



INFORME TECNICO FINAL

Nombre del proyecto	Obtención de ingredientes funcionales mediante tecnologías limpias a partir de desechos agroindustriales para la formulación de alimentos saludables.
Código del proyecto	2016-0614
Informe final	4
Período informado (considerar todo el período de ejecución)	desde el 12-2016 hasta el 11-2018
Fecha de entrega	14-12-2018

Nombre coordinador	Verónica Paula Dueik González
Firma	

INSTRUCCIONES PARA CONTESTAR Y PRESENTAR EL INFORME

- Todas las secciones del informe deben ser contestadas, utilizando caracteres tipo Arial, tamaño 11.
- Sobre la información presentada en el informe:
 - Debe dar cuenta de todas las actividades realizadas en el marco del proyecto, considerando todo el período de ejecución, incluyendo los resultados finales logrados del proyecto; la metodología utilizada y las modificaciones que se le introdujeron; y el uso y situación presente de los recursos utilizados, especialmente de aquellos provistos por FIA.
 - Debe estar basada en la última versión del Plan Operativo aprobada por FIA.
 - Debe ser resumida y precisa. Si bien no se establecen números de caracteres por sección, no debe incluirse información en exceso, sino solo aquella información que realmente aporte a lo que se solicita informar.
 - Debe ser totalmente consistente en las distintas secciones y se deben evitar repeticiones entre ellas.
 - Debe estar directamente vinculada a la información presentada en el informe financiero final y ser totalmente consistente con ella.
- Sobre los anexos del informe:
 - Deben incluir toda la información que complemente y/o respalde la información presentada en el informe, especialmente a nivel de los resultados alcanzados.
 - Se deben incluir materiales de difusión, como diapositivas, publicaciones, manuales, folletos, fichas técnicas, entre otros.
 - También se deben incluir cuadros, gráficos y fotografías, pero presentando una descripción y/o conclusiones de los elementos señalados, lo cual facilite la interpretación de la información.
- Sobre la presentación a FIA del informe:
 - Se deben entregar tres copias iguales, dos en papel y una digital en formato Word (CD o pendrive).
 - La fecha de presentación debe ser la establecida en el Plan Operativo del proyecto, en la sección detalle administrativo. El retraso en la fecha de presentación del informe generará una multa por cada día hábil de atraso equivalente al 0,2% del último aporte cancelado.
 - Debe entregarse en las oficinas de FIA, personalmente o por correo. En este último caso, la fecha válida es la de ingreso a FIA, no la fecha de envío de la correspondencia.
- El FIA se reserva el derecho de publicar una versión del Informe Final editada especialmente para estos efectos.

CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES GENERALES	4
2.	EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO.....	4
3.	RESUMEN EJECUTIVO	5
4.	OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	6
5.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE)	6
6.	RESULTADOS ESPERADOS (RE)	8
7.	CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO	23
8.	ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO	25
9.	POTENCIAL IMPACTO.....	26
10.	CAMBIOS EN EL ENTORNO.....	26
11.	DIFUSIÓN	27
12.	PRODUCTORES PARTICIPANTES.....	28
13.	CONSIDERACIONES GENERALES	29
14.	CONCLUSIONES.....	31
15.	RECOMENDACIONES.....	31
16.	ANEXOS.....	32
17.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	48

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre Ejecutor:	Comercial e Industrial Solutec Ltda.
Nombre(s) Asociado(s):	Pontificia Universidad Católica de Chile Universidad Tecnológica Metropolitana
Coordinador del Proyecto:	Verónica Paula Dueik González
Regiones de ejecución:	Metropolitana
Fecha de inicio iniciativa:	12-2016
Fecha término Iniciativa:	11-2018

2. EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO

Costo total del proyecto			
Aporte total FIA			
Aporte Contraparte	Pecuniario		
	No Pecuniario		
	Total		

Acumulados a la Fecha		Monto (\$)
Aportes FIA del proyecto		
1. Total de aportes FIA entregados		
2. Total de aportes FIA gastados		
3. Saldo real disponible (Nº1 – Nº2) de aportes FIA		
Aportes Contraparte del proyecto		
1. Aportes Contraparte programado	Pecuniario	
	No Pecuniario	
2. Total de aportes Contraparte gastados	Pecuniario	
	No Pecuniario	
3. Saldo real disponible (Nº1 – Nº2) de aportes Contraparte	Pecuniario	
	No Pecuniario	

3. RESUMEN EJECUTIVO

3.1 Resumen del período no informado

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante el período comprendido entre el último informe técnico de avance y el informe final. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

Durante el último período se realizaron las siguientes actividades pendientes de los informes anteriores:

1. Determinación de aminas heterocíclicas por HPLC en vienasas con adición de polifenoles.
2. Evaluación de estabilidad de microencápsulas de polifenoles desarrolladas con maltodextrina (eficiencia de encapsulación de 62%) y aumento de la eficiencia de encapsulación de polifenoles hasta 82% a través del uso de quitosano como agente de encapsulación. Por otro lado, a escala piloto se aumentó la eficiencia de microencapsulación de microcápsulas de maltodextrina utilizando otro método de encapsulación (secado de tambor) hasta 81,3%.
3. Disminución de la digestibilidad del almidón en pan de molde hasta 36% a través de la adición de celulosa microcristalina, polifenoles y otros ingredientes funcionales.
4. Estimación de la capacidad antioxidante de productos terminados: pan (equivalente a la capacidad antioxidante de 100g de arándanos por 2 rebanadas), leche con chocolate (equivalente a capacidad antioxidante de 50g arándanos por 200 ml), vienasas con capacidad antioxidante equivalente a 50g arándanos por 100g y mayonesa con equivalente a capacidad antioxidante de 50g de arándanos por 2 cucharadas.
5. Escalamiento piloto de la extracción, concentración y microencapsulación de polifenoles de poroto granado en CREAS, y evaluación económica del proceso. La evaluación arrojó un costo de 5,15 USD/kg.

3.2 Resumen del proyecto

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante todo el período de ejecución del proyecto. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

En nuestro país se generan más de 6.500 toneladas/año de residuos del procesamiento del poroto granado, subproducto agrícola rico en diversos compuestos bioactivos (ej. antioxidantes y fibras). El presente proyecto busca el aprovechamiento adecuado de este residuo a través de la producción de dos (2) ingredientes funcionales: (i) extracto de polifenoles y (ii) celulosa microcristalina mediante el uso de tecnologías limpias; para su uso en la formulación de alimentos funcionales. Entre los objetivos de nuestra propuesta, destacan la recuperación de al menos un 50% de los polifenoles y un 40% de la celulosa microcristalina, presentes en la vaina de poroto granado.

Se estudiaron 10 muestras de las variedades Rubí, Cosmos, Cimarrón, B1, LP-VG y LP-CL, cosechadas en distinta época (enero y marzo), las que fueron donadas por INIA y la empresa Minuto Verde. Se analizó el contenido de polifenoles totales por extracción con acetona y por

extracción con agua subcrítica. Se obtuvo que las variedades Rubí y cimarrón presentan los mayores contenidos de polifenoles, y que la época de cosecha afecta significativamente este contenido. Además, el agua subcrítica permite recuperar entre un 40-65% de los polifenoles presentes en la vaina. Con el fin de aumentar el rendimiento de extracción de polifenoles se adicionó un co-solvente apolar (etanol), lo que aumentó el rendimiento de extracción a 84%. Además, se determinaron polifenoles específicos en las muestras de vainas variedad Rubí y Cimarrón, concluyéndose que en ambos los polifenoles más abundantes son la rutina, ácido protocateico y quercetina. Posteriormente, el extracto de polifenoles fue microencapsulado en maltodextrina para aumentar su estabilidad, la que fue evaluada por 3 meses en estufa, lográndose eficiencia de microencapsulación de 63%. Con el fin de aumentar la eficiencia, se decidió utilizar otro agente de microencapsulación que fuera soluble a pH1 pero insoluble a pH 7. El seleccionado fue quitosano, con el cual se logró aumentar la eficiencia a 82%. Esto implica que los polifenoles se liberarán solo a pH1 (estómago) y no en el producto quedando susceptible a degradación. Se realizó estudio de vida útil acelerado en estufa, encontrándose que la eficiencia no disminuye significativamente. A escala piloto, se logró aumentar la eficiencia de microencapsulación de polifenoles por secado spray (62%) a través del uso de secado por tambor hasta 81,6%.

Por otro lado, se logró producir celulosa microcristalina por el método de hidrólisis con ácidos y mediante hidrólisis con vapor. Ambos métodos arrojaron resultados similares recuperándose un 85% de la celulosa microcristalina teórica. Además, esta fue coprocesada con otro biopolímero (carboximetilcelulosa) para producir celulosa microcristalina coloidal. Se observó una excelente funcionalidad del producto desarrollado como agente de suspensión de sólidos, estabilizante de emulsiones y fat replacer.

Al aplicar los ingredientes en productos de consumo masivo, se logró elaborar productos como:

- Mayonesa sin sellos y solo 20% de grasa (44% menos que mayonesa estándar) a través de reemplazo de aceite y huevo por celulosa microcristalina coloidal.
- Leche con chocolate estabilizada con celulosa microcristalina coloidal.
- Colorante blanco estabilizado con celulosa microcristalina coloidal.
- Pan de molde con 36% menos digestibilidad del almidón a través de adición de polifenoles y celulosa microcristalina, y otros ingredientes funcionales. Además, se registró 65% menos acrilamida y capacidad antioxidante comparable con 100g de arándanos por 2 rebanadas.
- Vienesas con 30% menos grasa y sin sellos, cuyo color además fue estabilizado con fuentes naturales. No se observaron aminas heterocíclicas en las muestras. Capacidad antioxidante equivalente a 50g arándanos/100g.

Nuestra evaluación económica arrojó un costo de producción de 5,15 USD/kg de polifenoles y de 13,1 USD/kg de celulosa microcristalina coloidal. Este último podría bajar si se usara método ácido a 7,4 USD/kg.

4. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Obtención de dos ingredientes funcionales mediante tecnologías limpias a partir de desechos de poroto granado y estudio de sus propiedades saludables y tecnológicas para la formulación de alimentos funcionales.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE)

5.1 Porcentaje de Avance

El porcentaje de avance de cada objetivo específico se calcula luego de determinar el grado de avance de los resultados asociados a éstos. El cumplimiento de un 100% de un objetivo específico se logra cuando el 100% de los resultados asociados son alcanzados

N° OE	Descripción del OE	% de avance a la fecha
1	Realizar una caracterización inicial de los residuos de poroto granado y su estabilización.	100
2	Estudiar el proceso de extracción de polifenoles con agua presurizada de residuos de poroto granado y obtener extracto concentrado mediante tecnología de membranas.	100
3	Caracterizar el extracto obtenido y estudiar sus propiedades saludables y tecnológicas.	100
4	Evaluar la micro encapsulación del extracto obtenido con el fin de otorgar mayor estabilidad.	100
5	Estudiar y optimizar el proceso de obtención de celulosa microcristalina por hidrólisis con vapor a alta presión a partir de los desechos del proceso de extracción de polifenoles mediante agua presurizada.	100
6	Caracterizar el producto obtenido en base a sus propiedades saludables y tecnológicas.	100
7	Estudiar y establecer aplicaciones de los ingredientes obtenidos en la formulación de alimentos funcionales tales como mayonesas, postres, productos lácteos, productos de panadería en los que se apliquen las propiedades estudiadas.	100
8	Implementar a escala piloto la tecnología mediante apoyo del Centro Tecnológico para la Innovación Alimentaria	100
9	Estudiar factores que influyen en el contenido de polifenoles específicos y contenido de celulosa en desechos.	100
10	Realizar estudio de la viabilidad económica de la comercialización de estos ingredientes funcionales.	100

6. RESULTADOS ESPERADOS (RE)

Para cada resultado esperado debe completar la descripción del cumplimiento y la documentación de respaldo.

6.1 Cuantificación del avance de los RE al término del proyecto

El porcentaje de cumplimiento es el porcentaje de avance del resultado en relación con la línea base y la meta planteada. Se determina en función de los valores obtenidos en las mediciones realizadas para cada indicador de resultado.

El porcentaje de avance de un resultado no se define según el grado de avance que han tenido las actividades asociadas éste. Acorde a esta lógica, se puede realizar por completo una actividad sin lograr el resultado esperado que fue especificado en el Plan Operativo. En otros casos se puede estar en la mitad de la actividad y ya haber logrado el 100% del resultado esperado.

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado ¹ (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real ⁷	% de cumplimiento
			Nombre del indicador ²	Fórmula de cálculo ³	Línea base ⁴	Meta del indicador ⁵ (situación final)	Fecha alcance meta programada ⁶		
1	1	Caracterizar el desecho de poroto granado y estabilizarlo para almacenamiento hasta su análisis (Véase anexo 1)	1.1 Polifenoles totales 1.2 MCC 1.3 Humedad	base seca	1. Polifenoles: 7,03 mg AG/g seco 2. MCC: 16% bs 3. Humedad: aprox. 81,76%	1. Polifenoles: 6,5-12 mg AG/g seco 2. MCC: 21- 25% bs 3. Humedad: aprox. 4%. Se tienen 200 g de vainas seca de cada variedad. Variedades industriales se dispone de 3kg de cada una.	Marzo 2017	100%	
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									

¹ Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

² Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

³ Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

⁴ Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

⁵ Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

⁶ Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

⁷ Fecha alcance meta real: es la fecha real de cumplimiento al 100% de la meta. Si la meta no es alcanzada, no hay fecha de cumplimiento.

Se decidió estudiar el efecto de las distintas variedades y épocas de cosecha de la vaina de poroto granado en el contenido de polifenoles y celulosa microcristalina. Para ello, se contactó a la empresa Minuto Verde quienes nos donaron vaina granada variedad Rubí cosechada en enero y marzo (variedades industriales). Además, INIA nos donó vaina granada variedad Rubí, Cosmos, Cimarrón, B1, LP-CL-106 y LP-VG-2, cosechadas en febrero y marzo. En total se contó con 10 muestras + rastrojos de variedades industriales. Las muestras fueron secadas en estufa a 50°C, molidas en molino de martillo y envasadas. Todas las muestras fueron deshidratadas a un contenido de humedad máximo de 4%. Se determinó contenido de polifenoles totales, MCC y humedad. El contenido de polifenoles fue significativamente mayor al determinado previo al estudio usando vainas de la Vega Poniente (7,03 mg/g ss), que en este estudio variaron desde 6,5 – 12 mg GAE/g ss, dependiendo de la variedad y época de cosecha. Además, se observa una correlación entre el contenido de polifenoles y el color de la vaina. El contenido de celulosa es para todas aprox. 20-25% para todas las muestras evaluadas.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

Anexo 1.1, en que se muestran fotos de todas las muestras y contenido de polifenoles. Anexo 1.2, muestra foto del proceso de molienda.

N O E	N O R E	Resulta do Esperad o (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fec ha alc anc e met a real	% de cump limie nto
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programa da		
2	2	Optimiz ar la extracci ón de polifenol es de vaina de poroto granado	Extracci ón de polifenole s	% de recuperación comparado con maceración en acetona	Solo se disponía de informaci ón de otros descartes como cascara de manzana.	- 40 a 65% al usar agua: 110°C, 150 psi, relación 1:30 sólido/líquido y un ciclo por extracción - 84% al usar combinación con alcohol: 130°C, 150 psi, 1/30 y 1 ciclo de extracción	Octubre 2017	No vie mbr e 201 7	100

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

El porcentaje de recuperación de polifenoles totales fue calculado considerando como un 100% el contenido de polifenoles totales de extractos obtenidos por maceración con acetona (Anexo 3a). Dependiendo de la variedad y época de cosecha se obtuvieron porcentajes de recuperación entre 40% y 65%, usando 110°C, 150 psi, relación 1:30 sólido/líquido y un ciclo por extracción. Se esperaba obtener porcentajes de recuperación cercanos a 50%. Se pudo observar que las variedades con mayor contenido de polifenoles totales corresponden a Cimarrón y Rubí. Asimismo, las muestras cosechas tempranamente presentaron un mayor contenido de polifenoles totales. Se mejoró el rendimiento de extracción de polifenoles, mediante la adición de pequeñas cantidades de co-solvente apolar (etanol) hasta 84%, usando 130°C, 150 psi, 1/30 y 1 ciclo de extracción.

Luego se realizó la concentración por membranas de los extractos. Las condiciones de operación corresponden a una presión de 100 psi (~10bar), temperatura 30 °C y un flujo de 10 L/h. La membrana utilizada corresponde a poliamida con un MWCO (Molecular Weight Cut Off) de 150 Da, se preparó la membrana de acuerdo con el protocolo detallado en el informe anterior. Se logró reducir la concentración de etanol desde un 45% a un 30% v/v. Finalmente, se replicaron los análisis de Folin Ciocalteu para los extractos concentrados por membranas. Los resultados indican que la etapa de concentración redujo en 7% el contenido de polifenoles totales y en 17% la capacidad antioxidante de sus extractos respectivos.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

En anexo 2.1 se encuentra grafica con contenido de polifenoles totales de extractos obtenidos de las distintas variedades y épocas de cosecha utilizando método de maceración con acetona (máxima extracción) y agua subcrítica. Además, en el anexo 2.2 se encuentra grafico de un análisis para la variedad Rubí del efecto de la época de cosecha en el contenido de polifenoles totales. En anexo 2.3, se muestra el Contenido de Polifenoles Totales en extractos obtenidos mediante: maceración con acetona, extracción con líquidos presurizados con etanol al 45% y agua para las 4 variedades con mayor contenido de polifenoles. En anexo 2.4 se muestra montaje de equipo de filtración por membranas.

N O E	N O R E	Resulta do Esperad o (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fec ha alc anc e met a real	% de cump limie nto
			Nombr e del indica dor	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcanc e meta progra mada		
3	3	Identificar los polifenoles más abundantes de la vaina de poroto granado y comprobar sus propiedades funcionales y tecnológicas.	Identificación de polifenoles	1)Cap. Antiox por DPPH, 2) polifenoles específicos por HPLC 3) capacidad de reducir la digestibilidad del almidón, 4) reducir formación de acrilamida y aminas heterocíclicas (HAS)	No existía información de polifenoles específicos ni capacidad antioxidante y propiedades de polifenoles de poroto granado.	1)Promedio antiox: 280 ± 5 µg/ml 2) Rutina, ácido protocatecuico y quercetina. 3) 39% con la adición de 1%, la que fue aumentada con la adición de MCC y otros ingredientes. 4)reducción de acrilamida de 65% y HAS no detectadas en vienasas con 1% polifenoles	12-2017	11-2018	100
<p>Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.</p> <p>Se decidió seguir el estudio solo con las 4 muestras que presentaron el mayor contenido de polifenoles. La concentración promedio necesaria para inhibir 50% del DPPH fue igual a 280 ± 5 µg/mL. De acuerdo a los valores IC₅₀, los extractos con mayor y menor capacidad antioxidante corresponden a las variedades Rubí - INIA cosechado 10-02-17 (289 ± 1 µg/mL) y Cimarrón – INIA cosechado 15/03/17 (271 ± 1 µg/mL) respectivamente. Se lograron identificar los polifenoles más abundantes en cascara de poroto granado: rutina, ácido protocatecuico y quercetina.</p> <p>Se prepararon masas modelo a base de gluten y almidón y se les adicionaron polifenoles (1%) y se evaluó la capacidad de reducir la digestibilidad del almidón, la que fue solo de un 17%. Esta capacidad puede aumentar a 39% si se mezcla con alguna fibra, resultados que se presentan en RE 6. La formación de acrilamida pudo reducirse considerablemente (65%) con la adición de polifenoles, mientras que no se detectaron aminas heterocíclicas en vienasas con 1% polifenoles.</p> <p>Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)</p> <p>Anexo 3.1 muestra los polifenoles identificados en vaina de poroto granado. Anexo 3.2 muestra la capacidad antioxidante de los extractos y concentrados obtenidos.</p>									

N.º	O.º	E.º	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)				Fecha alcanzada meta programada	Fecha alcanzada meta real	% de cumplimiento
				Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)			
4		4	Obtener microcápsulas de extracto de polifenoles de vaina de poroto granado que presenten buena estabilidad durante el procesamiento	Microencapsulación de polifenoles	-Eficiencia de encapsulación en distintas condiciones de secado spray (relación encapsulante: extracto, T° entrada y flujo). -Estabilidad de polifenoles microencapsulados.	Eficiencia de encapsulación de 80%.	82% de eficiencia de encapsulación y aumento de estabilidad de 48,5% al cambiar agente de encapsulación (chitosano vs maltodextrina). Relación 1:10; Tentrada 180°C, flujo 0,3L/h. Además, se analizó encapsulación en secador de tambor con maltodextrina, aumentando a 81,3%	03-2018	11-2018	100

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

Se seleccionaron los materiales de recubrimiento para polifenoles y se testearon: maltodextrina, inulina, polidextrosa, y HPMC. Se seleccionó maltodextrina por solubilidad, costo y performance y se evaluaron distintas condiciones de microencapsulación.

El % de microencapsulación se evaluó con el método de Dueik et al (2017), manteniendo las microcápsulas a pH 1 y pH 7. A pH 1 (medio ácido) se debería liberar todo el contenido de las microcápsulas por hidrólisis de la maltodextrina. Además, esto permite una estimación de la liberación de polifenoles en el estómago (pH1) e intestino (pH7). Luego se centrifuga y se mide el % de polifenoles mediante el método de Folin en el sobrenadante. La liberación de las cápsulas a pH 1 fue de 87% y a pH 7 de 33%, lo que implica que se logró mantener microencapsulado el 62% de los polifenoles. Con el fin de aumentar la eficiencia de encapsulación, se decidió usar chitosano, un biopolímero soluble a pH 1 e insoluble a pH 7. Con su uso, se aumentó la eficiencia a 82% y se realizó estudio de vida útil acelerado en estufa a 40°C por 3 meses, encontrándose que la eficiencia no disminuye significativamente. Las microcápsulas producidas por secado spray tienen un tamaño menor a 40 um, lo que las hace imperceptibles en boca.

Además, se realizó encapsulación en secador de tambor con maltodextrina obteniendo 81,3% de encapsulación. Estas partículas fueron más gruesas por lo que requirieron molienda para llegar a tamaños similares a los de secado spray (entre 40 y 55 um).

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

La liberación de polifenoles desde capsulas de maltodextrina y chitosano en ambos pH se muestra en anexo 4.1

N.º	O.º	E.º	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real	% de cumplimiento
				Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada		
5		5	Optimizar la extracción de celulosa microcristalina coloidal a partir de residuos de poroto granado	% extracción de MCC Obtención de MCC coloidal medido por su dispersión en agua.	% recuperación comparado con teórico (24%) % dispersable en agua	No existe producción de MCC a partir de subproductos usando vapor. En plan operativo se esperaba al menos 40% Para producción de MCC coloidal existe proceso a alta presión	Rendimiento de 85% Capacidad de dispersión en agua al 0,5%	Dic 2017	Mayo 2017 Agosto 2017	100

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

El contenido teórico de celulosa microcristalina en residuos de poroto granado es entre 15 y 24% (Mateos-Aparicio et al. 2010). Nuestros experimentos fueron realizados con vainas de poroto granado Rubí donadas por la empresa Minuto Verde, cosechadas en enero y marzo. Además, se analizó una mezcla de vainas y rastrojos, que es más representativo de lo que queda en el campo luego de la cosecha. Además, se estudiaron dos procesos de extracción. Proceso químico, en que se usa soda diluida para la remoción de lignina y hemicelulosa, y luego ácido clorhídrico para la hidrólisis de las regiones amorfas de la celulosa, dejando intactas las cristalinas. El método con vapor reemplaza el uso de ácido para la hidrólisis. En ambos métodos, se debe blanquear el producto final con peróxido de hidrogeno.

El máximo teórico de celulosa microcristalina en vainas de poroto es 24%, y con los procesos aplicados se logra recuperar casi el 85% de ella. Se observó un efecto significativo de la época de cosecha en el rendimiento, siendo este mayor para muestras recolectadas en enero. De los dos métodos empleados (químico y vapor), ambos presentan rendimientos similares, lo que sugiere que el proceso vapor es suficiente para hidrolizar las regiones amorfas de la celulosa y dejar intactas las cristalinas. Por su parte, el rastrojo mostró un mayor contenido de celulosa llegando a 25%, por lo que se concluye que el uso del rastrojo permite mejorar el rendimiento. Además, en el anexo 8, se ve el % de pureza de la celulosa microcristalina obtenida.

Esta celulosa microcristalina obtenida fue sometida a homogenización a alta presión y co-procesamiento con carboximetilcelulosa para producir de celulosa microcristalina coloidal. Se evaluó coprocesamiento con varias carboximetilcelulosas de distintos pesos moleculares para establecer diferencias, sin embargo, todas se comportaron de la misma forma debido a que la presión ejercida por el homogenizador rompe las cadenas y las deja todas del mismo largo. Luego la suspensión fue sometida a secado spray para obtención de producto en polvo.

Se pudo comprobar el coprocesamiento a través de observación visual de mezcla física de ambos ingredientes (MCC y carboximetilcelulosa) o mezcla en homogenizador.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Anexo 5.1 muestra el rendimiento de celulosa microcristalina a partir de vainas y rastrojos variedad Rubí Minuto Verde y pureza (%) del producto obtenido. El anexo 5.2 muestra fotografías de las celulosas microcristalinas obtenidas. Anexo 5.3 muestra fotografía de mezcla de MCC con carboximetilcelulosa sometida a mezcla y a homogenización a alta presión. Anexo 5.4, muestra microfotografías de suspensiones de MCC no coloidal, MCC coloidal comercial y MCC coloidal solutec.

N.º O E	N.º R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcanzada	Fecha alcanzada real	% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)				
6	6	MCC coloidal de propiedades funcionales (menor liberación de glucosa) y tecnológicas (efecto estabilizante, emulsificante, etc) esperadas.	Propiedades tecnológicas de MCC coloidal	1.Capacidad de reducir digestibilidad del almidón 2.Viscosidad.	Capacidad de reducir digestibilidad del almidón: 20-35% para distintas fibras. Viscosidad (1,2%): 39 cps	MCC (7,5%) reduce la digestibilidad solo en un 10%. Sin embargo, al combinarse con polifenoles, ésta se reduce en 20%. Si se adicionan otras fibras es posible llegar a 39% de reducción. Viscosidad al 1,2% es de 36 cPs	Julio 2018	No vie mbr e 201 7	100	

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

Se evaluó la morfología de la MCC mediante microscopía de luz, y se compararon dispersiones de MCC, MCC coloidal comercial y MCC coloidal preparada en solutec. Se observaron diferencias estructurales al coprocesar la MCC con carboximetilcelulosa y se observó la formación de "bastones" correspondientes a fracción insoluble de la MCC suspendidos a través de cadenas de carboximetilcelulosa. Esta red que se forma es la responsable muchas de las propiedades de la MCC.

La MCC coloidal obtenida puede ser dispersa en agua mediante high shear (Thermomix), molino coloidal o a través de homogenizador. Se prepararon dispersiones al 2 y 5% y se evaluó su dispersión en el tiempo (15 y 30 minutos), en que se puso ver que a los 15 minutos la suspensión aún no era completa observándose aún grumos.

Además, se analizó una suspensión de MCC coloidal en el equipo Turbiscan ubicado en UTEM, el que permite evaluar sedimentación de partículas y estabilidad de suspensiones. No se observó sedimentación de partículas lo que indica que el producto es un buen agente estabilizante de suspensiones.

Además, se evaluó la capacidad de reducir la digestibilidad del almidón en matrices modelo y se pudo observar que por si sola (7,5%) reduce la digestibilidad solo en un 10%. Sin embargo, al combinarse con polifenoles, ésta se reduce en 20%. Si además, se adicionan otras fibras la digestibilidad se reduce en 39%.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

En anexo 6.1 se muestra esquema de la evaluación de la digestibilidad del almidón in-vitro.

N.º O E	N.º R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)				Fecha alcance meta programada	Fecha alcance meta real	% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)			
7	7	Aplicar los ingredientes obtenidos en la formulación de alimentos saludables.	Formulación de productos con MCC coloidal	Propiedades funcionales, sensoriales e instrumentales de los alimentos funcionales desarrollados. -Capacidad antioxidante. -Inhibición de liberación de glucosa del almidón. -Reducción de aminas heterocíclicas y acrilamida.	-Pan de molde y galletas: No hay estudios ni productos de mercado que destaquen la reducción de digestibilidad. En plan operativo se esperaba 30% reducción. Si hay reportes que reducen la acrilamida hasta en 63%. -Vienesas: HAs y capacidad antiox. no han sido reportadas en vienasas. -Mayonesa y leche con chocolate: capacidad antioxidante no ha sido reportada.	- Pan de molde y galletas: reducción de digestibilidad del almidón de 39% y reducción de acrilamida de 65%. Capacidad antioxidante equivalente a 100g arándanos (4,7 μ mol TE)/2 rebanadas. - Vienesas: Inhibición de aminas heterocíclicas y capacidad antioxidante equivalente a 50g arándanos (2,35 μ mol TE/100g). - Mayonesa y leche con chocolate: equivalente a 50g arándanos (2,35 μ mol TE)/ porción (200ml o 2 cdas)	Julio 2018	No viembre 2018	100
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									

La elaboración de vienasas con polifenoles, reducidas en grasas a través del uso de MCC coloidal y haciendo uso de nitritos naturales de jugo de apio. El nitrito es un compuesto con efectos tóxicos y es usado en la industria cecinera para dar color y evitar desarrollo microbiano. Las muestras con polifenoles sufrieron pérdida de textura (se adjunta gráfica) y pérdida de su capacidad de retención de agua, atribuido a formación de complejo proteínas-polifenoles. El color de las muestras con jugo de apio fue evaluado usando colorímetro Minolta CR20 observándose fuertes diferencias entre ellas (véase foto y coordenadas L*,a*,b*), sin embargo, no se detectó desarrollo microbiano. El color puede ser modificado fácilmente con adición de carmín. Por su parte las muestras con reemplazo de grasa mostraron buena capacidad de retención de agua y su evaluación organoléptica no mostró diferencias con el control full-fat. Respecto a análisis de HAS, la U.Austral se encuentra trabajando en proceso de extracción más eficiente de las HAS desde las vienasas, mientras que la metodología de cuantificación por HPLC ya está desarrollada (se adjunta cromatograma).

Se formularon mayonesa, leche con chocolate, pan y suspensión colorante usando MCC coloidal. En mayonesa se evaluó una mayonesa reducida en grasa (20% aceite, sin huevo) en que se usó MCC coloidal como emulsificante y fat replacer, y se evaluó sensorialmente y separación del aceite (creaming). En leche con chocolate se estabilizó el cacao con celulosa microcristalina coloidal y se comparó con leche con chocolate estabilizada con MCC coloidal comercial, presentando comportamiento similar y estable sin precipitación del cacao. En pan se evaluó la disminución de formación de acrilamida (65% reducción) y reducción de la digestibilidad del almidón en 36% al adicionar además una mezcla de fibras. Además el pan presentó un volumen similar al pan sin inclusión de fibras. Respecto a la suspensión colorante se evaluó su capacidad de mantener el colorante blanco en suspensión. Este último se ha mantenido estable por más de 6 meses.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Anexo 7.1 muestra proceso de elaboración de vienasas. Anexo 7.2: Equipamiento usado en evaluación de textura y color de vienasas. Anexo 7.3: Color de vienasas con nitritos y jugo de apio. Anexo 7.4: Textura de vienasas control, reemplazo de grasa y reemplazo de grasa+polifenoles. Solo se presenta la data de los efectos más significativos. Anexo 7.5: Cromatograma que muestra separación de aminas heterocíclicas de acuerdo a la metodología desarrollada. Anexo 7.6: Microfotografía y foto de mayonesa baja en grasa y sin huevo estabilizada con MCC coloidal. Anexo 7.7: Fotografía de leche con chocolate estabilizada con MCC coloidal comercial y Solutec. Anexo 7.8: Reducción de la digestibilidad del almidón en presencia de 1% de polifenoles y 10% de MCC, y para aumentar la reducción se utilizó además una mezcla de fibras de Solutec. Lo que se busca es reducir RAG (glucosa liberada rápidamente desde el almidón) y aumentar UG (glucosa no liberada). Anexo 7.9: Fotografía de colorante blanco estabilizado con MCC coloidal Solutec. a) MCC coloidal dispersa, b) MCC coloidal con colorante blanco c) solo colorante blanco. Se aprecia en c) que sin MCC el colorante no se mantiene en suspensión.

N o O E	N o R E	Resulta do Esperad o (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fec ha alc anc e met a real	% de cump limie nto
			Nombre del indicado r	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcanc e meta progra mada		
8	8	Escalar a nivel piloto el proceso de obtención de polifenoles a partir de subproductos de poroto granado a través del CFETA	Validación de condiciones	Condiciones de temperatura, presión, relación subproductos, tiempo de extracción; y validación de condiciones de encapsulación.	No se tiene registro de extracción de polifenoles a nivel piloto, solo a escala laboratorio.	Extracción: Presión: atmosférica Relación: 1:20 Temperatura: 70°C Tiempo: 60 min Encapsulación: secado de tambor a 120°C y 45seg.	Dic 2018	No v 201 8	100
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
<p>El escalamiento se realizó en extractor piloto en que se ajustaron nuevamente las condiciones de proceso con el fin de maximizar la concentración de polifenoles del extracto, lográndose 14,03 [mg GAE / g ss]. Luego se realizó la concentración por evaporador de película ascendente y encapsulación del extracto en maltodextrina por 2 métodos: secado spray y secado por tambor. El secado spray arrojó eficiencia de encapsulación de 57,4%, mientras que el secado por tambor 81,3%. Se estudiaron 2 condiciones de secado de tambor, siendo ambas muy similares. En el tambor se observó la formación de costras cristalinas por lo que se decidió analizar la formación de HMF como producto de la reacción de Maillard, sin embargo, la formación no fue significativa ni representa un riesgo para la salud.</p>									

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Anexo 8.1: Diagrama PDF del proceso de extracción y encapsulación del extracto polifenólico. Anexo 8.2: Dependencia de los polifenoles totales respecto a la porción sólido / solvente y el tiempo de extracción [mg GAE / g ss]. Anexo 8.3: Caracterización del extracto producido a escala piloto. Anexo 8.4: Caracterización del proceso de secado por tambor en dos condiciones de operación. Anexo 8.5: Vista del producto que se genera en el tambor. Anexo 8.6: Comparación entre el producto que sale del tambor y el producto después de molienda por cuchillas.

N.º O E	N.º R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcanzada y meta programada	Fecha alcanzada y meta real	% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)				
9	9	Identificar factores agronómicos que influyen en la síntesis de polifenoles y celulosa en vaina de poroto granado	Factores agronómicos	Producción de polifenoles y MCC en vainas de poroto granado a través de modificaciones en las condiciones de cultivo.	No se dispone de información de los actores que influyen en la producción de polifenoles y celulosa microcristalina.	Polifenoles: Grados día del lugar de cosecha. A mayor grados día, mayor síntesis de polifenoles. Variedad: Rubí y cimarrón presentan mayor síntesis. Manejo agronómico: Alifrut e INIA presentan maximización de contenido. Celulosa: Solo se observa marcado efecto de la parte de la plata (rastrojo o vaina).	Mayo 2018	Octubre 2017	100	
<p>Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.</p> <p>Se estudiaron distintos factores de cultivo de porotos granados, tales como: localidad (San Fernando o Santiago), variedad (Rubí, Cimarrón, Cosmo B1, LP-CL-106 y LP-VG-2), época de cosecha (enero y marzo) y manejo agronómico.</p> <p>Las localidades de Santiago y San Fernando presentaron características agroclimáticas muy similares en la temporada 2016-17. Según datos de red agrometeorológica de INIA, San Fernando presentó un registro de 1043,3 grados días y en el caso de Santiago fue de 1040 grados días. Los resultados de polifenoles muestran que las vainas de la localidad de San Fernando registraron un promedio de 10,65 mg AG/g seco y Santiago un valor de 9,8 mg AG/g seco, lo que puede relacionarse con los grados día de ambas localidades. Se observaron importantes diferencias entre las variedades comerciales, donde Rubí presentó un buen comportamiento en San Fernando; sin embargo, en Santiago fue superada por la variedad Cimarrón. Del mismo modo, dos líneas provenientes del proyecto de mejoramiento genético de poroto del INIA se destacaron con valores similares a Cimarrón. Respecto del manejo agronómico aplicado en las dos localidades del estudio, se considera que fue el adecuado para maximizar el rendimiento en vaina granada, ya que en ambos casos se aplicaron todas las recomendaciones técnicas disponibles por la agroindustria y por el INIA La Platina para cubrir todos los requerimientos de la planta de poroto.</p> <p>En el caso de celulosa, se observó una fuerte influencia de la parte de la planta (rastrojo vs vaina) y de la época de cosecha, siendo mayor para las cosechadas en enero.</p>										

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

N.º O E	N.º R E	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcanzada y meta programada	Fecha alcanzada real	% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)				
10	10	Viabilidad económica de la comercialización de ingredientes funcionales	Viabilidad económica	Costos de producción. Cantidad que podría producirse	Costo MCC coloidal comercial es de 14,8 USD/kg Costo polifenoles comercial es de app 105 USD/kg	Entre 4,68 a 13,09 USD/kg dependiendo del proceso. Para polifenoles es de 5,15 USD/kg.	Dic 2018	No v 2018	100	

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

Para la evaluación económica se consideró como indicador el valor por kg de MCC coloidal producida y se comparó con el de la MCC coloidal disponible en el mercado. Actualmente el costo de la MCC coloidal para Solutec es de aprox. 14,8 USD. Para la estimación de los costos se consideraron 2 procesos de extracción: (1) vapor y (2) ácido y utilizando como materia prima desechos de poroto granado o celulosa. Además, se consideraron los siguientes ítems.

1. Gastos de inversión: reactores, homogenizador, secador spray, conexiones entre equipos.
2. Costos directos: mano de obra, reactivos, materia prima, transporte, hidrocoloides coproceso.
3. Costos fijos: electricidad, agua.
4. Rendimiento: desechos 25%, celulosa 40%.

Del análisis se puede ver que lo más factible es producir MCC coloidal a partir de MCC no coloidal. Sin embargo, cualquiera de las opciones es más barata que nuestro costo actual.

Método	Materia prima	Costo (USD/kg)	Producción máxima (kgs/año)
Proveedor actual			
Coloidal hecha en Solutec a partir de MCC no coloidal	Celulosa de pino	13,5	
	Celulosa de pino	4,68	
MCC coloidal método vapor	Desechos	13,09	8.263,73
MCC coloidal método vapor	Celulosa de pino	8,77	14.065,92
MCC coloidal método ácido	Desechos	7,38	16.527,46
MCC coloidal método ácido	Celulosa de pino	6,90	28.131,84

En el caso de los polifenoles, el análisis se realizó usando maltodextrina como encapsulante (1:10) y secado de tambor ya que arrojó la mejor eficiencia de encapsulación. La cantidad a producir es de 28 ton/año a un costo de 5,15 USD/kg. Sin embargo, al estar encapsulado 1:10 con maltodextrina su equivalencia en polifenoles puros es de 10%.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Anexo 10.1 Evaluación económica de producción de MCC a partir de subproductos agroindustriales por método vapor. Anexo 10.2 Evaluación económica de producción de microcápsulas de polifenoles a partir de subproductos agroindustriales.

6.2 Análisis de brecha.

Cuando corresponda, justificar las discrepancias entre los resultados programados y los obtenidos.

Nuestros resultados no discrepan de lo presentado en el plan operativo y se hace un breve resumen de lo planteado y obtenido

Resultado 1: En plan operativo se comenzó con una base de 703 mg GA/100 bs, y 16% MCC pero a través de la selección de variedades adecuadas se llegó hasta 1200 mg GA/ 100g bs, y 24% de MCC.

Resultado 2: En plan operativo se esperaba recuperar al menos 50% de los polifenoles totales y se llegó a 84% a través de una optimización de condiciones.

Resultado 3: Se logró identificar los polifenoles más abundantes en vaina granada: rutina, ácido protocatecuico y quercetina y comprobar las propiedades funcionales de extractos de polifenoles.

Resultado 4: Se evaluó la microencapsulación de polifenoles mediante secado spray usando maltodextrina (62% eficiencia) y quitosano (82%), y se evaluó estabilidad por 3 meses en estufa a 40°C. Además, se realizó microencapsulación en maltodextrina por secado en tambor (piloto) lográndose eficiencia de 81,3%

Resultado 5: Se esperaba en plan operativo rendimiento de producción de celulosa microcristalina de 40%, sin embargo, éste logró aumentarse a 85%. Además, se co procesó a alta presión para la producción de celulosa microcristalina coloidal.

Resultado 6: Se logró obtener celulosa microcristalina coloidal que logró reducir la digestibilidad del almidón e matrices modelo por sí sola en 10%, mientras que la adición de polifenoles aumenta esta reducción e 20%. Al adicionar otra fibra, baja en 39%. Se esperaba mínimo 35% en plan operativo. Por otro lado, la viscosidad de celulosa microcristalina coloidal comercial en solución al 1,2% es de 39 cPs, mientras que la elaborada en el proyecto es de 36 cPs.

Resultado 7: Se logró aplicar ingredientes funcionales en pan de molde, mayonesa, leche con chocolate y vienasas. En pan de molde se logró reducción de la digestibilidad del almidón hasta 36% (meta era 30%), menor formación de acrilamida 65% y capacidad antioxidante equivalente a 100g de arándanos. Para la leche con chocolate se logró estabilizar el cacao. En vienasas no se detectaron HAs, mientras que la capacidad antioxidante fue equivalente a 50g de arándanos por 100g, y pudieron reducirse en 30% de grasa y estabilización de color con fuentes naturales. Finalmente, la mayonesa se redujo en 30% de grasa y sin huevo.

Resultado 8: Se logró realizar el escalamiento piloto de producción de polifenoles, ajustando las condiciones piloto para maximizar la concentración de polifenoles.

Resultado 9: Se logró estimar efecto de grados día y variedad en la producción de polifenoles, mientras que para la celulosa se observó marcado efecto de la parte de la planta y época de cosecha.

Resultado 10: Se esperaba que el costo de la MCC fuera app. 11,7 USD/kg, y según nuestro análisis se logró llegar entre 4,7 y 13,05 USD dependiendo del proceso y fuentes. Para polifenoles se logró llegar a menos del valor proyectado al inicio del proyecto. Solutec tiene como meta a 3 años comenzar la producción de fibra funcional de vaina de poroto granado.

7. CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO

Especificar los cambios y/o problemas enfrentados durante el desarrollo del proyecto. Se debe considerar aspectos como: conformación del equipo técnico, problemas metodológicos, adaptaciones y/o modificaciones de actividades, cambios de resultados, gestión y administrativos.

Describir cambios y/o problemas	Consecuencias (positivas o negativas), para el cumplimiento del objetivo general y/o específicos	Ajustes realizados al proyecto para abordar los cambios y/o problemas
Conformación equipo técnico: Pamela Rivera congeló el programa de doctorado por motivos familiares.	No hubo consecuencias en el cumplimiento de objetivos ya que se reemplazó por otro profesional (Pamela Rivera por Franco de Lucca)	Se contrató a Franco de Lucca quien tiene experiencia en extracción subcrítica y ha trabajado con el equipo en otros proyectos.
Conformación equipo técnico: Demora en la contratación de ingeniero para proyecto en Solutec.	No hubo consecuencias en los objetivos del proyecto	Se redistribuyeron actividades con personal de planta. En noviembre 2017, se seleccionó a ingeniero en alimentos que durante su tesis de pregrado trabajó con la coordinadora (Verónica Dueik) en proyecto Anillo (de CONICYT). El trabajo que realizaron fue de uso de polifenoles de hojas de olivo en masas modelo de gluten y almidón, que además generó una publicación ISI.
Conformación equipo técnico: Renuncia de Giannina Contreras	No hubo consecuencias ya que se reemplazó por líder de desarrollo de bakery Romina Ruiz	Se reemplazaron sus actividades a Romina Ruiz.
Se decidió en la reunión de inicio del proyecto, estudiar el efecto de distintas variedades de poroto granado y efecto de la época de cosecha en el contenido de polifenoles totales y celulosa microcristalina.	Como se decidió realizar el cambio al inicio del proyecto y nos encontrábamos en época de cosecha de porotos granados, se pudo adquirir materia prima de manera rápida cosechada en enero y en marzo. De esta manera se podrá seleccionar la materia prima más idónea para la obtención de polifenoles y celulosa microcristalina cumplir el objetivo del proyecto.	Se coordinó reunión con el ejecutivo para discutir este nuevo enfoque. Además, nuestro ingeniero agrónomo contactó a INIA para provisión de muestras de distintas variedades y épocas de cosecha. Por otro lado, la empresa Minuto Verde nos facilitó sus desechos de la localidad de San Fernando. De este desecho se estudió tanto la vaina como el rastrojo.

<p>Al operar el sistema de filtración por membranas en las condiciones adecuadas para extractos de polifenoles, se produjo fuga de permeado, debido al colapso de mangueras.</p>	<p>Se tiene un retraso en la concentración del extracto de polifenoles obtenido mediante extracción subcritica. El extracto concentrado es el que será utilizado para los análisis de los objetivos 3,4 y 7.</p>	<p>Nos encontramos en etapa de compra de mangueras nuevas de un material que soporta altas presiones.</p>
<p>La determinación cuantitativa de celulosa microcristalina involucra el uso de ácidos concentrados a alta temperatura (300°C), lo cual no es factible de realizar en Solutec y que hasta ahora estaban siendo realizadas por la coordinadora en la UC, sin embargo, por motivos de tiempo se decidió contratar el servicio.</p>	<p>No ocasionó retrasos ya que se encontró solución alternativa en corto plazo.</p>	<p>Se contactó al INTA de la Universidad de Chile, quienes montaron la técnica en sus laboratorios. Se corroboró exactitud del método usando muestra de celulosa microcristalina de nuestro proveedor.</p>

8. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO

8.1 Actividades programadas en el plan operativo y realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.

1. Caracterizar subproducto de poroto granado de distintas variedades, zonas y épocas de cosecha en base a polifenoles totales y MCC.
2. Optimizar la extracción y concentración de polifenoles de poroto granado de 4 muestras con mayor contenido de polifenoles.
3. Identificar los polifenoles más abundantes y evaluar propiedades funcionales.
4. Obtener microcápsulas de polifenoles.
5. Optimizar la producción de celulosa microcristalina de vaina de poroto granado y producción de celulosa microcristalina coloidal.
6. Evaluar las propiedades funcionales de MCC coloidal
7. Aplicar los ingredientes obtenidos en la formulación de alimentos más saludables.
8. Escalar a nivel piloto la obtención de polifenoles de vaina de poroto granado
9. Identificar los factores influyentes en la síntesis de polifenoles y celulosa en vaina granada.
10. Evaluar económicamente la producción de polifenoles y MCC coloidal de vaina granada.

8.2 Actividades programadas y no realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.

No se registran actividades no ejecutadas y comprometidas en el proyecto.

8.3 Analizar las brechas entre las actividades programadas y realizadas durante el período de ejecución del proyecto.

No existen brechas entre las actividades realizadas y programadas en el plan operativo.

9. POTENCIAL IMPACTO

9.1 Resultados intermedios y finales del proyecto.

Descripción y cuantificación de los resultados obtenidos al final del proyecto, y estimación de lograr otros en el futuro, comparación con los esperados, y razones que explican las discrepancias; ventas y/o anuales (\$), nivel de empleo anual (JH), número de productores o unidades de negocio que pueden haberse replicado y generación de nuevas ventas y/o servicios; nuevos empleos generados por efecto del proyecto, nuevas capacidades o competencias científicas, técnicas y profesionales generadas.

Costo de producción de MCC: Actualmente el costo de MCC importada para solutec es de 14,8 USD/kg, y se obtuvo MCC a 13,09 USD/kg.

Costo de producción de polifenoles: Costo de polifenoles importados es de 105 USD/kg, y en proyecto se obtienen a 5,15 USD/kg (diluidos 10 veces en maltodextrina).

Trabajadores en organización: Se aumentó en 1 profesional de educación superior.

Generación de innovación: protección por secreto industrial de la tecnología de producción de celulosa microcristalina coloidal.

Gastos en I+D: Aumento en al menos en los últimos 2 años, haciendo además uso de la ley I+D.

Adquisición de equipamiento: se adquirió equipamiento como texturómetro, analizador de partículas, analizador de color y volumen, estufa para estudios de vida útil.

Gastos en capacitación: asistencia a congreso internacional

10. CAMBIOS EN EL ENTORNO

Indique si existieron cambios en el entorno que afectaron la ejecución del proyecto en los ámbitos tecnológico, de mercado, normativo y otros, y las medidas tomadas para enfrentar cada uno de ellos.

Desde el comienzo del proyecto no se han producido cambios en el entorno que puedan afectar la realización del proyecto.

11. DIFUSIÓN

Describa las actividades de difusión realizadas durante la ejecución del proyecto. Considere como anexos el material de difusión preparado y/o distribuido, las charlas, presentaciones y otras actividades similares.

	Fecha	Lugar	Tipo de Actividad	Nº participantes	Documentación Generada
1	Mayo 2017	Chile	Entrevista para revista digital FIA Innova + Agro	-	Artículo en revista Innova+Agro Mayo 2017, en la sección "Desechos agroindustriales: Opción por descarte"
2	Noviembre 2017	Auckland - NZ	Congreso	150 personas	1 presentación poster + 1 presentación oral
3	Diciembre 2018	Chile	Gira Los Ríos FIA	15 personas	-
4	Julio 2018	Chile	Lanzamiento convocatoria Nacional de proyectos de Innovación	20 personas	Página web FIA, prensa, Twitter
5					
n					
			Total participantes		

12. PRODUCTORES PARTICIPANTES

Complete los siguientes cuadros con la información de los productores participantes del proyecto.

12.1 Antecedentes globales de participación de productores

Debe indicar el número de productores para cada Región de ejecución del proyecto.

Región	Tipo productor	N° de mujeres	N° de hombres	Etnia (Si corresponde, indicar el N° de productores por etnia)	Totales
Metropolitana	Productores pequeños	1	0	0	1
	Productores medianos-grandes	0	0	0	0
VI	Productores pequeños	0	0	NA	0
	Productores medianos-grandes	Empresa Minuto Verde	Empresa Minuto Verde	NA	Empresa Minuto Verde
Totales					

12.2 Antecedentes específicos de participación de productores

Nombre	Ubicación Predio			Superficie Há.	Fecha ingreso al proyecto
	Región	Comuna	Dirección Postal		
Minuto Verde	VI	San Fernando			1-2017

13. CONSIDERACIONES GENERALES

13.1 ¿Considera que los resultados obtenidos permitieron alcanzar el objetivo general del proyecto?

Si, la ejecución del proyecto nos permitió obtener 2 ingredientes funcionales: extracto de polifenoles y celulosa microcristalina coloidal a partir de vaina de poroto granado; y estos ingredientes fueron usados para la formulación de alimentos de consumo masivo que no se caractericen por ser saludables: vienesas, mayonesa, leche con chocolate y pan de molde.

13.2 ¿Cómo fue el funcionamiento del equipo técnico del proyecto y la relación con los asociados, si los hubiere?

La comunicación entre UC, UTEM y Solutec ha sido expedita y hemos podido ponernos de acuerdo oportunamente a través de reuniones programadas para discutir el inicio del proyecto y sus avances. Además, los alumnos de apoyo técnico de ambas instituciones (UC y UTEM) han cumplido con todos los plazos de entrega de informes de avance, entrega de presupuestos y cotizaciones, y rendiciones.

Se incorporó al equipo técnico a la profesional Catalina Urzúa, lo que agilizó la ejecución de actividades en Solutec

13.3 A su juicio, ¿Cuál fue la innovación más importante alcanzada por el proyecto?

Creemos que la innovación más importante lograda en el proyecto fue el proceso de elaboración de celulosa microcristalina coloidal, la cual no se produce en Chile y debe ser importada.

13.4 Mencione otros aspectos que considere relevante informar, (si los hubiere).

14. CONCLUSIONES

Realice un análisis global de las principales conclusiones obtenidas luego de la ejecución del proyecto.

1. Se logró producir extracto de polifenoles en que se logró extraer más del 84% de los polifenoles de la vaina de poroto granado, y además caracterizar sus polifenoles más abundantes. Los extractos poseen propiedades funcionales aptas para la formulación de alimentos saludables: capacidad de reducir acrilamida en productos horneados, inhibición de HAs, capacidad antioxidante y capacidad de reducir a digestibilidad del almidón.
2. Se logró la producción de celulosa microcristalina coloidal en Chile, obteniendo un producto con propiedades funcionales útiles para la formulación de alimentos más saludables, tales como: emulsificante, y reducción de digestibilidad del almidón y reemplazo de grasas.
3. Se formularon alimentos saludables como vienasas reducidas en grasa (30%), pan de molde de menor digestibilidad del almidón, mayonesa con 44% menos grasa y leche con chocolate estable.
4. La evaluación económica indica que la producción de MCC coloidal tiene un costo de 13,05 USD/kg (mientras que la comercial tiene un precio de 14,8 USD/kg). En el caso del extracto de polifenoles, este tiene un costo de 5,15 USD/kg, mientras que extracto comercial es de 105 USD. Sin embargo, el obtenido está diluido 10 veces en maltodextrina. Se estima que Solutec podría comenzar en un espacio de 3 años la producción de fibra de poroto granado para ser aplicada haciendo uso de las propiedades funcionales estudiadas.
5. El equipo quisiera destacar la fluida comunicación con el ejecutivo técnico del proyecto lo que nos permitió realizar ajustes en el proyecto de manera oportuna y que la plataforma de rendición de proyectos de FIA nos ayudó a mantener la ejecución presupuestaria del proyecto muy ordenada. Por otro lado, las rendiciones periódicas nos fueron útiles para mantener el proyecto de acuerdo a los plazos estipulados en el plan operativo.

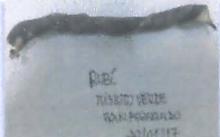
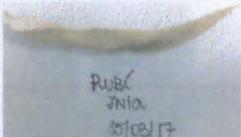
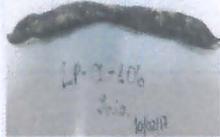
15. RECOMENDACIONES

Señale si tiene sugerencias en relación a lo trabajado durante el proyecto (considere aspectos técnicos, financieros, administrativos u otro).

16. ANEXOS

Resultados esperados 1:

Anexo 1.1: Variedades de vaina de poroto granado recolectadas y su contenido de polifenoles.

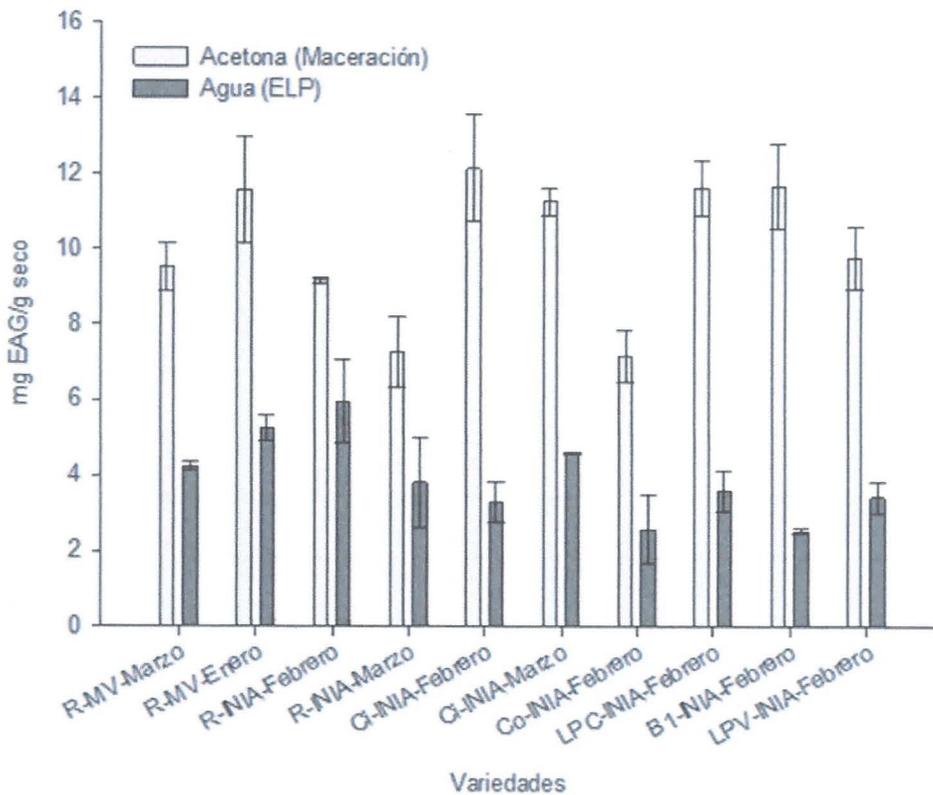
Variedad	Cosecha temprana	Cosecha tardía
Rubí (Minuto Verde)	 11,8 mg AG/g seco	 9,5 mg AG/g seco
Rubí (INIA)	 9,0 mg AG/g seco	 7,2 mg AG/g seco
Cimarrón (INIA)	 12 mg AG/g seco	 11 mg AG/g seco
Cosmo (INIA)	 6,5 mg AG/g seco	
LP-VG-2 (INIA)		 9,5 mg AG/g seco
LP-CL-106 (INIA)	 11,5 mg AG/g seco	
B1 (INIA)	 11,5 mg AG/g seco	

Anexo 1.2: Molienda de vaina de poroto granado en molino de martillo y fotografía de rastrojo de poroto granado variedad Rubí Minuto Verde (enero).

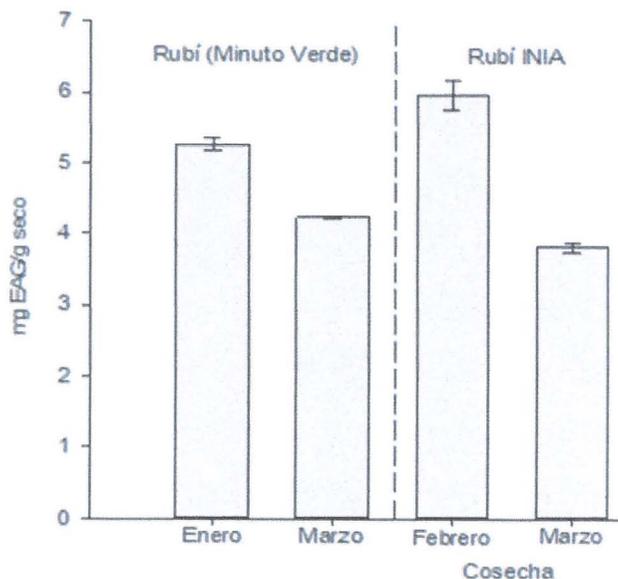


Resultados esperados 2

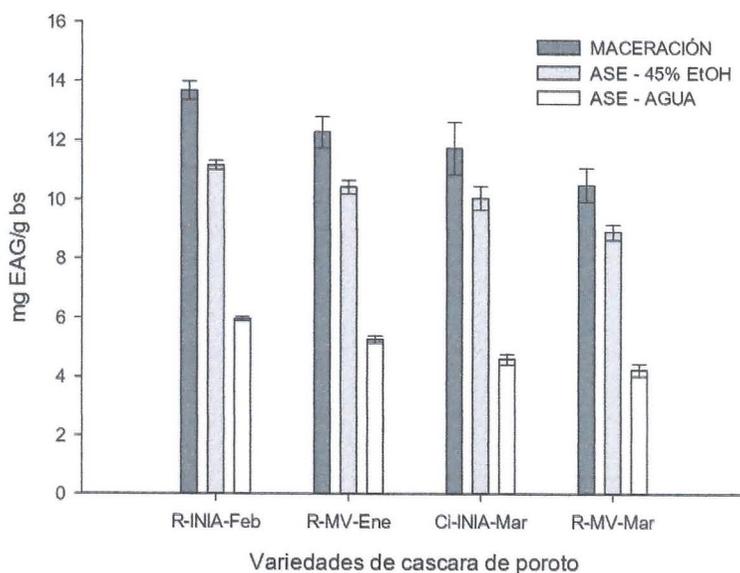
Anexo 2.1: Contenido de polifenoles totales en vainas de poroto granado de distintas variedades y épocas de cosecha. (R= Rubí, Ci=Cimarrón, Co= Cosmos, LPC, B1 y LPV).



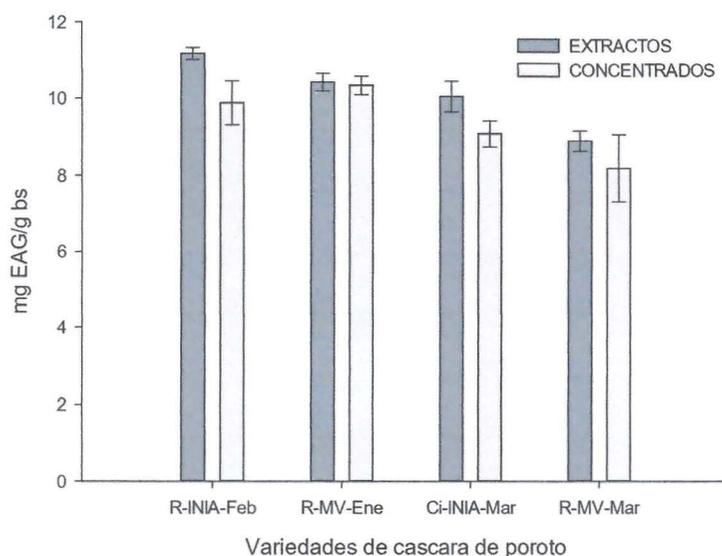
Anexo 2.2: Efecto de época de cosecha (enero o marzo) en el contenido de polifenoles totales de vaina de poroto granado variedad Rubí.



Anexo 2.3: Contenido de Polifenoles Totales en extractos obtenidos mediante: maceración con acetona, extracción con líquidos presurizados con etanol al 45% y agua. Dónde: EAG, equivalente de ácido gálico; bs, base seca; R, Rubí; Ci, Cimarrón; MV, Minuto Verde; Feb, febrero; Ene, enero; Mar, marzo.



Anexo 2.4: Contenido de Polifenoles Totales en: extractos con etanol al 45% y sus concentrados correspondientes. Dónde: EAG, equivalente de ácido gálico; bs, base seca; R, Rubí; Ci, Cimarrón; MV, Minuto Verde; Feb, febrero; Ene, enero; Mar, marzo.



Resultados esperados 3:

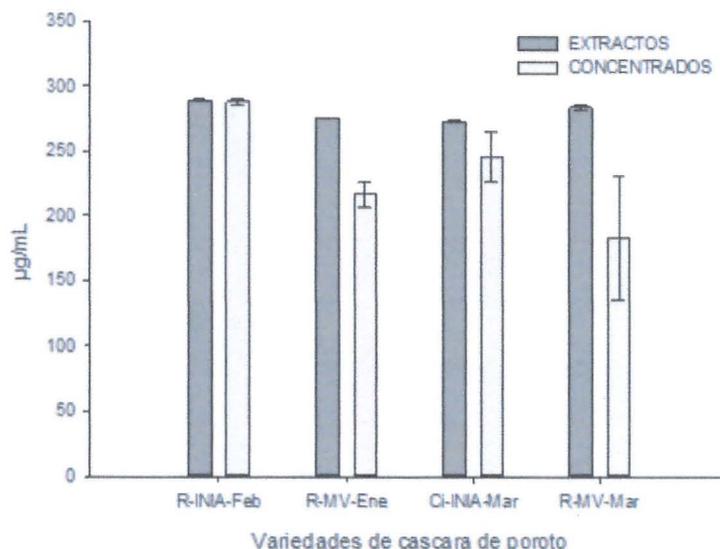
Anexo 3.1. Perfil de polifenoles específicos de extractos de cascara de poroto

Descripción	Rubí (INIA/La Platina) Cosecha: 10/02/17		Rubí (M.V./San Fernando) Cosecha: 20/01/17		Cimarron (INIA/La Platina) Cosecha: 15/03/17		Rubí (M.V./San Fernando 2) Cosecha: 15/03/17	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
	(ug/mL)	(ug/mL)	(ug/mL)	(ug/mL)	(ug/mL)	(ug/mL)	(ug/mL)	(ug/mL)
Acido galico	0.24	0.04	0.24	0.05	0.19	0.11	0.16	0.12
Acido clorogenico	0.01	nd	0.05	0.02	nd	nd	Nd	nd
Acido cafeico	0.04	0.01	0.49	0.06	0.09	0.02	0.09	0.05
Quercetina	2.56	0.36	4.55	0.12	0.39	0.10	0.37	0.25
Resveratrol	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	Nd	nd
Kaemferol	0.14	0.18	0.25	0.06	0.03	0.01	0.05	0.05
Catequina	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	Nd	nd
Epicatequina	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	Nd	nd
Acido Protocateico	27.16	14.08	37.40	16.52	26.51	24.22	31.16	25.47
Acido vanilico	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	Nd	nd

Acido ferulico	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	Nd	nd
Acido cumarico	1.94	0.55	1.24	0.27	0.37	0.13	1.04	0.58
Acido siringico	0.03	0.01	0.04	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02
Rutina	92.03	45.84	135.11	44.76	65.30	49.47	70.53	69.57
Apigenina	2.76	0.57	0.45	0.10	0.30	0.14	0.78	0.38

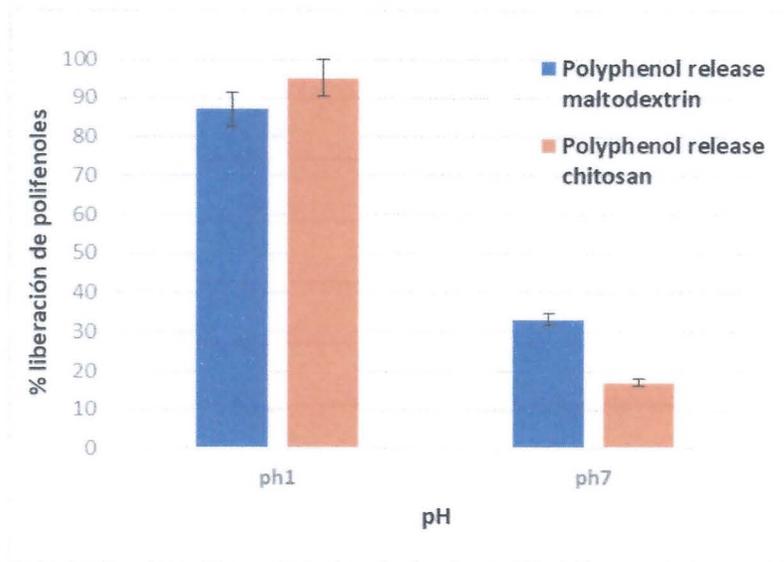
T1: 130°C – etanol (45%), T2: 110°C – agua (100%), Todos los resultados están expresados como μg de polifenoles por mL de extracto.

Anexo 3.2: Capacidad Antioxidante. Determinación mediante inhibición del 50% del reactivo DPPH: de extractos y sus concentrados correspondientes. Dónde: EAG, equivalente de ácido gálico; bs, base seca; R, Rubí; Ci, Cimarrón; MV, Minuto Verde; Feb, febrero; Ene, enero; Mar, marzo.



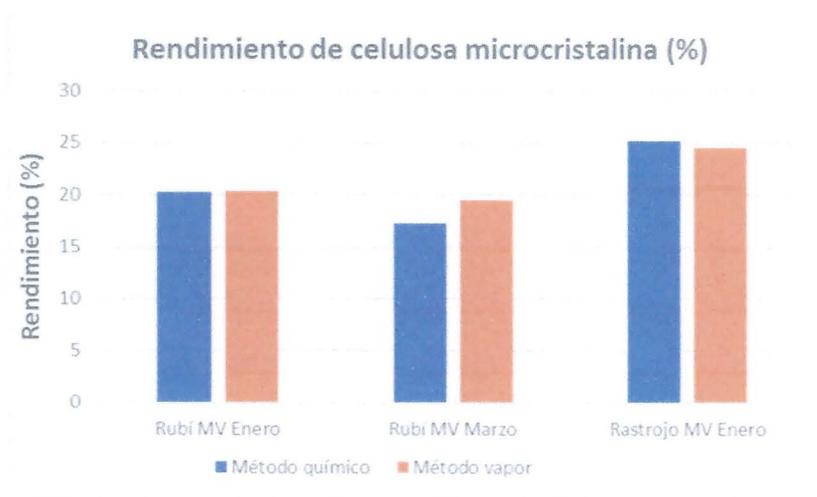
Resultados esperados 4:

Anexo 4.1 Liberación de polifenoles de microcápsulas de maltodextrina y quitosano, obtenidas por secado spray.



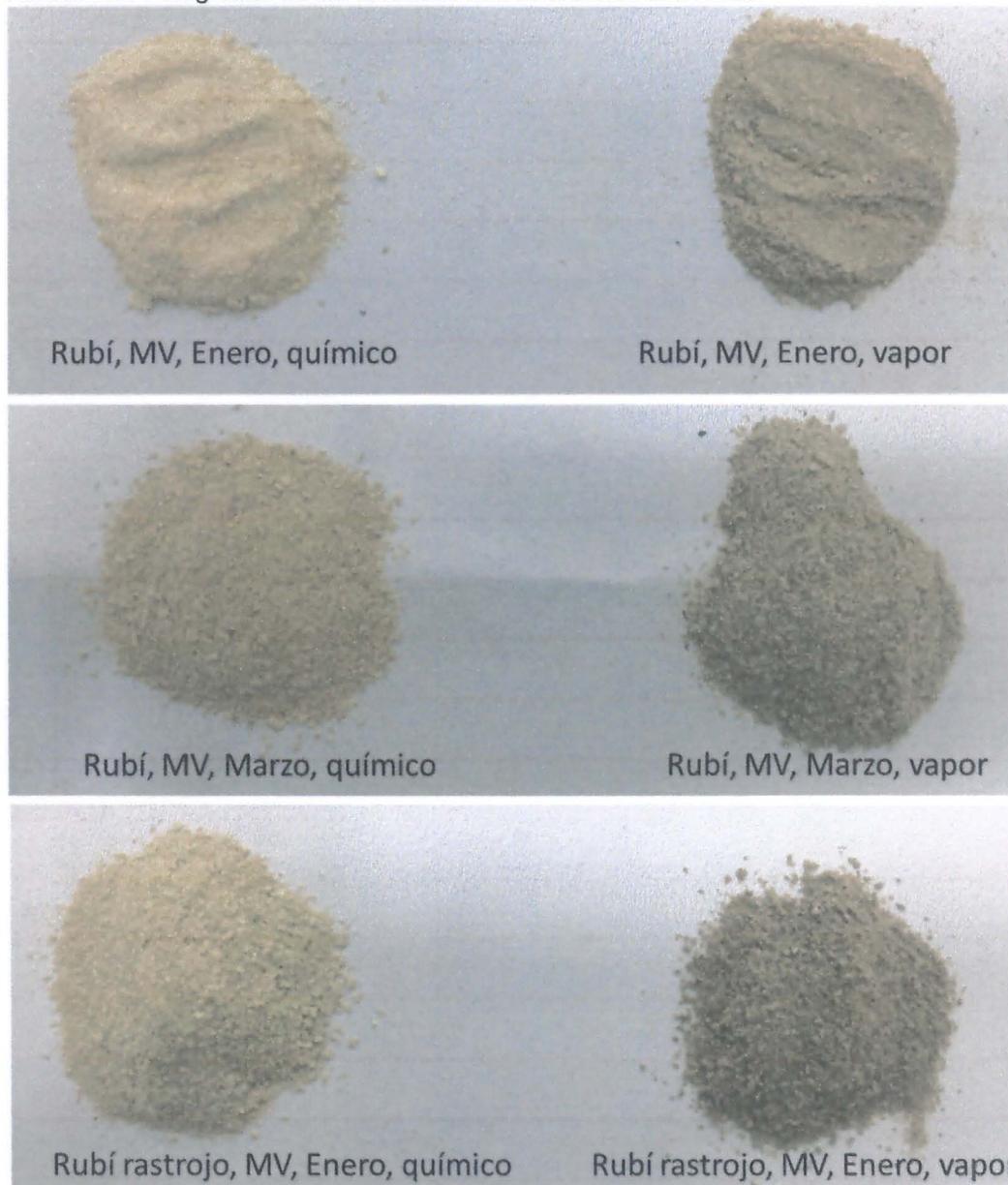
Resultado esperado 5:

Anexo 5.1: Rendimiento de celulosa microcristalina a partir de vainas y rastrojos variedad Rubí Minuto Verde y pureza (%) del producto obtenido.



Muestra	Pureza (%)	
	Método químico	Método vapor
Rubí MV Enero	92,2	85,6
Rubí MV Marzo	95,1	83,4
Rastrojo Enero	87	82,1

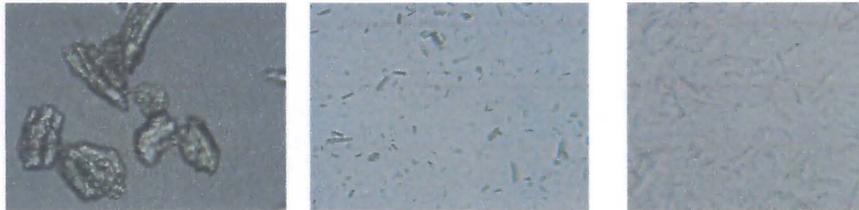
Anexo 5.2: Fotografías de las celulosas microcristalinas obtenidas.



Anexo 5.3 : Fotografía de mezcla de MCC con carboximetilcelulosa sometida a mezcla y a homogenización a alta presión.



Anexo 5.4: Microfotografías de suspensiones de MCC no coloidal, MCC coloidal comercial y MCC coloidal solutec.



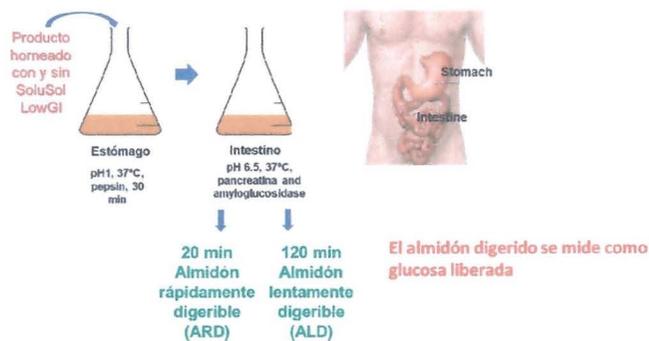
Dispersión 5% no coloidal

Dispersión 5% coloidal comercial

Dispersión 5% Solutec coloidal

Resultado esperado 6:

Anexo 6.1: Metodología de evaluación de digestibilidad del almidón



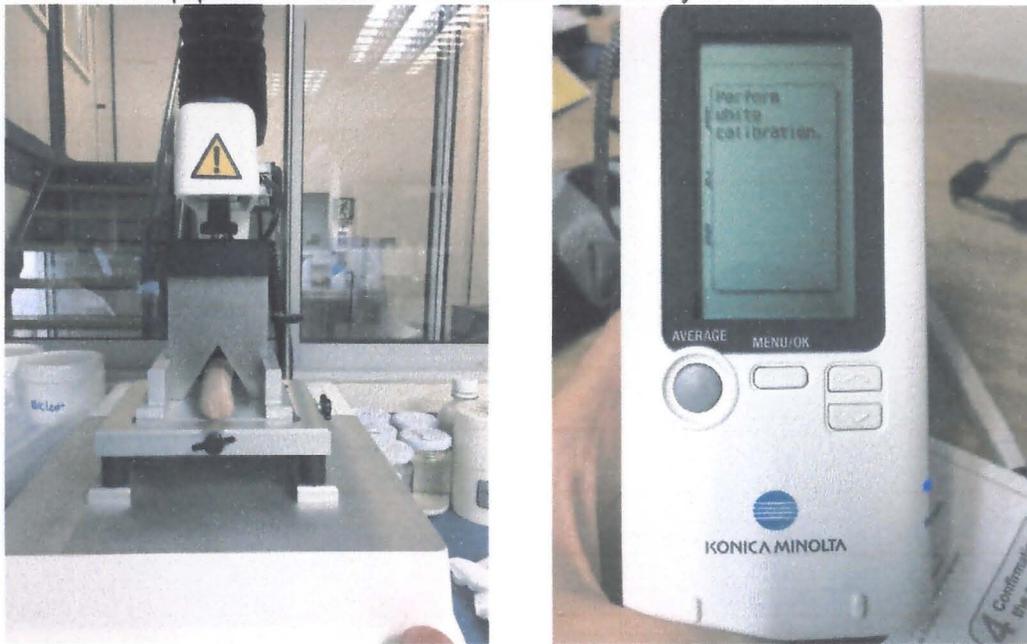
Además se mide almidón total, para obtener almidón no digerible (AND)

Resultado esperado 7:

Anexo 7.1 proceso de elaboración de vienasas



Anexo 7.2: Equipamiento usado en evaluación de textura y color de vienasas



Anexo 7.3: Color de vienasas con nitritos y jugo de apio.

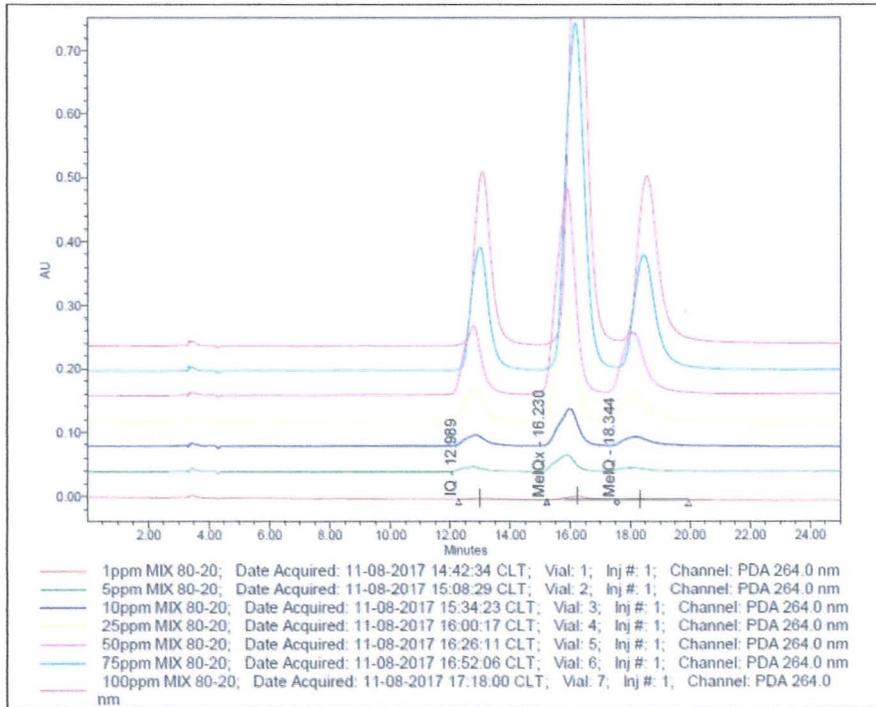


Coordenada	Control (nitrito de sodio)	Jugo de apio
L*	42,9	53,8
a*	17,9	12,9
b*	13,8	17,9

Anexo 7.4: Textura de vienas control, reemplazo de grasa y reemplazo de grasa+polifenoles. Solo se presenta la data de los efectos más significativos.



Anexo 7.5: Cromatograma que muestra separación de aminas heterocíclicas de acuerdo a la metodología desarrollada



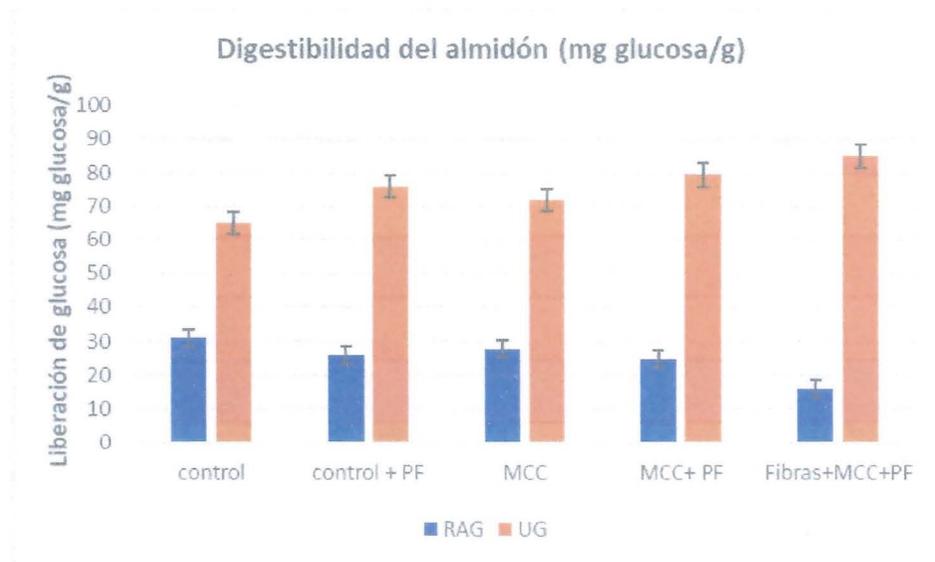
Anexo 7.6: Microfotografía y foto de mayonesa baja en grasa y sin huevo estabilizada con MCC coloidal



Anexo 7.7: Fotografía de leche con chocolate estabilizada con MCC coloidal comercial y Solutec.



Anexo 7.8: Reducción de la digestibilidad del almidón en presencia de 1% de polifenoles y 10% de MCC, y para aumentar la reducción se utilizó además una mezcla de fibras de Solutec. Lo que se busca es reducir RAG (glucosa liberada rápidamente desde el almidón) y aumentar UG (glucosa no liberada).

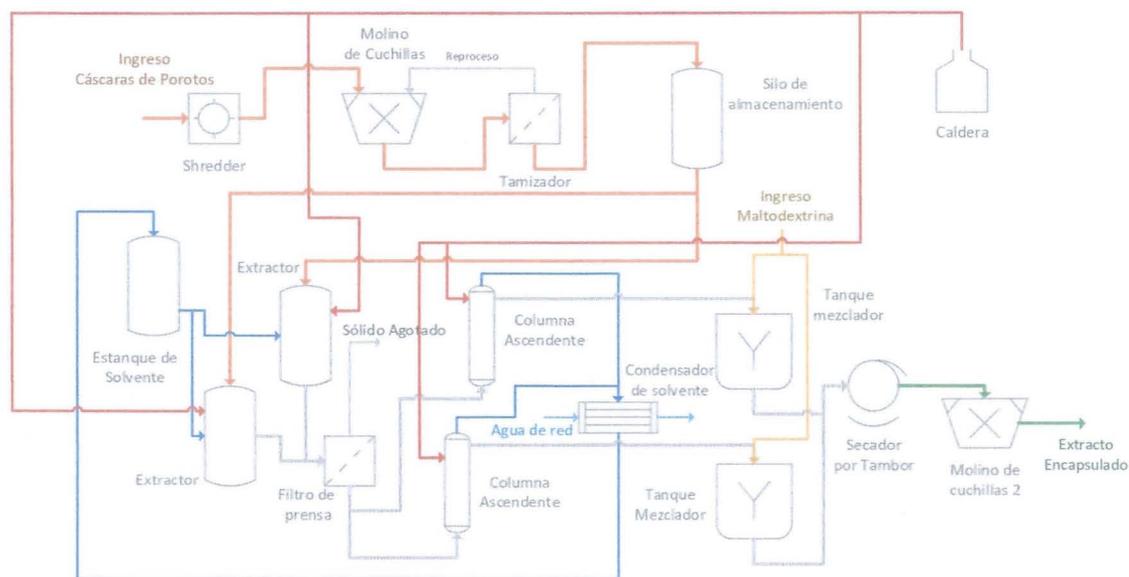


Anexo 7.9: Fotografía de colorante blanco estabilizado con MCC coloidal Solutec.a) MCC coloidal dispersa, b) MCC coloidal con colorante blanco c) solo colorante blanco. Se aprecia en c) que sin MCC el colorante no se mantiene en suspensión.



Resultado esperado 8:

Anexo 8.1: Diagrama PDF del proceso de extracción y encapsulación del extracto polifenólicos.



Anexo 8.2: Dependencia de los polifenoles totales respecto a la porción sólido / solvente y el tiempo de extracción [mg GAE / g ss]

Tiempo de Extracción	1:10		1:20		Diferencia
	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	
30 min	10.37	1.04	11.31	0.42	109%
60 min	11.15	1.48	12.38	0.25	111%
120 min	11.64	1.43	14.64	1.79	126%

Anexo 8.3: Caracterización del extracto producido a escala piloto.

Medición	Promedio	Desv. Est.
PFT	14,03 [mg GAE / g ss]	1,35
DPPH	56,48 [µM ET / g ss]	
ORAC	87,83 [µM ET / g ss]	
HMF	0,9 [µg de HMF / gr ss]	0,19
Fructosa	2,8 [mg / gr ss]	
Glucosa	1,3 [mg / gr ss]	
Densidad 20°C	0,9068 [gr/ml]	

Anexo 8.4: Caracterización del proceso de secado por tambor en dos condiciones de operación

	Experiencia 1	Experiencia 2
Temperatura Tambor	120°C	110 °C
Tiempo de residencia	45 [s]	82 [s]
Contenido de PFT	11.4 [mg GAE / gr ss]	11,1 [mg GAE / gr ss]
Capacidad Antioxidante (ORAC)	55.9±10,5 [µM ET/ g ss]	63.5±6,7 [µM ET/ g ss]
HMF	34.55 [µg HMF / gr ss]	34.99 [µg HMF / gr ss]
Fructosa	0,94 [mg / g ss]	1,55 [mg / g ss]
Glucosa	0,68 [mg / g ss]	0,81 [mg / g ss]
Eficiencia de encapsulación	81.3%	79.1%

Anexo 8.5: Vista del producto que se genera en el tambor



Formación de estructuras cristalinas

Anexo 8.6: Comparación entre el producto que sale del tambor y el producto después de molienda por cuchillas

Producto a la salida del secador por tambor	Producto a la salida de molino de cuchillas

Resultados esperados 10:

Anexo 10.1 Evaluación económica de producción de MCC a partir de subproductos agroindustriales por método vapor.

Inversiones en activo fijo	Costo (M\$)	Depreciación año (M\$)		
MAQUINARIA				
Reactor 200L	90.000	8.100	DENSIDAD cascara	0.376
Estanque neutralización 100L 316	15.000	1.350	Batch	3h
Estanque mezclado previo homogenización	18.000	1.620	Batch/día	3
Homogenizador (60L/h)	5.000	450	kgs mp/día	112.8
Secador spray	12.000	1.080	kgs celulosa/día	28.2
Molino	5.000	450	kgs celulosa/año	7444,8
Tecles y conexiones entre equipos	20.000	1.800	NaOH (50L/batch, 5%)	5
TOTAL MAQUINARIA	165.000	14.850	NaOH kgs año	3960
TERRENO, INSTALACION Y CONSTRUCCIÓN				
Galpón (espacio usado por maquinaria para MCC)		-	H2O2 (10L/batch, 50)	5
TOTAL	0	-	H2O2 kgs día	15
Total Inversión	165.000	14.850	H2O2kgs año	3960
Costos directos por año			agua/batch	390
Item	Costo total [M\$]		agua/año (uso + 20%)	401544
Materia prima (42 ton)	0			
Hidroxido de sodio (536/kg)	2.123			
Peróxido de hidrógeno (603/kg)	2.388			
ácido para neutralizar (670/kg)	2.653			
Biopolímeros coprocesamiento (11% de MCC)	2.085			
Material de envasado	1.000			
Transporte de materia prima (250.000 por vuelta, 10)	1.000			
Mano de obra (1,5 USD/kg)	7.482			
Mano de obra en San Fernando	3.000			
Total	21.731			
Costos fijos por año				
Item	Costo total [M\$]			
Electricidad (42/kwh + potencia hfp \$1653)	20.325			
Agua potable	728			
Diesel (701/kg)				
Tratamiento de aguas				
Total	21.054			

Agua	Precio unita	Demanda año
cargo fijo (\$/mes)	1.056	12.672
grifo contra incendi	1.688	20.256
control de riles (\$/r	14.483	173.796
costo (\$/m3)	599	240.525
derecho de alcantari	700	281.081
		728.330

M\$ año	\$/kg	USD/kg
\$ 74.795	9,05	13,51
72.484	8,77	13,09

Kgs MP año	29779,2
Kgs MCC coloidal aF	8263,728

Anexo 10.2 Evaluación económica de producción de microcápsulas de polifenoles a partir de subproductos agroindustriales.

Inversiones en activo fijo	Costo (M\$)	Depreciación año (M\$)
MAQUINARIA		
Shredder	6.750	608
Molino de Cuchillas	7.020	632
Tamizador	3.240	292
Silo almacenamiento	1.200	108
Estanques extracción 700L 316 con sistema de salida de sólidos	35.000	3.150
Filtro de prensa	5.616	505
Columnas de evaporación ascendentes	46.000	4.140
Tanque mezclador	12.000	1.080
Secador por tambor	42.000	3.780
Tanque solvente recuperado	12.960	1.166
Condensador de solvente	4.320	389
Molino de cuchillas	5.000	450
Caldera eléctrica	4.000	361
Tecidos y conexiones entre equipos	20.000	1.800
TOTAL MAQUINARIA	205.115	18.460
TERRENO, INSTALACION Y CONSTRUCCION		
Galpón (espacio usado por maquinaria para MCC)	-	-
TOTAL	0	-
Total Inversión	205.115	18.460

Costos directos por año	Item	Costo total (M\$)
Materia prima (27 ton)		0
Alcohol (720kg)		21.286
Maltodextrina (724/kg)		19.481
Vapor (27,4/kg)		6.366
Material de envasado		1.000
Transporte de materia prima (250.000 por vuelta, 10 TON, camión 3/4)		1.000
Mano de obra (1,5 USD/kg)		31.295
Mano de obra en San Fernando		3.000
Total		83.410

Costos fijos por año	Item	Costo total (M\$)
Electricidad (42/kwh + potencia hfp \$1653)		5.004
Agua potable		581
Total		5.585

Cuello de botella es evaporador		
Corriente a procesar		154 kg/h
Batch	3h	
Batch/día		4
masa mp/día		112
Masa polvo / día		110
Masa polvo / año		28977
EtOH (asumiendo 10% perdida)		112 kg/día
EtOH por día		112
EtOH kgs año		29568
Maltodextrina		
MDx	101,818182	
MDx kgs año		26880
agua/batch		280
agua/año (uso + 20% lavado equipos)		282288
Vapor kg/día		880
vapor / año		232320
Costo unitario \$/kg	3708,36	
Costo unitario \$US/kg	5,15	

Agua	Precio unitario	Demanda año
cargo fijo (\$/mes)	1.056	12.672
grifo contra incendio	1.688	20.256
control de riles (\$/m)	14.483	173.796
costo (\$/m3)	590	172.885
derecho de alcantar	700	201.802
		581.210

17. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Angelini, P. 2002. Análisis del comportamiento agronómico y productivo de líneas mejoradas de poroto granado (*Phaseolus vulgaris* L.) para consumo en fresco. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile. 64p.
- Bhattacharya, D., Germinario, L. T., & Winter, W. T. (2008). Isolation, preparation and characterization of cellulose microfibrils obtained from bagasse. *Carbohydrate Polymers*, 73(3), 371-377.
- Cao, G., Alessio, H.M., Cutler, R.G. (1993). "Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants". *Free Radic. Biol. Med.* 14 (3): 303–11.
- Carré D. y Bascur G. 2014. Análisis proximal y de compuestos de interés nutricional y funcional en poroto verde y granado para la agroindustria del congelado. En: Bascur, G.; Pino, María Teresa y González, Marisol. (Eds). 2014. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA n° 287. pp:87-114.
- Contardo, I., Parada, J., Leiva, A., & Bouchon, P. (2016). The effect of vacuum frying on starch gelatinization and its in vitro digestibility in starch–gluten matrices. *Food chemistry*, 197, 353-358.
- Gibis, M. (2009). Optimized HPLC method for analysis of polar and nonpolar heterocyclic amines in cooked meat products. *Journal of AOAC International*, 92(3), 715-724.
- Gibis, M., Schuh, V., & Weiss, J. (2015). Effects of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) as fat replacers on the microstructure and sensory characteristics of fried beef patties. *Food Hydrocolloids*, 45, 236-246.
- Huamán-Castilla, N. L., Mariotti-Celis, M. S., & Pérez-Correa, J. R. (2017). Polyphenols of Carménère grapes. *Mini Rev Org Chem.*, 14, 1–11.
- Macz-Pop, G. A., Rivas-Gonzalo, J. C., Pérez-Alonso, J. J., & González-Paramás, A. M. (2006). Natural occurrence of free anthocyanin aglycones in beans (*Phaseolus vulgaris* L.).

Food Chemistry, 94(3), 448–456.

- Plaza, M., Abrahamsson, V., & Turner, C. (2013). Extraction and Neof ormation of Antioxidant Compounds by Pressurized Hot Water Extraction from Apple Byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(23), 5500-5510.
- Plaza, M., Amigo-Benavent, M., del Castillo, M. D., Ibáñez, E., & Herrero, M. (2010a). Facts about the formation of new antioxidants in natural samples after subcritical water extraction. *Food Research International*, 43(10), 2341–2348.
- Plaza, M., Amigo-Benavent, M., del Castillo, M. D., Ibáñez, E., & Herrero, M. (2010b). Neof ormation of antioxidants in glycation model systems treated under subcritical water extraction conditions. *Food Research International*, 43(4), 1123–1129.
- Schuh, V., Allard, K., Herrmann, K., Gibis, M., Kohlus, R., & Weiss, J. (2013). Impact of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) on functional characteristics of emulsified sausages. *Meat science*, 93(2), 240-247.
- Suvachittanont, S., & Ratanapan, P. (2013). Optimization of Micro Crystalline Cellulose Production from Corn Cob for Pharmaceutical Industry Investment. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 7(12), 1136.
- Vergara-Salinas, J. R., Bulnes, P., Zúñiga, M. C., Pérez-Jiménez, J., Torres, J. L., Mateos-Martín, M. L., ... Pérez-Correa, J. R. (2013). Effect of pressurized hot water extraction on antioxidants from grape pomace before and after enological fermentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(28), 6929–6936.
- Weisburger, J. H., Veliath, E., Larios, E., Pittman, B., Zang, E., & Hara, Y. (2002). Tea polyphenols inhibit the formation of mutagens during the cooking of meat. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 516(1), 19-22.