

OBTENCION DE FRESA (*Fragaria chiloensis*) DESHIDRATADA POR ATOMIZACION Y LIOFILIZACION

A. Guevara-Pérez *, T. Rojas-Ayerve **, J.M. Araujo-Vargas *

Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima-Perú.

*Facultad de Industrias Alimentarias, Departamento de Tecnología de Alimentos.

**Facultad de Ciencias, Departamento de Química.

***Facultad de Industrias Alimentarias, Departamento de Ingeniería de Alimentos.

Abstract : Two methods of dehydration of strawberries (*Fragaria chiloensis* L.) have been studied: spray-drying and freeze-drying. It has been found that the optimum sequence for the drying operation is as follows: selection/classification, washing, steaming, pulp-extraction, conditioning and freeze-drying. The efficiency over the total solids obtained with this method is 86.48% compared to 66.02% when using spray-drying. The strawberry pulp was conditioned by water dilution of 1:1. For spray-drying, the pH was adjusted to 4.1 with NaHCO₃, and for capsulating purposes were used: 1% CMC and 1.60% gum arabic by weight of pulp. For the dehydration by freeze-drying it was used: 1.2% CMC, 2.0% dextrine and a control sample without any additives. It was found that for dehydration by spray-drying, 1.60% of gum arabic and a temperature of 180°C for the hot air at the inlet should be used. For dehydration by freeze-drying, the strawberry sample without any additive turned out to have the best results in external appearance and taste, as well as a better retention of vitamin C (68.10%) compared with the results obtained by spray-drying treatment.

Key words : dehydration, spray-drying, freeze-drying.

Resumen : Se estudiaron dos métodos de deshidratación de pulpa de fresa (*Fragaria chiloensis* L.) : por atomización y por liofilización. Se encontró que la secuencia óptima para la operación de secado es como sigue: selección/clasificación, lavado, despedunculado, pulpeado, acondicionamiento y secado por liofilización. Bajo esta modalidad se obtuvo 86.48% de rendimiento sobre los sólidos totales, frente a un 66.02% al ser deshidratado por atomización. La pulpa de fresas fue acondicionada por dilución con agua en una relación 1:1. Para el secado por atomización se reguló el pH con NaHCO₃ a 4.1 y como encapsulantes se utilizó CMC al 1.0% y goma arábica al 1.60% referidos al peso de pulpa. Para el secado por liofilización se empleó: CMC al 1.2%, dextrina al 2.0% y una muestra testigo sin aditivo, con fines de comparación. Se determinó que para el secado por atomización se debe utilizar 1.60% de goma arábica y una temperatura de 180°C para el aire de entrada. Para el secado por liofilización la muestra sin aditivo presentó las mejores características físicas y sensoriales, con un mejor nivel de retención de vitamina C (68.10%) comparado con el secado por atomización.

Palabras clave: deshidratación, atomización, liofilización.

INTRODUCCION

Las fresa es una planta estolonífera, perenne, rastrera, que se adapta entre los 15 y 55° de latitud [8], crece por un rizoma contorcido, del cual parten en la superficie del suelo, las hojas, flores y frutos y en la parte inferior las raíces. Botánicamente el fruto no es sino un pseudo-fruto; los verdaderos frutos aparecen en la superficie del pseudo-fruto, como puntitos amarillos, que se llaman aquenios [5].

De la composición química del fruto, destaca el contenido de carbohidratos 13.5%, el bajo contenido de proteínas y grasas 1.0% y el elevado contenido de vitamina C 37.5% (42 mg) [1,4,16].

Folquer en 1986 [5], menciona entre otros factores de calidad a la intensidad de color y aroma, considera al acetato de caprilo como el principal responsable del aroma, entre todos los aceites volátiles presentes. El INABA en

1984 [14], reporta que los ácidos más importantes en el jugo de fresas son el málico y el cítrico, ya que además contiene el oxálico, fumárico y succínico. Okasha en 1986 [19], indica que el ácido cítrico aporta el 79.0% de la acidez total del fruto.

La fresa desde un punto de vista tecnológico y económico, se constituye en una fruta con muy buenas posibilidades de desarrollo por presentar sabor y aroma delicados, la apreciación de estos frutos en la moderna dietética, también se fundamenta en su riqueza en contenido de vitamina C. En el aspecto económico se debe al hecho de que las frutas pueden representar un rubro de exportaciones no tradicionales de interés e importancia para nuestro país.

En este sentido las tecnologías de secado por liofilización y atomización representan en conjunto una alternativa viable para la obtención de productos secos en polvo de elevada calidad comercial (conservando

con mayor fidelidad el sabor, aroma y color). Estos presentan ventajas sobre los productos convencionales al disminuir en gran medida costos de embalaje, almacenamiento, transporte, además por permitir un manipuleo en forma simple y segura.

Dada la importancia de obtener productos deshidratados, especialmente frutos que son tan delicados y buscando mantener la calidad del producto surge el interés en realizar la presente investigación, planteando los siguientes objetivos:

- Determinar el mejor método de secado para las fresas mediante atomización y liofilización.
- Identificar las características físico-químicas de los productos deshidratados.

METODO EXPERIMENTAL

La presente investigación se llevó a cabo en Planta Piloto y Laboratorios de Análisis de los Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias, Laboratorios del Departamento de Química. Planta Piloto de Frutas y Hortalizas de la Estación Experimental Agroindustrial (INDA); Instalaciones pertenecientes a la Universidad Nacional Agraria - La Molina.

Materia prima

Fresa (*Fragaria chiloensis* L.), procedente del valle de Huaral, departamento de Lima.

Equipos y Reactivos

- Secador por rociado. Niro Atomizer. Modelo 53 MO-2/A.
- Liofilizador, Marca Virtis. Modelo 10 -145 MRBA.
- Pulpeadora-refinadora Bertuzzi, N. de fábrica PAS 217.
- Balanza analítica. Marca E. Mettler, Modelo type H15 E.
- Estufa, Marca Memmert Modelo 500.
- Espectrofotómetro Visible-Ultravioleta, Marca Shimatzú.
- Colorímetro Lovibond, Marca Lovibond-Tintometro, Modelo E.
- Mufia, type LR - 2011A.
- Equipos y materiales adicionales especificados en los métodos de análisis.

MÉTODOS DE ANÁLISIS

-Análisis físico-químico

Humedad, proteínas, grasa, ceniza, fibra, carbohidratos, pH, acidez, azúcares reductores y totales, sólidos totales y vitamina C, según la metodología de la AOAC (1984).

-Análisis microbiológico

Numeración de bacterias aerobias mesófilas viables, hongos y levaduras, siguiendo los lineamientos de la ICMSF [13].

-Análisis sensorial

En las muestras seleccionadas se evaluó el atributo color y sabor, para lo cual se recurrió a un panel semi-entrenado conformado por 20 personas, quienes calificaron en base a Pruebas de Preferencia-Aceptación (para nuevos productos) a través de una Prueba de Ordenamiento. Los panelistas ubicaron a las muestras en orden decreciente en función a la propiedad sensorial que estaban evaluando. Los resultados fueron analizados utilizando la Tabla de Kramer.

- Otros Controles

Curva de humedad de equilibrio, porcentaje de absorción y rendimiento, siguiendo el procedimiento ejecutado por Guevara en 1990 [9].

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La **Figura 1** muestra el esquema experimental seguido en la presente investigación. A continuación se describen las principales operaciones:

La fruta fue clasificada en función a su tamaño, color y forma característica. Se trabajó con fresa cuyo tamaño varió de 20 a 23 mm de diámetro, de forma oval y de color rojo. En estas muestras se evaluó el estado de madurez, mediante la determinación de ^oBrix, pH y número de aquenios.

La fresa clasificada fue sometida a controles de: análisis proximal, acidez, sólidos totales y solubles, vitamina "C", azúcares reductores y totales y pH, para su caracterización.

El lavado se realizó con agua potable, adicionalmente se hizo un desinfectado para lo cual la fruta se sumergió en solución de "Dodigen" al 0.1% por 15 minutos; el despedunculado se ejecutó en forma manual. El pulpeado se llevó a cabo en pulpeadora, utilizando una malla 0.027 para la pulpa que iba a ser atomizada, y 0.045 para la que iba a ser liofilizada. En la etapa de acondicionamiento para la atomización, se agregó agua en una relación pulpa:agua, 1:1 regulando el pH a 4.1 con bicarbonato de sodio, posteriormente se probó la adición de dos encapsulantes: CMC al 1%, referido al peso de la pulpa (Uesú [24] y Fataccioli [6]) y Goma arábica al 20% en función a los sólidos solubles (Cisneros [3]). Para la liofilización se ex-

Figura 1. Esquema experimental para la obtención de la fresa deshidratada

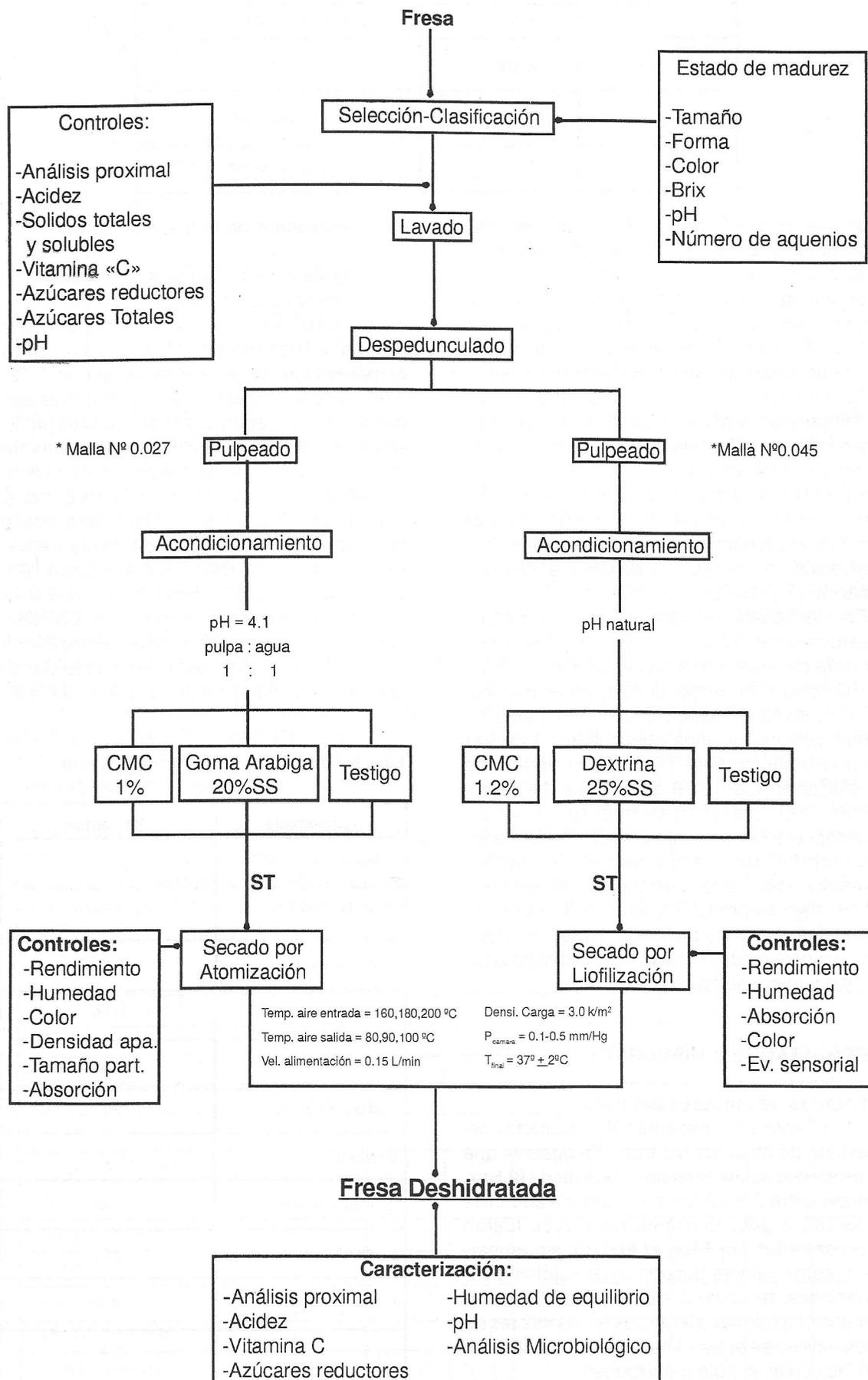


Tabla 1. Estado de madurez del fruto

Indice	Valor	método de determinación
Nº de aquenios	180-200	visuales
pH	3.3-3.5	potenciométrico
º Brix	8.0-8.2	refractométrico

perimentó con 1.2% de CMC según el peso de pulpa y 25% de dextrina referidos a los sólidos solubles (Vásquez [25]).

En la etapa de secado por atomización se probaron tres temperaturas de entrada del aire: 160, 180 y 200°C manteniéndose la temperatura de salida del aire al 50% del de la entrada. La determinación del mejor tratamiento (temperatura y encapsulante) se hizo en base al rendimiento, humedad, color, densidad aparente y rehidratación.

Para el secado por liofilización se tomó como referencia las temperaturas recomendadas por Rey [23] para el caso de fresas. En la congelación, la temperatura de completa solidificación (T_{cs}) fue de $-40 \pm 2^\circ\text{C}$.

Para el secado primario el rango de trabajo estuvo entre -32 a $-15 \pm 2^\circ\text{C}$, con un suministro de calor en forma creciente y lenta ($3.5 \pm 1^\circ\text{C/hora}$) para evitar el colapso estructural. En la etapa de desorción, el incremento de temperatura fue más rápido hasta alcanzar en el producto final $37 \pm 2^\circ\text{C}$. El tiempo de liofilización fue de 19 a 21 horas. La selección del mejor tratamiento (tipo de encapsulante) se realizó mediante la determinación de: rendimiento, humedad, rehidratación, color y evaluación sensorial.

Los mejores productos obtenidos fueron sometidos a análisis proximal, acidez, vitamina C, azúcares reductores, pH, humedad de equilibrio y microbiológicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estados de madurez del fruto.

En la **Tabla 1** se presentan los resultados del estado de madurez del fruto. Se observa que los sólidos solubles están alrededor de 8º Brix, el pH entre 3.3 a 3.5 y el número de aquenios de 180 a 200. Similares resultados fueron encontrados por Main et.al. [16], sin embargo, estos valores pueden estar sujetos a variaciones, tal como lo indica Yahia [26], quien menciona que las diferencias en los valores de los índices se deben a condiciones y culturales a las cuales el fruto fué expuesto.

Caracterización de la Materia Prima.

En la **Tabla 2**, se presenta la composición físico-química de las fresas. Se encontró 1.02% de proteína, valor similar el reportado por Adams y Richardson [1]. Los valores de carbohidratos, fibras y cenizas fueron 5.72, 0.98 y 0.46%, respectivamente, los cuales son cercanos a los reportados por Collazos [4]. El contenido de grasa 0.23% fue ligeramente menor al encontrado por Pearson [21]. El contenido de vitamina C 38.24 mg %, es cercano al referido por Main et.al. [16] para fresas americanas, pero menor al de fresas peruanas. El pH 3.4 y la acidez total titulable 0.78% expresado en ácido cítrico, hacen que esta fruta sea considerada como de alta acidez. Main et.al. [16] determinaron un pH de 3.42 y una acidez de 0.70% para la variedad Cardinal. Del contenido total de azúcares (8.05%),

Tabla 2. Composición físico-química de la fresa

Componente	Porcentaje
Humedad (%)	91.59
Proteína (%)	1.02
Grasa (%)	0.23
Cenizas (%)	0.46
Fibra (%)	0.98
Carbohidratos (%)	5.72
Vitamina C (mg %)	38.24
Azúcares reductores (%)	5.46
Azúcares reductores (%)	8.05
Acidez Titulable (*)	0.78
pH	3.4

Tabla 3. Características de la suspensión de fresa para el secado por atomización

Muestra: Suspensión de fresa (pulpa : agua 1:1) Temperatura: 25°C

	Sin encapsular	Con CMC al 1.0%	Con goma aráb. al 1.6%
°Brix	3.9	4.4	4.2
Sólidos totales (%)	4.4	4.98	4.75
Densidad (g/m)	1.28	1.73	1.48
pH	4.1	4.1	4.1
Tamaño partículas (u)	8.2	10.80	8.73
Viscosidad aparen. (Pa -s)	0.62	4.11	0.94

más del 50% (5.46%), son azúcares reductores. Al respecto Novacina A.G. [18], reportó 6.18% de azúcares totales, de los cuales indicó que la mayoría son reductores y sólo 1.30% sacarosa.

Las variaciones en la composición físico-química es posible se deban a factores como tipo y humedad del suelo, efectos climatológicos y estacionales, temperaturas bajas que producen frutos deformados, empleo de hormonas, cultivo en regiones secas que acumulan mayor contenido de vitamina C, incluso se ha determinado que en las noches frescas el sabor de los frutos tiende a mejorar (Folquer [8]).

Secado por atomización

En la **Tabla 3** se presentan las características de la suspensión acondicionada para el secado por atomización. Se aprecia que el CMC se comportó como un agente que brin-

da alta viscosidad, lo que hace que suspensiones con valores superiores al 1.5% sean difícil de atomizar, mientras que la goma arábica dió soluciones de baja viscosidad, de menor tamaño de partículas y densidad. Al respecto Fennema [7], refiere que la goma arábica por sus características antes señaladas es el encapsulante ideal para procesos de atomización, Guevara [9] comprobó estos resultados.

Los resultados de las pruebas de secado por atomización aparecen en la **Tabla 4**. Se determinó que no es posible secar este producto sin encapsulante debido a que se pegaba en las paredes del secador y luego tendía a quemarse. Lo experimentado posiblemente se debió a los azúcares reductores presentes. Al respecto Master [17], hace referencia a lo antes indicado, para frutas en general.

Evaluando los encapsulantes utilizados, se observó mayores rendimientos con goma

Tabla 4. Resultados de las pruebas de secado por atomización

% ENCAPSULANTE	TESTIGO S/ENCAPSULANTE			con CMC al 1%			con goma arábica al 1.6 %		
SUSPENSIÓN :									
ST(%)	4.4			4.98			4.75		
ST(g)	374.00			423.00			403.75		
SECADO:									
Temp.entrada aire (°C)	160	180	200	160	180	200	160	180	200
PRODUCTO:									
Polvo recolectado (g)	-	-	58.04	244.29	273.24	255.61	247.22	269.79	259.01
Humedad (%)	-	-	9.13	13.94	7.50	7.23	13.17	6.60	6.08
Rendimiento (%)	-	-	15.52	57.71	64.55	60.39	61.23	66.62	64.15
Densidad apar. (g/cc)	-	-	-	0.58	0.53	0.50	0.66	0.59	0.54
Tamaño partícula (u)	-	-	15.25	10.54	10.82	10.87	10.02	10.49	10.53

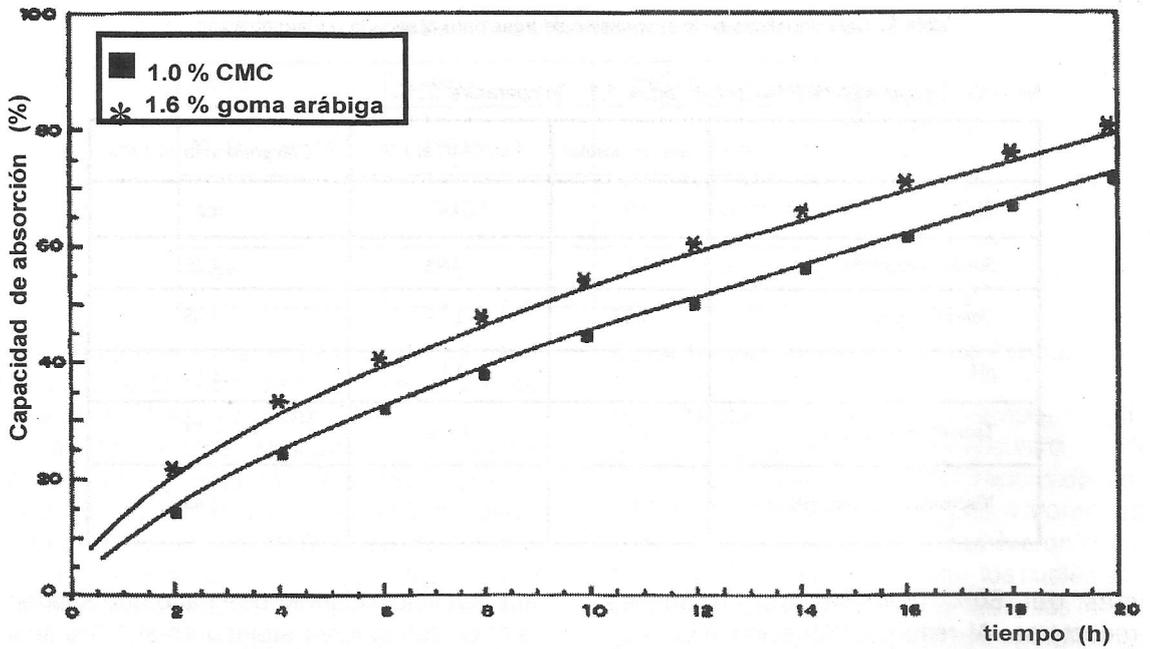


Figura 2. Curvas de absorción de las muestras atomizadas.

arábica, para las tres temperaturas experimentadas. La fresa de mejor calidad se obtuvo al deshidratarla a 180 °C de temperatura de entrada del aire. Bajo esta condición se observó una menor humedad residual y el mayor rendimiento (66.82% respecto al deshidratado). Posiblemente, en estos resultados influye el uso de goma arábica; Guevara [9] recomendó éste encapsulante como adecuado para procesos de deshidratado de frutas por atomización.

En la **Figura 2** se presentan las Curvas de Absorción de las muestras atomizadas. Como se puede observar durante las primeras horas mostraron una mayor velocidad de absorción, siendo ésta superior en las que contenían goma arábica. Al respecto Okos [20] encontró similares resultados, manifestando que la tendencia observada se debe a la mayor presencia de grupos hidrofílicos y al menor diámetro de partículas, condiciones que se

logran con el encapsulante mencionado. En la **Tabla 5** se reportan los resultados de la evaluación del color en fresa deshidratada a 180°C, se aprecia que el predominante es el rojo, seguido por el amarillo, azul, neutro y blanco, en ese orden. Los resultados obtenidos son congruentes, por cuanto la materia prima contiene antocianinas, el cual es de color rojo característico, Fennema [7]. Así mismo, se determinó que el efecto de la goma arábica en acentuar el color rojo es superior al CMC, esto es posible se deba a la composición química de ambos encapsulantes, donde el CMC tiende a dar soluciones más claras. En función a las evaluaciones ejecutadas, para efectos de secado por rociada de fresas se recomienda: 1.60 de goma arábica en función a la materia prima, posteriormente una dilución 1:1 pulpa de fresa:agua, respectivamente y luego un deshidratado a 180°C como temperatura de entrada del aire.

Tabla 5. Resultados del análisis del color : Lectura del instrumento

DETERMINACION DEL COLOR	POLVO CON CMC	POLVO CON GOMA ARÁBIGA
Rojo	6.6	8.9
Amarillo	6.1	4.9
Azul	2.9	2.7
Neutro	0.8	----
Blanco	----	0.9

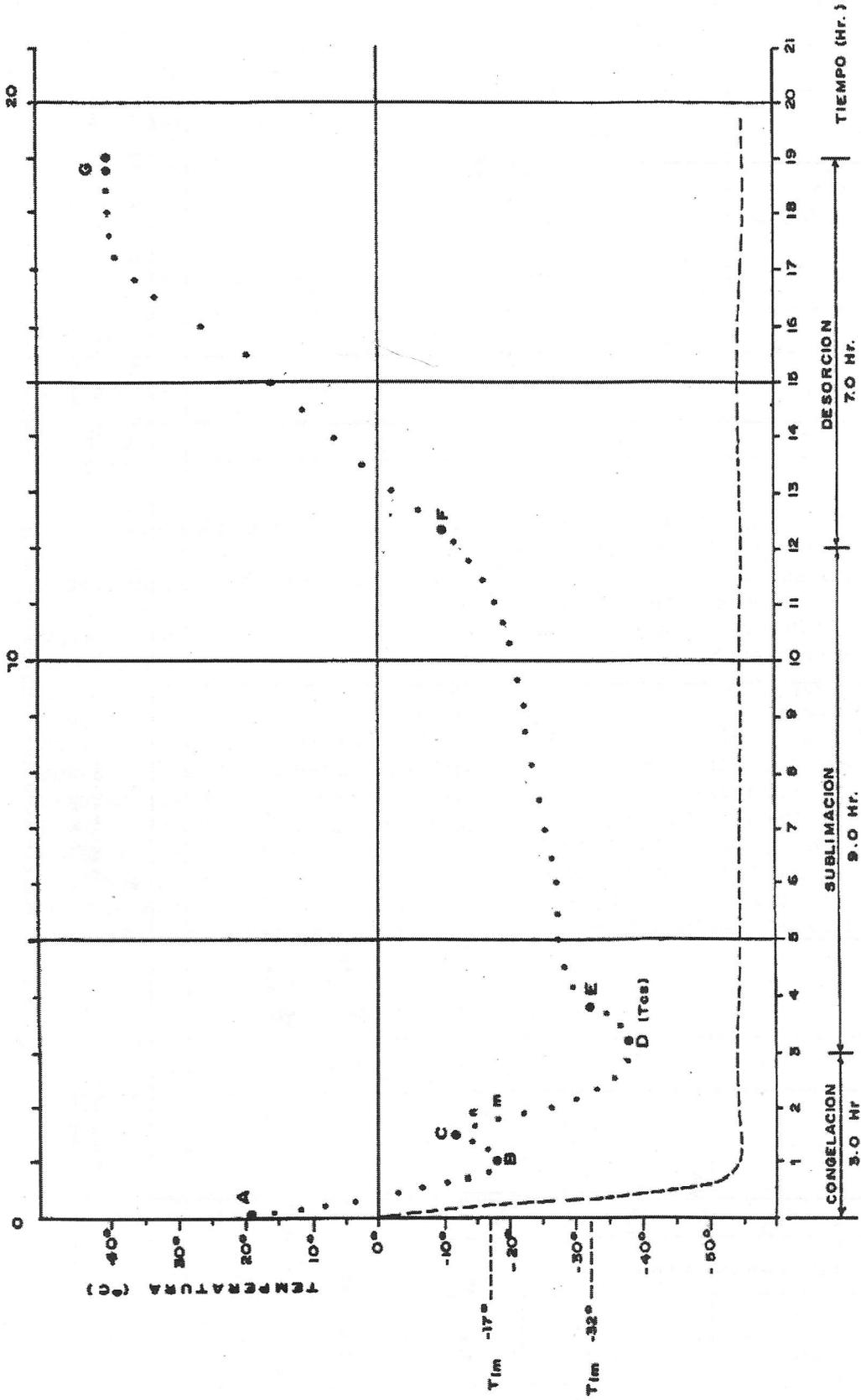


Figura 3. Perfil de temperaturas de secado por liofilización de fresa sin encapsulante.

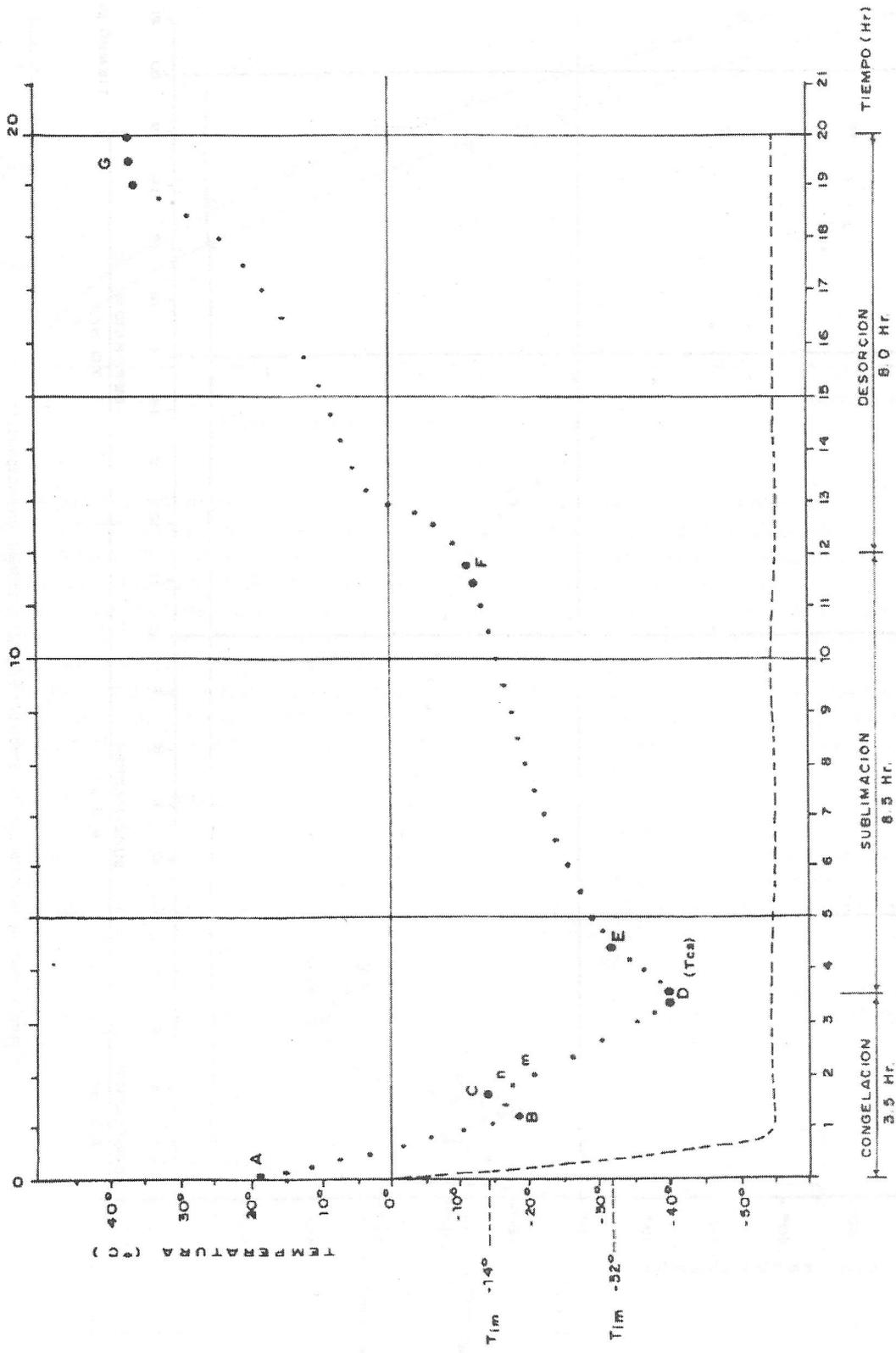


Figura 4. Perfil de temperaturas de secado por liofilización de fresa con CMC al 1.2 %.

Tabla 6. Control de temperaturas en la Liofilización ($^{\circ}\text{C}$)

	Perf. de Temp. (zonas)	Fres. s/agente	Fres. + CMC 1.2%	Fres. + Dext. 2%
ETAPAS:				
CONGELACION	A - B - C - D			
T Sub-enfriam.	A - B	- 18	- 19	- 19
T Congelación	B - C	- 18 a - 12/ -13	- 19 a - 14/ -15	- 19 a -15 -16
T Post-enfriam. (T_{CS})	C - D	- 38	- 40	- 40
SUBLIMACION	D - E - F			
T'im	F	- 17	- 12	- 12
T im	E	- 32	- 32	- 32
DESORCION :	F - G			
T final prdto.	G	40	37	36

Secado por Liofilización

En las **Figuras 3, 4 y 5** se observan los perfiles de temperaturas en el proceso de liofilización para fresa sin agente de secado, con 1.2% de CMC y con 2.0% de dextrina, respectivamente. Son notorias las tres etapas del proceso de liofilización: congelación, secado primario y secado secundario. En la **Tabla 6**, se presentan las temperaturas promedio obtenidas en cada etapa del proceso de secado. Respecto a la congelación (A-D) se determinó que la temperatura fue menor al adicionar los encapsulantes, lográndose la completa solidificación (T_{CS}) entre -37 a -40°C . Al respecto Gruda y Postolosky [11], refieren

que los niveles que se pueden alcanzar dependerán de la disponibilidad de agua libre en la fruta, la cual está relacionada a la composición química del alimento.

La etapa de sublimación (D-E-F) no ocurrió a temperatura constante, posiblemente se debió a que el producto congelado haya experimentado una ligera fusión durante el secado primario, el que se llevó a cabo con un control de temperatura de una incipiente fundición (T_{im}), que fue mayor que la T_{CS} . En el transcurso del secado primario la fresa fue conservada más fría que T_{im} , pues sólo así se dió la sublimación; caso contrario, habría ocurrido una parcial evaporación con riesgo a desnaturalizar el producto. Al respecto, Rey [23]

Tabla 7. Resultados de las pruebas de secado por liofilización

	Fresa sin encaps.	Fresa+ CMC 1.2%	Fresa + Dextrina 2 %
ANTES DE LIOFILIZAR:			
ST(%)	8.41	9.63	9.54
Humedad	91.59	90.37	90.46
POLVO LIOFILIZADO:			
Humedad (%)	5.83	4.24	5.02
Capaci. de Absorción	52.37	37.12	39.39
Color	rojo característico	rojo oscuro	rojo característico
Rendimiento (%)	86.97	94.02	93.48

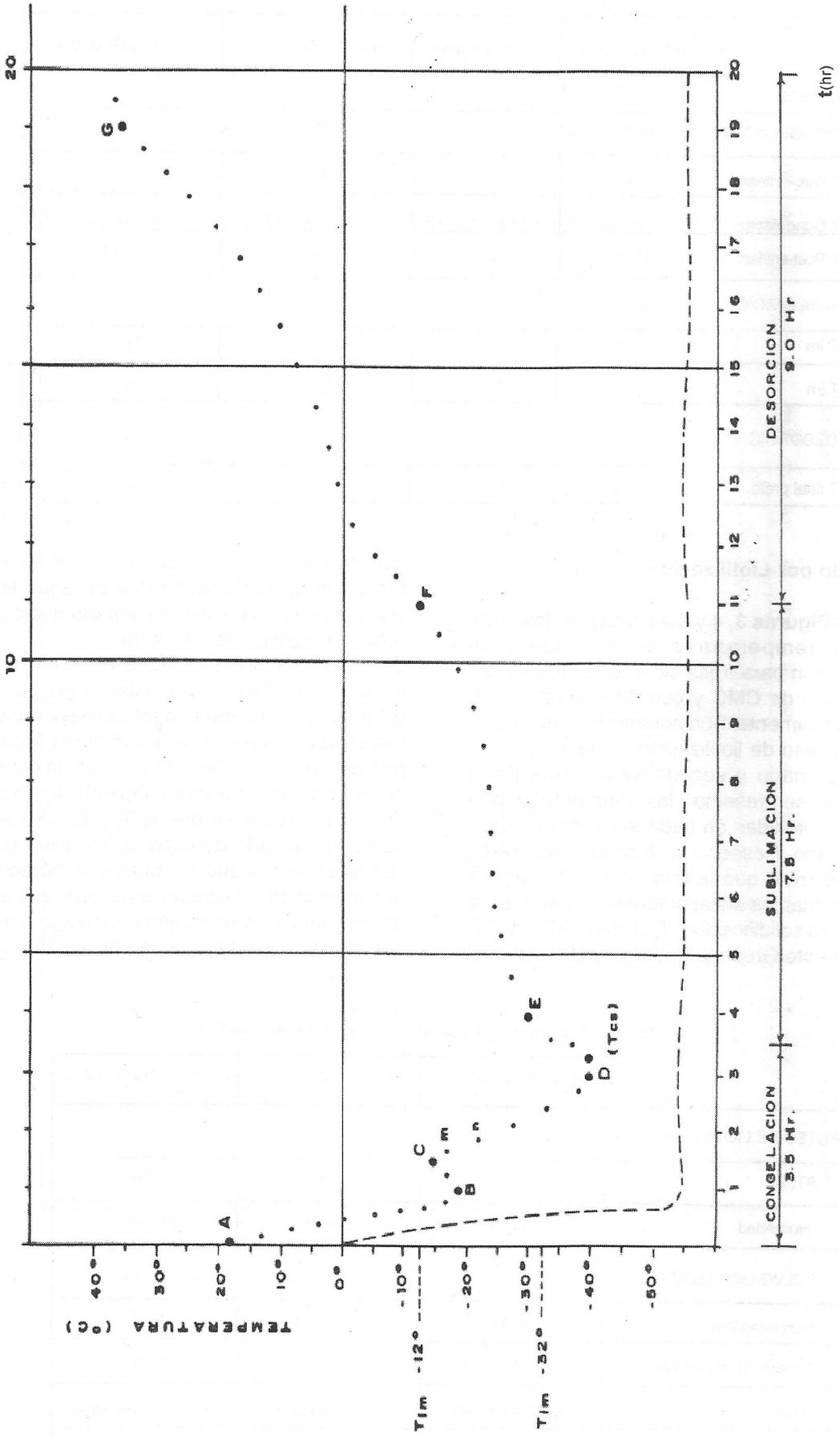


Figura 5. Perfil de temperaturas de secado por liofilización de fresa con dextrina al 2%

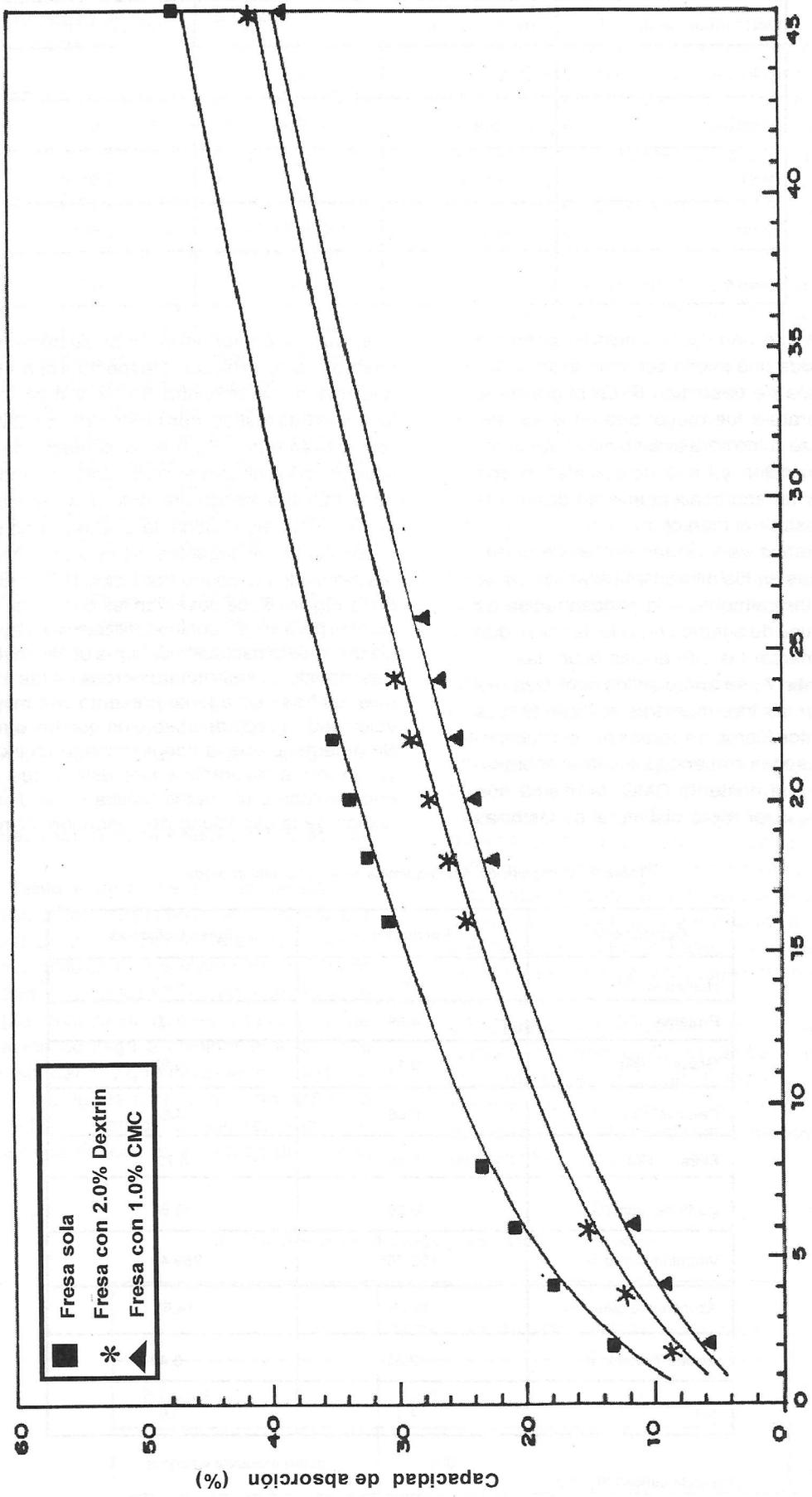


Figura 6. Curvas de absorción de las muestras licofilizadas

t (hr)

Capacidad de absorción (%)

Tabla 8. Resultados del análisis de color : Lectura del instrumento

Determinación del color	fresa s/ encao.	fresa c/CMC	fresa c/ extr.
Rojo	8.6	5.9	7.9
Amarillo	5.9	5.9	4.9
Azul	3.9	3.8	2.9
Neutro	0.8	0.7	0.9
Blanco	---	---	---

menciona que una ligera fusión es permitida en la medida que pueda ser controlada.

En la etapa de desorción (F-G) la gradiente de temperatura fue mayor que en el secado primario, se cuidó para evitar un levantamiento brusco de calor, ya que de suceder, podría ocasionar un sobrecalentamiento de la fase seca y destruir la estructura.

Las pequeñas variaciones de temperaturas observadas en los diferentes tratamientos se deben principalmente a la concentración de sólidos y tipo de agente utilizado, factores que podrían marcar las diferencias ocurridas.

En la **Tabla 7**, se aprecian los controles realizados en las tres muestras liofilizadas. Los rendimientos fueron mayores para las que fueron procesadas con encapsulantes, sobresaliendo la que contenía CMC, la misma que reportó un color rojizo distinto al de las otras

dos, que sí presentaron color suigéneris y mejores características. Respecto a la humedad residual, se encontró 5.83% y 4.24% en las muestras testigo, con dextrina y con CMC, respectivamente. Es notorio el efecto de los aditivos en los niveles encontrados, sin embargo la muestra testigo presentó una humedad que le brinda estabilidad, lo que indica no ser necesario los viabilizantes del secado. Similares resultados encontró Fataccioli 1984 [6]. En la **Figura 6**, se observan las curvas de absorción para los productos liofilizados, se aprecia una rápida captación de agua en las muestras, debido a la estructura porosa de las mismas. La fresa sin agente presentó una mayor velocidad y grado de absorción que las otras. Se determinó que la congelación lenta incluyó en forma favorable sobre ésta y que los encapsulantes utilizados facilitaron la disminución de la capacidad de absorción. Al res-

Tabla 9. Composición físico-química de la fresa deshidratada

Componente	Porcentaje	Fresa Liofilizada
Humedad (%)	6.6	5.83
Proteína (%)	4.89	7.03
Grasa (%)	0.12	0.92
Cenizas (%)	6.68	4.62
Fibra (%)	2.85	5.72
Carbohidratos (%)	78.86	75.88
Vitamina C (mg %)	159.265	289.49
Azúcares totales (%)	16.75	14.68
Acidez Titulable (*)	2.32	6.43
pH	4.1	3.6

(*) g ácido cítrico/100 g fruto

pecto, Guevara en 1994 [9], refiere que los carbohidratos de elevado peso molecular y baja dextrosa equivalente, coadyuvan a la obtención de productos menos higroscópicos.

En la **Tabla 8** se reportan los resultados de la evaluación del color en fresa liofilizada, se aprecia que el matiz predominante es el rojo, seguido por el amarillo, azul y neutro, en ese orden. En la muestra sin agente de secado se observó el mayor valor, resultado esperando por cuanto el color rojo es característico de la materia prima.

En la evaluación sensorial los resultados indicaron que para el atributo sabor, la muestra con CMC calificó de inferior aceptabilidad, las otras dos restantes se ubicaron dentro del rango de aceptación, siendo la muestra con dextrina la que alcanzó un mayor puntaje. Respecto al color, el panel de degustación ubicó a las muestras testigo y con dextrina como de calidad aceptable con un mayor puntaje para la primera.

En función a las evaluaciones ejecutadas, para efectos de secado por liofilización de fresa, se recomienda no emplear agente de secado; trabajar a una temperatura de completa solidificación igual a -38°C ; en la sublimación en un rango de -32 a -17°C y que en el secado final no supere los 40°C en el producto.

Caracterización de la Fresa Deshidratada

En la **Tabla 9** se presentan las características físico-químico de la fresa deshidratada por atomización y liofilización. Se aprecia que la muestra liofilizada tuvo menor contenido de humedad final (5.83%). Al respecto Rey en 1972 [23], manifiesta que en los procesos de liofilización se llega a eliminar el agua libre sin causar daño, y que inclusive se puede tocar el agua ligada pero con cierto daño. Lo antes referido justifica los valores encontrados, por cuanto, con este método de secado

se obtienen productos con humedades menores que los otros.

Referente a los macronutrientes, se aprecia que la muestra liofilizada tuvo mayor retención de proteínas, grasas y fibra; mientras que la atomizada reportó mayores porcentajes de cenizas y carbohidratos. Estos últimos valores es probable se deban al agente encapsulante que fue necesario emplearlo para atomizar.

En todos los casos hubo una mayor concentración de solutos, característica propia de los procesos de secado.

La mayor retención de vitamina C (68.10%) se dió en el producto liofilizado, frente a un 33.5% en el atomizado. Los resultados se deben a las cualidades del método de secado que trabaja a vacío y a bajas temperaturas. Al respecto Fennema [7] señala que la temperatura, oxígeno y metales afectan el contenido de la vitamina C, además menciona que por debajo de los -18°C , la velocidad de degradación del ácido ascórbico se detiene.

Las isotermas de adsorción de las dos muestras deshidratadas presentaron la forma sigmoidea característica de un alimento rico en carbohidratos. Aplicando el modelo de ajuste de G.A.B., se obtuvo un valor de monocapa igual a 0.0263 g. de agua/g.m.s. y 0.0814 g. de agua/g.m.s., para la fresa liofilizada y atomizada, respectivamente. El mayor valor se debió a la presencia de la goma arábica en el producto atomizado; similares resultados encontraron Fataccioli en 1984 [6], Guevara en 1990 [9] y Vásquez 1990 [25].

En la **Tabla 10** se muestran los resultados de la evaluación microbiológica, ambas muestras indicaron estar por debajo de los límites exigidos por ITINTEC en 1981 [15], lo que evidencia que la forma de procesamiento y manipuleo del producto fueron los adecuados.

Tabla 10. Evaluación Microbiológica de la fresa deshidratada

	FRESA ATOMIZADA	FRESA LIOFILIZADA
BAW (UFC/G)	< 10	<10
hongos y levadura (ufc/g)	< 100	10

CONCLUSIONES

- 1.- El flujo de operaciones más adecuado para deshidratar fresas fue: selección-clasificación, lavado, despedunculado, pulpeado en malla 0.050 y secado por liofilización. Bajo estas condiciones se obtuvo un rendimiento de 86.97% respecto al secado.
- 2.- El mayor porcentaje de retención de Vitamina C en fresa deshidratada con el proceso de liofilización fue 68.10% frente al 33.50% obtenido con el secado por atomización.
- 3.- Las características físico-químicas encontradas en el producto deshidratado fueron: humedad 5.83%, proteínas 7.03%, grasa 0.92%, cenizas 4.62%, fibra 5.72%, carbohidratos 75.88%, vitamina C 289.49%, azúcares totales 14.68%, acidez total 6.43 g. , ácido cítrico %, pH 3.50.
- 4.- La evaluación sensorial calificó a la muestra como aceptable y los controles microbiológicos corroboraron las prácticas de buena higiene y sanidad.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ADAMS C. RICHARDSON M. *Nutritive value of foods*. USDA. Home and garden. Bull N° 72. (1977), USA.
- [2] A.O.A.C. Association of Official *Agricultural Chemists*. 14th. Ed. Washington (1964), USA.
- [3] CISNEROS L. *Secado por rociada de aceite de Hierba Luisa microencapsulado*. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria - La Molina (1986), Lima - Perú.
- [4] COLLAZOS CH. *La composición de los alimentos de mayor consumo en el Perú*. Minist. de Salud. 6^{ta}. Ed. Lima - Perú (1990).
- [5] DE LA ROCHE G. El cultivo de la fresa. Ministerio de agricultura. *Boletín Técnico* N° 11. Lima- Perú (1971).
- [6] FATACCIOLI O. Liofilización del jugo de maracuyá y su comparación con otros métodos de secado. *Tesis de grado*. Universidad Nacional Agraria - La Molina (1964), Lima - Perú.
- [7] FENNEMA O. *Química de los alimentos*. Edit. Acribia, Zaragoza, España (1993).
- [8] FOLQUER F. *La frutilla o fresa. Producción comercial*. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires. Argentina (1986).
- [9] GUEVARA A. . Obtención de chirimoya en polvo por atomización. *Tesis de Post-Grado*. Universidad Nacional Agraria - La Molina. Lima - Perú (1990).
- [10] GUEVARA A. *Conservación de los Alimentos*. Universidad Nacional Agraria - La Molina (1994), Lima - Perú.
- [11] GRUDA Z., POSTOLOSKY J. *Tecnología de la congelación de alimentos*. Edit. Aribia. Zaragoza-España (1967).
- [12] HIRVI T., Mass fragmentographic and sensory analyses in the evaluation of the aroma of strawberry. *Hort. Abstr.*, **54**, 82 (1983). CMSF, *International Comision Microbiological Specifications on Foods*. Ed. Acribia, Zaragoza, España (1986).
- [13] INABA A., ITO T., NAKAMURA R. *Sugar and organics acids contents in straeberry under different cultural conditions*. Scientific reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University; 50, 37 (1984), USA.
- [14] ITINTEC, *Manual de Normas Técnicas*. Lima - Perú (1981).
- [15] MAIN G., MORRIS R., WEHUNT J. Effect of preprocessing treatments on the firmness and quality characteristics of strawberries after freezing adn thermal processing. *J. Food Science.*, **51**, 391,397 (1986).
- [16] MASTER K. *An introduction to Atomization techniques in spray drying*. Edit. Leonor Hill books. USA (1972).
- [17] NOVACINA A. G. *Catálogos de la Compañía Novacina* (1992).
- [18] OKASHA K. Di-and-Tri-carboxylic acids in ripe strawberry fruits. *Hortscience*. **21**(3), 91 (1986).
- [19] OKOS M. Physical and chemical properties of food. Published by *Am. Soc. Agri. Eng.* Michigan, USA (1986).
- [20] PEARSON A. *Métodos modernos de análisis de los Alimentos*. Edit. Limusa. México (1976).
- [21] PERRY J. *Manual del Ingeniero Químico*. Edit. Hispano. Barcelona. España (1961).
- [22] REY L. *Aspects théoriques et industriels de la lyophilisation*. Edit. Hermann. París- Francia (1972).
- [23] UESU L. Ensayo sobre secado por rocia del jugo de maracuyá. *Tesis de grado*. Universidad Nacional Agraria-La Molina. Lima-Perú (1970).
- [24] VASQUEZ L. Estudio comparativo de las características del jugo de limón sutil deshidratado por liofilización y secado al vacío. *Tesis de grado*. Universidad Nacional Agraria- La Molina. Lima-Perú (1990).
- [25] YAHIA E. *Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas*. Edit. Limusa. México (1992).