

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL

SEDE ATENAS

ÁREA DE TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN QUE GARANTICE EL
CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO LIOFILIZADOR TIPO
CONDUCTOR, QUE CUMPLA CON LOS ESTÁNDARES DEL SISTEMA DE
GESTIÓN DE CALIDAD

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

MARCELA MARÍA SALAZAR SOLÍS

SIRLEY MARÍA ZÚÑIGA RIVERA

ATENAS, COSTA RICA

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Marcela María Salazar Solís , portadora de la cédula de identidad número 2 0706 0160 y Sirley María Zúñiga Rivera, portadora de la cédula de identidad número 3 0459 0331, estudiantes de la Universidad Técnica Nacional, UTN, en la carrera de Ingeniería en Tecnología de Alimentos, conocedoras de las sanciones legales con que la Ley Penal de la República de Costa Rica castiga el falso testimonio y el delito de perjurio que pueda ocasionarse ante la Directora de Carrera y quienes constituyen el Tribunal Examinador de este trabajo de investigación, juramos solemnemente que este trabajo de investigación es una obra original, respetando las leyes y que ha sido elaborada, siguiendo las disposiciones exigidas por la Universidad Técnica Nacional, UTN, así como con los derechos de autor.

En fe de lo anterior, firmamos en la ciudad de Atenas, a los 23 días del mes de abril del dos mil diecinueve.



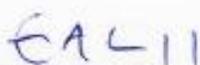
Marcela María Salazar Solís cédula 2 0706 0160



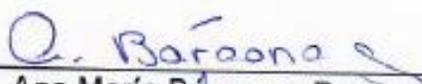
Sirley María Zúñiga Rivera cédula 3 0459 0331

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado por el Tribunal Evaluador como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Tecnología de Alimentos



Eduardo Barrantes Guevara
Director Investigación Sede Atenas



Ana María Bárcenas Parra
Directora de Carrera



Jonathan Vásquez Paniagua
Tutor del TFG



Carolina Herrera González
Lectora TFG



Jessica Murillo Rodríguez
Representante de la empresa

DEDICATORIA

A Dios principalmente por tantas cosas que me ha dado, por la oportunidad de vivir cada día y poder darme fortaleza, sabiduría y entendimiento, por las oportunidades que me ha brindado y enviarme ángeles de guía.

A mi familia porque en todo tiempo han estado juntos, apoyándome y principalmente comprendiéndome, gracias a ellos soy la persona que soy.

A mis compañeras de trabajo porque siempre estuvieron dispuestas a escucharme y aconsejarme en cualquier duda existencial que se presentara.

A mis amigos(as) que han estado para aclarar y solucionar problemas y a la vez por su motivación.

A la UTN, porque es una Universidad que presenta muchas oportunidades, y con ella he logrado dar este paso tan importante.

Sir

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por las oportunidades que me ha dado día tras día y por permitirme conocer la Universidad de la forma más hermosa, por las bendiciones que me ha dado al cursar cada etapa de la carrera Tecnología de Alimentos y principalmente por darme la sabiduría y entendimiento para desarrollar y finalizar este proyecto que a la vez me ha permitido ampliar conocimientos y experiencia.

Mi madre por todo su apoyo incondicional, por su tiempo y consejo para seguir adelante, por enseñarme a distribuir el tiempo para poder hacer las cosas mejor. Pase lo que pase en todo momento ella siempre ha estado a mi lado.

Mi Amiga Laura Rivera Torres, por la luz que transmite, porque por ella conocí la UTN y me tomó en cuenta para matricular juntas, por su motivación y ser siempre incondicional, por su ayuda y sus consejos.

A mis hermanos, compañeros y amigos que estuvieron durante el proceso del desarrollo del proyecto siempre aportando su motivación y su compañía.

A Marcela Salazar Solís amiga y compañera de universidad, de trabajo y de proyecto final de graduación, por su paciencia por su esfuerzo y trabajo en equipo.

A Jessica Murillo Rodríguez jefa inmediata por toda la ayuda que me ha brindado, por transmitir todos sus conocimientos y ayudarme a crecer profesional y personalmente.

A mi tutor Jonathan Vásquez Paniagua tutor de este proyecto quien ha estado pendiente del proceso de este proyecto y siempre estuvo dispuesto ayudar y corregir de la mejor forma.

A los profesores en general y a la Universidad Técnica Nacional por todos los conocimientos que me han aportado y la inducción durante la carrera en todas las áreas.

Sir

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por ser tan bueno conmigo y a mis padres; Elizabeth Solís y Gilberth Salazar por todo su esfuerzo, los valores, el apoyo incondicional que me dan dado toda mi vida y formar la persona que soy, por ser los mejores padres, educarme de la mejor manera y mi perfecto ejemplo a seguir, los amo con toda mi alma.

A mis hermanos Steven y Rubén por ser excelentes hermanos e incondicionales en mi vida, los amo.

A todos mis familiares; en especiales a mis Abuelos Flora Rojas y Amable Salazar por ser siempre importantes en mi vida y alegrarse de los logros obtenidos.

Dedico este proyecto a todas las personas importantes en mi vida que siempre me han apoyado a seguir cumpliendo metas, se alegran de corazón y llenan mi vida de mucha luz.

A las personas que a lo largo del proyecto siempre tuvieron los mejores deseos hacia nosotras.

Marce

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida y lograr lo que siempre anhelé. Agradezco a mis padres, mis hermanos, mis familiares, mis amigas y amigos del alma. Agradezco a Dios y a la vida por estudiar en la Universidad Técnica Nacional Sede Atenas y conocer personas con un corazón hermoso y humilde que formaran parte de mi corazón el resto de mi vida.

Agradezco a mi compañera Sirley, por la confianza brindada, por su actitud siempre positiva durante todo el proyecto, su dedicación, por las horas de esfuerzo y sacrificios; en especial por nunca darnos por vencidas y terminar una etapa importante juntas.

Agradezco a mi jefa Jessica Murillo por darnos la confianza de realizar este proyecto, por ser una excelente mujer y profesional. Por los permisos y apoyo incondicional brindados para lograr terminar nuestra carrera. Agradezco a Iveth y Vale por siempre apoyarnos y sus buenos deseos de corazón durante todo el proyecto.

A Jonathan nuestro Tutor, por todo el tiempo que nos brindó, su ayuda incondicional, compromiso y responsabilidad a lo largo de este proceso.

A Carolina, por su actitud siempre positiva, el apoyo e interés brindado durante el proyecto, su compromiso y responsabilidad.

A la Compañía Alimentos Cook S.A, por dejarnos realizar nuestro proyecto en esta hermosa empresa y siempre brindarnos lo necesario para lograr los objetivos establecidos.

Marce

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es estudiar el efecto de la presión, temperatura y tiempo en cada una de las etapas del proceso de liofilización las cuales son; congelación, sublimación y calefacción durante el procesamiento de frutas en el equipo Liofilizador FD-200, luego de las pruebas experimentales y su análisis, se establecen los criterios para el cumplimiento de los estándares de calidad e inocuidad desde la recepción de materia prima hasta producto terminado.

Una vez analizados los efectos mencionados durante el proceso con gran variedad de fruta; se establece el manejo adecuado para el procesamiento de frutas según su porcentaje de agua, porosidad, maduración, tamaño y distribución de fruta en bandejas de la cámara del equipo liofilizador.

La fruta liofilizada obtenida en el equipo liofilizador FD-200 cumple con los criterios sensoriales y fisicoquímicos establecidos por la Compañía Alimentos Cook; se establece un porcentaje máximo de 5% humedad en producto terminado.

Además, se busca sustituir la fruta liofilizada adquirida procedente de los Estados Unidos, por lo cual, se realizan pruebas de aceptabilidad de producto comparando el producto mencionado contra el producto obtenido y aceptado por Alimentos Cook S.A. para evitar la importación.

Finalmente, se crea toda la documentación pertinente para incluir el proceso de Liofilizado al Sistema de Gestión de la compañía Alimentos Cook. S.A.; tales como el Manual para el uso del equipo liofilizador, el diagrama de flujo y su respectivo instructivo, ordenes de producción, registros de inspección de proceso, entre otros.

Una vez analizados los resultados, se recomienda que, para el cumplimiento criterios de producto terminado, se verifiquen las condiciones del proceso establecidas, implementando el manejo adecuado de cada tipo de fruta a procesar y el manejo establecido para el equipo liofilizador FD-200.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	16
1.1	Justificación	16
1.2	Problemática	18
1.3	Objetivos	20
1.3.1	Objetivo General.....	20
1.3.1.1	Objetivos Específicos.....	20
1.4	Alcances y Limitaciones.....	21
1.4.1	Alcances.....	21
1.4.2	Limitaciones.....	21
2.	MARCO CONCEPTUAL.....	22
2.1	Antecedentes	22
2.2	Liofilización como método de conservación de alimentos.....	23
2.3	Liofilización	24
2.4	Origen de la liofilización	25
2.5	Punto Triple.....	25
2.6	Diagrama de fases del agua.	25
2.7	Etapas de la liofilización	26
2.7.1	Congelación.....	26
2.7.2	Tratamiento térmico de muestras congeladas Annealing.....	27
2.7.3	Secado primario	27
2.7.4	Secado Secundario	28
2.8	Rehidratación de productos deshidratados.....	28
2.9	Contenido de vitamina C y porcentaje de agua en frutas.....	29
2.10	Análisis sensorial	30
2.10.1	Pruebas de aceptación.....	31
2.10.2	Prueba Hedónica.....	31
3.	MARCO METOLOGICO.....	32
3.1	Enfoque de investigación	32
3.2	Tipo de investigación	33

3.2.1	Exploratoria	33
3.2.2	Descriptivo.....	33
3.2.3	Experimental.....	34
3.3	Fuentes de información.....	34
3.4	Instrumentos y Técnicas de recolección de datos.....	35
3.5	Procedimientos metodológicos de la investigación.....	36
3.5.1	Localización.....	36
3.5.2	Equipo liofilizador	36
3.5.3	Caracterización de la materia prima	37
3.5.4	Equipos, instrumentos y materiales.....	38
4.	ANALISIS DE RESULTADOS.....	40
4.1	Estudio del efecto de la presión y temperatura en el proceso de liofilización.....	40
4.1.1	Congelación.....	41
4.1.1.1	Oportunidades de mejora observadas en el proceso de congelación.....	50
4.1.2	Sublimación.....	51
4.1.2.1	Oportunidades de mejora observadas en el proceso de sublimación	60
4.1.3	Calefacción.....	61
4.1.3.1	Oportunidades de mejora observadas en el proceso de calefacción	70
4.2	Variables del proceso requeridos para garantizar la calidad del producto final. 71	
4.2.1	Caracterización de fruta fresca.....	71
4.2.2	Caracterización de frutas liofilizadas	73
4.2.3	Determinación de capacidad de rehidratación (RR) de frutas.	75
4.3	Variables de salida de frutas liofilizadas	77
4.3.1	Prueba de aceptación #1 fresa obtenida liofilizada recubierta con chocolate versus fresa liofilizada importada recubierta con chocolate.	78
4.3.2	Prueba de aceptación #2 Cereal para desayuno con fresa liofilizada en forma de cubos versus cereal para desayuno con fresa liofilizada rebanada	80

4.3.3	Prueba de Aceptación #3 Arándano Liofilizado CR versus Arándano Liofilizado USA	82
4.3.4	Prueba de Aceptación #4 Arándano Liofilizado CR recubierto con chocolate versus Arándano Liofilizado USA recubierto con chocolate	85
4.3.5	Comparación microscópica de fruta fresca versus fruta liofilizada	88
4.3.6	Análisis de Vitamina C en fruta fresca y liofilizada.	89
4.4	Documentación pertinente al proceso de liofilización.....	92
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1	Conclusiones.....	94
5.2	Recomendaciones	95
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	96
	ANEXOS	100

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Contenido de vitamina C y porcentaje de agua en frutas	30
Tabla 2 Información del Equipo Liofilizador Kemolo FD-200.....	37
Tabla 3 Resultados etapa de Congelación mes de junio 2018.....	42
Tabla 4 Resultados etapa de Congelación mes de Julio 2018.....	44
Tabla 5 Resultados etapa de Congelación mes de Octubre/noviembre 2018.....	46
Tabla 6 Resultados etapa de Congelación mes enero 2019.....	48
Tabla 7 Resultados etapa de Sublimación mes de junio 2018.....	52
Tabla 8 Resultados etapa de Sublimación mes de Julio 2018.....	54
Tabla 9 Resultados etapa de Sublimación mes de Octubre/noviembre 2018.....	56
Tabla 10 Resultados etapa de Sublimación mes de enero 2019.....	58
Tabla 11 Resultados etapa de Calefacción mes de Junio 2018.....	62
Tabla 12 Resultados etapa de Calefacción mes de Julio 2018.....	64
Tabla 13 Resultados etapa de Calefacción mes de Octubre/noviembre 2018.....	66
Tabla 14 Resultados etapa de Calefacción mes de enero 2019.....	68
Tabla 15 Análisis fisicoquímicos a materia prima.....	71
Tabla 16 Variabilidad y Manejo de Materia Prima.....	73
Tabla 17 Análisis fisicoquímicos a fruta liofilizada.....	74
Tabla 18 Análisis de capacidad de rehidratación de frutas liofilizadas.....	76
Tabla 19 Muestras de frutas - Prueba de Aceptabilidad número #1.....	78
Tabla 20 Muestras de fresa liofilizada para prueba de aceptabilidad.....	81
Tabla 21 Muestras de arándano en prueba de Aceptabilidad #3.....	83
Tabla 22 Muestras para prueba de aceptación #4.....	85
Tabla 23 Comparación microscópica entre fruta fresca y fruta liofilizada.....	88

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Diagrama de Fases del agua.....	26
Gráfico 2 Congelación mes de junio 2018.....	43
Gráfico 3 Congelación mes de julio 2018.....	45
Gráfico 4 Congelación octubre/noviembre 2018.....	47
Gráfico 5 Congelación enero 2019.....	49
Gráfico 6 Sublimación junio 2018.....	53
Gráfico 7 Sublimación julio 2018.....	55
Gráfico 8 Sublimación octubre/noviembre 2018.....	57
Gráfico 9 Sublimación enero 2019.....	59
Gráfico 10 Calefacción junio 2018.....	63
Gráfico 11 Calefacción julio 2018.....	65
Gráfico 12 Calefacción octubre/noviembre 2018.....	67
Gráfico 13 Calefacción enero 2019.....	69
Gráfico 14 Promedio general nivel de agrado - Prueba de aceptabilidad #1.....	79
Gráfico 15 Preferencia por apariencia general - Prueba aceptabilidad #1.....	79
Gráfico 16 Promedio general de agrado -Prueba de aceptabilidad #2.....	81
Gráfico 17 Preferencia por apariencia - Prueba de aceptabilidad #2.....	82
Gráfico 18 Promedio general de agrado - Prueba aceptabilidad #3.....	84
Gráfico 19 Preferencia por apariencia- Prueba de aceptabilidad #3.....	84
Gráfico 20 Promedio general nivel de agrado- Prueba de aceptabilidad #4.....	86
Gráfico 21 Preferencia por sabor - Prueba de aceptabilidad #4.....	86
Gráfico 22 Preferencia por textura - Prueba de aceptabilidad #4.....	87
Gráfico 23 Comparación de Vitamina C en fruta fresca y fruta liofilizada.....	89
Gráfico 24 Vitamina C en 100 gramos de producto.....	91
Gráfico 25 Vitamina C en porción de 40 g de producto.....	91

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Arándano Liofilizado Rehidratado	77
--	----

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Panel sensorial Alimentos Cook S.A	101
Anexo 2 Hoja de evaluación sensorial.....	102
Anexo 3 Bitácora de pruebas	103
Anexo 4 Operación del equipo liofilizador	104
Anexo 5 Diagrama de flujo proceso liofilizado	119
Anexo 6 Instructivo Descripción de proceso y parámetros para liofilización	120
Anexo 7 Registro control de proceso de inspección de liofilizado	125
Anexo 8 Anexo Registro control del liofilizador de producción	126
Anexo 9 Especificaciones Técnicas de Producto Terminado	127
Anexo 10 Fresa fresca y fresa que no se liofilizó correctamente	131
Anexo 11 Kiwi fresco y Kiwi correctamente liofilizado	131
Anexo 12 Mango fresco y Mango liofilizado	131
Anexo 13 Piña fresca y piña liofilizada	132
Anexo 14 Arándano fresco, liofilizado con agujero y liofilizado entero	132
Anexo 15 Análisis de Vitamina C fresa fresca	133
Anexo 16 Análisis de Vitamina C fresa Liofilizada.....	134

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se contempla la importancia de la conservación de alimentos y menciona la liofilización como proceso a desarrollar. Además, se describen la justificación del proyecto, problemática, objetivos, alcances y limitaciones de este.

1.1 Justificación

Actualmente, los métodos de conservación de alimentos basados en el proceso de deshidratación han sido utilizados a través del tiempo por la industria alimentaria, con el objetivo de extender la vida útil y así generar mayor aprovechamiento; específicamente de aquellos alimentos, como las frutas, que son altamente perecederos al presentar un tiempo menor de 20 días antes de iniciar la etapa de senescencia, lo cual influye de manera directa en la pérdida de las características sensoriales ideales para su consumo. En respuesta a esto, el ser humano ha experimentado con procesos de conservación natural y estos han evolucionado hasta obtener procesos con tecnología más avanzadas, tal es el caso del proceso de liofilización. A pesar de que este es un método de conservación de alimentos descubierto y desarrollado hace cientos de años atrás por los Incas, actualmente es un proceso poco utilizado a nivel nacional, el cual puede ser explorado con el objetivo de incluir dentro del mercado productos liofilizados alternativos.

El proceso de liofilizado implica la conservación de los alimentos manteniendo sus características nutricionales iniciales prácticamente intactas (Badui, Química de los Alimentos, 2006). Debido a que el impacto de la liofilización sobre las características nutricionales y sensoriales de los productos es bajo, se convierte en un proceso de interés para la compañía Alimentos Cook S.A, ya que este es uno de los objetivos de la empresa al comercializar las frutas con sus propiedades;

además, considerando que este tipo de productos presentan una vida útil de 3 a 4 años aproximadamente aplicando condiciones de almacenamiento adecuadas.

La compañía de Alimentos Cook S.A. cuenta con un equipo de liofilización de tipo conductor con el objetivo inicial de procesar frutas; sin embargo, no se cuenta aún con un procedimiento para llevar a cabo este proceso acoplado al producto final que se desea obtener cumpliendo con todos los aspectos de inocuidad que establece la industria alimentaria y los aspectos de calidad señalados por gerencia general en este caso.

El efecto de la presión y la temperatura en todas las etapas de proceso de la liofilización son variables que influyen directamente en las características sensoriales finales de la fruta liofilizada, radica en estandarizar la calidad de esta al finalizar el proceso; como parte de los procesos experimentales, es crucial realizar mediciones de acuerdo con lo recomendado por el fabricante del equipo, sin embargo, la variación de la materia prima se torna un aspecto relevante y complejo, por lo cual un periodo de pruebas es esencial en estos productos tan complejos.

Para obtener un proceso de liofilización adecuado que garantice el cumplimiento de los aspectos nutricionales, sensoriales y fisicoquímicos de la fruta final, rentabilidad económica para la empresa y que el equipo logre cumplir con los requerimientos necesarios para el desarrollo idóneo; se deben estandarizar los procedimientos, por lo que se requiere de un periodo de pruebas minuciosamente controlado para obtener la calidad de las frutas esperadas mediante análisis de calidad y pruebas de aceptación de producto, además, valorar las condiciones de trabajo en dicha área.

Por otro lado, cabe resaltar que actualmente es muy común que las tendencias alimentarias influyan de manera directa o indirecta en la alimentación cotidiana, en este sentido, la Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER, 2017) señala lo siguiente:

En una sociedad en constante cambio que afecta las necesidades del consumidor y fomenta la aparición de nuevas tendencias, preferencias por lo natural y saludable van a continuar marcando el desarrollo de nuevos productos y la evolución hacia nuevas formas, otras irrumpen en el panorama actual. (párr. 2)

Por lo cual, el proceso de liofilizar viene a contribuir con esta obtención de alimentos con niveles de valores nutricionales propios del fruto, por lo tanto, este proceso es conveniente y relacionado con las tendencias que promueven una alimentación saludable e innovadora, por cual está ligado a la línea de desarrollo de productos de la compañía Alimentos Cook S.A. logrando suplir la necesidad de frutas liofilizadas tanto para el mercado nacional e internacional y ser futuros maquiladores.

1.2 Problemática

Actualmente, la compañía Alimentos Cook cuenta con un liofilizador tipo conductor con una capacidad de 200 kg, el cual será utilizado para procesar inicialmente frutas. Sin embargo, no se cuenta con personal capacitado para poner en marcha el uso del liofilizador ni la documentación necesaria que indique las condiciones y características que se deben considerar para inicial el proyecto.

Al ser una línea de proceso nueva, no se cuenta con ningún tipo de información incluida en el sistema de gestión de calidad por lo cual se debe iniciar con la creación e implementación de documentos pertinentes de todos los departamentos involucrados.

Por otro lado, los consumidores se han inclinado por el consumo de alimentos naturales y de fácil preparación, y lo más importante, que sean nutritivos lo cual pone en evidencia que el método de liofilización es capaz de suplir las tendencias actuales; en este caso, frutas.

A pesar de que el proceso de liofilización es costoso, con el paso del tiempo se recupera lo invertido. Por esta razón, el proceso de liofilización debe optimizarse a

tal punto que pueda existir eficacia en el tiempo, rendimiento y abordar las exigencias de los consumidores, los cuales en la actualidad optan por un consumo más sano y natural.

Por consiguiente, en este caso se considera ofrecer al consumidor una fruta liofilizada la cual esté disponible en cualquier época del año, que posea sus características sensoriales como sabor, color y que pueda ser nutricionalmente estable. Por ello, la compañía se ha visto obligada a realizar inversiones importantes para mejorar sus procesos y así es como nació la idea de comprar un liofilizador y ponerlo en marcha, pues los productos liofilizados han empezado a tener demanda importante en el mercado.

Actualmente, la compañía de Alimentos Cook S.A ofrece en el mercado nacional frutas liofilizadas recubiertas de chocolate, la fruta liofilizada se ha importado desde el inicio del proyecto, ya que, a nivel nacional no existen empresas que produzcan bajo este sistema en cantidades necesarias para la compañía, únicamente existe una pequeña empresa a nivel nacional que provee el kiwi liofilizado pero la misma pertenece a la compañía que actualmente suministra las frutas provenientes de los Estados Unidos. Por esta razón, la empresa opta por la compra del equipo, disminuyendo así los costos de importación y beneficiando al productor nacional al adquirir sus cosechas en variedad de frutas. También se minimizan criterios de control de calidad, por ejemplo; la forma de la fruta la cual tiene que tener un tamaño estándar y en ocasiones no ingresa como se solicita.

Además, hay que mencionar que no solo se requiere la fruta liofilizada para el producto anteriormente mencionado, sino, para un nuevo desarrollo de una línea de productos como snacks, subproductos para cereales y maquila para otras compañías interesadas en el proceso de liofilización de frutas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Implementar el proceso de liofilización de fruta en la compañía Alimentos Cook S.A., para garantizar el correcto funcionamiento del equipo liofilizador tipo conductor, que cumpla con los estándares del sistema de gestión de calidad.

1.3.1.1 Objetivos Específicos

- Identificar los efectos de la presión y temperatura en las etapas de liofilización para determinar el impacto en las variables de la calidad de la fruta.
- Definir el marco referencial de las variables del proceso requeridas para garantizar la calidad del producto final.
- Garantizar el cumplimiento de las variables de salida de la fruta liofilizada obtenida en el liofilizador tipo conductor para la aceptación de producto final.
- Establecer documentación pertinente al proceso de liofilización que garantice la ejecución y cumplimiento de los estándares de calidad e inocuidad en la industria alimentaria.

1.4 Alcances y Limitaciones

1.4.1 Alcances

Para la ejecución de este proyecto, se proponen los siguientes alcances:

- Desarrollo del proceso de liofilización de frutas para el procesamiento interno en la compañía Alimentos Cook S.A.
- Pruebas de aceptación hedónicas de producto liofilizado.
- Creación de documentación oficial para el sistema de gestión de inocuidad y calidad.

1.4.2 Limitaciones

- Procesamiento de algunas frutas solo en temporada.
- Condiciones de manejo e ingreso y variabilidad de materia prima (frutas).
- Infraestructura, materiales, equipos idóneos de apoyo para el proceso.
- Condiciones ambientales.

2. MARCO CONCEPTUAL

El presente capítulo muestra información consultada del proceso de liofilización de alimentos.

2.1 Antecedentes

En 2016 fue presentada, en la Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, la formulación del proceso de liofilización en frutas y hortalizas como valor agregado a su presentación a mercados tipo exportación por Maritza López Martínez como requisito para optar el título de Candidata Especialista a Gerencia Integral de Proyectos, Ingeniera de Mercados.

El trabajo de investigación presentado consistió en la estipulación de requisitos que son necesarios para implementar el proceso de acuerdo con las normas de calidad en cuanto a la manipulación de alimentos. Se plantearon resultados que evidencian que el proceso de liofilización es un proceso crítico al ser todas las actividades dependientes una de otras y que según el tipo de fruta u hortaliza a liofilizar conforme a sus características fisicoquímicas. Además, incluye información acerca de requisitos necesarios para su implementación, metodología, documentos, secuencias de procesos y algunos costos necesarios.

Este trabajo menciona que los costos de la implementación para la liofilización son considerables, sin embargo, al tener en cuenta la expansión de mercado que se puede lograr con el producto, dichos costos pueden recuperarse a mediano plazo.

Por otro lado, se tiene que, en 2010 fue presentado un proyecto en la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia Liofilización de Pitahaya Amarilla (*selenicorius megalanthus*) por Alfredo Ayala, Liliana Serna y Esmeralda Mosquera para la revista de la Facultad de Química Farmacéutica.

Los autores en el proyecto explican la importancia de la liofilización y el interés como método de conservación, además evalúan el efecto de la liofilización y osmoliofilización sobre las cinéticas de congelación y de secado, la actividad de agua (A_w), el volumen, la porosidad y la capacidad de rehidratación en rodajas de pitahaya amarilla. Se explican en las pruebas realizadas que ambos métodos tienen diferencias y que el tratamiento de liofilización fue adecuado para la conservación de las rodajas, pues permitió reducir actividad de agua por debajo de 0.40 conservó significativamente el volumen y presentó alta capacidad de rehidratación, lo cual es importante, ya que garantiza que el proceso de liofilización es eficiente y cumple con los aspectos de calidad.

2.2 Liofilización como método de conservación de alimentos

Respecto a la importancia de la conservación de los alimentos por medio de procesos innovadores de aplicación, Alzate (2008) resalta:

Dentro de las numerosas alternativas para la producción de materiales de valor agregado que permitan destinar la parte de las cosechas que no pueden ser comercializadas en fresco, se encuentran dos opciones que son de interés. La primera de ellas es la congelación, tecnología muy conocida que data, en sus primeras aplicaciones industriales, de mediados del siglo XIX. En los países en desarrollo el uso de preservación por congelación es muy generalizado sobre todo en los centros urbanos. La liofilización es, de otro lado, una forma de secar relativamente exótica, que tiene como aplicación más conocida la producción de café soluble. Para otros productos vegetales el uso de esta opción de secado ha estado limitado por la elevada inversión que se requiere para adquirir los equipos y por los costos de producción comparativamente superiores respecto de los de otras formas de deshidratación. (p. 8)

La deshidratación es una de las técnicas más utilizadas por el ser humano para la conservación alimentos y así asegurar su subsistencia. Haciendo mención de lo

anterior, Marín (2008) destaca que esta técnica de conservación trata de preservar la calidad de los alimentos bajando la actividad de agua (A_w) mediante la disminución del contenido de humedad del producto, evitando así el deterioro y contaminación microbiológica de los mismos durante el almacenamiento afectando por supuesto directamente la inocuidad de este.

Por lo cual, mencionar varios métodos de deshidratación o combinación de estos, tales como secado solar, aire caliente, microondas, liofilización, atomización, deshidratación osmótica, entre otro. No obstante, para obtener alimentos deshidratados de buena calidad es imprescindible estudiar en detalle los fenómenos de transferencia de materia y energía involucrados en el proceso, como los cambios producidos a nivel estructural (porosidad, firmeza, encogimiento, densidad) y las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en el momento del proceso (oxidación, enzimáticas, no enzimáticas, desnaturalización).

2.3 Liofilización

En este sentido, Alzate (2008) define el concepto de la siguiente manera:

La liofilización es un proceso de secado mediante sublimación. Se ha desarrollado con el fin de reducir las pérdidas de los compuestos responsables del sabor y el aroma en los alimentos, los cuales se pierden durante los procesos convencionales de secado. El proceso de liofilización consta principalmente de dos pasos; el primero consiste en congelar el producto y en el segundo paso el producto es secado por sublimación directa del hielo bajo presión reducida. (p. 57)

Como lo menciona Badui (2006), el agua se elimina por sublimación siendo esta una conversión de sólido a gas sin pasar por líquido y no de manera tradicional de evaporación, en la Ilustración 1 Diagrama de fases del agua se muestra el proceso primeramente de una congelación rápida del producto esto produce un

tipo de hielo amorfo que brinda una fácil extracción del agua, luego, la presión dentro del equipo inicia a reducirse fuertemente por debajo del punto triple y finalmente se aplica calor por irradiación en cantidades pequeñas que son suficientes para provocar una sublimación.

2.4 Origen de la liofilización

En cuanto a la parte de los inicios del proceso de liofilización fue descubierto por la población Inca que observaron el proceso. Un proceso rudimentario de liofilización fue inventado por los Incas para la fabricación del chuño (papa liofilizada) y Charqui (carne de llama), 200 años a. C. y aprovechado posteriormente por los vikingos para la conservación del pescado arenque. A la mitad del siglo XIX reaparece en escena este procedimiento por la necesidad de conservación de tejidos animales y vegetales debido a los trabajos de Pasteur y otros científicos. En 1943, el profesor Alexander Fleming le atribuyó formalmente el nombre de liofilización a este proceso. (Navas J. R., 2006, pág. 8)

2.5 Punto Triple

De acuerdo con lo mencionado por Badui (2006), el agua a una atmósfera de presión, los distintos tres estados físicos dependen de la temperatura, por lo que a $< 0^{\circ}\text{C}$ el agua se convierte en hielo y a $> 100^{\circ}\text{C}$, como vapor; sin embargo, a una presión de 4.579 mm de mercurio y a 0.0099°C (en el llamado punto triple), se considera que los tres estados se encuentran simultáneamente en equilibrio.

2.6 Diagrama de fases del agua

a) A continuación, se presenta el gráfico 1 Diagrama de fases del agua, proceso químico que ocurre durante la liofilización. Congelación, b) Reducción de la presión, c) Sublimación, d) Evaporación. La ruta a-b-c muestra el proceso de liofilización.

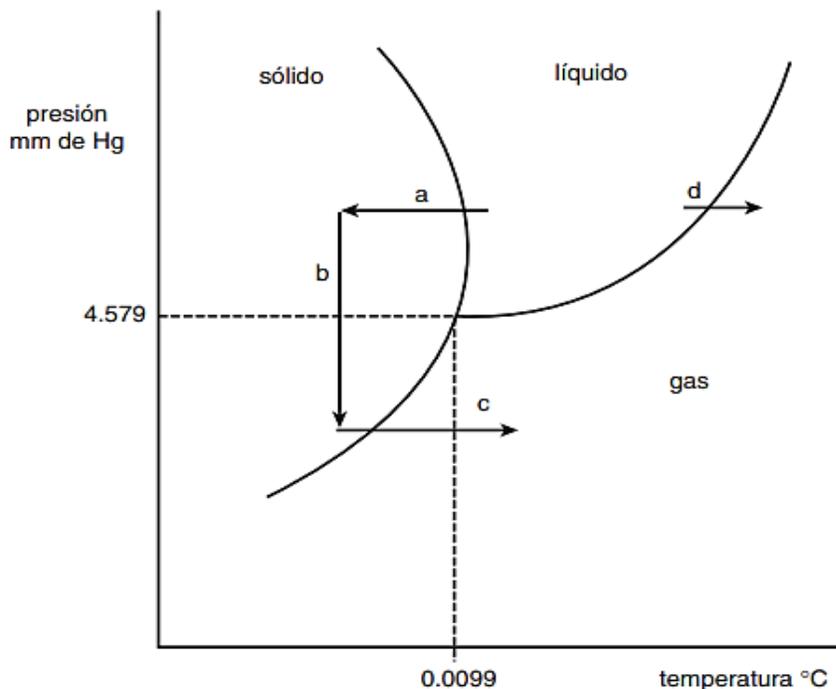


Gráfico 1 Diagrama de Fases del agua

Fuente: (Badui, 2006)

2.7 Etapas de la liofilización

A continuación, se describen las 3 etapas que se ven involucradas en el proceso de liofilización de alimentos.

2.7.1 Congelación

La congelación es el proceso de preservación originado por la reducción de la temperatura por debajo de aquella en la que se comienzan a formar cristales en un material alimenticio. Como operación previa a la liofilización influye determinantemente en características tales como el color y la densidad del producto final, así mismo en la velocidad de sublimación. (Alzate, 2008, pág. 10)

2.7.2 Tratamiento térmico de muestras congeladas Annealing.

Relacionado con el concepto de Annealing (recocido) como un tratamiento de congelación de muestras Alzate (2008) hace referencia a una congelación lenta del alimento que incrementa la formación de grandes cristales y, a su vez, es beneficioso en el proceso de liofilización; pero cabe destacar que para mantener la integridad de la membrana celular esta situación representa una gran desventaja, pues los cristales las rompen con las consecuencias en la preservación de la estructura original del material; por lo contrario, al aumentar la velocidad de congelación, hace que se produzcan microcristales que causan poco daño a las membranas celulares; sin embargo, esta condición hace difícil retirar el agua en el secado.

El tratamiento térmico (annealing) a la utilización de velocidades de congelación menores que favorecen la formación de mayores cristales de hielo y, consecuentemente, mayor porosidad del producto y facilidad de secado. (Alzate, 2008, pág. 31)

2.7.3 Secado primario

Según lo menciona Alzate (2008), se define esta etapa de la siguiente manera:

En esta primera etapa el hielo se retira de la muestra mediante sublimación desde la fase sólida a la gaseosa. Mientras se disponga de un sistema que constantemente retire este vapor, el proceso de secado por sublimación continuará hasta que se agote el hielo presente. Este papel lo cumple en un liofilizador el condensador (o mejor desublimador), elemento del equipo que ofrece una superficie suficientemente fría como para que el vapor de agua pase nuevamente a la fase sólida. (p. 59)

2.7.4 Secado Secundario

En cuanto al secado secundario, Alzate (2018) menciona que en esta etapa es donde las porciones remanentes de agua no congelada, los que no subliman en la primera etapa del secado, lo hacen por evaporación en la segunda etapa al incrementarse la temperatura de la matriz del alimento. Es importante considerar que las partes secas de la muestra que se liofiliza pueden comenzar su secado secundario, aunque haya presencia en el alimento de hielo que sublima en fase primaria; mientras estas dos fases coexistan, y debido que el hielo que sublima enfría la estructura, permanece controlada la temperatura del alimento. Cuando desaparece la última porción de hielo, se presenta un incremento de la temperatura.

2.8 Rehidratación de productos deshidratados

La rehidratación de los liofilizados es muy sencilla, y con ella se obtienen alimentos con propiedades sensoriales (aroma, textura, sabor, etcétera) y contenido vitamínico muy semejantes a los de las materias primas. (Badui, 2006, pág. 30)

El rehidratar un alimento liofilizado de manera ideal brinda información sobre la calidad final del producto. En este sentido Marín, Lemus, Flores, Vega (2006) mencionan lo siguiente:

Un objetivo fundamental de una correcta rehidratación de un producto deshidratado es poder reconstituir el alimento lo más parecido posible a su estado en fresco, pero no son sólo los criterios de calidad los que se deben tener en cuenta, sino también el método de secado utilizado y las condiciones operacionales elegidas.

En cuanto a las propiedades de calidad importantes de un alimento que ha sido rehidratado, menciona Marín (2006) que se involucran las propiedades estructurales (densidad, porosidad, tamaño poro, volumen específico), ópticas

(color y apariencia), texturales (fuerza de compresión, relajación, tensión), mecánicas (estado del producto: cristalino, elástico, vítreo), propiedades sensoriales (aroma, sabor, color) y propiedades nutricionales (contenido de vitaminas, proteínas, azúcares, entre otras). La evaluación de todas o alguna de estas propiedades depende de los parámetros a considerar para un mercado específico.

2.9 Contenido de vitamina C y porcentaje de agua en frutas.

En muchos casos, los procesos térmicos son sinónimo de pérdidas nutricionales en el producto, un caso muy frecuente es la pérdida de vitamina C que en muchos procesos se degrada con facilidad por ser una de las más sensibles, por esta razón, se realiza un análisis de vitamina C que permita comprobar que la liofilización es un método apropiado que mantiene sus características nutricionales en un mayor porcentaje que un método de deshidratación convencional.

A continuación, se presenta información sobre el contenido de vitamina C y porcentaje de agua en frutas, contemplando parte de las frutas a procesar respecto a sus porcentajes de vitamina C (mg/100 gramos de porción comestible) y porcentaje de agua como referencia, después de la obtención de frutas liofilizadas.

Tabla 1 Contenido de vitamina C y porcentaje de agua en frutas

Código	Nombre	Vit C (mg)	% Agua
12010	Banano maduro	9	74,91%
12015	Carambola	34	91.38%
12022	Coco	3	46.99%
12042	Fresa o frutilla	59	90.95%
12050	Guanábana	21	81.16%
12069	Kiwi, fruta fresca	93	83.07%
12080	Mango maduro	53	83.50%
12081	Mango verde	128	87.60%
12084	Manzana fruta criolla sin cáscara	8	84.70%
12100	Mora / zarzamora	21	88,15%
12112	Papaya lechosa madura, pulpa	63	88.83%
12125	Piña fruta dulce	56	85.66%
12134	Sandía	8	91.45%

Nota: Recuperado de Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). (14 de Enero, 2019). Recuperado de http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/doc_view/80-tabla-de-composicion-de-alimentos-de-centroamerica

2.10 Análisis sensorial

El uso de paneles entrenados y el tratamiento estadístico rigurosos de la información proveniente de ellos es muy utilizado para la evaluación de los cambios de las características organolépticas (ej. color, textura, sabor) durante el almacenamiento. (Alzate, 2008, págs. 129-130)

El análisis sensorial es un medio para lograr determinar si el futuro cliente presenta interés en el consumo del producto terminado. En este sentido, Ahued (2014) hace mención que un análisis sensorial es el examen de las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos humanos. Es decir, la evaluación de la apariencia, olor, aroma, textura y sabor de un alimento o materia

prima que se desee. Este tipo de análisis comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los potenciales efectos de desviación que la identidad de la marca y otras informaciones pueden ejercer sobre el juicio del consumidor.

Su desarrollo histórico ha permitido que en la actualidad la aplicación de este análisis en la industria alimentaria sea reconocida como una de las formas más importantes de asegurar la aceptación del producto por parte del consumidor. (Ahued, 2014, pág. 1)

2.10.1 Pruebas de aceptación

Las pruebas de aceptación en la industria alimentaria son una herramienta importante para validar la aceptación de un producto; según Juan Sebastián Ramírez (2012) también se le conocen como pruebas de nivel de agrado o pruebas hedónicas. Este autor menciona que estas pruebas se emplean para determinar la aceptación de un producto por parte del consumidor y se logra medir cuánto agrada o desagradó el producto.

2.10.2 Prueba Hedónica

La escala más utilizada en este tipo de prueba según Juan Sebastián Ramírez (2012) es la prueba hedónica con una escala de nueve puntos. Ramírez menciona que el procedimiento de aplicación a los panelistas donde se les pide evaluar muestras codificadas de productos y deben indicar cuánto les agrada cada muestra en una escala que va desde “me gusta extremadamente” hasta “me disgusta extremadamente”.

3. MARCO METODOLÓGICO

Por esta razón, en este capítulo se expone el proceso metodológico que se utilizará en el proyecto de graduación. Como lo indica Cortés (2004), “La metodología de la investigación es la ciencia que enseña a dirigir determinado proceso de manera eficiente y eficaz para alcanzar los resultados deseados y tiene como objetivo dar la estratégica a seguir en el proceso”. (p.8)

3.1 Enfoque de investigación

La siguiente investigación engloba el análisis con un enfoque mixto, cualitativo y cuantitativo; en el primer enfoque como lo explica Olabuénaga (2012) “surge de aplicar una metodología específica orientada a captar el origen, el proceso y la naturaleza de los significados que brotan de la interacción simbólica entre los individuos” (p.15). Además, en este caso pretende introducir el proceso de liofilización, el comportamiento del producto y los hechos que puedan ocurrir durante el procesamiento.

En el segundo caso, el enfoque cuantitativo, como explica Vargas (2005), “Analiza y estudia aquellos fenómenos observables que son susceptibles de medición, análisis matemáticos y control experimental, aboga el empleo de estrategias cuantitativas, fundamentadas en el método científico”. Para ello es que se analizará durante el proceso de observación el sistema de liofilización, obteniendo como resultados análisis estadísticos de las pruebas realizadas. (p.88)

3.2 Tipo de investigación

Se realizaron dos tipos de investigación, una exploratoria y la descriptiva, las cuales se adaptan al trabajo realizado.

3.2.1 Exploratoria

Se expresa este tipo de investigación, pues es un tema poco desarrollado a nivel nacional, si bien es cierto en Costa Rica el proceso de liofilización es poco conocido tomando en cuenta un mercado de liofilización de frutas, en este caso, se pretende realizar una investigación que abarque a grandes rasgos la exploración del problema para luego finalizar la investigación. Este tipo de investigación se enlaza con el enfoque cualitativo, ya que los objetivos de la investigación reúnen información antecedente, clarifica los problemas y establece las prioridades de la investigación. (Castellanos, 2010)

Según Vargas (2005), “la investigación exploratoria tiene por objeto esencial familiarizar al investigador con un tema que no ha abordado antes, novedoso o escasamente estudiado. En este caso los estudios constituyen el punto de partida para estudios posteriores de mayor profundidad” (p.92). Para el proyecto se requieren investigaciones basadas en la literatura aquello que dé un acercamiento al tema estudiado por medio de análisis, datos que permitan dar una idea más detallada hacia el problema.

3.2.2 Descriptivo

En este caso, la investigación descriptiva es útil para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes. Se describe la recolección de datos, en el caso de un estudio cuantitativo se refiere a medir y para los cualitativos,

recolectar información (Vargas, 2005). Para el proyecto que se desarrolla, se analiza el equipo liofilizador tipo conductor FD-200 y los parámetros durante y al final del proceso, tanto las especificaciones del equipo como las características propias de la fruta.

El enfoque descriptivo permite utilizar estudios que determinan el estado del proceso analizado, en este caso, una vez que se obtenga el producto liofilizado en el equipo tipo conductor FD-200, se procede a comparar con la situación existente, es decir el producto que actualmente se obtiene de la importación.

3.2.3 Experimental

Para este proyecto también se requiere una investigación de diseño experimental la cual permiten controlar las variables durante el proceso. Es apropiado cuando en el proyecto se piensa probar que algunas variables afectan a otras en cierta forma. En este caso, las pruebas en el liofilizador se realizaron tratando de controlar las variables independientes; sin embargo, las variables dependientes no se pueden controlar, por lo tanto, las involucradas como investigadoras procederán a reportar lo que sucede durante el proceso.

Por último, este tipo de investigación es apropiada para cualquier tipo de investigación o problema del cual se sabe poco e incluye varios estudios exploratorios, como investigar en la literatura existente, tal es el caso del contenido de los antecedentes de la investigación (Namakforoosh, 2005), en el cual se explican procesos similares del método de liofilización.

3.3 Fuentes de información

De acuerdo con Gallardo (2007), "La fuente de información es cualquier objeto, persona, situación o fenómeno cuyas características permiten leer información en

él y procesarla como conocimiento acerca de un objeto de estudio” (p.57). En este proyecto se introducen las fuentes de información importantes para la recolección de datos que permitirán tener una idea más clara de los resultados obtenidos.

La primera fuente de información es la visita de un experto en la materia que asesora al personal sobre el uso del liofilizador.

Otra fuente de información es la visita que se realizó en la compañía Liofood, quien lidera este proceso es el señor Luis Fernando Figueres en Desamparados, San José, Costa Rica. Por parte de esta persona se obtendrán recomendaciones relacionadas con el proceso, el funcionamiento del liofilizador que la empresa utiliza entre otras preguntas que se aprovecharán durante la visita.

Además, la utilización de los fundamentos bibliográficos que se obtienen es a través de fuentes bibliográficas confiables.

3.4 Instrumentos y Técnicas de recolección de datos

- Se realizó observación de campo la cual presenta una bitácora de pruebas y un registro de control de los parámetros para la recolección de datos en sitio en el liofilizador tipo conductor. (Ver anexo 3)
- Se analizaron los contenidos de Vitamina C en muestras de fresa fresca y fresa liofilizada para determinar la posible pérdida de esta, al ser una vitamina sensible.
- Se realizaron análisis de aceptación sensorial del producto en la empresa Alimentos Cook S.A, la aplicación del análisis dispone del área específica para realizar las pruebas respectivas con el personal a disposición, llamados panelistas. (Ver anexo1)
- Los panelistas colaboradores de la compañía con habilidades semientrenada en un alimento en específico, en este caso evalúan características sensoriales que el director del panel predispone que se analicen. Los panelistas reciben muestras de los productos y se les entrega

una hoja de evaluación que explica la totalidad de la prueba. Para ello, se aplica la prueba de preferencia y aceptación del producto.

- En la prueba se contempla fruta procesada en el liofilizador FD-200 versus fruta que se importa de Estados Unidos. La fruta utilizada es fresa y arándanos liofilizados; fueron seleccionadas y procesadas en la planta de alimentos Cook S.A. por ser la de mayor consumo.
- Las características sensoriales que se evaluaron en el producto son: olor, sabor, textura y agrado en general, al final se preguntó cuál fue la fruta de su preferencia. (Ver anexo 2)

3.5 Procedimientos metodológicos de la investigación

3.5.1 Localización

El proyecto se llevará a cabo en la compañía Alimentos Cook S.A. ubicada en Cartago, Costa Rica; la empresa actualmente cuenta con 2 líneas de producción de desarrollo de cereales para desayuno, una línea es cereal hojueados y el otro cereal extruido, además de ello una tercera línea, barras de cereal. Por último, se desarrollará una cuarta línea de producción llamada liofilización de fruta fresca el cual corresponde al proyecto.

Las pruebas sensoriales para el producto final serán aplicadas al panel semi entrenado de alimentos Cook.

3.5.2 Equipo liofilizador

Las pruebas se realizan en el liofilizador que se encuentra en la empresa Alimentos Cook S.A., el tipo de equipo es conductivo.

Las primeras características del equipo que se reportan por el proveedor se describen en la siguiente tabla.

Tabla 2 Información del Equipo Liofilizador Kemolo FD-200

Modelo	FD-200
Tipo	Tipo conductivo
Capacidad de hielo (kg)	200kg
Temperatura del condensador	-60°C
Temperatura del estante (°C)	-40 a 70
Medio de transferencia	Aceite
Refrigerante	R404a
El modo de enfriamiento	Agua
Último vacío (Pa)	10 Pa
La forma de descongelar	Agua

Fuente: Kemolo, 2015

3.5.3 Caracterización de la materia prima

Se cuenta con el manejo de dos tipos de frutas, una se obtuvo de productores directos nacionales y la otra de proveedores que cuentan con frutas no tropicales, es decir, no cosechada en Costa Rica.

Se les solicita a los proveedores las siguientes características mínimas aceptables:

- Estar enteras.
- Tener una consistencia firme.
- Ser frescas.
- Estar sanas, deben de excluirse productos con presencia de pudrición o deterioro.
- Exentas de materias extrañas visibles (limpias).
- Exentas de magulladuras.
- Libres de olores y sabores extraños.
- Estar suficientemente desarrolladas.

- Coloración homogénea y acorde con el estado de madurez.
- Grado de madurez satisfactorio según se requiera (criterios).
 - A= Madurez Baja
 - B=Madurez intermedia
 - C=Madurez alta

3.5.4 Equipos, instrumentos y materiales

Los equipos, instrumentos, materiales a utilizar en las pruebas de exploración son los siguientes:

Para la elaboración de análisis fisicoquímicos de la fruta fresca

➤ Grados Brix

Refractómetro digital Modelo HI96801 Hanna

➤ Valoración pH

Phmetro Modelo ACPH 01

Para la elaboración de análisis fisicoquímico de la fruta liofilizada

➤ Determinación de Aw

Medidor de aw Modelo CH 8833 Novasina

➤ Determinación de humedad

Balanza de humedad Modelo HC103 Metter Toledo

➤ Densidad

Balanza digital y beaker de 250 mL

Para determinar dimensiones del tamaño y forma

➤ Tamaño

Pie de rey o vernier Modelo 54101150-2 Fowler

Para la determinación de análisis nutricional

➤ Determinación de vitamina C

Laboratorio externo Lambda bajo el Método analítico A.O.A.C. 16th edición 1995.

Para las pruebas de rehidratación de la fruta liofilizada

- Beaker de 250 ml
- Balanza digital
- Agitador de vidrio
- Cronómetro
- Agua destilada
- Termómetro digital

Observación microscópica de tejidos

- Microscopio equipado
- Pinzas
- Porta objetos
- Tinte
- Beaker
- Agua
- Gotero

Para prueba de aceptación sensorial de producto terminado

- Panel sensorial semientrenado de la compañía Alimentos Cook S.A.
- Muestras de producto
- Recipientes para muestras
- Vasos con agua
- Hojas de evaluación

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se describen los resultados de los ensayos realizados en el equipo liofilizador para poner en marcha el proyecto de liofilización de frutas en la compañía Alimentos Cook S.A.

4.1 Estudio del efecto de la presión y temperatura en el proceso de liofilización

Algunos puntos importantes para entender la funcionalidad de las pruebas son las siguientes:

- El equipo Liofilizador tipo conducción FD-200 posee un *Programmable Logic Controller* (PLC), permite poner en marcha el equipo y el operador tiene la opción de grabar los tiempos de proceso cada 20 min, las temperaturas en °C, así como la presión de vacío en pascales.
- El equipo posee 9 termocuplas los cuales, antes de cerrar la cámara, son colocados a un trozo de fruta en cada uno de los niveles del liofilizador que se encuentran de forma vertical con bandejas.
- En algunos casos, las temperaturas del equipo pueden no ser proporcional al producto, pues la termocupla puede estar tocando la bandeja lo que daría datos erróneos.
- De acuerdo con las pruebas realizadas, el análisis de los efectos de la presión y temperatura en el proceso de liofilización mediante las pruebas experimentales, se muestran en los siguientes gráficos y tablas en orden de etapas del proceso de liofilización, congelación, sublimación y calefacción.

4.1.1 Congelación

La etapa de congelación debe estar entre -35°C y -40°C de 3 a 4 horas aproximadamente el tiempo de esta etapa. Importante que el producto se solidifique y se lleve a cabo la siguiente etapa de sublimación.

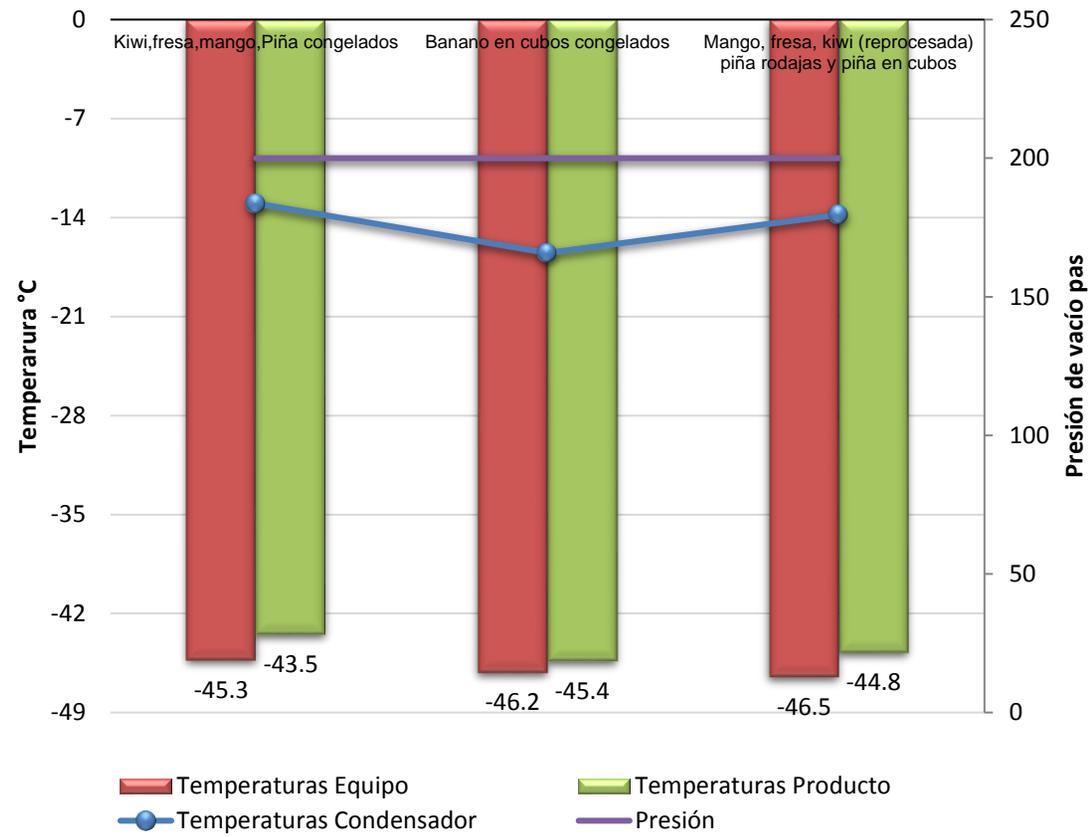
A continuación, se muestran los resultados obtenidos del estudio en la etapa de congelación y el comportamiento en las pruebas realizadas.

Tabla 3 Resultados etapa de Congelación mes de junio 2018

Fecha	Hora inicial	Hora final	Tiempo horas	Frutas	Observaciones
17.06.2018	12:38:23	15:58:23	3 h 20 min	Kiwi, fresa, mango, Piña congelados	En el mes de junio de 2018 se realizan las primeras pruebas de liofilización, en la tabla 4 se muestran los resultados, las horas de cada una de las pruebas y las condiciones de las frutas. Como se muestra en el gráfico 2, las temperaturas del producto son inferiores que las del equipo como tal, esto porque la temperatura del equipo hace el muestreo de todo el entorno. Además, durante la congelación no existe vacío en la cámara por lo tanto se mantiene en 200 pascales y la variación del tiempo de congelación depende del estado del ingreso de la fruta ya sea fresca o congelada, en este caso al ser frutas que ingresan ya procesadas y con condiciones inadecuadas de temperatura (Proceso de descongelación). Por otro lado, se logra ver la temperatura del condensador la cual es importante, ya que es una trampa fría que transporta los vapores de la sublimación para evitar el bloqueo del vacío y la temperatura varía dependiendo del porcentaje de agua que posee el producto mientras menor sea el porcentaje de agua de la fruta mayor es la temperatura del condensador.
18.06.2018	10:36:44	14:56:44	4 h 20 min	Banano en cubos congelados	
19.06.2018	11:14:55	14:34:55	3 h 20 min	Mango, fresa, kiwi (reprocesada) piña rodajas y piña en cubos	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Gráfico 2 Congelación mes de junio 2018



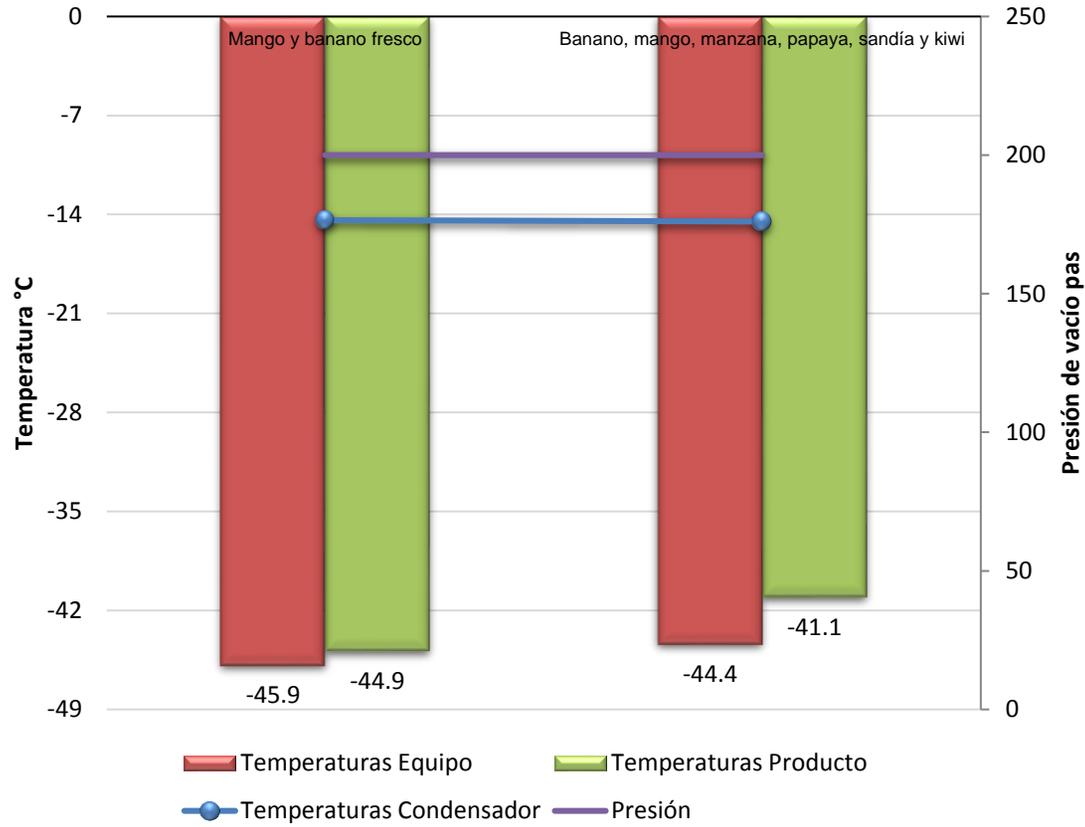
Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 4 Resultados etapa de Congelación mes de Julio 2018

Día	Hora inicial	Hora final	Tiempo horas	Frutas	Observaciones
12.07.2018	11:32:10	15:32:10	4 h	Mango y banano fresco	Como se observa en el gráfico 3, en el mes de julio de 2018 la temperatura del equipo es proporcional a la del producto, por lo tanto, se efectuó una adecuada congelación. En algunos casos, como en el proceso de mango y banano fresco, el tiempo de congelación es mayor porque se encendió el equipo tiempo antes pero no se había ingresado la totalidad del producto, ya que eran pruebas preliminares por lo tanto se contemplan 3 horas. A pesar de que las frutas fuesen frescas se les dio el mismo tiempo de congelación ya que las termocuplas indican las temperaturas de -40°C que es lo recomendado por el técnico para efectuar una adecuada sublimación (siguiente etapa).
18.07.2018	13:26:01	16:46:01	3 h 20 min	Banano, mango, manzana, papaya, sandía y kiwi	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Gráfico 3 Congelación mes de julio 2018



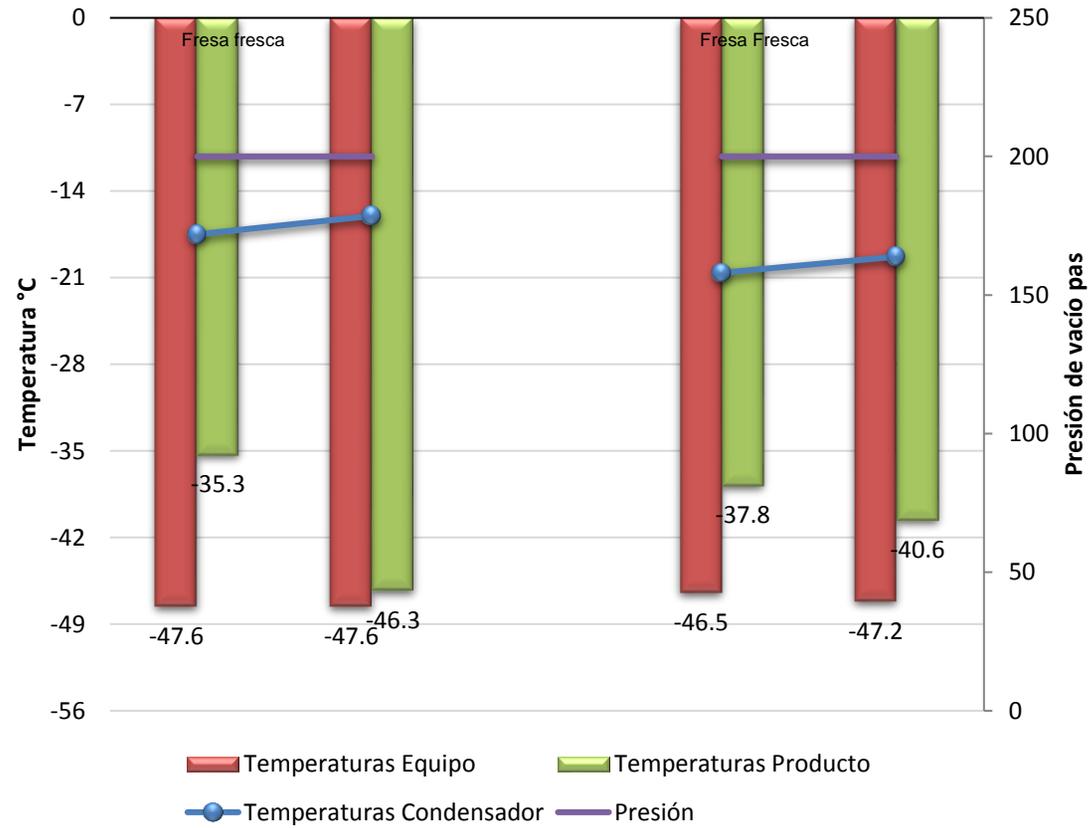
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 5 Resultados etapa de Congelación mes de Octubre/noviembre 2018

Día	Hora inicial	Hora final	Tiempo horas	Frutas	Observaciones
05.10.2018	10:57:31	15:17:31	4 h 20 min	Fresa fresca	Las pruebas realizadas en las frutas mostradas son las primeras producciones de fruta 100% fresca y su proceso es interno, es decir, el lavado, desinfección y procesamiento es a través de colaboradores de la compañía. En estas pruebas, el equipo se encendía y se procedía a congelar sin haber ingresado la totalidad de la materia prima esto se hacía porque no se tiene la noción del tiempo que durarían los operaciones en procesar las fruta, pero al ir realizando pruebas, se determina que es importante encender el equipo cuando está finalizando el proceso de corte de las frutas e ingreso de bandejas al liofilizador, con el fin de reducir gasto energético. Es importante elegir el tamaño del trozo de fruta a utilizar, ya que cuesta más congelar si se utilizan trozos muy grandes.
18.10.2018	14:31:21	18:31:21	4 h		
25.10.2018	12:17:46	16:17:46	4 h		
15.11.2018	14:22:24	19:02:24	4 h 40 min		
20.11.2018	15:19:33	18:19:33	3		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Gráfico 4 Congelación octubre/noviembre 2018



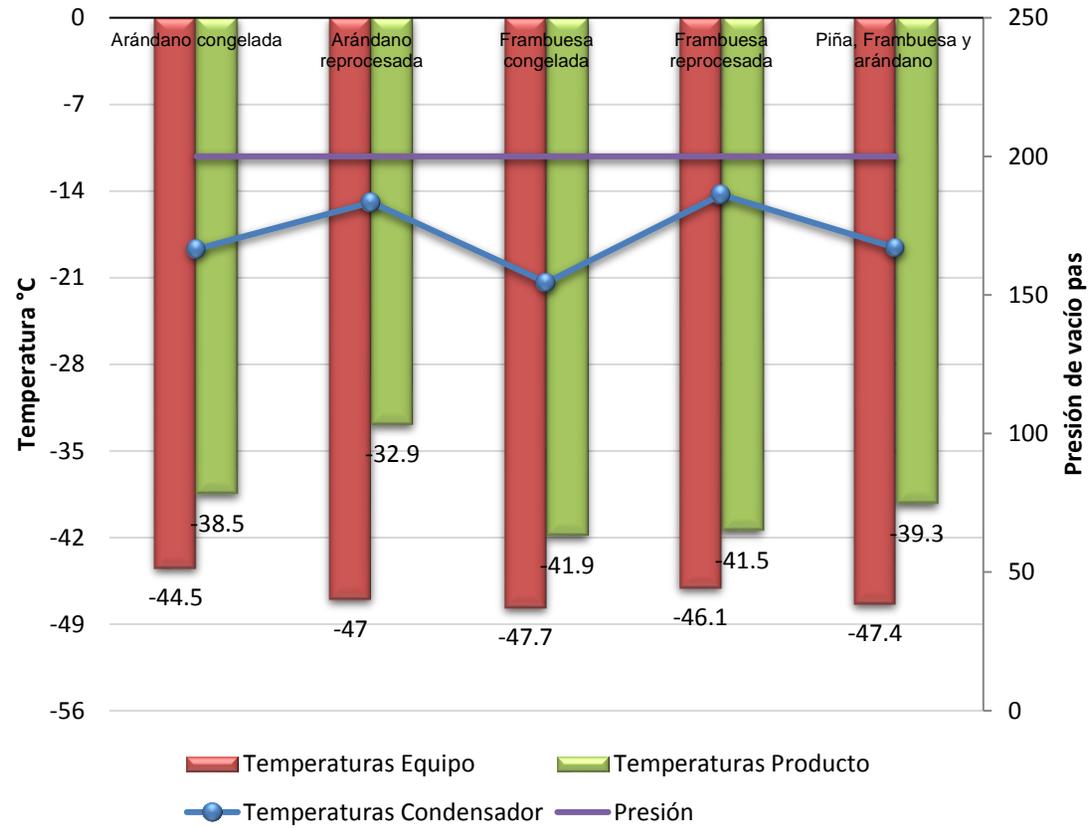
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 6 Resultados etapa de Congelación mes enero 2019

Día	Hora inicial	Hora final	Tiempo horas	Frutas	Observaciones
14.01.19	14:27:57	19:07:57	4 h 20 min	Arándano congelado	En el mes de enero de 2019, se ingresaron arándanos congelados, frambuesa congelada, piña fresca, el tiempo de congelación es menor en frutas reprocessadas. En estas pruebas se muestran dos casos arándano/frambuesa congeladas y arándano/frambuesa descongelada, esto se realiza porque los arándanos y la frambuesas tienen una porosidad mucho menor y se visualiza por la capa o piel que poseen estas frutas y se dificulta en todas la etapas la transferencia térmica, por esta razón, se vuelven a liofilizar (reprocesado) y por ende a congelar, como se observa el gráfico 5 las temperaturas de congelación son variables de acuerdo a cada uno de los procesos y se identifica la temperatura de condensación la temperatura es mucho mayor cuando el producto es más seco, es el caso del producto reprocessado.
15.01.19	17:02:45	21:22:45	4 h 20 min	Arándano reprocessado	
16.01.19	12:03:50	17:03:50	5 h	Frambuesa congelada	
17.01.19	14:12:01	17:32:01	3 h 20 min	Frambuesa reprocessada	
28.01.19	11:40:34	16:40:34	5 h	Piña fresca, Frambuesa Arándano descongelado	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Gráfico 5 Congelación enero 2019



Fuente: Elaboración propia, 2019.

4.1.1.1 Oportunidades de mejora observadas en el proceso de congelación

En las primeras pruebas, la fruta utilizada es del proveedor Caminos del Sol S.A., el cual trabaja bajo el sistema de congelación de frutas IQF, el proveedor fue sugerido por el departamento de I&D y se contactó para que ingresara en las condiciones solicitadas (troceada/congeladas) y cuando ingresaba la fruta a la compañía, se encontraba en proceso de descongelación lo que permitía que los líquidos y azúcares de la fruta se perdieran y no se lograba una adecuada liofilización, cuando se iniciaba la congelación de la fruta en el liofilizador el tiempo congelándose era de 2 horas aproximadamente, valorando los casos posteriores se necesitan dos horas más de congelación, teóricamente la congelación es importante para una completa sublimación.

Por ende, con el técnico y el equipo de trabajo de Alimentos Cook, se recomienda que la fruta que ingrese a la compañía sea con productores nacionales, entera sin ningún proceso que afecte las características propias del producto. La razón surge por la rentabilidad y el riesgo del ingreso de materias primas en condiciones inadecuadas, como es el caso de la congelación al ingresar frutas del proveedor que trabaja bajo un sistema Congelación radica Individual (IQF), pero no presenta las condiciones de transporte requeridas para mantener la temperatura.

De esta forma, se controlan directamente los ingresos de las frutas frescas con el departamento de calidad y se cuenta con un grupo de operarios encargados de realizar las operaciones posteriores requeridas de la fruta, como la selección, lavado, desinfectado, pelado y formado. Importante resaltar que se han mejorado rendimientos, pues cuando las frutas ingresaban en condiciones de descongelación se liofilizaban dos veces.

Por otro lado, en algunos casos, dependiendo de la especificación del producto que se va a procesar (rebanadas, cubos, entera) el proceso tarda más,

por esta razón, se indica a los operadores encender el equipo cuando el 80 % de las bandejas ya estén ingresadas, así se reduce el consumo energético, excepto en frutas que llevan a cabo un proceso de oxidación natural (banano, manzana), en estos casos, se enciende desde que se inicia el proceso.

Otro punto importante es el caso de las frutas enteras congeladas que poseen una capa o piel que dificulta la transferencia de calor, por ejemplo, los arándanos, los cuales no se consiguen con facilidad en el país, por lo tanto, se importan en estado de congelación. Al realizar las pruebas, se determina que este tipo de fruta, al tener una piel resistente, excede el tiempo en sus etapas de liofilización y el producto final queda con una apariencia rugosa, por ende, se realizan otras pruebas al arándano se les hace un agujero, la apariencia mejora y la densidad del arándano con agujero es mucho menor que el arándano entero se observa en el Anexo 14.

4.1.2 Sublimación

En la sublimación el producto pasa de estado sólido a gas sin pasar por líquido. Inicialmente en esta etapa el vacío elimina el aire de la cámara y se da un calentamiento sin subir temperatura (calor de sublimación). La presión de vacío, de acuerdo con el fabricante, debe estar menor a 50 pascales, sin embargo, en las pruebas realizadas la presión es llevada a lo mínimo posible (10 pascales). Los niveles de vacío y calentamiento varían la fruta a tratar (cantidad de frutas en las bandejas, la porosidad, tamaño), lo importante es que la presión sea menor que la atmosférica.

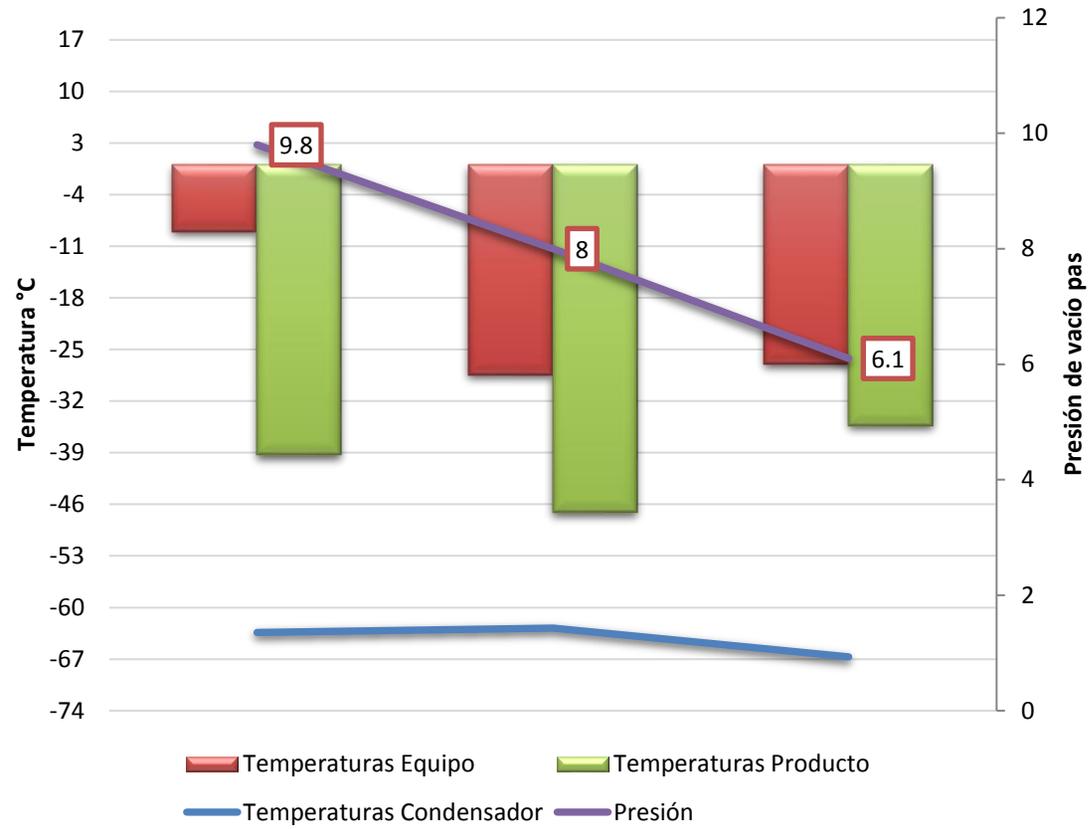
A continuación, se muestran los resultados de las pruebas mensuales realizadas en la etapa de sublimación y los comportamientos en cada uno de los productos.

Tabla 7 Resultados etapa de Sublimación mes de junio 2018

Día	Hora inicial	Hora final	Tiempo	Frutas	Observaciones
17.06.2018	15:58:45	16:38:45	40 min	Kiwi, fresa, mango, Piña congelados	El tiempo de sublimación del equipo varía, normalmente es menor 1h 30 min indicado por el técnico del equipo, sin embargo, la tercera prueba del mes duplicó el tiempo, esto porque se dio una fuga de aceite en las bombas de vacío y al no tener aceite original del equipo se le agregó un sustituto y este es menos eficiente. De acuerdo con el técnico indica que el vacío depende también de la humedad relativa en la que se encuentre el medio por el tipo de fruta que se procesa, por ejemplo, como se observa en el gráfico 6 la presión que bajó más fue la del 19 de junio 2018, ya que es producto que se liofiliza por segunda vez por ente su humedad relativa es menor que la fresca.
18.06.2018	14:36:43	15:36:43	1 h	Banano en cubos congelados	
19.06.2018	14:34:54	16:34:54	2 h	Mango, fresa, kiwi (reprocesada) piña rodajas y piña en cubos	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Gráfico 6 Sublimación junio 2018



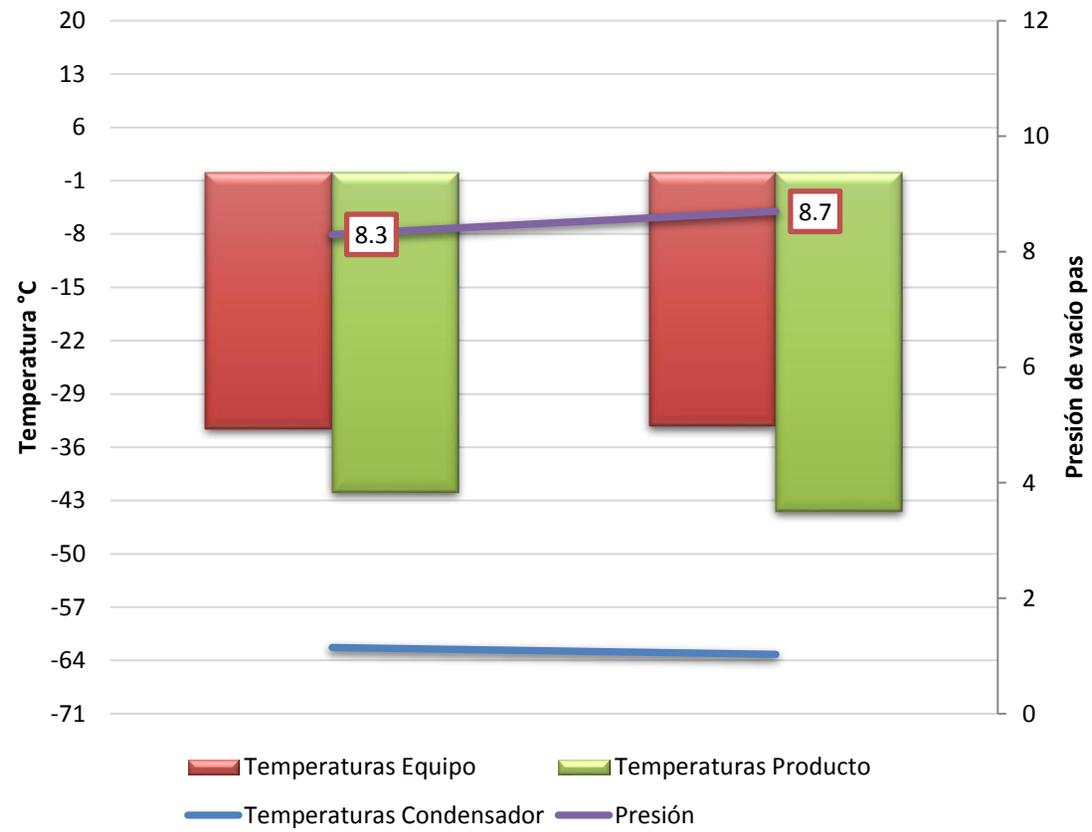
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 8 Resultados etapa de Sublimación mes de Julio 2018

Día	Hora inicial	Hora final	Tiempo horas	Frutas	Observaciones
12.07.2018	15:52:15	17:32:15	1 h 40min	Mango y banano fresco	En ambas pruebas, el tiempo de vacío sobrepasa 1h 30 min, pero logran llegar a presiones menores a 10. Estas pruebas se realizaron agregando en un mismo batch varios tipos de frutas, por ejemplo, en la prueba del día 18 de julio 2018 se ingresa banano que posee un porcentaje de agua menor a un 85% y sandía que posee más de un 90%, ambos productos no se comporta de la misma forma por su composición química.
18.07.2018	16:47:55	18:47:55	2 h	Banano, mango, manzana, papaya, sandía y kiwi	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Gráfico 7 Sublimación julio 2018



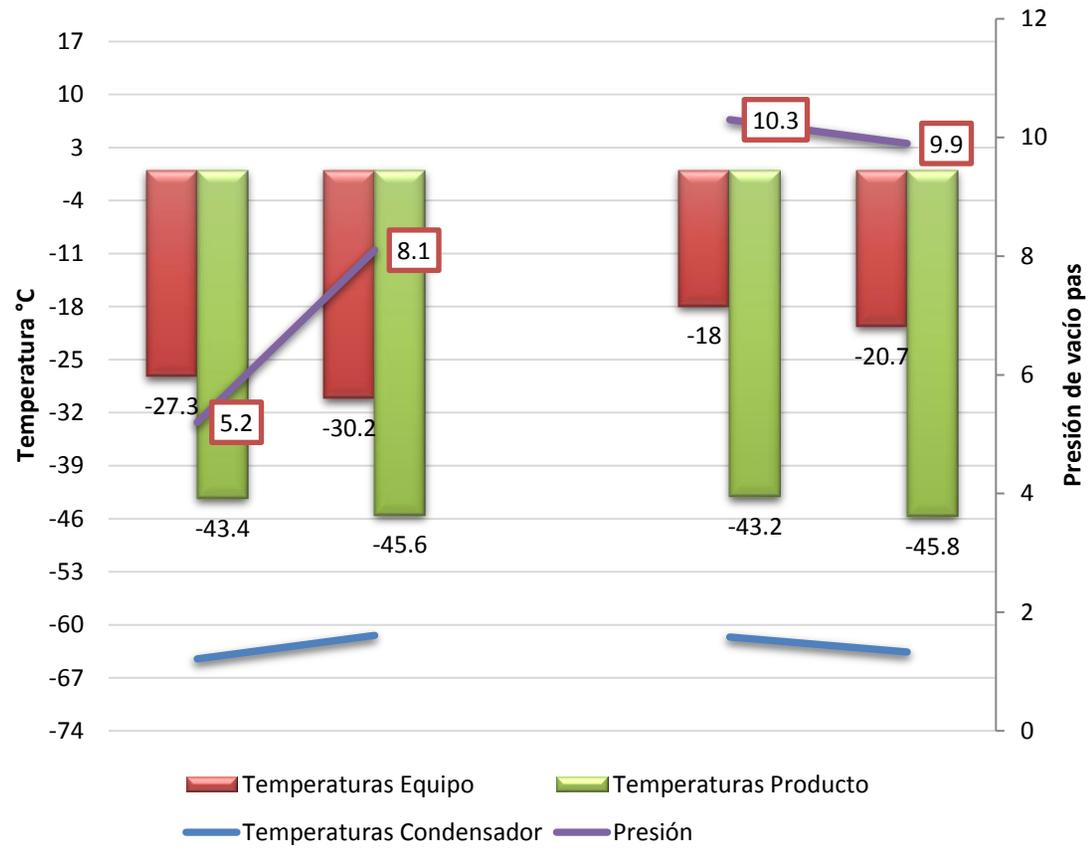
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 9 Resultados etapa de Sublimación mes de Octubre/noviembre 2018

Día	Hora inicial	Hora final	Tiempo horas	Frutas	Observaciones
05.10.2018	15:37:34	16:17:34	40 min	Fresa fresca en rebanadas	Durante el mes de octubre el tiempo y el nivel de vacío han sido similares. Como se logra observar en la tabla cada vez que el aceite de las bombas de vacío se encuentra sucio por la liofilización seguida, le cuesta bajar la presión y, por ende, extiende más tiempo de proceso en esta etapa. En este caso, los técnicos de mantenimiento de la compañía filtran el aceite y lo vuelven agregar por eso existe variabilidad en los tiempos, en el mes de noviembre se extendió a 4 horas para poder llegar a la presión más baja, por lo tanto, se realiza el cambio del aceite y la limpieza de la bomba de vacío y se pone en marcha días después y el tiempo se redujo.
18.10.2018	18:51:14	20:51:14	2 h		
25.10.2018	16:37:22	17:17:22	40 min		
15.11.2018	19:22:06	23:42:06	4h 20 min		
20.11.2018	18:39:54	19:59:54	1h 20 min		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Gráfico 8 Sublimación octubre/noviembre 2018



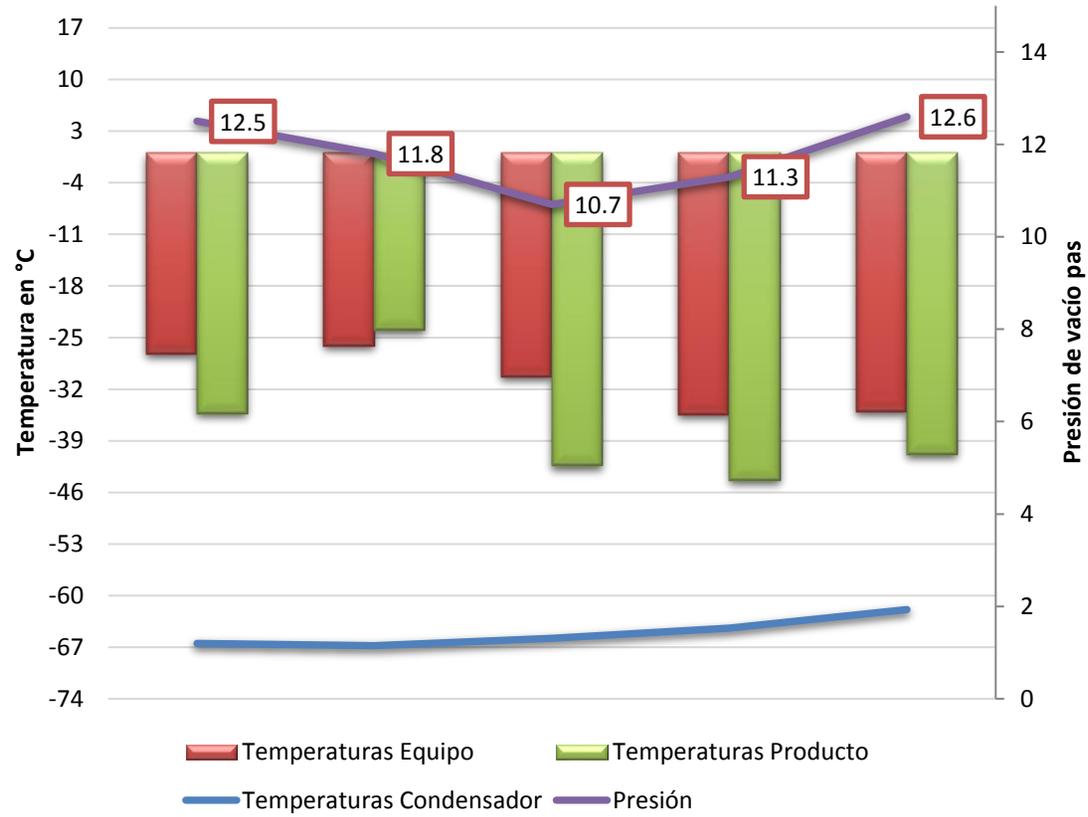
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 10 Resultados etapa de Sublimación mes de enero 2019

Día	Hora inicial	Hora final	Tiempo horas	Frutas	Observaciones
14.01.19	19:27:57	22:27:57	3	Arándano congelado	A finales del mes de diciembre, se adquiere el uso de un aceite genérico (no es el original del equipo), diferente al sustituto utilizado en las pasadas producciones. Como se observa al cambiar el aceite, el tiempo en el mes de enero se excede y la presión de vacío no baja de 10 pascales.
15.01.19	21:42:45	23:42:45	2	Arándano reprocesado	
16.01.19	17:03:50	19:03:50	2	Frambuesa congelada	
17.01.19	17:52:01	19:52:01	2	Frambuesa reprocesada	
28.01.19	16:35:09	19:00:09	2 h 25 min	Piña entera, Frambuesa Arándano descongelado	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Gráfico 9 Sublimación enero 2019



Fuente: Elaboración propia, 2019

4.1.2.1 Oportunidades de mejora observadas en el proceso de sublimación

Se detecta la fuga del aceite original por lo que se dio la búsqueda de un sustituto para poner en marcha el equipo, se estará utilizando el sustituto, sin embargo, se recomienda solicitar orden de compra del aceite adecuado para el liofilizador.

La presión de vacío en este proceso es sumamente importante, por lo tanto, se debe realizar las revisiones indicadas en el manual creado, con el fin de evitar cualquier fuga que no permita que la presión baje.

En algunos casos, se observa que cuando el aceite está muy sucio o se ha utilizado por más de 5 procesos de liofilización, se sobre pasa del tiempo y no baja la presión, en estos casos, para no perder el proceso anterior se puede pasar a la siguiente fase siempre y cuando la presión este por debajo de los 25 pascales (establecido por pruebas); sin embargo, el tiempo y el consumo energético es mayor, por esta razón se recomienda hacer mantenimiento de las bombas de vacío y revisión del aceite cuando se han realizado más de 3 baches o cada 22 días.

4.1.3 Calefacción

La calefacción es la última fase de la liofilización, la cual se encarga de evaporar el agua ligada de la fruta y así lograr el porcentaje de humedad deseado; durante esta etapa, la presión de vacío debe mantenerse menor a 10 pascales, sin embargo, en algunas pruebas realizadas la presión tiende a subir y después a bajar, pero los resultados de la liofilización son exitosos, esto se da por la humedad que posea la fruta, por esta razón es variable para cada tipo.

Además, como se comentó anteriormente el aceite de las bombas de vacío son sumamente importantes, pues durante la calefacción la presión es baja.

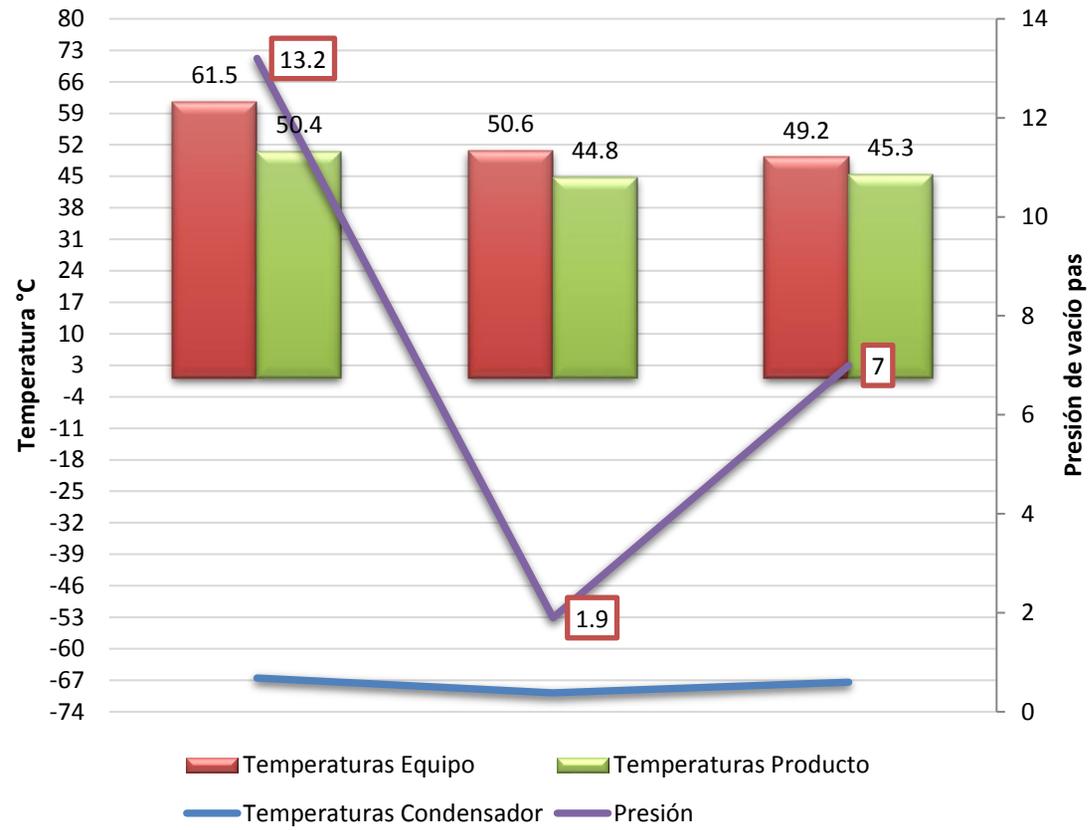
A continuación, se muestran los resultados de las pruebas mensuales realizadas en la etapa de calefacción.

Tabla 11 Resultados etapa de Calefacción mes de Junio 2018

Día	Hora inicial	Hora final	Tiempo	Frutas	Conformidad /Observaciones	
17.06.2018 18.06.2018	16:58:54	7:58:54	15 h	Kiwi, fresa, mango, Piña congelados	No conforme, causa: Producto en proceso de descongelación.	La calefacción es la etapa que más tiempo requiere, ya que es cuando el producto congelado a presiones relativamente bajas pierde la humedad y la calefacción le da el punto final de textura y apariencia. Los tiempos en este caso son de 15 horas lo que normalmente se requiere.
18.06.2018 19.06.2018	15:56:07	7:36:07	15 h 40 min	Banano en cubos congelados	Conforme, Causa: producto congelado y con maduración clase A (verde).	
19.06.2018 20.06.2018	4:54:09	19:54:09	15 h	Mango, fresa, kiwi (reprocesada) piña rodajas y piña en cubos	Conforme, Causa: Producto nuevamente liofilizado y la humedad de este era menor a 20%.	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Gráfico 10 Calefacción junio 2018



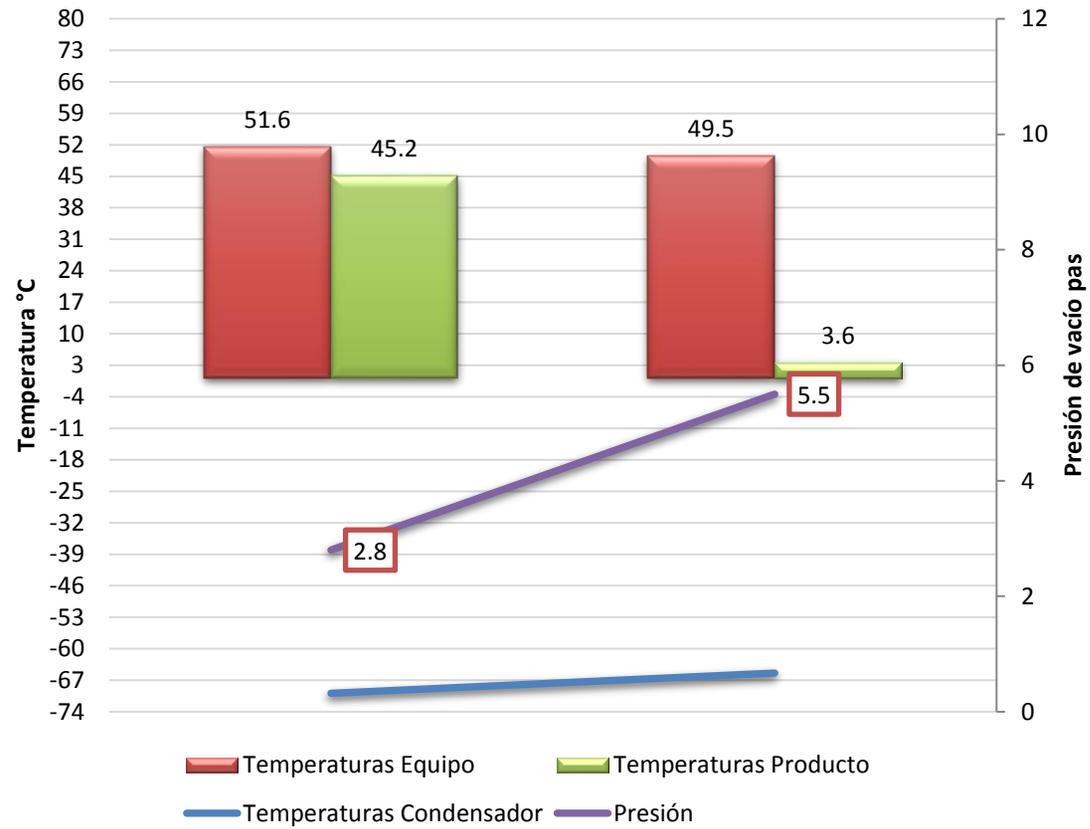
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 12 Resultados etapa de Calefacción mes de Julio 2018

Día	Hora inicial	Hora final	Tiempo horas	Frutas	Conformidad
12.07.2018	17:52:39	7:52:39	14 h	Mango y banano	Conforme,
13.07.2018				fresco	Causa: La fruta es fresca
18.07.2018	19:07:29	7:27:29	12 h 20 min	Banano, mango,	Regular, Causa: Los productos con porcentaje
19.07.2018				manzana, papaya, sandía y kiwi	mayor a 90 % de agua no quedaron conformes. También se detecta que el tiempo de calefacción es mucho menor, se recomienda 15 h.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Gráfico 11 Calefacción julio 2018



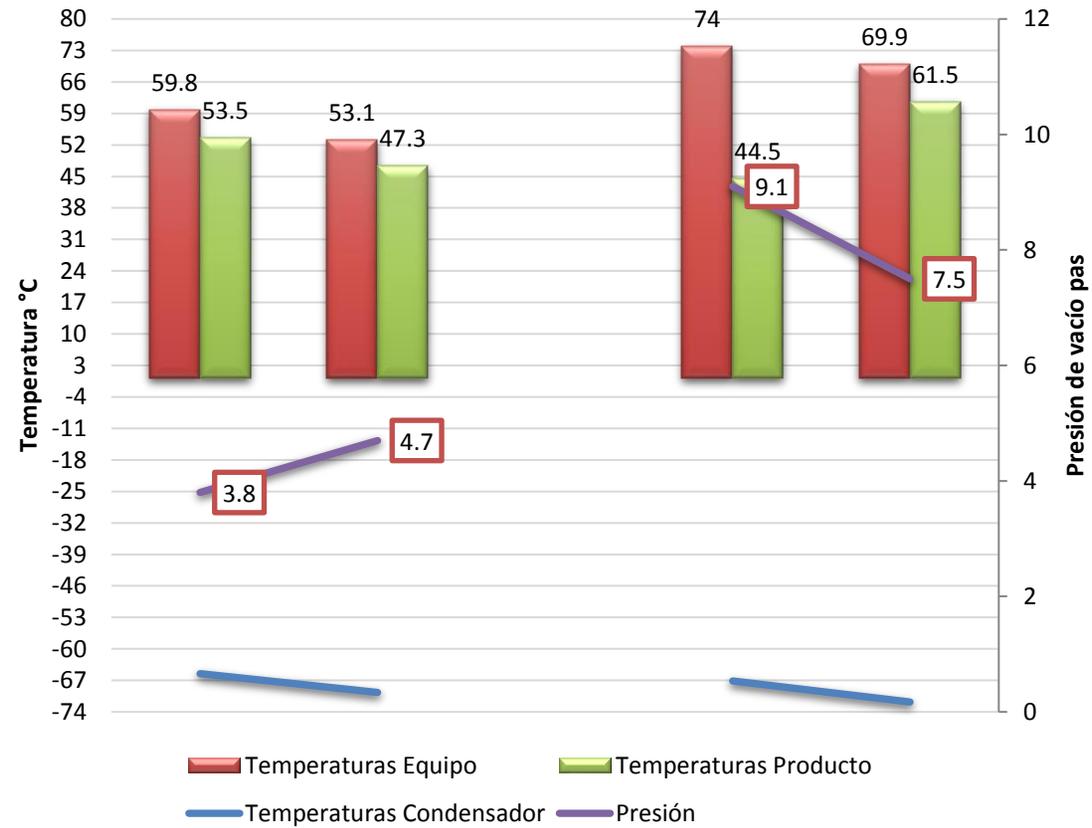
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 13 Resultados etapa de Calefacción mes de Octubre/noviembre 2018

Día	Hora inicial	Hora final	Tiempo horas	Frutas	Conformidad Observaciones
05.10.2018 06.10.2018	16:37:22	6:17:22	13 h 40 min	Fresa fresca	Conforme, Causa: La fruta que ingresa es fruta fresca y con una madurez clase B (Intermedia), por lo que las fresas no liberan agua en exceso y permite una mejor liofilización.
18.10.2018 19.10.2018	21:11:30	13:11:30	16 h		El tiempo de calefacción 18 h es adecuado en la fresa.
25.10.2018 26.10.2018	17:37:05	7:17:05	13 h 40 min		
15.11.2018 16.11.2018	00:02:06	16:22:06	16 h 20 min		
20.11.2018 21.11.2018	20:19:50	14:59:50	18 h 40 min		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Gráfico 12 Calefacción octubre/noviembre 2018



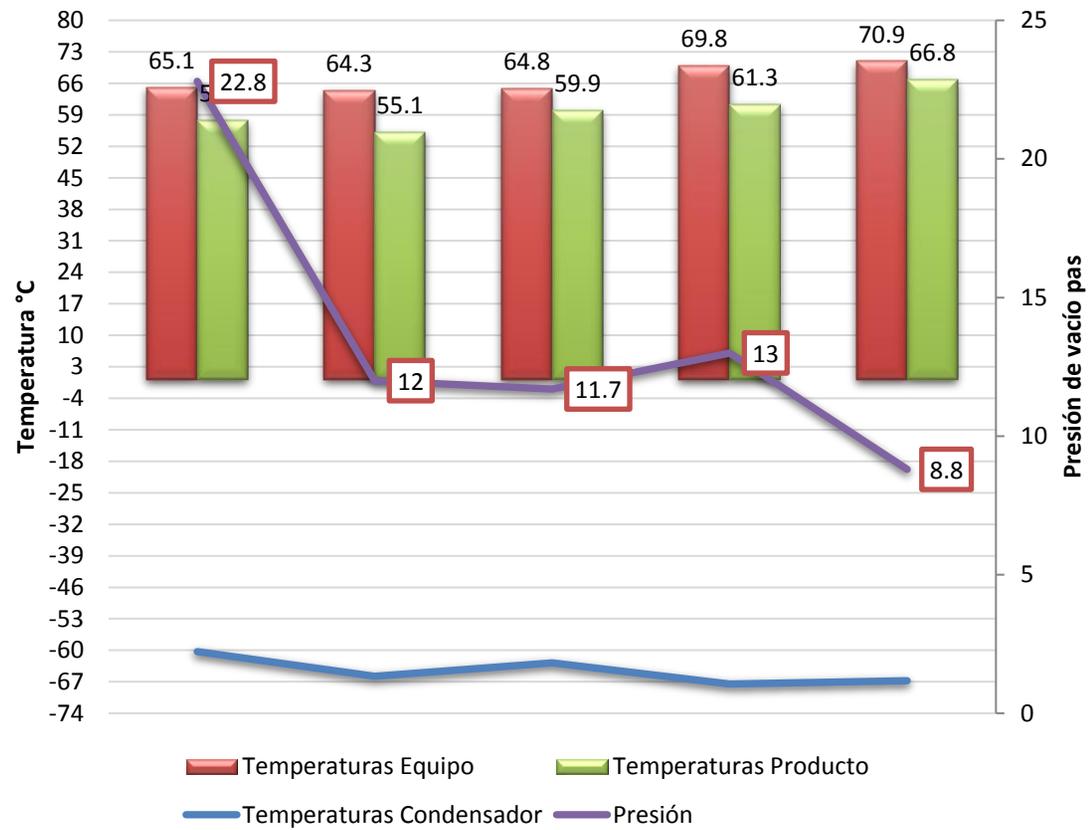
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 14 Resultados etapa de Calefacción mes de enero 2019

Día	Hora inicial	Hora final	Tiempo horas	Frutas	Conformidad
14.01.19	22:27:57	13:47:57	15 h 20 min	Arándano congelado	No Conforme, Causa: La fruta que ingresa son arándanos enteros congelados. Con un tiempo de calefacción de 15 horas el producto no logra la liofilización, la apariencia es brillante y pegajosa se decide nuevamente liofilizarlos.
15.01.19	23:22:45	8:02:45	8 h 40 min	Arándano reprocesado	Conforme, Causa: Se liofiliza nuevamente. El tiempo se redujo ya que las temperaturas se encontraban en 50 °C, la temperatura fue programada a 65 °C. 100% liofilizado no quedó.
16.01.19	18:43:50	6:23:50	11 h 40 min	Frambuesa congelada	No Conforme, Causa: La fruta que ingresa es frambuesa congelada. Dos puntos observados la temperatura programada a 65°C por lo que el producto llega a 50 °C y se dificulta su secado final y la temperatura de las termocuplas indican que ya a las 12 horas el producto está procesado y como sucedió con la fruta anterior en este tipo de frutas se genera un espacio, ya que es fruta hueca y se debe tomar en cuenta un tiempo mayor a 15 h para asegurar la calefacción.
17.01.19	19:52:01	14:32:01	18 h 20 min	Frambuesa reprocesada	Conforme, Causa: Se liofiliza nuevamente.
28.01.19	19:09:07	13:39:07	18h 30 min	Piña entera, Frambuesa Arándano descongelado	Conforme, Causa: Se liofilizan adecuadamente todos los productos contemplamos el arándano que se le realiza un agujero para que permita una transferencia de calor. La temperatura programada es de 70 °C como se observa en el gráfico y el tiempo mucho mayor de 15 horas en este caso el producto se liofiliza de acuerdo con la especificación.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Gráfico 13 Calefacción enero 2019



Fuente: Elaboración propia, 2019

4.1.3.1 Oportunidades de mejora observadas en el proceso de calefacción

- La temperatura de calefacción puede estar grabada de 50 °C a 70 °C, anteriormente se grababa a 55 °C, pero el tiempo se extendía es por lo tanto se recomendó programar a 70°C, observando que alimento no llega a esas temperaturas sino a temperaturas más bajas por lo que no afectaría nutricionalmente el producto (análisis realizados en laboratorio externo).
- Una vez finalizado el proceso, se debe de empacar inmediatamente, pues si se queda a temperatura ambiente, el mismo adquiere humedad y pierde la textura.
- Se adquieren bolsas transparentes polietileno de baja densidad lisa recomendada por el proveedor, para evitar que el producto almacenado liofilizado adquiriera humedad. Es importante almacenar en un lugar fresco y seco, cerrar bien después de cada uso. Evitar contacto directo con luz solar.
- Se establece que la humedad máxima aceptable es de 5%.
- Se recomienda colocar en las termocuplas piezas acorde a lo que se va a liofilizar, las frutas procesadas en planta aproximadamente poseen 1 cm de espesor, por lo tanto, si se colocan piezas enteras o el doble de tamaño de lo que se va a liofilizar los resultados serían erróneos, ya que programa la pieza grande.

4.2 Variables del proceso requeridos para garantizar la calidad del producto final

4.2.1 Caracterización de fruta fresca

A cada ingreso de fruta fresca para liofilizar se realizaron análisis de grados brix y pH en el refractómetro y el pHmetro respectivamente.

En la Tabla 15 Análisis fisicoquímicos muestra los resultados obtenidos en los ingresos de materia prima fresca para posteriormente liofilizar.

Tabla 15 Análisis fisicoquímicos a materia prima

Fecha de Análisis	Fruta Fresca	Grados Brix	pH
17-jun-18	Kiwi congelado	7.4	3.43
	Fresa congelada	5.6	3.6
	Mango congelado	9.04	3.94
	Piña congelada	10.6	4.2
18-jun-18	Banano	7.8	5.12
19-jun-18	Kiwi reprocesado	-	-
	Fresa reprocesada	-	-
	Mango reprocesado	-	-
	Piña congelada	16.4	4.1
18-jul-18	Banano	17.5	4.73
	Mango	9.7	3.71
	Manzana Gala	9.06	4.02
	Mango	11.2	4.43
	Papaya	11.7	5.51
	Sandía	7.1	5.31
	Kiwi	14.7	3.53
05-oct-18	Fresa	9.7	3.63
18-oct-18	Fresa	7.7	3.34
25-oct-18	Fresa	6.6	3.49
14-ene-19	Arándano azul	14.9	3.79
16-ene-19	Frambuesa	11.9	3.08
22-ene-19	Fresa	-	-

Fuente: Elaboración propia, 2019

De acuerdo con la Tabla 15, los datos de pH y Brix varían de acuerdo con el tipo de la de fruta que se decida procesar; además, uno de los aspectos más críticos es el grado de madurez de la materia prima. Para esta investigación, se utilizó variedad de frutas obtenidas directamente de proveedores y productos locales por lo que las variaciones de los valores se verán afectados por los factores antes mencionados.

Respecto a lo anterior, se decide crear una Tabla 16 Variabilidad y Manejo de Materia Prima donde se facilita información respecto al manejo recomendado de distintos tipos de frutas dependiendo de sus características.

Dicha Tabla explica las condiciones de manejo de frutas en general para su manejo durante el proceso de liofilizado. Primeramente se debe analizar el grado de madurez y el porcentaje de agua de la fruta que ingresa, la forma y el tamaño en que se va a procesar la fruta ya sea rebana, cubos o entera; seguidamente, se debe analizar la porosidad de la misma, en el caso de los arándanos presentan una porosidad alta al ser su cáscara una barrera que afecta en la calefacción y dificulta la sublimación del agua. Posteriormente, de acuerdo con la clasificación de los criterios anteriores de al tabla, se indica la manera en que se debe llenar las bandejas en cada nivel de la cámara del equipo liofilizado.

Luego de las pruebas realizadas, se detectó que el equipo no liofiliza de igual manera ya sea en la parte superior, inferior o intermedio de la cámara, por lo cual, se establecen las recomendaciones para el llenado de bandeja y obtener así una liofilización adecuada.

Tabla 16 Variabilidad y Manejo de Materia Prima

% Agua	Porosidad	Madurez				
% agua < 85	Alta	A				
		B				
		C				
	Media/Baja	A				
		B				
		C				
% agua ≥ 85	Alta	A				
		B				
		C				
	Media/Baja	A				
		B				
		C				
		Forma	Cubo, trozo, rebanada		Entera	
		Dimensión	≤ a 10 mm	≥ a 10 mm	≤ a 10 mm	≥ a 10 mm
Uso total de bandejas de la 1 a la 10 y la distribución del producto es total, pueden ir bien llenas todas las bandejas, el tiempo de calefacción mínimo es de 15 horas, 60°C mínimo.			Uso total de las bandejas de la 1 a la 10. Se recomienda esparcir bien el producto en todas las bandejas sin dejar una fruta sobre otra, tiempo de calefacción mínimo 15 horas a 70°C.			
Uso de bandejas de la 5 a la 10 pueden ir bien llenas, la fila de la 1 a la 4 esparcir bien el producto en las bandejas sin dejar una fruta sobre otra, se recomienda un tiempo de calefacción mínimo a 18 horas a 70°C máx.			Uso total de las bandejas de la 1 a la 10 la distribución del producto en las bandejas se debe esparcir bien, se recomienda hacer un agujero en la fruta para una adecuada transferencia, un tiempo de calefacción entre 18 y 20 horas, congelación -40°C máximo 5 horas. En caso que el producto vaya entero sin agujero el tiempo de calefacción es de 23 horas mínimo y 70°C.			
Criterio de madurez						
		A	Madurez baja			
		B	Madurez intermedia			
		C	Madurez alta			
FRUTAS PORISIDAD MEDIA/BAJA: Son aquellos producto con dificultad en la transferencia de calor, por la piel que posee naturalmente, en este caso la determinación de la porosidad es visual algunos ejemplos: Arándanos enteros Moras enteras Frambuesa entera Mandarina en gajos Uvas enteras						

Fuente: Elaboración propia, 2019

4.2.2 Caracterización de frutas liofilizadas

Una vez que se obtuvo la fruta liofilizada, se procede a la caracterización del producto, mediante la medición de humedad y Aw con la balanza de humedad y medidor de Aw, respectivamente. Las mediciones se realizaron luego de cada una de las producciones de las distintas frutas procesadas.

En la siguiente Tabla, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos obtenidos de la fruta liofilizada.

Tabla 17 Análisis fisicoquímicos a fruta liofilizada

Fecha de Análisis	Fruta Liofilizada	Humedad (%)	Aw
18-jun-18	Kiwi congelado	4%	0.2
	Fresa congelada	4.7%	0.28
	Mango congelado	8.4%	0.51
	Piña congelada	4.98%	0.25
19-jun-18	Banano	2.63%	0.08
20-jun-18	Kiwi reprocesado	-	-
	Fresa reprocesada	-	-
	Mango reprocesado	-	-
	Piña congelada	16.4%	0.26
18-jul-18	Banano	3,60%	-
	Mango	3,53%	-
	Manzana Gala	4,13%	-
	Mango	3,42%	-
	Papaya	4,23%	-
	Sandía	2,70%	-
	Kiwi	2,92%	-
06-oct-18	Fresa	9.09%	
19-oct-18	Fresa	4.43%	0.27
26-oct-18	Fresa	3.96%	0.18
15-ene-19	Arándano azul	0.98%	0.19
17-ene-19	Frambuesa	3.22%	0.2
23-ene-19	Fresa	1.84%	0.2

Fuente: Elaboración propia, 2019

Al evidenciar que los resultados de Aw del producto terminado son inferiores a 0.27, se determina que el proceso se realizó correctamente y la vida útil del mismo es extensa (superior a 1 año en condiciones de almacenamiento adecuado); además de que su estabilidad microbiológica es ideal al contener tan bajos niveles de disponibilidad de agua para el crecimiento de microorganismos.

En el caso de fruta liofilizada que sobrepase el 5% de humedad, debe ser nuevamente procesada (re-liofilizada) y analizar de nuevo su valor de humedad

para determinar su aceptación de acuerdo con la especificación de producto terminado. Además, En algunas ocasiones, no se logra analizar el Aw en algunas frutas liofilizadas por disponibilidad del equipo medidor, pues en la compañía solamente se cuenta con un equipo y es utilizado por otros departamentos.

Los porcentajes de humedad obtenido en el producto liofilizado en comparación a la fresa fresca que es la materia con el mayor porcentaje de agua, que según el INCAP (2012) menciona que la fresa fresca o frutilla tiene un porcentaje de agua de 90.95% es su estado de fruta fresca. Lo anterior quiere decir que la liofilización logró eliminar en la fresa fresca un 89.11% del porcentaje de agua y lograr un valor de Aw de 0.20.

4.2.3 Determinación de capacidad de rehidratación (RR) de frutas

A continuación, en la Tabla 17 Análisis de capacidad de rehidratación de frutas liofilizadas, se muestran los resultados obtenidos de las pruebas capacidad de rehidratación de frutas.

Para obtener la capacidad de rehidratación (RR) de frutas, se calculó como el cociente entre el peso obtenido de la fruta rehidratada y el peso de la muestra liofilizada.

Se toman 1 gramo de fruta liofilizada, se pesan 10ml de agua a temperatura y se deja la fruta hidratando por 15 minutos. Se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 18 Análisis de capacidad de rehidratación de frutas liofilizadas

Fruta	Tiempo de hidratación (min)	Peso fruta liofilizada (g)	Peso fruta hidratada (g)	Capacidad de rehidratación (RR)
Arándano	15	1	2.77	2.77
Frambuesa	15	1	3.28	3.28
Banano	15	1	3	3
Piña	15	1	3.35	3.35
Mango	15	1	3.08	3.08

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Respecto a la Tabla 17 se puede observar que en frutas como el arándano presenta un menor peso de rehidratación en comparación a los otros tipos de frutas analizadas; al procesarse arándano en su forma natural (fruta fresca entera) quiere decir que su cáscara se comporta como una barrera y su capacidad de rehidratarse es menor o más lenta en comparación a frutas que llevan en su proceso una etapa de troceado o rebanado.

Las frutas que fueron procesadas y se manejaron en forma de cubos y rebanadas son más fácil de liofilizar por ende cuando se realice una rehidratación van a absorber líquido de fácil manera.

La madurez del fruto afecta significativamente a la capacidad de rehidratación del producto liofilizado. Según lo menciona (Arriola, 2006), se encontró que cuando existe una madurez mayor, el producto tiende a ser más higroscópico; esto se debe a que las frutas en su proceso de maduración sufren el reblandecimiento de su pulpa, factor que las hace más sensibles a la congelación, que provoca mayores daños estructurales y poros más grandes. Además, Arriola menciona que los poros grandes presentan menos resistencia a la adsorción de agua que los poros pequeños, permitiendo una rehidratación más rápida y completa

En frutas como el banano, mango y piña lograron rehidratarse en un menor tiempo de los 15 min establecidos; visualmente recuperaron su estructura inicial en menor tiempo en comparación al arándano entero, ya que estas fueron

procesadas en rebanadas lo que facilita su capacidad de rehidratación a un menor tiempo.

A continuación, se muestran imágenes de arándanos rehidratados luego de realizar una determinación de la capacidad de estas.



Ilustración 1 Arándano Liofilizado Rehidratado

En la Ilustración 1, se observan los pasos utilizados para rehidratar arándanos liofilizados. Se utiliza arándanos liofilizados en el Liofilizados FD-200, en un beaker adicionamos 10 ml de agua, agregamos los arándanos y tomamos 15 minutos de medición de tiempo; luego se retira los arándanos, se escurre el líquido superficial de la fruta analizada y se pesa, dichos pesos, son los reportados en la Tabla 17 Análisis de capacidad de rehidratación de frutas liofilizadas.

4.3 Variables de salida de frutas liofilizadas

Una vez aplicados los instrumentos de recolección de la información, se procedió a realizar el tratamiento de los datos. Como primer punto, se cuenta con un área adecuada de panel sensorial (ver Anexo 1) para el desarrollo de las pruebas de aceptación aplicadas. También se cuenta con un microscopio que permite observar la estructura del producto liofilizado esto como indicador de calidad y por último el análisis de vitamina C en el producto terminado (ver anexos 15 y 16).

4.3.1 Prueba de aceptación #1 fresa obtenida liofilizada recubierta con chocolate versus fresa liofilizada importada recubierta con chocolate.

Esta prueba #1 busca determinar el grado de aceptación o rechazo por parte de los posibles consumidores en las muestras de frutas liofilizadas recubierta con chocolate.

En cuanto a la metodología de la prueba, consistió en brindar dos muestras a cada persona utilizando el área del panel sensorial del laboratorio de I&D con jueces colaboradores de la empresa.

Se les entrega una hoja de evaluación para las 2 muestras con una escala de agrado, en la cual deben de evaluar agrado en general de 0 a 10 siendo 0 me disgusta muchísimo y 10 me gusta muchísimo.

A continuación, se presentan las muestras que fueron brindadas a los panelistas.

Información adicional

- Fresa USA: 589
- Fresa Cook: 721

Tabla 19 Muestras de frutas - Prueba de Aceptabilidad número #1

Chocofruta Fresa liofilizada USA	Chocofruta Fresa Liofilizada CR
	

Fuente: Elaboración propia, 2019

A continuación, se presentan los resultados de la prueba de aceptabilidad:

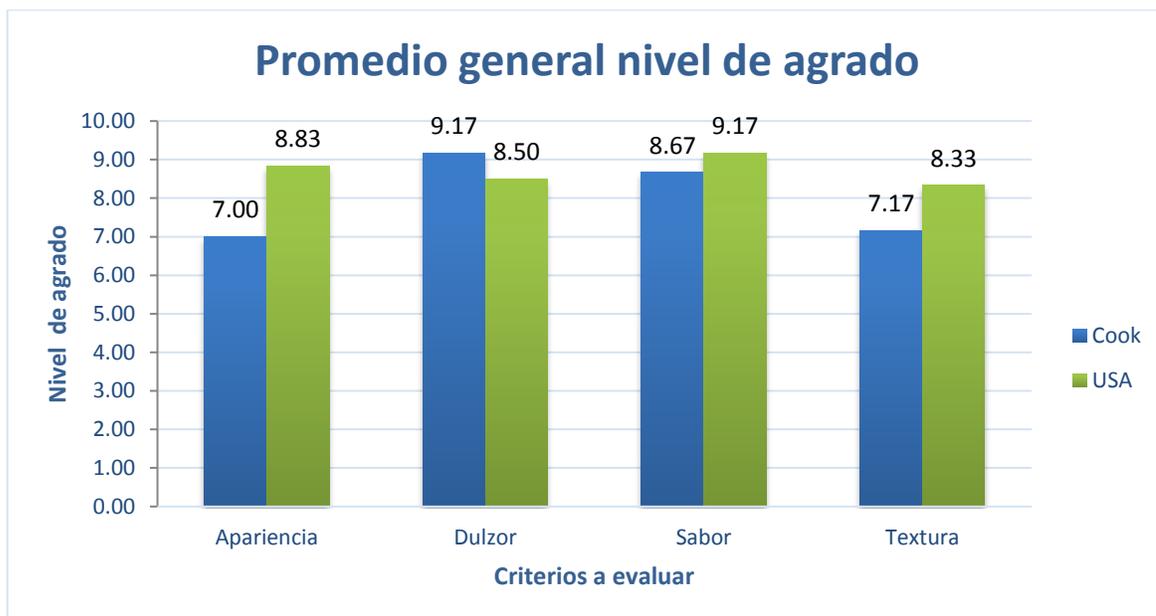


Gráfico 14 Promedio general nivel de agrado - Prueba de aceptabilidad #1

Fuente: Elaboración propia, 2019

El siguiente gráfico muestra la aceptación de fresa liofilizada contemplando solamente la preferencia por apariencia entre las 2 muestras presentadas.

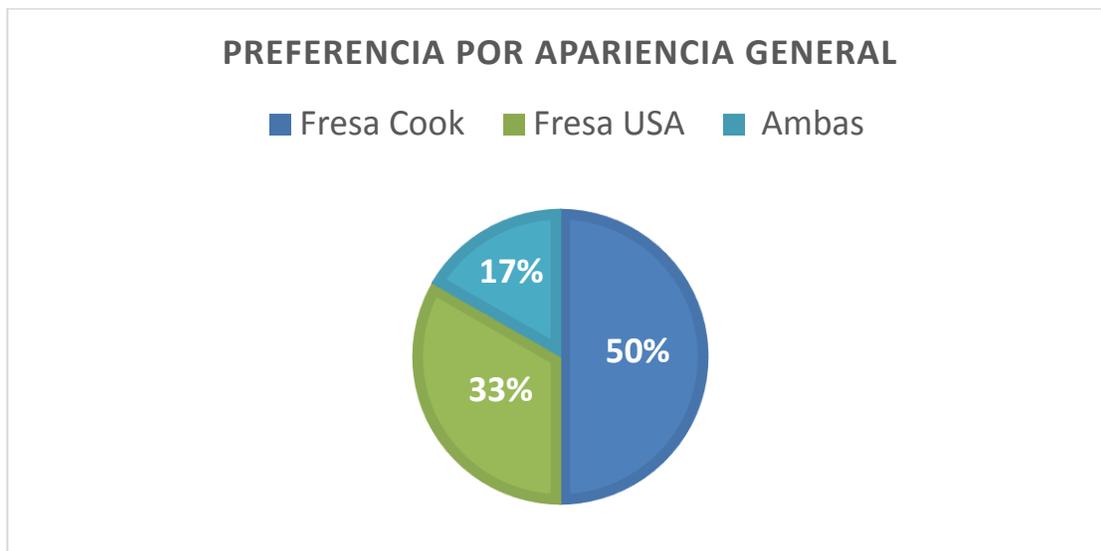


Gráfico 15 Preferencia por apariencia general - Prueba aceptabilidad #1

Fuente: Elaboración propia, 2019

De acuerdo con el gráfico anterior, se puede observar que la fresa liofilizada por Alimentos Cook recubierta con chocolate (producto comercial) presenta un 50% de preferencia por apariencia general contra la fresa liofilizada importada de los Estados Unidos recubierta con chocolate con un porcentaje de un 33% y un 17% los panelistas califica a ambas de igual manera.

4.3.2 Prueba de aceptación #2 Cereal para desayuno con fresa liofilizada en forma de cubos versus cereal para desayuno con fresa liofilizada rebanada

Esta prueba #2 busca determinar el grado de aceptación o rechazo por parte de los posibles consumidores en las muestras de cereal para desayuno con fresa liofilizada de Alimentos Cook versus cereal para desayuno con fresa liofilizada en cubos exportada de los Estados Unidos.

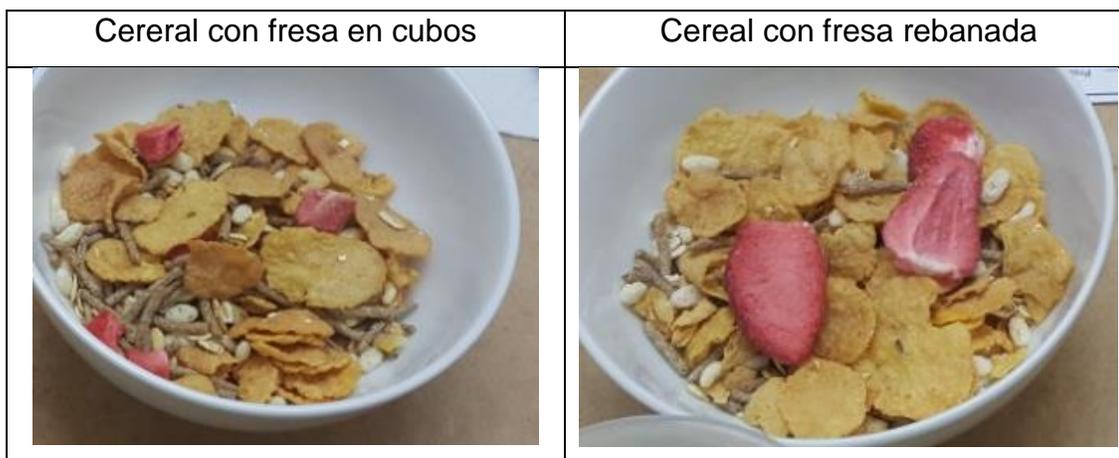
En cuanto a la metodología de la prueba consistió en brindar dos muestras de cereal de 30 g con 50 mL de leche fueron presentadas a cada persona en el cubículo en el área del panel sensorial del laboratorio de I&D a 19 jueces colaboradores de la empresa.

Se les entrega una hoja de evaluación para las 2 muestras con una escala de agrado, en la cual deben de evaluar agrado en general de 0 a 10 siendo 0 me disgusta muchísimo y 10 me gusta muchísimo.

Información adicional

- Fresa cubos USA: 241
- Fresa rebanadas Cook: 753

Tabla 20 Muestras de fresa liofilizada para prueba de aceptabilidad



Fuente: Elaboración propia, 2019

A continuación, se presentan los resultados sobre el promedio general de agrado:

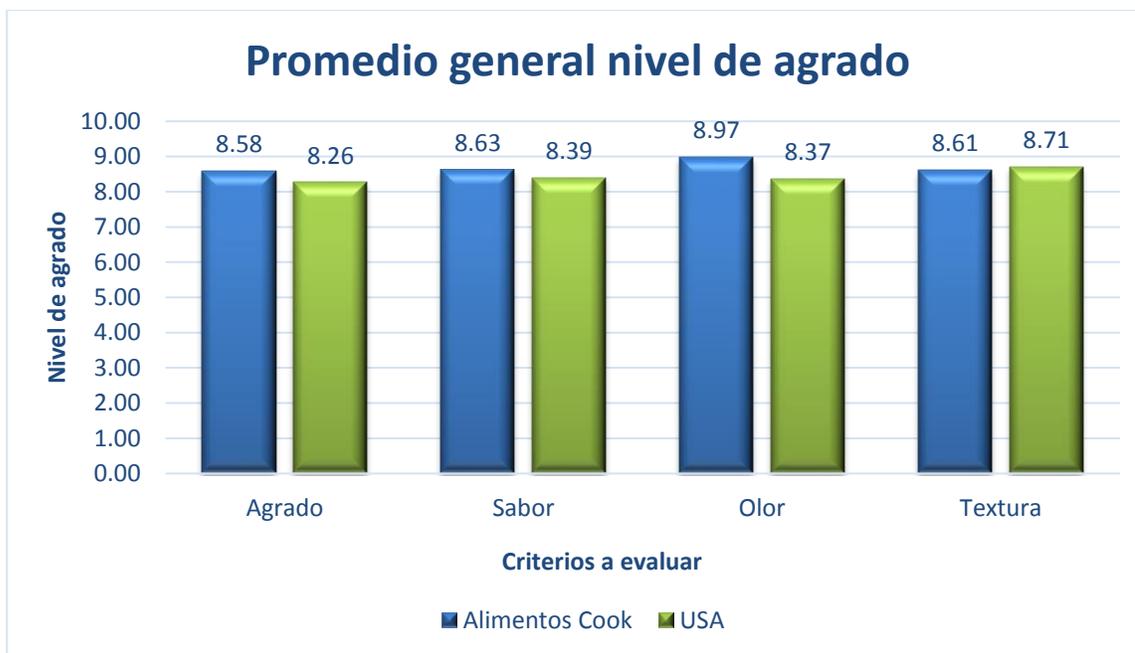


Gráfico 16 Promedio general de agrado -Prueba de aceptabilidad #2

Fuente: Elaboración propia, 2019.

De acuerdo con el gráfico anterior, se logra observar que el promedio general respecto a Agrado, sabor, olor y textura es de mayor aceptación para el cereal para desayuno con fresa liofilizada en rebajadas de Alimentos Cook S.A.

Visualmente para los panelistas tiene un mayor agrado un cereal para desayuno con fresas en rebanadas.

A continuación, se presenta un gráfico respecto al porcentaje de preferencia por apariencia.



Gráfico 17 Preferencia por apariencia - Prueba de aceptabilidad #2

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Los panelistas muestran una mayor preferencia por la Fresa liofilizada rebanada elaborada en Alimentos Cook con un resultado significativo de un 70% versus a la fresa liofilizada en cubos importada de los Estados Unidos con un 30% de preferencia.

4.3.3 Prueba de Aceptación #3 Arándano Liofilizado CR versus Arándano Liofilizado USA

Esta prueba #3 busca determinar el grado de aceptación o rechazo por parte de los posibles consumidores en las muestras de fruta liofilizada por la Compañía Alimentos Cook S.A versus fruta liofilizada importada de los Estados Unidos.

En cuanto a la metodología de la prueba consistió en brindar dos muestras de frutas presentadas a cada persona en el cubículo en el área del panel sensorial del laboratorio de I&D a 12 jueces colaboradores de la empresa.

Se les entrega una hoja de evaluación para las 2 muestras con una escala de agrado, en la cual deben de evaluar agrado en general de 0 a 10 siendo 0 me disgusta muchísimo y 10 me gusta muchísimo.

Información adicional

- Arándano Liofilizado USA Código del panel: 853
- Arándano Liofilizado CR Código del panel: 462

Tabla 21 Muestras de arándano en prueba de Aceptabilidad #3

Arándano liofilizado USA	Arándano Liofilizado CR
	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

A continuación, se presentan los resultados de la prueba de aceptabilidad

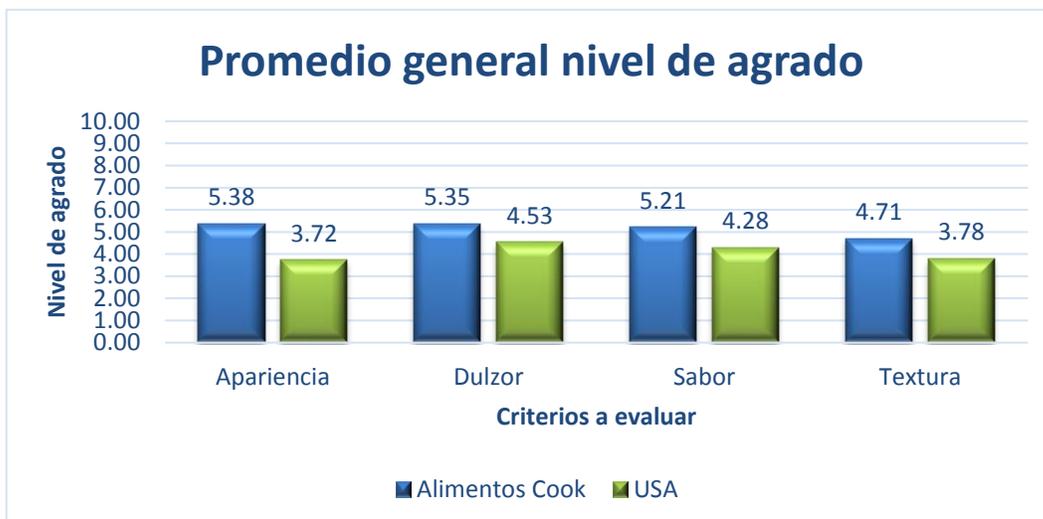


Gráfico 18 Promedio general de agrado - Prueba aceptabilidad #3

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se observa en el gráfico anterior de acuerdo con el promedio en la escala de 0 al 10, el nivel de apariencia, dulzor, sabor y textura es más aceptado el Arándano Liofilizado CR elaborado por Alimentos Cook S.A.

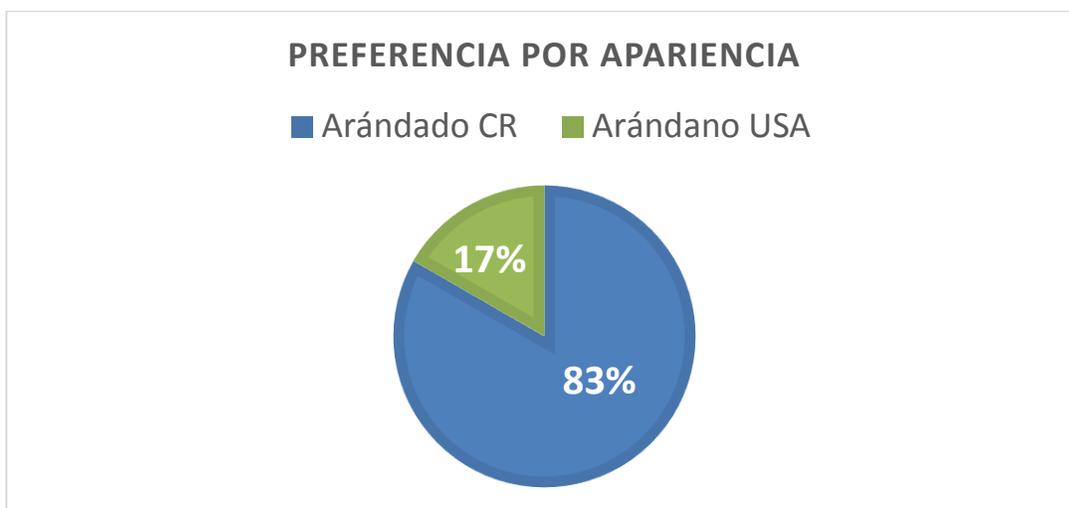


Gráfico 19 Preferencia por apariencia- Prueba de aceptabilidad #3

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el gráfico se observa que un 83% de los panelistas prefiere por apariencia el Arándano CR contra un 17% para el arándano USA.

4.3.4 Prueba de Aceptación #4 Arándano Liofilizado CR recubierto con chocolate versus Arándano Liofilizado USA recubierto con chocolate

Esta prueba #4 busca determinar el grado de aceptación o rechazo por parte de los posibles consumidores en las muestras de Chocofrutas de arándano liofilizado en Alimentos Cook S.A versus Chocofrutas arándano liofilizadas en USA recubiertas con Chocolate.

En cuanto a la metodología de la prueba, se brindaron dos muestras de Chocofrutas fueron presentadas a los panelistas en el área de pruebas sensoriales del laboratorio de I&D a 12 jueces colaboradores de la empresa.

Se les entrega una hoja de evaluación para la muestra de con una escala de agrado, en la cual deben de evaluar agrado en general de 0 a 10 siendo 0 me disgusta muchísimo y 10 me gusta muchísimo.

Información adicional

- Chocofrutas arándano USA. Código de prueba: 376
- Chocofrutas arándano CR. Código de prueba: 194

Tabla 22 Muestras para prueba de aceptación #4

Arándano liofilizado USA	Arándano Liofilizado CR
	

Fuente: Elaboración propia, 2019

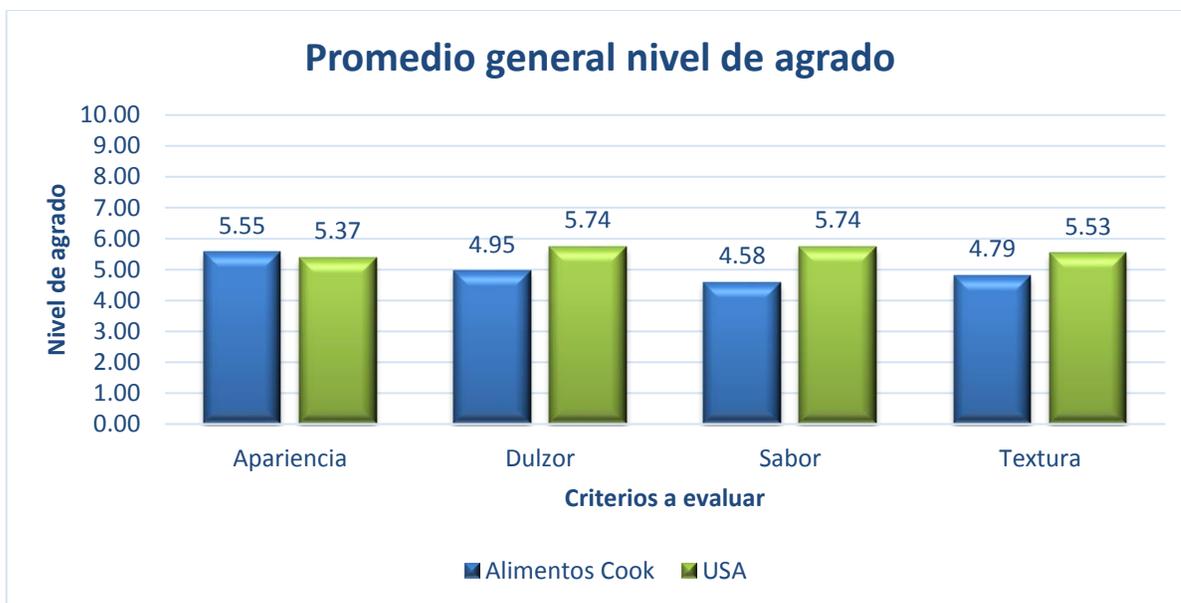


Gráfico 20 Promedio general nivel de agrado- Prueba de aceptabilidad #4

Elaboración: Elaboración Propia, 2019

Como se observa en el gráfico relacionado sobre promedio general nivel de agrado- Prueba de aceptabilidad #4 de acuerdo con la escala de 0 al 10, el nivel de agrado, sabor y olor es más apetecido por la Chocofruta de arándano USA, pero la Chocofruta CR anda en promedio muy cercana al producto exportado.



Gráfico 21 Preferencia por sabor - Prueba de aceptabilidad #4

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Como se observa en el gráfico los panelistas prefieren en un 83% la Chocofruta con arándano liofilizado de los Estados Unidos versus a un 17% Chocofruta con arándano liofilizado de Alimentos Cook.



Gráfico 22 Preferencia por textura - Prueba de aceptabilidad #4

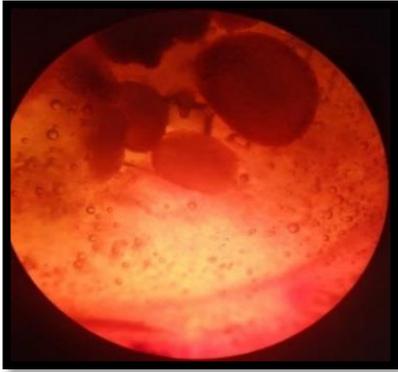
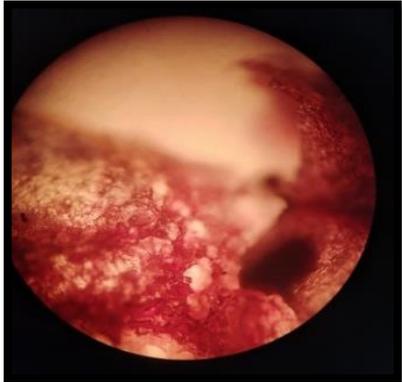
Fuente: Elaboración Propia, 2019

Como se observa en el gráfico anterior respecto a preferencia por textura, se presenta un 50% - 50% de aceptación. Siendo este criterio uno de los más importantes de analizar, ya que otros aspectos de la fruta dependen de su naturaleza, pero la textura se logra únicamente mediante el procesamiento en el equipo liofilizador; de esta manera se determina que el producto obtenido es igual de aceptable que el importado de los Estados Unidos.

4.3.5 Comparación microscópica de fruta fresca versus fruta liofilizada

A continuación, se observa en la Tabla 23 una comparación entre una estructura de fruta fresca y la estructura de una fruta liofilizada. En la parte inferior de la Tabla analizada se observa por medio de un microscopio la fruta fresca y liofilizada.

Tabla 23 Comparación microscópica entre fruta fresca y fruta liofilizada

Arándano fruta fresca	Arándano Fruta Liofilizada
	
	

Elaboración: Elaboración Propia, 2019

Se logra observar al lado izquierdo de la tabla imágenes de los componentes líquidos de la fruta fresca atrapados en pequeñas burbujas; en el caso de la liofilizada al lado derecho, se observa solamente los tejidos sin componentes líquidos. Con lo anterior hace evidencia de un adecuado proceso de liofilización y

confirmado al obtener frutas liofilizadas con un porcentaje menor a 5% de humedad.

4.3.6 Análisis de Vitamina C en fruta fresca y liofilizada

Se realiza un análisis de vitamina C en fresa; inicialmente, se toma una muestra de fruta fresca con el lote de ingreso 57FF02 y se envía analizar vitamina C; posteriormente, luego de procesar éste mismo número de lote ya liofilizada se analiza nuevamente vitamina C para conocer el comportamiento del proceso de liofilización en las vitaminas de los alimentos.

El siguiente gráfico muestra los resultados de análisis de Vitamina C en fresa fresca y fresa liofilizada.

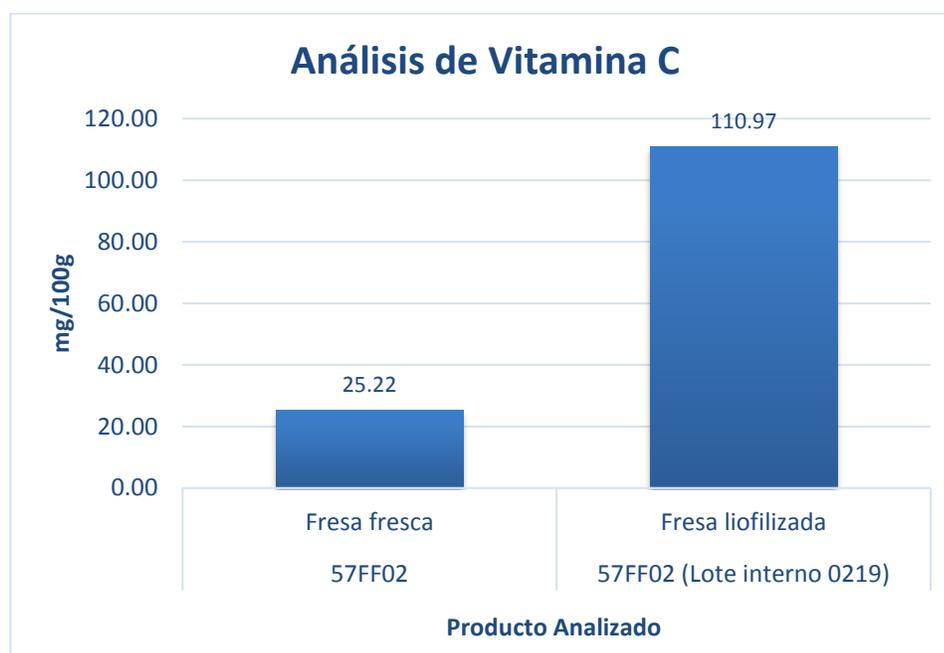


Gráfico 23 Comparación de Vitamina C en fruta fresca y fruta liofilizada

Fuente: Laboratorio Químico Lambda.

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio Lambda, métodos analíticos: A.O.C.A 16th Edition 1995; donde se compara la cantidad de mg/100g de vitamina C en cada una de las muestras analizadas.

En la etapa de sublimación, según Badui (2006), al emplear temperaturas bajas, el alimento no sufre daños térmicos, y los grupos hidrófilos que retienen agua no se ven afectados; menciona que la rehidratación de los liofilizados es muy sencilla y con ella se obtienen alimentos con propiedades sensoriales (aroma, textura, sabor, etcétera) y contenido vitamínico muy semejantes a los de las materias primas fruta fresca.

La fresa fresca de acuerdo con el análisis de vitamina C presenta 25.22 mg/100 g porción comestible (ver anexo 15); el mismo lote de fresa fresca, obtuvo 110.97 mg/100 g de porción comestible (ver anexo 16).

Relacionando la cantidad de vitamina C entre la fruta fresca y la fruta liofilizada existe una pérdida de un 43% de esta vitamina, siendo analizada por ser la más sensible en degradarse al ser sometida a altas temperaturas. Este porcentaje de pérdida se determinó de la siguiente forma:

Al haber obtenido 110.97 mg de vitamina C en la fruta liofilizada en 100 g y poseer un rendimiento del 13%; es decir, 13 g en cada 100 g de fruta fresca que se procese, se realiza la comparación con la fruta fresca del mismo lote el cual posee 25.22 mg de vitamina C en 100 g. Se calcula la vitamina C en 13 g y esta da como resultado 14.43 mg de vitamina C para equiparar el consumo de fruta fresca y fruta liofilizada de acuerdo con el rendimiento. En tal caso, el resultado debería ser 25.22 mg, sin embargo, fue menor, por lo tanto, se determina que existe una pérdida del 43% de vitamina C.

No obstante, al comparar la fruta liofilizada y fruta deshidratada convencional (aire caliente) datos tomados de la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica (INCAP) 2012; confirma que 100 g de fruta deshidratada presenta 4 mg de vitamina C y en el caso de la fruta liofilizada respecto al análisis de laboratorio externo en 100 g de dicha fruta se presenta 110.97 mg.

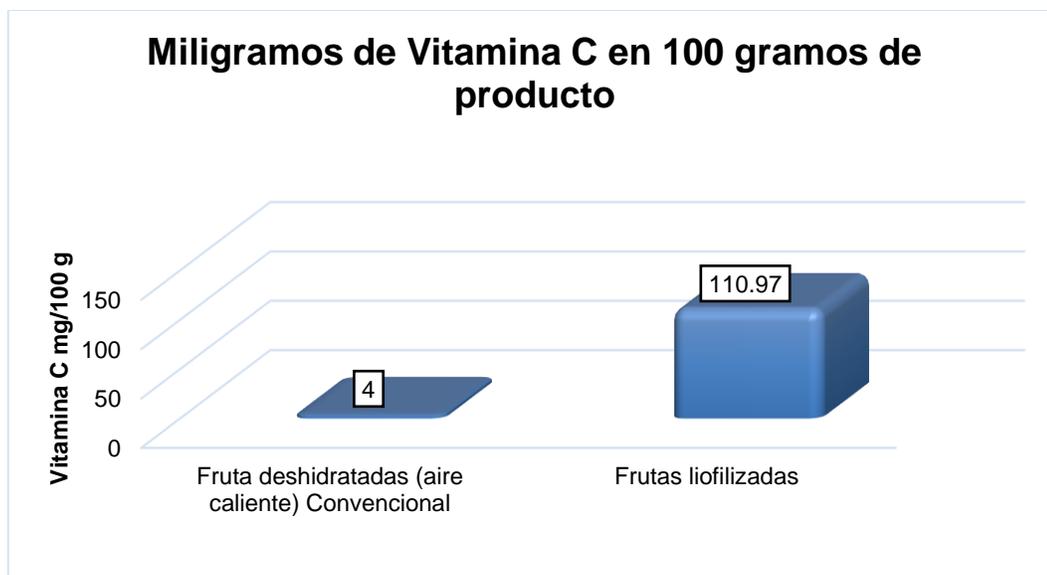


Gráfico 24 Vitamina C en 100 gramos de producto.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

De acuerdo con RTCA, para la categoría de frutas deshidratadas se declara 40 g por porción, por lo tanto, como se observa en la Ilustración 14 la fruta deshidratada presenta 1.6 mg de Vitamina C y la fruta liofilizada presenta 44.4 mg de la vitamina analizada.

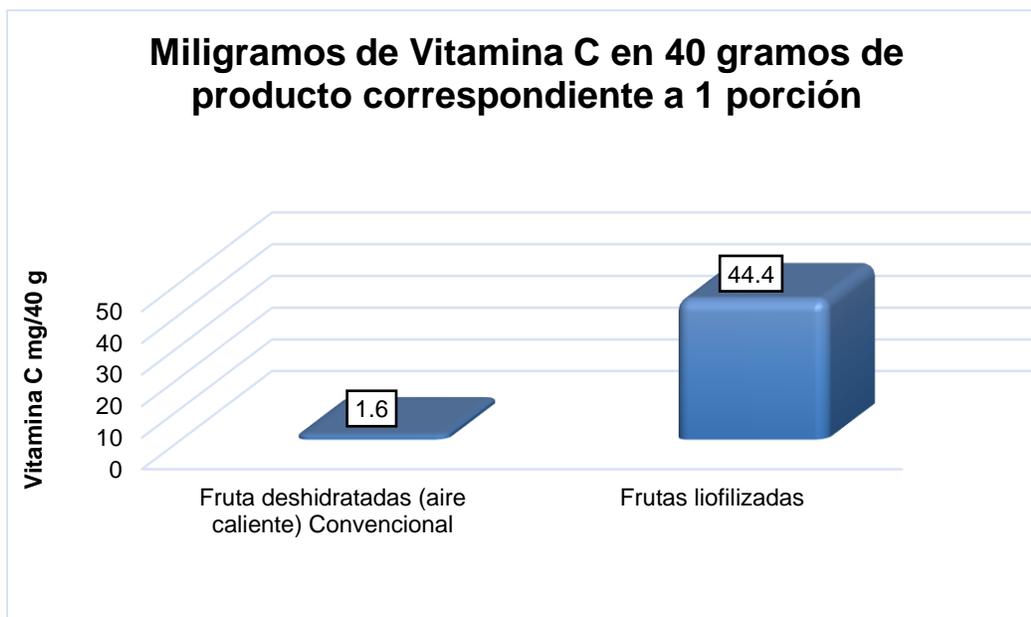


Gráfico 25 Vitamina C en porción de 40 g de producto.

4.4 Documentación pertinente al proceso de liofilización

Luego de la estandarización de proceso de Liofilizado en la compañía de Alimentos Cook se procede a crear la documentación pertinente que garantice la ejecución y el cumplimiento correcto de aspectos de inocuidad y calidad establecidos por la compañía involucrando a los departamentos involucrados; Aseguramiento de la Calidad, Producción, Mantenimiento, Compras, Investigación & Desarrollo.

Los documentos creados son los siguientes:

- ✓ *P-PR-33 Manual de Operación del Equipo Liofilizador*. Documento donde se muestra la manera adecuada de operar al equipo liofilizador contemplando aspectos de mantenimiento y proceso general. (Ver Anexo 4)

- ✓ *R-PR-40-10 Diagrama de Flujo Proceso de Liofilizado*: Representación visual de las actividades involucradas durante el proceso de liofilizado de frutas. (Ver Anexo 5)

- ✓ *I-ID-10 Instructivo Descripción del Proceso y parámetros de proceso para liofilización*: Documento que presenta una descripción del Diagrama de Flujo del Proceso de Liofilizado y los parámetros necesarios para un adecuado funcionamiento del equipo. (Ver Anexo 6)

- ✓ R-PR-38 Ordenes de producción: Se crean órdenes de producción de frutas para generar producto liofilizado.

- ✓ *R-AC-154 Registro de inspección de liofilizado*: Registro para monitoreo de producción de liofilizado por el departamento de Aseguramiento de Calidad. (Ver Anexo 7)

- ✓ *R-PR-67 Registro Control del Liofilizado*: Documento para registrar el comportamiento del equipo durante las producciones. (Ver Anexo 8)

- ✓ *S-ID-01 Especificaciones de Producto Terminado*: Documentos creados para la aceptación de fruta liofilizada. (Ver Anexo 9).

- ✓ *S-ID-02 Especificaciones de Materias Primas*: Documentos creados para conocer las condiciones ideales de recibo de materia prima tanto de calidad como de inocua para el posterior procesamiento.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se exponen las conclusiones de acuerdo con los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas en el equipo liofilizador tipo conductor FD 200, además, se presentan algunas recomendaciones para futuras investigaciones y posibles mejoras de proceso.

5.1 Conclusiones

1. La presión de vacío en la etapa de congelación no presenta un impacto significativo en el proceso que se correlacione con los efectos de temperatura; en la etapa de sublimación y calefacción son factores dependientes para el desarrollo correcto del proceso.
2. Después de haber realizado el estudio de la presión y temperatura se identifica que otra variable que debe ser considerada, es el tiempo de calefacción por estar correlacionada a la calidad del producto final.
3. Para garantizar la calidad del producto final y obtener una humedad menor a 5%, se requiere el cumplimiento de grados brix, pH, madurez, porcentaje de agua, porosidad, tamaño y distribución de fruta en bandejas, para el cumplimiento de los criterios de calidad establecidos para cada tipo de fruta.
4. Las pruebas de aceptabilidad entre la fruta liofilizada de Alimentos Cook contra la fruta importada de los Estados Unidos demuestran que el consumidor acepta la fruta obtenida en el FD-200 de Alimentos Cook, respecto a los criterios de apariencia, dulzor, olor, sabor y textura.
5. La documentación pertinente está alineada con el sistema de Gestión de calidad e inocuidad, lo cual garantiza el cumplimiento de los estándares de calidad.

5.2 Recomendaciones

- Considerar la compra del aceite original de las bombas de vacío del equipo liofilizador, ya que el sustituto utilizado es menos eficiente.
- Ejecutar mediciones microbiológicas y nutricionales del agua resultante de la condensación del proceso, ya que, se puede aprovechar como un valor agregado y considerar un futuro producto, podría contener un sabor característico de la fruta y características nutricionales interesantes.
- Realizar mantenimiento preventivo al menos una vez al mes del equipo liofilizador para asegurar su funcionamiento.
- Considerar el uso de la planta eléctrica exclusiva para el proceso de liofilización en casos de alguna falla eléctrica durante el día o noche.
- Ampliar las pruebas de tiempo y temperaturas de futuros productos a liofilizar.
- Para el desarrollo de un nuevo producto, se debe aplicar las condiciones establecidas en la tabla de Variabilidad y Manejo de Materia Prima, de acuerdo a la naturaleza del producto que se procesará.
- Asegurar el cumplimiento del proceso de liofilización dentro de sistema de gestión de Calidad por medio de las actualizaciones pertinentes.
- Para el manejo de fruta entera no porosa es indispensable el uso del equipo perforador que permite una mejor transferencia de calor y, por ende, una mejor liofilización.
- Desarrollar un estudio de vida útil y microbiológico de frutas obtenidas en el equipo liofilizador FD-200.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahued, M. G. (2014). *Análisis Sensorial de Alimentos - Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Alzate, C. E. (2008). *Congelación y Liofilización de Alimentos*. Colombia: Artes Gráficas Tizan Ltda. Manizales,.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos* (Cuarta Edición ed.). Naucalpan de Juárez, Edo. de México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V. Recuperado el 31 de Marzo de 2018, de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Libro-Badui2006_26571.pdf
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos* (Cuarta Edición ed.). Naucalpan de Juárez, Edo. de México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V. Recuperado el 31 de Marzo de 2018, de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Libro-Badui2006_26571.pdf
- Castellanos, M. Á. (2010). *Investigación de mercados en un ambiente de información digital* (4° ed.). México: McGrawHill. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioutnsp/reader.action?docID=3222172&ppg=167&query=Investigaci%C3%B3n+exploratoria#>

Eduardo Marín B., R. L. (2006). *Revista Chilena de Nutrición*. Recuperado el 31 de Marzo de 2008, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182006000500009

FAO. (2005). Recuperado el 27 de Marzo de 2018, de <http://www.fao.org/3/ax438e.pdf>

FAO. (2017). *FAOSTAT*. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>

Gallardo, H. (2007). *Elementos de la investigación académica*. San José, Costa Rica: UNED. Obtenido de https://books.google.co.cr/books?id=y9s80yY_oFEC&pg=PA57&dq=fuentes+de+informacion+de+una+investigacion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj0IJPVrZTaAhVRj1kKHfcYDUYQ6AEIQDAF#v=onepage&q=fuentes%20de%20informacion%20de%20una%20investigacion&f=false

Manuel E. Cortés Cortés, M. I. (2004). *Generalidades sobre metodología de la investigación*. México: Universidad Autónoma del Carmen. Obtenido de http://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf

Namakforoosh, M. N. (2005). *Metodología de la investigación* (2da ed.). México, Mexico: LIMUSA. Obtenido de <https://books.google.co.cr/books?id=ZEJ7-0hmvhwC&pg=PA89&dq=investigaci%C3%B3n+exploratorio&hl=es&sa=X>

&ved=0ahUKEwWij9qnUn9vaAhWHjlkKHRBDAXMQ6AEILDAB#v=onepage
&q=investigaci%C3%B3n%20exploratorio&f=false

Navas, J. R. (2006). Liofilización de Alimentos. En J. R. Navas, *Liofilización de Alimentos* (pág. 1). Colombia: RECITELA. Obtenido de <https://books.google.co.cr/books?id=hNckTLfmPI4C&printsec=frontcover&dq=El+proceso+de+lio+filizaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiWjIX6gYbaAhUKj1kKHbbEB6gQ6AEIJTAA#v=onepage&q=El%20proceso%20de%20lio+filizaci%C3%B3n&f=false>

Navas, J. S. (2006). *Liofilización de Alimentos*. Cali, Colombia. Recuperado el 01 de Abril de 2018, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=hNckTLfmPI4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=historio+de+la+lio+filizaci%C3%B3n&ots=pnT8-DAoHb&sig=tzBC3UbEvKCg6X9OSKNLI5UIHmk#v=onepage&q=historio%20de%20la%20lio+filizaci%C3%B3n&f=false>

Olabuénaga, J. I. (2012). *Metodología de la Investigación cualitativa* (5° ed.). Bilbao: Universidad de Deusto. Obtenido de https://books.google.co.cr/books?id=WdaAt6ogAykC&printsec=frontcover&dq=Investigaci%C3%B3n+cualitativo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwWjw_avxy4jaAhXBo1kKHfy0BrsQ6AEIKzAB#v=onepage&q=Investigaci%C3%B3n%20cualitativo&f=false

- Unidas, N. (2016). *Fundo de la UNCTAD para la información sobre los mercados de productos básicos agrícolas*. Recuperado el 27 de Marzo de 2018, de http://unctad.org/es/PublicationsLibrary/INFOCOMM_cp09_Pineapple_es.pdf
- Vargas, A. I. (2005). Guía para elaborar una propuesta de investigación. *Revista Educación*, 97.

ANEXOS

Anexo 1 Panel sensorial Alimentos Cook S.A



Anexo 3 Bitácora de pruebas

 <p>Alimentos Cook S.A</p>	<p>Bitácora digital de pruebas</p>	Código: R-ID-04
		Versión: 02
		Vigente desde: 28. jun.16
		Última Revisión: 04. Sept.17
		Página 103 de 135

Nombre del producto o proyecto: _____

Fecha: _____

_____ Laboratorio _____ Planta

Responsable: _____

Copia controlada

Anexo 4 Operación del equipo liofilizador

 Alimentos Cook S.A	Operación del equipo liofilizador	Código: P-PR-33
		Versión: 01
		Vigente desde: 28.nov.18
		Última revisión: 28.nov.18
		Página 104 de 135

1. OBJETIVO

Describir los pasos necesarios para la puesta en marcha y el proceso del equipo liofilizador en la planta de Alimentos Cook S.A.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable para el área de liofilización en la planta Alimentos Cook S.A.

3. RESPONSABILIDADES**Gerente de producción**

Velar por el cumplimiento de la correcta aplicación de este procedimiento.

Supervisor de producción

Supervisar y verificar la correcta ejecución de este procedimiento.

4. PROCEDIMIENTO

PUESTA EN MARCHA

Antes de iniciar con una nueva operación.

- A) Coordinar con el departamento de facilidades para agregar antes de cada producción el químico al tanque de agua.
- B) Verifique que la torre de enfriamiento este con agua. (Fig.1)

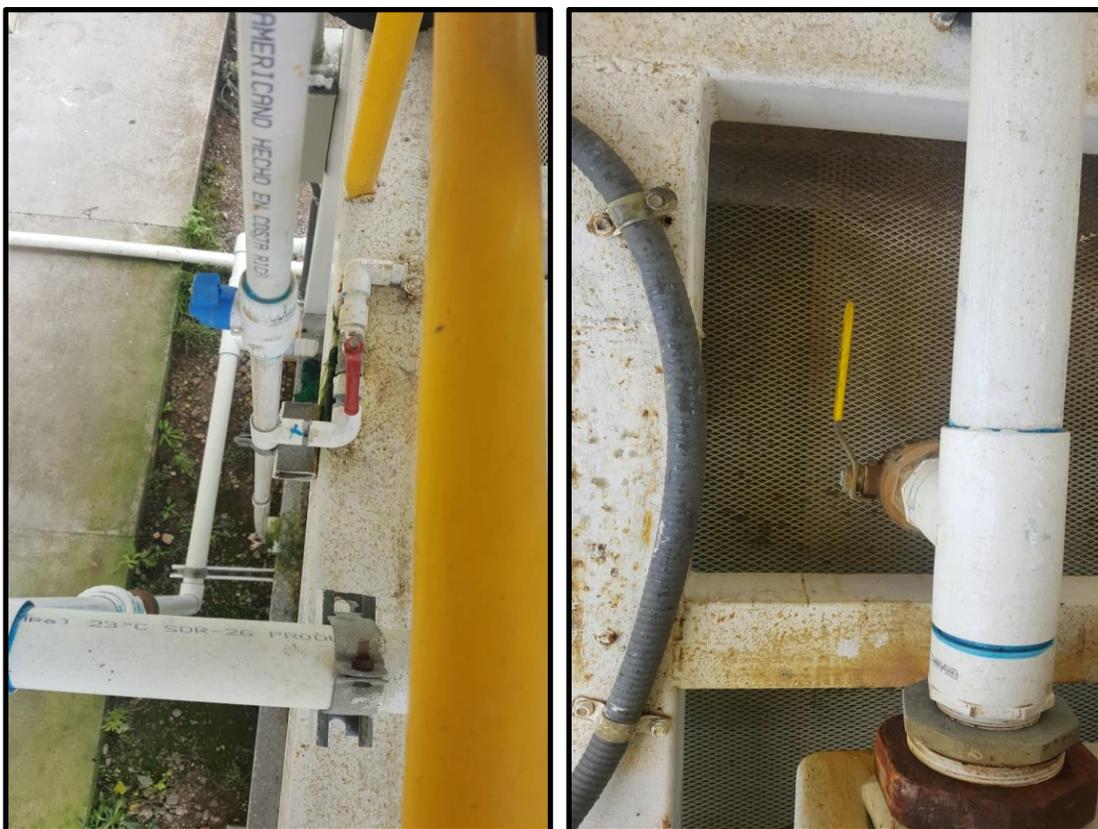


Figura 1

- C) Abrir la válvula de desagüe para comprobar que se ha eliminado totalmente el agua de la operación anterior, cerrarla nuevamente.
1. Para encender el equipo se debe accionar el disyuntor (breaker) principal (Fig.2). Luego se procede a encender la pantalla táctil desde la maneta (Fig.3).

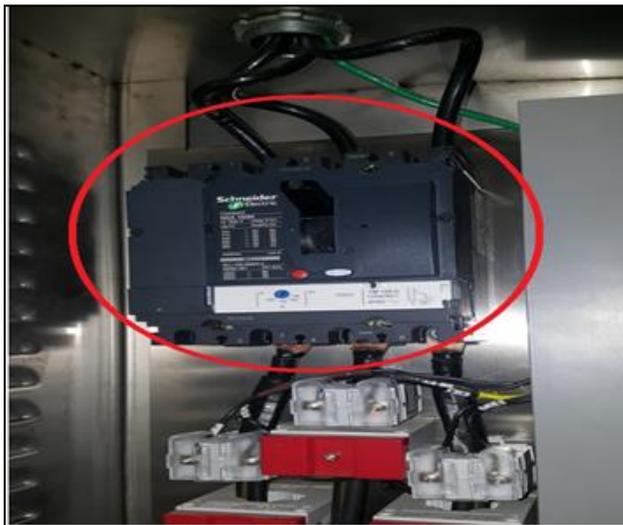


Figura 2

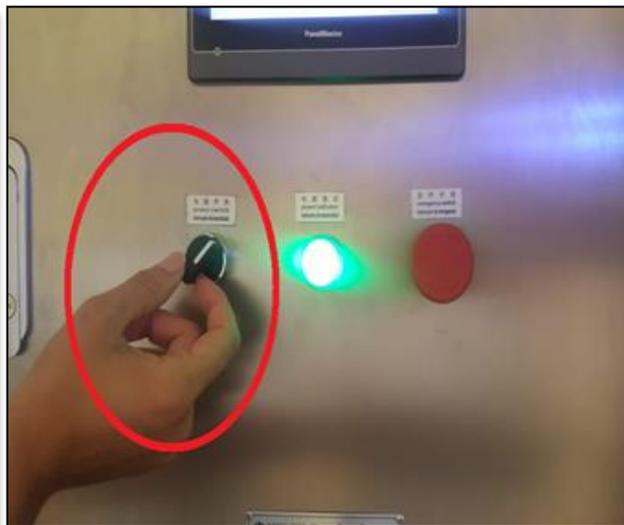


Figura 3

- Se encenderá el equipo y aparecerá la pantalla de presentación. Ingrese a la configuración de parámetros, elija la función manual. Habilite el modo de acción manual dirigiéndose a parámetros de configuración. (Fig.4).

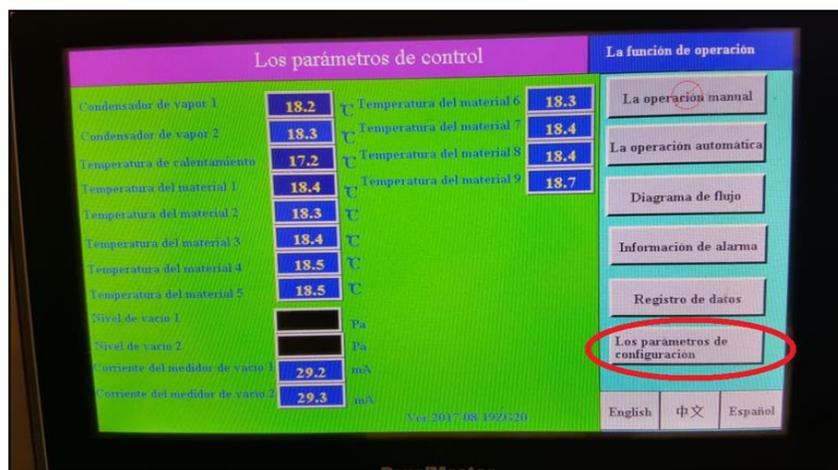


Figura 4

3. Pulse en la pantalla táctil como se muestra, el cuadro negro (Fig.5). Una vez pulsado se tornará color verde y en ese momento ya está habilitada la operación manual. (Fig.6). Para seguir se debe dar la opción de retorno y elegir la **operación manual**.

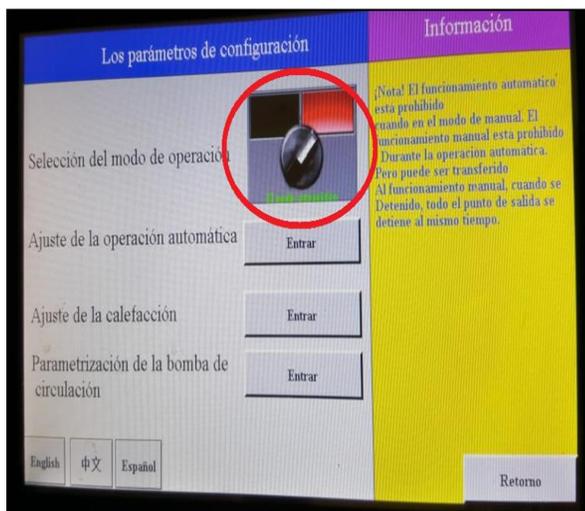


Figura 5

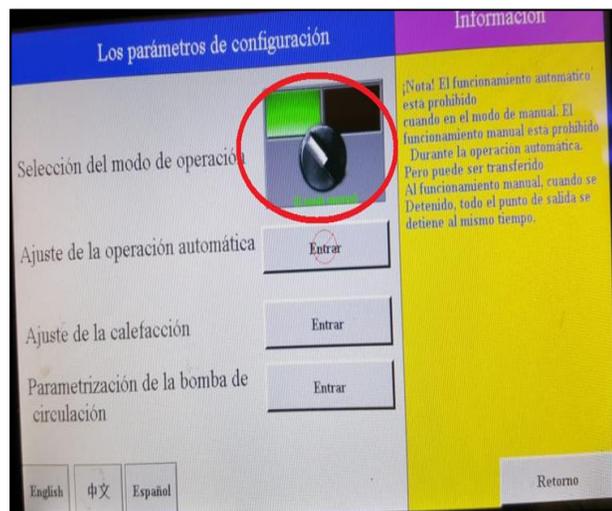


Figura 6

4. Cada vez que se procede a encender los puntos grises que se mencionarán en seguida, se van a tornar color verde. (Fig.7).

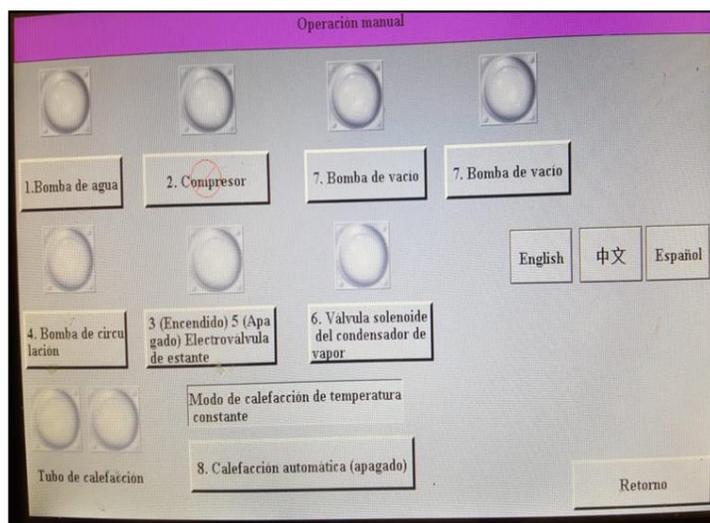


Figura 7

5. Retorne a la pantalla principal y seleccione el modo manual y proceda a encender la bomba de agua (Fig.8). Una vez que encienda la bomba de agua se tornará color verde el recuadro. (Fig.9).

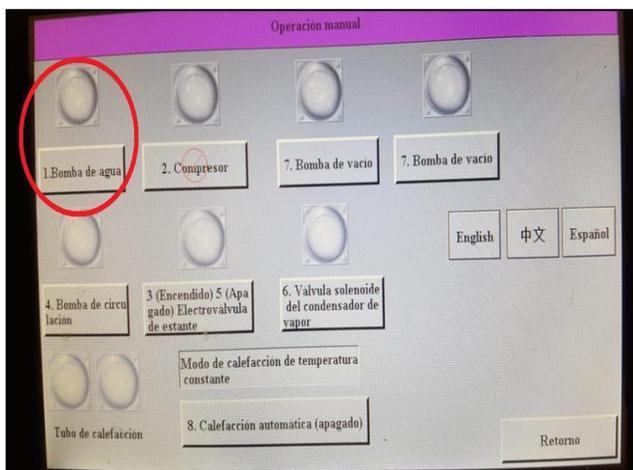


Figura 8

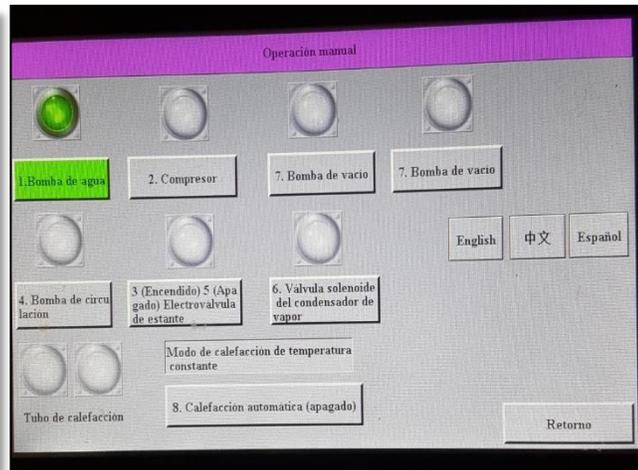


Figura 9

6. Verifique que haya flujo de agua en el sistema. Debe sentir en la tubería una especie corriente de agua. (Fig.10).



Figura 10

7. Proceda a encender el compresor de refrigeración. (Fig.11).

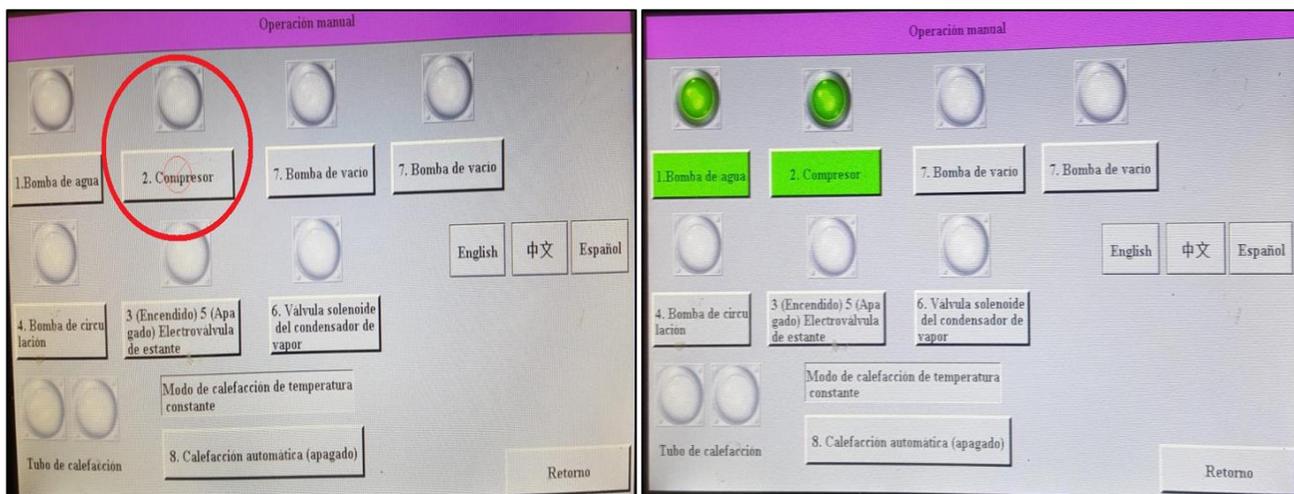


Figura 11

8. Encienda la electroválvula de estantería. (Fig.12).

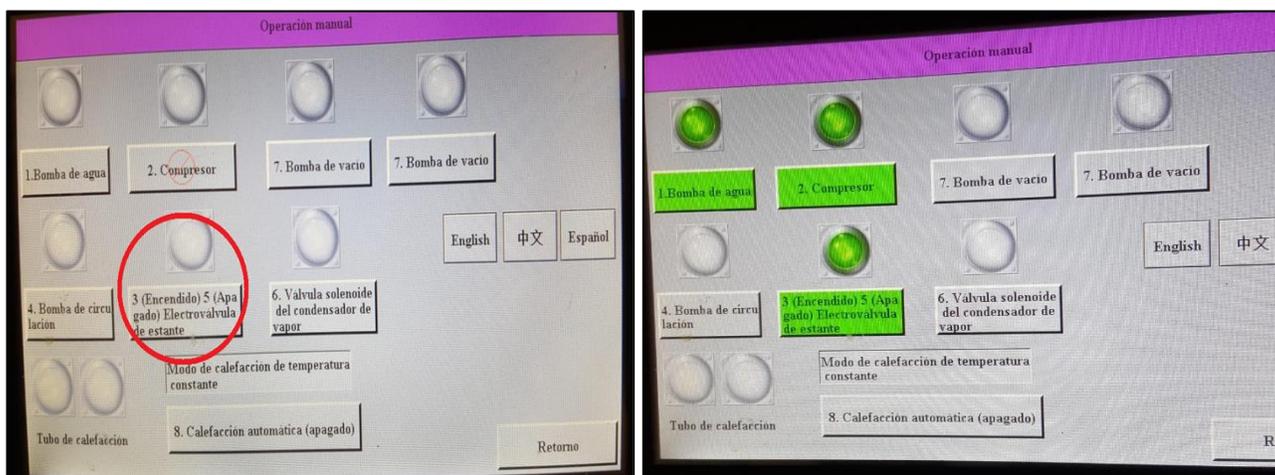


Figura 12

9. Encienda la bomba recirculadora de aceite (Fig.13). En este paso se da el inicio de la etapa de congelación.

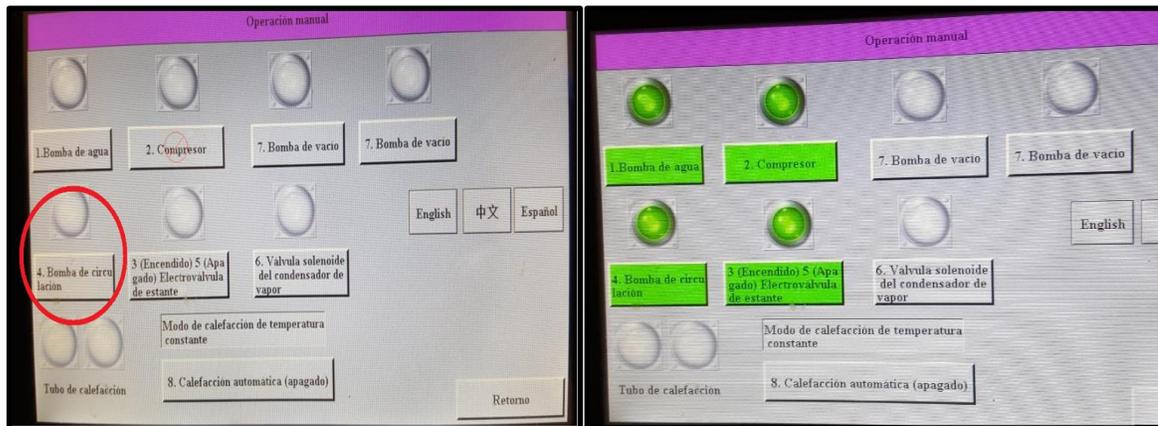


Figura 13

10. Verifique que la bomba levante la presión aproximadamente 30 psi. (Fig.14).



Figura 14

11. Ingresar las bandejas con producto al liofilizador, tener en cuenta que existen 24 bandejas de un mismo tamaño, 3 bandejas medianas y 3 bandejas

pequeñas las cuales son colocadas en la parte más alta del liofilizador. Al finalizar el ingreso de las bandejas debe recordar que las termocuplas deben colocarse una en cada nivel de la cámara, tratando de elegir una pieza con mayor tamaño y grado de maduración. *Evitar que la termocupla tenga contacto con la bandeja ya que daría datos erróneos de temperatura, la fruta es la que debe ir en contacto directo.* Una vez se encuentren colocadas adecuadamente, proceda a cerrar las puertas colocando los pernos de sujeción (Fig.15). Asegurarse que la válvula de drenaje (Fig.16) y la válvula de presurización (Fig.17) estén totalmente cerradas.



Figura 15



Figura 16



Figura 17

12. Se debe esperar a que el producto alcance la temperatura deseada (entre -35°C y -40°C). Esta etapa toma aproximadamente 4 horas. (Fig.18).

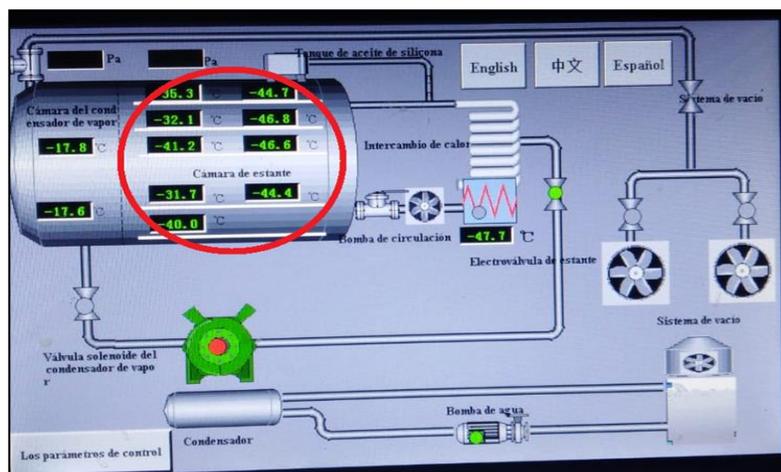


Figura 18

13. Cuando el equipo alcance la temperatura deseada se procede a **apagar** la electroválvula de estantería (Fig.19) y encender la electroválvula del condensador de vapor. (Fig.20).

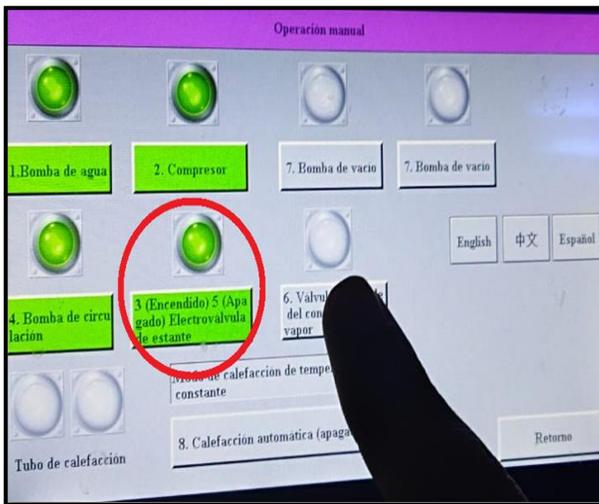


Figura 19

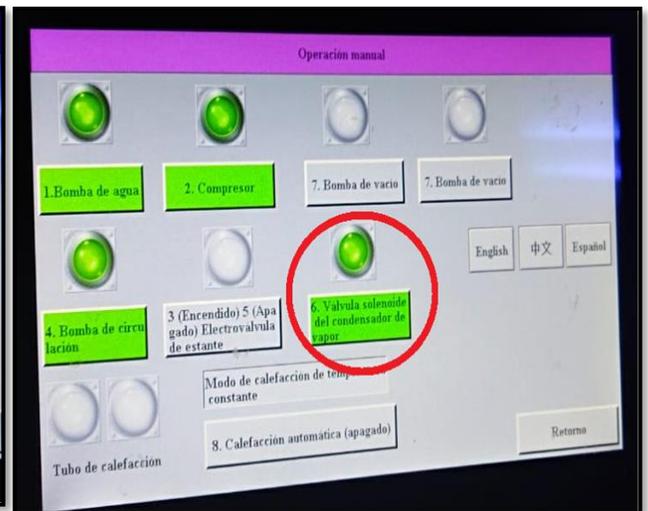


Figura 20

14. Espere 15 minutos aproximadamente hasta que la cámara de condensador de vapor alcance una temperatura mínima de -60°C . (Fig.21).

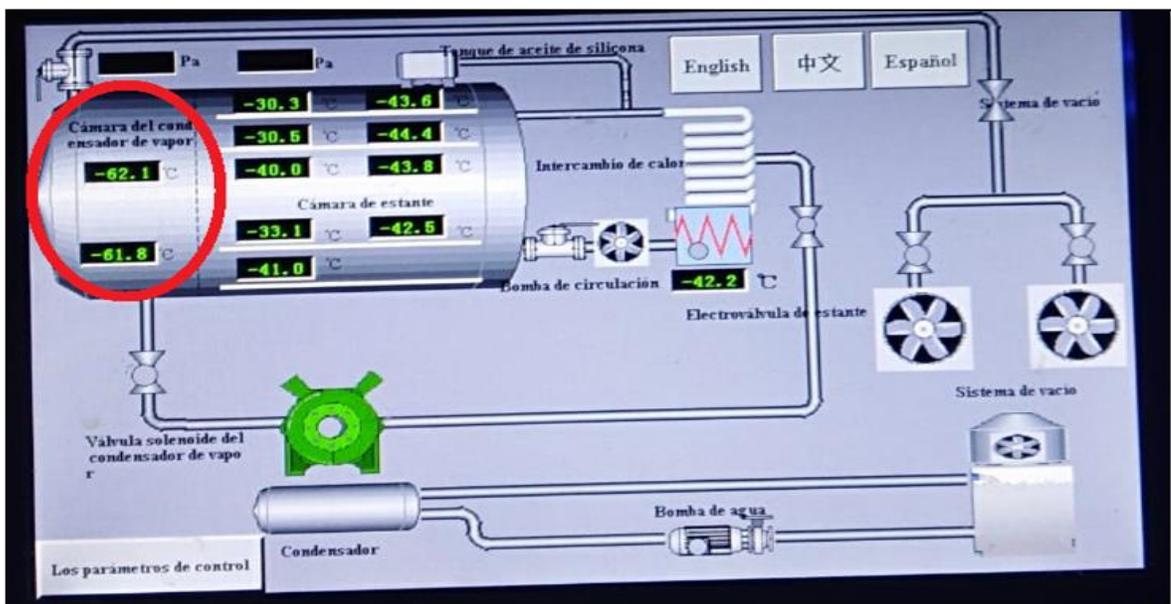


Figura 21

15. Luego de que alcance esa temperatura indicada, se debe verificar que la válvula de drenaje y la válvula de presurización estén bien cerradas (Fig.22), seguidamente proceda a encender las bombas de vacío (Fig.23).



Figura 22

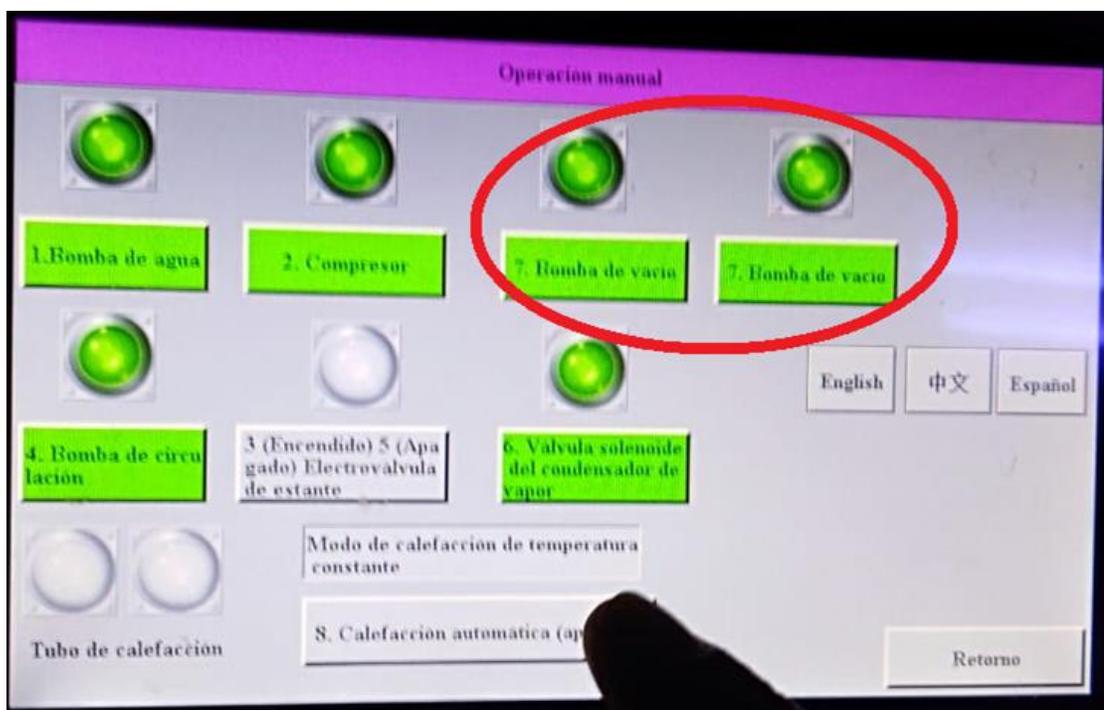


Figura 23

16. Espere aproximadamente 40 minutos o el tiempo necesario para que la presión de vacío se encuentre igual o por debajo a 10 Pascales (Fig.24).

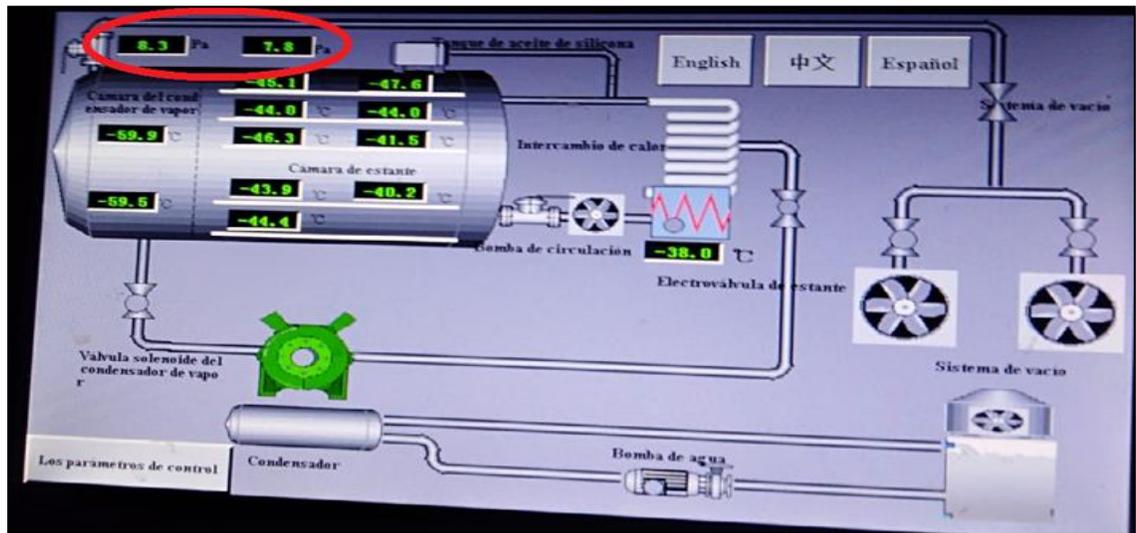


Figura 24

17. Si no alcanza la presión mencionada, se debe revisar todos los puntos de conexión, válvulas, sensores, puerta, nivel de aceite de las bombas de vacío. (Fig.25).



Figura 25

18. Cuando alcance la presión esperada proceda a encender la calefacción. (Fig.26).

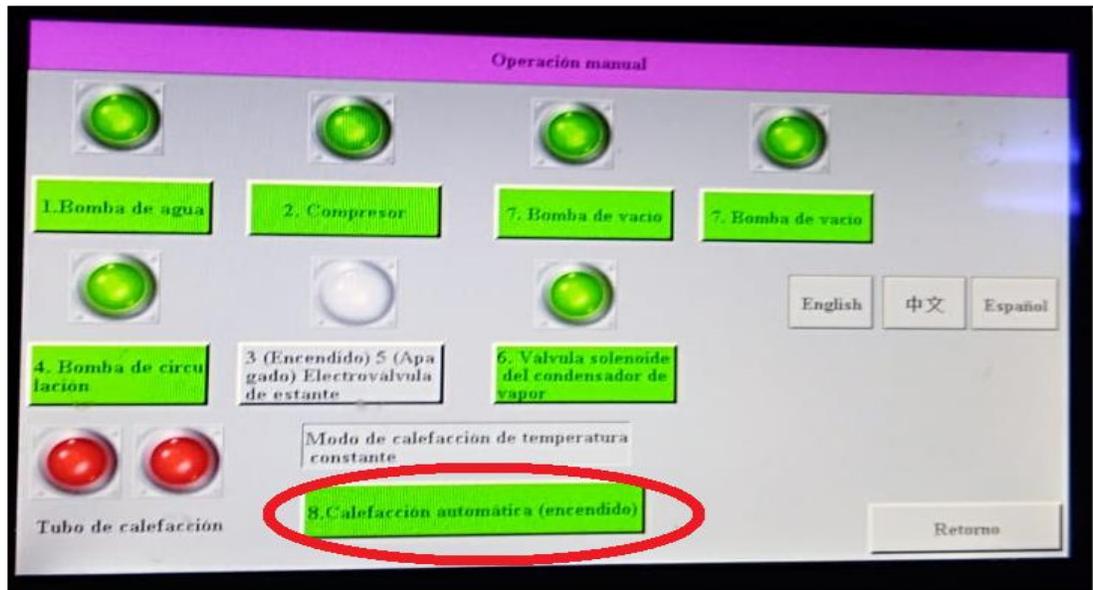


Figura 26

19. Puede programar la temperatura de calefacción ingresando a la página principal, configuración de parámetros, calefacción y colocarlo en 50°C. Tome en cuenta que el proceso de calentamiento de la fruta de -40°C a 50°C puede tardar de 12 a 15 horas aproximadamente.
20. Cuando se cumplan las condiciones anteriormente descritas, proceda a apagar los parámetros de la máquina de manera descendente respecto al orden numérico de 8 a 1, (Fig.27).

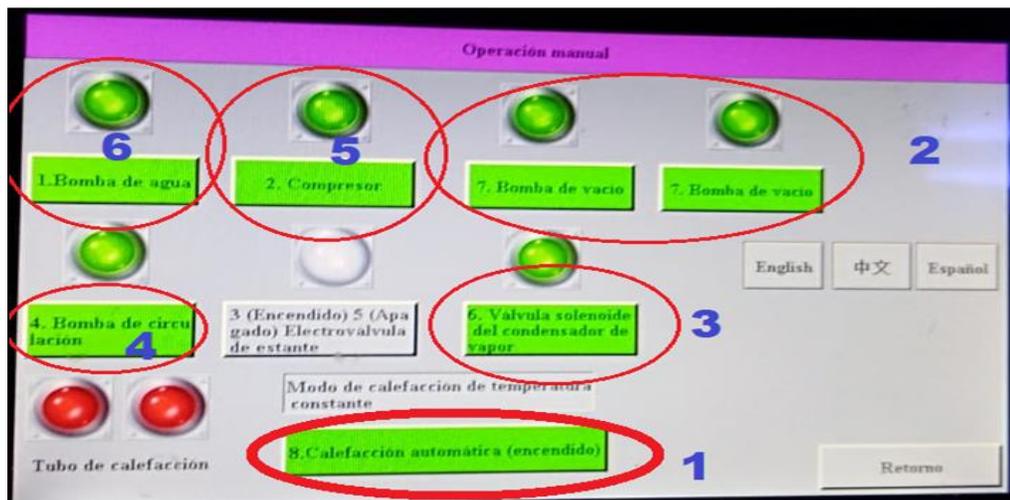


Figura 27

21. Seguidamente proceda a liberar los pernos de la tapa o puerta. (Fig.28).



Figura 28

22. Abra la válvula de presurización lentamente. Cuando la presión de la cámara sea igual a la atmosférica la puerta se liberará. (Fig.29).



Figura 29

Consideraciones importantes

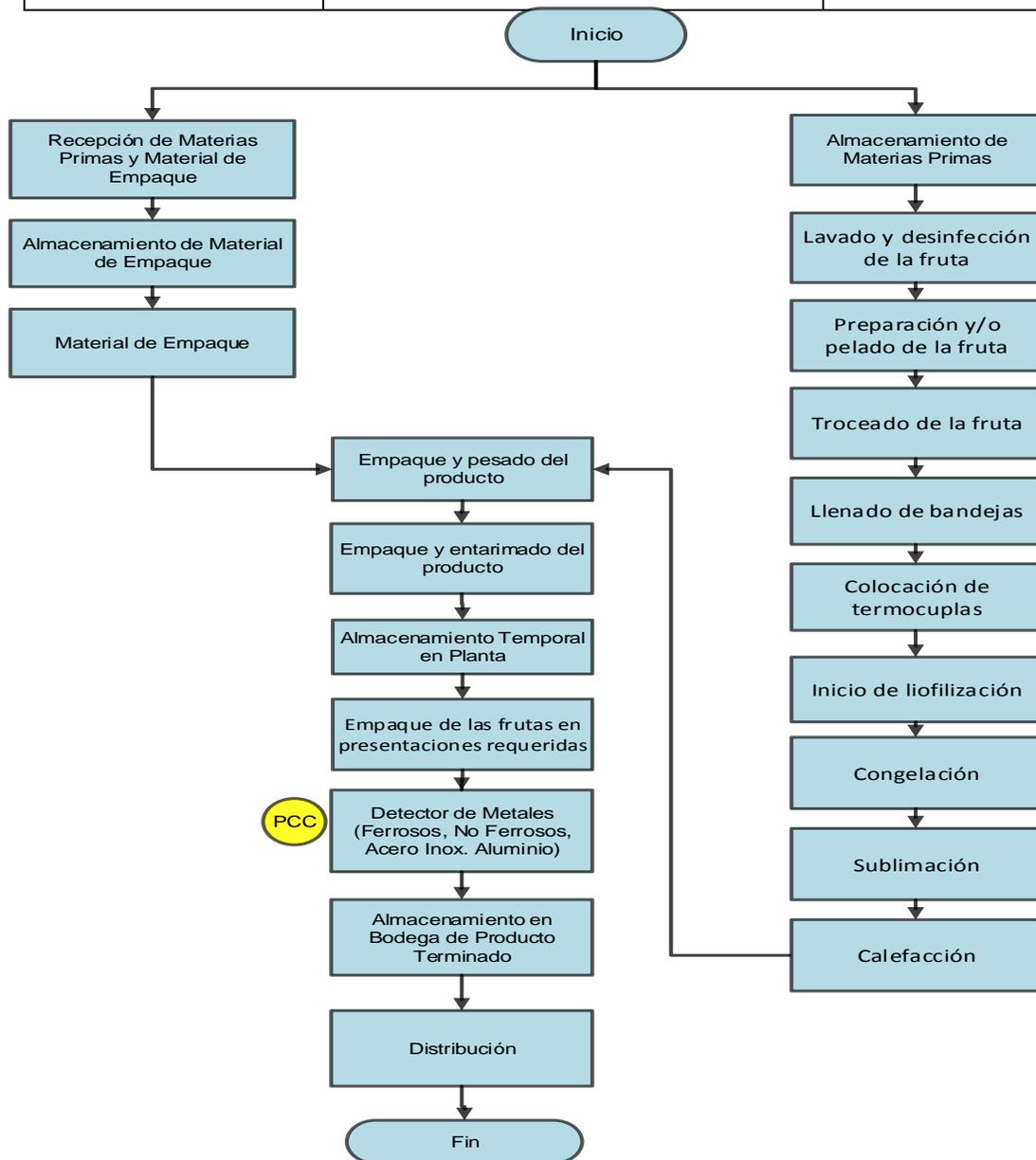
1. Debe recordar que las termocuplas deben colocarse una en cada nivel de la cámara, tratando de elegir una pieza con mayor tamaño y grado de maduración.
2. Una vez el producto este completamente liofilizado se debe empacar inmediatamente y sellar, ya que el producto adquiere humedad del ambiente y perderá su textura crujiente si se deja al ambiente. Este punto es sumamente importante ya que si esto sucede se perdería el proceso y posiblemente se debe iniciar el proceso de liofilizado, lo que provocaría atrasos en producción y pérdidas económicas.
3. Si en algún momento el equipo tiene una falla o se apaga en cualquier etapa se debe hacer el reporte al departamento de mantenimiento para que pueda valorar lo sucedido, en tales casos el equipo se inicia en la etapa en la que se encontraba de la siguiente forma:
 - a. Si se encuentra en la etapa de congelación y el equipo por alguna razón se apaga, se puede encender y continuar con el proceso de congelado.
 - b. Si se encuentra en la etapa de vacío y el equipo por alguna razón se apaga, de la misma forma se vuelve a encender aplicando el vacío.
 - c. Si se encuentra en la etapa de calefacción y el equipo por alguna razón se apaga, se debe encender el equipo realizar el vacío nuevamente y esperar a que baje la presión de vacío a pascales menor a 10 pascales. Posteriormente aplicar la calefacción.

Nota: Estos cambios se deben realizar lo más rápido posible para que la cámara no se descongele y el producto no se vea afectado.

-----U. L-----

Anexo 5 Diagrama de flujo proceso liofilizado

 Alimentos Cook S.A	Diagramas de Flujo Proceso Liofilizado	Código: R-PR-40-10
		Versión: 01
		Vigente desde: 12.dic.18
		Última revisión: 12.dic.18
		Página 1 de 1



Anexo 6 Instructivo Descripción de proceso y parámetros para liofilización

 Alimentos Cook S.A	Descripción del Proceso y Parámetros para liofilización	Código: I-ID-10
		Versión: 01
		Vigente desde: 10.ene.19
		Última revisión: 10.ene.19
		Página 1 de 1

1. OBJETIVO

Describir el proceso, parámetros y actividades necesarias para la elaboración de alimentos liofilizados

2. RESPONSABILIDAD

- **Jefe de Investigación y Desarrollo**
 - Dar seguimiento y realizar las actualizaciones correspondientes al presente instructivo en caso de ser necesario.
- **Gerente de Producción**
 - Dar seguimiento y velar por el cumplimiento de este instructivo.
- **Supervisor de Producción**
 - Asegurar la correcta ejecución de lo establecido en este documento por parte del personal a su cargo.
- **Gerente de Aseguramiento de Calidad**
 - Asignar el personal encargado de verificar que los parámetros y procedimientos establecidos se cumplan.

3. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES**3.1. Descripción del Producto**

La descripción de cada uno de los productos, así como sus características finales, ingredientes, el uso previsto y condiciones de almacenamiento, se indica en S-ID-01 Ficha Técnica de Producto Terminado.

3.2. Diagrama de Flujo

Los diagramas de flujo del proceso de elaboración se localizan en registro R-PR-40-10 Diagramas de Flujo, en Familia: Liofilizado.

3.3. Procedimiento

3.3.1. Recepción y almacenamiento de materias primas y material de empaque:

Se hace la recepción de la materia prima y material de empaque, verificando y validando tanto que se cumplan los requerimientos y la documentación de acuerdo con la compra realizada, siguiendo los lineamientos descritos en el P-AC-03 Recepción y Revisión de Materias Primas y Material de Empaque. Posteriormente se hace el ingreso al sistema y luego se almacena en las áreas ya asignadas y acondicionadas para almacenamiento.

3.3.2. Lavado y desinfección de la fruta

La fruta que ingrese debe ser lavada y desinfectada en las pilas de acero inoxidable una solución de ALOX a una concentración de 4ml/1litro de agua, sumergir la fruta por 30 segundos. Luego pase la fruta a la otra pila tratando de escurrir un poco el agua. *Ver P-AC-35 Alerta de Calidad – Lavado de fresa fresca.*

3.3.3. Preparación y/o pelado de la fruta

Las siguientes frutas requieren de un pelado o eliminación de cáscara manual; mango, papaya, piña, coco, y banano respectivamente. En el caso de la fresa solamente requiere de la eliminación de la “corona” en caso de que la traiga; el arándano o frambuesa se utiliza entero.

3.3.4. Troceado de la fruta

Se cuenta con máquinas rebanadoras para el mango, el banano, fresa y coco; además, con máquinas para elaborar trozos de fruta. Depende del requerimiento de producción varía la forma en que se vaya a procesar, ya sea rebanadas, trozos y/o rodajas.

3.3.5. Llenado de bandejas

Las bandejas deben tener una distribución homogénea de la cama de fruta para obtener una correcta liofilización de la fruta y optimización de espacios. No debe colocarse fruta sobre fruta, cada trozo debe estar en contacto directo con la bandeja.

3.3.6. Colocación de termocuplas

Se cuenta con termocuplas para cada uno de los niveles de la cámara; se debe colocar la termocupla en un trozo de fruta, ésta debe ser el de mayor grosor, mayor madurez y asegurarse de estar en contacto con la bandeja.

3.3.7. Inicio de liofilización

Luego de tener todas las termocuplas correctamente colocadas, se cierra la cámara y el operario inicia el proceso de liofilización. *Ver P-PR-33 Operación del equipo Liofilizador.*

3.3.8. Congelación

Se inicia con el proceso de congelado y se deben registrar en la pantalla del PLC el registro de las termocuplas a -40°C aproximadamente. Este proceso dura aproximadamente 4 horas. *Ver P-PR-33 Operación del equipo Liofilizador.*

3.3.9. Sublimación

Cuando el equipo alcance la temperatura deseada se procede a apagar la electroválvula de estantería y encender la electroválvula del condensador de vapor. Espere 15 minutos aproximadamente hasta que alcance una temperatura mínima de -60°C la cámara del condensador de vapor, una vez alcance esa temperatura

indicada, se debe cerrar la válvula de drenaje y la válvula de presurización, seguidamente proceda a encender las bombas de vacío.

Espera aproximadamente 40 minutos o el tiempo necesario para que la presión de vacío se encuentre igual o por debajo de 10 pascales. Ver *P-PR-33 Operación del equipo Liofilizador*.

3.3.10. Calefacción

Cuando alcance la presión esperada proceda a encender la calefacción. Puede programar la temperatura de calefacción ingresando a la página principal, configuración de parámetros, calefacción y colocarlo en 50°C. Tome en cuenta que el proceso de calentamiento de la fruta de -40°C a 50°C puede tardar de 12 a 15 horas aproximadamente. Ver *P-PR-33 Operación del equipo Liofilizador*.

3.3.11. Empaque y pesado de producto

Finalizado el proceso de liofilización se abra la puerta del equipo y se debe extraer poco a poco las bandejas de la cámara del equipo. Se debe empacar inmediatamente y sellar, ya que el producto adquiere humedad del ambiente y perderá su textura crujiente si se deja al ambiente. Este punto es sumamente importante ya que si esto sucede se perdería el proceso y posiblemente se debe iniciar el proceso de liofilizado, lo que provocaría atrasos en producción y pérdidas económicas. Finalizado el empaque se realice el pesado del producto liofilizado obtenido.

3.3.12. Empaque y entarimado del producto

Una vez empacado el producto en bolsas transparentes para liofilizado, se introducen las bolsas en cajas de cartón corrugado. Se sellan provisionalmente las cajas y se estiban en tarimas.

3.3.13. Almacenamiento temporal en Bodega de Materia Prima

Las tarimas con producto permanecen provisionalmente en el área de almacenamiento de materia prima hasta su uso.

3.3.14. Parámetros del Producto Terminado

El departamento de Aseguramiento debe de monitorear constantemente **(durante toda la producción)** los parámetros de producto terminado. Estos parámetros se revisan con el fin de verificar la calidad del producto final según el:

- S-ID-01-61 Piña
- S-ID-01-63 Banano Liofilizado
- S-ID-01-64 Mango Liofilizado
- S-ID-01-65 Mixta

3.3.15. Materias primas por Batch

Las materias primas que utilizar por batch para estos productos están detalladas en los siguientes registros:

- Registro R-PR-38-37 Orden de Producción Fresa fresca rebanadas.
- Registro R-PR-38-54 Orden de Producción Fresa fresca cubos.

4. Anexos

Ver el P-PR-33 Operación del equipo Liofilizador.

-----U. L-----

Anexo 7 Registro control de proceso de inspección de liofilizado

 Alimentos Cook S.A		Control de Proceso de Inspección de Liofilizado						Código: R-AC-154				
								Versión: 01				
								Vigente desde: 06.dic.18				
								Última revisión: 06.dic.18				
Página 1 de 1												
Producto: _____			Hora inicial: _____			Cuarentena <input type="checkbox"/>		Peso total Bache: _____				
Orden: _____			Hora final: _____			Lote: _____		Consumo energetico total: _____				
FECHA	Hora	Condiciones ambientales		Evaluación sensorial Fresa Fresca (C=Cumple/ NC=No Cumple)				Control liofilizador				Inspector
		% HR	Temp (C°)	Color	Olor	Sabor	Textura	T° congelación	T° Termocupla #5	Presión vacío	T° Calefacción	
Inspección de Producto Terminado												
FECHA	Hora	Fruta liofilizada en Rodajas			Fruta liofilizada en Cuadritos			Evaluación sensorial (C=Cumple/ NC=No Cumple)				Inspector
		Humedad max 5%	Densidad g/ml	Grosor 3 a 5 mm	Humedad max 5%	Densidad g/ml	Lado 10x10mm ±3	Color	Olor	Sabor	Textura	
Observaciones								Etiqueta				

Anexo 8 Anexo Registro control del liofilizador de producción

 Alimentos Cook S.A	<h3>Control del Liofilizador</h3>	Código: R-PR-67 Versión: 01 Vigente desde: 24.oct.2018 Última revisión: 24.oct.2018 Página 1 de 1														
Producto: _____ Total ingreso producto al liofilizador: _____ Total desperdicio: _____ Orden: _____ Lote: _____ Total producto no procesado: _____ Fecha: _____ Hora Inicial: _____ Hora final: _____																
PARÁMETROS DEL LIOFILIZADOR																
Equipo Liofilizador	Parámetro	Hora	Temperatura °C	Operador	Producto	Operador	Observaciones									
Encendido del equipo congelación	-				Fecha											
Inicio congelación	-				Si Cumple / No Cumple	Sabor	Textura									
Temperatura Final congelación	min -40 °C					Color	Olor									
Temperatura de condensador de vapor (°C)	min -60 °C				Humedad	%										
Presión de vacío	máx 10 pas				PARÁMETROS PRODUCTO TERMINADO											
Finalización de calefacción	máx 70 °C				*Rendimiento (Total kg de fruta liofilizada/Total kg de fruta fresca ingresada al liofilizador)*100	Operador	Observaciones									
Control de termocuplas					Cantidad liofilizada (Kg)											
Temperatura de termocuplas	1	°C			*Rendimiento (%)											
	5															
	9															
Presión de vacío		Pas														
Operador					Observaciones											
Fecha	DURACIÓN DE OPERACIONES	Hora		Total horas	Número de personas	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Consumo energético</th> </tr> <tr> <td style="width:33%;">Inicial</td> <td style="width:33%;">Final</td> <td style="width:33%;">Total</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		Consumo energético			Inicial	Final	Total			
Consumo energético																
Inicial	Final	Total														
	Preparación	Lavado, desinfectado y acomodo de utensilio y Materia prima	Inicio	Final												
	Horas máquina	Pelado, rebanado o troceado														
	Ejecución	Tiempo proceso de liofilización														
		Empacado														
Observaciones																

Operador _____

Supervisor _____

Anexo 9 Especificaciones Técnicas de Producto Terminado

 Alimentos Cook S.A	Ficha Técnica de Producto Terminado	Código: S-ID-01
		Versión: 01
		Vigente desde: 13.nov.18
		Última Revisión: 13.nov.18
		Página 127 de 135

1. **Producto:** Piña Liofilizada2. **Descripción del Producto:** Trozos de Piña3. **Características sensoriales:**

Parámetro	Unidad	Descripción	Método
Color	Atributo	Amarillo	Sensorial
Olor	Atributo	Piña	Sensorial
Sabor	Atributo	Característico a Piña	Sensorial
Forma	Atributo	Irregular característico a piña	Sensorial

4. **Características Fisicoquímicas**

Característica	Unidad	Mínimo (%)	Máximo (%)	Método
Humedad	%	=	5	Termo balanza
Densidad	g/ml	0.13	0.17	Gravimétrico

5. **Características Microbiológicas:**

Característica	Unidad	Mínimo	Máximo
<i>E.coli</i>	NMP/g	-	<3
<i>Salmonella ssp</i>	<i>Salmonella ssp./25 g</i>	-	Ausencia

6. Empaque y presentación

Bolsa doy pack impresa para las presentaciones de 10 g dentro de caja de cartón corrugado.

7. Condiciones de almacenamiento

Conservar en un lugar seco y fresco. Mantenga la bolsa cerrada después de cada uso.

8. Ingredientes

Piña

9. Vida útil

Doce meses, cumpliendo con las condiciones de almacenamiento indicadas.

10. Riesgos por alérgenos

Este producto podría contener trazas de nueces, soya, leche, trigo y nueces de árbol.

11. Precauciones

Personas sensibles a algunos de sus componentes deberán tomar las precauciones que correspondan.

12. Codificación del lote

El número de lote está conformado por el código del producto seguido de los dos últimos dígitos del año de elaboración. El código del producto se define como un número de dos dígitos que corresponde al consecutivo de fabricación.

13. Modo de consumo

Listo para consumo.

14. Métodos de distribución

En camiones a temperatura ambiente, secos, limpios y libres de plagas u olores fuertes.

15. Información Nutricional:

Nutrition Facts	
Información Nutricional	
1 Servings per Container/ 1 porción por empaque.	
Serving size /Tamaño de Porción	10 g (1 bag/1 paquete)
Energie value/ Valor energético	
Calories/Calorías (Kcal)	35
Kilojules/Kilojulios (Kj)	150
Amount Per Serving/ Cantidad Por Porción	
Calorías de la grasa	50KJ (10Kcal)
	% Daily Value* /%
	Valor diario*
Grasa total/ Total Fat 0 g	0%
Grasa Saturada/Saturated Fat 0 g	0%
Grasas Trans/Trans Fat 0 g	-
Colesterol/Cholesterol 0 mg	0%
Sodio/Sodium 0 mg	0%
Carbohidrato total/Total Carbohydrate 9 g	3%
Fibra Dietética/Dietary Fiber 1 g	4%
Azúcares Totales/Total sugars 7 g	
Azucres agregados /Added sugars 0g	0%
Proteína/Protein 0 g	
Vitamin D/vitamina D 0mcg 0%	Calcium/Calcio 9mg 1%
Iron/ Hierro 0.3mg 2%	Potassium/Potasio 70mg 1%
<p>*The % Daily Values (DV) tells you how a nutrient in a serving of food contributes to daily diet. 2,000 calories (8378 KJ) a day is used for general nutrition advice. The % Daily Values (DV) are according to the FDA</p> <p>*El valor Diario (DV) le indica cuanto contribuye un nutriente a una porción de alimentos en una dieta diaria de 2,000 kcal (8378KJ). Se utiliza generalmente como sugerencia nutricional. Los porcentajes de valor diario son según FDA.</p>	

1. Producto: Banano Liofilizado.

2. Descripción del Producto: Rodajas y Rebanadas de banano liofilizado.

3. Características sensoriales:

Parámetro	Unidad	Descripción	Método
Color	Atributo	Blanco hueso	Sensorial
Olor	Atributo	Banano	Sensorial
Sabor	Atributo	Característico a banano	Sensorial
Forma	Atributo	Rebanadas y rodajas	Sensorial

1. Producto: Mango Liofilizado

2. Descripción del Producto: Trozos de mango liofilizado.

3. Características sensoriales:

Parámetro	Unidad	Descripción	Método
Color	Atributo	Amarillo-verde	Sensorial
Olor	Atributo	Mango	Sensorial
Sabor	Atributo	Característico a Mango	Sensorial
Forma	Atributo	Trozos	Sensorial

1. Producto: Mango, Banano y Piña Liofilizados.

2. Descripción del Producto: Trozos de Mango, Banano y Piña.

3. Características sensoriales:

Parámetro	Unidad	Descripción	Método
Color	Atributo	Característico a cada fruta	Sensorial
Olor	Atributo	Combinación de olores a frutas	Sensorial
Sabor	Atributo	Característico a cada fruta	Sensorial
Forma	Atributo	Trozos irregulares característicos a cada fruta.	Sensorial

Anexo 10 Fresa fresca y fresa que no se liofilizó correctamente



Anexo 11 Kiwi fresco y Kiwi correctamente liofilizado



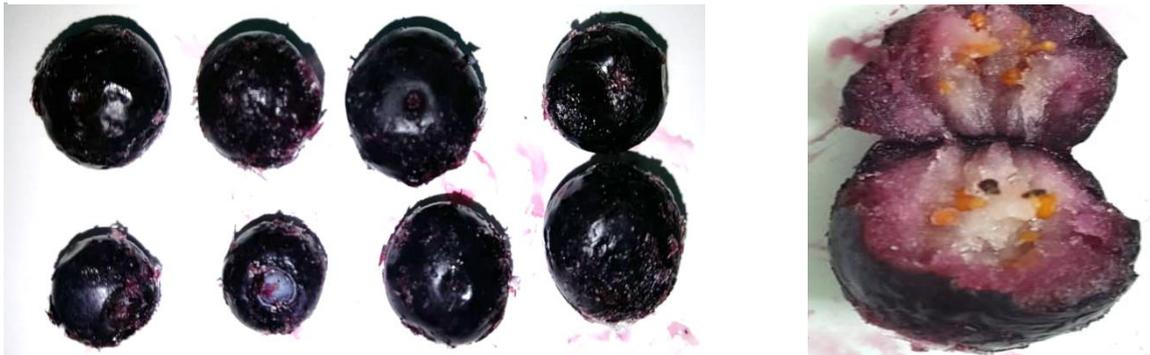
Anexo 12 Mango fresco y Mango liofilizado



Anexo 13 Piña fresca y piña liofilizada



Anexo 14 Arándano fresco, liofilizado con agujero y liofilizado entero



Anexo 15 Análisis de Vitamina C fresa fresca



Tels.: 2286-1168 / 2226-4462 • Fax: (506) 2226-4462 • Apartado: 877-1011 San José, Costa Rica
 e-mail: lambda@racsa.co.cr • www.laboratoriolambda.com

RESULTADO DE ANALISIS # 462,406



---RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO---

FECHA: 14 DE ENERO DE 2019

SOLICITANTE: ALIMENTOS COOK, S.A.

ATENCION: Sra. SHIRLEY ZUÑIGA RIVERA

REFERENCIA: MUESTRA DE FRESA FRESCA, LOTE: 57FF02, RECIBIDA POR EL LABORATORIO LAMBDA EL DIA 9 DE ENERO DE 2019.

MUESTRA:

RESULTADO PROMEDIO

VITAMINA C..... 25,22 mg/100 g

OBSERVACIONES:

- METODOS ANALITICOS: A.O.A.C. 16th EDITION 1995.
- DIGITADO POR: car.
- CODIGO LAMBDA: 7620-T00.

RAFAEL E. AMÓN PÉREZ
 N.I. CCR 537

NOTA: Refiérase al código Lambda de esta muestra para cualquier consulta.
 Resultados de análisis válidos únicamente para las muestras enviadas al Laboratorio por el interesado.

Anexo 16 Análisis de Vitamina C fresa Liofilizada



Tels.: 2286-1168 / 2226-4462 • Fax: (506) 2226-4462 • Apartado: 877-1011 San José, Costa Rica
 e-mail: lambda@racsa.co.cr • www.laboratoriolambda.com

RESULTADO DE ANALISIS # 462,530



---RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO---

FECHA: 16 DE ENERO DE 2019

SOLICITANTE: ALIMENTOS COOK, S.A.

ATENCION: Srta. SHIRLEY ZUÑIGA RIVERA

REFERENCIA: MUESTRA DE FRESA LIOFILIZADA, LOTE: 57FF02 (LOTE INTERNO0219), RECIBIDA POR EL LABORATORIO LAMBDA EL DIA 14 DE ENERO DE 2019.

MUESTRA:

RESULTADO PROMEDIO

VITAMINA C 110,97 mg/100 g

OBSERVACIONES:

- METODOS ANALITICOS: A.O.A.C. 16th EDITION 1995.
- DIGITADO POR: car.
- CODIGO LAMBDA: 7771-T00.

RAFAEL J. AMÓN PÉREZ
 N.º. COC-537

NOTA: Refiérase al código Lambda de esta muestra para cualquier consulta.
 Resultados de análisis válidos únicamente para las muestras enviadas al Laboratorio por el interesado.

A quien interese:

Yo, Astrid Quirós Granados, Filóloga de la Universidad de Costa Rica; con cédula de identidad 3- 438 - 182, inscrita en el Colegio Licenciados y Profesores, con el carné N° 80791 y en la Asociación Costarricense de Filólogos, con el carné N° 0096, hago constar que he revisado el trabajo y sus conclusiones. Y he corregido en él, los errores encontrados en redacción, ortografía, gramática y sintaxis. El trabajo se titula:

**IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN
QUE GARANTICE EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO
DEL EQUIPO LIOFILIZADOR TIPO CONDUCTOR, QUE
CUMPLA CON LOS ESTÁNDARES DEL SISTEMA DE
GESTIÓN DE CALIDAD**

MARCELA MARÍA SALAZAR SOLÍS

SIRLEY MARÍA ZÚÑIGA RIVERA

Se extiende la presente certificación a solicitud del interesado, en la ciudad de San José a los dos del mes de mayo del dos mil diecinueve. La filóloga no se hace responsable de los cambios que se le introduzcan al trabajo posterior a su revisión.



Teléfono: 8315 95 27 Correo: asqui24@hotmail.es