

**Desarrollo de un prototipo de ensalada lista
para consumir de brotes de brócoli
(*Brassica oleracea* var. *italica*)**

Christian Daniel Ramírez Camba

Honduras
Diciembre, 2006

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**Desarrollo de un prototipo de ensalada lista
para consumir de brotes de brócoli
(*Brassica oleracea var. italica*)**

Proyecto especial presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero en Agroindustria
con grado académico de Licenciatura.

Presentado por:

Christian Daniel Ramírez Camba

Honduras
Diciembre, 2006

El autor concede a Zamorano, permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Christian Daniel Ramírez Camba

Honduras
Diciembre, 2006

**Desarrollo de un prototipo de ensalada lista
para consumir de brotes de brócoli
(*Brassica oleracea var. italica*)**

Presentado por:

Christian Daniel Ramírez Camba

Aprobado:

Edward Moncada, M.A.E.
Asesor Principal

Raúl Espinal, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria

Wilfredo Domínguez, M.Sc.
Asesor

George Pilz, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A mis padres, por ser quienes me apoyaron en todo momento, por creer en mí y por brindarme el mejor ejemplo en la vida, porque gracias a su existencia tengo la fuerza necesaria para superar todos los obstáculos que se atraviesan en mi camino, a ellos les dedico este trabajo por el simple hecho de ser la razón de mi vida.

A mis queridos hermanos Reinaldo y Patricia.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme existir y porque gracias a eso estoy aquí cosechando logros y éxitos.

A mis padres por ser mi ejemplo de fortaleza, por brindarme siempre su apoyo incondicional y por ser personas que siempre confiaron en mí.

A mi, hermana Patricia, por brindarme sonrisas y alegrías en todo momento, porque siempre estuvo conmigo aunque no en presencia, pero si de corazón.

A mi hermano Reinaldo, por ser mi apoyo, porque en todo momento tuvo los consejos adecuados que me ayudaron a reconfortarme, por ser el mejor de los amigos.

Al Ingeniero Edward Moncada y al Ingeniero Wilfredo Domínguez, por brindarme su tiempo y sus conocimientos para la realización del presente trabajo.

A David Andino por hacer que mi paso por Zamorano sea más agradable.

A María Augusta Terán por ser mi mejor amiga, confidente y compañera, por brindarme siempre su ayuda desinteresada y sus consejos oportunos.

A toda la extensa lista de personas que me han ayudado a crecer como persona durante estos últimos 21 años de mi vida.

A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización de este documento.

RESUMEN

Ramírez, C. 2006. Desarrollo de un prototipo de ensalada a base de brotes de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Proyecto especial del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Zamorano, Honduras. 21 p.

El cáncer es responsable por la muerte de millones de personas anualmente, por lo que el creciente interés por alimentos funcionales con propiedades anticancerígenas promueve el consumo de brócoli. El objetivo de este estudio fue desarrollar un prototipo de ensalada de brotes de brócoli con la mayor calidad percibida por los consumidores. El estudio se realizó en el Centro de Evaluación de Alimentos, Zamorano. La evaluación sensorial se efectuó con un grupo de 10 personas para determinar las preferencias entre brotes de 5 días de germinación expuestos a dos horas de luz solar y brotes producidos en ausencia de esta. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los atributos evaluados fueron color, aroma, textura, sabor, sabor residual y apariencia general. Se realizó una segunda evaluación sensorial con escala de ordenación utilizando un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, entre brotes de 4, 5 y 6 días de germinación. Se realizaron análisis físicos (color y textura) para detectar diferencias y establecer una relación con el primer análisis sensorial además de caracterizar los brotes. Para calcular los rendimientos obtenidos bajo este sistema de elaboración del prototipo se monitoreó el crecimiento diario de los brotes. Se efectuaron análisis microbiológicos (coliformes y aerobios totales) para determinar si el alimento era apto para el consumo humano. Se determinó que el grupo focal no detectó diferencias en aroma, textura, sabor, y sabor residual y prefirió los brotes con exposición a luz solar sobre los producidos en completa oscuridad. Además, se determinó que los consumidores prefieren los brotes de brócoli con 5 días de germinación sobre los de 4 y 6. Los análisis físicos mostraron que la exposición a luz solar no generó cambios significativos en textura, pero sí en color ($P < 0.05$). El conteo de coliformes totales fue de 25 UFC/g. y el de aerobios totales de 6.1×10^3 UFC/g. considerándose apto para el consumo humano. El rendimiento promedio en relación brotes/semillas fue de 6.83 kilogramos de brotes por kilogramo de semilla.

Palabras clave: alimentos funcionales, análisis sensorial, germinados.

Edward Moncada, M.A.E.
Asesor Principal

CONTENIDO

Portada	i
Portadilla	ii
Autoría	iii
Página De Firmas	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de Cuadros.....	x
Índice de Figuras	xi
Índice de Anexos.....	xii
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 GENERALIDADES	2
2.2 EFECTOS BENÉFICOS	3
2.3 CONSIDERACIONES MICROBIOLÓGICAS	3
2.4 CONSIDERACIONES DE PRODUCCIÓN.....	4
2.4.1 Madurez de cosecha.....	4
2.4.2 Calidad de brotes.....	4
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
3.1 PROCESO.....	5
3.1.1 Materiales para el desarrollo del proceso	5
3.1.2 Métodos para el desarrollo del proceso	5
3.2 ANÁLISIS SENSORIAL.....	6
3.2.1 Materiales para el análisis sensorial	6
3.2.2 Métodos para el análisis sensorial	6
3.3 COLOR.....	8
3.3.1 Materiales para el análisis de color	8
3.3.2 Métodos para el análisis de color	8
3.4 TEXTURA	9
3.4.1 Materiales para el análisis de textura.....	9
3.4.2 Métodos para el análisis de textura	9
3.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.....	9
3.5.1 Materiales para los análisis microbiológicos.....	9
3.5.2 Métodos para los análisis microbiológicos.....	9
3.6 RENDIMIENTOS	10
3.6.1 Materiales para el cálculo de rendimientos.....	10
3.6.2 Métodos para el cálculo de rendimientos	10

4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
4.1	ANÁLISIS SENSORIAL.....	11
4.1.1	Luz vs. Oscuridad.....	11
4.1.2	Días de germinación.....	12
4.2	COLOR.....	12
4.3	TEXTURA.....	13
4.4	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.....	13
4.4.1	Aerobios totales.....	13
4.4.2	Coliformes totales.....	13
4.5	RENDIMIENTOS.....	14
5	CONCLUSIONES.....	16
6	RECOMENDACIONES.....	17
7	BIBLIOGRAFÍA.....	18
8	ANEXOS.....	20

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Tratamientos evaluados para determinar el mejor método de germinación (luz, oscuridad) desde el punto de vista de calidad física percibida.	7
2.	Diseño de bloques completos al azar para análisis sensorial de luz vs. oscuridad en brotes de brócoli.....	7
3.	Tratamientos utilizados para evaluar la preferencia de brotes de brócoli con diferentes días de germinación.....	7
4.	Diseño de bloques completos al azar para el test de ordenación de preferencia para brotes de brócoli.....	8
5.	Diseño de bloque completos al azar utilizados para el análisis de color de brotes de brócol.	8
6.	Resultados obtenidos del análisis de preferencia entre el tratamiento con exposición a luz y sin exposición a luz.....	11
7.	Resultados obtenidos del análisis de preferencia entre los tratamientos con diferentes días de germinación.....	12
8.	Resultados obtenidos del análisis de color a los brotes de brócoli con y sin exposición a luz solar.....	12
9.	Resultados obtenidos del análisis de textura a los brotes de brócoli con y sin exposición a luz solar.....	13
10.	Resultados obtenidos del peso de 10 gramos de semillas durante los seis días de germinación.	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1. Glucorafanina hidrolizada a sulforafano.....2
2. Incremento del peso promedio durante la germinación de 1 a 6 días.15

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1. Diagrama de flujo para la producción del prototipo de ensalada a base de brotes de brócoli.....21

1. INTRODUCCIÓN

El cáncer es de las principales causas de muerte en el mundo y la incidencia de ciertos tipos de cáncer va en aumento. En los últimos años se han diseñado dietas enfocadas en prevenir el cáncer y estas han hecho énfasis en el consumo de vegetales. Estas dietas se basan en evidencia científica profundamente estudiada que relaciona el consumo de verduras, entre ellas el brócoli, y la reducción del riesgo de contraer distintos tipos de cáncer.

Los brotes de brócoli se presentan como una propuesta sencilla y fácil de producir, para ayudar a prevenir futuros problemas fisiológicos, ya que poseen una alta concentración de compuestos con propiedades anticancerígenas. Además los brotes de brócoli contienen un bajo contenido de grasa y calorías y son una fuente rica en vitaminas, minerales y fibra además de presentar compuestos antioxidantes.

Actualmente los brotes de brócoli son ampliamente consumidos en diferentes partes de Estados Unidos y Europa como complementos en ensaladas, emparedados, sopas, etc. En América latina se conoce muy poco sobre las bondades de este producto y los beneficios que brinda la práctica de germinación de semillas, tanto en nutrición como prevención de enfermedades.

En Zamorano se pueden realizar estudios similares a este con la finalidad de generar valor agregado a frutas, hortalizas, granos y semillas producidos y comercializados tradicionalmente, además de brindar una opción a los consumidores hondureños preocupados por su salud y generar cierto interés en la población en general.

El objetivo principal de este estudio es desarrollar un prototipo de ensalada a base de brotes de brócoli lista para consumir, de buena calidad y que se adapte a los gustos y preferencias de los consumidores, adicionalmente se desea calcular el incremento de peso diario de los brotes para ayudar en un futuro estudio como potencial producto elaborado en Zamorano.

El brócoli es el vegetal que presenta la mayor concentración de glucorafanina (Nakagawa, 2006) y se pueden obtener mayores concentraciones en los brotes de este cultivo. Los brotes de brócoli presentan una concentración de 10 a 100 veces mayor de glucorafanina que el brócoli maduro (Fahey, 1997).

2.2 EFECTOS BENÉFICOS

El consumo de brotes de brócoli ayuda en el tratamiento contra la gastritis crónica bacteriana, debido a que el sulforafano ataca a la bacteria *Helicobacter pylori*, responsable de muchos de los casos de gastritis bacterial y úlceras estomacales (Fahey, 2002). En algunos casos el consumo de este producto puede erradicar totalmente la gastritis (Galan, 2004).

Reducen la incidencia de cáncer de pulmón, estómago, colon, recto, vejiga y de forma menos concisa aunque importante de cáncer de próstata, endometrio y cáncer de ovarios (Verhoeven 1996). Disminuyen el riesgo de sufrir daños a la retina del ojo por el efecto de la exposición a rayos ultravioleta (UV) (Tanito, 2005). Extractos de brotes de brócoli de uso tópico, reducen el riesgo de contraer cáncer de la piel por acción de rayos UV (Dinkova, 2006).

Este producto además ayuda a la reducción considerable de los niveles de colesterol de baja densidad (LDL) y un incremento importante en los niveles de colesterol de alta densidad (HDL) (Dr. Murashima, 2004). Ayuda en el tratamiento de enfermedades como el asma debido a las características antioxidantes, estas se deben a la acción de flavonoides (Olivares, 2005).

2.3 CONSIDERACIONES MICROBIOLÓGICAS

Los brotes de semillas crudos pueden representar un problema de seguridad alimentaria ya que las condiciones bajo las que son producidas (tiempo, temperatura, actividad de agua, pH y nutrientes) son ideales para el crecimiento exponencial de microorganismos. Además de no existir ningún paso durante el proceso de producción de brotes de semillas crudos que asegure la eliminación de los patógenos. El principal riesgo de contaminación durante la producción de brotes lo constituye la pobre sanitización y limpieza de la semilla, ya que esta es la principal fuente de patógenos (FDA, 1999).

Desde 1995, ha incrementado el número de brotes de enfermedades ocasionadas por el consumo de brotes crudos. Entre enero de 1995 y febrero de 1999 hubieron 11 brotes reportados en Estados Unidos asociados con germinados de productores comerciales, 9 de ellos ocasionados por *Salmonella* y 2 por *E. Coli O157:H7*. Se reportaron en total más de 1300 individuos afectados (FDA, 1999). Se podrían tratar térmicamente a los brotes de brócoli ya que la inactivación de *Salmonella enteritidis* y la *E. coli O157:H7* ocurre en el rango de 54.5 - 64.5 °C (Blackburn, 1997).

2.4 CONSIDERACIONES DE PRODUCCIÓN

2.4.1 Madurez de cosecha

La madurez de cosecha esta regulada principalmente por las condiciones fijadas de germinación (temperatura, humedad, pH, etc) y características preferidas por el consumidor. La longitud del brote deseada es el índice de madurez principal (Suslow, 2006). El FDA (1999) recomienda un tiempo de cosecha para los brotes de brócoli de 3 a 8 días.

2.4.2 Calidad de brotes

Entre las recomendaciones generales de calidad para los brotes de diferentes semillas tenemos que deben estar limpios, de color brillante propio del tipo de brote, sin ningún tipo de daño físico, tierra, suciedad o pudriciones, con las puntas de las raíces blancas (no pardeadas). Típicamente se cosechan y lavan sin envolturas de semillas y se retiran las semillas sin germinar (Suslow, 2006).

El método de germinación (luz, oscuridad) afecta a la calidad de los brotes, principalmente el color, también puede afectar otras características sensoriales como sabor y textura. Además, en oscuridad se sintetiza mayor cantidad de vitamina B en comparación con el método de germinación con luz y con este último se obtiene mayor concentración de vitamina C (Rueda, 2003).

Existen brotes para los cuales el color verde se considera indeseable por lo que deben ser germinados en oscuridad, esto va a depender de factores culturales y de percepción, por ejemplo en Europa se consumen principalmente germinados de brócoli de color verde, al contrario de Estados Unidos donde se prefieren de color amarillo. Los brotes que no son expuestos a la luz, son usualmente más suaves que su versión verde (Sproutpeople, 2006).

Para prolongar la vida de anaquel de los brotes de brócoli, es muy importante que exista un enfriamiento rápido de los mismos a 4 °C. Además es necesaria una humedad relativa de almacenamiento de 95 a 100%. Se recomienda el uso de plásticos rígidos para empaque (clamshells), ya que tienen ventilación limitada (Suslow, 2006).

Suslow (2006) observó que los brotes de brócoli pueden sufrir daño por congelación, de ocurrir esto, presentan un color oscuro en varias zonas y las raíces muestran zonas acuosas y vidriosas. Al calentarse se emblandecen y oscurecen rápidamente.

El escaldado ayuda a conservar la calidad de frutas y hortalizas inactivando enzimas deteriorantes causantes de malos olores, malos sabores y fallas en el color del producto. Es mejor utilizar vapor que el uso de agua caliente ya que se pierden sólidos solubles como algunas vitaminas (Paltrinieri, 1993). Someter a los brotes de brócoli a un proceso de escaldado a una temperatura de 70 °C durante 5 minutos incrementa la cantidad de sulforafano y reduce la cantidad de sulforafano nitrilo (Figura 1). (Matusheski, 2004).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 PROCESO

3.1.1 Materiales para el desarrollo del proceso

- Semillas de brócoli tratadas(*Brassica oleracea* var. *italica*).
- Agua destilada.
- Agua potable.
- Cloro granular.
- Alcohol 90%.
- Bolsas plásticas de polietileno de baja densidad.
- Platos plásticos .
- Hornilla eléctrica.
- Olla metálica.
- Bikers.
- Termómetro.
- Incubador.
- Refrigerador.

3.1.2 Métodos para el desarrollo del proceso

Con base en la revisión de literatura se desarrollo el proceso técnico para la elaboración del prototipo de ensalada a base de brotes de brócoli. El proceso se efectuó en el Centro de Evaluación de Alimentos (CEA). Con base en las pruebas preliminares y la revisión de literatura se elaboró el diagrama de flujo (anexo 1) para la elaboración del prototipo del producto.

Debido a la dificultad de conseguir semillas orgánicas de brócoli, se utilizó semilla tratada de brócoli sometida a un lavado riguroso. Se realizó un lavado a las semillas con un flujo constante de agua potable durante 30 minutos y con la ayuda de un tamiz.

Se coloco papel toalla sobre platos plásticos limpios y desinfectados con alcohol al 90%. Sobre esto se colocaron las semillas y se agregó agua potable a los platos hasta llegar a un nivel igual a la mitad del diámetro de las semillas (1 mm. aproximadamente). Se cubrieron las muestras con platos plásticos para evitar que pierdan humedad. Los platos plásticos se colocaron dentro del incubador a 28°C. ya que como afirma FAXSA (2006), esta es la temperatura óptima para la germinación de la semilla de brócoli.

La humedad relativa promedio del incubador fue de 99%. Para evitar el crecimiento de hongos y mohos, las semillas se lavaron con agua purificada no desmineralizada tres veces al día. A partir del tercer día se removían los brotes una vez al día para evitar que las raíces se entrelacen y creen una red compacta que dificulte su lavado y ocasionen posibles daños físicos a los brotes. Los tratamientos que lo requerían fueron expuestos a dos horas de luz solar indirecta. Luego se lavaron los brotes con agua clorada a 200ppm. después se sometieron a un escaldado con vapor a 70 °C durante 5 minutos. Para esto se colocaron las muestras en un biker de 500 ml, dentro de una olla metálica tapada con agua en el interior a un nivel aproximado de 3 centímetros. Se colocó la olla sobre una hornilla y se colocó el termómetro dentro del biker. Luego los brotes se lavaron con agua clorada a 200ppm con la finalidad de desinfectar y de enfriar las muestras. Se removieron manualmente las envolturas de semillas. Luego de escurridos, se guardaron los brotes en bolsas plásticas de polietileno de baja densidad. Finalmente se refrigeraron las muestras a 4 °C.

3.2 ANÁLISIS SENSORIAL.

3.2.1 Materiales para el análisis sensorial

- Brotes de brócoli producidos con exposición a luz solar.
- Brotes de brócoli producidos sin exposición a luz solar.
- Brotes de brócoli con 4, 5 y 6 días de germinados.
- Neutralizadores de paladar (galletas soda, agua).
- Vasos.
- Platos.
- Tenedores.
- Servilletas.

3.2.2 Métodos para el análisis sensorial

Se utilizó un grupo focal conformado por 10 personas en un rango de 18 a 23 años, el análisis sensorial se dividió en dos partes, la primera sirvió para determinar la preferencia entre brotes de brócoli producidos con exposición a luz solar y sin exposición a esta y la segunda para determinar la preferencia del grupo focal hacia brotes producidos con diferentes días de crecimiento (4, 5, y 6 días).

3.2.2.1 Luz vs. Oscuridad

Para determinar el método de germinación (luz, oscuridad) que produce brotes de brócoli con una mayor aceptación percibida por parte de los consumidores, se realizó un análisis sensorial de preferencia utilizando un BCA evaluando color, aroma, textura, sabor, sabor residual y apariencia general de dos tratamientos con cinco días de crecimiento: Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos, siendo la calificación 1 equivalente a desagradable y 5 agradable. Los bloques fueron los panelistas, se evaluaron 2 tratamientos se tuvo un total de 20 unidades experimentales, con 3 repeticiones en días diferentes.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados para determinar el mejor método de germinación (luz, oscuridad) desde el punto de vista de calidad física percibida (Zamorano, 2006).

Tratamiento	Descripción
TA1	Brotos con exposición a luz (verdes)
TA2	Brotos sin exposición a luz (amarillos)

Cuadro 2. Diseño de bloques completos al azar para análisis sensorial de luz vs. oscuridad en brotes de brócoli (Zamorano, 2006).

Panelista	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
1	TA1 TA2	TA1 TA2	TA1 TA2
2	TA1 TA2	TA1 TA2	TA1 TA2
3	TA1 TA2	TA1 TA2	TA1 TA2
4	TA1 TA2	TA1 TA2	TA1 TA2
5	TA1 TA2	TA1 TA2	TA1 TA2
6	TA1 TA2	TA1 TA2	TA1 TA2
7	TA1 TA2	TA1 TA2	TA1 TA2
8	TA1 TA2	TA1 TA2	TA1 TA2
9	TA1 TA2	TA1 TA2	TA1 TA2
10	TA1 TA2	TA1 TA2	TA1 TA2

3.2.2.2 Días de germinación

Se realizó un test de ordenación entre tres muestras con un diseño BCA, este contó con la ayuda de un grupo focal, se realizaron tres repeticiones con dos días entre sesión. El siguiente cuadro muestra los tratamientos utilizados para determinar los días necesarios para producir brotes de brócoli con la mayor calidad percibida:

Cuadro 3. Tratamientos utilizados para evaluar la preferencia de brotes de brócoli con diferentes días de germinación (Zamorano, 2006).

Tratamientos	Descripción
TB1	Brotos de 4 días
TB2	Brotos de 5 días
TB3	Brotos de 6 días

Se observó en las pruebas preliminares que los brotes de brócoli producidos sin un medio de cultivo se marchitan a partir del 7 día por lo que se prefirió realizar el análisis con 4, 5 y 6 días.

Cuadro 4. Diseño de bloques completos al azar para el test de ordenación de preferencia para brotes de brócoli (Zamorano, 2006).

Panelista	Rep 1	Rep 2	Rep 3
1	TB1 TB2 TB3	TB3 TB1 TB2	TB2 TB3 TB1
2	TB1 TB2 TB3	TB3 TB1 TB2	TB2 TB3 TB1
3	TB1 TB2 TB3	TB3 TB1 TB2	TB2 TB3 TB1
4	TB1 TB2 TB3	TB3 TB1 TB2	TB2 TB3 TB1
5	TB1 TB2 TB3	TB3 TB1 TB2	TB2 TB3 TB1
6	TB1 TB2 TB3	TB3 TB1 TB2	TB2 TB3 TB1
7	TB1 TB2 TB3	TB3 TB1 TB2	TB2 TB3 TB1
8	TB1 TB2 TB3	TB3 TB1 TB2	TB2 TB3 TB1
9	TB1 TB2 TB3	TB3 TB1 TB2	TB2 TB3 TB1
10	TB1 TB2 TB3	TB3 TB1 TB2	TB2 TB3 TB1

3.3 COLOR

3.3.1 Materiales para el análisis de color

- Colorflex Hunterlab
- Brotes de brócoli.

3.3.2 Métodos para el análisis de color

Se utilizó el Colorflex de Hunterlab para asignar valores (L, a, b) a las muestra con exposición a luz solar (TA 1, Cuadro 1) y las muestras sin exposición a luz solar (TA 2, Cuadro 1) y determinar si existe diferencia significativa (<0.05) en cuanto a color.

Cuadro 5. Diseño de bloque completos al azar utilizados para el análisis de color de brotes de brócol (Zamorano, 2006).

	Rep 1	Rep 2	Rep 3
Medición 1	T1 T2	T1 T2	T1 T2
Medición 2	T1 T2	T1 T2	T1 T2
Medición 3	T1 T2	T1 T2	T1 T2

3.4 TEXTURA

3.4.1 Materiales para el análisis de textura

- Texturometro Instron 4444.
- Acople Kramer Shear Cell.
- Brotes de brócoli.

3.4.2 Métodos para el análisis de textura

Para hacer análisis de textura y determinar si existen diferencias significativas entre el tratamiento sometido a luz solar (TA 1, Cuadro 1) y el tratamiento sin exposición a luz solar (TA 2, Cuadro 1) se utilizó el texturómetro Instron 4444 con el acople Kramer Shear Cell para determinar la fuerza (kN) máxima requerida para cortar los brotes de brócoli. Se utilizaron 5 gramos de brotes por análisis, se realizaron tres repeticiones y se tomaron 3 datos por repetición.

3.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.

Para determinar si los brotes de brócoli producidos bajo estas condiciones son aptos para el consumo humano se realizó el conteo de coliformes totales y aerobios totales.

3.5.1 Materiales para los análisis microbiológicos

- Violet Red Bile Agar (catálogo #DF 0021-17, Fisher Scientific).
- Plate Count Agar (catálogo #DF 0012-17, Fisher Scientific).
- Platos Petri (catálogo #08-757-13, Fisher Scientific).
- Bolsas para muestras estériles (catálogo #01-002-44, Fisher Scientific).
- Tubos de ensayo (catálogo #05-529-1C, Fisher Scientific).
- Puntas para pipeta estériles (catálogo #02-681-142, Fisher Scientific).
- Barras magnéticas (catálogo #14-511-62, Fisher Scientific).
- STOMACHER[®] (catálogo #12812, Fisher Scientific).
- Mechero (catálogo #03-902, Fisher Scientific).
- Incubador (modelo 116D serie 100, Fisher Scientific).
- Autoclave (modelo 109-85-E, Market Force Industries Inc).
- Balanza analítica (MERRLER Modelo AE200).

3.5.2 Métodos para los análisis microbiológicos

Se evaluó el tratamiento preferido por el grupo focal, brotes de brócoli con exposición a luz solar de 5 días de germinados inmediatamente después del escaldado. Se realizaron tres repeticiones en 3 días diferentes. Para el conteo de coliformes totales se realizaron diluciones de 10^{-1} y para aerobios totales diluciones de 10^{-3} y 10^{-4} . Posteriormente se incubaron los platos a una temperatura de 35° C durante 24 horas.

3.6 RENDIMIENTOS

3.6.1 Materiales para el cálculo de rendimientos

- Semillas de brócoli de 1 a 6 días de germinadas.
- Papel Toalla.
- Balanza de precisión Denver Instrumental Modelo XIE-50.

3.6.2 Métodos para el cálculo de rendimientos

Para calcular los rendimientos de brotes obtenidos se pesaron 10 gramos de semillas diariamente hasta el 6to día de germinación. Se realizaron tres repeticiones. Las semillas fueron escurridas y secadas con papel toalla antes de cada medición de pesos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS SENSORIAL.

4.1.1 Luz vs. Oscuridad

El grupo focal no encontró diferencias significativas (<0.05) en cuanto a aroma, textura, sabor y sabor residual y si encontró diferencia significativa (<0.05) para color y apariencia general. Prefiriendo el tratamiento con exposición a luz (TA1) tanto en color como en apariencia general. Así también se encontró un coeficiente de variación mayor a 30, lo que puede deberse a la falta de entrenamiento del grupo focal.

Cuadro 6. Resultados obtenidos del análisis de preferencia entre el tratamiento con exposición a luz y sin exposición a luz (Zamorano, 2006)¹.

Atributos	Tratamientos					
	Luz			Oscuridad		
Color	2.966 ^a	±	0.76	2.201 ^b	±	0.99
Aroma	2.133 ^a	±	0.84	2.100 ^a	±	1.01
Textura	3.166 ^a	±	0.79	2.833 ^a	±	0.99
Sabor	2.566 ^a	±	0.86	2.230 ^a	±	0.86
Sabor residual	2.400 ^a	±	0.85	3.133 ^a	±	1.01
E. general	2.966 ^a	±	0.93	2.200 ^b	±	1.01

¹Valores en las filas con letras iguales no son diferentes significativamente ($P>0.05$).

El proceso de elaboración de los brotes de brócoli produjo etiolación de las plántulas, la exposición a la luz se realizó únicamente por dos horas durante el proceso de producción por lo que tanto los brotes verdes como los amarillos tenían aproximadamente el mismo tamaño y como lo demuestra el análisis sensorial y físico tenían las mismas características físicas.

Se puede observar que el grupo focal presentó una mayor evaluación general por el tratamiento con exposición a luz solar, esto nos muestra que la preferencia del grupo focal por el consumo de brotes de brócoli se adapta según Sproutpeople (2006) a las preferencias europeas para este tipo de alimentos.

4.1.2 Días de germinación

Se obtuvo como resultado que el grupo focal prefirió los brotes con exposición a luz de 5 días sobre los brotes expuestos a luz de 4 y 6 días. Este valor nos da una referencia para producir un alimento con mayor aceptación por parte de los consumidores.

Cuadro 7. Resultados obtenidos del análisis de preferencia entre los tratamientos con diferentes días de germinación (Zamorano, 2006)¹.

Tratamiento	Calificación		
5 días de germinación	1.500 ^a	±	0.682
4 días de germinación	2.100 ^b	±	0.711
6 días de germinación	2.400 ^c	±	0.813

¹ Valores en las filas con letras diferentes no son significativamente iguales ($P>0.05$).

Se observó que los brotes de brócoli de cuatro días presentaron mucho menor tamaño en comparación con los brotes de 5 y 6 días. Por ser dicotiledónea y tener una germinación epigea a los 5 y 6 días se podían observar los cotiledones abiertos, esto no ocurría a los 4 días de germinación donde la mayor parte de los cotiledones estaban juntos y dentro de la envoltura de la semilla. Los brotes de 5 días tuvieron un aspecto más agradable para los consumidores. Los brotes de 6 días estaban más etiolados con los cotiledones delgados.

Los brotes de brócoli de color verde con 5 días de germinación fueron los preferidos sobre los brotes de 6 días que presentaban mayor grado de etiolación y los de 4 días que tenían menor longitud y poseían los cotiledones juntos.

4.2 COLOR

Al igual que en análisis sensorial se encontraron diferencias significativas en cuanto a color (<0.05) entre el tratamiento sometido a exposición a luz solar y el tratamiento sin esta exposición.

Cuadro 8. Resultados obtenidos del análisis de color a los brotes de brócoli con y sin exposición a luz solar (Zamorano 2006)¹.

Atributos	Tratamientos			
	Luz		Oscuridad	
L	41.321 ^a	± 1.908	55.19 ^b	± 2.236
a	-3.290 ^a	± 0.659	2.828 ^b	± 0.388
b	14.085 ^a	± 0.739	20.304 ^b	± 0.928

¹ Valores en las filas con letras iguales no son diferentes significativamente ($P>0.05$).

Se puede determinar que la luz solar cambia significativamente ($P>0.05$) el color de los brotes de brócoli en dos horas de exposición, los demás atributos (textura, sabor y olor) no se vieron afectados por este paso en el proceso. También se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre las repeticiones, es decir que la exposición a luz solar no fue similar entre repeticiones (días). Esta variación se creó por la no disponibilidad de un germinador que permita la exposición a luz y oscuridad simultáneamente para desarrollar el experimento. En las pruebas preliminares se determinó que con la utilización de lámparas fluorescentes para inducir a la síntesis de clorofila en la planta, se necesitaban varias horas y se generaba la variabilidad producida por la temperatura.

4.3 TEXTURA

No se encontraron diferencias significativas en textura ($P<0.05$) entre el tratamiento sometido a exposición a luz solar y el tratamiento sin esta exposición. Se determinó que la fuerza necesaria para cortar 5 gramos de brotes de brócoli es de 0.1163 kN lo que nos da una fuerza requerida de 0.02327 kN/g de producto.

Cuadro 9. Resultados obtenidos del análisis de textura a los brotes de brócoli con y sin exposición a luz solar (Zamorano, 2006)¹.

Atributos	Tratamientos					
	Luz			Oscuridad		
Textura	0.116377 ^a	±	0.003	0.116333 ^a	±	0.001

¹ Valores en las filas con letras iguales no son diferentes significativamente ($P>0.05$).

Con estos datos podemos determinar que el método de exposición solar no generó cambios significativos ($P<0.05$) en cuanto a textura, al igual que los datos obtenidos del análisis sensorial.

4.4 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

4.4.1 Aerobios totales

Los brotes de brócoli después de el escaldado y la desinfección con cloro presentaron en promedio 6.1×10^3 UFC/g. de aerobios totales. Estos valores cumplen con los estándares de calidad establecidos por la Secretaría de Salud Mexicana ($<1 \times 10^5$ UFC/g.) de acuerdo a la norma NOM-093-SSA1-1994.

4.4.2 Coliformes totales

Se encontraron 25 UFC/ml de coliformes totales en los brotes de brócoli. Este rango está permitido por la Secretaría de Salud Mexicana (<100 UFC/g) según la norma NOM-093-SSA1-1994. Lo que nos muestra que este alimento es legalmente apto para el consumo humano. Aunque al igual que la mayoría de los alimentos puede presentar

un riesgo a la salud. El punto del proceso que elimina la mayor cantidad de microorganismos es el escaldado. Se debe asegurar someter a los brotes durante un tiempo adecuado (5 min.) y 70 grados centígrados ya que además según Matusheski (2004), esta temperatura contribuye en el proceso de síntesis del sulforafano, compuesto con propiedades anticancerígenas.

Teóricamente los brotes de brócoli no deben tener presencia de *E. coli O157:H7* ni *Salmonella enteroditis*, ya que fueron sometidos a un proceso de escaldado con vapor a 70 grados centígrados durante 5 minutos. La inactivación de estos dos microorganismos ocurre en el rango entre 54.5 - 64.5 °C durante 1 segundo. Es necesario un análisis de vida útil de la ensalada de brotes empacada y refrigerada.

4.5 RENDIMIENTOS

El siguiente cuadro muestra el peso (gramos) de las semillas en los diferentes días de germinación en las tres repeticiones, el promedio final y el incremento de peso con relación a los 10 gramos iniciales.

Cuadro 10. Resultados obtenidos del peso de 10 gramos de semillas durante los seis días de germinación (Zamorano, 2006).

Días de Germinación	Peso (g.) Rep 1	Peso (g.) Rep 2	Peso (g.) Rep 3	Peso (g.) Promedio	Relación Brotes/Semilla
0	10.000	10.000	10.000	10.000	--
1	21.488	22.116	21.794	21.799	2.18
2	28.161	29.554	29.596	29.104	2.91
3	33.718	36.711	34.037	34.822	3.48
4	43.630	48.259	46.654	46.181	4.62
5	63.507	72.868	68.599	68.324	6.83
6	81.899	89.940	86.393	86.077	8.61

Se puede observar que el crecimiento promedio de las semillas presenta un incremento polinomial (Figura 2) ($y = 2.1061x^2 - 1.8741x + 22.335$, $R^2 = 0.9938$).

Los rendimientos en una relación brotes/semilla son de 6.8:1, es decir que se obtienen 6.8 kilogramos de brotes de brócoli de 5 días de germinados por cada kilogramo de semillas. Este valor sirve de referencia para una potencial explotación de este producto

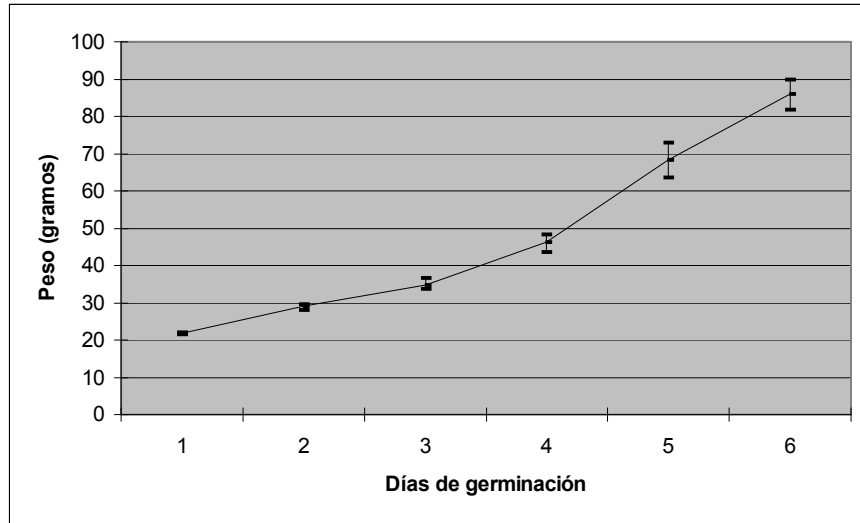


Figura 2. Incremento del peso promedio durante la germinación de 1 a 6 días (Zamorano, 2006).

5. CONCLUSIONES

Una ensalada a base de brotes de brócoli con 5 días de germinación producida con exposición a luz va a ser más aceptada por los consumidores.

La exposición a luz solar de los brotes de brócoli durante dos horas afecta considerablemente el color; los demás atributos físicos no se ven afectados.

De acuerdo a la norma NOM-093-SSA1-1994 emitida por la Secretaría de Salud de México, desde el punto de vista microbiológico el alimento es apto para el consumo humano al final del proceso de producción.

El rendimiento promedio en relación brotes/semilla fue de 6.83 kilogramos de brotes por kilogramo de semilla.

6. RECOMENDACIONES

Realizar un análisis de vida útil para este producto utilizando diferentes tipos de empaques.

Realizar estudios utilizando diferentes combinaciones de temperatura y tiempo al momento de la pasteurización para obtener un alimento de mejor calidad microbiológica.

Realizar estudios de mercados para este producto.

Realizar evaluaciones sensoriales con un mayor número de panelistas para detectar diferencias entre tratamientos.

7. BIBLIOGRAFÍA

AACR. 2005. Broccoli Sprouts, Cabbage, Ginkgo Biloba and Garlic: A Grocery List for Cancer Prevention. Philadelphia, PA, US: AACR. Disponible en: <http://www.aacr.org/default.aspx?p=1275&d=553>. Consultado el 10 de septiembre de 2006.

Blackburn, C. 1997. Development of thermal inactivation models for *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli* O157:H7 with temperature, pH and NaCl as controlling factors. Int. J Food Microbiol. 38(1): 31-44.

Dinkova A, *et al.* 2006. Protection against UV-light-induced carcinogens in sklt-1 high-risk mice by sulforaphane – containing broccoli sprout extracts. Cancer letters. 240 (2): 243 – 252.

Fahey, J. *et al.* 1997. Broccoli Sprouts. An exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens. Proc. Natl. Acad. Sci. 94 (19): 10367 – 10372.

Fahey, J. *et al.* 2002. Sulforaphane inhibits extracellular, intracellular and antibiotic-resistant strains of *Helicobacter pylori* and prevents benzo[a]pyrene-induced stomach tumors. Proc. Natl. Acad. Sci. 99 (11): 7610 – 7615.

FDA. 1999. FDA's Proposed New Guidelines for the Sprout Industry. Washington, D.C. US: FDA. Disponible en: <http://www.sproutpeople.com/docs/guidance.pdf> Consultado el 10 de septiembre de 2006.

Galan, M. *et al.* 2004. Oral Broccoli Sprouts for the Treatment of Helicobacter pylori Infection: A Preliminary Report. Digestive Diseases and Sciences, 49(7): 1088-1090.

IFIC. 2004. Background on Functional Foods. Washington, DC, US: IFIC. Disponible en: <http://ific.org/nutrition/functional/index.cfm>. Consultado el 10 de septiembre de 2006.

Murashima, M. *et al.* 2004. Phase 1 study of multiple biomarkers for metabolism and oxidative stress after one-week intake of broccoli sprouts. Biofactors. 22 (2) : 271-275.

Olivares, I. 2005. Perspectivas del uso de antioxidantes como coadyuvantes en el tratamiento del asma. Rev. Inst. Nal. Enf. Resp. Mex. 18 (2): 154-161.

Paltrinieri, G. 1993. Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala. Roma, Italia: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5062S/x5062S00.htm#Contents> Consultado el 10 de septiembre de 2006.

Rueda C. 2003. Curso de germinados. Sabinánigo – Huesca, Es: Los verdes. Disponible en: www.losverdes-sos.org/articulos/germinados.htm. Consultado el 10 de septiembre de 2006.

Savage, G. P. 1990. Nutritional Value of Sprouted Mung Beans, *Nutrition Today*, 25(3).

Sproutpeople. 2006. Sprouting Seed. Broccoli. San Francisco, CA, US: Sproutpeople. Disponible en: www.sproutpeople.com/seed/broccoli.html. Consultado el 10 de septiembre de 2006.

Staaf, K. 2005. Mounting Evidence Shows Compound Found In Broccoli Sprouts Is A Powerful Disease Fighter. New study shows sulforaphane significantly reduces cholesterol in just one week. Baltimore, MD, US. Disponible en: <http://healthyherbs.about.com/gi/dynamic/offsite.htm?zi=1/XJ&sdn=healthyherbs&zu=http%3A%2F%2Fwww.brassica.com%2Fpress%2Fpr0019.htm> Consultado el 10 de septiembre de 2006.

Talalay, P. 1999. The War against Cancer: New Hope. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 143 (1): 52-72.

Tanito, M. *et, al.* 2005. Sulforaphane induces thioredoxin through the Antioxidant-responsive Element and attenuates Retinal light damage in mice. *Invest. Ophthalmol. Mol. Vis. Sci.* 46 (3): 979 – 987.

Verhoeven. D. *et, al.* 1996. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*. Epidemiological studies on brassica vegetables and cancer risk. (5): 733-748.

8. ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de flujo para la producción del prototipo de ensalada a base de brotes de brócoli (Zamorano, 2006).

