

Efecto de la temperatura de concentración de pulpa de kiwi sobre el color, clorofila y ácido ascórbico

Marco Schwartz M., Hugo Núñez K., Ana María Muñoz A.

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile, Santiago de Chile

RESUMEN. Se investigó las mejores condiciones de operación para elaborar pulpa concentrada de kiwi a 32°Brix, utilizando temperaturas de 25,30,35,40 y 45°C. Estas condiciones se mantuvieron durante todo el proceso, modificando convenientemente la presión. Para escoger la pulpa de mejor calidad, se analizó el color Munsell y sensorial y la retención de vitamina C y clorofilas. Los tratamientos efectuados a temperaturas de concentración de 25 y 30°C presentaron, en la mayoría de las variables estudiadas, poco deterioro difiriendo de manera importante con los tratamientos a 35,40 y 45°C. Los valores en ácido ascórbico no presentan diferencias significativas ($P<0,95$) en los distintos tratamientos. No sucede así con la clorofila, después de los 35°C disminuye al 30% de la que presenta la pulpa concentrada a 25°C. Sobre 40°C sólo se encontraron trazas de clorofila no cuantificables. En cuanto al color sensorial, tanto a 25°C como 30°C, no se modificó mayormente correspondiendo los valores a "verde brillante". El deterioro fue evidente en la pulpa concentrada a 35°C, con una calificación de "verde-amarillo" y de "pardo-verdoso" para el tratamiento a 45°C. El color medido con disco Munsell refleja también esta relación, donde a medida que aumenta la temperatura de concentración, disminuye el porcentaje de color verde para ir aumentando el porcentaje de color pardo notoriamente. **Palabras clave:** Pulpa de kiwi, concentración, color, clorofila, ácido ascórbico.

SUMMARY. Effect of concentration temperature of kiwifruit pulp on colour, chlorophyll and ascorbic acid. A study was established to evaluate concentration temperatures (25,30,35,40 and 45°C) on kiwifruit pulp concentrated to 32° Brix, with vacuum regulation. Munsell and sensorial colour, ascorbic acid and chlorophyll amount remanent were analyzed. Both, 25 and 30°C concentration temperatures treatments, in the most of variables, experimented low deteriorate and differ with the other treatments. Ascorbic acid measurements had not significative differences ($P<0,95$). Chlorophyll assays showed a decreased (70%) in the amount remanent over 35°C in comparison to 25°C treatments. 40 and 45°C treatments showed traces of chlorophyll. Sensorial colour did not showed variations on 25 and 30°C treatments; they were clasified as bright green. Other treatments present colour deteriorate: 35°C treatment was green-yellowish clasified, and 45°C treatments brown-greenish categories. Munsell colour showed the same relations, were increasing the concentration temperatures, decrease the green colour and increase the yellow colour.

Key words: Kiwifruit pulp, concentration, colour, ascorbic acid.

INTRODUCCION

El atractivo color verde que posee el kiwi está relacionado principalmente por su contenido en clorofila. La clorofila es muy lábil a la exposición de la luz, calor, oxígeno, provocando su degradación química (1). Se ha demostrado que la tasa de desnitrificación de la clorofila se relaciona con el aumento de acidez total, debido a que los ácidos se empiezan a desprender desde los tejidos de las plantas durante el calentamiento. Trabajos realizados en kiwi sometido a tratamiento térmico (2-5), encontraron que toda la clorofila se degradó transformándose en feofitina, cambiando el color de verde brillante a pardo oliva, y es dependiente de la cantidad de ácido formado durante el procesamiento y almacenamiento. Lo que ha sido corroborado por Robertson y Swinburne (6), en rodajas de kiwi enlatadas sometidas a un tratamiento térmico de 100°C durante 15 minutos, encontrando que el 90% la clorofila fue degradada cambiando el color a pardo-amarillo y Cano y

Marín (7), quienes procesaron conservas de kiwi por métodos convencionales produciéndose un importante cambio en el color y en los pigmentos originales obteniendo un producto comercial de apariencia pardo amarillo.

Se ha observado que la pulpa de kiwi al ser sometida a ebullición por dos horas a presión atmosférica, disminuye el contenido de ácido ascórbico en un 20%, oxidándolo a ácido dehidroascórbico y metabolizándose este último posiblemente en ácido diceto-1-gulónico (8).

La pulpa de kiwi que actualmente se produce y comercializa esta congelada y no ha sido concentrada. La eliminación del agua de una pulpa de cualquier fruta se hace industrialmente por evaporación. Sin embargo, en el caso del kiwi, la elaboración de la pulpa concentrada en cierta medida es compleja, por cuando su contenido en pectina dificulta la eliminación de agua por el aumento de la viscosidad y las temperaturas superiores a 65°C (de uso habitual en la industria) dañan el producto, como se ha señalado antes. Esto,

obliga a recurrir a alguna técnica de concentración que mantenga o deteriore poco las características de la pulpa fresca tanto desde el punto de vista sensorial como nutritivo.

La pérdida de clorofila podría ser retardada si el contenido de humedad en un vegetal se reduce, es decir, cuando se logra disminuir la Aw. Se postula que a baja actividad de agua las clorofilas son parceladas en compartimiento no reactivos, puesto que el agua no está disponible para la reacción que forma feofitina (4).

De acuerdo con lo expuesto se ha planteado elaborar pulpa de kiwi concentrada a diferentes temperaturas a presión reducida y evaluar su efecto sobre el contenido de vitamina C, clorofila y el color.

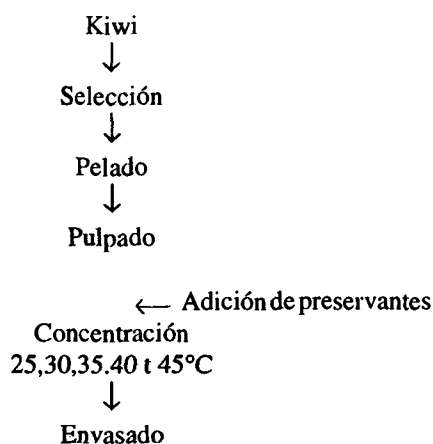
MATERIAL Y METODOS

Se utilizó como materia prima desecho de exportación de kiwi, variedad Hayward, proveniente de plantas embaladoras de la V Región. Para que la fruta desarrollara al máximo sus características sensoriales se mantuvo en una cámara de maduración de 20°C hasta alcanzar 13 a 15°Brix.

Se elaboró pulpa concentrada de kiwi a 32°Brix; la eliminación de agua se hizo a 25,30,35,40 y 45°C a presión reducida, donde el tiempo necesario para alcanzar la concentración deseada fue de 15 a 20 minutos.

El proceso (Figura 1) comprendió una selección, lavado, triturado (Molino Bücher), tamizado (malla 1,0 mm), concentración (rotavapor Büchi automatizado, modelo RE 140) y envasado (polietileno opaco).

FIGURA 1
Obtención de pulpa concentrada de kiwi



Previo a la elaboración de la pulpa concentrada se caracterizó la materia prima, considerando los siguientes aspectos: resistencia a la presión (presionómetro Effigi con vástago 5/16"); sólidos solubles (°Brix); pH, acidez (% ácido cítrico); actividad de agua (anализador Luff modelo 5803) y ácido ascórbico total (método de la dinitrofenilhidracina) (9).

Para conocer la mejor temperatura de proceso en la elaboración de pulpa concentrada de kiwi, se consideraron los siguientes análisis: ácido ascórbico total, sólidos solubles, color sensorial (1 a 9: pardo a verde oscuro), color (disco Munsell: disco verde 5GY 5/8; amarillo 5 y 5/6 y disco negro N3), clorofila a, b y total (método espectrofotométrico de Vernon (10), adaptado por Venning et al) (3).

Se hizo un diseño experimental completamente aleatorizado, considerando como tratamiento las cinco temperaturas de concentración. Cada tratamiento constó de tres repeticiones y sus resultados fueron sometidos a análisis de varianza y a pruebas de rango múltiple de Duncan cuando los tratamientos presentaron diferencias significativas ($P < 0,95$). Para la determinación de la temperatura óptima de concentración se realizó un análisis multivariante de grupo ("cluster").

DISCUSION

Caracterización de la materia prima

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la caracterización de la materia prima. Uno de los análisis usados para evaluar la madurez de consumo del kiwi es la firmeza, se considera que el valor de resistencia a la presión para una buena madurez de consumo fluctúa entre 1,10 y 1,32 lb (11-13), rango dentro del cual está incluida la materia prima de este estudio (1,24 lb). Los resultados de pH, acidez, sólidos solubles y vitamina C, están dentro de los rangos normales señalados por diversos autores, los cuales oscilan entre 3,31-3,6; 0,9-1,6 (% ácido cítrico); 14,0-15,1 (°Brix) y 98,3-106,7 (mg/100 g pulpa), respectivamente (14-17).

TABLA 1
Características físicas y químicas del fruto kiwi

Análisis	Valor
Resistencia a la presión (lb)	1,24
pH	3,41
Acidez (g/100g de ácido cítrico)	1,62
Sólidos solubles (°Brix)	14,30
Vitamina C (mg/100g pulpa)	104,47
Clorofila total (mg/kg pulpa)	8,48
Clorofila a (mg/kg pulpa)	5,30
Clorofila b (mg/kg pulpa)	3,17
Actividad de agua (Aw)	0,96

Respecto del contenido total de clorofila, éste sería similar al registrado por Fuke et al (18), el que alcanzó alrededor de 9,15 mg/kg cuando los frutos fueron madurados en postcosecha durante 21 días. El valor de la relación de clorofila a/b obtenida en la presente investigación (1,7/1,0), fue menor a la encontrada por estos investigadores (3,1/1,0). En otro estudio efectuado por Robertson (2), donde se eliminaron las semillas y la placenta, se determinó tanto para el contenido de este pigmento fotosintético como para la relación a/b un valor superior al

medido en este trabajo, el cual fue de 17,5 mg/kg y 2,1/1,0 respectivamente.

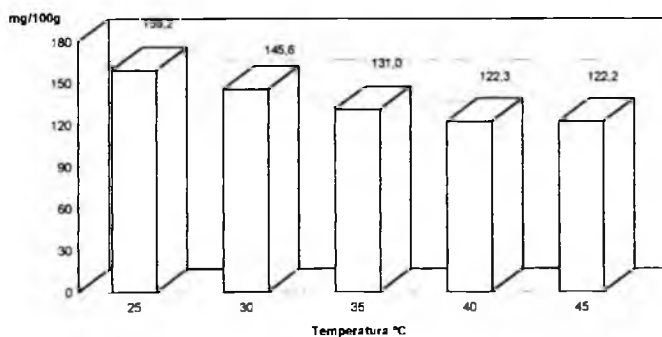
El valor de actividad de agua (A_w) es suficientemente elevado como para que un alimento se deteriore, pues existe disponibilidad de agua para el crecimiento microbiano y la actividad enzimática, de ahí la necesidad de disminuir la A_w para prolongar su vida útil.

Determinación de la temperatura óptima de proceso

Vitamina C: Con respecto del contenido de vitamina C, esta no experimentó diferencias estadísticas significativas, aunque se evidenció una disminución de su contenido con el aumento de la temperatura desde 159,2 a 122,2 mg/100g (Figura 2). Lo anterior lo respalda un trabajo realizado por Fennema (19), en el cual sometió diferentes productos a temperaturas desde 20 a 40°C durante 24 horas, concluyendo que la pérdida de vitamina C depende básicamente de la temperatura de trabajo y del producto estudiado. Por otro lado, Okuse et al (8), observaron que la pulpa de kiwi al ser sometida a ebullición por dos horas a presión atmosférica, disminuye el contenido de ácido ascórbico en un 20%, oxidándolo a ácido dehidroascórbico y metabolizándose este último posiblemente en ácido diceto-1-gulónico. Además, afirma que la pulpa de kiwi al ser homogeneizada durante una hora, todo el ácido ascórbico se oxida a dehidroascórbico, sin cambiar el contenido total de ácido ascórbico.

FIGURA 2

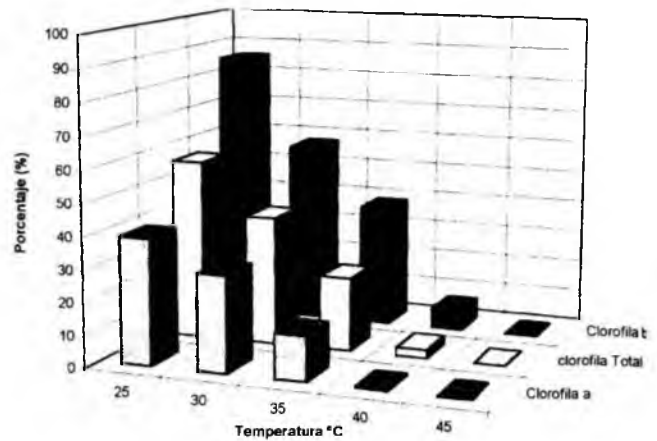
Contenido de ácido ascórbico, en pulpa concentrada de kiwi procesada a cinco temperaturas



Clorofila: En cuanto al contenido de clorofila, se observaron diferencias estadísticas significativas, tanto para las formas a, b y total. El deterioro que sufre este pigmento cuando es sometido al calor, se puede apreciar en la Figura 3, por el porcentaje de retención que permanece después del tratamiento térmico. Este cálculo se efectuó estandarizando los sólidos solubles de la materia prima a los sólidos solubles de la pulpa concentrada, considerando además el contenido de clorofila a, b y total de la materia prima estandarizada como patrón con un nivel inicial de 100%.

FIGURA 3

Porcentaje de retención de clorofila al obtener pulpa concentrada de kiwi a cinco temperaturas



De este modo, se observa una disminución de la clorofila total a 57 (25°C); 40 (30°C); 23 (35°C); 3 (40°C) y 0% (45°C). Este deterioro es comparable con los resultados informados por Venning et al (3) en pulpa natural de kiwi, quienes demostraron que la degradación de la clorofila fue directamente proporcional al aumento de temperatura, existiendo una rápida transformación a 20°C en relación con temperaturas más bajas de 10 a 0°C.

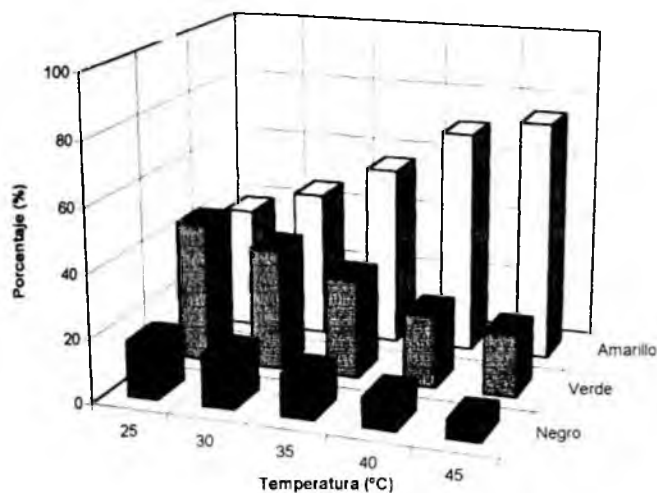
Esta degradación de la molécula de clorofila se puede explicar por la fácil sustitución del átomo de magnesio de este pigmento por protones con formación de feofitina, particularmente en condiciones ácidas. Esta reacción de feofitización es el mecanismo más común por el que desaparece el color verde de muchas frutas (4). Se debe considerar que la clorofila se encuentra protegida en los cloroplastos, los cuales colapsan cuando se homogeneiza el producto perdiendo la protección de la estructura original, transformándose en feofitina por los iones de hidrógeno cargados positivamente que alcanzan la porción pirrol de la molécula en la interfase lípido-agua (20).

En la Figura 3, se observa claramente que la forma b de la clorofila es menos susceptible a la feofitización que la forma a, apreciándose un elevado porcentaje de retención de la forma b, luego de ser tratada térmicamente; disminuyendo de esta manera, la relación a/b de la pulpa cuando esta es sometida al proceso térmico de 1,7/1,0 a 0,8/1,0 (25°C); 0,9/1,0 (30°C); 0,6/1,0 (35°C) y 0,1/1,0 (40°C).

Color: Se aprecia en la Figura 4, que mientras mayor fue la temperatura el color amarillo aumentaba en desmedro de los colores verde y negro, virando el concentrado desde un tono verde a uno amarillo. Resultado similar registró El-Zalaki y Luh (14), quienes sometieron concentrados de kiwi a temperaturas desde 71,1 hasta 87,8°C durante un minuto, obteniendo un producto más amarillo y menos verde después del

tratamiento, debido a la degradación de la clorofila y a la formación de pigmentos amarillos.

FIGURA 4
Evolución del color Munsell al procesar kiwi a diferentes



Lo anterior es ratificado por el cambio de color sensorial, observándose en la Tabla 2 las diferencias significativas obtenidas al analizar este atributo. Se puede apreciar que existe un aumento en el deterioro del color cuando la temperatura utilizada fue mayor, es así que los concentrados sometidos a 25 y 30°C resultaron tener diferencias estadísticas significativas al resto de los tratamientos, variando el color desde verde brillante para las dos menores temperaturas trabajadas hasta verde pardo para el tratamiento a 45°C.

TABLA 2

Valores promedios del color sensorial de las pulpas de kiwi concentradas a 32°Brix

Temperatura (°C)	Valor	Concepto
25	8.11 a	Verde brillante
30	7.81 a	Verde brillante
35	6,31 b	Verde amarillo
40	5.50 bc	Verde amarillo
45	4.56 c	Verde pardeado

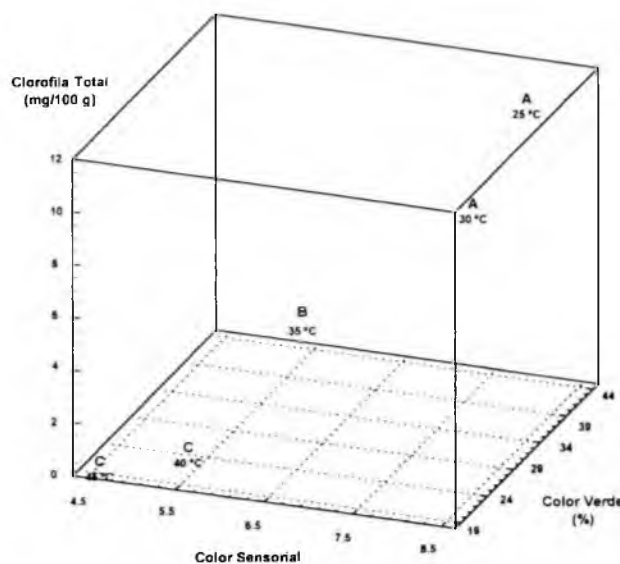
Letras distintas indican diferencias significativas, p<0.95

La determinación de la temperatura óptima de proceso, se efectuó mediante un análisis multivariante de grupo ("Cluster"), en el cual se incluyeron las variables de clorofila total, vitamina C, color Munsell y color sensorial.

Al efectuar un análisis, para formar dos o tres grupos con todas las variables medidas, se obtiene que los concentrados obtenidos a las temperaturas de 25 y 30°C siempre pertenecen

a un mismo grupo al igual que las de 40 y 45°C, en cambio el tratamiento de 35°C al formar dos grupos se ubica con las mayores temperaturas, quedando solo cuando se forman tres grupos. En la Figura 5, se pueden ver los tres grupos al graficar los valores de: clorofila, color sensorial y el color verde medido por el disco Munsell. Los tratamientos de 25 y 30°C forman un grupo representado por las letras "A", el proceso ejecutado a 35°C se simboliza con la letra "B", y el tercer grupo constituido por los tratamientos de 40 y 45°C figura con las letras "C".

FIGURA 5
Análisis multivariante ("Cluster") para las variables clorofila, color sensorial, color verde y ácido ascórbico



Analizando las variables medidas para caracterizar la calidad de la pulpa, se observó que las concentraciones efectuadas a las menores temperaturas (25 y 30°C) presentaron pocas diferencias estadísticas entre sí y con menos grado de deterioro que los otros tratamientos. Estos resultados fueron corroborados con el análisis de "Cluster", el cual indicó que estos dos tratamientos fueron los que menos alteraron las características estudiadas.

Por lo anterior expuesto, se considera la pulpa elaborada a temperatura de 30°C como la más adecuada tecnológicamente, debido que el concentrado a menores temperaturas implica altos costos de generación de vacío como también energía extra para el funcionamiento del equipo, por consiguiente, mientras mayor sea la temperatura de concentración, el proceso será más factible tanto tecnológica como económicamente.

REFERENCIAS

1. Schwartz S, and Von Elbe J. Kinetic of chlorophyll degradation to pyropheophytin in vegetables. *J Food Sci* 1983;48(4):1303-1306.
2. Robertson G. Changes in the chlorophyll and pheophytin concentrations kiwifruit during processing and storage. *F Chem* 1985;17(1):25-32.
3. Venning J, Burns D, Hoskin K, Nguyen T and Stec M. Factors influencing the stability of frozen kiwifruit pulp. *J Food Sci* 1989;54(2):396-404.
4. Schwartz S and Lorenzo T. Chlorophyll in food. *Food Sci Nutr* 1990;29(1):1-13.
5. Schwartz M, Nuñez H, Sepulveda N y Vinagre J. Producción y exportación de kiwi procesado. Universidad de Chile/FIA/M. Agricultura, Santiago. 210p.
6. Robertson G and Swinburne D. Changes in chlorophyll and pectin after storage and canning of kiwifruit. *J Food Sci* 1981;46(5):1557-1562.
7. Cano M and Marín M. Pigment composition and color of frozen canned kiwifruit slice. *J Agric Food Chem* 1992;40(11):2141-2146.
8. Okuse A, Okuse I and Ryugo K. Effects of certain processing methods, substrate level, and polyphenoloxidase in the stability of ascorbic acid in kiwifruit. *HortScience* 1981;16(2):164-165.
9. Schmidt-Hebbel H. Método de valoración de vitaminas. Universidad de Chile, Depto. de Química y Tecnología de los Alimentos. Santiago 1987;17.
10. Vernon L. Spectrophotometric determination of chlorophylls and pheophytins in plant extracts. *Analytical Chemistry* 1960;32(9):1144-1150.
11. Young H, Paterson V and Burns D. Volatile aroma constituents of kiwifruit. *J Sci Food Agrc* 1983;34(1):81-85.
12. Young H and Paterson V. The effects of harvest maturity, ripeness and storage on kiwifruit aroma. *J Sci Food Agrc* 1985;36(4):352-358.
13. Lallu N, Searle A and Macrae E. An investigation of ripening and handling strategies for early season kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv Hayward). *J Sci Food Agrc* 1989;47(4):387-400.
14. El-Zalaki E and Luh B. Effect of sweetener types on chemical and sensory quality of frozen kiwifruit concentrates. *Food Chem* 1981;6:295-307.
15. Wildman T and Luh B. Effect of sweetener types on quality and composition of canned kiwi nectars. *J Food Sci.* 1981;46(2):387-390.
16. Matsumoto S, Obara T, and Luh B. Changes in chemical constituents of kiwifruit during post-harvest ripening. *J Food Sci* 1983;48(2):607-611.
17. Castaldo D, Lo Voi A, Trifiro A and Gherardi S. Composition of italian kiwi (*Actinidia chinensis*) puree. *J Agric Food Chem* 1992;40(4):594-598.
18. Fuke Y, Sosago K and Matsuoka H. Determination of chlorophylls in kiwifruit and their changes during ripening. *J Food Sci* 1985;50(4):1220-1223.
19. Fennema O. Loss of vitamins in fresh and frozen foods. *Food Tech* 1977;31(12):32-38.
20. Lajolo F and Lanfer Márquez U. Chlorophyll degradation in a spinach system at low and intermediate water activities. *J Food Sci* 1982;47(6):1995-1998.

Recibido: 22-12-1997

Aceptado: 31-08-1998