formulaciones de snacks, los cuales fueron validados y mejorados posteriormente de acuerdo a primera reunión técnica realizada en Iquique junto a la Comunidad Indígena Quechua de Quipisca. De esta forma, el día martes 4 de septiembre de 2018 se realizó dicha reunión de avances de proyecto con los representantes de la Comunidad, con la finalidad de presentar avances y prototipos de las pruebas de concepto elaboradas. En esta reunión se abarcaron diversas temáticas, como las materias primas y equipos utilizados, problemáticas de producción, recomendación de envases, entre otros.



Figura 1.1: Primera Reunión de Avances realizada junto a la Comunidad de Quipisca.

En esta reunión se presentaron además las primeras pruebas de concepto correspondientes a los prototipos inicialmente desarrollados (y presentados en el primer informe de avance), correspondientes a las muestras 1, 2 y 3 presentadas a continuación, mientras que los demás prototipos corresponden a los nuevos snacks de membrillo desarrollados, variantes tanto en el proceso de elaboración como en su propia formulación. Las muestras presentadas fueron las siguientes, junto con su evaluación por parte de CREAS y la Comunidad:

1. Rodajas o *slices* de membrillo deshidratadas en horno a vacío: Las muestras correspondientes a este proceso de elaboración presentaron la forma típica de la fruta en rodajas, aunque se observaban más arrugadas y muy oscuras, ya que durante el proceso de deshidratado se pardearon significativamente; además, al ser sacadas del horno presentaban fragilidad y una alta crocancia, la cual durante el almacenamiento se perdió, pasando a tener una consistencia incluso levemente gomosa.
2. Láminas de puré de membrillo con harina de trigo: Estas muestras presentaron como característica principal, la particularidad de su forma. Al ser elaboradas con puré de membrillo, que presenta un elevado contenido de humedad, y harina de trigo, se obtuvo una masa muy elástica y moldeable. Dada su elasticidad, fue posible obtener láminas muy delgadas, las que

fueron cortadas en forma triangular, y que en proceso de horneado se inflaron, generando un producto crocante, pero con un contenido reducido de membrillo.

3. Láminas de harina de membrillo con harina de trigo: Estas muestras fueron elaboradas con harina de membrillo, obtenida a partir del deshidratado del puré de membrillo. En este caso fue posible añadir mayor proporción de membrillo, de modo que se obtuvo un producto con sabor a membrillo mucho más intenso, sin embargo, fueron muestras más bien difíciles de moldear, donde el producto final quedó muy duro y difícil de masticar.
4. Láminas de membrillo con harina de trigo, almidón de maíz y maní: Esta prueba de concepto fue elaborada con una pasta de membrillo crudo a la cual se adicionaron en igual proporción harina de trigo y almidón de maíz, con una pasta de maní como fuente de materia grasa. Las muestras de esta formulación presentaron una crocancia adecuada en un producto delgado. La masa cruda presentó cierto nivel de elasticidad al contener harina de trigo en su formulación, sin embargo, no fue suficiente para poder estirarla y moldearla fácilmente.

Tabla 1.1: Formulación 4 para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto.

Ingredientes	Cantidad (g)
Harina de trigo	29,4
Pulpa de membrillo	32,6
Almidón de maíz	29,4
Maní	8,2
Polvos de hornear	0,5
Total	100,0

5. Láminas de membrillo con almidón de maíz y maní: Esta muestra se elaboró con una pasta de membrillos cruda, pasta de maní como fuente de materia grasa y con almidón de maíz como agente ligante. Se eliminó la harina de trigo pensando en la posibilidad de ampliar el espectro de potenciales consumidores a personas intolerantes al gluten. La masa de este producto presentó cohesión, aunque sin elasticidad. Por otro lado, el producto terminado presentó una crocancia y fragilidad adecuadas al momento de ser probadas las muestras.

Tabla 1.2: Formulación 5 para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto.

Ingredientes	Cantidad (g)
Almidón de maíz	56,9
Pulpa de membrillo	31,6
Maní	11,1
Polvos de hornear	0,5
Total	100,0

6. Láminas de membrillo con almidón de mandioca: Estas muestras fueron elaboradas pensando en consumidores intolerantes al trigo (gluten, en particular) y con alergias alimentarias, por lo que también se eliminó el maní de su formulación. La masa que se obtuvo mezclando el puré de membrillo con el almidón de mandioca, no presentó elasticidad, aunque sí cohesión. No fue posible extenderla adecuadamente a través del uso de equipamiento de cocina, pero sí fue posible realizarlo de forma manual. Las láminas horneadas resultaron frágiles y crocantes sin ser muy duras ni secas, presentando el mejor resultado a nivel de textura.

Tabla 1.3: Formulación 6 para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto.

Ingredientes	Cantidad (g)
Almidón de mandioca	25,8
Pulpa de membrillo	73,7
Polvos de hornear	0,5
Total	100,0

Las muestras descritas anteriormente corresponden a los diversos procesos y formulaciones base probadas para la elaboración de snacks, sin incorporar saborizantes en su formulación. Las muestras 7-9 que se presentan a continuación, representan diferentes alternativas de sabores, a modo de completar la propuesta para esta matriz, y se realizaron incorporando diversos sabores a la formulación 5, ya presentada. Las muestras fueron las siguientes:

7. Láminas de membrillo con almidón de maíz y maní, saborizadas con canela. La formulación de esta prueba consistió en el puré de membrillo crudo con la adición de pasta de maní y almidón de maíz. Para probar la saborización y complementar el dulzor natural de los membrillos, se adicionó canela molida. El sabor de la canela fue apropiado, si bien un poco suave, pero complementaria al sabor del membrillo.

Tabla 1.4: Formulación 7 para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto.

Ingredientes	Cantidad (g)
Almidón de maíz	54,8
Pulpa de membrillo	31,0
Maní	11,8
Canela en polvo	2,0
Polvos de hornear	0,5
Total	100,0

8. Láminas de membrillo con almidón de maíz, maní y saborizadas con paprika y merquén. La formulación base de esta muestra fue la misma que para la muestra 7, mientras que la adición de sabores correspondió a paprika (o ají de color) como aporte de sabor y color, y merquén

para aportar un toque de picor, pensando en la posibilidad de utilizar rocoto en los prototipos definitivos. El aporte de color de la paprika enmascaró el pardeamiento del membrillo y del horneado del producto, aportando un atractivo visual adicional.

Tabla 1.5: Formulación 8 para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto.

Ingredientes	Cantidad (g)
Almidón de maíz	51,3
Pulpa de membrillo	29,0
Maní	13,7
Pimentón paprika	4,6
Merquén	0,9
Polvos de hornear	0,5
Total	100,0

9. Láminas de membrillo con almidón de maíz, maní y saborizadas con ajo. Al igual que ambas muestras anteriores, se mantiene la formulación base incorporando el saborizante elegido, que en esta muestra correspondió al ajo, pensando en la utilización del ajo de Camiña, como está estipulado en el plan operativo. La combinación de los sabores del membrillo con el ajo fue de alta aceptabilidad.

Tabla 1.6: Formulación 9 para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto.

Ingredientes	Cantidad (g)
Almidón de maíz	54,3
Pulpa de membrillo	30,6
Maní	11,6
Ajo en polvo	2,9
Polvos de hornear	0,5
Total	100

Todas las muestras presentadas fueron probadas y comentadas en el proceso. La muestra que presentó mayores preferencias debido a su textura resultó ser la muestra 6, correspondiente a la formulación base de membrillo con almidón de mandioca. Tanto la textura y crocancia como la apariencia general fueron de gran aceptabilidad, por lo que se perfiló esta muestra como la gran favorita o la muestra que presenta las características que se buscarán para las próximas formulaciones de estos snacks. Es por esta razón que se propuso la alternativa de probar nuevas formulaciones utilizando almidones de papa u otros para las próximas pruebas de concepto, las que serán presentadas a continuación, de acuerdo a la segunda reunión de avances realizada.

En cuanto a los sabores utilizados para condimentar los snacks presentados, los 3 sabores fueron altamente aceptados, y se buscará reproducirlos en las siguientes formulaciones de las pruebas

de concepto con ajo de Camiña y rocoto, y adicionalmente probando la adición de orégano en el caso de los sabores asociados a preparaciones saladas. En el caso de los sabores asociados a preparaciones dulces, se continuará con la adición de canela, pero en proporciones distintas (mayores) a las ya probadas, incluyendo, en el caso de ser posible, ingredientes propios de la zona que puedan ser dispuestos por la comunidad beneficiada.

En la segunda reunión técnica de avances con la Comunidad, realizada el día 22 de noviembre de 2018, se presentaron las nuevas formulaciones realizadas, de acuerdo a las observaciones generadas anteriormente.



Figura 1.2: Segunda Reunión de Avances realizada junto a la Comunidad de Quipisca.

Las formulaciones base (sin sabor) presentadas en esta segunda reunión fueron las siguientes:

Tabla 1.7: Nuevas formulaciones base generadas para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto.

Ingredientes	Cantidad por cada 100 g de mezcla (g)			
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3	Formulación 4
Puré de membrillo	47,2	45,0	43,5	44,2
Maicena	28,3	27,0	43,5	26,5
Chuño	14,2	0,0	0,0	0,0
Mandioca	0,0	18,0	0,0	17,7
Huevo en polvo	4,7	4,5	0,0	4,4
Aceite	2,8	2,7	0,0	0,0
Goma xantana	1,9	1,8	0,0	1,8
Mantequilla de maní	0,0	0,0	13,0	4,4
Sal	0,9	0,9	0,0	0,9
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

De estas 4 formulaciones base realizadas, se seleccionó la formulación 4 como base para el desarrollo de snacks con sabores, cuyas fórmulas se presentan a continuación, en la Tabla 1.8.

Tabla 1.8: Nuevas formulaciones con sabores generadas para la elaboración de snacks farináceos de membrillo, por cada 100 g de producto.

Ingredientes	Cantidad por cada 100 g de mezcla (g)			
	Formulación 5 (sabor ajo)	Formulación 6 (sabor rocoto)	Formulación 7 (sabor canela)	Formulación 8 (sabor orégano)
Puré de membrillo	44,1	43,5	43,9	44,1
Maicena	26,4	26,1	26,3	26,4
Mandioca	17,6	17,4	17,5	17,6
Huevo en polvo	4,4	4,3	4,4	4,4
Mantequilla de maní	4,4	4,3	4,4	4,4
Goma xantana	1,8	1,7	1,8	1,8
Sal	0,9	0,9	0,9	0,9
Ajo de Camiña	0,4	0,0	0,0	0,0
Rocoto	0,0	1,7	0,0	0,0
Canela en polvo	0,0	0,0	0,4	0,0
Gotas de estevia	0,0	0,0	0,4	0,0
Orégano	0,0	0,0	0,0	0,4
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

De las 4 formulaciones con sabor presentadas, la Comunidad de Quipisca seleccionó los snacks sabor canela y sabor orégano para continuar con el desarrollo del proyecto, donde posteriormente se realizará la evaluación sensorial de los mismos, en función de afinar ciertos aspectos organolépticos como dulzor, concentración de membrillo en la fórmula, etc.

Cabe destacar que como línea base se consideró como restricción los límites establecidos para nutrientes críticos en la Ley de Etiquetado N° 20.606, con el objeto de generar productos libres de sellos de advertencia por presencia de nutrientes críticos, y con el potencial de ser introducidos en colegios (JUNAEB), kioskos saludables u otras alternativas similares.

## 1.2 PROTOCOLO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS SNACKS, DESARROLLO DE PROTOTIPOS, VIDA ÚTIL Y TRANSFERENCIA A LA EMPRESA

El desarrollo completo de esta actividad contempla la generación de un manual o protocolo que será transferido a la empresa, que incluye una descripción completa del proceso de elaboración de los snacks formulados, en su versión dulce y salada, estableciendo porciones recomendadas según su composición nutricional. Debido a la planificación del proyecto, sólo se ha desarrollado esta actividad de forma inicial, principalmente considerando el crecimiento microbiológico de los productos.

Para los alimentos tipo snacks, como los productos prototipados, es necesario considerar tanto un adecuado envase de los productos, que evite la pérdida de calidad sensorial, así como también la preservación microbiológica de estos, determinada tanto por el envase, como por las distintas condiciones de elaboración y predisposición de las materias primas a contaminarse.

En este último punto, se sabe que un poco más del 20% de todos los alimentos producidos en el mundo se pierden por acción de microorganismos, pudiendo causar daños a la salud del consumidor, y es por eso que se vuelve necesario incorporar compuestos y aditivos preservantes a los alimentos, los que han evolucionado lo suficiente para evitar este tipo de pérdidas.

Los preservantes de los alimentos están catalogados en diferentes secciones, según la aplicación de cada uno de estos (colorantes, edulcorantes, emulsionantes, preservantes, etc.). El sorbato de potasio es conocido comercialmente como E-202, y es un conservante natural o sintético, derivado del ácido sórbico. Se utiliza para prevenir el crecimiento de mohos y levaduras, y se emplea en gran medida en toda la industria de alimentos, principalmente en pastas, dulcería, concentrados para bebidas con y sin gas, condimentos y salsas, e incluso cosméticos.

En el caso de los productos farináceos, el sorbato de sodio o potasio se emplea en bizcochos, panadería y bollería, productos atacados principalmente por mohos y levaduras y, por lo tanto, su uso en el tipo de snacks desarrollados en este proyecto es altamente recomendable. El nivel de toxicidad de este preservante es bajo; no se ha encontrado ningún efecto secundario, aunque no se recomienda consumir más de 10 mg/día. Además, en el caso de este tipo de estabilizadores preservadores o antisépticos, existen cantidades máximas permitidas por kg de producto terminado, y en el caso de los sorbatos, el Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA) permite una concentración en el producto terminado que no sea superior a 2 g/kg, lo que equivale a un 0,2%.

El RSA establece diferentes límites de crecimiento microbiano para los alimentos, dependiendo de la categoría en la que estos se encuentren. Los productos elaborados se encuentran dentro de la categoría “*Productos farináceos para cóctel (snacks, etc)*”, los cuales establecen límites sólo para el crecimiento de mohos. Paralelamente, si se consideran otras categorías de productos similares, como “*Pan y masas horneadas sin relleno*”, se observa también que los microorganismos analizados son mohos. Estos límites se presentan a continuación en la Tabla 1.9.

Tabla 1.9: Límites microbiológicos para “*Productos farináceos para cóctel (snacks, etc)*” establecidos en el RSA.

Tipo de microorganismo	UFC/g	
	m	M
Rcto. Mohos	10	10 <sup>2</sup>

Dónde:

- m: Valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud.

- M: Valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

Tabla 1.10: Límites microbiológicos para “Pan y masas horneadas sin relleno” establecidos en el RSA.

Tipo de microorganismo	UFC/g	
	Pan y masas horneadas sin relleno	
	m	M
Rcto. Mohos	$10^2$	$10^3$

Es por esto que, buscando prevenir el crecimiento microbiano, se realizarán 2 estudios en paralelo, donde en un caso se seleccionó el sorbato de potasio como agente preservante, usándolo entre un 0,1 y 0,2%, y evaluando en conjunto el efecto de los envases en los productos, y en el otro, se evaluará la vida útil del producto sin la incorporación de preservantes.

Para definir el envase idóneo para los productos, se realizó la isoterma de sorción de los snacks elaborados, lo que significa evaluar la capacidad del producto de capturar o liberar agua dependiendo de la humedad que posea el ambiente. Una isoterma de sorción es la relación entre la cantidad de agua total que presenta un sólido y la actividad termodinámica del agua en ese sólido, a una determinada temperatura. La actividad termodinámica de agua (en adelante actividad de agua) se puede entender como la medida de la “disponibilidad” del agua para reaccionar contenida en el alimento.

En el área de alimentos, el concepto de actividad de agua es fundamental, por su relación directa con la facilidad de éstos para sufrir reacciones de deterioro. Para construir una isoterma de sorción, existen variados métodos, siendo el más simple aquel en el que se expone una muestra del alimento a diferentes ambientes cerrados de humedades relativas constantes y conocidas en condiciones de temperatura controladas, hasta alcanzar el equilibrio. Una vez logrado esto, se determina el contenido de humedad de la muestra a través de secado en estufa hasta peso constante. Esto se hace en forma paralela para distintos ambientes de humedad relativa constante. En el Anexo A se presenta la información detallada de las sales utilizadas para determinar las isotermas de sorción y el procedimiento desarrollado para su análisis.



Figura 1.3: Uso de distintas sales para generar atmósferas de humedad relativa controlada.

Las isotermas de sorción obtenidas se presentan en la Figura 1.4. En base a las curvas obtenidas, pueden generarse diversos modelos para predecir el comportamiento de la humedad de un alimento en función de la  $A_w$  disponible en el envase o *packaging* final. En consecuencia, al analizar la curva de la Figura 1.4 se tiene que, para mantener una adecuada humedad del producto (logrando que se preserve su textura y palatabilidad en el tiempo), es necesario envasar el producto en un envase que logre mantener una humedad relativa interior muy baja, y que sea una fuerte barrera frente a la humedad exterior, como los envases aluminizados.

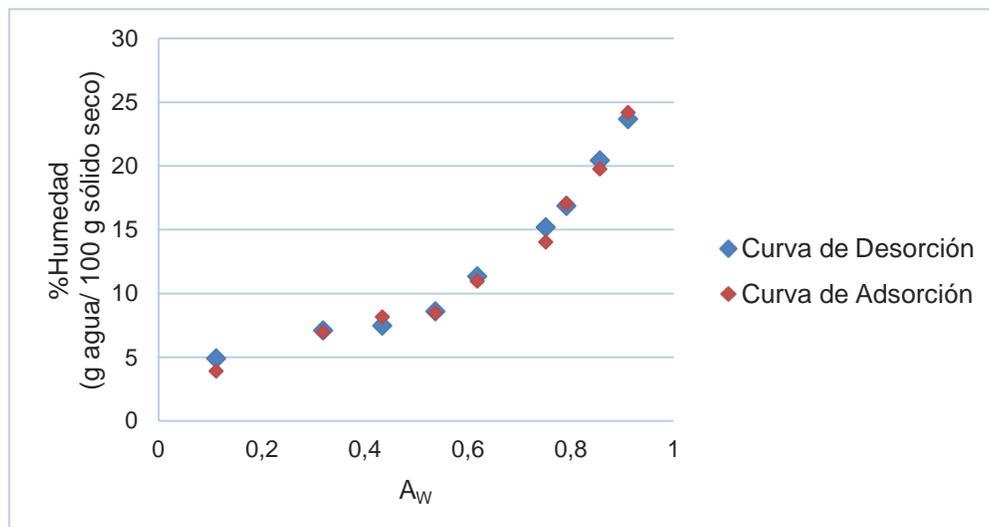


Figura 1.4: Isotherma de sorción obtenida para los snacks elaborados.

Dentro del mes de estudio de vida útil, no se observó crecimiento microbiano de mohos en ninguno de los casos, y tampoco se observó pérdidas de crocancia en los productos, por lo que también se evaluó la utilización de un envase menos impermeable, con una cubierta interior de polietileno y una exterior de papel, como la presentada en la Figura 1.5, que posee un cierre “abre fácil” con fuelle. En estos envases el producto tampoco presenta crecimiento microbiano, y no existe una pérdida de textura significativa durante el mes de estudio, y presenta una ventaja significativa debido a que son más fáciles de adquirir en menores cantidades, y estéticamente son más representativos del público que se busca abarcar.



Figura 1.5: Envases con cubierta interior de polietileno para los snacks elaborados.

### 1.3 FORMULACIÓN DE CHUTNEY Y COMPOTA DE MEMBRILLO

De forma similar al desarrollo de los snacks de membrillo, en la primera reunión de avances generada con la Comunidad se presentaron diversas muestras de chutneys y compotas, con adición de otras frutas y especias.

#### 1.3.1 Pretratamiento de los membrillos y generación de la pulpa

Como parte de las mejoras generadas a los prototipos elaborados, se logró la estabilización previa de las pulpas de membrillo generadas para la elaboración de los productos. Esta estabilización se logró al elaborar las pulpas de manera convencional, pelando y descrozando los membrillos para su posterior molienda, y envasando la pulpa elaborada a vacío, congelándola en caso de que su uso no sea inmediato. Si bien existe equipamiento específico para el envasado a vacío, este también se puede realizar gracias a una técnica gastronómica que elimina el aire al sumergir las muestras envasadas en agua. De esta forma, el agua desplaza los gases dentro del envase, y posteriormente estos se sellan.

De esta forma, se evidenció una reducción drástica del pardeamiento de las pulpas, con la consiguiente mejora a nivel sensorial de los productos.

#### 1.3.2 Prototipos elaborados de compotas y chutneys

Las muestras 1, 2, 3 y 4 presentadas a continuación son reformulaciones simples de los productos generados y presentados en el informe de avances anterior, en las cuales se trabajó para reducir el contenido de humedad de los productos, de manera de concentrar los sabores generados, evitando también el uso de sucralosa u otros edulcorantes en la formulación. Las muestras de compotas que se presentaron en esta primera reunión junto con los comentarios generados por el equipo CREAS y la Comunidad son las siguientes, donde todas fueron sometidas a procesos de pasteurización a 100°C durante 20 minutos, para asegurar tiempos de vida útil de al menos 9 meses.

1. Compota de membrillo con canela: La compota fue formulada únicamente con membrillos, con la adición de canela en polvo para complementar el sabor del membrillo. El proceso térmico involucrado para la conservación del producto corresponde al envasado en caliente con una pasteurización posterior. Se pudo observar un leve pardeamiento de la pulpa de membrillo; la consistencia y textura de la compota fue bastante sólida, ya que la adición de agua a los membrillos fue la mínima necesaria durante la cocción. La aceptabilidad del producto fue alta, en particular por el sabor intenso de los membrillos, complementados con la canela, y el elevado dulzor natural de la fruta a la que no se le adicionó azúcar ni edulcorantes.
2. Compota de membrillo con mango: Esta muestra consideró como base el membrillo de Quipisca con la adición de mango en su formulación, el cual además del sabor, aporta en el contenido de agua y fibra del producto. Esta formulación resultó en un producto cuyos sabores se complementaron satisfactoriamente, con una textura un poco más fluida que en la muestra anterior.
3. Compota de membrillo con maracuyá: Esta muestra consideró la base de membrillo combinada con maracuyá en su formulación. El maracuyá aporta tanto sabor como humedad, además de la crocancia asociada a las semillas de la fruta. Esta formulación presentó sabores que combinaron satisfactoriamente, con mayor humedad, y el factor crocancia como factor diferenciador.
4. Compota de membrillo con guayaba: Esta muestra se formuló con la base de membrillo y la adición de pulpa de guayaba. No se observó un aumento significativo en la fluidez ni humedad aparente aportado por la guayaba, y además, las semillas de la fruta representaron una molestia debido a su dureza, a diferencia del caso del maracuyá.
5. Compota de membrillo con quínoa: La formulación de esta muestra de compota correspondió a la pulpa de la fruta con la adición de harina de quínoa y agua, para compensar la baja humedad de la harina. Esta fórmula se planteó como una alternativa a las compotas marca *Vivo con avena*, incorporando quínoa como un producto de la zona. Se obtuvo un producto de textura compacta con un fuerte sabor a membrillo, y en el que se podía reconocer fácilmente el aporte de la quínoa, tanto en el sabor como en la textura, ya que se obtuvo un producto mucho más denso y seco que en el caso de las muestras anteriores. Sin embargo, la aceptabilidad fue bastante alta, especialmente considerando que en la región de Tarapacá la quínoa es un producto ampliamente consumido.

Tabla 1.11: Formulación 5 para la elaboración de compotas de membrillo, por cada 100 g de producto.

Ingredientes	Cantidad por cada 100 g de mezcla (g)
Puré de membrillo	59,5
Agua	30,4
Canela en polvo	0,1
Harina de quínoa	10,0
Total	100,0

De todas estas muestras, al ser presentadas y probadas, se definió que las frutas exóticas (mango, maracuyá y guayaba) representarían costos mayores en la producción de las compotas al ser adicionadas en la formulación, además de las dificultades que podrían presentar debido a la estacionalidad de su producción. Por este motivo, se descartó parcialmente su uso en las compotas, en función de los costos. Por otra parte, las compotas con adición de harina de quínoa y con adición de canela, fueron las seleccionadas como base para la continuidad del desarrollo del producto.

Como parte de la segunda reunión realizada con la Comunidad, se presentaron dos nuevas formulaciones de compotas, en función de las observaciones realizadas previamente. Estas recetas eliminaron el uso de frutas diferentes al membrillo, aumentaron la concentración de canela y mejoraron la textura de los productos. Dichas reformulaciones se presentan a continuación, en la Tabla 1.12.

Tabla 1.12: Reformulaciones para la elaboración de compotas de membrillo, por cada 100 g de producto.

Ingredientes	Cantidad por cada 100 g de mezcla (g)	
	Formulación 1	Formulación 2
Puré de membrillo	83,2	59,4
Agua	16,6	35,7
Canela en polvo	0,2	0,2
Harina de quínoa	0,0	4,8
Total	100,0	100,0

De esta forma, en conjunto con la Comunidad, se optó por seleccionar la formulación 1, correspondiente a la compota sólo de membrillo y canela, sin el uso de quínoa. El posterior análisis sensorial a realizar a estas muestras permitirá identificar qué ajustes son necesarios para generar un prototipo altamente aceptable, como el dulzor final.

Por último, se presentaron diversas muestras de chutneys de membrillo para su validación. En la primera reunión realizada, se presentaron 4 muestras de chutneys elaborados, cuyos sabores fueron los siguientes, y cuyas formulaciones se presentan en la Tabla 1.13. Como se observa,

estos prototipos poseen una mayor cantidad de ingredientes, debido a su preparación involucra un mayor número de sabores y texturas. Existen ingredientes base como la cebolla y el vinagre que no pueden ser eliminados de la formulación, puesto que permiten diferenciarlos de lo que puede ser una mermelada o un producto similar. En todas las formulaciones, se buscó la generación de un producto *gourmet*, donde se observó la fuerte influencia de los procesos térmicos en las características sensoriales del producto, siendo altamente nocivo el efecto de la esterilización a 121°C en comparación con la pasteurización simple.

1. Chutney de membrillo con pimiento dulce, mango y maracuyá (pasteurizado).
2. Chutney de membrillo con mango y maracuyá (pasteurizado).
3. Chutney de membrillo con pimiento dulce, mango y maracuyá (esterilizado).
4. Chutney de membrillo con mango y maracuyá (esterilizado).

Tabla 1.13: Composición de las formulaciones 1, 2, 3 y 4 de los chutney de membrillo, por cada 100 g de producto.

Ingredientes	Cantidad por cada 100 g de mezcla (g)	
	Formulación 1 y 3	Formulación 2 y 4
Membrillo crudo	38,1	42,1
Maracuyá	11,4	12,6
Mango	15,3	16,9
Cebolla	13,3	12,6
Vinagre	11,4	12,6
Pimentón	7,6	0,0
Azúcar	1,9	2,1
Semillas de mostaza	0,4	0,4
Pimienta	0,2	0,1
Sal	0,4	0,4
Total	100,0	100,0

Debido a que estos productos son de características *gourmet*, su desarrollo puede justificar mayores costos de producción gracias a los valores a los que se comercializan. En todos los casos, el ingrediente base de los chutneys fue el membrillo, y complementado con frutas de la región. De las cuatro muestras presentadas, las de mayor aceptación fueron los productos pasteurizados, debido a que presentan una mejor textura y sabor. De estos dos, el preferido fue el correspondiente a la formulación 2, por lo que esta fue considerada como base para la continuidad del proyecto.

En la segunda reunión realizada, se presentó otra batería de prototipos de chutneys, cuyas formulaciones se presentan a continuación, en la Tabla 1.14. En función de generar prototipos libres de sellos, se incorporaron texturizantes a la formulación, que buscan suplir la funcionalidad del azúcar dentro de este tipo de preparaciones, como la povidex, además de edulcorantes para alcanzar un dulzor adecuado.

Tabla 1.14: Composición de las nuevas formulaciones 1, 2, 3 y 4 de los chutney de membrillo.

Ingredientes	Cantidad por cada 100 g de mezcla (g)			
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3	Formulación 4
Puré de membrillo	36,2	35,7	36,5	35,2
Mango	14,5	14,3	14,6	35,2
Guayaba	10,9	10,7	10,9	0,0
Maracuyá	10,9	10,7	10,9	0,0
Cebolla	7,2	12,5	10,9	12,3
Vinagre	7,2	10,7	10,9	10,6
Agua	3,6	1,8	1,8	0,0
Azúcar	1,8	1,8	1,8	1,8
Sucralosa	0,5	0,7	0,7	0,5
Mostaza	0,4	0,4	0,4	0,4
Sal	0,4	0,4	0,4	0,4
Polidextrosa	0,4	0,4	0,0	0,0
Pimienta	0,2	0,2	0,1	0,1
Pimentón	3,6	0,0	0,0	3,5
Rocoto	2,2	0,0	0,0	0,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

De estas nuevas formulaciones, la receta seleccionada fue la formulación 4, que sólo posee mango, puesto que esta materia prima es más fácil de adquirir por parte de la Comunidad.

#### 1.4 PRUEBAS DE CONCEPTO DEL NUEVO PRODUCTO Y ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE ESTERILIZACIÓN DEL CHUTNEY Y COMPOTA DE MEMBRILLO

El caso de los alimentos con un elevado contenido de agua, como productos elaborados a partir de fruta como los elaborados, es importante considerar técnicas de preservación de los mismos, se aseguren al menos su viabilidad microbiológica en el tiempo, evitando el crecimiento de agentes microbianos. Los agentes más importantes alterantes de los alimentos son de origen biológico, entre los que se pueden diferenciar, los intrínsecos, como las enzimas y los extrínsecos, como parásitos o microorganismos, como se presenta a continuación:

- Enzimáticos: algunas enzimas sobreviven a los propios organismos, pudiendo incluso aumentar su actividad. Algunas enzimas cambian la textura de los alimentos (maduración de frutos o reblandecimiento de carne), pero pueden acabar provocando su descomposición. El rigor mortis de los animales, por ejemplo, es debido a cambios enzimáticos ocurridos al faltar la circulación sanguínea y por lo tanto la oxigenación necesaria para el metabolismo aerobio.
- Parásitos o competidores naturales, como insectos, roedores y pájaros, que compiten directamente por la obtención de alimento.

- c. Microorganismos: Son sin duda los que producen las transformaciones más indeseadas y abundantes. En algunos casos pueden suponer riesgos para la salud de las personas, siendo las infecciones microbianas el problema más grave de la alimentación humana, después del hambre y la sobrealimentación. Cabe destacar que, sin embargo, no todos los efectos son negativos, pues diversos alimentos son producidos total o parcialmente por ellos: los alimentos fermentados.

En algunas ocasiones, los microorganismos ya se encuentran en el alimento, en otras, son oportunistas que se encuentran de diversas maneras en el medio que nos rodea (aire, agua, etc.) Entre los más perjudiciales están las bacterias, tanto por su abundancia como por su elevada tasa de reproducción; además, pueden producir toxinas (como *Clostridium*) o ser infecciosas por ellas mismas (como *Salmonella* y *Listeria*). Otro grupo son los mohos, importantes por la producción de toxinas y por su resistencia a las condiciones más extremas; finalmente, las levaduras, con las transformaciones rápidas más relevantes desde el punto de vista fermentativo.

La esterilización se usa cuando es necesario conservar el alimento durante períodos más prolongados. Recibe también el nombre de "appertización" en recuerdo al pastelero francés Appert, que fue quien primero lo utilizó. Se realiza con alimentos previamente introducidos en recipientes cerrados, que se calientan en un aparato llamado autoclave a temperaturas superiores a los 100°C o se somete al alimento a temperaturas de 120°C de calor húmedo y a grandes presiones. Suele disminuir la calidad del alimento en cuanto a sabor, aroma y apariencia (propiedades sensoriales). Según el Reglamento Sanitario, se define la esterilización comercial como el estado que se consigue aplicando calor suficiente, solo o en combinación con otros procesos de conservación de alimentos, que aseguren la destrucción de formas viables de microorganismos patógenos y de otros microorganismos esporulados capaces de alterar el producto, y que pudieran multiplicarse a temperatura ambiente, durante su almacenamiento y distribución.

La base para establecer los procesos térmicos de conservación de alimentos es un conocimiento profundo de la microbiología de los alimentos y de los métodos de cálculo en termobacteriología. La determinación de la temperatura y el tiempo necesario para esterilizar un alimento envasado, ha sido el punto de mayor estudio en el desarrollo de la industria del enlatado, y depende del conocimiento de un número de factores entre los que se incluyen la naturaleza del producto, las dimensiones del envase en el cual se envasará el alimento y los detalles de los procedimientos de procesamiento térmico usados, y supervivencia y resistencia al calor de los microorganismos que contaminan el alimento. En la Figura 1.6, se muestra una curva típica de esterilización de un producto, indicando sus diferentes etapas de proceso que la caracterizan como tal. La primera etapa del proceso denominada CUT (Come-up time) o tiempo de elevación de la temperatura, es el tiempo que transcurre desde que entra el vapor ( $t_0$ ) al autoclave ya cerrado, hasta alcanzar la temperatura de trabajo o temperatura de esterilización ( $t_{CUT}$ ). La segunda etapa, denominada tiempo de esterilización o también conocida en literatura como tiempo del operador, es el tiempo en el cual el producto se encuentra sometida a la temperatura de esterilización o trabajo, que va

desde  $t_{CUT}$  (tiempo inicial del operador), hasta  $t_g$  (tiempo final del operador). La tercera etapa y final conocida como tiempo de enfriamiento, como su nombre lo indica es el tiempo que demora el producto en bajar su temperatura desde la temperatura de proceso o esterilización ( $t_g$ ), hasta alrededor de  $35^{\circ}\text{C}$  aproximadamente, que es el tiempo final del proceso ( $t_f$ ).

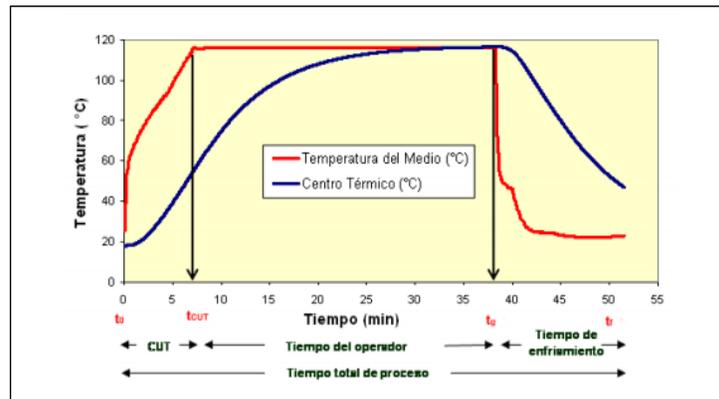


Figura 1.6: Curva típica de esterilización.

#### 1.4.1 Curvas de penetración térmica y técnicas de envasado

Los alimentos empacados en recipientes sellados, donde se producen condiciones de anaerobiosis (ausencia de oxígeno), son susceptibles al deterioro producido por enzimas y microorganismos anaerobios, algunos de los cuales (como *Clostridium botulinum*), producen toxinas que arriesgan la salud y, en algunos casos, la vida de los consumidores, por lo que es necesario aplicar algún método de conservación tal como la refrigeración, congelación, tratamiento térmico (pasteurización o esterilización comercial), tratamiento químico o una combinación de estos.

La esterilización y la pasteurización de los alimentos son los métodos más utilizados para extender la vida útil de los mismos, y también se realizan por razones económicas. La operación tradicional de este tipo de sistemas consiste en 3 etapas, denominadas calentamiento, mantención y enfriamiento, donde la clave de este proceso térmico es la inactivación, a través del efecto del calor, de posibles esporas o microorganismos presentes en el producto. Es por esto que estos sistemas trabajan a temperaturas determinadas durante tiempos específicos para cada producto en particular, y así garantizan la esterilización comercial, la que puede lograrse en la etapa de calentamiento y/o mantención. Normalmente, la etapa de enfriamiento se realiza con agua fría o a temperatura ambiente, siendo necesario en algunos casos inyecciones de aire para evitar caídas de presión repentinas que pudieran causar deformaciones o rupturas del envase. Por lo tanto, la elección del *packaging* tampoco es un tema menor y no debe ser arbitraria.

De esta forma, el producto ya empacado en su envase de vidrio es sometido a ensayos de penetración de calor para medir la variación de temperatura en el punto frío del envase con

producto (centro geométrico), y de esta forma, calcular la letalidad lograda. Estas pruebas se dividen en dos etapas:

- Localización del punto frío.
- Establecimiento el proceso térmico: Proceso (tiempo/temperatura) que logre la letalidad deseada en el punto frío del envase.

Para alcanzar el nivel de inactivación o esterilización requerido es importante definir correctamente la letalidad microbiana que se quiere lograr dependiendo de cada alimento en particular, debido a que esta variable define finalmente la temperatura y el tiempo de duración del proceso térmico.

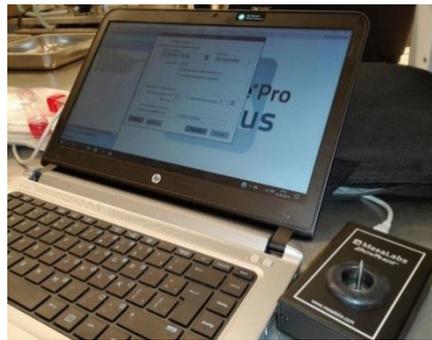
Uno de los principales factores que afectan la resistencia al calor del microorganismo es el pH, y según este es posible clasificar los productos alimenticios en tres grupos de la siguiente manera.

- Productos de baja acidez:  $\text{pH} \geq 4,6$
- Productos ácidos medianos:  $3,7 \leq \text{pH} < 4,6$
- Productos ácidos:  $\text{pH} < 3,7$

Dado que los productos elaborados poseen un pH entre 4,1 y 4,6, son candidatos idóneos para un proceso de pasteurización bajo  $100^{\circ}\text{C}$  y por períodos cortos de tiempo. Para determinar los valores de temperatura y tiempos de pasteurización requeridos, se elaboró la curva de penetración de calor del producto, es decir, se determinó analíticamente la variación de la temperatura del punto frío del producto al transcurrir el tiempo, con el producto expuesto a condiciones constantes de calor y temperatura (temperatura de pasteurización bajo  $100^{\circ}\text{C}$ ). Para esto, se utilizaron los sensores inalámbricos de temperatura disponibles en CREAS, en conjunto con el software analizador de datos, como muestra la Figura 1.7.



Sensor ubicado en el punto frío del producto



Software utilizado

Figura 1.7: Sensor y software utilizado para la determinación de las curvas de penetración de calor.

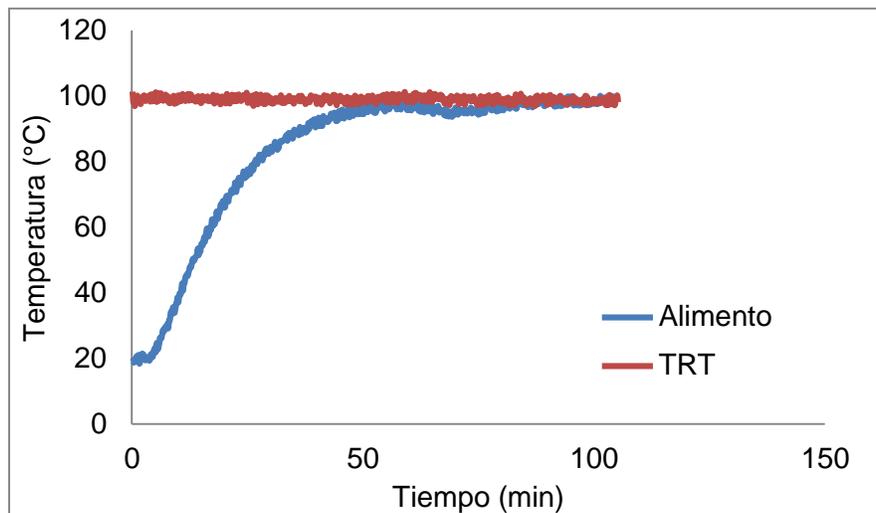


Figura 1.8: Datos originales pasteurización prototipo compota/chutney, donde TRT (línea azul) corresponde a la temperatura de referencia del medio, y la línea verde y roja es la curva de penetración térmica medida en el punto geométrico.

Los datos así obtenidos se pueden procesar mediante distintos métodos matemáticos, de los cuales el más exacto es el Método General de Bigelow, a partir del cual se han realizado los cálculos presentados a continuación, y cuyos detalles se pueden encontrar en el Anexo B. El Método General de Bigelow es un procedimiento gráfico de integración de los efectos letales de varias combinaciones tiempo-temperatura existentes en el alimento durante su procesamiento térmico. Este método es útil cuando se desea conocer el valor de la esterilización exacto de un proceso.

A partir de las relaciones de la curva de destrucción térmica (TD), se pueden asignar valores de letalidad (velocidad de muerte de microorganismos, inactivación de enzimas deteriorativas o degradación de factores de calidad) para cada temperatura representada por un punto en las curvas que describen el calentamiento y enfriamiento del producto durante su procesamiento. El valor de letalidad asignado a cada temperatura es numéricamente igual al recíproco del número de minutos requeridos para destruir un porcentaje determinado de esporas (atributo de calidad) dado a esta temperatura de las curvas TD. En consecuencia, la letalidad (L) aplicada es el producto del valor de letalidad y el tiempo (minutos) durante el cual esa temperatura es efectiva. Un proceso de una unidad letalidad es aquel proceso que es adecuado para lograr el mismo porcentaje de destrucción de una población idéntica de la representada por la curva TD. La letalidad (L) también puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 1.1

$$L = 10^{\frac{T-T_r}{z}}$$

Cuando se esteriliza, la temperatura no es constante en el tiempo, sino que varía continuamente en él. La expresión en este caso para el cálculo de  $F_0$  es:

Ecuación 1.2

$$F_0 = \int_{t=0}^{t=t} 10^{\frac{T-T_r}{z}} dt = \int_{t=0}^{t=t} L(t) dt$$

Para el caso de la pasteurización de las compotas y chutneys, alimento cuyo pH se encuentra entre 4,1 y 4,6, se utilizarán los valores de  $z$  y  $D$  obtenidos por Breidt *et al.*, (2014), presentados a continuación.

Valor  $D_{71,1^\circ\text{C}}=1,12$  minutos, donde  $T=71,1^\circ\text{C}$  es la temperatura de referencia para matar los microorganismos que pueden presentarse en compotas o chutneys de membrillo, debido a las propiedades del producto, como el pH ácido.

Valor  $z= 9,3^\circ\text{C}$

En este tipo de alimentos se recomienda alcanzar una reducción de 5 ciclos logarítmicos (5D), es decir un  $F_{71,1}^{9,3}=5,6$  minutos.

El cálculo de la letalidad  $F_{71,1}^{9,3}$  de este proceso mediante el método General entrega la siguiente información.

TRT=100°C.

Pt= 105 minutos.

$F_{71,1}^{9,3}= 4 \times 10^4$  minutos.

Basado en los datos de proceso, y considerando como objetivo un  $F_{71,1}^{9,3}=5,6$  minutos, el tiempo de proceso necesario es de 24,23 minutos ( $F_{71,1}^{9,3}$  final 6,08 minutos).

TRT=100°C.

Pt=24,23 minutos.

$F_{71,1}^{9,3}=6,08$ .

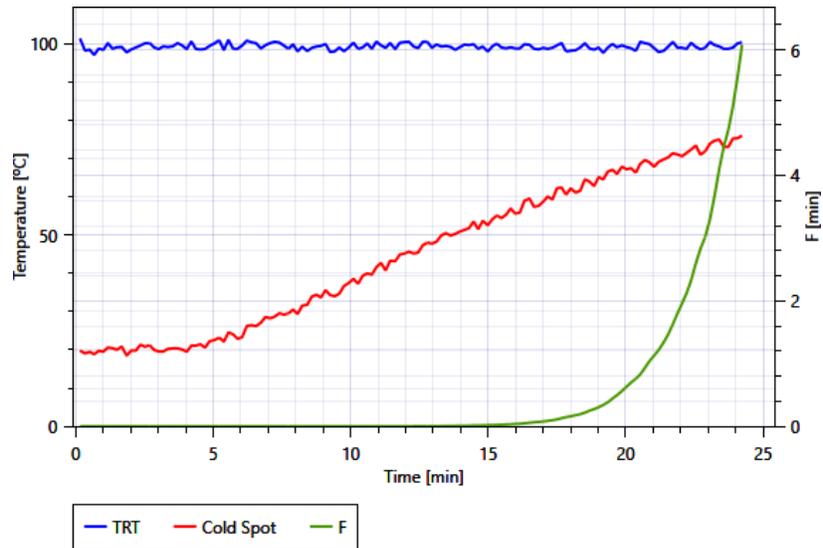


Figura 1.9: Diagrama modelado del comportamiento de la compota.

En caso de procesar con un TRT de 80°C, se tiene que al usar el tiempo de proceso original de 105 min se obtiene un  $F_{71,1}^{9,3} = 255$  minutos. Considerando que el  $F_{71,1}^{9,3}$  objetivo es 5,6 minutos, se obtiene como resultado que el proceso a 80°C requiere de 36,7 minutos de proceso para lograr un  $F=5,7$  minutos.

## 2. CONCLUSIÓN

Como parte del Objetivo N°2 del Plan Operativo, que señala “*Generar alternativas de valor agregado a la producción de membrillos a través de su transformación en productos saludables y tipo gourmet*”, se generaron diversos prototipos de snacks, chutneys y compotas en base al membrillo provisto por la Comunidad Indígena Quechua de Quipisca, quienes a través de dos visitas técnicas de CREAS a sus dependencias pudieron evidenciar los avances del proyecto y solicitar mejoras a los prototipos elaborados.

Así, se generaron diversas formulaciones de snacks farináceos, los cuales poseen un elevado porcentaje de membrillo, donde finalmente se seleccionó una variedad dulce – sabor canela, y una variedad salada – sabor orégano, los cuales posteriormente serán sometidos a evaluaciones sensoriales para ajustar ciertos parámetros como dulzor o intensidad de sabor, resultando en el prototipo final.

En cuanto a la preservación de los productos, se encuentra en marcha el estudio de vida útil de los snacks, tanto con el uso de preservantes como sin ellos, para determinar el envase idóneo y el tiempo de vida útil del producto. Debido a que la evaluación sensorial a realizar puede implicar sólo pequeñas modificaciones a la formulación seleccionada, el actual estudio se realiza con la fórmula seleccionada en este informe.

Por su parte, también se generó una batería de compotas de membrillo, de las cuales se seleccionó la correspondiente a membrillo – canela para la continuidad del proyecto. En el caso de los chutneys elaborados, se seleccionó el que contaba principalmente con membrillo y mango en su formulación, el cual será sometido a la evaluación sensorial para definir si es necesario o no la reducción de la proporción de mango en la formulación, con la finalidad de que el membrillo sea el ingrediente principal en la receta.

La preservación y estabilización de productos como el chutney y la compota de membrillo depende exclusivamente del tratamiento térmico asociado a su elaboración, el que debido a sus características de acidez, permite realizar una pasteurización convencional para asegurar la inocuidad. Los tiempos de esta etapa dependen también del tamaño de envase seleccionado, por lo que se realizarán nuevamente los estudios de penetración térmica una vez se haya convenido el tamaño definitivo de los envases.

### 3. ANEXO A. ISOTERMAS DE SORCIÓN

A continuación, se presenta el procedimiento para determinar las isotermas de sorción de los snacks elaborados. Para obtener los ambientes de humedades relativas constantes, se utilizan soluciones saturadas de ciertas sales, presentadas en la Tabla A.1.

Tabla A.1: Sales utilizadas para la realización de las isotermas de sorción, y su solubilidad a 38°C.

Sal	%Humedad relativa a 38°C
LiCl	11,1
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	31,9
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	43,4
NaBr	53,7
NaNO <sub>2</sub>	61,8
NaCl	75,1
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	79,1
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	85,6
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	91,1

#### Procedimiento

- Preparar las soluciones saturadas de sales, calentar en caso de que fuera necesario.
- Adicionar las soluciones saturadas a los recipientes de humedad relativa constante previamente rotulados, sin considerar duplicados para cada valor de humedad relativa.
- Colocar las muestras del alimento en capachos previamente secados, rotulados y pesados. Las muestras deberán estar deshidratadas previamente para determinar la curva de adsorción y húmedas para la curva de desorción.
- Disponer las muestras en los recipientes y cerrarlos con el sello adecuado (utilizando la tapa correspondiente del frasco).
- Introducir los recipientes a la estufa a la temperatura indicada.
- Las muestras expuestas a los diferentes ambientes de humedades relativas constantes se deberán pesar todos los días hasta que se alcance el equilibrio.
- Verificar diariamente que las soluciones estén saturadas en los recipientes (se debe observar la presencia de precipitado).
- Una vez alcanzado el equilibrio, se llevan las muestras a la estufa de secado para la determinación de la humedad.
- Graficar y modelar las curvas de sorción.

#### 4. ANEXO B. MÉTODO GENERAL DE BIGELOW PARA LA DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN DE COMPOTAS Y CHUTNEYS

Un producto estéril es aquel en donde no hay microorganismos viables, es decir, incapaces de reproducirse aún si se les propicia las condiciones óptimas para ello. Esterilizar un material es un proceso en el que se eliminan las esporas bacterianas; para el caso de un alimento se debe usar el término “esterilidad comercial”, pues esta condición difícilmente se alcanza para toda la microflora, mas sí debe lograrse para los microorganismos patógenos.

Por un tratamiento térmico, los microorganismos mueren con una velocidad de destrucción dada por la Ecuación B.1, donde N corresponde a la población microbiana en una unidad de masa o volumen, y k es una constante o velocidad de reacción, que depende del microorganismo y su medio externo, como ilustra la Ecuación B.2.

Ecuación B.1

$$\frac{dN}{dt} = -kN$$

Ecuación B.2

$$= k_0 e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

Donde  $k_0$  es un factor constante,  $E_a$  es la energía de activación, R es la constante universal de los gases y T es la temperatura absoluta.

Llamando  $N_0$  a la población inicial en el tiempo  $t=0$ , e integrando la Ecuación B.1, se obtiene la Ecuación B.3.

Ecuación B.3

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -k \int_0^t dt$$

Ecuación B.4

$$\ln N - \ln N_0 = -kt$$

Lo que también puede expresarse como muestra la Ecuación B.5.

Ecuación B.5

$$\log N - \log N_0 = -\frac{kt}{2,303} = \log \frac{N}{N_0}$$

De la Ecuación B.5 se desprende la relación entre el tiempo y la inactivación de los microorganismos a una determinada temperatura, tal como se observa en la Figura B.1.

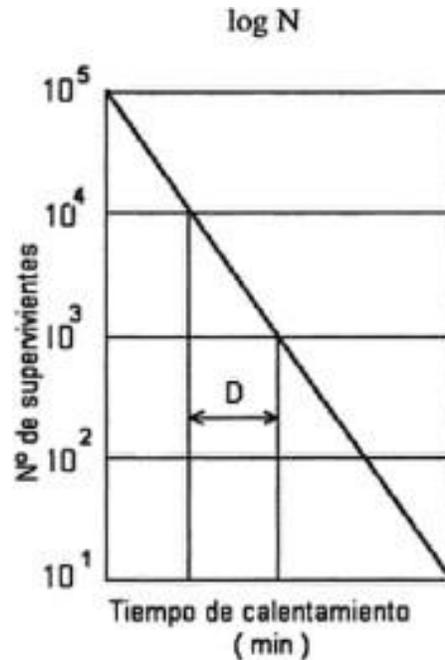


Figura B.1: Población microbiana en el tiempo para una temperatura T, también llamada curva de inactivación o de supervivencia.

Si se llama D al tiempo (minutos) para que la población microbiana original se reduzca a un décimo ( $N=N_0/10$ ), y aplicando a las ecuaciones anteriores se obtiene:

Ecuación B.6

$$\log N - \log N_0 = -\frac{kt}{2,303} = -\frac{kD}{2,303} = \log \frac{N}{N_0} = \log \left( \frac{N_0/10}{N_0} \right) = \log \left( \frac{1}{10} \right) = -1$$

Ecuación B.7

$$D = \frac{2,303}{k}$$

Expresando la variación de la población en términos del tiempo de reducción decimal D:

Ecuación B.8

$$= N_0 10^{-\frac{t}{D}}$$

En la Tabla B.1 se observa que los factores de D varían significativamente según se trate de células vegetativas o esporas. Así, el  $D_{65}$  (tiempo de reducción decimal a 65°C) de bacterias vegetativas como *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, hongos y levaduras, está entre 0,5 a 1,0 minutos, mientras que para varios tipos de esporas el  $D_{121}$  está entre 2 y 5 minutos.

Tabla B.1: Comparación del valor D para diferentes poblaciones microbianas.

GRUPO BACTERIAL	RESISTENCIA TÉRMICA APROXIMADA (MIN)
Alimentos de baja acidez o semi-ácidos (pH>4,5)	$D_{121}$
Termófilos	
Grupo de acidez estable ( <i>B.stearothermophilus</i> )	4,0-5,0
Grupo de deterioro gaseoso ( <i>C.thermosaccharolyticum</i> )	3,0-4,0
Productores de sulfuro ( <i>C.nigrificans</i> )	2,0-3,0
Mesófilos	
Putrefactores anaerobios	
<i>C.botulinum</i> (Tipos A y B)	0,10-0,20
Grupo <i>C.sporogenes</i> (incluyendo el PA.3679)	0,10-1,50
Alimentos ácidos (pH 4,0-4,5)	
Termófilos	
<i>B.Coagulans</i> (mesofílico facultativo)	0,01-0,07
Mesófilos	$D_{100}$
<i>B.polymixa</i> y <i>B.macerans</i>	0,10-0,50
Anaerobios butíricos ( <i>C.pasterianum</i> )	0,10-0,50
Alimentos de alta acidez (pH<4,0)	$D_{65}$
Bacterias mesofílicas no esporulada	
<i>Lactobacillus</i> spp., <i>Leuconostoc</i> spp., hongos y levaduras	0,50-1,00

Un segundo factor que afecta la supervivencia a los tratamientos térmicos es la acidez o pH del sustrato alimenticio. En la Tabla B.1 se nota fácilmente porqué los alimentos de baja acidez son los de mayor riesgo y son los que requieren tratamientos más estrictos, mientras que *Clostridium botulinum* no crece ni produce toxinas por debajo de 4,6 de pH.

Hay además otros factores que determinan la extensión del tratamiento térmico, como son las condiciones del calentamiento, las propiedades termofísicas del alimento, la forma y el tamaño del envase y las condiciones de almacenamiento del producto luego de ser tratado. Cada microorganismo tiene una temperatura óptima de crecimiento; por encima de ella comienza la

reducción de su población siguiendo una cinética de primer orden. Mientras haya menos población bacteriana inicial, se necesita suministrar menos energía para alcanzar la misma concentración final.

El tiempo necesario de esterilización para alcanzar un nivel seguro de concentración de microorganismos después de un tratamiento térmico depende del pH del alimento, que se relaciona a un microorganismo indicador específico. Este tiempo es conocido como “tiempo de muerte térmica (TMT o  $F_T$ )”.

Ecuación B.9

$$F_T = nD_T$$

Donde n es el número de reducciones decimales requeridas para la muerte térmica de una población particular a una temperatura dada.

Ecuación B.10

$$n = \log \left( \frac{N_0}{N} \right)$$

Junto con lo anterior, se tiene que el incremento de la temperatura en el producto durante la esterilización se relaciona con un aumento en la inactivación de la carga microbiana, obteniendo el gráfico mostrado en la Figura B.2, donde z corresponde a este gradiente de temperatura;  $z = T_2 - T_1$ .

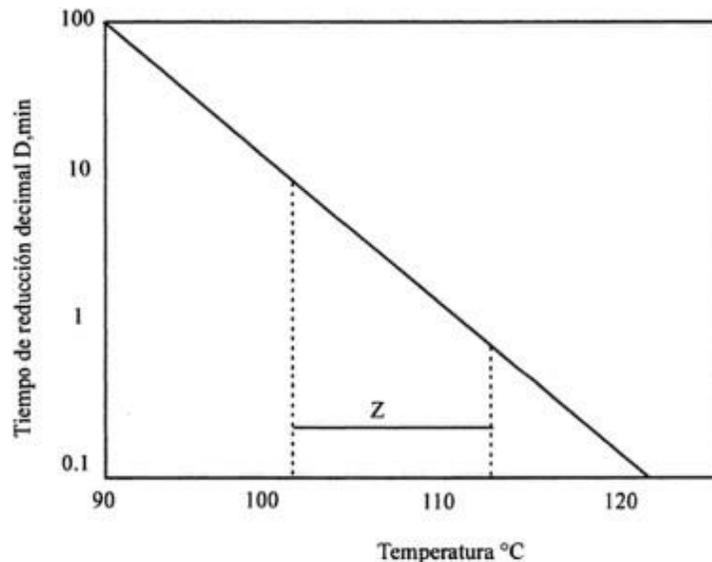


Figura B.2: Dependencia de D versus temperatura T.

### Método general de Bigelow para evaluación de la esterilización

Cuando se esteriliza en una retorta o autoclave, la temperatura no es constante en el tiempo, sino que varía continuamente con él, la expresión en este caso para el cálculo de  $F_0$  es:

Ecuación B.11

$$F_0 = \int_{t=0}^{t=t} 10^{\frac{T-T_r}{z}} dt = \int_{t=0}^{t=t} L(t) dt$$

$L(t)$  es una función del tiempo que algunos autores denominan Letalidad, otros Valor de destrucción biológica.

Para realizar el cálculo de  $F_0$ , primero se calculan los valores de  $L$  para cada valor de temperatura de la tabla de calentamiento. De esta forma, se grafica  $L$  contra el tiempo:

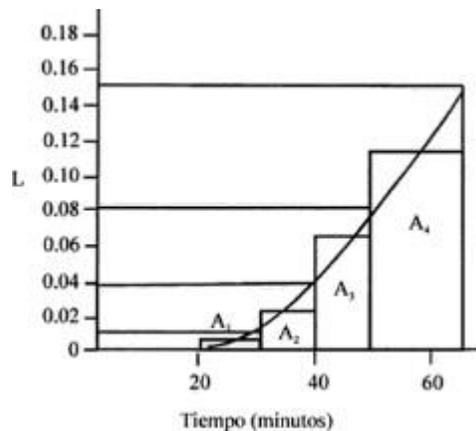


Figura B.3: Gráfica L versus tiempo.

De esta forma, la Ecuación B.11 queda resuelta como:

Ecuación B.12

$$F_0 = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$$

Los valores de  $F_0$  para un determinado producto recomendables se deben aproximar a los TMT del microorganismo indicador patógeno de cada alimento.