

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL JUGO CONCENTRADO DE PIÑA EN LA UEB COMBINADO INDUSTRIAL HÈROES DE GIRÒN.

Ing. Jonathan Serrano Febles, Zaidiris Mercedes Herrera García², Lisbet Naranjo Delgado³

1. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. jonathan.serrano@umcc.cu

2. Universidad de Matanzas – Filial Universitaria Jagüey Grande, Calle 54 #904 e/ 9 y 11 Jagüey Grande, Matanzas.

3. Universidad de Matanzas – Sede “Juan Marinello”, Matanzas, Cuba

Resumen

Este trabajo compete a un estudio efectuado en la UEB Combinado Industrial Héroes de Girón con el objetivo de comprobar si el proceso de producción de concentrado de piña cumple con las especificaciones de calidad en la contienda trimestral de junio, julio y agosto. Para ello se realiza la caracterización estadística de las principales variables, pruebas de normalidad, cartas de control, pruebas de hipótesis y análisis de varianza a las principales variables a través del software STATGRAPHICS plus 5.0. Se demuestra que los sólidos solubles del concentrado no cumplen con las normas de calidad que permite su comercialización y que no se encuentra en control estadístico.

Palabras claves: Control estadístico, cartas de control, análisis de varianza, pruebas de hipótesis, jugos concentrados.

1. Introducción

La Unidad Empresarial de Base (UEB) Combinado Industrial “Héroes de Girón” se ubica en Jagüey Grande, provincia de Matanzas. El principal producto de esta empresa es el jugo concentrado congelado, el que se obtiene por evaporación del jugo natural extraído de las frutas, como es el caso del de piña (60 °Bx). Este es un producto que tiene gran demanda en el comercio mundial; de ahí la necesidad e importancia de comprobar si cumple con las especificaciones de calidad. Esta necesidad también se impone porque la empresa inicialmente fue diseñada para procesar solamente frutas cítricas, por lo que no tiene vasta experiencia en el procesamiento otros tipos de frutales, así como los parámetros operacionales para ello no están claramente definidos. Para comprobar si el concentrado congelado de piña cumple con la calidad requerida, se hace un análisis estadístico a las variables determinantes en el proceso. A su vez, en el trimestre que se analiza (junio, julio y agosto) existieron irregularidades tecnológicas que pudieron conllevar al incumplimiento de las normas que avalan su comercialización.

El cliente exige principalmente, para la compra del producto un valor de *ratio* determinado. Este es el índice de madurez en la fruta expresado como el cociente de los sólidos solubles y la acidez, siendo estas las variables que se estudian en este análisis.

1.1 Descripción del proceso productivo del jugo Concentrado Congelado de piña.

Cuando las frutas llegan a la industria se toma una muestra para analizar los parámetros de calidad más importantes. Luego son trasladadas por cintas transportadoras hasta el canal de agua donde son lavadas con agua tratada con hipoclorito de sodio, para eliminar posibles microorganismos. Posteriormente suben por un elevador de cangilones hasta el transportador inclinado que alimenta la prensa. Al jugo obtenido en la prensa se le separa la pulpa grosera en los tamizadores para ser impulsado a través de una centrífuga separadora (disminuye el contenido de pulpa). Luego es enviado al evaporador, equipo en el cual por intercambio con vapor de agua se le extrae al jugo, la esencia y el agua. Al evaporarse gran parte del agua que contiene el jugo, se obtiene finalmente el concentrado de este.

Este jugo se envía a los tanques de ajuste, cada uno de 20 000 litros previstos de agitadores con el objetivo de homogenizar el lote. Estos tanques están contruidos de acero inoxidable y presentan un doble forro por donde circula amoníaco como agente refrigerante para mantener su temperatura. Posteriormente se bombea el jugo concentrado hacia la llenadora, donde el producto es envasado en bidones y colocados en cámaras frías a -15 °C, listos para su exportación.

La piña debe tener como mínimo 13 °Bx y presentar un índice de acidez entre 0,45 y 0,76% según la norma de calidad de la empresa. Para que el concentrado pueda ser comercializado debe tener 60 °Bx con una variación máxima admisible de 5 °Bx y una acidez entre 0,60 y 2,50.

2.2 Herramientas estadísticas empleadas para el control de la calidad mediante el software STATGRAPHICS plus 5.0.

2.2.1 Caracterización estadística.

La caracterización estadística es una herramienta que se emplea para analizar los datos recogidos de las variables que intervienen en el control de la calidad del producto. Para realizar dicha caracterización se utilizó el programa Statgraphic Plus. Los parámetros estadísticos que se calculan son: media, varianza, desviación estándar y el coeficiente de variación; este último indica el grado de dispersión de la muestra teniendo en cuenta el siguiente criterio: menor que 4 es excelente y la media es representativa, de 4 a 8 es buena por lo que es representativa, entre 8 y 12 es aceptable se puede decir que representa y mayor que 12, no es representativa y presenta una dispersión grande (Guerra y Sevilla ,1987).

2.2.2 Pruebas de Normalidad.

A su vez, para realizar un análisis estadístico de las variables, los datos deben seguir una distribución normal. Para la demostración de la distribución normal se efectúan a las siguientes pruebas:

- Se analizan los valores de los coeficientes de Kurtosis y asimetría, los cuales deben estar dentro de un rango de -2 a 2.
- Se construye el histograma de frecuencia. La gaussiana que pasa por los puntos medios de cada barra debe ser simétrica y coincidir con el recorrido de la campana de Gauss.
- Comparación entre el valor de la probabilidad y el error permisible. La condición necesaria para plantear la existencia de la distribución normal es que el valor de la probabilidad de los coeficientes de asimetría y Kurtosis debe ser mayor que el nivel de significación (α). En este caso Statgraphic Plus predetermina un nivel de confianza o sea α de 1%.

En caso de que algunas de estas pruebas indiquen que los datos no responden a una distribución normal, se normalizan según la NC-92-21: Procedimiento para evaluar la anormalidad de los resultados de las observaciones, de 1979.

2.2.3 Pruebas de Hipótesis.

En las pruebas de hipótesis se sospecha una hipótesis nula contra una hipótesis alternativa (Bouza y Sistachs, 2012).

Para comprobar que la fruta cumple con la acidez requerida (0,45 – 0,76) se forman dos pruebas de hipótesis de acuerdo a los límites del intervalo establecido para un 95% de confianza:

- Hipótesis nula: $\mu \geq 0,45$
Hipótesis alterna: $\mu < 0,45$
- Hipótesis nula: $\mu \leq 0,76$
Hipótesis alterna: $\mu > 0,76$

De manera análoga, se formulan las restantes pruebas para el porcentaje de sólidos solubles en la fruta y el jugo concentrado, así como el índice de acidez de este último.

2.2.4 Cartas de control

Las cartas de control son un modo práctico que contribuye al control de la calidad en los procesos de producción. Son una comparación grafica-cronológica de una característica actual de la calidad de un producto con los límites que representan la norma de calidad del producto Suárez, 2013.

Las cartas de control de media tributan directamente al análisis la calidad del producto. Los gráficos presentan límites que indican si la variable analizada presenta calidad o no, según la zona en que se ubican las variables que determinan la calidad del jugo.

Las cartas de control de rango son empleadas principalmente para prever alguna desviación a tiempo de esas variables a partir de las especificaciones que se establezcan.

Existen criterios para establecer si la variable se encuentra en control estadístico o no. En caso de que el índice que se grafica supera los límites de control, se plantea que el proceso productivo está fuera de control. Otra es la acumulación de un número inapropiado de puntos todos de un mismo lado de la línea central, así como las tendencias abruptas a una disminución o aumento de los valores.

2.2.5 Análisis de varianza

Es muy común en los estudios de estadísticas, probar cuando las muestras difieren respecto a una propiedad. El análisis de varianza por variable es unifactorial donde el factor es el mes; este brinda la información en la tabla ANOVA. Esta tabla aplica un procedimiento de comparación simple para determinar qué meses son significativamente diferentes de otros. Para ampliar el estudio se realiza la prueba Duncan para estudiar los grupos homogéneos.

3.3 Comportamiento real de las variables del proceso.

A continuación, se ofrecen los resultados del análisis estadístico de las variables correspondientes a través de 59 observaciones, que corresponden a los lotes producidos en la contienda trimestral de junio, julio y agosto del 2017.

3.3.1 Caracterización de las variables

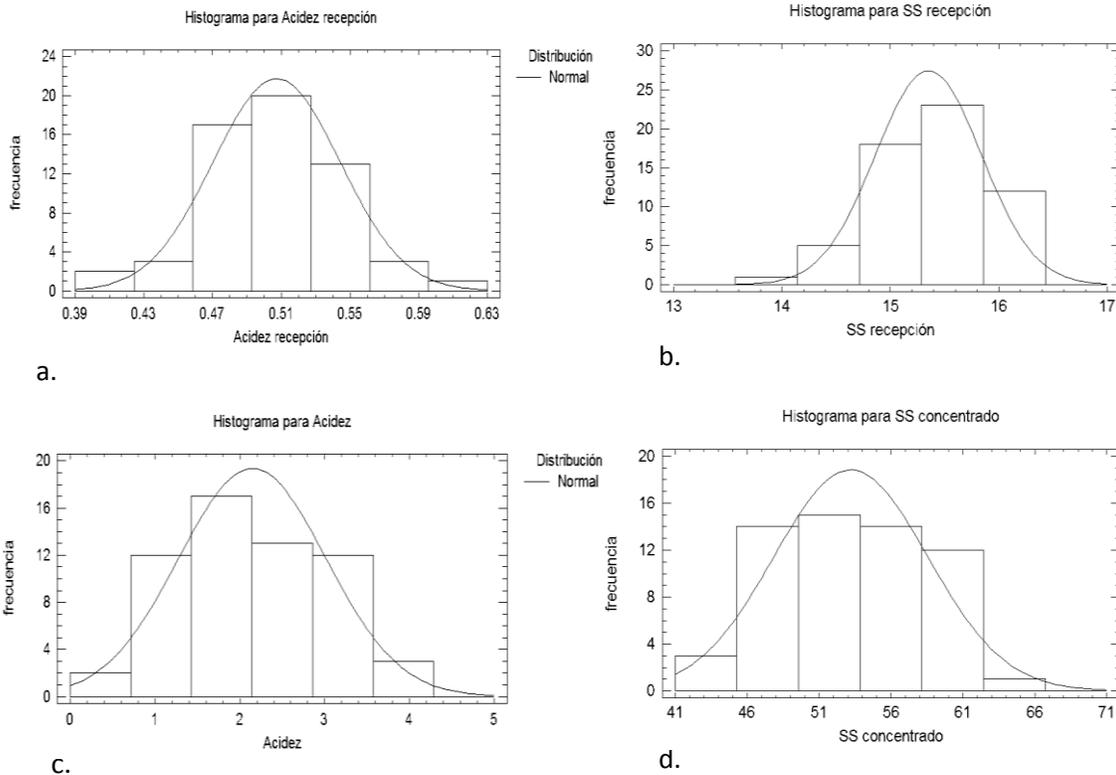
En la tabla 1 se muestran la caracterización estadística de cada una de las variables analizadas. Incluye medidas de tendencia central y medidas de dispersión. En el caso de la acidez y los sólidos solubles de la fruta, así como los sólidos solubles del concentrado los coeficientes de variación dan como resultado un valor inferior a 12%, por lo que se puede afirmar que hay poca dispersión y que la media es representativa. En el caso de la acidez del concentrado el coeficiente de variación da un valor superior a 12%, los datos presentan gran dispersión y que por lo tanto están alejados de la media. A su vez, se evidencia que existen irregularidades en la concentración del jugo, lo que puede ser un indicio de inestabilidad operacional.

Tabla 1. Resumen Estadístico de las variables analizadas.

Parámetros	Fruta		Concentrado	
	Acidez	Sólidos solubles	Acidez	Sólidos solubles
Muestra	59	59	59	59
Promedio	0,51	15,4	2,15	53,21
Desviación estándar (%)	0,037	0,5	0,871	5,35
Coefficiente de variación (%)	7,32	3,2	40,4	10,1
Rango	0,2	2,1	3,63	22,9

3.2 Pruebas de normalidad

En los histogramas de frecuencias de todas las variables analizadas se observa cierta simetría, ya que cumplen con el recorrido de la campana de Gauss, lo que indica que los datos pueden provenir de una distribución normal, tal como se aprecia en la figura



1:
Figura 1. Histogramas de frecuencia: a. Acidez de la fruta. b. Sólidos solubles de la fruta. c. Acidez del concentrado. d. Sólidos solubles del concentrado.

La asimetría estandarizada y la Kurtosis estandarizada se encuentran en el rango -2 y 2, lo que indica que la muestra puede provenir de una distribución normal. Esto se comprueba con la prueba de *Kolmogorov-Smirnov*, donde el valor-P más pequeño es mayor que 0,05, por lo que se acepta la idea de que las variables provienen de una distribución normal con un 95% de confianza, condición necesaria para aplicar las herramientas estadísticas como las pruebas de hipótesis y las cartas de control.

3.3 Pruebas de Hipótesis.

Se cumple con el grado de acidez y el porcentaje de sólidos disueltos de la fruta, así como con la acidez del jugo puesto que, en todas estas pruebas, el menor valor de significación es mayor o igual que 0.05 y no puede rechazarse la hipótesis nula con un 95% de nivel de confianza. Por este concepto se comprueba que dado el porcentaje de grados brix con que entró la piña al proceso, la estación evaporadora no tuvo una sobrecarga energética por este concepto. A su vez, la acidez de esta demuestra su adecuado grado de maduración, lo que

influye sustancialmente en las propiedades organolépticas del producto. La materia prima es el principal costo involucrado y debe cumplir con las estrictas normas que regulan su admisión.

La acidez del jugo concentrado garantiza en buena parte, su empleo para la fabricación de jugos de mezcla tropicales (principal finalidad del concentrado) ya que evita el sobreconsumo de edulcorantes en este. Todo lo contrario, sucede con el porcentaje de sólidos solubles en el jugo, el que se encuentra demasiado diluido. Ello demuestra serios problemas en el calentamiento en el evaporador y puede estar dado por incrustaciones en el área de transferencia de calor producto a un mal régimen de limpieza. A su vez, puede estar condicionados por fugas en los conductos de vapor, por flujo de jugos a altas velocidades y por roturas en las calderas.

3.4 Cartas de control

En el caso de la acidez, los puntos mostrados, como se observa en el gráfico correspondiente, se encuentran dentro de los límites de control por lo que se plantea que el proceso tiene calidad. No obstante, este se encuentra fuera de control, producto a que se encuentran seis puntos consecutivos en la misma región. Esto se debe a que las frutas provienen de diferentes campos de cosecha y a las condiciones específicas del clima según el tiempo de recogida. En el caso de los sólidos solubles, un punto en la gráfica de medias se encuentra fuera de los límites de control. Ello se debe producto a que corresponde a un campo de cosecha de muchos años de explotación agrícola, cuyas plantaciones se encuentran en mal estado. El comportamiento de estas variables se ofrece en la figura 2:

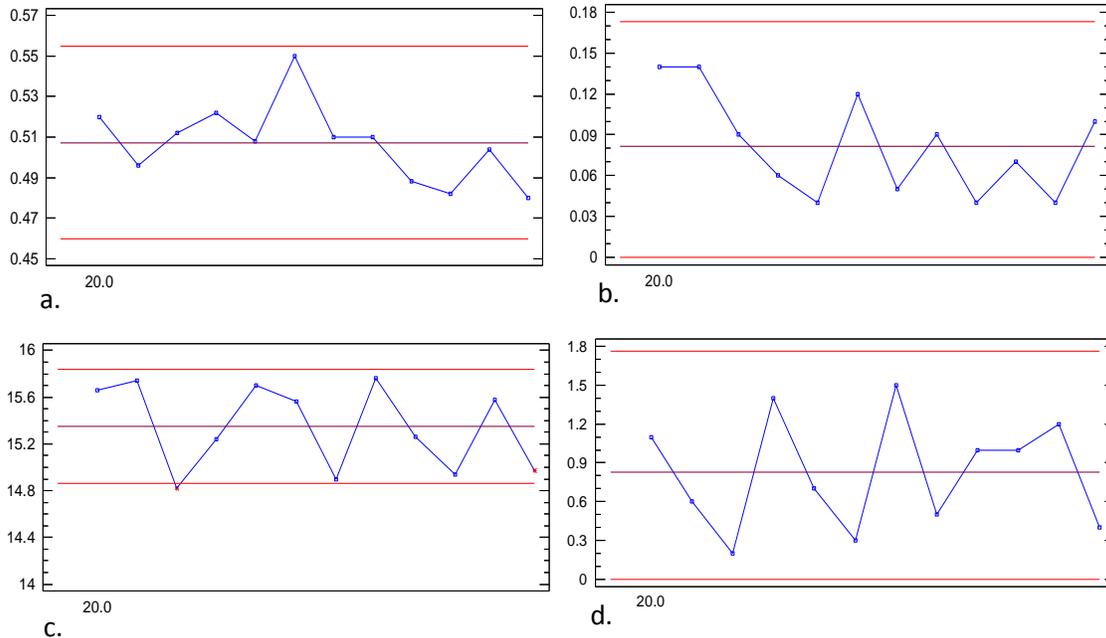


Figura 2. Cartas de control para el caso de la fruta. Gráfico de medias de acidez de la fruta. b. Gráfico de rangos de acidez de la fruta. c. Gráfico de medias de sólidos solubles de la fruta. d. Gráfico de rangos de sólidos solubles de la fruta.

En el caso de la acidez del concentrado, ninguno de los puntos se encuentra fuera de los límites de control, por lo tanto, se plantea que el proceso tiene calidad, pero al encontrarse 5 puntos en la misma región de muestra que el proceso está fuera de control. Esto se debe al estado de madurez que presente la fruta, anteriormente evidenciado.

En el caso de los sólidos solubles del concentrado, se aprecia una tendencia ascendente en los puntos del gráfico de control para la media por lo que el proceso se encuentra fuera de control. Esto se debe a problemas en la actividad de concentración del jugo, por la falta de vapor provocado principalmente. El comportamiento de estas variables se ofrece en la figura 3:

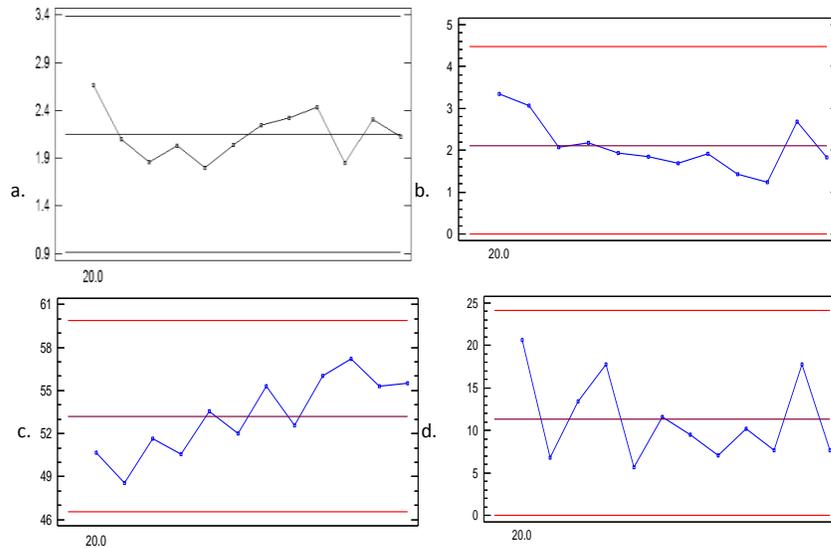


Figura 3. Cartas de control para el caso del concentrado a. Gráfico de medias de acidez del concentrado. b. Gráfico de rangos de acidez del concentrado. c. Gráfico de medias de sólidos solubles del concentrado. d. Gráfico de rangos de sólidos solubles del concentrado.

3.5 Análisis de varianza.

La única variable que evidencia diferencias significativas entre los grupos, es el porcentaje de sólidos disueltos en el jugo, ya que el P-Valor es menor que el nivel de significación α de 0,05. A su vez, mediante la prueba Duncan se establece que en el trimestre, junio y agosto son semejantes. El mes de julio fue totalmente crítico para la empresa, ya que, según se comprobó con la unidad de mantenimiento tecnológico, salió de circulación una unidad generadora de vapor. Ello ocasionó un déficit de agente del calentamiento y por indisciplinas tecnológicas, no se disminuyó el ritmo productivo, lo que conllevó a reiteradas recirculaciones en el proceso.

Conclusiones

1. La materia prima cumple con las especificaciones de calidad para ser procesada.
2. El grado de acidez del concentrado cumple con lo normado y permite la utilización del concentrado de piña para la fabricación de jugos tropicales.

3. EL porcentaje de sólidos totales del concentrado incumple con la norma de calidad.
4. El proceso tecnológico no es estable y armonioso en cuanto al comportamiento de sus variables, a pesar de estar en muchos casos, en control estadístico.

Se demostró las afectaciones en la calidad del producto ocurridas por déficit en la generación de vapor.

Bibliografía

GUERRA, J; SEVILLA, E. *Introducción al análisis estadístico para procesos*. 1era ed. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1987. 368 p.

SUÁREZ, Y. *Calidad en la industria Farmacéutica*. 1era ed. La Habana: Félix Varela 2013. 189 p.

BOUZA, C; SISTACHS, V. *Estadística: Teoría básica y ejercicios*. 1era ed. La Habana: Félix Varela 2006.406 p.