Informe técnico final

Caracterización de las propiedades funcionales de hortalizas frescas y deshidratadas mediante energía solar en la región de Atacama, como estrategia de agregación de valor a estos productos

BIP 30338029

Mayo 2016

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACION INTIHUASI

CENTRO

EXPERIMENTAL

HUASCO

PARCELA 7A

HACIENDA LAS COMPAÑIAS

VALLENAR CHILE

Directora Regional

Patricia Larraín Sanhueza, Ingeniera Agrónoma, M.Sc.

Personal participante

Dominique Larrra W., Ing. en Alimentos.

Daniela Leiva F., Ing. en Alimentos.

Karolina Pérez N., Ing. Agrónomo.

Verónica Arancibia Araya, Ing. en Alimentos

Índice

Resumen de la Iniciativa....6
Objetivos....6
General:....6
Específicos:....6
Metodología para la Deshidratación de Hortalizas....7
Materias primas:....7
Desarrollo y validación de metodologías de deshidratación....7
Evaluación formato de cortes para el deshidratado....7
Preparación de muestra para evaluar corte....8
Proceso deshidratación.....8
Análisis sensorial....8
Evaluación espesor....8
Preparación de muestra para evaluación de espeso....9
Proceso deshidratación.....9
Análisis sensorial....9
Evaluación pretratamientos....9
Preparación de muestra para evaluación de pretratamientos....9
Proceso deshidratación.....10
Análisis sensorial....10
Evaluación propiedades funcionales....10
Evaluación metodología de envasado....10
Resultados....11
Resultados desarrollo de tipos deshidratadores....11
Resultados evaluación formatos....12
Parámetros de secado – Deshidratador directo (tiempo efectivo de secado)....12
Parámetros de secado – Deshidratador indirecto (tiempo efectivo de secado)....14
Resultados ensayo formato....16
Evaluación sensorial....16
Resultados ensayo espesor....21
Resultados ensayo pretratamiento....22
Resultados análisis funcionalidad....23

Resultados evaluación envases 25
Conclusiones.....26

Índice de Tablas

Tabla 1. Diseño factorial para evaluación de formatos de corte. 8
Tabla 2. Diseño factorial para evaluación de espesores 9
Tabla 3. Diseño factorial para evaluación de pretratamientos. 9
Tabla 4. Diseño factorial para análisis de compuestos funcionales.....10
Tabla 5. Diseño factorial para evaluación de envases 11
Tabla 6.Costos elaboración deshidratador directo.....11
Tabla 7. Costos adquisición deshidratador indirecto.....12
Tabla 8. Tiempo de secado del Ají en distintos formatos mediante deshidratador directo 12
Tabla 9. Tiempo de secado de Berenjena en distintos formatos mediante deshidratador directo 12
Tabla 10. Tiempo de secado del tomate en distintos formatos mediante deshidratador directo 13
Tabla 11. Tiempo de secado de Zapallo italiano en distintos formatos mediante deshidratador directo 14
Tabla 12. Tiempo de secado del Ají en distintos formatos mediante deshidratador indirecto ..14
Tabla 13. Tiempo de secado de la Berenjena en distintos formatos mediante deshidratador indirecto 15
Tabla 14. Tiempo de secado del Zapallo Italiano en distintos formatos mediante deshidratador indirecto 15
Tabla 15. Tiempo de secado del Tomate en distintos formatos mediante deshidratador indirecto 16
Tabla 16.- Evaluación de envases. 25

Índice de Figuras

Figura 1 Flujo proceso deshidratado.....7
Figura 2. Curva de secado de Ají en distintos formatos mediante deshidratador directo. 12
Figura 3. Curva de secado de Berenjena en distintos formatos mediante deshidratador directo. 13
Figura 4. Curva de secado de tomate en distintos formatos mediante deshidratador directo. .13

Figura 5. Curva de secado de Zapallo italiano en distintos formatos mediante deshidratador directo. 14

Figura 6. Curva de secado ají según formato de corte vía deshidratación indirecta en unidad de validación C.E. Huasco....15

Figura 7. Curva de secado berenjena según formato de corte vía deshidratación indirecta en unidad de validación C.E. Huasco. 15

Figura 8. Curva de secado de zapallo italiano según formato de corte vía deshidratación indirecta en unidad de validación C.E. Huasco. 16

Figura 9. Curva de secado de tomate según formato de corte vía deshidratación indirecta en unidad de validación C.E. Huasco. 16

Figura 10. Evaluación sensorial de Ají en los distintos formatos deshidratados mediante deshidratación directa. 17

Figura 11. Evaluación sensorial de berenjena en los distintos formatos deshidratados mediante deshidratación directa. 17

Figura 12. Evaluación sensorial de tomate en los distintos formatos deshidratados mediante deshidratación directa. 18

Figura 13. Evaluación sensorial de zapallo italiano en los distintos formatos mediante deshidratación directa. 18

Figura 14. Evaluación sensorial de ají en el formato slice mediante deshidratación indirecta...19

Figura 15. Evaluación sensorial de berenjena en los distintos formatos slice mediante deshidratación indirecta. 19

Figura 16. Evaluación sensorial de tomate en los distintos formatos slice mediante deshidratación indirecta. 20

Figura 17. Evaluación sensorial de zapallo italiano en los distintos formatos slice mediante deshidratación indirecta. 20

Figura 18**.** Evaluación sensorial de las hortalizas estudiadas con distintos espesores, mediante deshidratación directa. 21

Figura 19. Evaluación sensorial de las hortalizas estudiadas con distintos espesores, mediante deshidratación indirecta. 22

Figura 20. Evaluación sensorial de las hortalizas estudiadas con distintos pre-tratamientos, mediante deshidratación directa....22

Figura 21. Evaluación sensorial de las hortalizas estudiadas con distintos pre-tratamientos, mediante deshidratación indirecta....23

Figura 22**.** Capacidad antioxidante de las hortalizas del estudio en estado fresco. 23

Figura 23**.** Capacidad antioxidante de las hortalizas en fresco y deshidratadas, pertenecientes al estudio....24

Figura 24**.** Capacidad antioxidante de las hortalizas en la región de Atacama y Zona Central en fresco y deshidratadas, pertenecientes al estudio. 24

Resumen de la Iniciativa

La presente iniciativa tuvo como objetivo, caracterizar y evaluar las propiedades funcionales de las hortalizas de mayor relevancia en la región (ají cristal, tomate, zapallo italiano, berenjenas) tanto en fresco como deshidratadas como una alternativa para agregar valor a la producción hortícola en la Región de Atacama a través de la diferenciación de la producción, otorgándole características de **"productos funcionales".**

Durante el desarrollo de la iniciativa se evaluó la capacidad antioxidante del zapallo italiano, las berenjenas, el tomate y el ají cristal, tanto en estado fresco como deshidratado, de manera de determinar que hortalizas cuentan con mayor capacidad para defenderse de los radicales libres causantes de enfermedades.

La hipótesis de trabajo planteada al inicio del proyecto fue que la condición de déficit hídrico por la que atraviesa la Región de Atacama, aumentaría componentes de tipo antioxidante, situación que fue corroborada, tanto para hortalizas en fresco, donde los valores para la región son mayores que en otras zonas de producción y para el caso de las hortalizas deshidratadas el valor funcional es hasta 10 veces mayor que la hortalizas en fresco.

Como acciones de transferencia tecnológica, se establecieron unidades de validación en el Centro Experimental Huasco, y en 2 predios de agricultores del Valle del Huasco y Copiapó, donde se evaluó el efecto de las condiciones climáticas en el proceso de deshidratación.

Por otra parte, se evaluaron técnicas de envasado de manera de determinar el envase óptimo para este nuevo producto, donde se evaluó la mantención de las propiedades sensoriales.

Objetivos

General:

Caracterizar y evaluar las propiedades funcionales de las hortalizas de mayor relevancia en la región (ají cristal, tomate, zapallo italiano, berenjenas) tanto en fresco como deshidratadas, para agregar valor a la producción hortícola en la Región de Atacama a través de la diferenciación de la producción como **"producto funcional."**

Específicos:

- Desarrollar y validar metodologías para deshidratar hortalizas bajo las condiciones reinantes en la región de Atacama. (energía solar).
- Evaluar las propiedades funcionales de las hortalizas en fresco y deshidratadas que se obtengan.
- Evaluar metodologías de envasado para conservar las propiedades funcionales de las hortalizas en fresco y deshidratados para su comercialización.
- Transferir y difundir los resultados obtenidos.

Metodología para la Deshidratación de Hortalizas

Materias primas:

Para la realización de los ensayos se utilizaron las hortalizas de mayor relevancia para la Región de Atacama, reconocidas como productos con identidad en la región, estas son:

- Ají verde *var. Cristal*
- Tomate *var. Larga vida 7742*
- Zapallo italiano *var. Clarita*
- Berenjena *var. Blacknite*

Para el proceso de deshidratado, sin bien se habla de utilizar hortalizas de descarte, este descarte se refiere a hortalizas de bajo calibre u hortalizas des uniformes en color y forma, no es posible la utilización de hortalizas con algún grado de pudrición o en mal estado de conservación.

Desarrollo y validación de metodologías de deshidratación

a) Desarrollo de equipos de secado (deshidratadores).

Se desarrollaron 3 prototipos, el primero de tipo directo basado en un trabajo realizado por la FAO (2004) y el segundo también de tipo directo realizado por Bistoni et al. (2014). El tercer prototipo indirecto, fue desarrollado en conjunto con el Centro de Innovación energética de la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM).

En el diseño y elaboración de estos equipos se consideró el costo, la facilidad de desplazamiento y la inclinación a lograr con respecto a la ubicación del sol.

b) Protocolos de secado de hortalizas.

Para la realización del proceso de secado de hortalizas, se consideró el siguiente flujo, indicado en Figura 1.

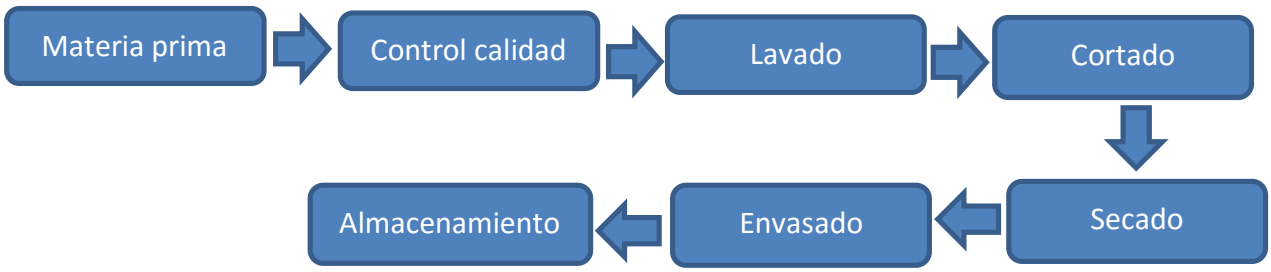

Figura 1 Flujo proceso deshidratado

Evaluación formato de cortes para el deshidratado

Para evaluar el efecto de la deshidratación solar sobre las características sensoriales de las hortalizas, es necesario evaluar el tipo de corte a deshidratar. En este contexto, se aplicó un diseño factorial de 3x2 completamente aleatorizado (Tabla 1), donde los factores a considerar fueron: (i) Formato de secado: *slices*, media y cuadros, (ii) Tipo deshidratación: directo e indirecto.

Las variables de respuesta a evaluar fueron: tiempo secado, amargor, olor, color, textura, sabor, amargor, dulzor, acidez, aroma y aceptabilidad global del producto final. Las evaluaciones fueron realizadas en triplicado.

Tabla 1**.** Diseño factorial para evaluación de formatos de corte.

	Tipo deshidratación	
Formatos	**Directo**	**Indirecto**
Slices	X	x
Medio-*slice*	X	x
Cuadros/Cuartos	X	x

Preparación de muestra para evaluar corte

Luego del lavado se cortaron las hortalizas en los 3 formatos definidos:

- *Slice*s (10 mm)
- Medio-*slice*s (mitad simétrica)
- Cuadros (2x2 cm).

Proceso deshidratación.

Las muestras de hortalizas de los distintos formatos fueron depositadas sobre la bandeja de malla antiáfido de forma aleatoria y segmentada en 3 partes iguales previamente codificada para cada repetición. El controlador de temperatura iButtons Hygrochron fue depositado en la esquina inferior derecha al comienzo de cada experiencia.

La evaluación fue realizada en los 2 tipos de deshidratadores

- directo.
- indirecto.

Análisis sensorial

Este se realizó a través de un “focus group”, con una escala hedónica estructurada de 5 puntos, donde 1 representa “Muy malo” y 5: “excelente”. Los 3 panelistas fueron consumidores habituales de hortalizas. Para evaluar las características finales del producto deshidratado según formato de corte y tipo de deshidratador.

Evaluación espesor

En este ensayo se aplicó un diseño completamente aleatorizado (Tabla 2), donde los factores a considerar fueron: (i) Formato de secado: *slice*s (ii) Tipo deshidratación: directo e indirecto. Las variables de respuesta a evaluar fueron: parámetros medibles en secado y evaluación sensorial (atributos). Las evaluaciones fueron realizadas en 3 repeticiones por triplicado (n=9).

Tabla 2**.** Diseño factorial para evaluación de espesores

	Espesores							
	5 mm		8 mm		10 mm		12 mm	
Método / **Formato**	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto
Slice	X	X	X	X	X	X	X	X

Preparación de muestra para evaluación de espeso

Luego del lavado se cortaron las hortalizas en los 4 espesores definidos:

- *Slice*s 5 mm, 8 mm, 10 mm y 12 mm

Proceso deshidratación.

- Tipo directo, indirecto.

Análisis sensorial

Los datos experimentales de los parámetros de secado fueron analizados cualitativamente mediante de curvas de secado a través de graficas *Scatter 3D* utilizando software *OriginPro* 8.

Los datos obtenidos de la evaluación sensorial fueron analizados cualitativamente mediante la determinación de calidad total interpretado en gráficas de barras. La calidad total se determinó de acuerdo a lo realizado por Méndez (2013).

Evaluación pretratamientos

Como una forma de mejorar la calidad de la hortaliza deshidratada, se evaluó la factibilidad de realizar pretratamientos a las hortalizas para evitar principalmente el pardeamiento enzimático que se produce una vez que la hortaliza es cortada y expuesta al contacto con el oxígeno. En este ensayo se aplicó un diseño completamente aleatorizado, Test de comparación (múltiple) de medias LSD al 5% significancia. (Tabla 3), donde los factores a considerar fueron: (i) Formato de secado: slices, medio slice, cuadro/cuartos (ii) Tipo deshidratación: directo e indirecto. Las variables de respuesta a evaluar fueron: parámetros medibles en secado y evaluación sensorial (atributos). Las evaluaciones fueron realizadas en 3 repeticiones por triplicado (n=9).

Tabla 3. Diseño factorial para evaluación de pretratamientos.

	Pretratamientos							
	Blanqueado		Sulfitado		Ácido cítrico		Control	
Método / **Formato**	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto	Huasco	Copiapó
Slice	X	X	X	X	X	X	X	X
Medio slice	X	X	X	X	X	X	X	X
Cuadro/Cuartos	X	X	X	X	X	X	X	X

Preparación de muestra para evaluación de pretratamientos

Luego del lavado se cortaron las hortalizas en los 4 formatos definidos:

- slices, medio slice, cuadro y cuartos

Se evaluaron 3 pretratamientos que se describen a continuación:

1) Blanqueado: consiste en calentar los productos a una temperatura de 90 a 95°C por un tiempo de un minuto, luego para evitar que continúe la cocción se deben enfriar rápidamente en agua fría, por 10 segundos.

2) Sulfitado: inmersión del producto en una solución acuosa de metabisulfito de sodio a razón de 3 g de dicho producto por litro de agua, durante cinco minutos a temperatura ambiente.

3) Tratamiento con ácidos orgánicos (ácido cítrico): inmersión del producto en una solución acuosa de ácido cítrico a razón de 6 g de dicho producto por litro de agua, durante cinco minutos a temperatura ambiente.

Proceso deshidratación.

Las muestras fueron colocadas en los deshidratadores tipo directo, indirecto.

Análisis sensorial

Este se realizó a través de un "focus group", con una escala hedónica estructurada de 5 puntos, donde 1 representa "Muy malo" y 5: "excelente". Los 3 panelistas fueron consumidores habituales de hortalizas. Para evaluar las características finales del producto deshidratado según formato de corte y tipo de deshidratador.

Evaluación propiedades funcionales

Luego de tener el proceso de secado validado, se realizó un análisis de compuestos funcionales en fresco y deshidratado con el objeto de determinar el efecto del proceso sobre estos compuestos de relevancia.

En este ensayo se aplicó un diseño completamente aleatorizado, Test de comparación (múltiple) de medias LSD al 5% significancia (Tabla 4), donde los factores a considerar fueron: (i) Capacidad antioxidante (ii) Tipo deshidratación: directo e indirecto. Las variables de respuesta a evaluar fueron: parámetros medibles de secado. Las evaluaciones fueron realizadas en 3 repeticiones por triplicado (n=9).

Tabla 4**.** Diseño factorial para análisis de compuestos funcionales.

	Hortalizas							
	Tomate		**Zapallo italiano**		**Ají**		**Berenjena**	
Método / **Parámetro**	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto
Capacidad antioxidante	X	X	X	X	X	X	X	X

Evaluación metodología de envasado

Luego de tener el proceso de secado validado, se realizó un análisis de compuestos funcionales en fresco y deshidratado con el objeto de determinar el efecto del proceso sobre estos compuestos de relevancia en los distintos envases definidos.

En este ensayo se aplicó un diseño completamente aleatorizado, Test de comparación (múltiple) de medias LSD al 5% significancia. (Tabla 5), donde los factores a considerar fueron: (i) Método

de envasado (ii) tipo de envase: vidrio, bolsa. Las variables de respuesta a evaluar fueron: tiempo y características de conservación: color, textura.

Tabla 5**.** Diseño factorial para evaluación de envases

	Hortalizas
Método / Formato	Seleccionado
Vacío	X
Ausencia O_2	X
Convencional	X

Resultados

Resultados desarrollo de tipos deshidratadores

Desde el punto de vista de costos, se realizó un análisis de cada deshidratador validado, los que se detallan en las tablas que a continuación se presentan, siendo el deshidratador directo, el de menor costo y de acuerdo a los resultados es también el de menor tiempo de deshidratación y mejor calidad del producto final.

Tabla 6.Costos elaboración deshidratador directo

Deshidratador tipo directo				
Materiales	***Cantidad***	***Unidad***	***Precio unitario***	***Total***
Pino bruto 2x2	7	Un	$ 1,340	$ 9,380
Pliego hojalata	3	Un	$ 4,379	$ 13,136
Tabla 4x1	3	Un	$ 1,400	$ 4,200
Tornillos 1 1/2"	50	Kg	$ 29	$ 1,450
Tarro pintura pequeño	1	1/4 Galón	$ 2,300	$ 2,300
Visagras	6	Un	$ 834	$ 5,005
Clavos 1 1/2"	30	Kg	$ 2	$ 60
Policarbonato	1	Un	$ 16,700	$ 16,700
Pino 1x1	3	Un	$ 731	$ 2,193
Malla	1	metro	$ 2,500	$ 2,500
Ruedas	4	Un	$ 800	$ 3,200
			Total	$ 60,125

Tabla 7. Costos adquisición deshidratador indirecto

Deshidratador tipo indirecto				
Materiales	***Cantidad***	***Unidad***	***Precio unitario***	***Total***
Deshidratador indirecto con panel fotovoltaico	1	Un	$ 1.200.000	$ 1.200.000
Costo envío	1	Un	$ 200.000	$ 200.000
			Total	$ 1.400.000

Resultados evaluación formatos

Parámetros de secado – Deshidratador directo (tiempo efectivo de secado)

En la tablas presentadas a continuación, se muestran los resultados del ensayo "formatos de secado" en deshidratación tipo directa en la unidad de validación C.E. Huasco.

Tabla 8**.** Tiempo de secado del Ají en distintos formatos mediante deshidratador directo

Formato	Ají (Tiempo)
Slices	6 horas (1 día)^{C}
Media vaina	16 horas (2,7 días)^{B}
Entero	39 horas (7 días)^{A}

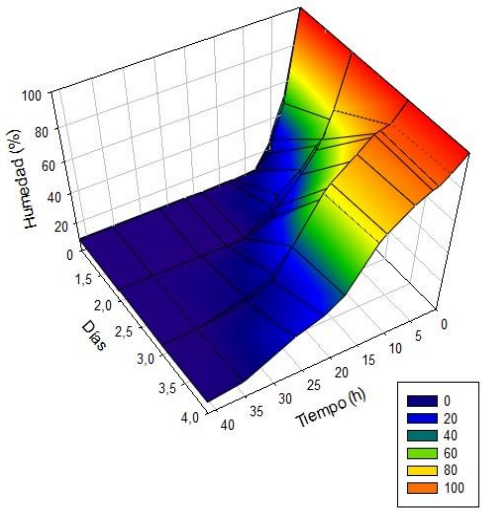

Figura 2. Curva de secado de Ají en distintos formatos mediante deshidratador directo.

Tabla 9**.** Tiempo de secado de Berenjena en distintos formatos mediante deshidratador directo

Formato	Berenjena (tiempo)
Slices	9,2 horas (2 día)^{A}
Medio *slices*	8 horas (1,8 días)^{B}
Cuarto	7,5 horas (1,5 días)^{B}

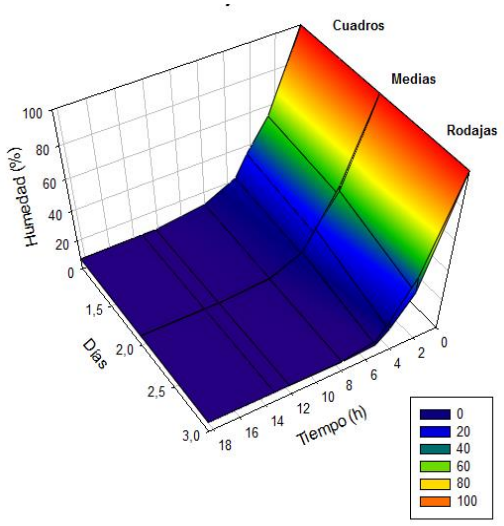

Figura 3. Curva de secado de Berenjena en distintos formatos mediante deshidratador directo.

Tabla 10**.** Tiempo de secado del tomate en distintos formatos mediante deshidratador directo

Formato	Tomate (tiempo)
Slices	13 horas (2 días)[C]
Medio *slices*	12 horas (1,8 días)[B]
Cuarto	23 horas (4 días)[A]

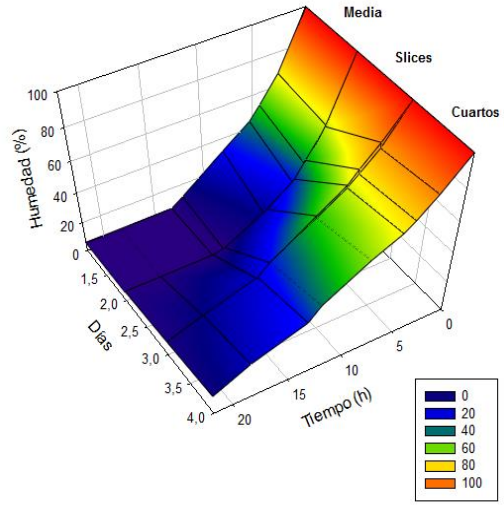

Figura 4. Curva de secado de tomate en distintos formatos mediante deshidratador directo.

Tabla 11**.** Tiempo de secado de Zapallo italiano en distintos formatos mediante deshidratador directo

Formato	Zap. Italia.(tiempo)
Slices	11 horas (2 días)^{C}
Medio *slices*	13 horas (2,3 días)^{B}
Cuarto	21 horas (4 días)^{A}

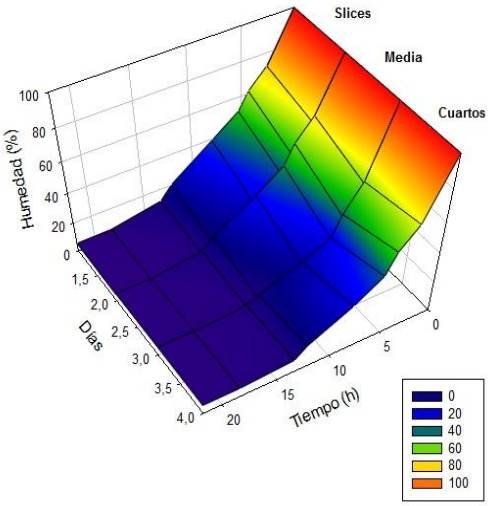

Figura 5. Curva de secado de Zapallo italiano en distintos formatos mediante deshidratador directo.

Parámetros de secado – Deshidratador indirecto (tiempo efectivo de secado)

En la Figuras presentadas a continuación, se muestran los resultados del ensayo "formatos de secado" en deshidratación tipo indirecta en la unidad de validación C.E. Huasco.

Tabla 12**.** Tiempo de secado del Ají en distintos formatos mediante deshidratador indirecto

Formato	Ají.(tiempo)
Slices	14 horas (3 días)C
Medio slices	43 horas (7 días)B
Cuarto	200 horas (28 días)A

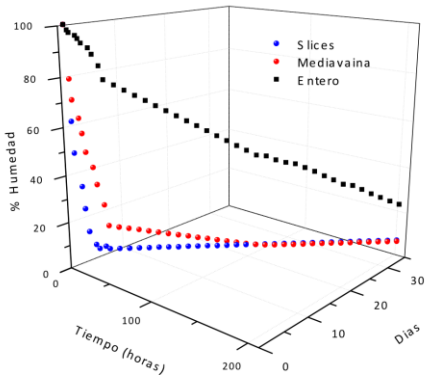

Figura 6. Curva de secado ají según formato de corte vía deshidratación indirecta en unidad de validación C.E. Huasco.

Tabla 13**.** Tiempo de secado de la Berenjena en distintos formatos mediante deshidratador indirecto

Formato	Berenjena (tiempo)
Slices	14 horas (2 día)B
Medio slices	13 horas (1,8 días)B
Cuarto	19 horas (1 días)A

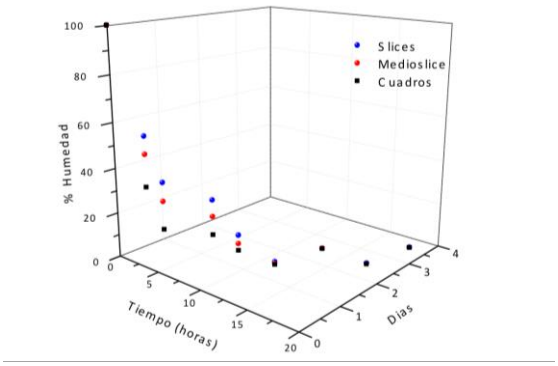

Figura 7. Curva de secado berenjena según formato de corte vía deshidratación indirecta en unidad de validación C.E. Huasco.

Tabla 14**.** Tiempo de secado del Zapallo Italiano en distintos formatos mediante deshidratador indirecto

Formato	Zapall. Ital.(tiempo)
Slices	14 horas (3,3 días)C
Medio slices	19 horas (3 días)A
Cuarto	16 horas (1 días)B

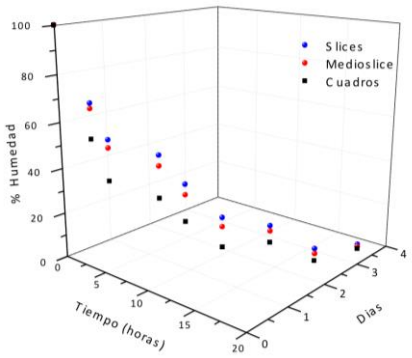

Figura 8. Curva de secado de zapallo italiano según formato de corte vía deshidratación indirecta en unidad de validación C.E. Huasco.

Tabla 15**.** Tiempo de secado del Tomate en distintos formatos mediante deshidratador indirecto

Formato	Tomate (tiempo)
Slices	13 horas (2 días)C
Medio slices	12 horas (1,8 días)B
Cuarto	23 horas (4 días)A

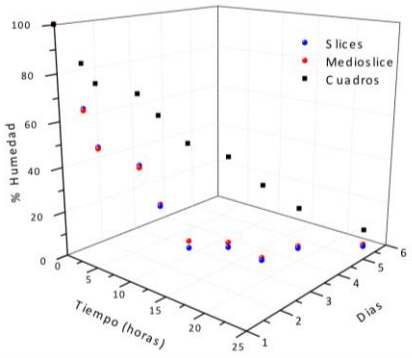

Figura 9. Curva de secado de tomate según formato de corte vía deshidratación indirecta en unidad de validación C.E. Huasco.

Según los ensayos de parámetros y tiempo efectivo de secado realizados en ambos tipos de deshidratadores, el más eficiente con un tiempo menor de secado es el de tipo directo.

De acuerdo a las figuras analizadas, el formato de mayor efectividad frente al proceso de deshidratado es el slice, el cual presenta una alta pérdida de agua en poco tiempo, lo cual se relaciona con una elevada velocidad de secado y un bajo porcentaje de humedad final. Y el mejor deshidratador, es el de tipo directo que muestra un menor tiempo efectivo de secado.

Resultados ensayo formato

Evaluación sensorial

En las figuras que a continuación se presentan, se muestra los resultados obtenidos del análisis sensorial realizado mediante focus group. A modo de comparación cuantitativa estos fueron

interpretados en gráficas de barras agrupadas donde los factores a interpretar son los atributos evaluados y los formatos en estudio

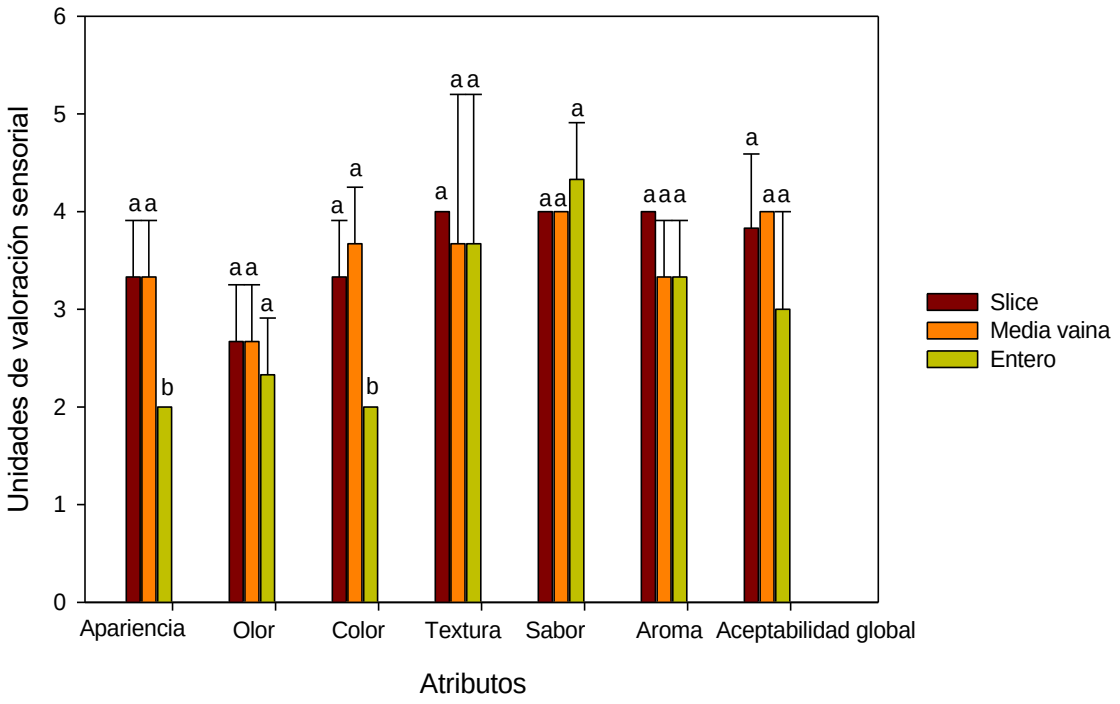

Figura 10. Evaluación sensorial de Ají en los distintos formatos deshidratados mediante deshidratación directa.

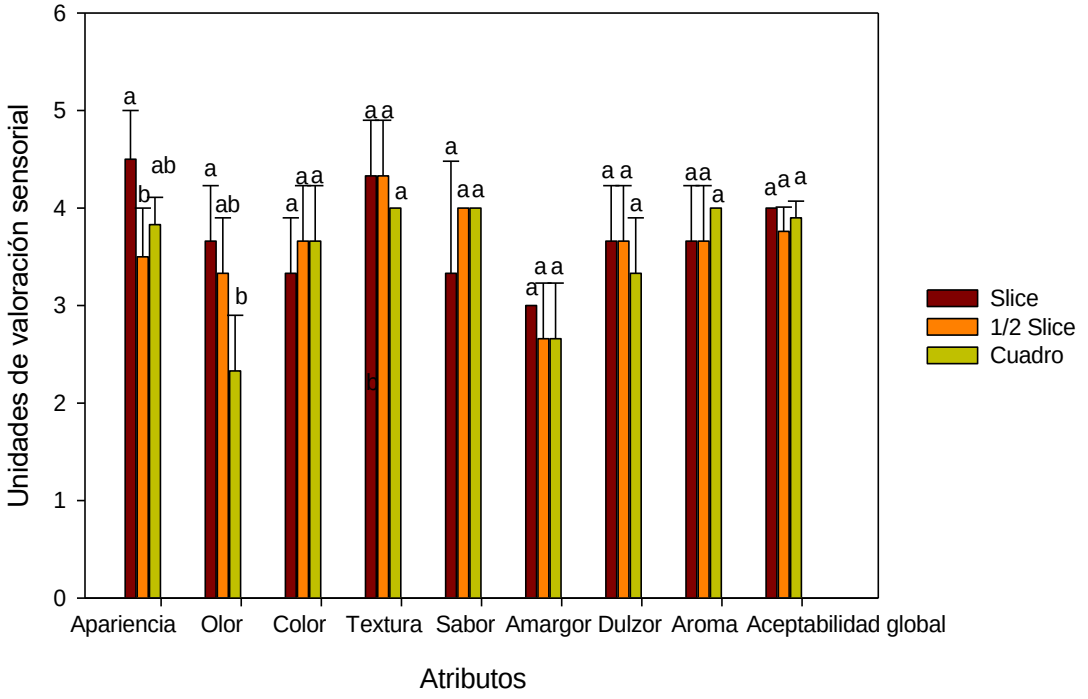

Figura 11. Evaluación sensorial de berenjena en los distintos formatos deshidratados mediante deshidratación directa.

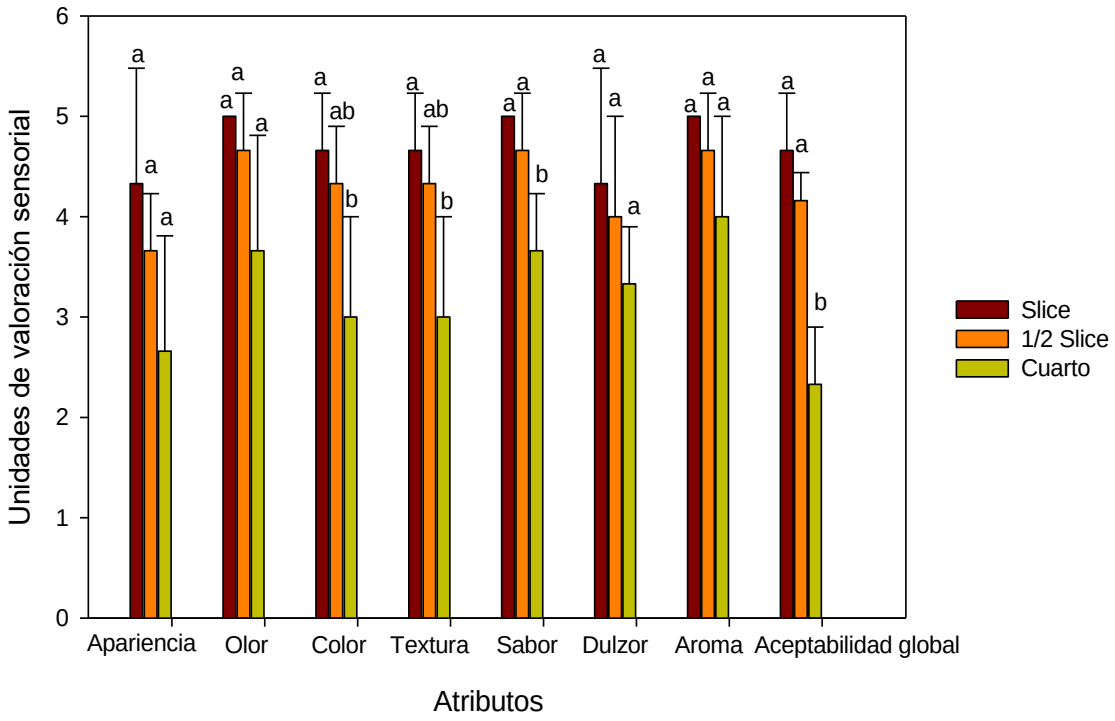

Figura 12. Evaluación sensorial de tomate en los distintos formatos deshidratados mediante deshidratación directa.

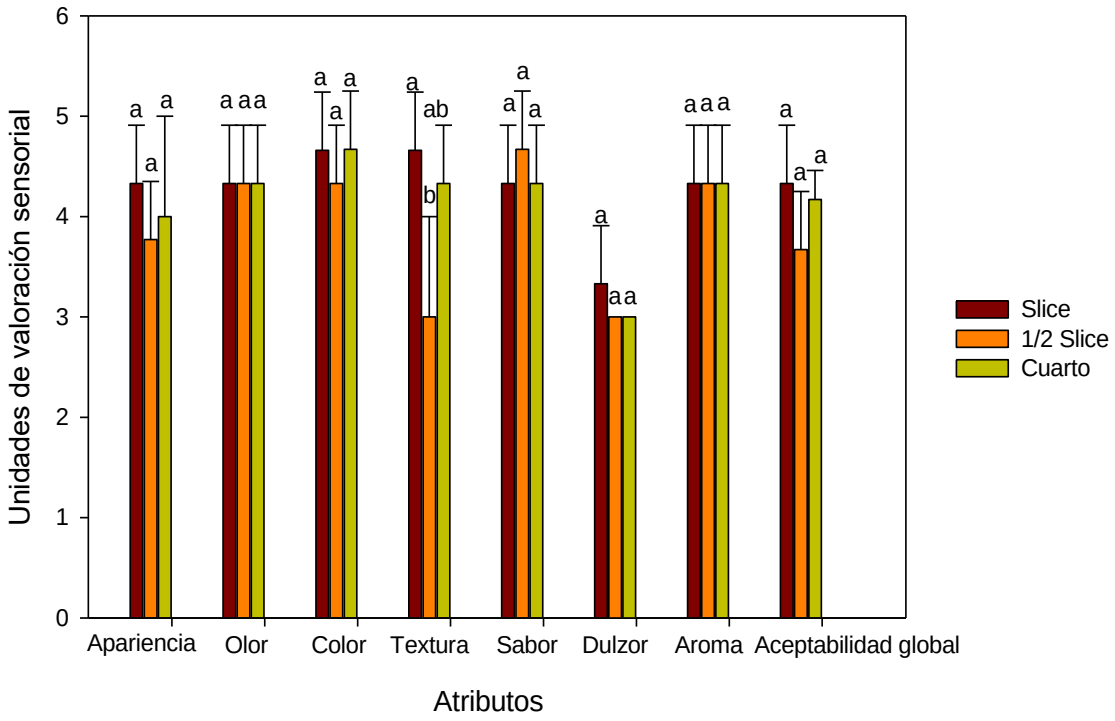

Figura 13. Evaluación sensorial de zapallo italiano en los distintos formatos mediante deshidratación directa.

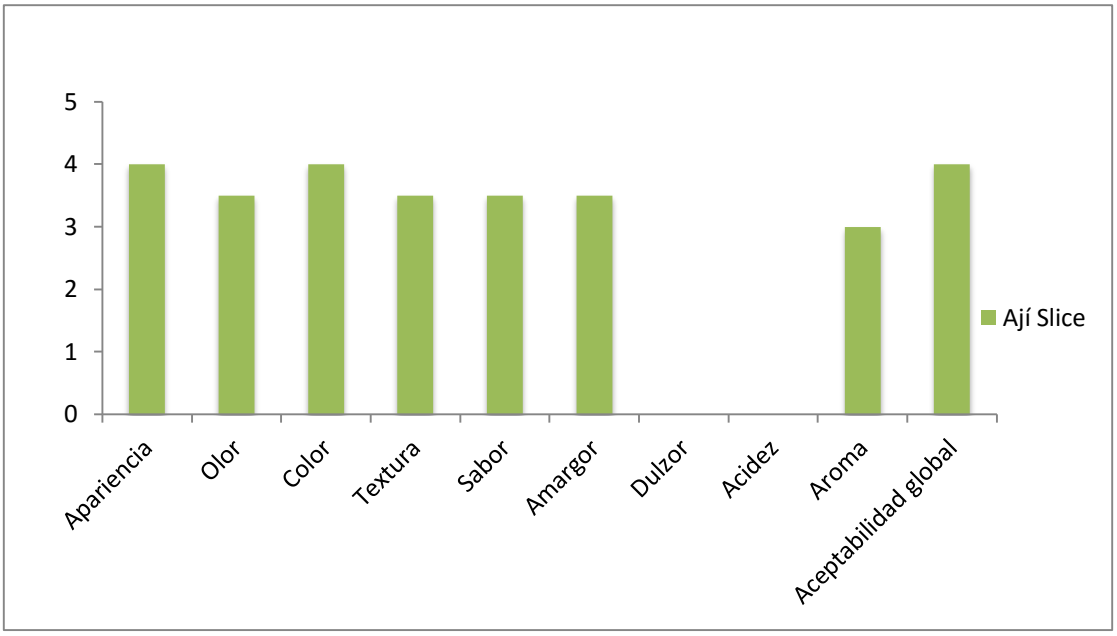

Figura 14. Evaluación sensorial de ají en el formato slice mediante deshidratación indirecta.

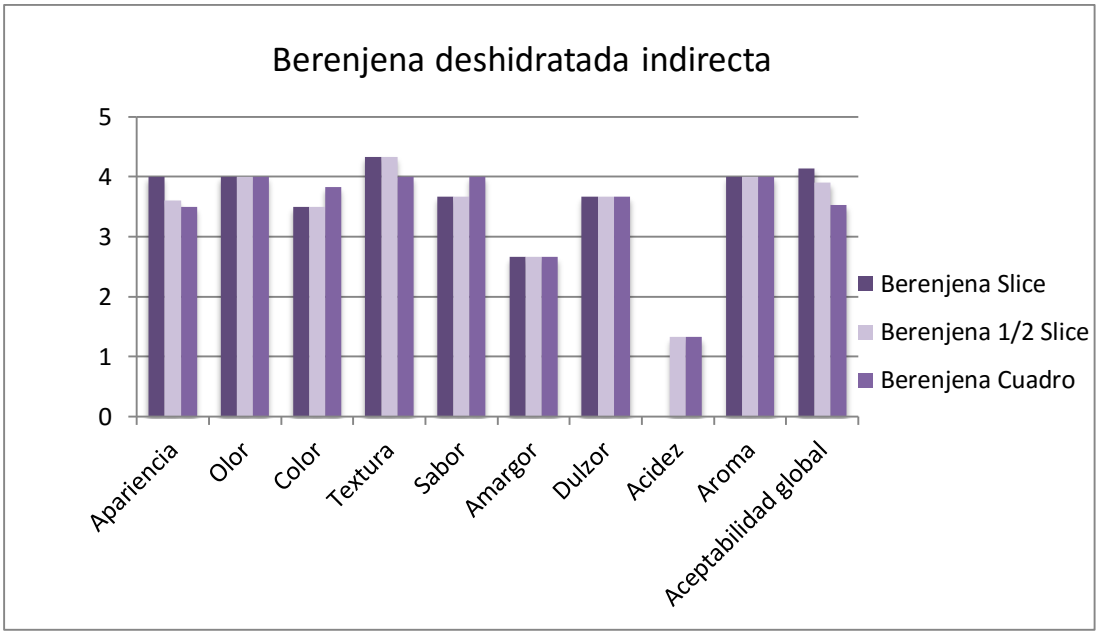

Figura 15. Evaluación sensorial de berenjena en los distintos formatos slice mediante deshidratación indirecta.

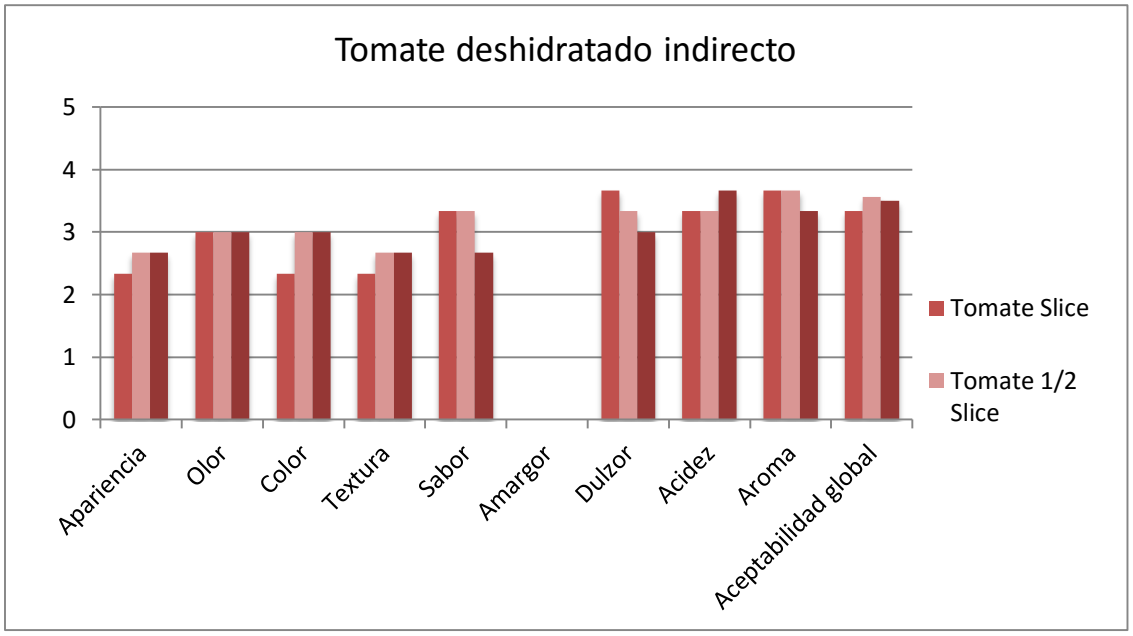

Figura 16. Evaluación sensorial de tomate en los distintos formatos slice mediante deshidratación indirecta.

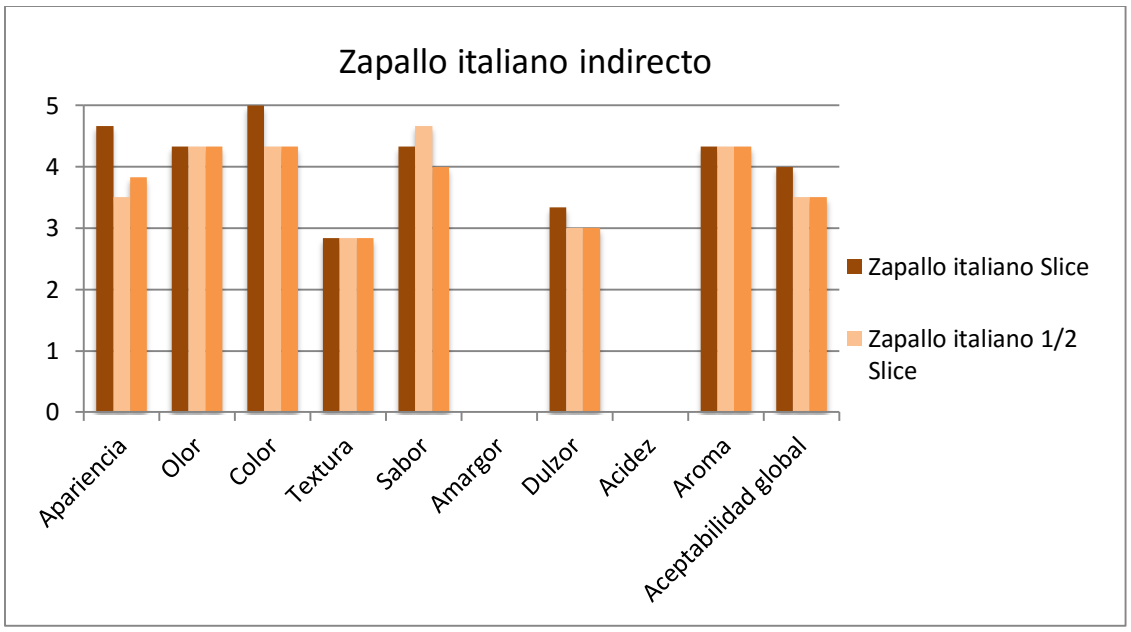

Figura 17. Evaluación sensorial de zapallo italiano en los distintos formatos slice mediante deshidratación indirecta.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los formatos estudiados y los tipos de deshidratación, los atributos de apariencia, color, textura, sabor, dulzor, aroma y aceptabilidad global fueron evaluados por el panel en la categoría regular->bueno, independiente del formato estudiado. Adicionalmente, no presentaron diferencias significativas entre los formatos en evaluación para los atributos anteriormente mencionados ($p>0,05$), a excepción del ají, solo los atributos de color y apariencia presentaron diferencias significativas entre los formatos ($p<0,05$), siendo el formato entero el que presenta una menor valoración para estos atributos debido a la perdida de pigmentación que presenta.

Resultados ensayo espesor

En las figuras que a continuación se presentan, se muestran los resultados obtenidos del análisis sensorial realizado mediante "*focus group*". A modo de comparación cuantitativa estos fueron interpretados en gráficas de barras agrupadas donde los factores a interpretar son las unidades de calidad y los espesores en estudio

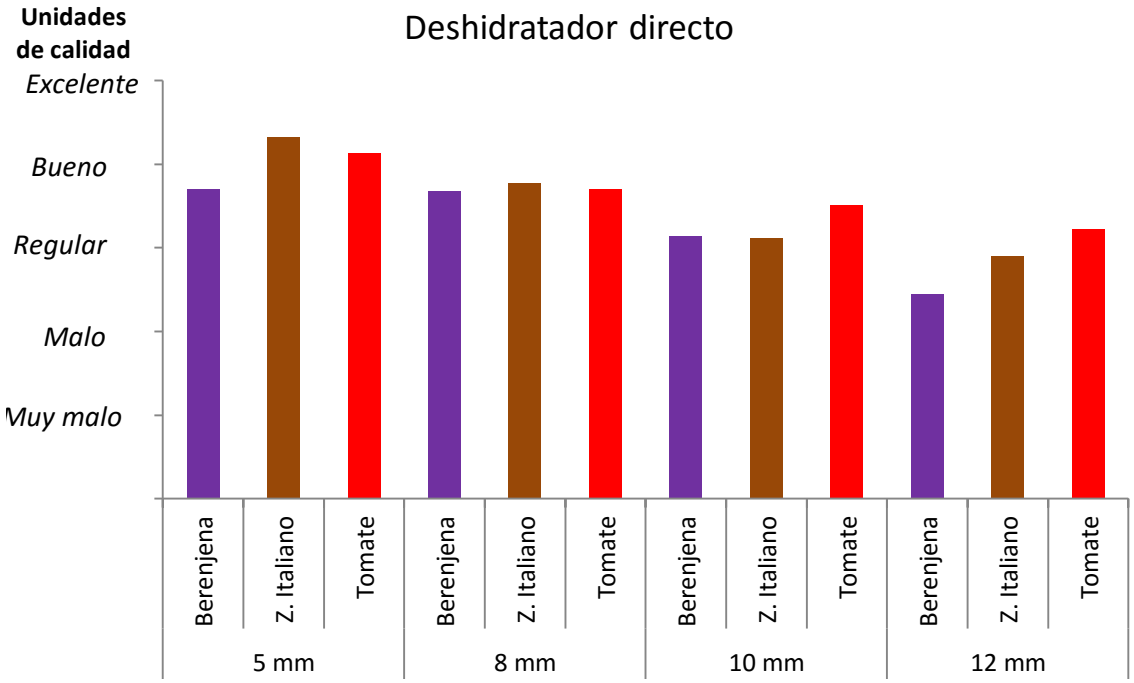

Figura 18**.** Evaluación sensorial de las hortalizas estudiadas con distintos espesores, mediante deshidratación directa.

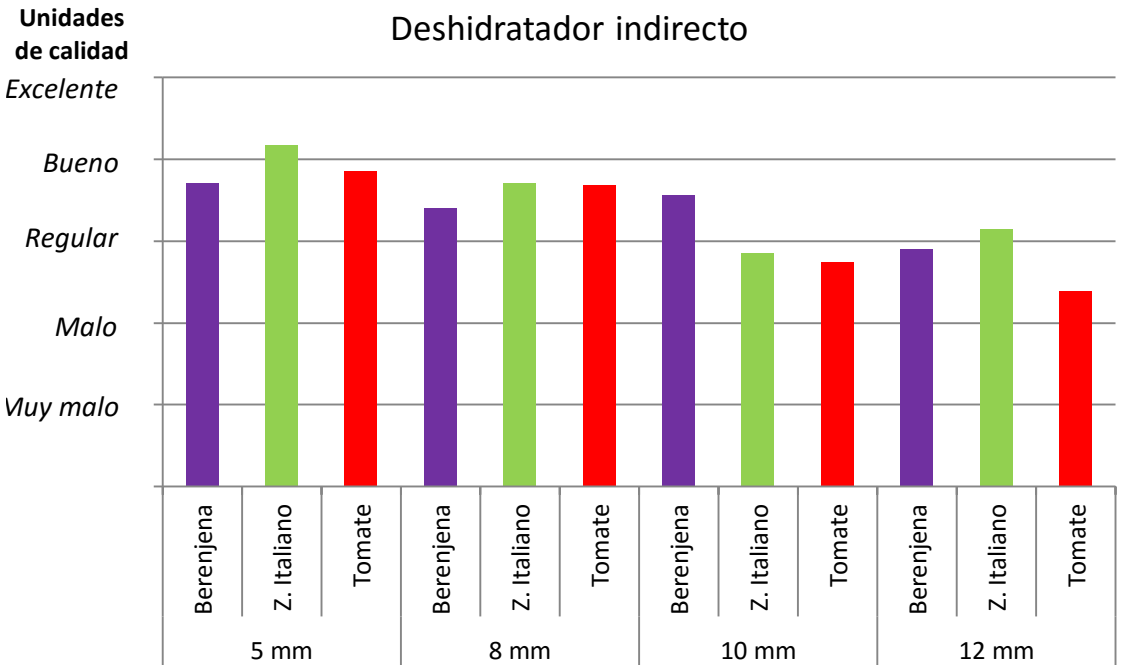

Figura 19. Evaluación sensorial de las hortalizas estudiadas con distintos espesores, mediante deshidratación indirecta.

Las figuras muestran las unidades de calidad en que fueron categorizados los distintos espesores, según distintos atributos evaluados. De lo cual se puede deducir que el espesor 5 mm presenta una unidad de calidad "Bueno" para las 3 muestras de hortalizas evaluadas. El espesor 8 mm fue evaluado por el panel en la categoría Regular> Bueno. Por otra parte el espesor 10 mm se encuentra en la categoría Regular para todas las hortalizas presentadas. Por último el espesor 12 mm fue evaluado en la categoría Malo > Regular.

Resultados ensayo pretratamiento

Las siguientes figuras muestran los resultados obtenidos del análisis sensorial realizado mediante focus group. A modo de comparación cuantitativa estos fueron interpretados en gráficas de barras agrupadas donde los factores a interpretar son los atributos evaluados y los pretratamientos

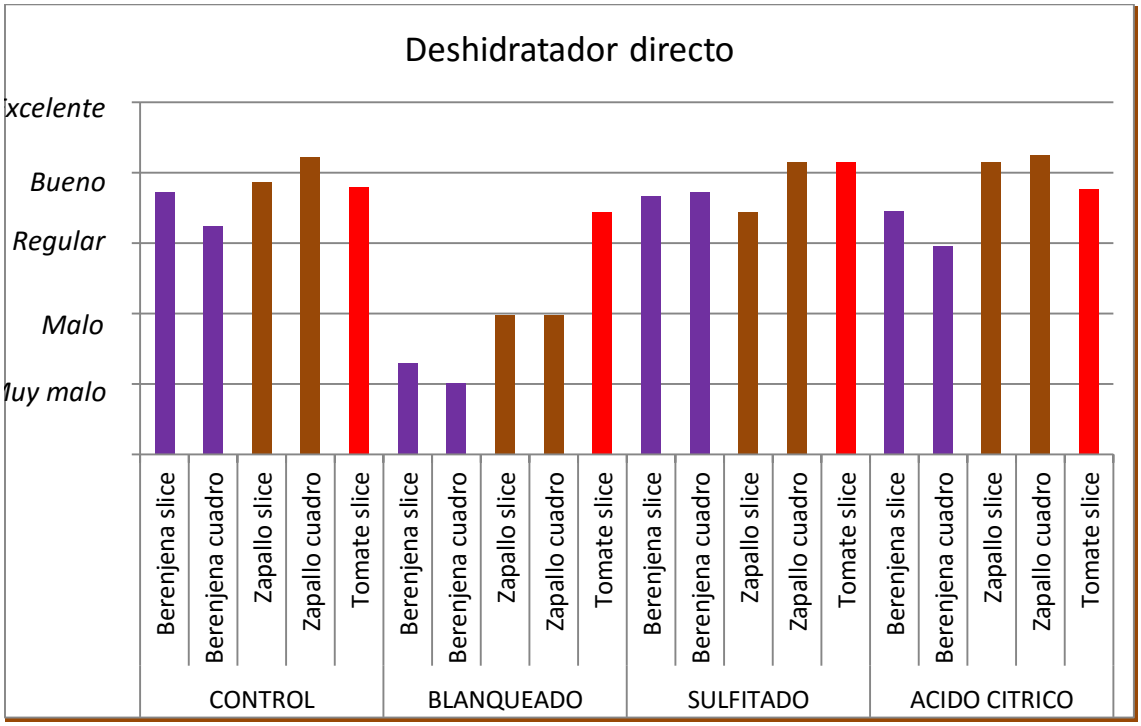

Figura 20. Evaluación sensorial de las hortalizas estudiadas con distintos pre-tratamientos, mediante deshidratación directa.

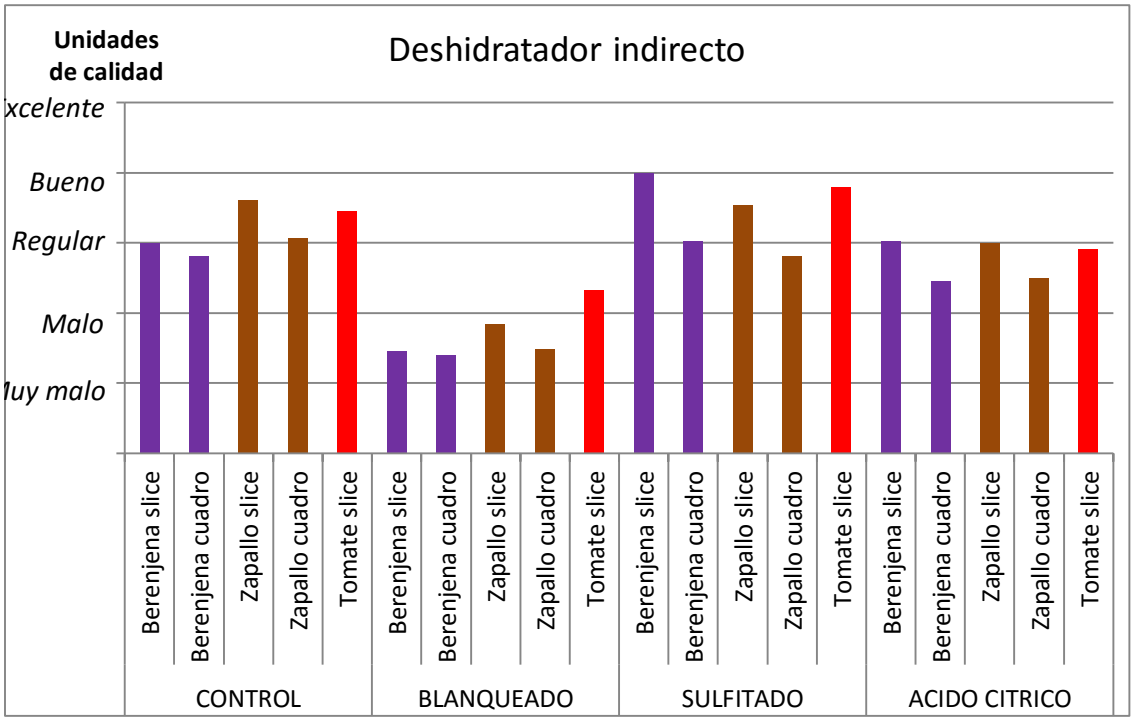

Figura 21. Evaluación sensorial de las hortalizas estudiadas con distintos pre-tratamientos, mediante deshidratación indirecta

Al observar la figuras anteriormente presentadas se puede señalar que las muestras evaluadas con los distintos pre-tratamientos fueron categorizadas por el panel como Regular > Bueno, tanto para el control como para los pre-tratamientos sulfitado, ácido cítrico. El pre-tratamiento con blanqueado resulto estar en la categoría Muy malo > Malo, el ultimo parámetro evaluado no fue aceptado por el panel de cata.

Resultados análisis funcionalidad

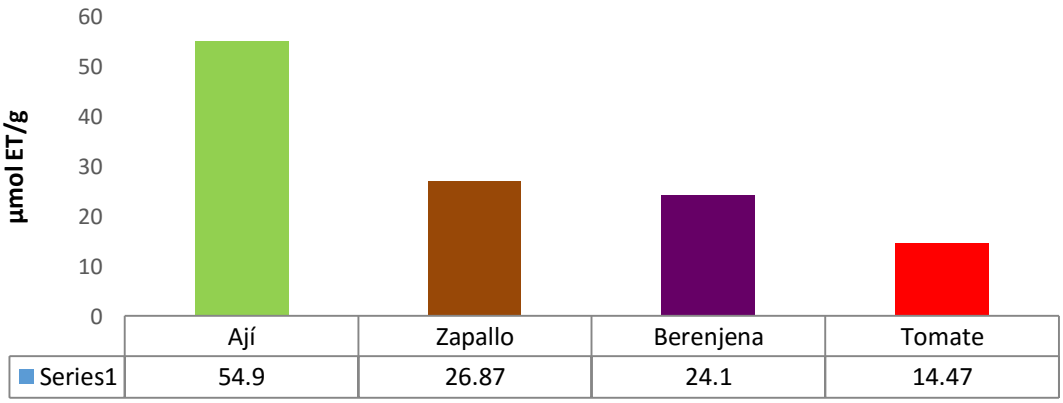

Figura 22**.** Capacidad antioxidante de las hortalizas del estudio en estado fresco.

De acuerdo a lo presentado en la Figura 22, las hortalizas en fresco presentan diferente capacidad antioxidante, siendo la de mayor concentración el ají cristal, seguido del zapallo italiano y berenjena, los cuales presentan similar contenido (p>0,05); y el de menor capacidad

antioxidante, el tomate. Estos son debidos principalmente a la variabilidad genética, morfológica y composicional, asociada a cada cultivo.

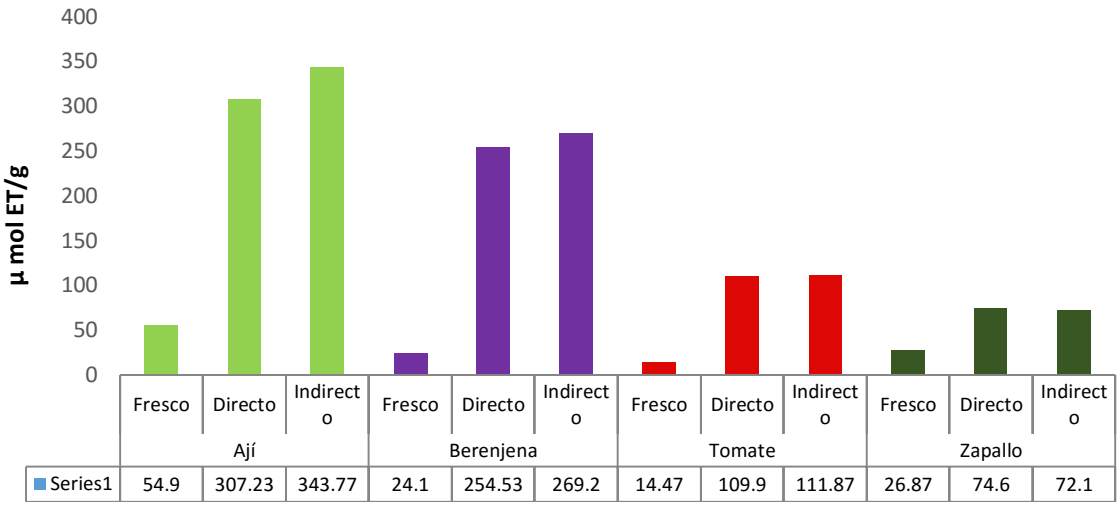

Figura 23**.** Capacidad antioxidante de las hortalizas en fresco y deshidratadas, pertenecientes al estudio.

La Figura 23 muestra que los tratamientos de deshidratación, independiente de la metodología utilizada (p>0,05), producen un efecto de concentración (aumento) de la capacidad antioxidante de las hortalizas, reflejado en el factor de concentración de cada hortaliza en estudio, obteniéndose rangos de 3 a 11 veces la concentración versus la misma hortaliza en fresco .

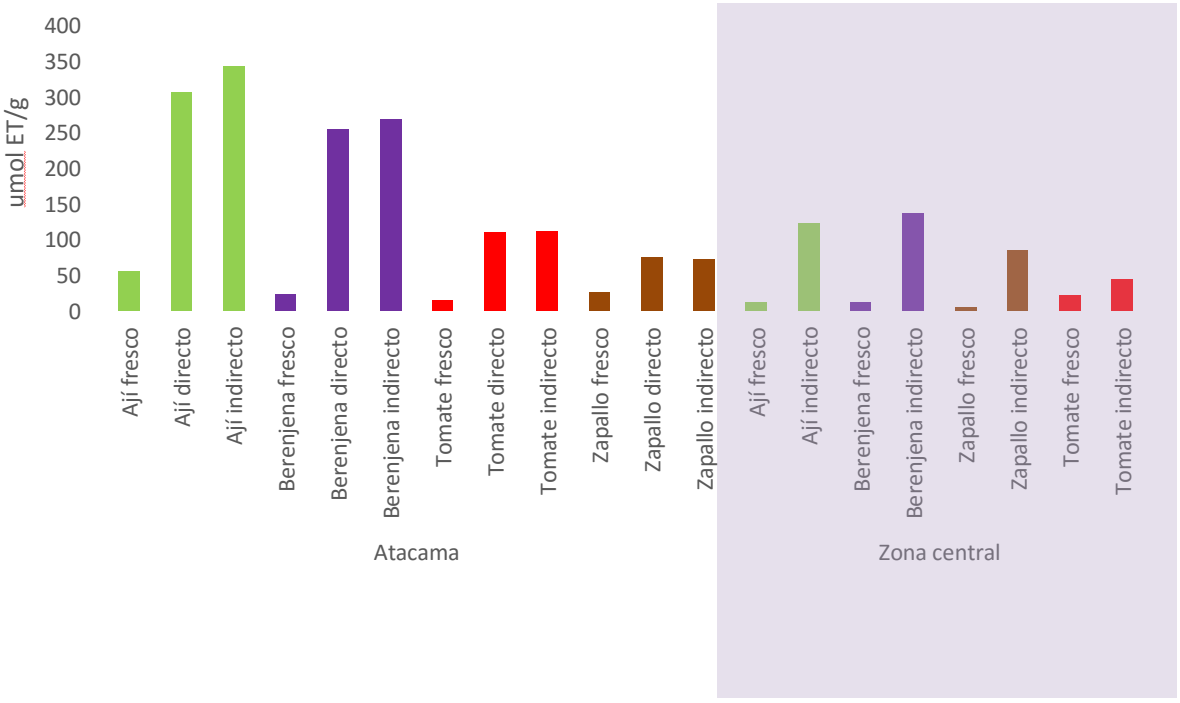

Figura 24**.** Capacidad antioxidante de las hortalizas en la región de Atacama y Zona Central en fresco y deshidratadas, pertenecientes al estudio.

Según la figura presentada, la región de Atacama posee una mayor cantidad de compuestos antioxidantes en las hortalizas, que la Zona central.

Resultados evaluación envases

En la Tabla 16 se detalla la evaluación realizada para 3 tipos de envases.

Envase	Descripción	Tiempo	Resultado	Apreciación	Observación
Frasco de vidrio	Se depositaron hortalizas deshidratadas sobre aceite de oliva.	3 meses.	-Optima presentación Organolépticamente aceptable -Aceite se enrancia	Medianamente positiva	Utilizable en cadenas más avanzadas en la elaboración de estos tipos de productos
Clamshell	Se depositaron hortalizas deshidratadas sobre un *clamshell* y fueron cubiertas con papel alusa.	2 semanas.	-Pérdida de pigmentación de las hortalizas -Alta gomosidad -Sabores indeseados. -Intercambio de humedad	Negativa	Descartado
Polietileno alta densidad con ausencia de oxigeno (inyección de nitrógeno)	Se almacenaron hortalizas deshidratadas en una bolsa con aplicación de nitrógeno con grado alimentario.	3 meses	Organolépticamente óptimos Mantiene las condiciones de la hortalizas, principalmente preserva la crocancia y el color.	Positiva	Mejor presentación para este tipo de productos. Tecnología adoptable Por los productores.

Tabla 16.- Evaluación de envases**.**

Conclusiones

Finalmente de acuerdo a los resultados obtenidos y basados en los objetivos del proyecto, los distintos formatos evaluados y posteriormente seleccionados pueden ser utilizados en diversas preparaciones alimenticias y en algunos productos específicos, los cuales se describen a continuación:

- Ají en *slice*s 5 mm-> Preparaciones culinarias (salsas, rellenos y decoración) y snack para adultos.
- Ají en media vaina -> Ají cristal en polvo como condimento.
- Berenjena *slice*s 5 mm-> Snack saludable.
- Tomate *slice*s 5 mm -> Snack saludable.
- Zapallo italiano *slice*s 5 mm-> Snack saludable.

- ✓ Entre las hortalizas control (sin pretratamiento) y las con aplicación de estos, no existe una diferencia significativa sobre la actividad de degradación; por lo tanto se descartó la aplicación de compuestos químicos.
- ✓ Las hortalizas de la Región de Atacama, en su consumo fresco presentan una mayor capacidad antioxidante que las hortalizas provenientes de la zona central.
- ✓ Al realizar una deshidratación solar en hortalizas como el tomate, ají cristal, berenjena y zapallo italiano, independiente de la metodología, se observa un efecto de concentración de los compuestos beneficiosos, relacionados con una alta capacidad antioxidante de las hortalizas deshidratada.
- ✓ Al realizar la evaluación de los distintos tipos de envases y métodos de envasado, se optó por almacenar hortalizas deshidratadas en una bolsa con aplicación de nitrógeno con grado alimentario, ya que las características del producto final se mantienen por un largo periodo, además es una tecnología adoptable por los productores de la región.
- ✓ Después de realizar ensayos de parámetros de calidad y tiempo efectivo de secado, se determinó que el deshidratador más eficiente, es el de tipo directo, que además es el de menor costo.
- ✓ Es importante mencionar que cualquier matriz alimentaria que muestre existencia de capacidad antioxidante (>0 µmol ET/g) presenta un rol beneficioso para el organismo y en adición, los resultados están presentados en 1 gramo de muestra, siendo fácilmente escalable a raciones diarias de consumo de cada hortaliza que va por sobre los 150 g, en el caso del zapallo italiano, berenjena y tomate, lo cual aumenta la significancia de estos resultados.