

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
DE GUATEMALA**

Facultad de Ciencias y Humanidades



Excelencia que trasciende

**IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO
PARA APLICACIÓN DE VITAMINAS EN CEREALES**

Trabajo de investigación presentado por
Karla Ippisch Guirola
para optar al grado de Licenciatura
en Ingeniería en Ciencias de los Alimentos

Guatemala
1998

**IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO
PARA APLICACIÓN DE VITAMINAS EN CEREALES**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
DE GUATEMALA**

Facultad de Ciencias y Humanidades



Excelencia que trasciende

**IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO
PARA APLICACIÓN DE VITAMINAS EN CEREALES**

KARLA IPPISCH GUIROLA

Guatemala
2008

Dedico esta tesis a los siguientes:

En especial a mi mamá

a mis hijos

a mi papá


a mi hermana

Vo.Bo.

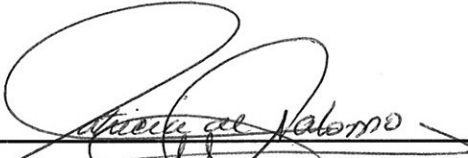
(f) 

Dr. Ricardo Bressani

Tribunal examinador:

(f) 

Dr. Ricardo Bressani

(f) 
Licda. Patricia Palacios de Palomo

(f) 

Licda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación: Guatemala, 16 de junio de 1998.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis consistió en implementar un control estadístico de proceso en la aplicación de vitaminas en cereales para asegurar dicha aplicación de vitaminas y cumplir con los rangos establecidos de la cantidad de nutriente, la cual debe contener el producto. En este caso el producto fue Corn Flakes.

Se inició el trabajo haciendo una revisión bibliográfica acerca de las funciones, formas químicas y comerciales, de la estabilidad, métodos de aplicación y calidad de cada vitamina utilizada. También se investigó acerca de las recomendaciones diarias nutricionales (RDA), fortificación, aplicación de vitaminas y control estadístico de proceso.

Seguidamente se calculó la cantidad de vitaminas (en gramos) con las cuales se preparó la solución para la aplicación. Mientras se aplicaba dicha solución de vitaminas al cereal también hubo un control de ciertos factores importantes tales como: PH, temperatura, tamaño de lote, tiempo de mezclado, agitación y posición de boquillas.

Los resultados obtenidos de la muestra vrs. el flujo, muestran que estos fueron satisfactorios, ya que al graficarlos estos estaban dentro de los rangos establecidos o sea dentro de los límites de control.

Seguidamente se enviaron los resultados a un laboratorio en Michigan para hacer el análisis del porcentaje de vitamina que contenía el producto. Este porcentaje se calculó sobre la base de la cantidad de vitamina activa declarada en el paquete por un peso específico de producto, o sea el "claim"

Finalmente se graficaron los resultados analíticos, en porcentaje, y se encontró que estos estaban dentro de los rangos de 100%-150% de cantidad de vitamina presente en el producto. Estos porcentajes indican que se está cumpliendo con el claim ya que el producto sí lleva la cantidad de vitaminas declarada y además no está siendo sobredosificada.

Después de efectuado el trabajo, se llegó a la conclusión de que la implementación de un control estadístico de proceso en la aplicación de vitaminas en cereales es necesaria para asegurar que esta, este dentro de los rangos especificados para cumplir con las normas establecidas.

INDICE:

	Página
Resumen	
Lista de tablas y gráficas	
I. Introducción	1
II. Antecedentes	4
A. Las Vitaminas	4
B. Vitaminas de rocío	6
1. Vitamina A	6
a. Principales fuentes	6
b. Almacenamiento en el cuerpo	6
c. Función	7
d. Deficiencia	7
e. Medida	7
f. Formas químicas y comerciales	8
g. Estabilidad, métodos de aplicación y calidad	10
2. Vitamina B1	11
a. Principales fuentes	12
b. Almacenamiento en el cuerpo	12
c. Función	12
d. Deficiencia	13
e. Medida	14
f. Formas químicas y comerciales	14
g. Estabilidad, métodos de aplicación y calidad	15
3. Vitamina B6	16
a. Principales fuentes	16
b. Almacenamiento en el cuerpo	17
c. Función	17
d. Deficiencia	17
e. Medida	18
f. Formas químicas y comerciales	18
g. Estabilidad, métodos de aplicación y calidad	19

4. Vitamina B12	20
a. Principales fuentes	20
b. Almacenamiento en el cuerpo	20
c. Función	21
d. Deficiencia	21
e. Medida	21
f. Formas químicas y comerciales	22
g. Estabilidad, métodos de aplicación y calidad	22
5. Vitamina C	23
a. Principales fuentes	24
b. Almacenamiento en el cuerpo	24
c. Función	24
d. Deficiencia	25
e. Medida	25
f. Formas químicas y comerciales	26
g. Estabilidad, métodos de aplicación y calidad	26
C. Valores de referencia para la ingesta dietética	28
1. RDA y RDI	29
D. Fortificación	30
1. sobredosis	31
2. Fortificación de cereales listos para consumir	32
E. Aplicación de Vitaminas	32
1. Relaciones para la aplicación de rocío	33
2. Principios para la relación de aplicación	34
3. Guías para la relación de aplicación	35
4. Utilización de carbohidratos en la solución de Vitaminas de rocío.	35
5. Factores importantes para la aplicación	35

F. Procesamiento de cereales en hojuelas	38
1. Hojuelas de maíz	38
2. Proceso para elaboración de hojuelas de maíz	39
G. Control estadístico de proceso	40
1. Gráficas de control	41
a. Pasos para la implementación de gráficas De control	41
b. Decisiones previas para la construcción de gráficas de control	43
c. Puntos de partida para la construcción de gráficas de control	43
d. Determinación de los límites de control de la pruebas	44
e. Obtención de conclusiones preliminares deducidas de las gráficas	44
f. Continuidad en el empleo de las gráficas	45
g. Objetivos de las gráficas	45
h. Elección de subgrupos	46
i. Elección del tamaño de los subgrupos	46
j. Tipos de gráficas de control por variables	46
1. Gráficas de control de medias y recorridos, X y R.	46
2. Gráficas de control de valores individuales de X y R.	48

III. Objetivos	49
IV. Materiales y métodos	49
A. Materiales Utilizados	49
B. Metodología empleada	51
1. Cálculo de vitaminas	51
2. Cálculo de límites de control	53
3. Procedimientos para toma de muestras	53
4. Procedimiento de muestreo para envío de datos analíticos	54
V. Resultados	55
VI. Discusiones	69
VII. Conclusiones	76
VII. Recomendaciones	77
IX. Bibliografía	78
Apéndice	82
A. Porcentaje de pérdidas de vitaminas	83
B. Potencia o porcentaje de actividad	84
C. Porcentaje de sobredosis utilizada	85
D. Peso de vitamina utilizada para solución de aplicación	86
E. Tabla utilizada para muestreo	87
F. Porcentaje de recomendación diaria de cereales	88
G. Recomendación diaria de nutrientes	89
H. Dibujo de sistema de vitaminas	90
I. Dibujo de tanque de vitaminas	91

Lista de tablas y gráficas

<u>Tablas</u>	Página
1. Tabla No. 1: primera Prueba (muestra vrs flujo)	55
2. Tabla No. 2: segunda Prueba (muestra vrs flujo)	56
3. Tabla No. 3: Resultados analíticos de la primera prueba	57
4. Tabla No. 4: Resultados analíticos de la segunda prueba	58
5. Tabla No. 5: Resultados analíticos en % para primera prueba	59
6. Tabla No.6: Resultados analíticos en % para segunda prueba	60
7. Tabla No. 7: Mediciones y recorridos	61
 <u>Gráficas</u>	
1. Gráfica No.1: Muestra vrs flujo (primera prueba).	62
2. Gráfica No.2: Muestra vrs flujo (segunda prueba).	63
3. Gráfica No.3: Resultados analíticos en % vrs muestra (Primera prueba).	64
4. Gráfica No.4: Resultados analíticos en % vrs muestra (Segunda prueba).	65
5. Gráfica No.5 Muestras vrs recorrido.	66
6. Gráfica No.6 Muestras vrs mediciones, muestras vrs recorrido	67
7. Gráfica No.7 Utilizada para muestreo	68

I. INTRODUCCION

Durante las últimas dos décadas los gobiernos nacionales y las agencias internacionales han incrementado sus esfuerzos para combatir la desnutrición. La fortificación de cereales es una de las diferentes formas de intervenir en este problema de nutrición (1).

Los programas de fortificación de cereales están basados en la suposición de que una parte de la población tenga una deficiencia nutricional y que esta puede ser rectificada al añadir los nutrientes faltantes a los cereales procesados (1).

En la actualidad los cereales son consumidos comúnmente por jóvenes y adultos, sin importar su edad. La conveniencia y el fácil consumo de estos alimentos han reducido el consumo de alimentos en el desayuno, y ha aumentado el consumo de los cereales, los cuales, al estar la mayoría fortificada con vitaminas y mineral, se transforman en una gran fuente nutricional.

El propósito de la implementación de un control estadístico de proceso en la aplicación de vitaminas con rocío, es el de cumplir con los rangos establecidos de la cantidad de nutrientes que debe contener el producto. En este caso el producto al cual se le aplicaron las vitaminas fue un cereal (Corn Flakes). Estos cereales tienen que cumplir con el RDA (Recomendaciones diarias nutricionales) y especialmente con el "claim" o sea con la cantidad de vitamina activa declarada en el paquete por un peso específico de producto terminado.

Si la aplicación está abajo del rango establecido, no está cumpliendo con el "claim" y, por consiguiente, el producto no lleva la cantidad de vitaminas declarada (o necesaria). Por lo tanto, no se cumple con las

necesidades nutricionales del consumidor. Además no se están compensando las cantidades perdidas en el proceso y almacenamiento.

Por otro lado, si la aplicación está arriba de los rangos establecidos, el problema que puede suceder es que el costo de la aplicación sea demasiado alto y provoque pérdidas para la empresa. Además puede causar cambios organolépticos, los cuales pueden influir en la aceptabilidad del producto por el consumidor.

Por estas razones es de vital importancia la implementación de un control estadístico de proceso, que es una herramienta muy útil para el seguimiento y manejo de un proceso, ya que utiliza gráficas de control con límites superiores e inferiores. Estas pueden ser utilizadas para el mejoramiento continuo por medio de la reducción sistemática de las variaciones de proceso y para ayudar a encontrar las causas específicas de la variación.

Los propósitos de las gráficas de control son los de establecer cómo se comporta un proceso a través del tiempo. Además ayuda a obtener y mantener en proceso estable, ya que muestra variaciones del mismo.

Se explican los métodos para calcular las cantidades de vitaminas que deben ser aplicadas, los factores que se deben tomar en cuenta para una buena aplicación, tales como: pH, filtrado, temperatura, tamaño de lote, exactitud de lote, tiempo de mezclado, agitación, posición de boquillas, y aplicación en banda. Además muestra el procedimiento para elaborar gráficas de control estadística de proceso, las cuales son necesarias para el mejoramiento continuo por medio de una reducción sistemática de las variaciones del proceso en la cual la aplicación se encuentre dentro de su rango establecido.

Los propósitos de las graficas de control son:

Seguimiento:

Establecer si una característica se comporta en forma consistente a través del tiempo.

Control:

Ayudar a obtener y mantener un proceso estable, ya que muestra las variaciones de mismo.

Mejorar:

Ayuda a mejorar sistemáticamente el proceso, al reducir la variación.

Es importante notar que la gráfica de control no identifica la causa que ocasiona estar fuera de control, pero si alerta para encontrar la o las causas que lo originan.

Debido a la gran importancia de la adecuada aplicación de vitaminas para la fortificación de cereales, es necesario el control estadístico de proceso para mantener las cantidades necesarias y apropiadas para que estos cumplan con las necesidades nutricionales del consumidor.

Esta metodología puede y debe ser utilizada para muchos productos alimenticios debido a que ayuda a tener un producto con estándares de calidad altos, manteniéndolos dentro de los límites de sus especificaciones.

II. ANTECEDENTES

A. LAS VITAMINAS:

Las vitaminas han sido clásicamente definidas como un grupo de compuestos orgánicos requerido en muy pequeñas cantidades para el desarrollo y el funcionamiento normal del cuerpo. La mayor parte no es sintetizada por el cuerpo, algunas sólo en pequeñas cantidades, básicamente son obtenidas a través de los alimentos.

Comparadas a los macronutrientes, las proteínas, los carbohidratos y las grasas, las vitaminas están presentes en los alimentos en pequeñas cantidades (19).

Todos los seres vivos, plantas o animales, necesitan de las vitaminas para su crecimiento, salud y reproducción.

Sólo se necesitan pequeñas cantidades de vitaminas para reemplazar las que se han perdido. De todas formas estas son esenciales en la dieta debido a que el cuerpo no produce las suficientes.

Treces diferentes vitaminas han sido identificadas por los nutricionistas: A, ocho de complejo B, C, D, E y K.

Las vitaminas fueron originalmente colocadas en categorías al depender de su función en el cuerpo y fueron nombradas con letras. Mas tarde, cuando su estructura química fue revelada, se le dieron nombres químicos.

Actualmente, ambos nombrados son utilizados (16).

Desde que este sistema de clasificación fue establecido, los nutricionistas han tenido acceso a un conocimiento más profundo que el de simples análisis de contenido de sangre o eliminación de orina (3).

Algunas vitaminas son liposolubles. Estas se disuelven en grasas y aceites pero no en agua. Los emulsificantes son a veces utilizados para incrementar la miscibilidad en agua. Las vitaminas liposolubles son la A, D, E, K. Las vitaminas liposolubles son almacenadas en el hígado y tejidos adiposos, donde se acumulan hasta que el cuerpo las necesita.

Casi todas las vitaminas son hidrosolubles. Estas se disuelven en agua a diferentes temperaturas pero no se disuelven en grasas. Las vitaminas hidrosolubles son B1 (tiamina), B2 (riboflavina), niacina, B6 (piridoxina), B12 (cianocobalamina), C (ácido ascórbico), ácido fólico, ácido pantoténico y biotina.

La mayoría de las vitaminas hidrosolubles son importantes en la conversión de alimentos en energía utilizable por el cuerpo. El cuerpo tiene poca capacidad para almacenar vitaminas hidrosolubles, pero en general el exceso de estas en la dieta es removido por los riñones o es excretada.

La necesidad de diferentes vitaminas en la dieta varía de individuo a individuo. También varía en las diferentes poblaciones alrededor del mundo por la diferencia de culturas y hábitos alimenticios.

B. VITAMINAS DE ROCIO

1. VITAMINA A

Vitamina A Palmitato (Retinil palmitato)

C₃₆H₆₀O₂

Peso molecular: 524.9

a. Principales fuentes de vitamina A

La vitamina A, una vitamina liposoluble, ocurre en dos formas principales en la naturaleza-el retinol. El cual sólo es encontrado en fuentes animales, y ciertos carotenoides (provitaminas), que sólo se encuentran en fuentes vegetales. Los carotenoides son los compuestos que le dan el color amarillo o anaranjado a muchas frutas y vegetales. E carotenoide mas abundante y mayor conocido es el betacaroteno.

La vitamina A o retinol se encuentra en hígado, yema de huevo, pescado, leche entera, mantequilla y queso. Los alimentos ricos en betacaroteno incluyen las zanahorias, vegetales de color amarillo o verde oscuro (ej. Espinaca, brócoli), güicoy, albaricoques y melón.

b. Almacenamiento en el cuerpo

La vitamina A es almacenada en el hígado, el almacenamiento es suficiente para uno o dos años en adultos que viven en países industrializados.

c. Función

La vitamina A mantiene la normalidad de los tejidos de las glándulas, piel, cabello, uñas y mucosas. También es indispensable para la vista y protege contra las infecciones.

d. Deficiencia

Uno de los primeros síntomas de deficiencia de Vitamina A es la ceguera nocturna. La deficiencia severa produce ceguera parcial o total una condición llamada xeroftalmia. La aparición de lesiones en la piel también ha sido utilizada como uno de los primeros indicadores de un inadecuado estado de vitamina A.

La deficiencia de vitamina A es mundialmente más seria en niños pequeños específicamente en países pobres.

También las enfermedades pueden inducir la deficiencia de vitamina A, mayormente las enfermedades del hígado y enfermedades gastrointestinales las cuales interfieren con la absorción y la utilización de la vitamina A.

e. Medida

Recientemente la actividad de la vitamina A, ha sido expresada en unidades internacionales (IU) las cuales son utilizadas etiquetas de alimentos o de suplementos.

Para estandarizar una medida de vitamina A se ha acordado internacionalmente llamar a la actividad de la vitamina A con una nueva medida llamada equivalentes de retinol o RE. Por definición, un equivalente de retinol es igual a:

1 RE = 1 mcg retinol

= 6 mcg beta-caroteno

= 12 mcg otros carotenoides de provitamina A

= 3.33 IU actividad de vitamina A de retinol

= 10 IU actividad de vitamina A de betacaroteno (19)

El RDA en los EE.UU.: es de 5000 Unidades Internacionales:

= 2.75 mg de vitamina A palmitato pura

= 1.72 mg de vitamina A acetato pura (16)

f. Formas químicas y comerciales

La vitamina A es sensible al calor, oxígeno, humedad, luz, y a los metales. Las dos formas químicas importantes disponibles son la

vitamina A palmitato (retinil palmitato) y la vitamina A acetato (retinil acetato). El betacaroteno es otra forma química.

En teoría, un gramo de all-trans vitamina A palmitato es igual a 1.82 millones de IU, y un gramo de all-trans vitamina A acetato es igual a 2.907 millones de IU. La forma de palmitato es recomendado debido a que es más estable en presencia de humedad, y por lo tanto más estable en los sistemas de alimentos. La forma acetato es utilizada en la industria farmacéutica.

La vitamina A está disponible en muchas formas comerciales, ambas seca y líquida. También puede ser comprada en combinación con la vitamina D. Las formas líquidas deben contener un agente anti-espumante y agentes emulsificantes que provean una adecuada miscibilidad en agua.

Las formas secas son usualmente llamadas "encapsuladas", lo que implica que la vitamina está completamente rodeada y protegida. La mayoría de las formas secas son desecadas al rocío y contienen pequeñas gotas dispersadas en una matriz de otros ingredientes. Los ingredientes varían pero casi todas contienen azúcares simples con combinaciones de almidón, gelatina y gomas, tales como acacia. Las formas secas casi siempre contienen BHA y/o BHT.

Las formas secas son utilizadas para aplicación con rocío, y son recomendados los tipos dispersables en agua fría en una matriz de acacia. Algunos tipos gelatinosos no se disuelven bien en soluciones acuosas y ocasionan que se tapen los filtros y boquillas. En aplicaciones inusuales, los tipos de gelatina pueden ser la mejor opción debido a que pueden proteger mejor la vitamina A del calor y la humedad. Un ejemplo puede ser en la adición a un jarabe.

No importando la forma utilizada, la vitamina A con potencia menor de 250,000 IU/g no es recomendada. Los proveedores generalmente garantizan una cierta potencia mínima, y típicamente añaden una sobredosis de 10-20%. Es importante especificar las potencias mínimas y máximas. Una vitamina A con potencia mas alta resulta una menor cantidad añadida por lote. En lotes muy pequeños una

cantidad pequeña de vitamina puede provocar una aplicación inadecuada por lote. También las potencias muy altas pueden causar una aplicación inadecuada por lote. También las potencias muy altas pueden causar una aplicación excesiva la cual puede afectar la calidad del producto.

g. Estabilidad, Métodos de aplicación y Calidad

Debido a su sensibilidad al calor, la vitamina A es casi siempre aplicada en suspensiones acuosas por medio de rocío. Normalmente se aplica la vitamina A con la vitamina C. la vitamina C mejora la estabilidad de la vitamina A en suspensión. Otras vitaminas de rocío, tales como la B12 también son incluidas.

La vitamina A es aplicada en productos no recubiertos y en tambores de aplicación. Una cantidad significativa de vitamina A no sobrevive en el secador de recubrimiento. Por otro lado se necesita una sobredosis para una mejor estabilidad en productos recubiertos.

La estabilidad de la vitamina A es mas problemática en el producto terminado, pero esto se ha mejorado desde los 1970's. La estabilidad en productos preendulzados ha sido buena debido a su cubierta protectora. Después de que las premezclas miscibles en agua fueran introducidas en 1973, la retención de vitamina A en productos no preendulzados era de 30-50% en doce meses. La retención de la vitamina A en productos no preendulzados mejoro de un 60-90% cuando la solución fue preparada con un 35% de azúcar, esto se empezó en 1980. Lo que sucede es que los carbohidratos recubren la vitamina A y por lo tanto son protegidas del oxígeno.

El BHT en las en las vitaminas o en el empaque también puede mejorar la retención de estas. La degradación de la vitamina A puede ocurrir independientemente del resto del producto, o puede ser a consecuencia del proceso de rancidez del producto. El BHT puede estabilizar directamente la vitamina A o indirectamente todo el producto.

La degradación de la vitamina A en el producto contribuye a los malos sabores y malos olores de este. El mal olor puede contribuir al desarrollo de un olor a rancio.

La vitamina A también puede causar malos olores y malos sabores a pesar que este degradada. La sobre aplicación o la aplicación desuniforme puede causar estos problemas de sabor. A los productos que se les aplica el 100% de RDA se les añade azúcar para mejorar el sabor.

La sobredosis típica formulada para rocío utilizada para la vitamina A, basada en el cálculo de vitamina A, es de 30-50% para productos no recubiertos. La sobredosis analizada es un poco más alta debido a que en la materia prima hay un 10% de sobredosis. Mucha de la sobredosis formulada para la vitamina A es necesaria para compensar las pérdidas de vitamina durante la vida de anaquel del producto, al igual que para las pérdidas de proceso y variación.

Se debe notar que la sobredosis formulada de vitamina A es necesaria para asegurar que cumpla con el "claim" especificado en el paquete.

2. VITAMINA B1 (TIAMINA)

Vitamina B1 (Tiamina Hidroclorada)

C₁₂H₁₇CIN₄OS.HCI

Peso molecular: 337.27

a. Principales fuentes en la naturaleza

Muchos alimentos contienen Tiamina, pero en pequeñas cantidades. La mejor fuente de Tiamina es la levadura de cerveza seca. Otra buena fuente es la carne (cerdo, oveja, vaca), pollo, cereales, nueces, leguminosas y alimentos animales.

En los granos de los cereales, el afrecho rico en tiamina es removido durante la molienda del trigo cuando se produce harina y en el pulido del arroz café para producir arroz blanco.

b. Almacenamiento en el cuerpo

Debido a que la Tiamina tiene un gran porcentaje de intercambio no es apreciablemente almacenada en el cuerpo, por lo tanto un abastecimiento continuo es requerido. La pequeña cantidad almacenada puede agotarse en dos semanas o menos en una dieta libre de Tiamina, con signos clínicos de deficiencia un poco después. El corazón, riñones, hígado y el cerebro tienen las más altas concentraciones, seguidos de los leucocitos y de las células rojas de la sangre.

c. Función

La Tiamina es esencial para el metabolismo de los carbohidratos a través de sus funciones de coenzima. Las coenzimas son "moléculas" colaboradoras las cuales activan las enzimas que son las proteínas que controlan miles de procesos bioquímicos que ocurren en el cuerpo. La coenzima de Tiamina (tiamina pirofosfato o TTP) es la clave para muchas reacciones en el rompimiento de la glucosa a energía. TTP actúa como coenzima en reacciones oxidativas de descarboxilación y reacciones de transketolasa. La Tiamina también juega un papel en la conducción de impulsos nerviosos y en el metabolismo aeróbico.

d. Deficiencia

Las dos deficiencias principales de Tiamina son beriberi y el síndrome Wernicke-Korsakoff. El beriberi, que traducido al español significa "no puedo, no puedo", se manifiesta en desórdenes de los sistemas nervioso y cardiovascular. Hay tres tipos de beriberi: el beriberi seco, una polineuropatía con un gran desgaste muscular; beriberi húmedo con edema, anorexia, debilidad muscular, confusión mental y fallas cardíacas; y beriberi infantil, en el cual los síntomas son vómitos, convulsiones, distensión abdominal y anorexia, seguidos por muerte debido a fallas del corazón.

El beriberi fue una vez una enfermedad endémica en países en las cuales el arroz pulido era una gran parte de la dieta, especialmente en el sudeste de Asia. En el presente muchos países fortifican el arroz y otros cereales para reemplazar los nutrientes perdidos en el procesamiento.

Actualmente es más fácil encontrar el síndrome Wernicke-Korsakoff. La deficiencia es causada por una combinación de factores, incluyendo la ingesta inadecuada, disminución de la absorción e incrementos en los requerimientos. Además de ser asociado con el alcoholismo el síndrome también ha sido observado en personas que se inducen o que tiene vómitos crónicos. Los síntomas están dentro de un rango de leve confusión y depresión a psicosis y coma.

e. Medida

Los métodos para determinar el estado de Tiamina en el cuerpo humano son los siguientes:

- Tiamina en la sangre: La sangre contiene aproximadamente 0.8% de la tiamina total del cuerpo y la concentración es muy baja para permitir una extrapolación precisa del estado total de Tiamina.

- Excreción urinaria: La medición de Tiamina en la orina también es un método no muy confiable y análogo con el método de la sangre sólo es un reflejo de la reciente ingesta.
- Piruvato y lactato: La Tiamina es requerida para el metabolismo del piruvato; el incremento del nivel de piruvato y lactato en la sangre puede ser causado por la deficiencia de tiamina.
- Actividad de transketolasa: Una de las indicaciones más confiables del estado funcional de la tiamina es la actividad de la enzima transketolasa la cual requiere tiamina. El nivel de transketolasa permite juzgar la disponibilidad de tiamina (19).

f. Formas químicas y comerciales

La vitamina B1 está disponible en dos formas químicas: la tiamina Hidroclorada (B1-HCl) y la tiamina mononitrato (B1-HNO₃). Cualquiera de estas dos formas se puede utilizar en la fortificación de cereales, pero la forma Hidroclorada es recomendada para estandarizar la aplicación. No hay ninguna diferencia en los costos de estas dos formas.

La forma Hidroclorada es mucho más soluble en agua, pero ninguna de las dos formas es lo suficientemente soluble para aplicación con rocío. La forma Hidroclorada también es más higroscópica, absorbe más humedad del ambiente por lo cual siempre debe ser almacenada en recipientes sellados y que tengan una barrera contra la humedad.

Aunque las dos formas son más estables en un rango de pH de 2-4, el pH de las dos formas en solución es muy diferente. Si la tiamina mononitrato es utilizada en una solución para aplicación con rocío el pH final de la solución debe ser chequeado para asegurar que el pH sea de 4.6 o menor (para retardar crecimiento microbiológico).

La tiamina mononitrato es considerada un poco más estable que la tiamina Hidroclorada aunque la tiamina Hidroclorada sea estable en los cereales. La tiamina mononitrato es usualmente utilizada para el enriquecimiento de harinas, debido a que es más estable en las humedades típicas de la harina (aprox. 12% H₂O). La utilización de la tiamina mononitrato para el enriquecimiento de harinas sugiere que la actividad de agua es muy importante al elegir una de las dos formas.

Hay muchas formas comerciales disponibles, incluyendo encapsuladas. Estas formas generalmente consisten en una dispersión de la vitamina en una matriz de sustancias grasas comestibles tales como mono- y diglicéridos. Estos no ofrecen ninguna ventaja en el procesamiento de cereales debido a que no le dan una protección extra en el proceso de cocimiento. Por lo tanto se recomienda la utilización de tiamina Hidroclorada que cumpla con los estándares y especificaciones.

g. Estabilidad, Métodos de aplicación y Calidad

La Tiamina es notada debido a su sensibilidad al calor (termolábil), esta sensibilidad aumenta al incrementar el pH. La Tiamina es relativamente estable al calor a pH 2-4, pero arriba de pH 4 es altamente sensible. Por esa razón la Tiamina es aplicada con rocío y no en el cocimiento debido a que en éste se combinan temperaturas altas y un pH cercano a neutro. Por otra parte la aplicación con rocío combina temperaturas bajas o moderadas con un medio ambiente ácido (pH 3-4.5).

La Vitamina B1 y la B6 se pueden ver como un "par en la aplicación". Estas vitaminas casi siempre son aplicadas juntas en aplicación con rocío o de alguna otra forma. Tienen propiedades similares, pero la diferencia principal entre ellas es que la B1 es menos estable que la B6. En las aplicaciones en las cuales ha habido exposición al calor el porcentaje de pérdida de la B1 añadida es típicamente el doble que el de la B6. En soluciones de rocío, la B1 añadida es típicamente el doble que el de la B6. En soluciones de rocío, la B1 y la B6 crean un pH de 3.0, el cual es excelente para la estabilidad de las dos

vitaminas. La vitamina B12 es usualmente incluida en las soluciones de rocío B1/B6.

La sobredosis típica formulada utilizada para la aplicación de B1 con rocío es de 30-40%.

La estabilidad de la solución es excelente si el pH es cercano a 3.0 y si la temperatura de la solución es de (38°C). La retención de la Tiamina durante la vida de anaquel es generalmente muy buena. Con un 80-100% de actividad después de doce meses a temperatura ambiente.

3. VITAMINA B6 (PIRIDOXINA)

PIRIDOXINA HIROCLORADA

$C_8H_{11}NO_3HCl$

Formula molecular: 205.64

a. Principales fuentes en la naturaleza

La vitamina B6 está unida a la proteína en los alimentos. El piridoxol se encuentra especialmente en plantas, mientras que el piridoxal y la piridoxamina están en el tejido animal. El pollo, el hígado de res, el cerdo y el ternero son excelentes fuentes de piridoxina. Otras fuentes buenas incluyen jamón, pescado, nueces, pan y cereales de maíz o enteros. Generalmente los vegetales y las frutas carecen de vitamina B6, a pesar que algunos de estos alimentos contienen

cantidades considerables de piridoxina, tales como los frijoles, la coliflor, los bananos y las pasas.

b. Almacenamiento en el cuerpo

La capacidad de almacenamiento de vitaminas solubles en agua es generalmente baja, comparado a la de vitaminas solubles en grasa. Pequeñas cantidades de estas están distribuidas en el tejido del cuerpo, básicamente piridoxal-5-fosfato (PLP) en el músculo. El PLP es una coenzima metabolitamente activa de la forma de vitamina B6, la cual está unida a las proteínas de albúmina y hemoglobina en el plasma y las células rojas de la sangre.

Los niveles normales de piridoxina en el suero de la sangre son aproximadamente 4.4 mcg/100ml.

c. Función

La mayor función metabólica de la vitamina B6 es como coenzima. Juega un importante papel en el metabolismo de proteínas, carbohidratos y lípidos, sus mayores funciones son: la producción de epinefrina, serotonina y otros neurotransmisores, la formación de la vitamina ácido nicotínico, el rompimiento del glicógeno y el metabolismo de amino ácidos.

d. Deficiencia

Una dieta carente en piridoxina puede causar una anemia hipocromática y la pérdida en la habilidad de convertir el triptófano a ácido nicotínico. La deficiencia o ciertos errores genéticos del metabolismo pueden, si no son tratados, causar:

- crecimiento pobre
- convulsiones de origen cerebral, especialmente en infantes
- disminución de la formación de anticuerpos
- lesiones en la piel, ej. Dermatitis seborreica
- vómitos
- piedras en los riñones
- anomalías electroencefalográficas
- degradación de los nervios

e. Medida

Hay varios métodos utilizados para determinar el estado de vitamina B6 en una persona. Estos incluyen:

- la concentración de plasma PLP
- la determinación del nivel de ácido piridoxico en la orina, el metabolito de piridoxina que es excretada en la orina.
- La prueba de la actividad del eritrocito dependiente de vitamina B6 de la enzima alanina aminotransferasa. La disminución de la actividad de esta enzima indica un estado de deficiencia de piridoxina.
- El test de carga de triptófano: la vitamina B6 participa en la conversión de triptófano a niacina. Una deficiencia de piridoxina bloquea este proceso, al producir más ácido xanturrenico en la orina.

f. Formas químicas y comerciales

La única forma química importante de la vitamina B6 para la fortificación es la piridoxina Hidroclorada. Es un compuesto soluble y relativamente estable que biológicamente es 82% activo como vitamina B6. También hay formas encapsuladas pero se recomienda utilizar piridoxina Hidroclorada pura, la cual cumple con las especificaciones estandarizadas.

g. Estabilidad, métodos de aplicación y calidad

La tiamina Hidroclorada es estable al oxígeno y moderadamente estable al calor, pero es sensible a pH neutros o alcalinos. De acuerdo a otras fuentes bibliográficas, no interactúa con otras vitaminas.

La piridoxina Hidroclorada y la tiamina Hidroclorada son usualmente aplicadas juntas. En las soluciones de rocío crean un pH óptimo para las dos (aprox. pH 3). Cuando la piridoxina es aplicada con rocío su sobredosis formulada es de 30-40%

Probablemente la principal diferencia entre la tiamina y la piridoxina son las estabilidades al calor. Usualmente el porcentaje de pérdida de piridoxina en el conocimiento es aproximadamente la mitad que la tiamina. La piridoxina es más estable al calor que la tiamina, pero sí hay pérdidas significativas en ollas de cocción.

La piridoxina también es a veces utilizada en aplicaciones de recubrimiento. Como es relativamente estable, no necesita de sobredosis para compensar las pérdidas en los secadores de recubrimiento.

En los USA la piridoxina es considerada 82% de vitamina B6 activa. Por lo tanto en los cálculos de formulación se tiene que compensar la parte HCl de la molécula.

La retención de vitamina B6 en el producto terminado es aproximadamente de 90-100% por doce meses a temperatura ambiente.

4. VITAMINA B12 (CIANOCOBALAMINA)

CIANOCOBALAMINA

C₆₃H₈₈CoN₁₄O₁₄P

Fórmula molecular: 1355.38

a. Principales fuentes en la naturaleza

En la dieta humana la vitamina B12 es proveída principalmente de productos animales, en particular el hígado, de los riñones, del corazón y del cerebro. Otras buenas fuentes son el pescado, huevos y productos lácteos.

En el intestino las bacterias sintetizan la vitamina B12, pero bajo circunstancias normales, no en áreas donde ocurre absorción.

b. Almacenamiento en el cuerpo

Las estimaciones de vitamina B12 total en el cuerpo para adultos están dentro de un rango de 1 a 11mg, con una desviación de 2-5 mg. La vitamina B12 es principalmente almacenada en el hígado (1-10 mg; con un promedio de 1.5mg) con 20-30 ug encontrados en los riñones, corazón, vaso y cerebro. La absorción de la vitamina B12 se genera en el intestino delgado y requiere de la presencia de un factor intrínseco (IF), una proteína encontrada en el estomago.

El rango normal de vitamina B12 en el plasma de la sangre es 150-750 pg/ml, los niveles pico se adquieren de 8-12 horas después de la ingestión.

c. Función

La vitamina B12 es necesaria para la formación de células sanguíneas, nervios y varias proteínas. También está involucrada en el metabolismo de grasas y carbohidratos, es esencial para el crecimiento. Las reacciones que involucran metilcobalamina incluyen a biosíntesis de metionina, metano y acetato. Hay evidencia que la vitamina B12 es requerida en la síntesis de poliglutamatos de folato (coenzimas activas necesarias para la formación de tejido nervioso) y la regeneración de ácido fólico durante la formación de células rojas en la sangre.

d. Deficiencia

La deficiencia clínica de cianocobalamina debida a insuficiencia dietética es poca. La deficiencia de Vitamina B12 causa anemia megaloblástica, la cual es un tipo de anemia perniciosa. Esto incluye debilidad, cansancio, falta de aire, cosquilleo o insensibilidad, dolor de lengua, pérdida de apetito y peso, pérdida de gusto y olfato, impotencia, disturbios psiquiátricos y anemia severa. La deficiencia de vitamina B12 también lleva a síntesis defectuosa de DNA.

Los síntomas de la deficiencia de vitamina B12 son similares a los de la deficiencia de ácido fólico, pero la mayor diferencia es la que la vitamina B12 está asociada con degeneración de la columna vertebral. Si se utiliza ácido fólico para tratar la deficiencia de la vitamina B12, la anemia se puede aliviar pero permanece el riesgo del daño al sistema nervioso. Por eso es esencial diagnosticar la deficiencia antes del tratamiento.

e. Medida

La vitamina B12 se puede medir por métodos químicos, microbiológicos o dilución de isótopos. Los métodos microbiológicos son sensitivos pero no específicos. La dilución de radioisótopos es la más utilizada. Es rápida y simple y mide cuando compete la

cianocobalamina con la cianocobalamina rotulada activa para unirse con una proteína. La prueba de Schilling ayuda a la determinación de la absorción de vitamina B12, así como la medición de metilmalonato en la orina, al ser utilizada para diagnosticar el estado de vitamina B12.

f. Formas químicas y comerciales

La cianocobalamina es la única forma química disponible de vitamina B12 para fortificación, ya que es producida por fermentación bacteriológica. La hidroxocobalamina, una forma menos estable, es utilizada a veces en la industria farmacéutica.

La cianocobalamina es roja y muy oscura en su forma pura y cristalina. La única forma comercial utilizada en la industria de cereales es una fórmula en polvo con manitol. Esta forma contiene 1% de cianocobalamina. Por lo tanto si fuera necesario en los cálculos, se multiplica por 100 o se divide por 0.1 para compensar la dilución. Esta forma es de color rosa. La vitamina B12 utilizada es 0.1% soluble en agua.

La vitamina B12 es añadida en cantidades extremadamente pequeñas, menos de una parte por millón. Por lo tanto, la forma utilizada debe ser adecuada para los tamaños de lote a los cuales son agregadas.

g. Estabilidad, Métodos de aplicación y Calidad

La vitamina B12 es sensible al oxígeno y a la luz, y se dice que es estable al calor (aunque se han encontrado pérdidas en ollas de cocción). Es estable a un rango de pH cercano en 4-5.

En aplicaciones con rocío es comúnmente utilizada en cereales listos para consumir, debido a que las pequeñas cantidades usadas, se pueden dispersar equitativamente en la solución de rocío.

La Vitamina B12 es casi siempre aplicada con rocío, y normalmente con una sobredosis formulada de 30-40%. Es añadida a las

soluciones de rocío combinado con otras vitaminas de rocío. Es usualmente añadida con las vitaminas B1 y B6, pero también es a veces añadida con las vitaminas A y C.

Se ha notado que la estabilidad es afectada cuando la temperatura de la solución es relativamente alta. La estabilidad de la vitamina B12 también es reducida cuando se utiliza solo ácido ascórbico como fuente de vitamina C, al provocar un pH muy bajo (aprox. pH de 2). La degradación de la vitamina B12 en la solución puede ser observada como un cambio gradual de color rosa (color inicial) a café rojizo.

El factor de calidad más importante causado por la vitamina B12 puede ser la variación en los niveles de ésta en el producto terminado, debido a las pequeñas cantidades utilizadas. Esto es común cuando la vitamina se compra como parte de una premezcla.

Después de una vida de anaquel de doce meses, el producto retiene de 80-90% de vitamina B12 original, en los cereales listos para consumir.

5. VITAMINA C (ACIDO ASCORBICO)

ACIDO ASCORBICO

C₆H₈O₆

Peso molecular: 176.13

ASCORBATO DE SODIO

C₆H₇NaO₆

Peso molecular: 198.11

a. Principales fuentes

Las fuentes de vitamina C son los cítricos (principalmente limón y naranja), tomates, chiles pimientos, perejil, coliflor, papas, brócoli, col de bruselas, piña, fresas, guayaba y mango. Dependiendo de la estación, un vaso mediano de jugo de naranja puro contiene de 15 a 35mg de vitamina C.

b. Almacenamiento en el cuerpo

La capacidad de almacenamiento de las vitaminas solubles en agua es típicamente menor al de las vitaminas solubles en grasas. Los humanos tienen un promedio de vitamina C almacenada en el tejido de 20mg/kg de peso. La mayor concentración es encontrada en la glándula pituitaria (400 mg/kg). Otros tejidos con altas concentraciones son las glándulas adrenales, hígado, cerebro y células blancas (leucocitos).

c. Función

La vitamina C es requerida para la producción de colágeno, para la sustancia el "cemento" intercelular (la cual le da estructura a los músculos), el tejido vascular, los huesos y los cartílagos. La vitamina C contribuye a la salud de los dientes y de las encías y ayuda a la absorción del hierro. También es necesario para la síntesis de de ácidos biliares.

Por medio de investigación, también se ha encontrado que la vitamina C tiene un papel en:

- la síntesis de varias hormonas importantes y neurotransmisores
- metabolismo de ácido fólico
- función inmunológica
- Función antioxidante

Las reacciones metabólicas de ciertos aminoácidos, en particular al prevenir la formación de nitrosaminas potencialmente carcinógenas en el estómago (debido al consumo de alimentos que contienen nitritos, tales como la carne ahumada o los pepinillos).

d. Deficiencia

La falta de consumo de vitamina C por un periodo suficiente conlleva al escorbuto, caracterizado por debilidad de estructuras colagenosas (tejido conectivo de las células que resulta en sangramiento capilar. El escorbuto infantil causa malformaciones en los huesos. Uno de los primeros signos clínicos de deficiencia son el sangramiento de las encías y el aflojamiento de los dientes. Las hemorragias bajo la piel causan extrema suavidad de las extremidades y dolor durante el movimiento y si no son tratadas puede haber gangrena y por ende la muerte. Actualmente es raro encontrar casos de escorbuto. Para prevenir el escorbuto, una ingesta de 10-15 mg. de vitamina C es considerada suficiente, pero para su funcionamiento fisiológico óptimo se requiere mayor cantidad.

e. Medida

El estado de vitamina C en una persona es fácilmente determinado por una prueba química del nivel de vitamina C en la sangre (expresada en miligramos por 100 mililitros). También puede ser medida en otros tejidos. De 0.8mg/100ml es considerada como un nivel adecuado en la sangre.

f. Formas químicas y comerciales

En la naturaleza la vitamina C está como ácido ascórbico o como ácido deshidroascórbico. El ácido L-ascórbico y el L-ascorbato de sodio son utilizados en la fortificación. El ascorbato de sodio, la forma sal, es el doble de soluble en agua que el ácido ascórbico, pero ambos son libremente solubles. El ácido ascórbico es 100% bioactivo con vitamina C, y el ascorbato de sodio es 88% bioactivo (la parte de sodio de la molécula no contribuye a la actividad de la vitamina). Los fortificantes comerciales contienen 99% y 88% de vitamina C activa, respectivamente. Usualmente el precio es igual por libra pero es un poco más caro fortificar con ascorbato de sodio.

La mayor diferencia de las dos formas es que crean un pH diferente en agua. El pH de una solución 5% ácido ascórbico, es de 2.1-2.5. El pH de una solución de 10% ascorbato de sodio, es de 7.0-8.0. Se puede crear el pH deseado en la solución al ajustar el porcentaje del ácido ascórbico y del ascorbato de sodio. El ascorbato de sodio actúa como un buffer en la solución.

Hay muchos tipos de vitamina C encapsulada en el mercado. Se están haciendo estudios para evaluar las aplicaciones potenciales y los beneficios de esta forma. Se trata de identificar las formas que permitan añadir la vitamina C y retenerla en productos con actividad de agua alta. Pero hasta identificar estas formas, la forma pura de L-ascorbato de sodio y l-ácido ascórbico son las recomendables.

g. Estabilidad, Métodos de aplicación y Calidad

Ambas formas de vitamina C son estables en un ambiente ácido. Son inestables en soluciones neutras o alcalinas, y son muy sensibles al calor. La vitamina C es fácilmente oxidada, especialmente si la temperatura o el pH son muy altos, o si hay catalizadores metálicos y humedad presente. La vitamina C es usualmente considerada la menos estable en el procesamiento de cereales.

La vitamina es rara vez añadida a los procesos de cocción, debido que muy poca de ésta es retenida.

Debido a que la vitamina C es muy sensible al calor, ésta es casi siempre aplicada con rocío. Casi siempre es pesada en la planta, en

lugar de que llegue como premezcla, debido a las grandes cantidades añadidas al lote de aplicación.

La vitamina C es la vitamina menos estable de las vitaminas de aplicación con rocío mientras están en solución en el tanque de aplicación. Es especialmente sensible si la temperatura es mayor de 100° F (38° C), o si el pH es mayor de 4.5. El tiempo de lote es muy importante debido a que la pérdida de vitamina C depende del tiempo que este en el tanque de aplicación. Se recomienda que los ciclos de lote sean mejores de 12 horas.

La sobredosis típica para la aplicación de vitamina C con rocío es de 30-40% debido a las variaciones del proceso y a las pérdidas debidas a la aplicación.

El pH óptimo para una solución de vitaminas depende de los fortificantes en ella. El pH de una solución que contenga vitamina C es determinado por los porcentajes de las dos formas utilizadas. Los pH aproximados que utilizan los diferentes porcentajes de ascorbato y ácido ascórbico son los siguientes:

<u>% por peso, AS/AA</u>	<u>pH</u>
100/0	6-7
80/20	4.7
60-40	4.3

40-60	3.9
20-80	3.5
0/100	2.0-2.5

Como regla general, el peso del agua debe ser por lo menos 4 veces mayor al peso de las vitaminas seca para que la vitamina se disuelva a una temperatura de 80-100° F (27-38° C). Asumiendo que la agitación en el tanque sea la adecuada.

La retención de vitamina C en el producto terminado depende de la actividad de agua en el producto. La actividad de agua esta relacionada con la humedad, pero dos productos pueden tener la misma humedad pero diferentes actividades de agua. En la mayoría de productos con una humedad de 3% o menor se puede obtener una retención de vitamina C de 80-90% en un periodo de 12 meses.

C. VALORES DE REFERENCIA PARA LA INGESTA DIETETICA

La mayoría de los países han establecido niveles recomendados de ingesta diaria o valores de referencia para vitaminas y minerales. La recomendación Diaria de Nutrientes de USA o RDA, es un ejemplo. Estos valores son regulados por el gobierno dentro del contexto de las leyes de etiquetado de nutrición. Los valores son usualmente derivados de niveles recomendados para poblaciones específicas (edad, género, etc.). Los valores están basados en información científica reciente, y pueden variar de país a país debido a las diferentes necesidades nutricionales o influencias locales. Los valores de ingesta diaria tienen varios propósitos:

- 1) Proveer una base para etiquetado nutricional y para los "claims"s.
- 2) Proveer estándares para niveles de ingesta de nutrientes que ayuden a mejorar el estado nutricional de la población en general.
- 3) Proveer información y guías al consumidor para ayudar a éste a evaluar o seleccionar productos alimenticios.
- 4) Comunicar información nutricional utilizando una unidad fácil de entender, tal como RDA y RDI. Para minimizar la confusión del consumidor.

Existe un impacto significativo en la selección de alimentos por consumidores debido a la expresión y revisión del etiquetado nutricional.

El Impacto del etiquetado nutricional ha sido muy grande debido a que el consumidor está más conciente de la fortificación de los productos, para así seleccionar el producto que le permita alcanzar sus metas nutricionales y especialmente una buena salud.
(2)

1. RDA Y RDI

Muchos países usan el sistema RDA o el sistema RDI. El RDA significa las Recomendaciones Diarias Nutricionales y el RDI la Referencia de Ingesta Diaria o Recomendaciones Diarias de Ingesta.

Se define como Recomendaciones Diarias Nutricionales las cantidades de nutrientes suficientes para asegurar condiciones nutricionales adecuadas a la mayoría de los individuos sanos de una población. (18)

Con algunas excepciones, el cuerpo no puede hacer vitaminas; éstas deben ser proveídas diariamente a través de la dieta o a través de suplementos. Una excepción es la vitamina D, la cual puede ser producida cuando la piel sea expuesta al sol. Otra es la vitamina K, la cual no es hecha por el cuerpo humano pero es formada por microorganismos que normalmente florecen en el extracto intestinal.

En algunos casos, estas vitaminas no son hechas en cantidades suficientes para llenar las necesidades del cuerpo.

Los requerimientos vitamínicos del cuerpo son expresados en términos de Recomendaciones Diarias Nutricionales (RDA). En los USA los valores RDA son establecidos por el "Food and Nutrition Board of the National Research Council". Además La Organización de Alimentos y Agricultura y la Organización Mundial de la Salud han colaborado en varios países a desarrollar los RDA para diferentes grupos. (16)

Algunos países no tienen estándares de ingesta regulados por el gobierno, o los valores no han sido establecidos para todos los nutrientes. Las recomendaciones provienen de profesionales y son a veces utilizadas como la base de los "claims". Algunas veces los valores de referencia son adoptados de otros países para algunos o todos los nutrientes. Por ejemplo, en Latino América las Recomendaciones Diarias Nutricionales de los USA son algunas veces utilizadas debido a que ya han sido publicadas y su aprobación local es relativamente fácil.

Los valores nutricionales pueden cambiar, por lo tanto hay que estar pendiente y hacer las modificaciones cuando estos sucedan. Los cambios regulatorios pueden tener un impacto profundo en el posicionamiento del producto, manufactura y calidad.

Encuestas han demostrado que ambos adultos y niños que consumen cereales listos para consumir obtienen un mayor porcentaje de los niveles nutricionales recomendados que las personas que consumen o que no consumen nada en el desayuno.

D. FORTIFICACION

La tecnología de fortificación debe ser bien planeada y analizada. Luego de decidir cuales son los nutrientes y cantidades que se van a agregar al producto final, al tecnólogo de alimentos (o la persona encargada tiene que lograr que la fortificación cumpla con lo siguiente:

- Que el producto no sea afectado negativamente en sus propiedades organolépticas (olor, sabor, color).

- Que los nutrientes agregados sean estables y que se agregue una sobredosis adecuada para compensar las pérdidas de procesamiento y almacenamiento.
- Y que el proceso permanezca práctico y económico. (7)

1. Sobredosis:

La sobredosis son casi siempre requeridas para cumplir consistentemente con los "claims" de vitaminas y minerales del paquete. El nivel actual de vitaminas presente en el producto después del procesamiento también puede ser declarado, a veces sin añadir más como nivel residual, y solo la cantidad necesaria para cumplir consistentemente con el nivel del "Chaim". Pero el nivel añadido será mejor si hay adición de sobredosis.

La mayoría de las vitaminas requieren niveles de adición mayores en la producción que los niveles del "Claim". El uso de sobredosis formuladas ayuda a asegurar que el nivel mínimo de "Chaim" esté presente en el producto terminado.

La sobredosis es incluida en las formulas de producción por las siguientes razones:

1) pérdidas en el proceso:

Las pérdidas se pueden deber a pérdidas químicas causadas por calor u oxidación, o por pérdidas físicas durante el proceso, tales como pérdidas por mala aplicación con rocío.

2) Variabilidad:

Es posible obtener exactamente cada vez el mismo nivel de vitaminas en el producto. La variación en la materia prima, pesadas de vitaminas, aplicación, distribución a través del producto y el análisis contribuyen a la variabilidad de los resultados analíticos.

3) Vida de Anaquel:

La pérdida parcial de actividad de las vitaminas durante el almacenamiento también es considerada como un factor para el uso de sobredosis.

La humedad del producto, el tiempo de empaque, la presencia o ausencia de antioxidantes, la temperatura y humedad de almacenamiento, y muchos otros factores pueden influenciar la retención de una vitamina en el producto empacado. (Ver tabla de sobredosis)

2. Fortificación de Cereales Listos para Consumir (RTE)

Los cereales listos para consumir fueron inicialmente fortificados, por 1941, con el propósito de restaurar el contenido de nutrientes perdido en el proceso. En 1955, se cambió este concepto a uno de proveer nutrientes sobre la base de un requerimiento diario de nutrientes en cierto peso de producto.

En 1969, 16% de los cereales listos para consumir estaban siendo fortificados; en 1973, 85%; en 1979, 92% y actualmente casi el 100%.

El consumo de los cereales listos para consumir ha incrementado durante los últimos 20 años. (2)

E. APLICACIÓN DE VITAMINAS

_En el procesamiento de cereales algunas vitaminas son sensibles al calor. La aplicación con rocío es utilizada para evitar la exposición de estas vitaminas sensibles al calor a temperaturas excesivas. Las vitaminas A, D, C, B1, B6 y B12 son las más sensibles al calor y son típicamente referidas como las vitaminas del rocío.

La aplicación de vitaminas con rocío ocurre tarde en el proceso, usualmente en el último paso antes del empaque. La única manera practica para evadir las condiciones de tiempo y temperatura encontradas en el conocimiento, secado y operaciones de tostado es la de aplicar las vitaminas con rocío en una solución líquida o

suspensión de vitaminas sobre la superficie del producto al terminar el proceso.

Comparado con muchos métodos de aplicación, el aplicar vitaminas con rocío es técnicamente complejo y caro. Además es un proceso relativamente variable.

La aplicación con rocío puede ser un gran reto debido a que muchos factores pueden influir en la consistencia de la aplicación y su efecto en la calidad del producto.

Algunos ejemplos son:

- Variabilidad de la materia prima
- formulación
- Frecuencia y exactitud del lote
- Temperatura y pH de la solución
- Agitación y tiempo de mezcla
- Proporción de aplicación y control de relación
- Tipo y posición de boquillas
- Alto de la cama y patrón de rocío
- Nivel de tecnología del sistema
- Procedimientos y entrenamiento del personal

Aunque el sistema de aplicación no es simple, este puede ser efectivo y consistente. Los resultados consistentes usualmente vienen de una combinación de buenos sistemas y de buena tecnología.

1. RELACIONES PARA LA APLICACIÓN CON ROCIO:

La relación de aplicación es utilizada para la aplicación de una solución de vitaminas con rocío debido a que es una de las piezas de información necesarias para poder calcular la cantidad de fortificante que se debe añadir al lote de aplicación.

También se utiliza la relación de aplicación para calcular los niveles formulados y la sobredosis de vitaminas.

Se utilizan varias relaciones de aplicación dependiendo de las soluciones o del producto. Son usualmente expresadas como un peso de solución aplicada a un peso específico de producto terminado (FF). Las relaciones de aplicación utilizadas para vitaminas de rocío son bajas. Esto hace difícil la exacta aplicación de las vitaminas debido a que la razón actual de flujo de la solución puede ser baja.

2. Principios para la relación de la aplicación

Las relaciones de aplicación utilizadas no son números arbitrarios. Están basados en muchos factores que pueden influenciar la calidad del producto y la exactitud de la aplicación con rocío.

La razón de flujo de la solución es una función de la relación de aplicación y de la razón de producción. Un cambio en la carga base de producto significa un cambio en la razón de flujo de la solución.

Una relación de aplicación más alta requiere una concentración de vitaminas más baja en la solución, de tal forma que se aplique el mismo nivel de vitamina al producto, debido a que la vitamina estará más diluida. Por consiguiente se aumenta la cantidad de humedad aplicada al producto.

El principal factor limitante con las relaciones de aplicación es el hecho de que estamos limitados en la cantidad de humedad que aplicamos al producto sin tener un impacto negativo en la calidad.

Si la relación de aplicación es reducida, la solución de vitaminas debe ser más concentrada para obtener los mismos niveles en el producto. Las concentraciones muy altas pueden tener un impacto negativo en la calidad debido a que pueden dar un mal sabor o sabor muy fuerte a vitaminas.

También existe un factor limitante en la concentración de vitaminas debido a la solubilidad de estas.

3. Guías para la relación de la aplicación:

En general, se deben utilizar las relaciones de aplicación más alta posible sin exceder la humedad estándar del producto final. Para la mayoría de los productos con un 3% de humedad máxima, las relaciones de aplicación utilizadas no deben añadir más de un total de 1.3% de humedad al producto terminado.

La relación de aplicación recomendada es de:

0.7-1.0%, peso/peso

4. Utilización de carbohidratos en la solución de vitaminas de rocío:

Los carbohidratos deben ser añadidos a cualquier solución que contenga vitamina A. el propósito de añadir azúcar a la solución es para incrementar la estabilidad de la vitamina A en el producto final durante la vida de anaquel.

El nivel estándar recomendado de carbohidratos en la solución es de 35% como carbohidratos peso seco.

5. Factores importantes para la aplicación:

Los siguientes factores son de gran importancia para una buena aplicación.

PH:

Las soluciones de vitaminas deben ser formuladas para un pH menos de 4.6. Esto es necesario para retardar el crecimiento microbiano en el producto.

Filtrado:

Se recomienda utilizar agua filtrada suave o suavizada para las soluciones de rocío. El filtrado del agua previene que el oxido entre al sistema de vitaminas. Y el agua suave ayuda a disolver los ingredientes secos y a prevenir taponamientos de las líneas de filtrado.

Temperatura:

Todas las soluciones de rocío deben ser preparadas para que la temperatura inicial del lote sea de 80-100 F (27-38C). Esto es necesario para que no haya degradación de las vitaminas, ya que estas son termolábiles.

Tamaño del lote:

El tamaño de lote debe ser calculado para ser utilizado en un periodo de tiempo de 4-6 horas a una razón de producción normal. El ciclo de lote debe ser menor de 12 horas. Esto se debe a que después de este tiempo puede haber degradación de las vitaminas.

Exactitud de lote:

El lote debe ser calculado con exactitud para poder obtener la aplicación deseada.

Tiempo de mezclado:

La solución de vitaminas se debe mezclar por lo menos 30 minutos antes de ser utilizada para asegurar el mezclado adecuado.

Agitación:

Asegurar que la solución de vitaminas tenga una agitación continua para que ésta esté siempre homogénea.

Posición de boquillas

El propósito de las boquillas es el de romper la solución de vitaminas en pequeñas gotas y de distribuir las pequeñas gotas sobre la superficie del producto.

En la aplicación en banda la posición de las boquillas es muy importante debido a que si éstas no están bien colocadas la aplicación no es uniforme.

Si están muy separadas el producto no recibe la cantidad necesaria para cumplir con el "Claim". Y si están muy cerca del producto puede tener un exceso de vitaminas en ciertas áreas, causándole un impacto negativo al producto o un mal sabor (sabor a vitaminas muy fuerte).

Aplicación en Banda:

La altura de la cama o profundidad de producto en la banda recomendada es de 1-2 pulgadas. Y la temperatura máxima del

producto debe ser entre 100-140 F (38-60 C). Si la temperatura del producto es muy alta la solución se evapora.

F. PROCESAMIENTO DE CEREALES EN HOJUELAS

Los cereales en hojuelas incluyen los hechos directamente de granos enteros o partes de los granos de maíz, trigo, arroz y también de fórmulas de hojuelas extrudidas. El objetivo principal de fabricar cereales en hojuelas es de primero procesar el grano de tal forma que se obtenga una partícula que pueda formar una hojuela individualmente.

La selección del grabo es muy importante para obtener una hojuela de cereal. Se hace una selección del grano por medio de mallas de distintos tamaños, permitiendo así un cierto tamaño para poder obtener un tamaño de "grit para hojuela".

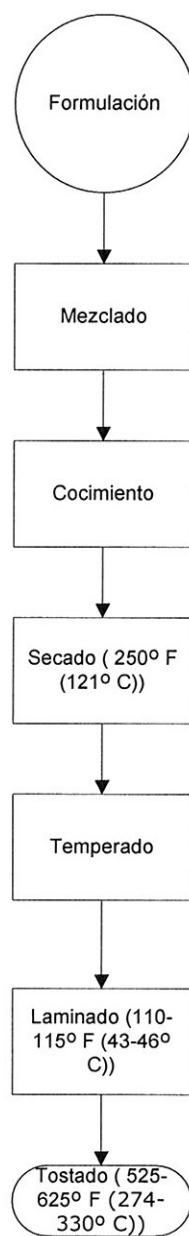
Las hojuelas de maíz o las hojuelas de trigo son típicamente hechas de semillas enteras o partes de semillas.

También existen hojuelas extrudidas en las cuales se utilizan finas harinas para fabricarlas. Al cocer una masa o formar los "grits para hojuelas", se elimina el proceso de reducción y selección del grano.

1. HOJUELAS DE MAIZ

El mejor ejemplo de un cereal hecho de partes de un grano entero de maíz es la tradicional hojuela de maíz. Nuevas variedades de hojuelas de maíz hechas por medio de extrusores han sido desarrolladas y mejoradas. Pero no han podido contra la demanda de las tradicionales hojuelas de maíz, las cuales han estado en el mercado aproximadamente un siglo.

2. Proceso para la elaboración de hojuelas de maíz:



G. CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO

EL doctor Walter A. Schewhart desarrolló la teoría del control estadístico de la calidad. Analizó muchos procesos diferentes y llegó a la conclusión de que todos los procesos de fabricación presentaban variaciones. Identificó dos componentes: uno fijo que parecía ser propio del proceso y otro intermitente. Schewhart atribuyó la variación propia, habitualmente llamada variación aleatoria, al azar y a causas aleatorias no podían ser económicamente descubiertas ni podían ser eliminadas sin hacer cambios básicos en el proceso.

La variación de una determinada característica de la calidad podía ser cualificada haciendo un muestreo de las salidas del proceso y estimando los parámetros de su distribución estadística. Los cambios en la distribución podían comprobarse representando estos parámetros en una gráfica en función del tiempo. Las muestras consisten en la medición de más de un individuo, llamado subgrupo. Las fichas para las variables, generalmente, se basan en subgrupos de 4 a 10 individuos, mientras que las fichas por atributos se basan en un minuto de 50 y con frecuencia, en varios centenares. Para las fichas de \bar{X} y de R el tiempo es más corriente, la característica de la calidad, X se mide en cada individuo. La media, \bar{X} , y el recorrido, R , se calculan para cada subgrupo y se llevan a la gráfica, en fichas separadas, por su orden de producción. En cada ficha se dibuja una línea central para la media de medias, \bar{X} , y para el intervalo medio, R . Los límites de control se establecen a ± 3 desviaciones tipo de la media. Hay un límite de control superior (LCS) y un límite de control inferior (LCL).

La banda entre los límites de control define la variación aleatoria del proceso. Los puntos fuera de los límites de control indican una o más causas probables de variación. Un proceso que sólo presenta causas aleatorias se indica que está bajo << control estadístico >>.

1. Gráficas de Control

Las gráficas de control se utilizan para:

1. alcanzar el estado de control estadístico.
2. dirigir el proceso.
3. determinar la capacidad del proceso. Antes de que el proceso esté bajo control, deben determinarse los límites de variación del proceso.

Un sorprendente número de compañías intenta utilizar X y R para la aceptación del producto. Forman subgrupos tomando, aleatoriamente, unidades de todo el lote. Este es un procedimiento incorrecto. Los subgrupos deben formarse a lo largo de la secuencia de la producción.

Las graficas de control pueden comprobar los valores objetivos y la variabilidad y controlar continuamente la estabilidad del proceso. Este control de estabilidad ayuda, a su vez, a que la distribución estadística de las características del producto sea consistente con los requisitos de calidad.

a. Pasos para la Implementación de graficas de control:

1. Elegir la característica a controlar.

- a. Dar la mayor prioridad a las características que están produciendo defectos y en las que los operarios tienen la posibilidad de controlar el ajuste.
- b. Identificar las variables y condiciones del proceso que atribuyen a las características finales del producto.
- c. Elegir características que puedan proporcionar la cantidad de datos necesarios para el diagnóstico de los problemas.
- d. Determinar el primer punto del proceso de producción que debe ensayarse para obtener información de las causas imputables, así como las fichas que han de servir como primero y efectivo dispositivo de advertencia para prevenir disconformidades.

2. Elegir el tipo de ficha de control.

3. Decidir que línea central va a utilizarse y las bases de cálculo de los límites de control. Los límites, habitualmente, se sitúan a 3 desviaciones estándar, pero pueden elegirse muchos otros para distintos riesgos estadísticos.

Las gráficas X y R son las graficas de control de mayor sensibilidad para descubrir o identificar causas.

Cuando hay que hacer uso de gráficas de control resulta muy útil tener una relación de las decisiones y acciones que hay que tomar así como de los cálculos que se tienen que realizar, siguiendo los siguientes pasos:

b. Decisiones previas a la construcción de gráficas de control:

- A. objetivos a conseguir con las gráficas.
- B. Elección de variables.
- C. Elección del criterio de formación de subgrupos.
- D. Elección del tamaño y frecuencia de los subgrupos.
- E. Métodos de registro de datos.
- F. Determinación del método de revisión.

c. Puntos de partida para la construcción de gráficas de control

- A. Obtención de las mediciones.
- B. Registro de las mediciones y otros datos.
- C. Cálculo de la media \bar{X} de cada subgrupo.
- D. Cálculo del recorrido R de cada subgrupo.

E. Representaciones de la gráfica X (media).

F. Representaciones de la gráfica R (recorrido).

d. Determinación de los límites de control de la prueba:

A. Decisión del número de subgrupos necesarios para el cálculo de los límites de control.

B. Cálculo de la media de recorridos R.

C. Cálculo de los límites de control superior e inferior de la gráfica de control R.

D. Cálculo de la media de los valores \bar{X} y \bar{X} .

E. Cálculo de los límites de control superior e inferior de la gráfica X.

F. Representación de las líneas centrales y de los límites de ambas gráficas.

e. Obtención de las conclusiones preliminares deducidas de las gráficas.

A. Indicación de la existencia de control o falta de control.

- B. Relación aparente entre la trayectoria que sigue el proceso y la que debe seguir.

f. Continuidad en el empleo de las gráficas.

- A. Revisión de la línea central y de los límites de control R.
- B. Revisión de la línea central y de los límites de control X.
- C. Empleo de las gráficas dirigido a la actuación sobre el proceso.
- D. Empleo de las gráficas dirigido a la actuación sobre las especificaciones.

g. objetivos de las Gráficas

1. Asegurar una información para el establecimiento o cambio de especificaciones o determinar si un proceso puede cumplir con ciertas especificaciones.
2. Asegurar la información para el establecimiento o cambio de métodos de producción debido a que la gráfica de control indique que los métodos originales no pueden cumplir con las especificaciones.
3. Asegurar la información para el establecimiento o modificaciones de métodos de inspección.

4. Proporcionar un criterio para la toma de decisiones de carácter general en el transcurso de la producción.

h. Elección de Subgrupos

La idea del Shewhart consiste en repartir las observaciones de los subgrupos y la eficiencia del método depende del criterio que se siga para seleccionar los subgrupos. Los subgrupos deberán elegirse de forma que fuera lo más homogéneo posible. Esto significa que no se debe perder de vista el orden de las operaciones de producción. Un subgrupo debe estar formado por elementos que están fabricados lo más cercano posible en el tiempo. Esto se debe hacer así debido a que el objetivo de la gráfica es detectar cambios en la medida del proceso.

i. Elección de tamaño de los Subgrupos

Shewhart sugirió que cuatro elementos eran el tamaño ideal del subgrupo, siguiendo la idea fundamental de la gráfica de control de seleccionar los subgrupos, de forma que la variación dentro del mismo sea mínima. Cuando se tienen pequeñas variaciones en los procesos, lo más recomendable es sacar muestras grandes, mayores de 15 para detectarlas.

j. Tipos de gráficas de control de datos por variables

1. Gráfica de control por medias y por recorridos, \bar{X} y R.

Esta gráfica es particularmente útil para los procesos con predominio de máquina. Se toman 25 subgrupos de 4 o 5 unidades cada uno, se calcula la media \bar{X} y el recorrido, R , de cada subgrupo. Calcular la media de todos los subgrupos, \bar{X} , y el recorrido medio \bar{R} . calcular los límites de control a 3σ , utilizando las siguientes formulas:

Límite central = \bar{X}

Límite de control superior para \bar{X} = $\bar{X} + A_2\bar{R}$

Límite de control inferior para \bar{X} = $\bar{X} - A_2\bar{R}$

Línea central R = \bar{R}

Límite de control superior para R = $D_4\bar{R}$

Límite de control Inferior para R = $D_3\bar{R}$

Para tamaños de subgrupo, $n > 10$, utilizar la desviación tipo σ en vez del recorrido. Calcular los límites de control 3σ , aplicar las fórmulas:

Línea central = \bar{X}

Límite de control superior para \bar{X} = $\bar{X} + A_1s$

Límite de control inferior para \bar{X} = $\bar{X} - A_1s$

Línea central = \bar{s}

Límite de control superior para s = $B_4\bar{s}$

Límite de control inferior para s = $B_3\bar{s}$

Los valores de A, B, y D dependen del tamaño de subgrupo, n , y se marcan en el apéndice. Dibujar los límites de control, las líneas \bar{X} y \bar{R} o s , y marcar los valores de X y R o s en las respectivas gráficas.

2. Gráficas de control para valores individuales de X y recorrido R .

Esta es una gráfica de observaciones individuales que es "útil cuando solo es posible una observación por lote.

Tomar un mínimo de 30 unidades en subgrupos al menos de 2. Calcular la media de las 30, \bar{x} , el recorrido de cada subgrupo, R , y la media de los recorridos, \bar{R} . Calcular los límites de control 3σ , aplicando:

Línea central = \bar{X}

Límite de control superior para $X = \bar{X} + E2R$

Límite de control inferior para $X = \bar{X} - E2R$

Línea central = \bar{R}

Límite de control superior para $R = D4\bar{R}$

Límite de control inferior para $R = D3\bar{R}$

Los valores de los factores $E2$ y D dependen del tamaño de subgrupo, n , y están dados en el apéndice. Dibujar los límites de control, las líneas de \bar{X} y \bar{R} , y trasladar los valores de X y R a las respectivas gráficas.

Estos límites representan la variación normal de un proceso y los valores deben encontrarse dentro de estos para que el proceso sea normal.

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL:

Implementar un control estadístico de proceso para asegurar que la aplicación de vitaminas en un cereal cumpla con su variación normal o especificada.

B. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

Asegurar que la aplicación de vitaminas en un cereal cumpla con el "Claim" o sea la cantidad de vitamina activa declarada en el paquete por un peso especificado de producto terminado.

Asegurar que la aplicación de vitaminas sea consistente a través del tiempo dentro de un rango aceptable al más bajo costo.

IV. MATERIALES Y METODOS

MATERIALES:

- Sistema de aplicación de vitaminas en cereales compuesto de:

- banda transportadora de producto (hojuelas)
- tanques contenedores de vitaminas
- boquillas de aplicación
- bombas de desplazamiento positivo

- probeta de 50 ml

- cronómetro

- Recipiente de 10 kg para tomar cargas

- Hojas de control

REACTIVOS:

Utilizados en la preparación de la solución de vitaminas:

- Vitamina A Palmitato
- Vitamina C
- * Ascorbato de sodio
- * Acido ascórbico

- Vitamina B1 (Tiamina)
- Vitamina B6 (Piridoxina Hidroclorada)
- Vitamina B12 (Cianocobalamina)
- Azúcar refinada

B. METODOLOGIA:

1. Cálculo de vitaminas para la solución de vitaminas a aplicar:

Vitamina B1 (Tiamina)

1) Determinar el nivel formulado de vitamina activa a partir del "Claim" y el % de sobredosis.

"Claim" 0.38 mg Vitamina B1/30 gr producto terminado (FF9)

Sobredosis: 40%

Nivel Formulado:

$(0.38 \text{ mg}/30 \text{ gr FF}) = (1.40) = 0.53 \text{ mg}/30 \text{ gr FF}$

Para 100 gr de FF:

$(1.27 \text{ mg}/30 \text{ gr FF}) (1.40) = 1.77 \text{ mg}/100 \text{ gr FF}$

2) Por medio de conversiones se obtiene un común denominador al de la cantidad de aplicación 1000 kg. El cual es la mayor cantidad de producto terminado.

Cantidad de Vitamina B1 en 1000 kg:

$1.77 \text{ mg B1} * 1000 \text{ gr FF} * 1 \text{ gr B1} * 1000 \text{ kg FF}$

$100 \text{ gr FF} \quad 1 \text{ kg FF} \quad 1000 \text{ mg B1}$

= 17.73 gr Vitamina B1 activa

3) Determinar la cantidad de vitamina activa necesaria para la cantidad de aplicación:

Cantidad de aplicación: 7 kg solución/ 1000 kg FF

17.73 gr de vit. B1 activa / 7 kg soln. = 17.73 gr vit. B1 activa/ 1000 kg FF

Para un lote de 100 kg:

17.73 vit. B1 * 100 kg soln. = 253.28 gr de vit. B1 / lote 7 kg soln.

4) Convertir el peso de vitamina activa a peso de fortificante por lote utilizando el % de potencia o actividad de la vitamina.

% de potencia de Vitamina B1- HCl: 0.97

253.28 gr de vitamina B1 activa/lote = 261.12 gr vit. B1-HCl/lote
0.97

Por lo tanto la cantidad de vitamina B1-HCl por lote es de 261.12 gr.

***** Para el cálculo de las otras vitaminas se utiliza el mismo procedimiento.

2. Càlculo de límites para gráficas de control de proceso:

Calcular los límites de control $\pm 3\sigma$, aplicando las siguientes formulas:

Línea central = \bar{X}

Límite superior para \bar{X} = $\bar{X} + E2R$

Límite de control inferior para \bar{X} = $\bar{X} - E2R$

Línea central = \bar{R}

Límite superior para \bar{R} = $D4R$

Límite inferior para \bar{R} = $D3R$

En donde los valores de E y D dependen del tamaño de subgrupo n.

3. Procedimiento para toma de muestras:

La aplicación de rocío es esencialmente un proceso continuo. Se calcula la composición de la solución de aplicación para que, a una relación de aplicación establecida, se haya aplicado la cantidad correcta de fortificante al producto. La relación de aplicación es usualmente expresada como el peso de solución aplicada a un peso conocido de producto terminado. La relación de aplicación utilizada fue de 7 kg/1000kg de producto terminado. Además se utilizó una carga constante de 16 kg/min. De producto terminado. Después de hacer conversiones se encontró que el flujo necesario para la aplicación era de 112 ml/min. de solución.

Luego se hizo el procedimiento de muestreo en el cual se tomaron muestras a intervalos de media hora. El procedimiento de muestreo fue el siguiente:

V. RESULTADOS

TABLA No. 1 (PRIMERA PRUEBA)
(Muestra vrs. Flujo)

<u>No. Muestra</u>	<u>Flujo de vitaminas (ml/mg)</u>
1	111
2	112
3	114
4	117
5	128
6	114
7	104
8	112
9	113
10	118
11	107
12	97
13	95
14	102
15	105
16	114
17	112
18	120
19	123
20	120
21	125
22	111
23	110
24	108
25	111

TABLA No. 2 (SEGUNDA PRUEBA)
(Muestra vrs. Flujo)

<u>No. Muestra</u>	<u>Flujo de vitaminas (ml/mg)</u>
1	111
2	112
3	104
4	95
5	102
6	113
7	109
8	114
9	115
10	122
11	129
12	112
13	112
14	113
15	110
16	113
17	117
18	112
19	111
20	115
21	114
22	125
23	120
24	117
25	110

TABLA No. 3**RESULTADOS ANALITICOS PARA PRIMERA PRUEBA**

<u>No. Muestra</u>	<u>Vitamina A</u> <u>IU/30grs</u>	<u>Vitamina C</u> <u>mg/30 grs</u>	<u>VitaminaB1</u> <u>mg/30grs</u>	<u>VitaminaB6</u> <u>mg/30grs</u>	<u>VitaminaB12</u> <u>ugrs/30grs</u>
	500	15	0.38	0.55	0.25
1	604	16.8	0.486	0.738	0.361
2	616	18	0.507	0.675	0.350
3	715	19.4	0.549	0.699	0.347

TABLA No. 4**RESULTADOS ANALITICOS PARA SEGUNDA PRUEBA**

<u>No. Muestra</u>	<u>Vitamina A</u> <u>IU/30grs</u> 500	<u>Vitamina C</u> <u>mg/30 grs</u> 15	<u>VitaminaB1</u> <u>mg/30grs</u> 0.38	<u>VitaminaB6</u> <u>mg/30grs</u> 0.55	<u>VitaminaB12</u> <u>ugrs/30grs</u> 0.25
1	652.500	18.500	0.504	0.669	0.368
2	623.000	17.600	0.488	0.749	0.349
3	641.000	18.900	0.527	0.692	0.363

TABLA No. 5**RESULTADOS ANALITICOS EN PORCENTAJE PARA
PRIMERA PRUEBA**

<u>No. Muestra</u>	<u>Vitamina A</u> <u>IU/30grs</u>	<u>Vitamina C</u> <u>mg/30 grs</u>	<u>VitaminaB1</u> <u>mg/30grs</u>	<u>VitaminaB6</u> <u>mg/30grs</u>	<u>VitaminaB12</u> <u>ugrs/30grs</u>
	500	15	0.38	0.55	0.25
1	120.80%	112.00%	127.90%	134.20%	144.49%
2	123.20%	120.00%	133.40%	122.70%	140.09%
3	142.90%	129.30%	144.50%	127.10%	138.89%

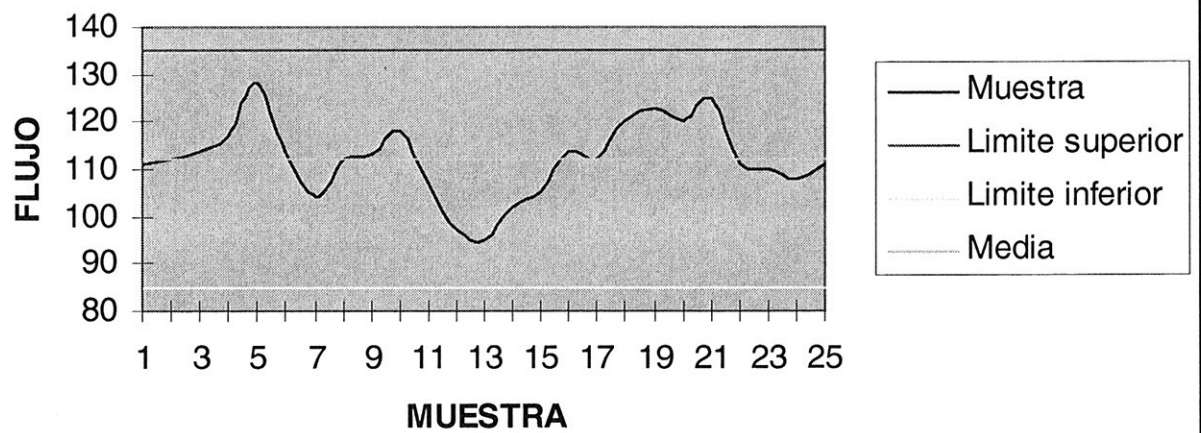
TABLA No. 6**RESULTADOS ANALITICOS EN PORCENTAJE
PARA SEGUNDA PRUEBA**

<u>No. Muestra</u>	<u>Vitamina A</u>	<u>Vitamina C</u>	<u>VitaminaB1</u>	<u>VitaminaB6</u>	<u>VitaminaB12</u>
1	130.50%	123.30%	132.60%	121.60%	147.20%
2	124.60%	117.30%	128.40%	136.20%	139.60%
3	128.20%	126.10%	138.70%	125.80%	145.20%

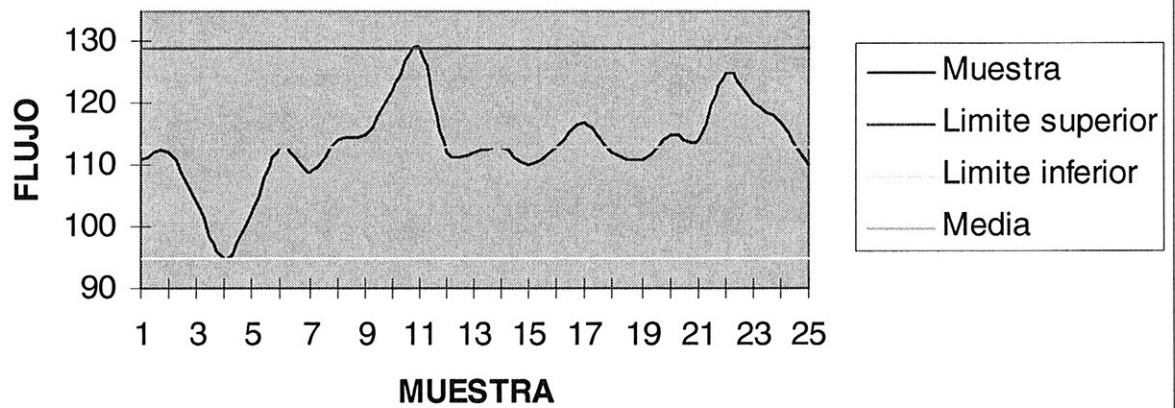
TABLA No. 7**MEDICIONES VRS. RECORRIDO**

<u>No. Muestra</u>	<u>Mediciones (ml/mg)</u>		<u>Recorrido</u>
	<u>X1</u>	<u>X2</u>	
1	111	111	0
2	112	112	0
3	114	104	10
4	117	95	22
5	128	102	26
6	114	113	1
7	104	109	5
8	112	114	2
9	113	115	2
10	118	122	4
11	107	129	22
12	95	112	17
13	95	112	17
14	102	113	11
15	105	110	5
16	114	113	1
17	112	117	5
18	120	112	8
19	123	111	12
20	120	115	5
21	125	114	11
22	111	125	14
23	110	120	10
24	108	117	9
25	111	110	1
Total	2,801	2,827	220
Promedio	112.04	113.08	8.80

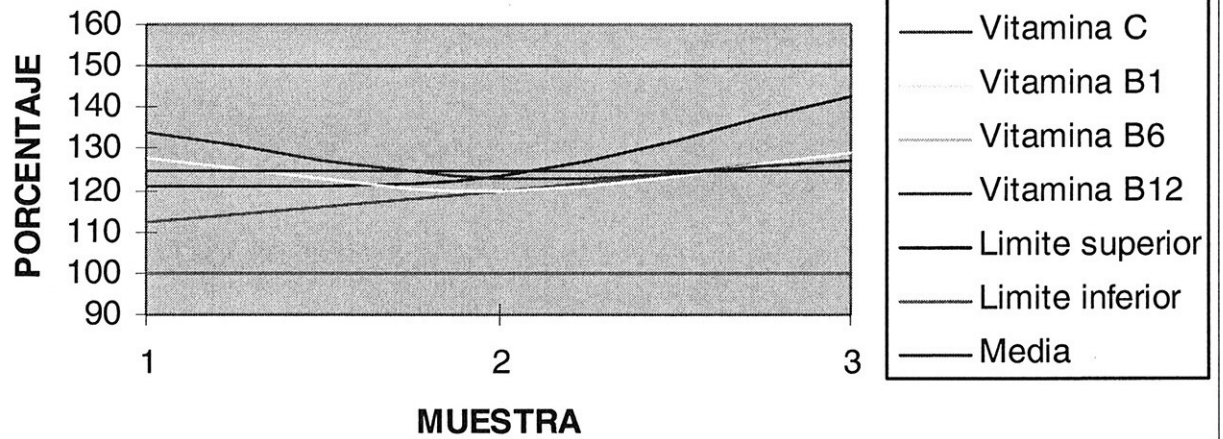
GRAFICA NO.1
PRIMERA PRUEBA (MUESTRA VRS FLUJO)



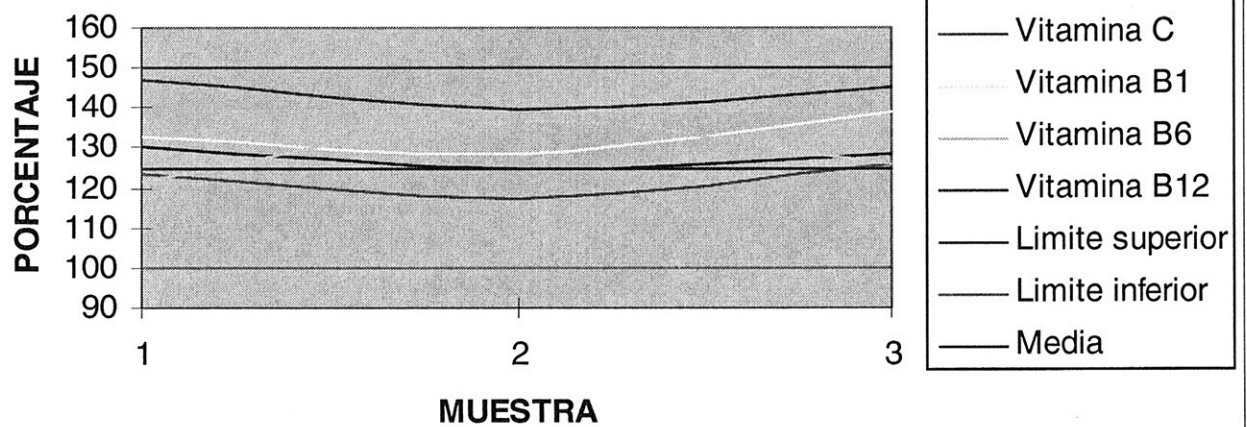
GRAFICA NO.2
SEGUNDA PRUEBA (MUESTRA VRS FLUJO)



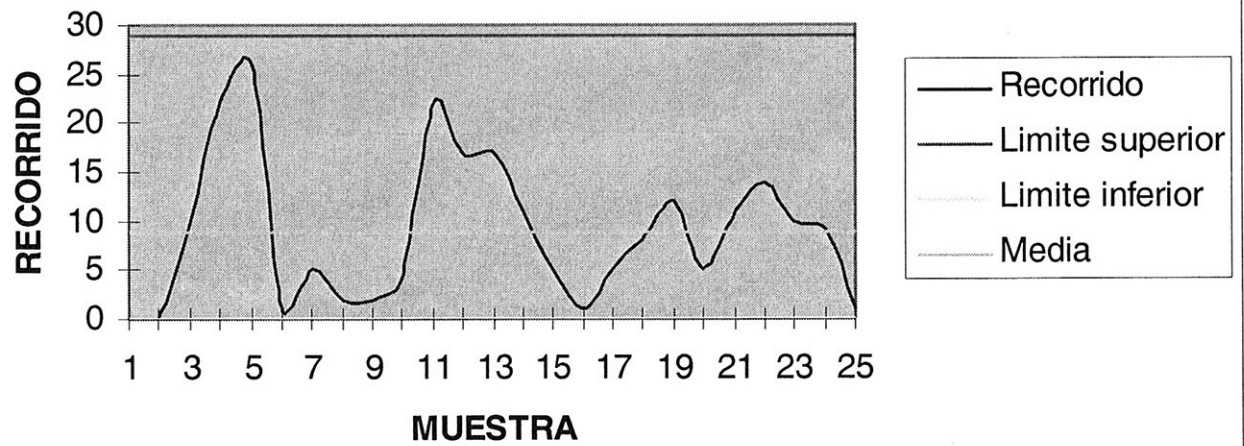
GRAFICA NO.3
PRIMERA PRUEBA RESULTADOS ANALITICOS
EN %

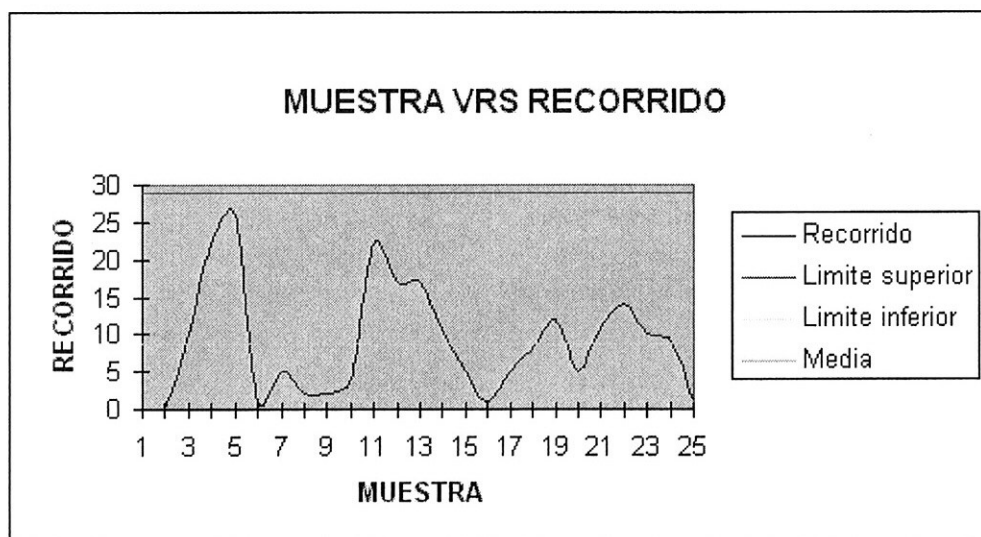
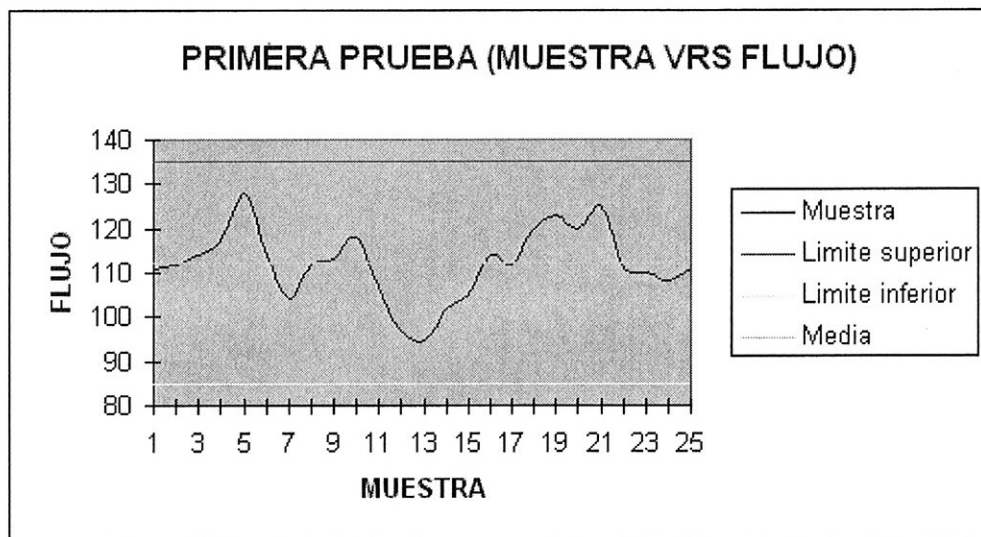


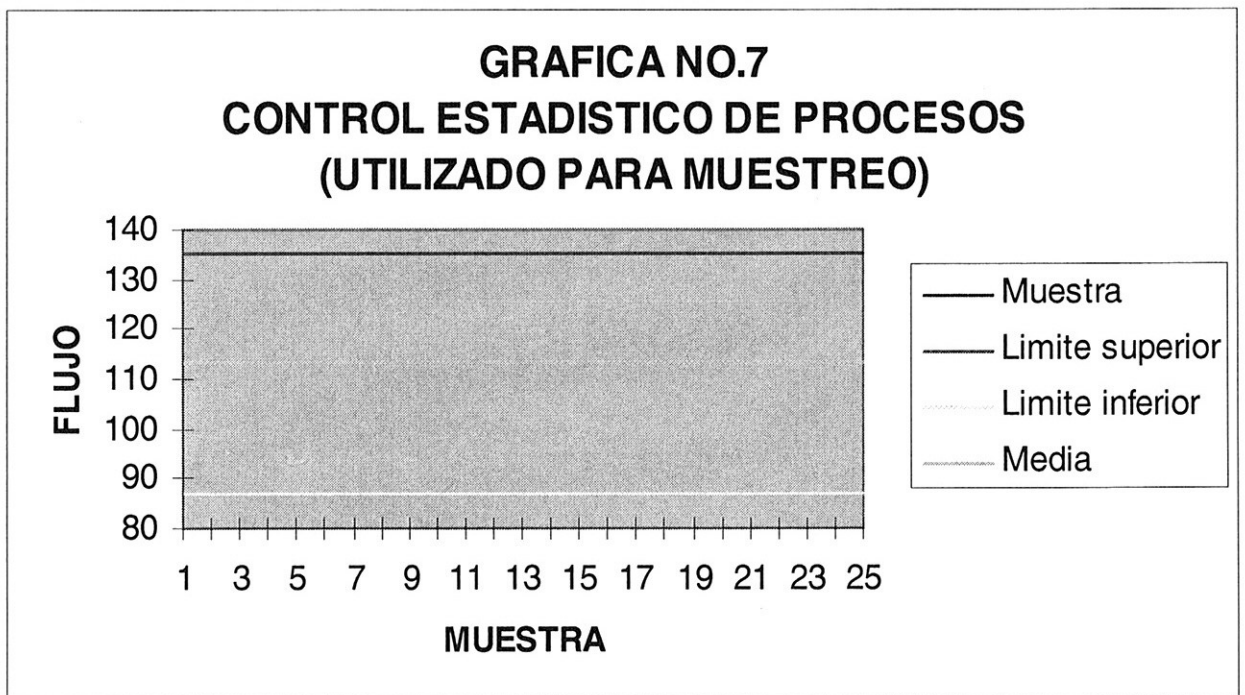
GRAFICA NO.4
SEGUNDA PRUEBA RESULTADOS ANALITICOS
EN %



GRAFICA NO.5
MUESTRA VRS RECORRIDO



GRAFICA NO.6**MUESTRAS VRS FLUJO**



VI. DISCUSIONES

Actualmente se ha notado que la implementación de un control estadístico de proceso, es necesario en las industrias para poder tener el estándar de calidad deseado por el productor y especialmente por el consumidor. Esto se debe a que el uso de este es una herramienta muy útil para dar seguimiento y manejar un proceso, y por medio de graficas de limites superiores e inferiores se puede llegar a un mejoramiento continuo por medio de una reducción sistemática de las variaciones del proceso y para ayudar a encontrar las causas específicas de la variación.

En la aplicación de vitaminas con rocío en cereales, la variación es crítica debido a que el nivel de vitaminas debe cumplir con el "claim" o sea la cantidad de vitamina activa declarada en el paquete por un peso específico de producto (Eso esta basado en el RDA). En este caso como es un cereal el peso específico de producto es de 30 gramos.

Para que la aplicación de vitaminas se encuentre dentro del "claim" se fijo que los resultados obtenidos deben estar dentro de un rango de 100-150% del "claim". Esto quiere decir que los resultados no deben estas abajo del 100% debido a que no se esta cumpliendo con el "claim" y por consiguiente el producto no lleva la cantidad de vitaminas declarada. Por lo tanto no se esta cumpliendo con las necesidades nutricionales del consumidor.

Por otro lado si la aplicación esta arriba de 150% el problema que puede suceder es que el costo de aplicación sea demasiado elevado provocando así pérdidas en la empresa. Además puede causar cambios al sabor del producto los cuales pueden influenciar en la aceptabilidad de este por el consumidor.

Este trabajo se inicio calculando la cantidad de vitaminas que tenia que llevar la solución que se aplicaría a un peso especifico o carga especifica de producto, en este caso cereal de hojuelas de maíz. Este cálculo es de gran importancia debido a que el producto no debe ser afectado negativamente en sus propiedades organolépticas. También que los nutrientes agregados deben ser estables y que una sobredosis adecuada debe ser agregada para compensar las perdidas de procesamiento y almacenamiento.

Para este cálculo inicialmente se determino el nivel formulado de la vitamina activa a partir del "claim" y el porcentaje de sobredosis. Luego por medio de conversiones se obtuvo un común denominador al de la cantidad de aplicación (1000kg). Esta es la mayor cantidad de producto terminado para cálculos de vitaminas de rocío. Seguidamente se determino la cantidad de vitamina activa necesaria para la relación de aplicación. La relación de aplicación utilizada fue de: 7kg de solución / 1000 kg de producto terminado.

Finalmente se convirtió el peso de la vitamina a peso de fortificante utilizando el porcentaje de potencia o actividad de la vitamina. Esto se hizo debido a que las vitaminas no vienen en un 100% en su forma activa sino que en formas comerciales las cuales son escogidas dependiendo del proceso y del producto.

Después de haber calculado individualmente cada vitamina se procedió a calcular la cantidad de carbohidratos, en este caso azúcar, que se debía agregar a la solución. Esta adición de carbohidratos a la solución fue necesaria para mantener la estabilidad de la vitamina A en el producto final durante la vida de anaquel. Finalmente se calculó la cantidad de agua necesaria que se debía añadir a la solución a aplicar. Esto se hizo restándole la suma de todas las vitaminas y el azúcar al peso del lote deseado.

Al tener ya formulada la solución de vitaminas se procedió a revisar ciertos factores importantes para la aplicación.

La aplicación con rocío fue un gran reto debido a que estos factores pudieron haber influido en la consistencia de la aplicación y el efecto en la calidad del producto.

El primer factor es el del pH. El pH promedio obtenido fue de 3.7. Este se considero como un pH adecuado debido a que el pH mínimo recomendado era de 4.6. Este pH ácido es necesario para retardar el crecimiento microbiano y también para asegurar la estabilidad de ciertas vitaminas en la solución.

La temperatura de la solución es un factor muy importante debido a que las vitaminas que se están aplicando son termolábiles y pueden sufrir degradación al estar en una solución con una temperatura muy

alta. La temperatura del lote de aplicación debe de ser de 80-100° F (27-38° C). Adema una de las razones por las cuales las vitaminas son aplicadas al final del proceso es debido a que, siendo termolàbiles, no tengan que pasar por las temperaturas tan altas del procesamiento. También la temperatura máxima del producto debe ser entre 100-140° F (38-60° C). Si la solución de vitaminas es aplicada a un producto muy caliente, ésta se evapora.

Otros factores importantes para la aplicación son el tamaño, exactitud y tiempo de mezclado del lote. Debido a que el lote debe ser calculado para un tiempo de producción de 4-6 horas, evitar que pueda haber degradación de las vitaminas. Es importante que la solución se mezcle antes de ser utilizada y que tenga una agitación continua. La efectividad de la agitación depende de las dimensiones del tanque, la posición y tamaño del aspa de agitación. El aspa de agitación debe ser colocada de modo que se mantenga un patrón de flujo para que la solución sea homogénea.

Otro factor importante en la aplicación de vitaminas es la posición de las boquillas, debido a que si éstas no están bien colocadas la aplicación no es uniforme. Si éstas están muy lejos el producto no recibe la cantidad necesaria para cumplir con las especificaciones. Y si están muy cerca del producto, puede ocurrir un exceso de vitaminas causándole un mal sabor al producto.

Después de haber preparado la solución de vitaminas y tener controlados los factores de aplicación, se calculó el flujo de vitaminas que debía ser aplicado al producto terminado. Para éste cálculo se utilizo una relación de aplicación de 7 kg/1000kg del producto finalizado o sea 7 gr/kg de dicho producto (el cual es la relación de aplicación recomendada). Además se utilizó una carga constante de 16 kg/min. Del producto. Después del hacer las conversiones se encontró que el flujo necesario para la aplicación es 112 ml/min. De solución.

Luego se hizo el procedimiento de muestreo en el cual se tomaron muestras a e intervalos de media hora para detectar si había un cambio en el flujo de vitaminas.

Con base en el cálculo de flujo de solución de vitaminas, se obtuvieron los resultados para las pruebas. Inicialmente se tomaron muestras por un período de ocho horas, cada media hora.

Esto se hizo con el propósito de estabilizar el flujo y de ajustar y controlar los parámetros de aplicación.

Seguidamente se empezó con el proceso de muestreo. Para este muestreo se hicieron dos pruebas de 25 muestras, de cada una de las cuales fueron tomadas a intervalos de media hora.

Después de haber obtenido los resultados de las pruebas se construyó una gráfica de control estadístico de proceso al calcular los límites de control a $\pm 3\sigma$. Estos límites representan la variación normal de un proceso y los valores deben encontrarse dentro de estos límites para que el proceso sea normal.

Al hacer un análisis de las gráficas de resultados se puede observar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, lo que significa que el proceso es estable. Además se puede establecer que la aplicación de vitaminas se comportó consistentemente a través del tiempo, mientras se llevaba un control de las posibles variaciones de flujo.

Se debe notar que la gráfica no identifica la causa que ocasiona estar fuera de control, pero sí alerta para encontrar la o las causas que lo originan.

Se pudo observar que la variabilidad de un proceso puede cambiar aunque el valor se mantenga constante. En cualquier proceso en que el cuidado del operario o inspector constituye un factor importante, en el ajuste de equipo o toma de muestra, puede ser una causa frecuente en el incremento de la variabilidad del cambio de uno a otro, posiblemente menos cuidadoso. Es necesario tomar en cuenta que pueden resultar cambios debidos a errores de medición, por lo tanto se debe dar un adiestramiento adecuado en los procesos de medición al personal que efectúe las inspecciones.

Con las gráficas de las pruebas de muestra vrs. flujo se puede observar la estabilidad del proceso y la homogeneidad de la aplicación de vitaminas. Estas gráficas de control pueden tener un papel importante en la aceptación del producto. Debido a que si la gráfica muestra una variación, también habrá una variación en la cantidad de vitamina que lleva el producto. Si el valor de la variación se encuentra arriba del límite superior, indica que hubo un exceso de vitamina aplicada, lo cual puede causar un impacto negativo al consumidor a que puede ser que se presente un mal sabor en el producto (sabor muy fuerte a vitamina) y además provocar un aumento en los costos de aplicación y que afectaría de esta forma en la empresa. Y si el valor de la variación está por debajo del límite inferior de control, indica que no se aplicó la cantidad de vitamina especificada, con lo que no se cumplen las necesidades nutricionales del consumidor.

En muchos casos o procesos, estar bajo "control estadístico" no significa necesariamente que el producto cumpla con las especificaciones. En este caso el producto sí está bajo control estadístico debido a que sí cumple con las especificaciones.

Luego se hizo una tabla en la cual se calculó el recorrido. Esto se hizo en base en los valores de las dos primeras pruebas.

Al tener la tabla de medias y recorridos se elaboró la gráfica de control estadístico. Para ésta gráfica fue necesario utilizar unas fórmulas para valores individuales de \bar{X} (media) y R (recorrido).

Al hacer un análisis de la gráfica de R (recorrido) se puede observar que todos los datos se encuentran dentro de los límites establecidos; esto indica que sí hay uniformidad en el proceso.

Si observamos simultáneamente las gráficas de media y de recorrido, podemos observar que los valores están dentro de los límites en ambas. Esto significa que el proceso está estable y es homogéneo. Si el promedio estuviera dentro de control, pero el rango se encontrara afuera, nos hubiera indicado que existe un problema en el proceso, el cual se debe corregir. Lo mismo si el rango estuviera dentro de los límites de control y la media afuera de éstos, también existiría un problema, por el cual sería necesario verificar las causas de éste.

Esta última gráfica de control estadístico para X (media) y R (recorrido) requiere de su interpretación simultáneamente, ya que una muestra el promedio de los datos agrupados y la otra, variación entre las muestras a través del tiempo. Lo que significa que la gráfica para los resultados obtenidos de las pruebas, muestran que no hay variación entre las muestras ni variación entre estas a través del tiempo.

Con los resultados de la gráfica de X y R se elaboró la gráfica final, la cual fue la escogida para ser utilizada en el proceso de muestreo para la implementación del control estadístico de proceso.

Finalmente se enviaron unas muestras (las cuales fueron tomadas al azar mientras se realizaban las pruebas) al laboratorio en Michigan (casa matriz de la fábrica) para que fueran analizadas para corroborar que la cantidad de vitamina aplicada cumpliera con el "claim" o sea con la cantidad de vitamina activa declarada en el paquete por un peso específico de producto terminado.

Al observar las tablas de los resultados analíticos para la prueba 1 y para la prueba 2, se puede ver que se analizaron 3 muestras (por prueba) y a cada prueba se le analizó por vitamina con base en la cantidad de vitamina activa declarada en el paquete por peso específico de producto terminado. Por ejemplo, el análisis de vitamina A se encontró que había 604 Unidades Internacionales en 30 gramos de producto terminado, y el "claim" (vitamina activa declarada en el paquete) era de 500 Unidades Internacionales. Esto significa que la cantidad extra presente en el análisis es debido a la sobredosis formulada para estar dentro de los límites establecidos. Igualmente se hizo para la vitamina C, vitamina B1 y la vitamina B6, para las dos pruebas.

Luego se calculó el porcentaje de los resultados analíticos de cada vitamina respecto del porcentaje de vitamina activa especificada.

Finalmente se hizo una gráfica para ver si los datos estaban dentro de los límites especificados de 100-150% de aplicación de vitamina activa presente en el producto. Si se observan las gráficas, se puede notar que todas las muestras, de las dos pruebas, están dentro de los límites de 100-150% de vitamina aplicada.

Este ultimo análisis indica que el control estadístico de proceso en aplicación de vitaminas en cereales si fue efectivo debido a que, al estar las muestras obtenidas en las pruebas bajo control estadístico, se obtuve los resultados analíticos deseados.

Y con los resultados analíticos se verifica que el producto si cumple con las especificaciones, por lo tanto se le da una satisfacción total al consumidor.

VII. CONCLUSIONES

- A. La implementación de un control estadístico de proceso en la aplicación de vitaminas es necesario para un mejoramiento continuo por medio de un seguimiento; así mismo una reducción sistemática de las variaciones del proceso en la cual la aplicación se encuentre dentro de un rango establecido al más bajo costo.

- B. La implementación de un control estadístico de proceso en la aplicación de vitaminas en cereales es necesaria para asegurar que están dentro de los rangos especificados para cumplir con las normas de la cantidad de nutriente, el que debe contener el producto terminado establecido.

VIII. RECOMENDACIONES

- A.** Implementar un control estadístico de proceso para asegurar la estabilidad y la calidad del producto.

- B.** Implementar controles de proceso para asegurar que el producto cumpla con las especificaciones establecidas.

IX. BIBLIOGRAFIA

- 1) Austin, J. 1984. Global malnutrition and cereal fortification. Pp.1-5, 43-45,131-133. Ballinger Publishing. USA.

- 2) Bauernfeind, C. and P. Lechance. 1991. Nutrient additions to food. Food and nutrition Press, Inc. pp. 109-139,159,481-484. U.S.A.

- 3) Bourre, J.M. 1993. Brainfood. Pp.93-116. Little Brown and Company. London.

- 4) Desroisier, N.W. 1989. Conservación de alimentos. Pp. 50,56,78,89,150-151. Editorial Continental México.

- 5) Duncan, A. 1989. Control de Calidad y Estadística Industrial. Pp. 467-502. Editorial Alfaomega. México.

- 6) Emenheiser, D. 1992. Fortification Guide. Pp. 1-165. Kellogg Co. Michigan. USA.

- 7) Fast, R. and E. Caldwell. 1991. Breakfast Cereals and How They Are Made. Pp. 273-318. Published by the American Association of Cereal Chemists Inc. USA.

- 8) Hawley, G. 1981. The Condensed Chemical Dictionary. Pp.91, 258, 873, 933, 1016. Van Nostrand Reinhold Company. New York.

- 9) Hoseney, R.C. 1994. Principles of Cereals. Pp.335-3380. Published by the American Association of Cereal Chemists Inc. USA.

- 10) Hills, G.M. 1995. The impact of Breakfast Especially Ready-to-eat Cereals on Nutrient Intake and Health of children. Nutrition Research... 15:595-609.

- 11) Jablonski, J.R. 1991. Total Quality Management. Pp.99. USA.

- 12) Johnson, L.E. 1995. Food Technology of the Antioxidant Nutrient. Critical Review in Food Science and Nutrition. 35(1&2) 149-159.

- 13) Juran, J.M. and F.M Gyrna.1993. Manual de Control de Calidad. Pp.24.1-24.39. McGraw Hill. España.

- 14) Kent, N.L. 1975. Technology of Cereals. Pp. 213-217. Pergamon Press. Great Britain.

- 15) Machlin, L. and J.Huni. 1994. Vitaminas Basics. Pp. 4-40. Seabord Lithographers. New York.

- 16) Maskay, M. 1994. Vitaminas. Comptons Interactive Encyclopedia. CD Rom.

- 17) Marks, J. 1985. The vitaminas. Pp. 111-123,143-155,165-170,185-196. Published by the MTP Press. England.

- 18) Roche Vitamin and Chemical Department. 1976. Vitamin Compendium. Pp. 50-122. F. Hoffman-La Roche & Co. Switzerland.

- 19) Roche. 1994. Vitamin Basics. Pp.1, 21-37. Hoffmann-La Roche Ltd. Switzerland.

- 20) Toufexis, A. 1992. The New Scoop on Vitamins. Time Magazine. 14:-38-43.

- 21) Walter, P. 1994. Vitamin Requirements and Vitamin Enrichment of Foods. Food Chemistry. 2:113-117.

- 22) Welsh, S., A. Shaw and C. Davis. 1994. Achieving Dietary Recommendations: Whole Grain Foods in The Food Guide Pyramid. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 35 (1&2): 441-451.

APENDICE

PORCENTAJE DE PERDIDAS DE VITAMINAS
(Aplicación con spray)

<u>Vitamina</u>	<u>% Pérdida</u>
A	0-10
C	30-40
B1	30-40
B6	30-40
B12	30-40

POTENCIA O PORCENTAJE DE ACTIVIDAD

<u>Vitamina</u>	<u>Potencia o % de Actividad</u>
A	250,000 IU/gr (250 CWS)
C	88% acido ascórbico 99% ascorbato de sodio
B1	97 % (B1-HCl)
B6	82 % (B6-HCl)
B12	1.0 % (B12,1 %)

PORCENTAJE DE SOBREDOSIS UTILIZADA
(Utilizadas para formulación)

<u>Vitamina</u>	<u>% Pérdida</u>
A	40 %
C	43 %
B1	40 %
B6	40 %
B12	40 %

PESO DE VITAMINAS UTILIZADO PARA SOLUCION Y
APLICACION

<u>Vitamina</u>	<u>Gramos</u>
A	1,333.34
C	5,462.32 ácido ascórbico 5,461.91 ascorbato de sodio
B1	261.12
B6	445.99
B12	185.71

TABLA No. 8
CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO
(Utilizado para muestreo)

<u>No. Muestra</u>	<u>Hora</u>	<u>Flujo de vitaminas (ml/mg)</u>
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		

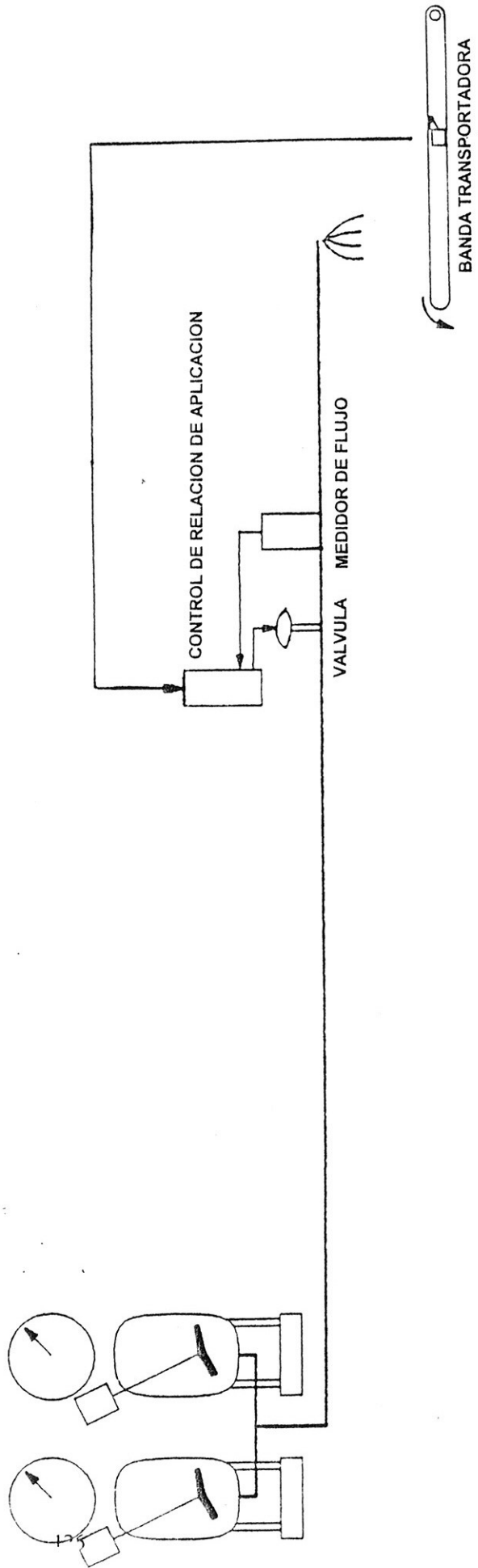
**PORCENTAJE DE LA RECOMENDACIÓN DIARIA DE
NUTRIENTES UTILIZADOS PARA CEREALES**

<u>Vitamina</u>	<u>%</u>	<u>con 1/2 taza de leche descremada</u>
A	25	33
C	25	30
B1	25	30
B6	25	25
B12	25	40

RECOMENDACIÓN DIARIA DE NURTRIENTES

<u>VITAMINA</u>	<u>RDA (100%)</u>
A	5000 IU
D	400 IU
E	30 IU
B1	1.5 mg
B2	1.7 mg
NIACINA	20 mg
B6	2 mg
B12	6 mg
C	60 mg
ACIDO FOLICO	0.4 mg
ACIDO PANTOTENICO	10 mg
BIOTINA	0.3 mg

SISTEMA DE VITAMINAS



TANQUE DE VITAMINAS

