



EVALUACION DE LA CALIDAD DEL GUINEO SECADO POR ENERGIA SOLAR

*Piedad Botero Botero
Corporación Universitaria Lasallista,
Facultad de Ingeniería de Alimentos, Medellín*

ABSTRACT

Different drying test made on samples of guineo in a plan plate solar drier and in an air stove permitted knowing the composition of the guineo flour when the fruit was either blanching or not, before it was submitted to one of the two procedures mentioned above.

It is important to mention, for one part, that the blanching doesn't diminish the nutrients like it is ordinary observed with other foods. On the other hand, in the solar drier it is possible to obtain a product of physical, chemical and microbiological quality compared to one that is stove dried. Due to the fact the solar drier doesn't require electricity this procedure is more economic.

The guineo flour can be used in different forms such as soups, creams and stew, for baby food.

Due to its high nutritional value, the guineo flour can be recommended as a complementary meal for children and adults.

RESUMEN

Diferentes ensayos de secado practicados a muestras de guineo (*Musa*

sapientum L. clon guineo) en un secador solar de placa plana y en una estufa de aire, permitieron conocer la composición de la harina de guineo obtenida cuando el fruto era escaldado o no, antes de someterlo a secado por cada uno de los métodos mencionados.

Es importante resaltar, por una parte, que el escaldado en este producto no disminuye nutrientes como ordinariamente puede ocurrir con muchos otros alimentos, y por otra parte, que en el secador solar es posible obtener un producto de buena calidad fisicoquímica y microbiológica, comparable con la harina que se obtiene cuando se utiliza la estufa como medio de secado. Debido a que el secado en el secador solar por convección natural no requiere fluido eléctrico para su funcionamiento, éste es un método más económico.

La harina de guineo puede usarse en diferentes preparaciones como sopas, cremas y coladas para teteros. Dado su gran valor nutricional, es posible recomendarla como alimento complementario, tanto para la población infantil, como para el resto de nuestra población.

PALABRAS CLAVES: Calidad, Guineo, Secado Solar.

INTRODUCCION

Con el empleo de secadores solares en los cuales es posible concentrar energía, secar el producto y evitar el deterioro de éste al aislarlo del medio ambiente durante el proceso de secado se abaratan los costos de este proceso, al aprovechar la principal y más abundante fuente de energía: el sol

Aunque existen varios estudios sobre secado solar en productos agrícolas, especialmente en otros países, es importante evaluar las características organolépticas, la composición, el valor nutritivo y la calidad microbiológica de los productos obtenidos mediante secado solar, con el fin de ajustar los métodos de secado o los equipos empleados y así obtener productos alimenticios de óptima calidad.

El diseño del secador solar de placa plana, empleado en el presente estudio, busca que el equipo funcione por convección natural y no forzada, con el fin de que su empleo resulte factible tanto en la ciudad como en regiones donde no se cuenta con energía eléctrica (para la convección forzada se requiere instalar un ventilador).

El producto elegido para el estudio fue el Guineo (*Musa sapientum* L. clon guineo), el cual, después de secado y molido, puede ser aprovechado como alimento complementario para la población, principalmente la infantil.

De esta manera se aporta una tecnología apropiada, tendiente a solucionar los tan agudos problemas de desnutrición existentes en muchas regiones del país por falta de un mejor aprovechamiento de los productos alimenticios tradicionales, poco empleados como alimento debido a su carácter perecedero y a las pocas formas de procesamiento y de consumo. Con un tratamiento adecuado

y una manipulación correcta del producto, es posible secar, en época de cosecha, muchos productos como plátanos, bananos, guineos, papas y otros, que se pierden por no contar con técnicas de conservación adecuadas.

Para evaluar la calidad del guineo secado por energía solar, y empleando un secador solar de placa plana, se analizan -en el producto seco y molido- los componentes fisicoquímicos más importantes relacionados con el valor nutricional como proteínas, minerales, azúcares y almidón; a la vez, se evalúa la calidad microbiológica del producto mediante el recuento de esporas aerobias y anaerobias y el estado de conservación mediante el contenido de humedad de la harina obtenida. Al no encontrar en la literatura estudios relacionados con este tema, se plantea, para su ejecución y evaluación, un diseño experimental empleando el diseño factorial 2^2 con el cual es posible comparar los resultados obtenidos al aplicar diferentes tratamientos y elegir, la(s) condición(es) adecuada(s) para obtener un producto con buena calidad nutricional y microbiológica.

EXPERIMENTACION

Selección del diseño

El objetivo perseguido en la parte experimental es evaluar la calidad del guineo secado por energía solar y su aprovechamiento en la obtención de harina de guineo.

Debido a la ausencia de estudios sobre la composición de la harina de guineo obtenida después de moler el producto seco, se eligió trabajar el experimento con un diseño factorial 2^2 , con el cual fue posible evaluar el comportamiento de la harina de guineo obtenida luego de secar la pulpa en un secador solar de placa plana o en una estufa de aire a baja temperatura.

Como el guineo se pardea rápidamente una vez se expone su tejido interno al aire y a la luz al pelarlo debido a la presencia de enzimas, principalmente del tipo de las polifenoloxidasas (4,7,15), se eligió el escaldado como segundo factor para inactivar las enzimas (15,53). De esta manera fué posible evaluar la calidad de la harina de guineo obtenida por cualquiera de los métodos de secado cuando éste era sometido o no a escaldado antes de secarlo. Mediante ensayos previos, y variando la temperatura y el tiempo de escaldado entre 95 y 150°C y 15 s y 6 min respectivamente, se estandarizó la temperatura y el tiempo óptimos de escaldado, con los cuales se logró inactivar las enzimas responsables del pardeamiento, sin producir demasiada cocción del producto.

Así mismo, se detectó la importancia del empleo de un desinfectante recomendado para alimentos en las diferentes operaciones del proceso, para obtener un producto apto para el consumo. Con el desinfectante se logra disminuir la contaminación del producto durante el secado en el secador solar, pues este proceso se efectúa con aire libre procedente del ambiente.

Habiéndose definido los factores, con sus respectivos niveles, los cuatro tratamientos resultantes fueron: a) estufa sin escaldado; b) secador solar sin escaldado; c) estufa con escaldado y d) secador solar con escaldado.

Se acordó, igualmente, que los análisis de laboratorio serían practicados en el producto seco y molido; es decir, en la

harina de guineo obtenida de los diferentes tratamientos.

Las características fisicoquímicas seleccionadas para evaluar la calidad del producto fueron: proteínas, azúcares, almidón, minerales (calcio, hierro, fósforo, magnesio, manganeso, cobre, zinc, potasio) y el contenido de humedad como parámetro importante en la conservación del producto (21).

Debido a que las esporas de diferentes especies bacterianas, e incluso de diferentes cepas, presentan una amplia variación en cuanto a su resistencia al calor y a otras condiciones adversas, se determinaron las clases de esporas comprometidas en la evaluación de la calidad microbiológica de la harina; esto porque, en general, las esporas bacterianas son mucho más resistentes al calor, a los antisépticos y a los otros bactericidas, que las correspondientes formas vegetativas (21).

En vista del número de análisis necesarios, del alto costo de ellos y teniendo en cuenta que en la práctica, un experimento completo no se repite muchas veces. Más aún, pocas veces se ejecuta más de dos veces el mismo experimento; (52) se eligieron dos repeticiones.

El orden de realización de cada tratamiento en las repeticiones 1 y 2 fué establecido mediante el empleo de una tabla de números aleatorios (46) quedando un diseño 2² completamente al azar.

La etapa de selección del Diseño se puede representar así:

Factores	Descripción	Niveles	
		(-)	(+)
MS	Medio de secado	Estufa (F)	Secador solar (SS)
E	Escaldado	Sin escaldar (SE)	Con escaldado (CE)

Ejecución del experimento

La ejecución de cada experimento completo -se refiere a una repetición o réplica- se llevó a cabo de acuerdo con el diagrama de flujo de bloques, representado en la figura 1. De ella se destacan las siguientes características:

- La toma de muestra del fruto (guineo con cáscara) necesario para realizar todos los tratamientos de cada réplica, fué hecha según la norma Icontec 756 (26).
- El pelado se realizó manualmente. Antes de iniciar cada operación se aplicó el desinfectante a todos los implementos y superficies en contacto con el guineo, en cualquiera de sus fases.
- El producto pelado se partió en rebanadas de espesor previamente estandarizado, para lograr el secado en el menor tiempo y para que cupiese la mayor cantidad de pulpa rebanada en la cámara de secado y en la estufa.
- Si el tratamiento requería escaldado, las rebanadas se sometían a la temperatura por el tiempo ya estandarizado. Una vez enfriadas y escurridas, eran llevadas a las bandejas de los medios de secado empleados.



Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de harina de guineo y su análisis.

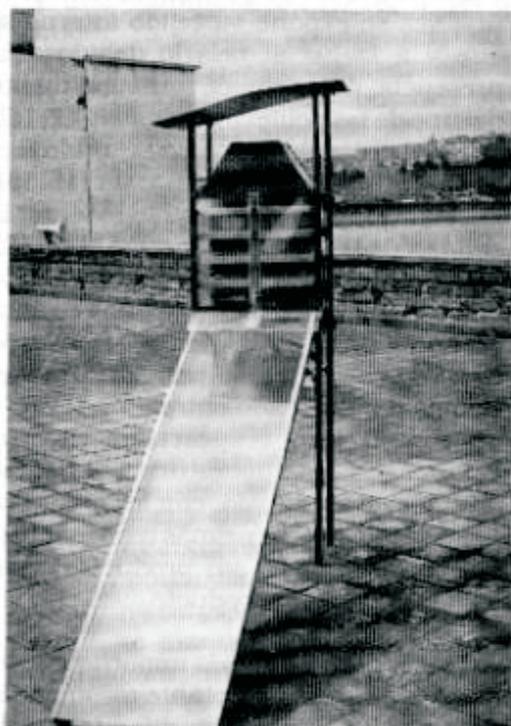


Figura 2. Secador solar de placa plana.

- Antes de emplear el secador solar, (Véase figura 2) en el tratamiento respectivo, se practicó una rigurosa limpieza a la placa colectora para eliminar adherencias de polvo, y las cuales no sólo disminuirían la eficacia térmica sino que contaminarían el producto, y por lo tanto aminoraría la efectividad del desinfectante. En todos los tratamientos se estandarizó el tiempo de secado en siete horas.
- El producto seco fué molido en un molino de cuchillas, pasando toda la harina por una malla de 0.5 mm - equivalente a malla N° 32 en la serie Tyler- (51).
- La harina de guineo, así obtenida, se empacó en bolsas de polietileno, con sus respectivos rótulos para los análisis, y en frascos de vidrio para chequear la estabilidad del producto en los dos envases.

Con esta secuencia de operaciones establecida y con las condiciones de tiempo y temperatura estandarizadas previamente, se pretendía mantener el ambiente de experimentación tan uniforme como fuera posible, para obtener mayor reproducibilidad en las respuestas y disminuir el error experimental.

Paralelamente, en cada tratamiento se registraron datos de pesadas en los puntos claves, con el fin de evaluar el rendimiento del fruto de guineo a pulpa seca y practicar los balances de masa requeridos para hallar la porción comestible, la cantidad de agua eliminada y otros datos de interés. En aquellos tratamientos donde se empleó el secador solar durante la operación de secado se registraron, además, las temperaturas de bulbo húmedo y de bulbo seco para hallar, por balances de masa y energía y empleando la carta psicrométrica para Medellín, la eficacia probable del equipo.

RESULTADOS

Siguiendo los métodos oficiales de análisis, las técnicas estandarizadas y reco-

mendadas para este tipo de productos, (1,23) y efectuando los cálculos respectivos, se obtuvo la composición de las diferentes harinas de guineo (Véase tabla 1).

Es importante resaltar que mediante el empleo del desinfectante recomendado para alimentos y la metodología seguida en la ejecución del experimento, se logró rebajar, en cantidad considerable, las unidades formadoras de colonias de esporas.

En estudios realizados en Egipto sobre secado de vegetales utilizando secador solar, (58) se registró que los conteos de esporas no excedieron de 100.000 esporas/g, número muy superior al máximo registrado en el presente estudio, donde se obtuvo conteos de 10.000 esporas aerobias/g y de 1000 esporas anaerobias/g (Véase tabla 1).

Análisis e interpretación de los resultados

Para ilustrar al lector sobre el procedimiento seguido al efectuar el análisis e

Tabla 1.
Composición de la harina de guineo obtenida por diferentes tratamientos

T.	R	Wm/m	Resultados en base seca										Esporas / g.			
			Humedad	% m/m			Minerales en p.p.m.						%	Aero-bias	Anaero-bias	
				Pro-teína (*)	Azu-cares	Almi-dones	Ca	P	Fe	Mg	Cu	Zn				Mn
S E C A D O R	Sin Escal dado	I	8.80	5.94	2.39	82.40	125	984	26	1246	6	16	15	1.40	96*10	96*10
		II	7.55	4.92	11.59	72.86	130	1400	18	1306	4	7	7	1.48	100*10	108*10
	Con escal- dado	I	11.35	5.04	0.77	82.92	177	917	56	1050	6	9	6	1.00	62*10	29*10
		II	14.75	4.36	5.65	77.83	147	1200	28	1079	4	5	5	1.05	58*10	32*10
E N T U F A	Sin escal- dado	I	8.15	5.18	5.63	76.50	275	1175	23	1329	3	5	9	1.60	74*10	17*10
		II	11.30	4.72	8.98	76.45	110	1300	21	1336	4	8	7	1.64	72*10	23*10
	Con Escal- dado	I	10.30	4.11	2.54	80.14	117	1098	27	1146	3	4	17	1.00	48*10	74*10
		II	8.95	4.50	4.27	76.92	174	1100	53	1047	4	8	6	1.18	52*10	66*10

(*) Empleando el factor 6,25

T: Tratamiento R: Repetición

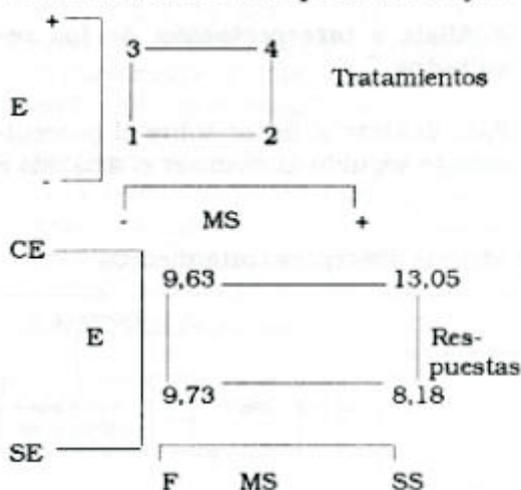
interpretación de resultados obtenidos, se relata, a continuación, el análisis e interpretación para la humedad y para las esporas anaerobias únicamente.

Humedad. La respuesta Y_i expresa el porcentaje (m/m) de humedad en el guineo.

Los resultados se pueden representar en forma tabular (Véase cuadro 1).

Los números que aparecen entre paréntesis corresponden al orden de cada uno de los tratamientos dentro de las repeticiones 1 y 2 respectivamente. Para determinar este orden se usó una tabla de números aleatorios; es decir, es un diseño 2^2 completamente al azar.

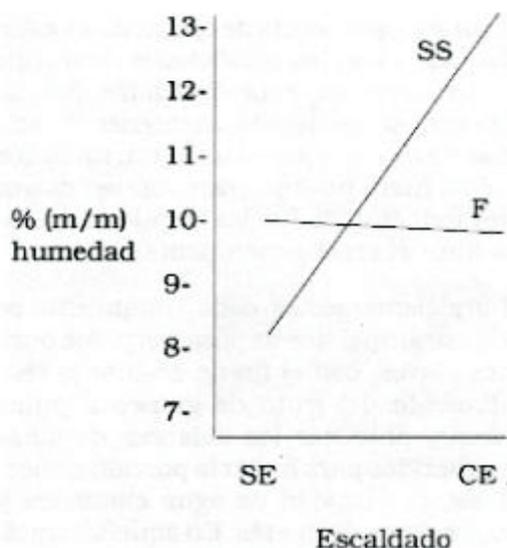
Los valores de Y_i que aparecen en la última columna, son el promedio aritmético de los valores obtenidos en los respectivos tratamientos de las repeticiones 1 y 2.



Gráfica 1. Representación esquemática de los resultados.

Cuadro 1. Representación de los resultados de humedad en forma tabular.

Tratamiento	Factores		Repeticiones		Respuesta
	MS	E	1	2	Y_i
1	-	-	8,15 (3)	11,30 (2)	9,73
2	+	-	8,80 (1)	7,55 (4)	8,18
3	-	+	10,30 (4)	8,95 (1)	9,63
4	+	+	11,35 (2)	14,75 (3)	13,05



Gráfica 2. Representación gráfica del porcentaje (m/m) de humedad en el guineo.

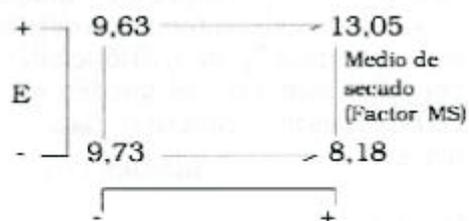
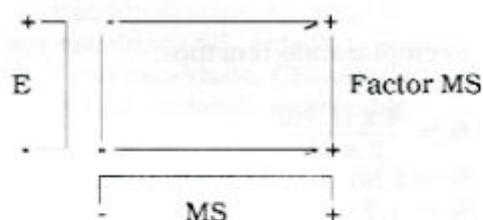
Estimación de los efectos: es importante determinar el valor de los efectos principales y de la interacción, para saber cuáles factores son significativos y si estos son aditivos (5,31). Los efectos pueden estimarse de la siguiente manera (Véase cuadro 2).

La sumatoria de los valores correspondientes a los signos positivos (+) menos la sumatoria de los valores correspondientes a los signos negativos (-) dividido entre dos, y en la forma indicada anteriormente, da como resultado los valores de los efectos principales y de la interacción. Este método es equivalente al Algoritmo de Yates (5).

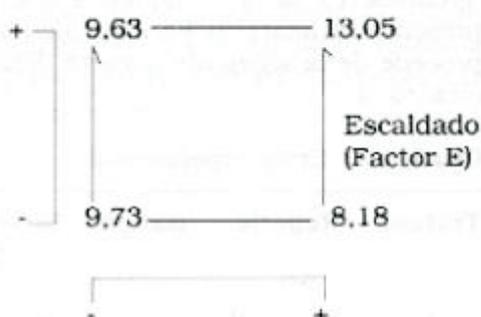
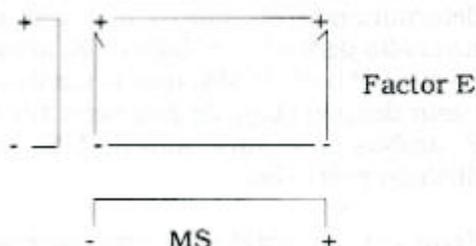
Cuadro 2. Estimación de los efectos

Tratamiento	Efectos			Respuesta
i	MS	E	MSE	Yi
1	-	-	+	9,73
2	+	-	-	8,18
3	-	+	-	9,63
4	+	+	+	13,05
$\Sigma+$	21,23	22,28	22,78	
$\Sigma-$	19,36	17,91	17,81	
$\frac{(\Sigma+)-(\Sigma-)}{2}$	0,94	2,39	2,48	

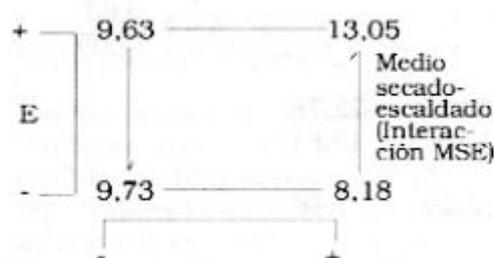
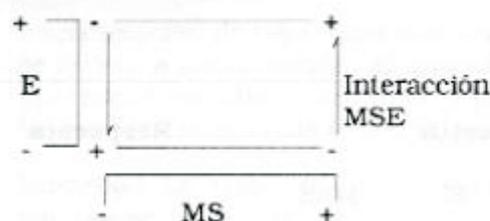
Los efectos se pueden representar gráficamente e interpretar de la siguiente manera:



El efecto principal MS se obtiene registrando el cambio al pasar del nivel bajo de MS al nivel alto de MS, ambos en el nivel bajo de E, más el cambio obtenido al pasar del nivel bajo de MS al nivel alto de MS, ambos en el nivel de E, todo dividido entre 2.



El efecto principal E se obtiene estimando el cambio al pasar del nivel bajo de E al nivel alto de E, ambos en el nivel bajo de MS, más el cambio registrado al pasar del nivel bajo de E al nivel alto de E, ambos en el nivel alto de MS, todo dividido entre dos.



El efecto de la interacción MS se obtiene determinando el cambio al pasar del nivel alto de E al nivel bajo de E, ambos en el nivel bajo de MS, más el cambio al pasar del nivel bajo de E al nivel alto de E, ambos en el nivel alto de MS, todo dividido entre dos.

Error experimental se asume ausencia de errores determinados. El error experimental se refiere a los errores indeterminados; es decir, a aquellos que se presentan al azar (12). Para su cálculo se procede de la siguiente manera (Véase cuadro 3).

Cuadro 3. Error experimental

Tratam.	Repetic.	Rango	$SI^2 = \frac{RI^2}{2}$	
I	I	II	RI	
1	8,15	11,30	3,15	4,96
2	8,80	7,55	1,25	0,78
3	10,30	8,95	1,35	0,91
4	11,35	14,75	3,40	5,78

$$S^2 = \frac{\sum \delta_i S_i^2}{\sum \delta_i} \quad (5)$$

Donde: S_i^2 = Varianza de cada conjunto de datos de un mismo tratamiento; δ_i = Número de grados de libertad asociado a ese conjunto de datos, y S = error experimental.

Luego:

$$S^2 = \frac{1 \times (4,96) + 1 \times (0,78) + 1 \times (0,91) + 1 \times (5,78)}{1 + 1 + 1 + 1}$$

$$S^2 = 3,11$$

$$S = 1,76$$

Varianza de los efectos

$$S_L^2 = \frac{4 S^2}{n \times 2^k} \quad (5,52)$$

Donde:

S_L^2 = Varianza de los efectos; n = número de repeticiones. En este caso es igual a dos y k = número de factores; esto es, dos.

Reemplazando tenemos:

$$S_L^2 = \frac{4 \times (1,76)^2}{2 \times 2^2}$$

$$S_L^2 = 1,56$$

$$S_L = 1,25$$

Prueba de hipótesis: Si L , es una variable aleatoria que representa uno cualquiera de los efectos, o la interacción del diseño experimental 2^2 y su distribución, tiene por valor medio μ_L , se pueden escribir las hipótesis nula y alterna de la siguiente manera:

$$H_0: \mu_L = 0$$

$$H_1: \mu_L \neq 0$$

Como no se conoce la verdadera desviación estandar, se hace uso de la variable de la distribución t, en lugar de la distribución normal estandar z (45). Cuando se hace análisis de varianza, se utiliza la distribución F en lugar de la distribución t (45).

La región de aceptación de H_0 será aquella para la cual es la probabilidad de ocurrencia del evento que satisface la regla:

$$P \{-t_{\infty/2, \delta S_L} \leq L \leq t_{\infty/2, \delta S_L, \mu_L=0}\} = 1 - \alpha$$

Con cuatro grados de libertad y un nivel de significancia de 0,05:

$$t_{0,025,4} = 2,776 (5)$$

La región de aceptación será:

$$-(2,776)(1,25) \leq L \leq (2,776)(1,25) \\ -3,47 \leq L \leq 3,47$$

Se acepta la hipótesis nula para los factores medio de secado, MS y escaldado, E y para la interacción medio de secado-escaldado, MSE.

Al pasar de estufa -sin escaldar o con escaldado- a secador solar, no se tiene un cambio importante. Cuando se pasa de sin escaldar, SE, estufa o secador solar, a con escaldado, CE, tampoco se presenta una variación apreciable.

La prueba de hipótesis muestra que son no significativos el Medio de secado, el Escaldado y la interacción Medio de secado-escaldado.

El agua más difícil de eliminar es la que entra a los geles coloidales, como cuando están presentes el almidón, la pectina u otras gomas (40). A esto podría deberse el mayor contenido de humedad registrado en el tratamiento secador solar con escaldado.

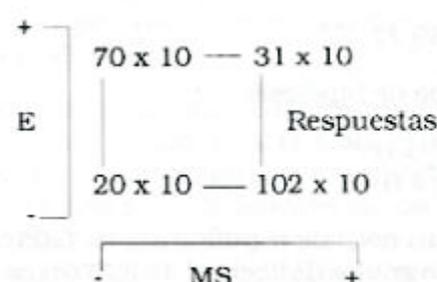
Esporas anaerobias. La respuesta Y_i expresa las unidades formadoras de colonias de esporas anaerobias por grano de harina de guineo (u.f.c./g).

Representación de los datos en forma tabular. Los resultados de esporas anaerobias se pueden representar como sigue (Véase cuadro 4).

Cuadro 4. Representación de los resultados de esporas anaerobias en forma tabular.

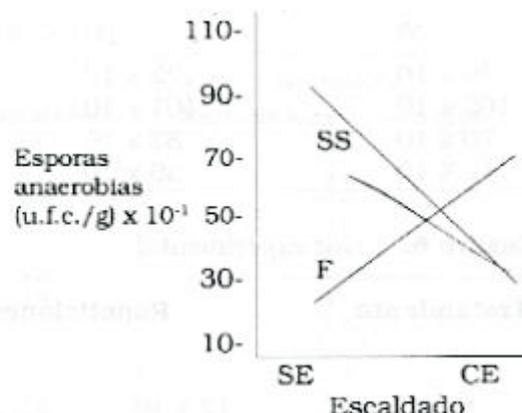
Trat.	Factores		Repetic.		Resp.
	1	MS	E	1	2
1	-	-	17x10	23x10	20x10
2	+	-	96x10	108x10	102x10
3	-	+	74x10	66x10	70x10
4	+	+	29x10	32x10	31x10

Los resultados también se pueden representar en forma esquemática y gráfica (Véanse gráficas 3 y 4).



Gráfica 3. Representación esquemática de los resultados.

Con el fin de visualizar mejor el comportamiento de los resultados, estos se representan en forma gráfica como en los casos anteriores.



Gráfica 4. Representación gráfica del recuento de esporas anaerobias en la harina de guineo.

Cálculo de los efectos. Los efectos pueden ser calculados de la siguiente manera (Véase cuadro 5):

Error experimental. Se puede calcular como sigue (Véase cuadro 6).

$$S^2 = \frac{\sum_i \sigma_i S_i^2}{\sum_i \sigma_i} = 31,63 \times 10^2 \quad \sum_i \sigma_i = 4$$

$$S = 5,62 \times 10$$

Varianza de los efectos

$$S_L = 4 S^2 = 15,85 \times 10^2 \quad \text{con } n=2 \text{ y } k=2 \\ n \times 2^k$$

$$S_L = 39,77$$

Prueba de hipótesis

$$H_0: \mu_i = 0$$

$$H_1: \mu_i \neq 0$$

Con un nivel de significancia de 0,05 y cuatro grados de libertad, $t = 2,776$ tenemos:

$$-110,40 \leq L \leq 110,40$$

No se acepta la hipótesis nula para el factor «medio de secado», ni para la interacción «Medio de secado-escaldado». Con relación al factor «Escaldado», la hipótesis nula con este nivel de significancia aparece un tanto incierta.

Al pasar de estufa -sin escaldar- a secador solar, el contenido de esporas anaerobias aumenta; en cambio, al pasar de estufa, con escaldado, a secador solar, disminuye el número de esporas anaerobias.

Aparecen como significativos, el factor principal «Medio de secado» y la interacción «Medio de secado-escaldado». El factor «Escaldado» aparece como casi significativo. La representación gráfica de los datos se corresponde con el comportamiento de la interacción.

Partiendo del supuesto de que en el lote de guineo, seleccionado en cada toma de muestra, las esporas se encontraban repartidas más o menos homogéneamente, se tomaron en el control microbiológico los dos grupos de familias de esporas aerobias y anaerobias. Cada

Cuadro 5. Cálculo de los efectos.

Respuesta	Columnas		Efectos	
Y _i	(1)	(2)		
20 x 10	122 x 10	223 x 10		
102 x 10	101 x 10	43 x 10	MS	22 x 10
70 x 10	82 x 10	- 21 x 10	E	- 11 X 10
31 X 10	- 39 x 10	-121 x 10	MSE	- 61 x 10

Cuadro 6. Error experimental.

Tratamiento	Repeticiones		Rango	SI ²
i	1	2		R _i
1	17 x 10	23 x 10	6 x 10	18 x 10
2	96 x 10	108 x 10	12 x 10	72 x 10
3	74 x 10	66 x 10	8 x 10	32 x 10
4	29 x 10	32 x 10	3 x 10	45 x 10

una de ellas incluyó géneros y especies con diferente grado de termoestabilidad.

Entre las condiciones óptimas de crecimiento de microorganismos está la temperatura de secado, en un rango que cubrió la mayoría de las esporas mesófilas; de ahí que se presenten fluctuaciones en la resistencia de éstas al calor y en el análisis e interpretación de las esporas anaerobias, y que el factor escaldado sea prácticamente significativo.

El escaldado reduce en gran parte el número de bacterias, en algunos casos hasta en un 99%. Después del escaldado, y si las condiciones de secado no son adecuadas, puede tener lugar el crecimiento de microorganismos y las esporas bacterianas pueden sobrevivir (21).

En la estufa, las temperaturas de secado no fueron muy constantes debido a que la circulación de aire húmedo no era muy rápida y se hacía necesario evacuarlo en diferentes intervalos de tiempo. Esto pudo haber creado condiciones favorables para el incremento de las esporas cuando se aplicaba el tratamiento estufa con escaldado.

El coeficiente de variación (CV) da una idea de la magnitud del error experimen-

tal. Este se obtiene relacionando el error experimental S, con el promedio aritmético de las respuestas Y_i ; se expresa generalmente en porcentaje.

Si el coeficiente de variación es muy grande, puede no observarse diferencias en los tratamientos lo que conduce a no rechazar la hipótesis, sobre todo, cuando no hay mucha diferencia entre ellos. En este caso se puede producir incertidumbre pues se acepta la hipótesis nula (H_0), bien porque los tratamientos no varían en realidad o bien porque el error es muy grande y no permite observar las diferencias. Esto se puede disminuir, algunas veces, aumentando el número de repeticiones o disminuyendo el error, si es posible (36,45).

En el campo que nos ocupa, realizar el secado en el secador solar de placa plana en contacto directo con el aire ambiente, conlleva una serie de factores ajenos al experimento, los cuales repercuten, en algunos casos, en la obtención de coeficientes de variación muy altos. Sin embargo, los resultados obtenidos conservan su validez con las notas complementarias adicionadas a los análisis que así lo requirieron.

Los resultados resumidos se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2. Significancia de los efectos e interacción

Respuesta	Factor		
	Medio de secado	Escaldado	Medio de secado - escaldado
Humedad	NS	NS	NS
Proteína	NS	NS	NS
Azúcares	NS	NS	NS
Almidón	NS	NS	NS
Calcio	NS	NS	NS
Fósforo	NS	NS	NS
Hierro	NS	NS	NS
Magnesio	NS	S	NS
Potasio	NS	S	NS
Cobre	NS	NS	NS
Zinc	NS	NS	NS
Manganeso	NS	NS	NS
Esporas aerobias	S	S	S
Esporas anaerobias	S	CS	S

S Significativo, CS Casi significativo, NS No significativo

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos al evaluar la significancia de los efectos e interacción (tabla 2), se puede concluir:

- Cuando se desea secar el guineo para obtener la harina, se puede elegir indistintamente la estufa o el secador solar sin escaldado o con escaldado. En todos los casos se obtienen niveles aceptables de contenido de humedad (% m/m) en la harina de guineo.
- Puede utilizarse tanto estufa como secador solar, sin escaldado o con escaldado sin que presente una variación fundamental en el contenido de proteínas, azúcares, almidón y de minerales como: calcio, fósforo, hierro, cobre, zinc, y manganeso.
- Los contenidos de magnesio y de potasio son mayores cuando no se escaldó el guineo antes de utilizarse cualquiera de los medios de secado seleccionados en este estudio: estufa o secador solar.
- Se obtienen conteos bajos de esporas aerobias y anaerobias en la harina de guineo, cuando se trabaja con guineo escaldado y se utiliza como medio de secado el secador solar, o cuando se utiliza el guineo sin escaldar y se practica el secado en la estufa (desinfectando previamente los equipos con un desinfectante recomendado para alimentos).
- Para la evaluación de las características fisicoquímicas de la harina de guineo, los dos medios de secado seleccionados o estufa y secador solar, se pueden utilizar indistintamente. El escaldado no disminuye nutrientes, como ordinariamente suele ocurrir en otro tipo de alimentos, siempre que se seleccionen correctamente las temperaturas y tiempos de escaldado.

- La harina de guineo de mejor valor nutritivo, mejor calidad microbiológica y de menor costo, es la que se obtiene utilizando el tratamiento secador solar con escaldado.
- Con base en el aporte nutricional calculado para ocho onzas de colada de guineo y teniendo en cuenta las «Recomendaciones de consumo diario de calorías y nutrientes para la población colombiana-1989» elaboradas por el Ministerio de Salud y el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, se concluyó:
 - Las recomendaciones de fósforo, magnesio y hierro para bebés hasta de cinco meses serían satisfechas en una toma al día de ocho onzas de colada de guineo, cuando se prepara con leche.
 - Es posible satisfacer las recomendaciones dadas, incluyendo en la dieta de nuestra población la harina de guineo como alimento complementario.

REFERENCIAS

1. Arango L.; Agudelo A.C.; Alzate A.R.; Manual de Funcionamiento: Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal. Medellín: Universidad Nacional, 1987. 148 p.
2. Babor, J.; Ibarz, J.; Química General Moderna. 7a ed. Barcelona: Marín, 1962. pp 73-77.
3. Badger, W.; Banchemo, J.; Introducción a la Ingeniería Química. 1a ed. Madrid: Castillo, 1964. pp 484-535.
4. Badui, Dergal, S.; Química de los Alimentos. 1a ed. México: Alhambra, 1981. 431 p.
5. Box, G.; Hunter, W.; Hunter, J.S.; Statistics for Experiments. New York:

- John Wiley & sons, 1978. pp 1-55, 306-351, 631.
6. Brace Research Institute. Survey of solar Agricultural Dryers. Mac Donald-College of McGill University. Quebec, Canada, 1975.
 7. Braverman, J.B.S. Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. 1a ed. Barcelona: Omega, 1967. pp 309-324.
 8. Brown, G. Operaciones Básicas de la Ingeniería Química. Barcelona: Marín, 1965. pp 568-574.
 9. Camarco, C.; Duque C. Deshidratación del Banano y cambios Químicos Ocurridos Durante el Proceso. En: Frutas Tropicales: Boletín Informativo Departamento de Química Universidad Nacional Bogotá y OEA. No 2 (Junio 1977): pp 9-29.
 10. Cardenosa Barriga, R.; El género Musa en Colombia: Plátanos, Bananos y afines. Palmira: Estación Agrícola Experimental, 1954. 368. p.
 11. Cochran, W.; COX, G.; Experimental Designs. 2a ed. New York: John Wiley & sons, 1957. pp 1-43, 148-181.
 12. Cox, D.R. Planing of Experiments. New York: John Wiley & sons, 1958. pp 1-153.
 13. Chohey, N.; HICKS, T.; Manual de Cálculos de Ingeniería Química. 1a ed. México: Mc Graw Hill, 1986. pp 7-32.
 14. Desrosier, N.; Conservación de Alimentos. 5a ed. México: Continental, 1974. pp 157-193.
 15. Desrosier, N.; Elementos de Tecnología de Alimentos. México: Continental, 1977. pp 76-87.
 16. Earle R.L.; Ingeniería de los Alimentos. 1a ed. España: Acribia, 1979. pp 139-167.
 17. Estrada A., E.; Colectores Solares Tipo Aire y su uso en el secado de productos Agrícolas. Medellín: Universidad Nacional, 1981. 71 p.
 18. Fennema, O.; Introducción a la Ciencia de los Alimentos. 1a ed. Barcelona: Reverté, 1982. 917 p.
 19. Fisher, R. The Design of Experiments. 9a. ed. United States of America: HAFNER, 1971. pp 1-26, 93-108.
 20. Franco Lemos, D.; Carta de Humedad para Medellín y Carta de Humedad Aire-Acetona a 760 mm Hg. Medellín, Tesis (Ingeniero Químico). Universidad de Antioquia. Facultad de Ingeniería. p. 1-55: il.
 21. Frazier, W.C.; Microbiología de los Alimentos. 2a ed. Zaragoza: Acribia, 1976. p. 93-96, 128-135.
 22. García Barriga, H.; Flora Medicinal de Colombia. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional, 1974. Tomo 1 pp 203-209.
 23. Gonzáles Velásquez, G.E.; Manual sobre Técnicas Microbiológicas para Alimentos. Medellín: Universidad de Antioquia, 1983. 96 p.
 24. Hicks, CH.; The experiment, the design and the analysis. 1a ed. Indiana: 1963. pp 1-21, 108-115.
 25. Hougen, O.; Watson, K.; and Ragatz, R.; Chemical Process Principles. 2a ed. United States of America: Wiley, 1962. Tomo 1. pp 72-127.
 26. Instituto Colombiano de Normas Técnicas; Frutas y Hortalizas Frescas: Toma de Muestras. Bogotá: Icontec,

1975. 6 P. (Norma Col. Icontec, No 756).
27. Instituto Colombiano de Normas Técnicas; Plátanos: Clasificación. Bogotá: Icontec, 1978, 4 p. (Norma Colombiana Icontec, No 1190).
28. Karlekar, B.V.; Desmond, R.M.; Transferencia de Calor. 2a ed. México: Interamericana, 1985. pp 1-30, 620-622.
29. Kreith, F.; Principles of Heat Transfer. 2a ed. Pennsylvania: International Textbook, 1958. p. 326-358.
30. Lang, K.; and SCHOEN, R.; Tratado de Nutrición. Madrid: Aguilar, 1957. p. 153-168.
31. Miller, J.C.; Miller, J.N.; Statistics for Analytical Chemistry. New York: John Wiley & sons, 1984. p. 13-57; 147-156.
32. Montgomery, D.; Design and Analysis of Experiments. New York: John Wiley & sons, 1976. p. 1-29, 121-156.
33. Montoya Echeverri, F.; Pérez Jaramillo, C.M.; Valenzuela Arango, C.I.; Aprovechamiento de la Energía Solar en el Secado. Medellín, 1982. 246 p.: Il. Tesis (Ingeniero Mecánico) Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Mecánica.
34. Montoya Echeverri, F.; Pérez Jaramillo, C.M.; Valenzuela Arango C.I.; Secado Solar de Productos Agrícolas por Convección Natural. En: Ingeniería Mecánica Medellín. Vol. 5, No 6 (1981) p. 4-13.
35. Perry, J.; Manual del Ingeniero Químico. 1a ed. México: UTEHA, 1976. Tomo 1. pp 1256-1267.
39. Perry, R.; and Chilton C.; Manual del Ingeniero Químico. 5a ed. Bogotá: Mc. Graw-Hill, 1982. Vol. 1. Sección 12. pp 1-12.
40. Potter, N.; La Ciencia de los Alimentos. 1a ed. México: EDUTEX, 1973. pp 261-321.
41. Quiñones Mera, B.; Bioingeniería. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1982. pp 80-113, 157-176.
42. Reynolds, W.; Termodinámica. México: Mc Graw-Hill, 1976. pp 92-126.
43. Slas, A. y Levy, I.; Secado Solar de Frutas (Zona del Cajón del Nariño). En: Contribuciones Científicas y Tecnológicas -Area Ingeniería Química II- No 32 (Septiembre 1978). pp. 65-71.
44. Shakya, B.; and Flink, J.; Dehydration of Potato: 3. Influence of Process Parameters on Drying Behavior for Natural Convection Solar Drying Conditions. En Journal of Food Processing and Preservation. Vol 10 (Jan. 1986); pp 127-143.
45. Snedecor, G.; Cochran, W.; Statistical Methods. 6a. ed. United States of America: Iowa State University, 1967. pp 3-64, 339-349.
46. Spiegel, M.; Estadística. 1a ed. México: Mc Graw-Hill, 1970. 349 p.
47. Tabla de Composición de Alimentos Colombianos. Instituto Nacional de Nutrición. Bogotá: INN, 1979. 93 p.
48. Treybal, R.; Mass-transfer Operations. 2a ed. New York: Mc Graw-Hill, 1968. pp 176-215.
49. Valero, M.; Energía Solar. En: Diálogo: Tecnología Apropriada. Cali: Uni-

- versidad del Valle. Vol. 2 No 4/5 (Mar. 1981); p. 1-3.
50. Vélez Pasos, C.; La utilización de Energía Solar en el Secado de productos Agrícolas. En: Diálogo: Tecnología Apropriadada. Cali: Universidad del Valle. Vol 2. No 4/5 (Mar. 1981); p. 12-13, 17.
51. Vian, A.; Ocon, J.; Elementos de Ingeniería Química. 5a ed. Madrid: Aguilar, 1967. pp 457-514.
52. Villa, C.M.; Técnicas de Diseño de Experimentos. Medellín: Asociación Química Colombiana, 1986. pp 6-117.
53. Voirol, F.; The Blanching of Vegetables and Fruits. Switzerland: ROCHE, 1972. 16 P.
54. Wallace B. V. A.; Copley, M.; and Morgan, A.; Food Dehydration. 2a ed. United states of America: AVI, 1973. Vol. 1. pp 22-79.
55. Warren, Mc C.; Smith, J.; United Operation of Chemical Engineering. 2a ed. New York: Mc Graw-Hill, 1976. p. 939-967.
56. Weinstein Velásquez G.; Colectores Solares Planos. Medellín, Universidad Nacional, 1987. 11 p.
57. Woodroff, J.; and Luh, B.; Commercial Fruit Processing, 2a ed. United States of America: AVI, 1976. pp 374-426.
58. Yaciuk, G.; Food Drying. Proceedings of a workshop held at Edmonton Alberta, 6-9 July 1981. Ottawa, Canadá. 1982. 104 p.