

**FACULTAD DE
CIENCIAS AGRONÓMICAS
Y DE LOS ALIMENTOS**



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO**

TALLER DE TÍTULO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Desarrollo de cubiertas comestibles para controlar *Botrytis cinerea* en postcosecha de arándanos.

NICOLE ROMINA GARCIA SALGADO

QUILLOTA, CHILE

2019

Índice	
Resumen	3
Definición del problema	4
Hipótesis	6
Justificación de la hipótesis	6
Objetivos	7
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
Estado del arte	8
1. El arándano es un fruto delicado y atractivo para el mercado	8
1.1. El arándano debe resistir 25 a 60 días para llegar a destino en condiciones óptimas	8
1.2. El fruto sufre cambios estructurales, nutricionales y bioquímicos en postcosecha que determinan la aceptabilidad del producto	9
2. Las enfermedades que se presentan en precosecha pueden afectar la condición de la fruta en postcosecha	10
2.1. La presencia de <i>Botrytis cinerea</i> influye en las condiciones del arándano afectando de manera negativa las exportaciones	11
3. El Control de <i>Botrytis cinerea</i> en postcosecha de arándanos permite mejorar la condición en destino	12
3.1. La aplicación de recubrimientos comestibles aumenta la vida útil de la fruta fresca	13
3.2. La vida útil de la fruta se puede extender con cubiertas formuladas con diferentes materiales	14
3.3. El quitosano es un biopolímero seguro de utilizar en recubrimientos comestibles	15
3.4. El quitosano junto con otros compuestos actúa como antifúngico y agente conservante en postcosecha del arándano	16
Bibliografía	22
Plan de trabajo	27
Resultados esperados	28
Organización	30
Presupuesto	33

Resumen

Los arándanos (*Vaccinium* spp.) en la actualidad son frutas atractivas para el mercado debido a sus propiedades organolépticas y nutricionales. Sin embargo poseen una corta vida de postcosecha, deteriorándose rápidamente debido a la pérdida de agua y pudriciones causadas por hongos, siendo la enfermedad fúngica más común el moho gris causado por *Botrytis cinerea*. Sólo en la temporada 2013-2014, productores y exportadores chilenos se vieron afectados por este hongo, con pérdidas de US \$85 millones anuales. Por lo tanto, el principal objetivo de esta investigación es controlar la pudrición causada por *Botrytis cinerea* aplicando cubiertas comestibles durante la postcosecha para así alargar la vida útil del fruto.

Se estudiarán distintos tratamientos con cubiertas comestibles en base a quitosano, extracto de hoja de arándano y *Aloe vera* en los laboratorios de postcosecha de la Facultad de Ciencias Agronómicas y de los Alimentos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, determinando la efectividad de adhesión en el fruto, la evolución temporal de pudrición gris y posibles cambios en las características organolépticas del fruto debido a la aplicación de la cubierta.

Se espera obtener una disminución en la velocidad de descomposición de la fruta, además disminuir la pérdida de peso, extendiendo su vida útil de un promedio de 20 días a 35 días. Dentro de los impactos esperados que pudiese tener éste proyecto, serían lograr un aumento en la vida de postcosecha en la fruta, una disminución de pudriciones que afectan a la fruta. Además al incorporar la tecnología de aplicación de la cubierta a líneas de proceso de fruta, ayudará a los productores a llegar a mercados lejanos obteniendo mejores retornos por sus cultivos.

Definición del problema

Existe un interés creciente en la aplicación de películas comestibles producidas a partir de una variedad de materiales naturales y biodegradables, ya que es una tecnología respetuosa al medio ambiente. Estos revestimientos pueden ser usados junto a los envases de plástico, ya que pueden crear una barrera protectora, semipermeable a los gases y al vapor de agua, y también podrían reducir la proliferación microbiológica (Dutta *et al.*, 2012). Los arándanos son frutos climatéricos en los que sobreviene muy rápidamente la sobremadurez; son susceptibles al desarrollo de enfermedades en su mayoría causadas por hongos, produciendo importantes pérdidas comerciales (Cruañes y Locaso, 2011).

Uno de los problemas con mayor importancia en los mercados de exportación es la pudrición gris causada por *Botrytis cinerea*, siendo una de las principales causales de rechazo para arándanos chilenos. En la temporada 2013-2014, productores y exportadores chilenos de arándanos se vieron afectados por este hongo, con pérdidas de US \$85 millones anuales por concepto de exportación, lo que representa un 13% del ingreso total producido en la temporada (Universidad de Concepción *et al.*, 2016), debido a la baja tolerancia a la presencia de pudriciones en los mercados de destino (cercana a 0%) (Blueberries Chile, 2017). Las cubiertas comestibles pueden ser usadas como barrera para reducir los índices de respiración y transpiración a través de la superficie de frutas, retardando el crecimiento microbiológico y los cambios de color, y mejorando la textura y la calidad de la fruta (Kester y Fennema, 1986). Las proteínas y los polisacáridos son los más utilizados para su elaboración, siendo la gelatina uno de los ingredientes más usados. Es obtenida por proceso físico, químico o bioquímico de desnaturalización e hidrólisis de colágeno, y es ampliamente usada debido a su baja gelificación y punto de fusión. El quitosano pertenece a la familia de amino-polisacáridos naturales, que atrajo un interés científico significativo debido a su biocompatibilidad, biodegradabilidad y baja toxicidad (Ravi, 2000; Aranaz *et al.*, 2009). El quitosano ha mostrado actividad antimicrobiana contra una amplia variedad de microorganismos patógenos y alterantes, incluyendo hongos, y bacterias Gram-positivas y Gram-negativas. El carácter comestible,

la fácil degradación y el aumento de la seguridad alimentaria son los principales beneficios de las cubiertas comestibles.

El recubrimiento formulado con quitosano en el estudio de Cruañes (2011) evidenció ser efectivo contra el deterioro microbiano y evitó pérdidas por pudrición en postcosecha de arándanos, con la ventaja adicional de no presentar efectos adversos para la salud humana o un impacto ambiental negativo. La formulación de la cubierta debe controlar la incidencia de podredumbre en la postcosecha de arándanos, sin alterar sus características organolépticas ni su valor nutricional. La cubierta formulada por Cruañes (2011) no mostró mejorar las características de firmeza y alteró el aspecto característico (cera/bloom) de la fruta. Es por eso que se debe buscar la combinación ideal entre quitosano, junto con otros materiales naturales que puedan ser consumidos. Los recubrimientos pueden producirse usando una amplia variedad de productos, como polisacáridos, proteínas, lípidos o resinas, solos o, más a menudo, en combinación (Flores-López *et al.*, 2015). En los estudios de Yang (2014) utilizaron hojas de arándanos y los resultados sugieren que los recubrimientos de quitosano combinados con extractos de hojas de arándano y un empacado en atmósfera modificada, tienen el potencial de prolongar la vida útil y retener los beneficios nutracéuticos de los arándanos frescos.

Las empresas exportadoras deberán adoptar a nuevas tecnologías para mejorar la postcosecha de fruta, debido al incremento en las pérdidas de productos causadas por prácticas inadecuadas en el momento de cosecha y las derivadas del acondicionamiento y tratamientos posteriores que inciden de manera significativa sobre las características de calidad. La aplicación de cubiertas comestibles se deberá adicionar a la línea de proceso, por lo cual la formulación de la cubierta —además de tener características que ayuden al fruto— deberá ser de fácil y rápida aplicación, económico y de fácil manipulación para adaptarse a la cadena de proceso.

Hipótesis

Aplicando cubiertas comestibles con extractos de hoja de arándano, *Aloe vera* y quitosano en arándano es posible controlar la pudrición gris causada por *Botrytis cinerea*, sin afectar las propiedades organolépticas del fruto, extendiendo así su vida de postcosecha.

Justificación de la hipótesis

Los arándanos son muy perecibles después de la cosecha, sufriendo un deterioro irreversible asociado a un excesivo ablandamiento, pérdida de sabor y color y la infección por hongos. Las pérdidas por pudrición son mayores en condiciones de alta humedad (mayor a 93%), y afectan la aceptabilidad por parte del consumidor (Defilippi *et al.*, 2013). Los aspectos que determinan la calidad del fruto se ven afectados principalmente por pudriciones causadas por *Botrytis cinerea* (Dutta *et al.*, 2012). El uso de recubrimientos puede ser una alternativa para extender la vida en postcosecha, ya que pueden crear una barrera protectora, semipermeable a los gases y al vapor de agua (Aguirre, 2014), reducen los procesos metabólicos (Sánchez *et al.*, 2015), retardan el crecimiento microbiano, retardan el proceso de senescencia y preservan la calidad del fruto (Guerreiro *et al.*, 2014).

Dentro de las brechas de información detectadas en el estado del arte se destaca que a la fecha no existe una formulación de cubierta comestible que permita controlar *Botrytis cinerea*, manteniendo las características organolépticas del fruto. La formulación de las cubiertas comestibles es muy variada; las proteínas y polisacáridos son buenos materiales para la formulación ya que muestran excelentes propiedades mecánicas y estructurales, pero presentan una baja capacidad para mantener la humedad del fruto (Andrade *et al.*, 2014), lo que implica una disminución en la tasa de respiración en frutas (Guerreiro *et al.*, 2014). Los recubrimientos en base de quitosano tienen, por su capacidad de modificar la atmósfera interna y sus propiedades fungistáticas, un potencial de prolongar la vida de almacenamiento y el control de la senescencia de los frutos (No *et al.*, 2007). Sin embargo el recubrimiento con quitosano altera el aspecto característico

(cera/bloom) de los arándanos (Cruañes y Locaso, 2011), esta brecha de información es abordada en los objetivos específicos.

Objetivos

Objetivo general

Extender la vida útil en postcosecha de arándano, desarrollando cubiertas comestibles que disminuyen la presencia *Botrytis cinerea*.

Objetivos específicos

1. Desarrollar formulaciones de cubiertas comestibles en base a quitosano, *Aloe vera* y diferentes concentraciones de extracto de hoja de arándano y evaluar su forma de adhesión en arándanos.
2. Evaluar la evolución temporal de pudrición gris causada por *Botrytis cinerea* en arándano y determinar el efecto en las características organolépticas luego de la aplicación de la cubierta.
3. Integrar la tecnología de aplicación de la cubierta en una línea comercial de selección de fruta.

Estado del arte

1. El arándano es un fruto delicado y atractivo para el mercado

En la actualidad el arándano es una de las frutas más atractivas en el mercado, debido a sus propiedades organolépticas y nutricionales. La superficie mundial cultivada es de 110.000 ha en donde Estados Unidos es el mayor productor y consumidor. Chile se ubica en el segundo lugar del ranking mundial con casi 16.000 ha. Este cultivo fue introducido en el año 1979 por el INIA y en la actualidad se cultivan más de 50 variedades (Agroberries, 2018). El consumo de arándano ha tenido en los últimos años un crecimiento constante, dado el reconocimiento de sus propiedades sobre la salud y los esfuerzos que han hecho los países productores y consumidores por desarrollar nuevos mercados. Entre las variedades con interés comercial se encuentran las especies cultivadas *V. corymbosum* o arbustos altos (Highbush) y *V. ashei* o arándano ojo de conejo (Rabbiteye) (INTAGRI, 2017). *Vaccinium corymbosum* es un arbusto perenne de hoja caduca, perteneciente a la familia Ericaceae, originario de Estados Unidos. Corresponden a los frutos blandos de segunda mayor importancia económica en el mundo. Su fruto es una baya casi esférica agrupada en racimos con una epidermis provista de secreciones cerosas que le dan una terminación atractiva al fruto. Dentro de las características comerciales del mismo está la cicatriz que queda al desprender el fruto del pedúnculo; ésta debe ser idealmente pequeña y seca con el objeto de evitar que por ella ingresen patógenos que deprecian el producto durante el periodo de comercialización. Otra característica relevante es la firmeza, que está relacionada generalmente con el grosor de la epidermis (Shimura *et al.*, 1986; Muñoz, 1988; Chen *et al.*, 2015). Con una demanda estable en Estados Unidos y creciente en Europa y China, la industria chilena de berries está tomando el liderazgo mundial en la producción y comercialización debido a la tendencia a ingerir alimentos sanos y nutritivos.

1.1. El arándano debe resistir 25 a 60 días para llegar a destino en condiciones óptimas

Desde que el fruto es cosechado es susceptible a cambios estructurales, nutricionales y bioquímicos. Pueden transcurrir fácilmente 25 a 30 días, y a veces hasta dos meses, para llegar a su destino, por lo que debe resistir un largo período de postcosecha sin perder su atractivo para el consumidor. La cosecha del arándano suele coincidir con períodos de mucho calor y humedad, factores que contribuyen a un rápido deterioro de la fruta recién recolectada. Las altas temperaturas en la cosecha propician la maduración; los arándanos demasiado maduros son muy propensos a sufrir daños físicos y con presencia de agua libre son altamente susceptibles a las enfermedades (Comité del Arándano, 2016). Dentro de la cadena de manejo para la producción del arándano, la etapa de postcosecha de la fruta constituye un punto clave para llegar al consumidor con una fruta de calidad. Se debe considerar que el comportamiento en postcosecha puede ser diferente entre variedades, ya que éstas pueden presentar un metabolismo distinto en lo que dice relación con la respiración y producción de etileno, susceptibilidad a pudriciones y firmeza a la cosecha. Sin embargo, existe un punto en común para todas ellas, y es que se caracterizan por ser muy perecibles después de cosecha (Defilippi *et al.*, 2013). Los principales aspectos que se utilizan para definir la calidad del arándano son apariencia, color, sabor, calibre y firmeza. Algunas de estas características pueden variar considerablemente durante el período de postcosecha, producto de factores como la deshidratación, la presencia de hongos o pudriciones, la pérdida de pruina (cera natural que recubre y protege el fruto) y los golpes. Entre los defectos hallados frecuentemente en los mercados de destino, se encuentran la presencia de residuos (tierra y otros), indicios de pudrición-hongos (piel suelta), heridas y partiduras, fruta deshidratada, pedicelo desgarrado, exudación de jugo, fruta blanda, fruta inmadura o verde, y machucones (Blueberries Chile, 2016). Para llegar a Norteamérica la fruta debe viajar 45 días, al mercado europeo 50 días y para Asia son más de 55 días, este último ha aumentado considerablemente su consumo, superado a Norteamérica y Europa, pudiendo convertirse en el mayor consumidor de berries del mundo (Simfruit, 2018). Por lo tanto, al ser Asia un nuevo destino principal, se deberán implementar nuevas tecnologías que logren aumentar la vida útil de postcosecha del arándano.

1.2. El fruto sufre cambios estructurales, nutricionales y bioquímicos en postcosecha que determinan la aceptabilidad del producto

El fruto sufre un deterioro irreversible y las tecnologías de postcosecha solo lo retardan pero no pueden evitar este proceso natural. Los arándanos presentan un comportamiento respiratorio climatérico, caracterizado por un alza respiratoria y de etileno durante la madurez. Sin embargo, a diferencia de otros frutos climatéricos, deben cosecharse cercanos a madurez de consumo ya que los atributos organolépticos no mejoran después de cosecha (Defilippi *et al.*, 2013). Cuando los frutos alcanzan la madurez fisiológica comienzan a sufrir numerosos cambios de color, firmeza y sabor, relacionados con la maduración organoléptica, que los hace más atractivos para el consumo y pueden ser asociados con el beneficio para la salud como una rica fuente de micronutrientes y varios fitoquímicos bioactivos. Sin embargo, una vez alcanzado el estado de máxima calidad, sobreviene muy rápidamente el de sobremadurez, asociado a un excesivo ablandamiento, pérdida de sabor y de color, a menudo se reduce por el peso o la pérdida de humedad y la infección por hongos en condiciones de alta humedad, lo que produce cambios sensoriales y nutricionales (Suzuki, 1997; Connor *et al.*, 2002; Rodríguez-Mateos *et al.*, 2014). Un buen indicador para determinar la calidad del arándano es su firmeza en la cosecha y es que si la fruta es firme en ese momento, existe una alta probabilidad de que esa condición se mantenga por entre 30 y 45 días de viaje. Asimismo, el estado de la pulpa a cosecha también influye en este objetivo (Defilippi *et al.*, 2013). La fruta puede recibir pequeños o grandes golpes producto de su manipulación durante las distintas etapas del proceso de cosecha y postcosecha, generando lo que se conoce como pardeamiento interno o machucón. En el packing este daño se genera por los desniveles de altura dentro de la línea de producción, con diferentes susceptibilidad varietal al daño y el tipo de la superficie sobre la cual cae, los daños por impacto están entre las causas más frecuentes de rechazo junto a la presencia de pudriciones, debido a la baja tolerancia en los mercados de destino (cercana al 0%) (Blueberries Chile, 2016). Para un producto perecedero como los arándanos, cada eslabón de la cadena de suministro está lleno de vulnerabilidades, por lo que una cosecha eficaz, y posterior manipulación del fruto, son puntos clave para un aumento en la vida útil en la postcosecha del arándano y su aceptabilidad en el mercado de destino.

2. Las enfermedades que se presentan en precosecha pueden afectar la condición de la fruta en postcosecha

El arándano es una especie vigorosa, de crecimiento rápido y de altos rendimiento, pero es susceptible a varias enfermedades que pueden alterar su desarrollo, acortar su vida productiva y afectar la calidad y cantidad de fruta. La alta densidad de plantas que poseen los huertos y los fertilizantes que se utilizan para mantener máximos niveles productivos, facilitan el establecimiento y la diseminación de enfermedades (Defilippi *et al.*, 2013). Los patógenos más frecuentes descritos en Chile para el arándano son: *Phomopsis vaccinii*, *Fusicoccus* spp., *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* y *Phoma* spp. La gravedad en los daños provocados por estos patógenos varía dependiendo de las distintas variedades y regiones (Fundación Chile, 1997). *Botrytis cinerea* es una de las enfermedades de mayor impacto en arándano; este patógeno aparece abundantemente a través del año como saprófito y parásito facultativo, volviéndose en ocasiones muy agresivo si las condiciones son favorables (clima húmedo y templado frío, lluvia y rocío) (Agrios, 1997), cobrando gran importancia económica con un 20% de pérdidas por exportación a nivel mundial (Universidad de Concepción *et al.*, 2016). La morfología del talo de *Botrytis* es sencilla y del tipo de los ascomicetes; su crecimiento hifal es en ramificaciones y las extensiones suceden en el ápice hifal, donde germinan las esporas (Jarvis, 1977). Las septas son frecuentes, las que son perforadas por poros simples. En un comienzo, el micelio es hialino para luego tornarse gris a gris cafésoso. El patógeno se disemina principalmente por conidias, las cuales pueden germinar antes de infectar al hospedero (Coley-Smith, 1980). Estas estructuras se desarrollan cerca del ápice de las ramificaciones del conidióforo; se presentan en forma libre, formando estructuras delgadas y del tipo ramificadas (Ellis, 1971; Jarvis, 1977). Esta patología se puede presentar como una infección activa o bien, en forma latente. La primera produce pérdidas a nivel de campo y postcosecha; en cambio en algunas partes del hospedero —tales como los frutos— la infección puede permanecer latente hasta la madurez o senescencia del tejido vegetal, momento en el cual irrumpe el hongo desarrollando micelio y esporulando (Ciampi *et al.*, 1993). Para la ocurrencia de una enfermedad infecciosa se necesita de la interacción de tres elementos: hospedero susceptible, patógeno agresivo y ambiente favorable. Establecida dicha relación se debe controlar la presencia en el campo de *Botrytis cinerea* desde la precosecha, para evitar su desarrollo en postcosecha.

2.1. La presencia de *Botrytis cinerea* influye en las condiciones del arándano afectando de manera negativa las exportaciones

Los síntomas de la pudrición gris causada por *Botrytis cinerea* se observan de preferencia en flores y frutos. En el caso de las flores se producen lesiones necróticas, las que crecen hasta atizarlas por completo y posteriormente el eje de la inflorescencia a los frutos. Los botones florales son raramente infectados, pero las flores abiertas pueden ser rápidamente colonizadas donde los estambres necróticos son una importante fuente de infección para los frutos en desarrollo (Dashwood y Fox, 1988). Las infecciones del fruto pueden ser tan tempranas como en cuaja y manifestarse cuando alcanza la madurez o en destino, sobre todo si existen condiciones propicias para su desarrollo en la postcosecha, como son los quiebres de cadena de frío. En los frutos inmaduros se puede observar necrosis, pero está condicionada a la presencia de restos florales. En los frutos maduros es donde se alcanza la mayor expresión de síntomas, caracterizado por ablandamiento de la fruta, tonalidad opaca, liberación de jugo, deshidratación y desarrollo de micelio. Si la humedad ambiental es alta, sobre las lesiones se desarrollarán las estructuras reproductivas del patógeno (conidióforos y conidias) que dan un aspecto plumizo a los tejidos (Defilippi *et al.*, 2013). Uno de los problemas con mayor importancia en los mercados de exportación, es la pudrición gris causada por *Botrytis cinerea*, al ser una de las principales causales de rechazo para arándanos chilenos. Sólo en la temporada 2013-2014, productores y exportadores chilenos de arándanos se vieron afectados por este hongo, con pérdidas de US \$85 millones anuales por concepto de exportación, lo que representa un 13% del ingreso total producido en la temporada (Universidad de Concepción *et al.*, 2016), debido a la baja tolerancia a la presencia de pudriciones en los mercados de destino cercana al 0% (Blueberries Chile, 2017) y la falta de conocimiento acabado en el control de la enfermedad en pre y postcosecha. Se han establecido diferentes medidas de control de la enfermedad, desde estrategias claves de prevención y control con programas de aplicación de fungicidas durante la floración y el crecimiento del fruto, a tratamientos fungicidas de postcosecha.

3. El Control de *Botrytis cinerea* en postcosecha de arándanos permite mejorar la condición en destino

Dentro de las alternativas de tratamientos postcosecha en arándanos, en las últimas temporadas el uso de anhídrido sulfuroso (SO₂) ha tomado alta importancia dado tanto por condiciones climáticas como por lejanía de los mercados. Sin embargo, el éxito del

uso de la tecnología dependerá de varios factores como la relación concentración-tiempo de anhídrido sulfuroso utilizado, el tiempo transcurrido entre cosecha y la gasificación, la calidad del fruto al momento del tratamiento, y el manejo de la cadena de frío durante almacenaje. Al no considerar estos factores, más que un tratamiento para solucionar un problema, se puede transformar en una causa más de generación de pérdida de calidad y condición (Defilippi *et al.*, 2013). La atmósfera modificada (AM) mantiene ambientes de bajo O₂ y elevado CO₂ dentro de un embalaje. Dado que los arándanos son muy perecibles, el uso de esta tecnología puede ser adecuada para el embalaje y transporte de arándanos vía marítima. Sin embargo, su implementación requiere un adecuado manejo de temperatura (Blueberries Chile, 2015). Las concentraciones que han sido efectivas en la extensión de postcosecha son 2-5% de O₂ y 10-15% de CO₂ a 0 °C. Con concentraciones de CO₂ ≥ 10% se logra el control de patógenos como *Botrytis cinerea* (Defilippi *et al.*, 2013). En la actualidad existe un interés creciente en la aplicación de películas comestibles o recubrimientos producidos a partir de una variedad de materiales naturales y biodegradables, como una tecnología respetuosa al medio ambiente. Revestimientos pueden ser una alternativa de solución biodegradable, para incrementar la vida útil del fruto, puesto que pueden crear una barrera protectora, semipermeable a los gases y al vapor de agua y, también, podría reducir la proliferación microbológica (Dutta *et al.*, 2012). El uso de recubrimientos comestibles se ha incrementado en las últimas dos décadas debido a sus ventajas ambientales frente a los recubrimientos sintéticos. Entre las ventajas que ofrecen los recubrimientos comestibles están las propiedades antimicrobianas, permeabilidad selectiva a gases (CO₂ y O₂), mejor apariencia, buenas propiedades mecánicas y biodegradabilidad. Además los recubrimientos no son tóxicos, son amigables con el ambiente y de bajo costo, y se pueden elaborar en combinación tal que logren aprovechar las ventajas de cada compuesto que constituye la cubierta.

3.1. La aplicación de recubrimientos comestibles aumenta la vida útil de la fruta fresca

Los recubrimientos comestibles son definidos como una fina capa de material comestible, depositada en un alimento como cubierta para extender la vida útil de vegetales frescos al reducir procesos metabólicos, facilitar la distribución y la comercialización de los productos alimenticios, retardar el crecimiento microbiano y servir como barrera protectora

para reducir respiración. Las cubiertas también retardan el proceso de senescencia y preservan la calidad, con el objeto de inhibir o reducir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono y aromas, entre otros. (Aguirre, 2015). La cubierta forma una barrera semipermeable, además de ser un soporte de ingredientes alimenticios como antioxidantes, antimicrobianos y mejorar la integridad mecánica o las características de manipulación del alimento (Aguirre, 2015; Sánchez *et al.*, 2015; Guerreito *et al.*, 2014). Las películas y revestimientos comestibles se desarrollan a partir de biopolímeros y se aplican para aumentar la vida útil de las frutas frescas. Un promedio de pérdida en postcosecha de frutas frescas está entre un 5 y 25%, variando según el fruto debido a pérdida de firmeza, pérdida de peso y/o contaminación microbiana, principalmente debido al moho, por lo que el uso de recubrimientos comestibles podría ayudar a mantener la frescura de la fruta (Abugoch *et al.*, 2015). Los recubrimientos pueden ser usados como barrera para reducir los índices de respiración y transpiración a través de la superficie de las frutas, retardando el crecimiento microbiológico y los cambios de color, y mejorando la textura y la calidad de la fruta (Kester y Fennema, 1986). El carácter comestible, la degradación y el aumento de la seguridad alimentaria son beneficios de las películas comestibles, las que deben tener una palatabilidad, buenas propiedades mecánicas, estabilidad, suficiencia en su conservación y no ser tóxicos (Guilbert y Biquet, 1995). Los aspectos que hay que tener en cuenta en el momento de la aplicación de los recubrimientos son: rápido secado, no debe desarrollar sabores desagradables, la superficie no debe agrietarse ni decolorarse y no debe reaccionar de manera adversa con los alimentos ni poner en riesgo la calidad sensorial del producto.

3.2. La vida útil de la fruta se puede extender con cubiertas formuladas con diferentes materiales

El uso de recubrimientos comestibles es una tecnología que está ganando importancia para prolongar la vida útil de frutas, debido a que actúan como barrera contra la humedad. Los recubrimientos comestibles en las frutas crean una atmósfera modificada en el interior de estas, reduciendo su velocidad de transpiración y retrasando el proceso de senescencia (Eum *et al.*, 2009). Dichos recubrimientos pueden incluir polisacáridos, compuestos de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos; esta combinación permite aprovechar las propiedades de cada compuesto y la sinergia entre ellos (Quintero *et al.*, 2010). Los polisacáridos derivados de celulosa, pectinas, derivados

del almidón y gomas, son capaces de constituir una matriz estructural, permitiendo obtener recubrimientos comestibles transparentes y homogéneos; sin embargo, están limitados por su solubilidad en agua y propiedades mecánicas moderadas (Eum *et al.*, 2009). Para mejorar sus propiedades mecánicas se utilizan mezclas con diferentes biopolímeros y se adicionan materiales hidrófobos como aceites y ceras (Chambi y Grosso, 2011). Las propiedades que presentará el recubrimiento comestible dependerán del tipo de material utilizado en la formulación de la solución para elaborar el recubrimiento, de las condiciones de formación, del tipo de plastificante, de la naturaleza del disolvente y de su espesor (Vásquez-Briones y Guerrero-Beltrán, 2013). Los recubrimientos de quitosano han sido aplicados en diferentes frutas como papaya, mango, pera, mandarina, frutilla y frambuesa, en esta última se ha observado disminución en la pérdida de peso, retrasa los cambios de color, acidez titulable y pH durante el almacenamiento (Han *et al.*, 2004a; Han *et al.*, 2004b). Los recubrimientos comestibles a partir de almidones obtenidos de fuentes como arroz o yuca, han sido aplicados en piña, pera y mango con la adición de ácidos ascórbico, ácido cítrico y fungicidas. Estos recubrimientos disminuyen la tasa de respiración, retrasan la pérdida de peso por deshidratación y pigmentación causada por microorganismos, inhibe el pardeamiento enzimático y reacciones metabólicas asociadas con la maduración y conservan características sensoriales, retrasando la maduración e incrementando la vida útil de la fruta (Botrel *et al.*, 2010; Chiumarelli *et al.*, 2010). Los recubrimientos proporcionan a la fruta mayor estabilidad durante el transporte y almacenamiento, pueden ser consumidos con la fruta, controlan el desarrollo microbiano, cambios fisiológicos y fisicoquímicos extendiendo la vida útil del fruto.

3.3. El quitosano es un biopolímero seguro de utilizar en recubrimientos comestibles

Las líneas principales de investigación van dirigidas a la formación de las matrices poliméricas e incorporación de nutrientes o ingredientes bioactivos mediante el empleo de nanotecnologías como la microencapsulación y la formación de nano-películas mediante el sistema de multicapas. Los polisacáridos son los biopolímeros más abundantes en la biósfera, y por esa razón y su biocompatibilidad son aptos para varias aplicaciones, incluida la nanotecnología (Lin *et al.*, 2012). El quitosano es un polímero natural derivado

de la desacetilación de la quitina, componente principal de las conchas de los crustáceos; presenta un alto peso molecular y exhibe propiedades antibacterianas y actividad antifúngica. Los recubrimientos a base de quitosano presentan buenas propiedades mecánicas y permeabilidad selectiva al CO₂ y O₂; este polímero se utiliza para mejorar la calidad y prolongar la vida útil de las frutas frescas (Djoiua *et al.*, 2010). El quitosano ha sido aprobado por la Food and Drug Administration (FDA) como un aditivo alimentario "reconocido generalmente como seguro" (GRAS) para el consumidor y el medio ambiente (FDA, 2013). Este biopolímero forma una película semipermeable en la superficie de frutas y verduras y retrasa el ritmo de respiración y la maduración de la fruta fresca. Posteriormente, estas películas reducen la pérdida de humedad y pérdida de peso y mantienen la calidad general (Acevedo-Fani *et al.*, 2015). El quitosano ha sido uno de los recursos de recubrimiento más prometedores para las frutas y verduras debido a su propiedad formadora de película, gran actividad antimicrobiana, comestible y de excelente compatibilidad con otros compuestos. Se ha considerado como una alternativa apropiada para reemplazar los polímeros no biodegradables y no renovables (No *et al.*, 2007). Prevenir el deterioro y prolongar la vida útil de la fruta, mediante el uso de agentes naturales, siguen siendo desafíos en la distribución de arándanos.

3.4. El quitosano junto con otros compuestos actúa como antifúngico y agente conservante en postcosecha del arándano

Para mejorar la eficiencia y la estabilidad de los recubrimientos comestibles, es esencial encontrar los materiales adecuados. El quitosano presenta una actividad biológica como antimicrobiano contra un amplio espectro de hongos, levaduras y bacterias (Sagoo *et al.*, 2002). Los recubrimientos en base de quitosano tienen, por su capacidad de modificar la atmósfera interna y sus propiedades fungistáticas, un potencial de prolongar la vida de almacenamiento y el control de la senescencia de los frutos (No *et al.*, 2007), sin embargo alteran el aspecto característico (cera/bloom) de los arándanos (Cruañes y Locaso, 2011). En un ensayo realizado por Abugoch *et al.* (2016) los recubrimientos formulados con quitosano, quínoa y aceite de girasol lograron controlar el 100% del crecimiento fúngico en arándanos hasta los 35 días de almacenamiento; sin embargo después de la aplicación, la firmeza de los arándanos recubiertos fue un 32% menor en comparación con los arándanos no recubiertos. La adición de extractos de hojas de arándano en los

recubrimientos de quitosano mejora la función del recubrimiento de quitosano con respecto a retrasar la pérdida de peso y mantener el contenido fenólico total (Yang *et. al.*, 2014). En los estudios de Yang (2014) los resultados sugieren que los recubrimientos combinados con extractos de hojas y un empacado en atmósfera modificada, tienen el potencial de prolongar la vida útil hasta 35 días, mantener la firmeza y retener los beneficios nutraceuticos de los arándanos frescos, sin tener cambios significativos en su apariencia.

Metodología

1. Condiciones del estudio

Los ensayos serán realizados en el laboratorio de postcosecha de la Facultad de Ciencias Agronómicas y de los Alimentos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, ubicado en La Palma, comuna de Quillota, región de Valparaíso. El laboratorio cuenta con el equipamiento básico para funcionar incluyendo horno de aire forzado y aparatos de agitación magnética. Además cuenta con equipos más específicos como refractómetro y texturómetro.

2. Materiales necesarios para la preparación de recubiertas comestibles.

Se utilizarán arándanos frescos obtenidos del Fundo Morticura ubicado en Parral, Región del Maule. Este fundo ha presentado *Botrytis* en años anteriores. La fruta se llevará al laboratorio durante las siguientes 24 horas luego de ser cosechada. Se adquirirá quitosano de origen vegetal de la empresa Xi'an Fu Ke Commerce & Trading Co., Ltd. (Xi'an, China). El extracto de hoja de arándano en polvo se obtendrá de la empresa Xi'an Longze Biotechnology Co., Ltd. (Xi'an, China). Las hojas frescas de *Aloe vera* se obtendrán de la empresa Dermaloe, ubicada en Providencia, Santiago.

3. Preparación de cubiertas comestibles y evaluación de adherencia al ser aplicada en arándanos.

3.1. Preparación de soluciones de recubrimiento de quitosano, *A. vera* y extracto de hoja de arándano.

Se preparará una solución de recubrimiento al 2% (p/v) de quitosano, disolviendo 2 g de quitosano en 1% (p/v) de ácido acético acuoso con un aparato de agitación magnética durante 8 horas a temperatura ambiente para su disolución completa. Se añadirá glicerol como agente plastificante y como agente antioxidante y antimicrobiano se añadirá *Aloe vera* líquida y extracto de hoja de arándano. Para la preparación de *Aloe vera* líquida las hojas se lavarán con agua destilada para eliminar la suciedad de la superficie. La piel se separará cuidadosamente del parénquima utilizando un bisturí, se procesará con una licuadora y se separará la pulpa de la parte líquida con un tamiz. El líquido se calentará a 65°C durante 30 minutos y se dejara enfriar. Se añadirá 0,5% de *Aloe vera* líquida a la solución de quitosano y se mezclarán utilizando un aparato de agitación magnética durante 10 minutos (Yang *et al.* 2014; Vieira *et al.* 2016).

Se añadirán concentraciones de extracto de hojas de arándano (BLE, Blueberries leaf extract) (4-12% p/v) a las soluciones de quitosano y *A. vera* preparadas, se mezclarán completamente utilizando un aparato de agitación magnética durante 30 minutos (Yang *et al.* 2014).

3.2. Aplicación de recubrimientos en frutas y posterior análisis de adhesión de recubiertas

Los arándanos se sumergirán durante 15 segundos para lograr recubrimientos uniformes en la superficie del fruto, luego se drenarán y se secarán con un horno de aire forzado a 35°C por 5 segundos. Posteriormente se realizará un análisis con un microscopio electrónico de barrido donde se determinará el porcentaje de adherencia de los recubrimientos (Yang *et al.* 2014).

3.3. Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleará un diseño completamente aleatorio con 3 tratamientos de recubiertas diferentes como factores de tratamiento independientes. La unidad experimental estará compuesta por 100 frutas para cada tratamiento con 3 repeticiones. Los datos se analizarán con el Test Bernoulli para verificar la adherencia de la cubierta en la fruta y se evaluarán mediante un software estadístico IBM SPSS 25.0. Las diferencias en $P \leq 0,05$ se considerarán significativas (Vieira *et al.* 2016).

4. Propiedades fisicoquímicas de la fruta durante el almacenamiento

4.1. Evaluación de evolución temporal de la pudrición gris causada por *Botrytis cinerea* en arándano

Los arándanos frescos se sumergirán por completo en las soluciones de recubrimiento durante 15 segundos, luego se drenarán y se secarán en un horno de aire forzado a 35° C durante 5 segundos. Se realizarán 4 tratamientos para la fruta inoculada con *Botrytis cinerea* y para la fruta no inoculada, la fruta será inoculada con las cepas de *Botrytis* una vez aplicada la cubierta. La solución de inoculación será entregada por el Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agronómicas y de Alimentos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Quillota.

La fruta de arándano se asignó aleatoriamente a 4 grupos de tratamientos: Fruta sumergida en agua destilada se utilizará como control (T1), fruta con recubrimiento de quitosano al 2% (p/v) y *A. vera* (v/v) al 0,5% que contiene 4% (p/v) (T2) o 8% (p/v) (T3) o 12% (p/v) (T4). Para cada tratamiento la fruta se empacará en 6 clamshell individuales que contendrán aproximadamente 250 g de fruta cada uno. La fruta se almacenarán a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ y 95% de HR durante 55 días (Yang *et al.* 2014; Vieira *et al.* 2016).

La pérdida de peso y la degradación de la fruta se evaluarán inmediatamente después de la eliminación del almacenamiento en frío en cada tiempo de muestreo (3, 6, 9, 12, 20, 35 y 55 días). Las bayas con crecimiento de moho visible se considerarán podridas. La tasa de pudrición se expresará como el porcentaje de fruta que muestra síntomas de pudrición en cada recipiente. Para cuantificar la presencia de *Botrytis cinerea* se entregarán muestras de la fruta almacenada durante 55 días al Laboratorio de Fitopatología, para que realicen un análisis de PCR.

4.2. Efecto en características organolépticas del fruto luego de la aplicación de la recubierta

Se medirá el pH, la acidez titulable (AT), los sólidos solubles totales (SST), la firmeza y el color antes del almacenamiento refrigerado y a 3, 6, 9, 12, 20, 35 y 55 días durante el almacenamiento. La fruta se triturará con una licuadora y se filtrará a través de cuatro capas de estopilla. El jugo se recogerá y se usará para la determinación de sólidos solubles totales usando un refractómetro. Para determinar la acidez titulable, se mezclarán 50 g de fruta con 50 g de agua y se tamizarán. La suspensión será transferida

a un matraz volumétrico de 250 ml. El filtrado se calentará con un baño de agua a 75°C durante 30 minutos. La solución se filtrará a través de una gasa (0,18 mm). Se recogerán 50 ml del filtrado para valorar a pH 8,2 con 0,1 molL⁻¹ de NaOH. La acidez titulable se expresará como porcentaje de ácido málico. La firmeza de la fruta se determinará con un texturómetro. El color superficial de la fruta se medirá usando un colorímetro (Yang *et al.* 2014; Vieira *et al.* 2016).

4.3. Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleará un diseño completamente aleatorio con 4 diferentes tratamientos. La unidad experimental estará compuesta por 6 clamshell para cada tratamiento. Para todos los tratamientos se realizarán 3 réplicas. Se realizará un análisis de varianza y se evaluarán mediante un software estadístico IBM SPSS 25.0. Las diferencias en $P \leq 0,05$ se considerarán significativas. Las diferencias entre los medios se compararán utilizando el Test Tukey (Yang *et al.* 2014)

5. Implementación de tecnología en línea de proceso de arándanos.

En el siguiente esquema se describe una línea comercial de arándanos frescos, se tomará la fruta una vez que se separe el calibre, se aplicará la cubierta manualmente, se empacará y se etiquetará con un distintivo de tratamiento para luego ser almacenada junto a la fruta sin tratamiento.



5.1. Aplicación de recubierta en fruta de

Aplicación de cubierta, empaquetado y etiquetado.

Los arándanos frescos se obtendrán de la empresa AGRICOM, ubicada en Curicó, Región del Maule. La fruta de arándano se asignó aleatoriamente a 2 grupos de tratamientos: Fruta sin tratamiento (T1) y fruta con recubierta (T2). La fruta se sumergirá

en la recubierta con mejores resultados por 15 segundos, luego se drenará y secará por 5 segundos a 35°C y se almacenarán a 0°C y 95% de HR durante 55 días.

5.2. Propiedades fisicoquímicas de la fruta durante el almacenamiento

Se realizará el mismo proceso descrito por Yang *et al.*, 2014 con algunas modificaciones. Se medirá el pH, la acidez titulable (AT), los sólidos solubles totales (SST), la firmeza, el color y la velocidad de descomposición antes del almacenamiento y a los 15, 30, 45 y 55 días durante el almacenamiento. La pérdida de peso y la degradación de la fruta se evaluarán inmediatamente después de la eliminación del almacenamiento en frío en cada tiempo de muestreo. Las bayas con crecimiento de moho visible se considerarán podridas. La tasa de pudrición se expresará como el porcentaje de fruta que muestra síntomas de pudrición en cada recipiente.

5.3. Diseño experimental y análisis estadísticos

Se empleará un diseño completamente aleatorio con 2 tratamientos. La unidad experimental estará compuesta por 20 clamshell para cada tratamiento. Todas las mediciones se realizarán con triplicado, durante 2 temporadas. Se realizará un análisis de varianza y se evaluarán mediante un software estadístico IBM SPSS 25.0. Las diferencias en $P \leq 0,05$ se considerarán significativas. Las diferencias entre los medios se compararán utilizando el Test de comparación binomial. (Yang *et al.* 2014).

5.4. Diseño de modelo para la implementación de la tecnología de recubierta en la línea de proceso

Para poder implementar la tecnología se deberá conocer el espacio asignado para la línea de proceso de arándano. Luego de esto se analizarán las maquinarias del packing donde se realizará el estudio para poder realizar el proceso con la mayor eficiencia. Dentro de la línea de proceso se debería incluir en primera instancia una máquina para sumergir la fruta con la recubierta y luego drenarla, para posteriormente pasar por una cinta con sistema de enfriamiento; luego será empacada en clamshell y embalada en las cajas.

Bibliografía

1. Abugoch, L., C. Tapia, D. Plasencia, A. Pastor, O. Castro-Mandujano, L. López and V. Escalona. 2016. Shelf-life of fresh blueberries coated with quinoa/protein/chitosan sunflower oil edible film. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96: 619-626
2. Acevedo-Fani, A., L. Salvia-Trujillo, M.A. Rojas-Graü, and O. Martín-Belloso. 2015. Edible films from essential-oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical characterization and antimicrobial properties. *Food Hydrocolloids* 47:168–177.
3. Agrios, G. 1997. *Plant pathology*. 4^a ed. New York. Academic Press. 635 p.
4. Agroberries. 2018. Arándano. Disponible en: <http://www.agroberries.cl/arandanos/> Leído el: 4 de mayo de 2018
5. Aguirre, E. 2015. Aplicación de revestimientos comestibles en papaya (*Carica papaya*) mínimamente procesada. *Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(1):16-21.
6. Andrade, J., D. Acosta, M. Bucheli y O. Osorio. 2014. Desarrollo de un Recubrimiento comestible compuesto para la conservación del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S). *Revista Ciencias Agrícolas* 25(6): 57-66.
7. Aranaz, I., R. Mengibar, R. Harris, I. Planos, B. Mialles, N. Acosta, G. Galed and A. Heras. 2009. Functional characterization of chitin and chitosan. *Current Chemical Biology* 3(28): 203-230.
8. Blueberries Chile. 2015. Maxificación de la productividad de arándanos frescos en la región del Maule. Disponible en: https://www.blueberrieschile.cl/subidas/2015/07/pdf_000138.pdf Leído el: 4 de mayo de 2018.

9. Blueberries Chile. 2016. Tres factores vitales: Firmeza, temperatura y golpes. Disponible en: <https://www.blueberrieschile.cl/subidas/2016/05/tresfactores.pdf> Leído el: 4 de mayo de 2018.
10. Blueberries Chile. 2017. Novedades en el uso de anhídrido sulfuroso (SO₂) para el control de pudrición gris en arándanos. Disponible en: <https://www.blueberrieschile.cl/novedades-en-el-uso-de-anhidrido-sulfuroso-so2-para-el-control-de-pudricion-gris-en-arandanos/> Leído el: 4 de mayo de 2018.
11. Botrel, D., N. Soares, G. Camilloto y R. Fernandes. 2010 Revestimiento ativo de amido na conservação pós-colheita de pera Williams minimamente processada. *Ciencia Rural* (40): 1814-1820.
12. Chambi, H and C. Grosso. 2011. Effect of surfactants on the functional properties of gelatin-polysaccharide based films. *European Food Research and Technology* 232(1): 63-69.
13. Chen, H., S. Cao, X. Fang, H. Mu, H. Yang, X. Wang, Q. Xu and H. Gao. 2015. Changes in fruit firmness, cell wall composition and cell wall degrading enzymes in postharvest blueberry during storage. *Scientia Horticulturae* 188: 44-48.
14. Chiumarelli, M., L. Pereira, C. Ferrari, C. Sarantopoulos and M. Hubinger. 2010. Cassava starch coating and citric acid to preserve quality of fresh cut "Tommy Atkins" mango. *Journal of Food Science* 75(5): 297-304.
15. Ciampi, I., S. Gonzalez y E. Schnetteler. 1993. Enfermedades de arbustos frutales menores. p: 39-62 en Barriga, p. y M. Neira. (eds). *Cultivos no tradicionales*. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Serie avances de producción y sanidad vegetal.
16. Coley- Smith, J. 1980. *The biology of Botrytis*. London. England. Academic Press. 318 p.
17. Comité de arándanos. 2016. Los retos del control de calidad de los arándanos para los exportadores y la gran distribución. Disponible en : <http://www.comitedearandanos.cl/los-retos-del-control-de-calidad-de-los-arandanos-para-los-exportadores-y-la-gran-distribucion/> Leído el: 4 de mayo de 2018.
18. Connor, A.M., J.J. Luby, J.F. Hancock, S. Berkheimer and E.J. Hanson. 2002. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 893-898.

19. Cruaños, M. y D. Locaso. 2011. Quitosano: antimicrobiano biodegradable en postcosecha de arándanos (*Vaccinium myrtillus* L.). *Tecnología Postcosecha* 12(1): 57-63
20. Dashwood, E. and R. Fox. 1988. Infection of bean plants (*Vicia faba* L.) with *Botrytis cinerea* and *Botrytis fabae*. *Annals of Applied Biology* (Inglaterra) 49 (3): 461-472.
21. Defilippi, B., P. Robledo y C. Becerra. 2013. Manejo de cosecha y postcosecha en arándano. Boletín n° 263. 107p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.
22. Djioua, T., F. Charles, M. Freire, H. Filgueiras, M. Ducamp-Collin and H. Sallanon. 2010. Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh cut mangoes (*Mangifera indica* L.). *International Journal of Food Science and Technology* 45(4): 849-855.
23. Dutta, J., S. Tripathi, P. Dutta. 2012. Progress in antimicrobial activities of chitin, chitosan and its oligosaccharides: a systematic study needs for food applications. *Food Science and Technology International* 18(1):3–34.
24. Ellis, M. 1971. More dematiaceous Hyphomycetes. 608 p. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.
25. Eum, H., D. Hwanf, M. Linke, S. Lee, and M. Zude. 2009. Influence of edible coating on quality of plum (*Prunus salicina* Lindl. cv. 'Sapphire'). *European Food Research and Technology* 229(3): 427-434.
26. FDA. 2013. Generally Recognized as Safe (GRAS) Notice Inventory. Disponible en: https://www.accessdata.fda.gov/scripts/fdcc/?set=GRASNotices&sort=GRN_No&order=DESC&startrow=1&type=basic&search=chitosan Leído el: 4 de mayo de 2018.
27. Flores-López, M.L., M. Cerqueira, A. Romaní Perez, D. Jasso de Rodríguez, A. Vicente. 2015. Perspectives on utilization of edible coatings and nano-laminate coatings for extension of postharvest storage of fruit and vegetables. *Food Engineering Reviews*. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s12393-015-9135-x>
28. Fundación Chile. 1997. Chile: Berries para el 2000. 135 p. Ed. Fundación Chile, Departamento Agroindustrial.
29. Gonzales, R., N. Urbina y L. Morón. 2015. Caracterización viscoelástica de biopelículas obtenidas a base de mezclas binarias. *Información Tecnológica* 23(3): 71-76.

30. Guerreito, A., M. Gago, M. Faleiro, M. Miguel and M. Antunes. 2014. The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruits storage. *Postharvest Biology and Technology* 1: 226-233.
31. Guilbert, S., B. Biquet. 1995. Películas y envolturas comestibles. 331 p. En Bureau, G. y J.L. Multon. *Embalaje de los alimentos de gran consumo*. Acribia. España
32. Han, C., C. Lederer, M. McDaniel, Y. Zhao. 2004a. Sensory evaluation of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*) coated with chitosan based edible coatings. *Journal of Food Science* 70: 17-28.
33. Han, C., Y. Zhao, W. Leonard and G. Traber. 2004b. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology* 33: 67-78.
34. INTAGRI. 2017. Variedades Comerciales de Arándanos en el Mundo. Serie Frutillas Núm. 15. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/frutillas/variedades-comerciales-de-arandanos-en-el-mundo>
35. Jarvis, W. R. 1977. *Botryotinia* and *Botrytis* species: taxonomy, physiology and pathogenicity. 195 p. Research Branch Canada Department of Agriculture. Monograph Ottawa Canada.
36. Jiang, H., Z. Sun, R. Jia, X. Wang and J. Huang. 2016. Effect of chitosan as an antifungal and preservative agent on postharvest blueberry. *Journal of Food Quality* 39: 516-523
37. Kester, J.J. and O.R. Fennema. 1986. Edible films and coatings: a review. *Food Technology* 60:47-59.
38. Lin, N., J. Huang, A. Dufresne. 2012. Preparation, properties and applications of polysaccharide nanocrystals in advanced functional nanomaterials: a review. *Nanoscale* 4: 3274-3294.
39. Mohammadi, A., M. Hashemi and SM. Horsseini. 2015. The control of *Botrytis* fruit rot in strawberry using combined treatments of chitosan with *Zataria multiflora* or *Cinnamomum zeylanicum* essential oil. *Food Science and Technology* 52: 7741-7748.
40. Muñoz, C. 1998. Antecedentes generales. p.5. en Seminario: El cultivo del arándano, Temuco, Chile. 30 de noviembre, 1 y 2 de diciembre de 1998.

41. No, H.K., S. Meyers, W. Prinyawiwatkul and Z. Xu .2007. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods. *Journal Food Science* 27:87-100.
42. Quintero, C., F. Pascual y H. Muñoz. 2010. Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga* 5: 93-118.
43. Ravi, M.N. 2000. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers* 46: 1-27.
44. Rodríguez–Mateos, A., C. Heiss, G. Borges and A. Crozier.2014. Berry (poly) phenols and cardiovascular health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62: 3842–3851.
45. Sagoo, S., R. Board and S. Roller. 2002. Chitosan inhibits growth of spoilage microorganisms in chilled pork products. *Food Microbiology* 19:175-182.
46. Sánchez, D., J.C. Contreras-Esquivel, G.V. Nevárez-Moorillón y C.N. Aguilar. 2015. Caracterización de películas comestibles a base de extractos pécticos y aceite esencial de limón Mexicano. *CyTA Journal of Food* 13(1):17-25.
47. Shahidi, F., J. Arachich and Y. Jeon. 1999. Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science and Technology* 10:37–51.
48. Shimura, I., M. Kobayashi, S. Ishikawa. 1986. Characteristics of fruit growth and development in Highbush and Rabbiteye blueberries (*Vaccinium corymbosum* L and *V. ashei* Reade) and the differences among their cultivars. *Journal of the Japanese society for Horticultural Science* 55: 46:50.
49. Simfruit. 2018. [Global Berry Congress 2018: "Asia se ha convertido en el mayor consumidor de berries del mundo"](http://www.simfruit.cl/internacionales/3848-global-berry-congress-2018-asia-se-ha-convertido-en-el-mayor-consumidor-de-berries-del-mundo.html). Disponible en: <http://www.simfruit.cl/internacionales/3848-global-berry-congress-2018-asia-se-ha-convertido-en-el-mayor-consumidor-de-berries-del-mundo.html>
50. Suzuki, A., T. Kikuchi, K. Aoba. 1997. Effect of ethylene on fruit set and maturation of Highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 66: 267-272.
51. Universidad de Concepcion, Gobierno Regional y Centro de Biotecnología Universidad de Concepcion Región del Bio-Bio. 2016. Disponible en: <http://www.centrobiotecnologia.cl/wp-content/uploads/2016/12/Ficha-Tecnol%C3%B3gica-Diagnochrome.pdf>

52. Vázquez-Briones y J. Guerrero-Beltrán. 2014. Recubrimientos de frutas con biopelículas. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Universidad de las Américas Puebla. San Andrés, Puebla, México. Disponible en: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2014/12/TSIA-72-Vazquez-Briones-et-al-2013.pdf> Leído el 18 de julio de 2018.
53. Yang, G., J. Yue, X. Gong, B. Qian, H. Wang, Y. Deng and Y. Zhao. 2014. Blueberry leaf extracts incorporated chitosan coatings for preserving postharvest quality of fresh blueberries. *Postharvest Biology and Technology* 92: 46-53.

Plan de trabajo

El proyecto tendrá una duración de 2 años y se distribuyen en 4 etapas

Etapas 0: En esta etapa se realizarán todas las compras necesarias a lo largo del proyecto. Se establecerán contratos con el personal y la exportadora y se realizarán las capacitaciones correspondientes a cada personal del proyecto.

Etapas 1: En esta etapa se realizarán los experimentos en laboratorio con la fruta del campo. Se realizará el primer experimento donde se determinará la efectividad de adhesión de la cubierta, en el segundo y tercer experimento se determinará la evolución temporal de la pudrición y sus características organolépticas en el día 0 y a los 3, 6, 9, 12, 20 y 35 días.

Etapas 2: En esta etapa se realizará el tratamiento con la cubierta comestible con fruta del packing. Se evaluará la velocidad de descomposición y las variaciones en las características físicas del fruto.

Etapa 3: En esta etapa se analizarán los datos obtenidos durante cada experimento. Se elaborarán informes para presentar resultados y conclusiones de la investigación

Objetivo específico	Resultado esperado
---------------------	--------------------

realizada. Se difundirán los resultados. Además se diseñará un modelo para poder integrar la tecnología en las instalaciones.

Resultados esperados

<p>Desarrollar formulaciones de cubiertas comestibles en base a quitosano, <i>Aloe vera</i> y diferentes concentraciones de extracto de hoja de arándano y evaluar su forma de adhesión en arándanos.</p>	<p>Las cubiertas desarrolladas se adhieren completamente a toda la superficie del fruto, manteniendo visualmente su apariencia.</p>
<p>Evaluar la evolución temporal de pudrición gris causada por <i>Botrytis cinerea</i> en arándano y determinar el efecto en las características organolépticas luego de la aplicación de la cubierta.</p>	<p>Se comprueba la presencia de <i>Botrytis cinerea</i> en la fruta sin inocular mediante un análisis PCR.</p> <p>Las cubiertas disminuyen la velocidad de descomposición durante el almacenamiento, extendiendo su vida útil de un promedio actual de 20 días a 35 días de vida útil.</p> <p>La pérdida de peso disminuye 8,2 puntos porcentuales, fruta sin cubierta pierde 9,7% de peso total a los 35 días de almacenamiento, en comparación a 1,5% de pérdida de peso en la fruta con cubierta durante el mismo tiempo de almacenaje.</p>
<p>Integrar la tecnología de aplicación de la cubierta en una línea comercial de selección de fruta.</p>	<p>La aplicación de la cubierta comestible disminuye los índices de pudrición en 6 puntos porcentuales, de un 7% en fruta sin tratamiento a un 1% en la fruta con tratamiento.</p> <p>Es posible realizar la aplicación de la cubierta en arándanos de forma automatizada en una línea comercial de selección de fruta, integrando maquinaria para sumergir y secar la fruta luego del calibrado, aumentando en no más de 3 minutos el proceso completo.</p>

Organización

Nombre del profesional	Formación/ grado académico	Cargo	Funciones	Costo del personal (MM\$)	Aporte Fondo Concursable (MM\$)
NN	Ingeniero Agrónomo. Doctor en ciencias agroalimentarias. Especialista en postcosecha.	Director	<ol style="list-style-type: none"> 1. Planificar y organizar el proyecto 2. Supervisar y realizar los contratos 3. Supervisar al investigador en postcosecha 4. Realizar informes y conclusiones del proyecto 5. Comunicar los resultados del proyecto a través de boletines 6. Establecer contacto con empresas del rubro de postcosecha 7. Elaborar publicaciones científicas 	1.5	0.7
NN	Ingeniero Agrónomo. Doctor en ciencias agroalimentarias. Especialista en fitopatología.	Director Alterno	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reemplazar en caso de ser necesario las funciones del director general. 2. Supervisar el trabajo del investigador y estadístico 3. Realizar la capacitación del personal profesional 4. Colaborar con la elaboración de los boletines 5. Participar en la investigación científica realizando retroalimentación con los investigadores y asistente en investigación. 	1.5	0.7

NN	Ingeniero Agrónomo. Doctor en ciencias agroalimentarias. Experiencia en postcosecha (Doctor joven)	Investigador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Supervisar el trabajo del asistente profesional y analista de laboratorio de postcosecha 2. Realizar informes con los resultados obtenidos al final del proyecto 3. Elaborar la formulación de las cubiertas 4. Diseñar la línea de proceso integrando la aplicación de cubierta en la fruta 	1.6	1.6
NN	Ingeniero Agrónomo. Doctor en ciencias agroalimentarias. Experiencia en fitopatología (Doctor joven)	Investigador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Supervisar el trabajo del analista de laboratorio de fitopatología 2. Colaborar con la realización del informe fitopatológico 3. Supervisar la inoculación de fruta 4. Co-diseñar la línea de proceso integrando la aplicación de cubierta en la fruta 	1.6	1.6
NN	Ingeniero Agrónomo.	Asistente profesional en investigación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar las compras de equipos e insumos para la realización de los ensayos 2. Elaborar las cubiertas comestibles 3. Supervisar al técnico agrícola 4. Colaborar con los analistas de laboratorios 5. Realizar informes de los resultados obtenidos en cada ensayo 	1.0	1.0
NN	Bioquímico	Analista de laboratorio de postcose	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar las aplicaciones de cubiertas en la fruta. 2. Realizar las 	0.8	0.3

		cha	mediciones correspondientes en cada periodo de tiempo de almacenamiento. 3. Realizar análisis de los ensayos de laboratorio.		
NN	Ingeniero agrónomo. Magister en ciencias agropecuarias. Con experiencia en el área de la fitopatología.	Analista de laboratorio de fitopatología.	1. Tomar muestras de la fruta con tratamientos. 2. Realizar una extracción de ADN de las muestras. 3. Realizar análisis PCR. 4. Entregar informe de los resultados.	0.8	0.8
NN	Técnico agrícola	Asistente técnico en investigación	1. Transportar la fruta al laboratorio. 2. Colaborar con los ensayos. 3. Colectar datos	0.6	0.6
NN	Estadístico	Estadístico	1. Tabular y analizar los resultados obtenidos en las mediciones. 2. Realizar los análisis estadísticos de los resultados	0.9	0.9
NN	Contador auditor	Contador	1. Registrar las operaciones financieras del proyecto. 2. Mantener vigente los contratos de trabajo del personal del proyecto.	0.9	0.1
NN	Secretaria	Secretaria	1. Coordinar los documentos del proyecto. 2. Coordinar la realización de charlas y boletines.	0.6	0.1

Presupuesto

ITEM	Costo total m\$	Financiamiento		Suma de aportes de asociadas		FONDEF m\$
		Institucional m\$	Incremental (*)		No incremental (*)	
			Incremental (*)	No incremental (*)		
Honorarios, incentivos, remuneraciones	185.200	58.000	18.000	0	109.200	
Subcontratos	2.500	0	0	1.500	1.000	
Capacitación	0	0	0	0	0	
Equipos	12.518	2.600	2.500	1.200	6.218	
Software	713	665	0	0	48	
Material fungible	2.012	0	299	0	1.713	
Pasajes	62	0	0	0	62	
Seminarios, publicaciones y difusión	2.600	2.600	0	0	0	
Infraestructura	1.000	1.000	0	0	0	
Gastos generales	14.260	4.900	0	0	9.360	
Gastos de adm. Superior	9.600	0	0	0	9.600	
Total	230.465	69.765	20.799	2.700	137.201	
Porcentaje	100%	30%	9%	1%	60%	