



UNIVERSIDAD DEL VALLE  
DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Desarrollo de un alimento complementario dirigido a mujeres embarazadas a base de mezclas de harinas vegetales enriquecido con ácido docosahexanoico (ADH).**

Trabajo de graduación presentado por  
**ADOLFO ESTUARDO VILLATORO SOLOGAISTOA**  
para optar al grado académico de  
Maestría en Tecnología de Alimentos y Gestión

Guatemala

2012

**Desarrollo de un alimento complementario dirigido a mujeres embarazadas a base de mezclas de harinas vegetales enriquecido con ácido docosahexanoico (ADH).**

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Desarrollo de un alimento complementario dirigido a mujeres embarazadas a base de mezclas de harinas vegetales enriquecido con ácido docosahexanoico (ADH).**

Trabajo de graduación presentado por  
**ADOLFO ESTUARDO VILLATORO SOLOGAISTOA**  
para optar al grado académico de  
Maestría en Tecnología de Alimentos y Gestión

Guatemala

2012

Vo.Bo.

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz

M.Sc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Tribunal examinador:

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz

M.Sc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f) Ricardo Bressani

Dr. Ricardo Bressani

(f) Patricia Palacios de Palomo

M.Sc. Patricia Palacios de Palomo

Fecha de aprobación: Guatemala, 23 de abril de 2012.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Página
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE GRÁFICAS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
RESUMEN	Vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO</b>	<b>2</b>
A. Consumo de AEP y ADH en niños	4
B. Los efectos del AEP y ADH sobre la función biológica, salud y prevención de enfermedades	5
C. Ingesta de grasa en la dieta para mujeres embarazadas y en la lactancia	8
D. Consumo de grasa total en la dieta	8
E. Consumo de ácidos grasos en la dieta	9
F. Recomendaciones	11
G. Consumos mínimos convenientes de grasas y aceites	12
a. Adultos	13
H. Ingestión mínima recomendada para adultos	13
I. Lactantes y niños pequeños	13
J. Recomendaciones con respecto a la alimentación de lactantes y de niños pequeños	14
K. Recomendaciones sobre antioxidantes y carotinoides	14
L. Fuentes dietéticas de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga OMEGA 3.	19
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>20</b>
<b>IV. OBJETIVOS</b>	<b>22</b>
A. General	22
B. Específicos	22

V. METODOLOGÍA	23
VI. DISEÑO EXPERIMENTAL	25
A. Especificaciones de productos	26
1. Premezcla vitamínica	26
2. Carbonato de calcio, Ca 93.28%	27
3. Supro XT 219D IP	27
4. DHA Powder PFF35	27
5. Lonza dHA Dry	28
6. Inulina Orafti GR 90%	28
7. Harina precocida de maíz	29
8. MANE® Masking Flavor MEX-EC0132951	29
9. Reactivos	29
10. Análisis de ácidos grasos	30
11. Análisis sensorial	31
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
VII. CONCLUSIONES	39
VIII. RECOMENDACIONES	40
IX. BIBLIOGRAFÍA	41

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

No.	Contenido	Página
1.	Mapa de estabilidad en alimentos en función de la actividad de agua	35
2.	Actividad de agua en producto terminado con empaque trilaminado metalizado	35
3.	Estimación en comportamiento de actividad de agua, de acuerdo a datos obtenidos	36

## ÍNDICE DE TABLAS

No.	Contenido	Página
1.	Recomendaciones de consumo diario de ADH y AEP en adultos y niños (Koletzko B 2010)	3
2.	Especificación de micronutrientes que la propuesta desarrollada deberá aportar	23
3.	Fórmula FS001K, Proveedor: DSM-MARTEK, Código proveedor: DHA Powder PFF35	25
4.	Código: FS001A, Proveedor Chemsol-LONZA, Código proveedor: DHA dry	25
5.	Código: FS001C, Proveedor: Control, Código proveedor: Control	26
6.	Especificación de premezcla vitamínica	26
7.	Resultados de análisis proximal a cada una de las muestras evaluadas	33
8.	Resultados de ADH por porción de 25g de complemento alimentario	34
9.	Costo por porción para la muestra FS001K	37
10.	Costo por porción para la muestra FS001A	38
11.	Información nutricional para una porción de 25 de complemento alimenticio para madres embarazadas y en estado de gestación	38

## RESUMEN

Debido a varios ensayos científicos aleatorios y recomendaciones en legislaciones sanitarias internacionales que evidencian asociaciones positivas entre el consumo maternal de ácido docosahexanoico (ADH) y los efectos en el desarrollo visual y cognitivo del niño, y la poca disponibilidad de este ácido graso en la población guatemalteca, se desarrolló un alimento complementario a base de harinas vegetales que aporta 20% del mínimo diario recomendando para mujeres embarazadas y en lactancia (200 mg de ADH), 40 mg de ADH. Utilizando una estructura de 3 laminaciones compuesta por BOPP transparente 20  $\mu\text{m}$  / BOPP Metalizado 20  $\mu\text{m}$  / Polietileno 50.8  $\mu\text{m}$ , se determinó que el producto es sensorialmente aceptable después de 6 meses de vida de anaquel a 25°C y 60%HR.

## I. INTRODUCCIÓN

El trabajo que a continuación se presenta surge como una necesidad por trasladar a la población guatemalteca, específicamente a mujeres embarazadas y con acceso limitado a fuentes de ácido docosahexanoico (ADH), un alimento complementario a base de harinas vegetales sensorialmente aceptable, que permita además de una fácil distribución por medios tradicionales, ser un vehículo eficaz para la suplementación de dicho ácido graso, indispensable en el desarrollo neurológico del ser humano en desarrollo.

Se presenta también una revisión bibliográfica sobre los efectos positivos y experiencias previas en otros países, y una recopilación de recomendaciones de consumo por entidades reconocidas mundialmente.

Las fuentes disponibles de ADH analizadas fueron encapsuladas, permitiendo un mejor desempeño sensorial, pero una metodología distinta para la determinación de identidad del ácido graso en el producto terminado; no siendo suficiente el encapsulado, fue necesaria la inclusión de un agente enmascarador para mejorar la aceptabilidad del mismo.

La determinación de la vida de anaquel del producto terminado se realizó por medio de un estudio acelerado, relacionando valores de actividad de agua temperatura y tiempo, en una estructura compuesta por tres capas; permitiendo así un producto estable a condiciones normales de almacenamiento.

## II. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

De acuerdo a un estudio presentado por la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, la Gerencia de Desarrollo y Calidad de Watt's, S. A., y el Departamento de Alimentos y Nutrición del Ministerio de Salud de Chile, se determinó que el consumo de AEP y ADH es mucho menor a las recomendaciones internacionales, para mejorar este aporte se desarrolló una bebida láctea fortificada con 60 mg de ADH y 14 mg de AEP por 200 mL. Las guías de alimentación de la población chilena recomiendan el consumo de, al menos, dos porciones semanales de pescado durante el embarazo y la lactancia, cifra que cumple menos del 5% de la población nacional a pesar de la extensa costa del país. Finalmente está la posibilidad de utilizar un alimento de consumo habitual que sea fortificado con ADH, tal como se ha hecho con otros micronutrientes (hierro, ácido fólico, vitamina A, yodo, etc.). Para lograr el éxito a nivel de salud pública el alimento debe ser de consumo masivo en el grupo objetivo. Chile tiene la ventaja de que el Ministerio de Salud realiza desde hace varias décadas un programa de alimentación materno infantil, que beneficia regularmente al 65% de la población nacional, con especial énfasis en la población más vulnerable. Ello dio la oportunidad de desarrollar un producto fortificado especialmente orientado a las madres embarazadas y en lactancia, que tuvo una adecuada aceptabilidad en un estudio piloto. Los resultados demostraron que se logró triplicar el nivel de consumo de ADH respecto al grupo control, aunque no se lograron los niveles óptimos recomendados, ya que la ingesta real de la bebida láctea fue la mitad de lo esperado. El menor consumo podría ser explicado por algún grado de rechazo al producto, aunque también porque cerca del 40% de las mujeres no consumen leche en forma habitual. Otra posibilidad es aumentar la concentración de DHA en la bebida láctea, aunque debieran hacerse estudios de estabilidad para evaluar la vida útil del producto y nuevos estudios de aceptabilidad y consumo. También es importante reevaluar las características organolépticas del producto, lo que ya se está haciendo (Atalah 2009).

Se tiene evidencia, que suplementar fórmulas infantiles con ADH de 0.32% a 0.64% aparentemente es suficiente para promover la madurez visual durante la infancia (Birch E.E. 2010).

Generalmente, los niveles de ADH están positivamente asociados con el desarrollo neurológico, en este estudio se suplementaron dosis bajas de ADH. Estudios de suplementación de ADH maternal durante el embarazo, y lactancia con dosis de 200 a 3300 mg ADH/día resultaron en mejoras en la agudeza visual a los 4 meses, mayor capacidad de resolución de problemas a los 9 meses, mejor coordinación de ojos y manos entre los 2 y 5 años; y un alto coeficiente intelectual a los 4 años. Se concluyó que la calidad general motriz en el niño es sensitiva a la ingesta de ADH/AA durante el embarazo y la lactancia por la madre. La suplementación de ADH sin AA (ácido araquidónico) causa un incremento en la calidad de los movimientos generales en la infancia temprana, que en infantes de alto riesgo ha estado asociada a condiciones cerebrales no óptimas (van Goor SA 2010).

Varias organizaciones internacionales han proporcionado lineamientos en consumos deseables de ácidos grasos poliinsaturados, ADH y EPA de pescado para adultos y para niños. Para adultos, estas recomendaciones están basadas principalmente en la prevención de enfermedades cardiovasculares, en un rango de 1 a 2 porciones de de pescados grasos por semana, o cerca de 500 mg de AEP y ADH por día. Para mujeres embarazadas y lactantes, la recomendación de un consumo diario promedio de al menos 200 mg de ADH está basada en resultados de un embarazo óptimo, y en posibles beneficios en el desarrollo del feto y del niño. Para niños (0-2 años), en 1994, la FAO/WHO recomendó 20 mg de ADH por kg de peso por día para un crecimiento óptimo y desarrollo. Sin embargo, no existen recomendaciones acordadas para un consumo diario de AEP y/o ADH para niños mayores a 2 años de edad (Koletzko B 2010).

A continuación se presenta la siguiente tabla que presenta algunas recomendaciones para el consumo diario tanto en adultos como en niños.

**Tabla 1**

Recomendaciones de consumo diario de ADH y AEP en adultos y niños (Koletzko B 2010).

Institución	Adultos	Niños
FAO/WHO (1994)	-	20 mg ADH/kg
Agence Francaise de Sécurité Sanitaire des Aliments & CNERNA-CNRS	ADH: 0.05% energía Hombres: 120 mg ADH Mujeres: 100 mg ADH	-

Continuación  
Tabla 1

Institución	Adultos	Niños
Health Council of The Netherlands	200 mg AEP + ADH	20 mg ADH/kg
European Commission Directorate General for Health and Consumer Protection (Unit F/3)	200 mg AEP + ADH	-
WHO (2003)	400-1000 mg AEP + ADH como una o 2 porciones de pescado por semana	-
UK Scientific Advisory Committee on Nutrition	Asume 450 mg AEP + ADH como 2 porciones de pescado por semana	-
International Society for the Study of Fatty Acids and Lipids (2004)	> 500 mg AEP + ADH	-
Conseil Supérieur d'Hygiène, Service Public Fédéral de la Santé Publique, Belgium	> 0.3% energía 670 mg AEP + ADH	AEP: 0.05-0.015% energía ADH: 0.10-0.40% energía
Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2005)	250 mg AEP + ADH	-
Consensus recommendation	≥ 200 mg ADH durante embarazo y lactancia	-
Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada	500 mg AEP + ADH	-
World Association of Perinatal Medicine, Early Nutrition Academy and Child Health Foundation	≥ 200 mg ADH durante embarazo y lactancia	Fórmulas infantiles y alimentos para bebé: ADH: 0.25-0.5% de ácidos grasos; AEP ≤ ADH, AA ≥ ADH

#### A. CONSUMOS DE AEP Y ADH EN NIÑOS

Las fuentes más ricas de ambos ácidos AEP y ADH son pescados grasos, en pequeñas cantidades en peces no grasos y otros mariscos. La distribución en la dieta de AEP y ADH en la

población es generalmente baja respecto a los consumos medios recomendados, explicado por un número sustancial de individuos que no consumen o consumen muy poco pescado. Sin embargo, información sobre el consumo de estos ácidos, particularmente en niños, es limitado. Esto tiene varias razones, incluyendo las limitaciones en la metodología de recolección de datos de consumos dietéticos en niños, y la falta de información sobre la composición de ácidos grasos en las bases de datos de los alimentos. Por ejemplo, la grasa y la composición de ácidos grasos en pescados varía ampliamente, conocer la información específica sobre el tipo de pescado y mariscos es esencial; los huevos pueden ser una importante fuente de ácidos grasos y generalmente se encuentran enmascarados o escondidos en otros alimentos como pasteles y pudines. Por otra parte, los niños frecuentemente consumen alimentos fuera de su casa, sin el conocimiento de los padres (Lara Villoslada 2008).

La información disponible, limitada, sugiere que la ingesta en los niños de AEP y ADH tiende a ser menor que en los adultos. Del mismo modo, la ingesta en los niños también puede ser más bajo por kilogramo de peso corporal que en los bebés que son amamantados o alimentados con fórmulas infantiles que contienen ADH. Es concebible que la ingesta de AEP y ADH podrían contribuir a la promoción de la salud y prevención de enfermedades crónicas, pero los datos fiables y comparables sobre la ingesta de ácidos omega-3 y en los marcadores bioquímicos en diferentes poblaciones de niños son escasos. Los datos disponibles no permiten concluir que el cambio de la ingesta de AEP y/o ADH pueda afectar el desarrollo físico o mental, o el rendimiento concreto de beneficios funcionales (Koletzko B 2010).

## **B. LOS EFECTOS DEL AEP Y ADH SOBRE LA FUNCIÓN BIOLÓGICA, SALUD Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES**

Históricamente, los niveles recomendados de ingesta de nutrientes se han definido para prevenir los signos de deficiencia de los mismos en la población general; en los últimos años, sin embargo, las recomendaciones nutricionales están siendo formuladas progresivamente basadas en evidencia, relacionando específicamente nutrientes a dosis necesarias para la prevención de enfermedades y un rendimiento óptimo y salud en general. Las personas que tienen bajas ingestas de AEP y ADH, por comer alimentos con abundante fuente de  $\alpha$ -linolénico, como los

vegetarianos, presentan una baja en el estado de AEP y ADH, pero no se desarrollan signos de deficiencia. Mayores niveles de ingesta de AEP y ADH se han asociado con una serie de posibles beneficios fisiológicos y de salud en los seres humanos, como la mejora en las funciones neurológicas en la infancia, la prevención primaria y secundaria de las enfermedades cardiovasculares y el síndrome metabólico en adultos, la modulación de la respuesta inmune y mejora de los resultados en el embarazo. La evidencia de los efectos beneficiosos de la ingesta de AEP y ADH en la salud de los niños es limitada (Koletzko B 2010).

La importancia de la consecución de ADH para un desarrollo óptimo del cerebro y la retina es considerada crítica en el período perinatal. Más allá de la infancia, la evidencia que relaciona la ingesta de ADH o los niveles de ADH sanguíneos con beneficios neurológicos está limitada a los niños que siguen dietas restringidas con ingestas muy bajas de AEP y ADH. Estos estudios muestran que incrementar el estado de ADH con suplementos de aceite de pescado es consistente con mejoras en la velocidad de procesar información en el sistema nervioso central, así como mejoras significativas en la coordinación y motricidad fina. Estos descubrimientos indican que un continuo suplemento dietético de ADH y/o AEP preformado puede ser esencial para lograr un óptimo desarrollo neural, incluso en niños con una alta ingesta del precursor ácido  $\alpha$ -linolénico con dietas restringidas debido a fenilcetonuria. Esta conclusión puede ser relevante también para niños saludables (Koletzko B, Cetin I, Brenna JT, for the Perinatal Lipid Intake Working Group. 2007).

La combinación de AEP y ADH con ácidos grasos *n*-6 también ha reportado mejoras en el comportamiento de niños con desórdenes en el desarrollo neural, tales como déficit de atención, e hiperactividad. Una reciente revisión sistemática de estos estudios concluyó que no existe suficiente evidencia para identificar que cualquier efecto del cambio de nutrición, dieta y cambios dietéticos en el aprendizaje, educación o desempeño de niños en edad escolar de países desarrollados; por lo que será necesaria más investigación de alta calidad, representativa de toda la población, por períodos más largos y utilizando estándares de medición universal, para evaluar los roles relativos potenciales de AEP y ADH respectivamente, en niños con desórdenes en el desarrollo neural (Koletzko B, Cetin I, Brenna JT, for the Perinatal Lipid Intake Working Group. 2007).

Altas ingestas de AEP y/o ADH puede ser que beneficien la modulación del sistema inmunológico por disminuir la síntesis del pro-inflamatorio ácido araquidónico derivado de

eicosanoides. Evidencia de los efectos beneficiosos en niños con asma no ha sido establecida, pero algunos estudios sugieren para ciertos subgrupos de niños, que estos síntomas pueden ser aliviados con una suplementación de ADH/AEP (Koletzko B 2010).

Un consumo regular de pescados grasos está ampliamente recomendado para poblaciones adultas, con el fin de prevenir enfermedades cardiovasculares, y gran parte de los efectos beneficiosos es debido al suministro de AEP y ADH que estos alimentos aportan. Efectos potenciales del consumo de AEP y ADH en niños en la disminución del riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares en el futuro no ha sido documentado. Sin embargo, la preferencia por ciertos alimentos y hábitos de consumo que se establecen en la infancia aparentan mostrar cierto grado de trazabilidad en la edad adulta (Koletzko B 2010).

Un mejor entendimiento de los roles funcionales de AEP y ADH en niños es requerido en el orden de determinar las ingestas diarias recomendadas. Actualmente existe falta de evidencia suficiente para relacionar los niveles de ingesta de ADH y/o AEP con la mejora física, mental u otros beneficios funcionales en niños; por lo que, recomendaciones de ingestas diarias cuantitativas para niños no pueden ser establecidas (Koletzko B 2010).

Lineamientos dietéticos basados en alimentos para mejorar la salud y prevenir enfermedades crónicas, tales como enfermedades cardiovasculares usualmente aplican a toda la población, incluyendo niños, al menos que existan argumentos para lineamientos o recomendaciones alternas. No existen razones de por qué los niños deben ser excluidos de estas recomendaciones, de consumir al menos 1 a 2 porciones de pescados grasos por semana, para adultos (Koletzko B 2010).

Se estudió también el efecto de fortificar una bebida de conveniencia con ácidos grasos omega 3 en el índice  $n-3$ . Se sabe que el pescado y las cápsulas de aceite de pescado no son necesariamente la fuente ideal de AEP y ADH para todos los individuos, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de una bebida de conveniencia enriquecida con 500 mg de AEP y ADH en el índice  $n-3$ , un biomarcador del estado de AEP y ADH en individuos; los participantes fueron asignados aleatoriamente a recibir una bebida de conveniencia suplementada con ácidos grasos omega 3 (200 mg AEP y 300 mg ADH) y una bebida placebo, diariamente por 8 semanas; los resultados mostraron que el consumo diario de la bebida propuesta conlleva a un incremento significativo en el índice propuesto, con una alta variabilidad en la respuesta entre individuos. La

dosificación y preparación utilizadas fueron seguras, bien toleradas y altamente aceptables sensorialmente (Köhler A 2010).

### **C. INGESTA DE GRASA EN LA DIETA PARA MUJERES EMBARAZADAS Y EN LACTANCIA**

La ingesta de grasa en el embarazo y en la lactancia afecta los resultados del embarazo y el crecimiento, desarrollo y salud del niño. La Comisión Europea encargó a varias organizaciones científicas reconocidas desarrollar recomendaciones sobre la ingesta de grasa en la dieta en el embarazo y lactancia. Revisiones bibliográficas y consensos con científicos especializados en el área fueron desarrollados, y las conclusiones adoptadas incluyen: La ingesta de grasa en la dieta de mujeres embarazadas y en lactancia (% energía) debe ser la misma recomendada a la población en general; mujeres embarazadas y en período de lactancia deben asegurar el consumo en su dieta de al menos 200 mg de ADH/día; ingestas arriba de 1g/día de ADH o 2-7g/día de ácidos grasos poliinsaturados han sido utilizados en ensayos clínicos aleatorios sin efectos adversos significativos; mujeres en edad fértil deben procurar consumir de una a dos porciones de pescado graso de mar por semana, incluyendo grasa de pescado; el consumo del precursor del ADH, ácido  $\alpha$ -linolénico, es por mucho menos efectivo en lo que respecta a la acumulación en el cerebro del feto de ADH que el mismo ADH pre-formado. El consumo de pescados u otras fuentes de ácidos grasos de cadena larga omega 3 resulta en períodos de gestación levemente más (Koletzko B, Cetin I, Brenna JT, for the Perinatal Lipid Intake Working Group. 2007).

El consumo de grasa en la dieta de mujeres embarazadas afecta el resultado del embarazo, y el consumo de grasa en la dieta durante el embarazo y en la etapa de lactancia modula el crecimiento, desarrollo y salud de sus niños (Koletzko B, Cetin I, Brenna JT, for the Perinatal Lipid Intake Working Group. 2007).

### **D. CONSUMO DE GRASA TOTAL EN LA DIETA**

El embarazo conlleva un modesto aumento incremento en las necesidades calóricas en el orden de 375; 1,200; 1,950 kJ para el primero, segundo y tercer trimestre de embarazo, respectivamente. Mujeres lactantes bien alimentadas tienen un incremento neto en sus

necesidades calóricas el orden de de 1,900 kJ por arriba de los requerimiento energéticos de mujeres no embarazadas y/o en período de lactancia. Estos incrementos de energía pueden normalmente ser cubiertos por incrementos modestos en el consumo de una dieta balanceada. No existe una indicación sobre las recomendaciones de la ingesta total de grasa, expresada como porcentaje del consumo de energía, para mujeres embarazadas y en período de lactancia de las que no presentan esa condición (Koletzko B, Cetin I, Brenna JT, for the Perinatal Lipid Intake Working Group. 2007).

#### **E. CONSUMO DE ÁCIDOS GRASOS EN LA DIETA**

Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega-3 (incluyendo ADH), deben ser depositados en cantidades apreciables en el sistema nervioso central durante el crecimiento cerebral en la etapa perinatal, así también en otras membranas de tejidos ricos. La cantidad acumulada de ADH fetal son de alrededor de 30-45 mg/día en el último trimestre de gestación, mientras que la acumulación de ácido araquidónico ocurre principalmente después del nacimiento. Las rutas de conversión de ADH a partir del ácido graso esencial  $\alpha$ -linolénico existen en el hombre. La conversión fraccional de  $\alpha$ -linolénico a ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega 3 es mayor en mujeres que en hombres, por lo que contribuye a cubrir la demanda del feto y del recién nacido lactante por ADH, pero la evidencia indica que la contribución general de ácido  $\alpha$ -linolénico a ADH es limitada, por lo tanto ingestas adecuadas de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega 3 preformados, y en particular ADH, son importantes para mantener el funcionamiento óptimo del tejido. Entre los beneficios que la ingesta de éstos ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega 3 presentan se pueden mencionar un leve aumento en la duración del tiempo de gestación, de 1-6 días o 2-6 días en dos análisis independientes, acompañado de un leve aumento en el peso del recién nacido de 47 a 54 g, respectivamente; y la reducción del riesgo de nacimientos pre-términos antes de las 34 semanas de gestación en un 31% de todos los embarazos o por un 61% en embarazos de alto riesgo (Koletzko B, Cetin I, Brenna JT, for the Perinatal Lipid Intake Working Group. 2007).

Una mayor ingesta de ADH en la madre incrementa el suministro al feto llevando a concentraciones más altas de ADH en la sangre del cordón umbilical. Un mayor suministro de ADH al feto durante el embarazo y al niño después del nacimiento está asociado con efectos

beneficiosos en el desarrollo de la agudeza visual, funciones cognitivas y de atención, actividad motriz espontánea. Es necesaria mayor cantidad de estudios aleatorios con muestras más grandes de mujeres embarazadas, que actualmente se están realizando, para proveer más información de la extensión de estos beneficios. Basados en la información disponible al momento, es aconsejable que mujeres embarazadas aseguren un consumo promedio de al menos 200 mg de ADH/día. La suplementación en mujeres en estado de lactancia con 200 mg de ADH/día incrementa la concentración de ADH en leche materna alrededor de 0.2% a un nivel deseado considerable, adecuado para el niño. Por lo tanto una ingesta de al menos 200 mg de ADH/día parece ser también adecuado durante la lactancia (Koletzko B, Cetin I, Brenna JT, for the Perinatal Lipid Intake Working Group. 2007).

El consumo promedio de, al menos, 200 mg ADH/día puede ser logrado con el consumo de una o dos porciones de pescado marino por semana, incluyendo los pescados grasos como el arenque y el salmón. Ya que el pescado puede contribuir significativamente a exponer la dieta a contaminantes como mercurio, dioxinas y bifenilos policlorados el consumo seguro de pescado, con particular resguardo a grupos vulnerables de mujeres embarazadas y lactantes y sus niños ha sido estudiado. Los niveles de estos contaminantes bio-acumulativos tienden a ser mayores en peces situados más arriba en la cadena alimentaria. Personas que consumen altos niveles de estas especies han demostrado que los niveles tolerables semanales son excedidos, aún sin tomar en cuenta otras posibles fuentes dietéticas. La mayor susceptibilidad a estos contaminantes críticos metilmercurio y los compuestos similares a las dioxinas ocurre en las etapas tempranas del desarrollo. El metilmercurio es particularmente tóxico para el desarrollo del cerebro y puede también generar efectos adversos en desarrollo y crecimiento del niño. Una mujer puede disminuir las cantidades de metilmercurio en su cuerpo reduciendo el consumo de alimentos contaminados en los meses anteriores y durante el embarazo. Los peces con mayor contenido de metilmercurio son peces predadores como el marlín, el lucio, pez espada, y el tiburón, por lo que las mujeres en edad fértil no debería de dar preferencia al consumo de estas especies. Por el contrario, la elección de alimentos durante el embarazo tiene muy poco efecto sobre la exposición de compuestos similares a las dioxinas y bifenilos policlorados en el feto, ya que para reducir notablemente la cantidad almacenada en el cuerpo tomaría muchos años de evitar alimentos contaminados. Los pescados con los más altos niveles de compuestos similares a las dioxinas y bifenilos policlorados son el arenque, capturado de forma silvestre, y el salmón que generalmente es cultivado. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria concluyó que mujeres

embarazadas que consumen hasta dos porciones semanales de pescado, tienen poca probabilidad de superar la ingesta semanal tolerable de dioxinas y compuestos similares a la dioxina. Ya que varios estudios en Europa y Estados Unidos han demostrado asociaciones positivas del consumo de pescado por mujeres embarazadas en niños con alto rendimiento, mayor coeficiente intelectual, desarrollo social, agudeza visual, etc., los efectos beneficiosos en el consumo regular de pescado que proporciona ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega 3 durante el embarazo parecen ser mayores a las desventajas potenciales de aumento en el consumo de los contaminantes mencionados anteriormente (Koletzko B, Cetin I, Brenna JT, for the Perinatal Lipid Intake Working Group. 2007).

## F. RECOMENDACIONES

- La ingesta de grasa durante el embarazo y la lactancia, como proporción del consumo de energía, debe ser la misma que la recomendada a la población en general.
- El ácido graso poliinsaturado de cadena larga omega 3, ADH, debe ser depositado en cantidades adecuadas en el cerebro y otros tejidos durante la vida fetal y en la época cercana al nacimiento. Varios estudios han demostrado una asociación entre la ingesta por la madre de pescado graso o aceites que proporcionen ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega 3 y el desarrollo visual y cognitivo del niño. Mujeres embarazadas y en lactancia deberían de hacer el esfuerzo por lograr un consumo de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega 3 que proporcione una ingesta de ADH de al menos 200 mg/día. El consumo de hasta 1 g/día de ADH o 2,7 g/día de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega 3 se ha utilizado en varios ensayos aleatorios, sin aparición de efectos adversos significativos.
- Mujeres en edad fértil pueden completar la ingesta recomendada de ADH consumiendo de una a dos raciones de pescado graso por semana, incluyendo aceite de pescado, que es una buena fuente de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega 3. El consumo de pescados grasos de mar rara vez supera la ingesta tolerable de contaminantes ambientales. El pescado en la dieta puede ser seleccionado de una amplia gama de especies, sin una preferencia específica para especies predatoras, que son más propensos a estar contaminados con metilmercurio.

- El consumo de los precursores,  $\alpha$ -linolénico, es mucho menos eficaz en lo que respecta a la deposición de ADH en el cerebro del feto que la ingesta de ADH preformado.
- No existe evidencia que demuestre que las mujeres en edad fértil cuya ingesta adecuada de ácido linoleico necesiten una ingesta adicional en la dieta de ácido araquidónico.
- Algunos estudios han demostrado que el consumo materno de pescado graso, aceites de pescado o ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega 3 resulta en un leve aumento en el tiempo de gestación, un leve aumento en el peso al nacer y un menor riesgo de parto prematuro. La importancia clínica de estos efectos con respecto a la salud infantil no ha sido completamente aclarada.
- La detección de fallas en la dieta se debe realizar durante el embarazo, preferiblemente durante el primer trimestre. Si los hábitos de consumo son menos de los deseables, es recomendable asesoramiento adecuado durante el embarazo y la etapa de lactancia (Koletzko B, Cetin I, Brenna JT, for the Perinatal Lipid Intake Working Group. 2007).

## **G. CONSUMOS MÍNIMOS CONVENIENTES DE GRASAS Y ACEITES**

1. Adultos. Es esencial para la salud ingerir cantidades adecuadas de grasas alimentarias. Además de contribuir a satisfacer las necesidades energéticas, el consumo de grasas alimentarias debe ser suficiente como para satisfacer las necesidades de ácidos grasos esenciales y de vitaminas liposolubles. El consumo mínimo necesario para mantener un buen estado de salud varía tanto a lo largo de la vida de una persona como entre distintos individuos. Un consumo adecuado de grasas es particularmente importante antes y durante el embarazo y la lactancia. Es necesario, muchas veces, aumentar la disponibilidad y consumo de grasas para superar los problemas de desnutrición proteica y energética. Las recomendaciones que se hagan a la población en relación con los rangos deseables de consumo de grasas pueden variar según las condiciones reinantes, especialmente los patrones de la alimentación y el predominio de enfermedades no transmisibles relacionadas con ella (Organización Mundial de la Salud 1997).

## H. INGESTIÓN MÍNIMA RECOMENDADA PARA LOS ADULTOS

*Para la mayoría de los adultos, las grasas ingeridas en la alimentación deberían aportar al menos el 15 por ciento de su consumo energético.*

- Las mujeres en edad fértil deberían obtener al menos el 20 por ciento de su necesidad energética en forma de grasas.
- Se deben realizar esfuerzos concertados para asegurar un adecuado consumo de grasas en las que las grasas aportan menos del 15 por ciento de la energía alimentaria (Organización Mundial de la Salud 1997).

## I. LACTANTES Y NIÑOS PEQUEÑOS.

Tanto la cantidad como la calidad de las grasas ingeridas pueden afectar al crecimiento y desarrollo de los niños. Esta influencia se realiza a través de los niveles energéticos y de la acción de los ácidos grasos específicos y de varios componentes no glicéridos de las grasas. La leche materna aporta entre el 50 y 60 por ciento de la energía en forma de grasas, y durante la etapa del destete (esto es, la transición desde el momento en que todo el alimento procede de la leche materna hasta aquél en que ningún alimento procede de ella), hay que tener cuidado para evitar que el consumo de grasas disminuya demasiado rápidamente, o por debajo de los niveles requeridos. El empleo de grasa, especialmente de aceites vegetales, en las comidas que se dan a los lactantes durante el destete y a los niños pequeños es un modo eficaz de mantener la densidad energética de sus dietas (Organización Mundial de la Salud 1997).

El consumo de las cantidades adecuadas de ácidos esenciales también es importante para un crecimiento y desarrollo normal. El ácido araquidónico y el ácido docosahexanoico (ADH) son particularmente importantes para el desarrollo del cerebro, y la leche materna constituye una buena fuente de estos ácidos grasos. Los lactantes prematuros que ha tenido un aporte intrauterino de ácido araquidónico y de ADH insuficiente, y que nacen con escasas reservas de grasa, presentan problemas especiales (Organización Mundial de la Salud 1997).

## J. RECOMENDACIONES CON RESPECTO A LA ALIMENTACIÓN DE LACTANTES Y DE NIÑOS

### PEQUEÑOS:

- Los lactantes deberían alimentarse con la leche materna siempre que sea posible.
- La composición de los ácidos grasos de los preparados para lactantes debería corresponder a la cantidad y proporción de los ácidos grasos contenidos en la leche materna.
- Durante el destete, y al menos hasta la edad de dos años, la alimentación infantil debería contener del 30 al 40 por ciento de la energía en forma de grasas, y aportar unos niveles de ácidos grasos esenciales similares a los que se encuentran en la leche materna (Organización Mundial de la Salud 1997).

## K. RECOMENDACIONES SOBRE ANTIOXIDANTES Y CAROTENOIDES:

Los niveles de tocoferol en los aceites comestibles deben ser suficientes para estabilizar los ácidos grasos insaturados presentes. Por lo tanto, los alimentos con alto contenido de poliinsaturados deben contener al menos 0,6 mg equivalentes de tocoferol por gramo de ácido graso poliinsaturado. En el caso de grasas ricas en ácidos grasos que contengan más de dos dobles enlaces tal vez se requieran niveles superiores (Organización Mundial de la Salud 1997).

**a. Ácidos grasos esenciales.** Los ácidos grasos de n-6 y n-3 juegan papeles fundamentales en la estructura de la membrana y como precursores de los eicosanoides, que son compuestos potentes y muy reactivos. Diversos eicosanoides presentan efectos altamente divergentes, y frecuentemente opuestos, por ejemplo, sobre las células del músculo liso, la agregación plaquetaria, los parámetros vasculares y sobre el proceso inflamatorio y el sistema inmunitario. Puesto que los ácidos grasos de n-6 y n-3 compiten por las enzimas pero tienen roles biológicos diferentes el equilibrio entre ellos en la alimentación puede ser considerablemente importante (Organización Mundial de la Salud 1997).

Algunos estudios han mostrado que el consumo de alimentos (como pescados ricos en aceite) que contienen ácidos grasos de cadena larga de n-3, ácido eicosapentanoico (AEP) y (ADH),

se asocia con una disminución del riesgo de enfermedades coronarias del corazón (ECC), probablemente debido a mecanismos que no se relacionan con el nivel de lipoproteínas en el suero. Los ácidos grasos esenciales son especialmente importantes para el crecimiento y desarrollo normales del feto y de los lactantes, y en particular, para el desarrollo del cerebro y de la agudeza visual. En mujeres bien nutridas, durante la gestación se depositan cada día aproximadamente 2,2 gramos de ácidos grasos esenciales en los tejidos materno y fetal (Organización Mundial de la Salud 1997).

Las recomendaciones relativas al consumo de ácidos grasos esenciales se presentan a continuación:

- La relación entre ácido linoleico y ácido  $\alpha$ -linolénico debería estar comprendida entre 5:1 y 10:1.
- A personas en que dicha relación sea superior a 10:1 debería estimularse a que consuman alimentos ricos en n-3, como hortalizas de hoja verde, legumbres, pescado y mariscos.
- Se debería prestar especial atención a promover en las madres un consumo suficiente de ácidos grasos esenciales durante la gestación y la lactancia, a fin de recabar las cantidades necesarias para el desarrollo fetal y del lactante (Organización Mundial de la Salud 1997).

Cuando la alimentación tiene un bajo contenido de ácidos grasos n-3, en relación a los n-6, se produce una reducción de 22:6 n-3 (ADH) junto con una acumulación compensatoria de 22:5 n-6 en los tejidos (C. A. Galli 1974). El equilibrio entre los ácidos grasos n-6 y n-3 de la alimentación es importante dada su naturaleza competitiva y sus funciones biológicas esenciales y diferentes. Se ha sugerido que las cantidades relativas del ácido linoleico y  $\alpha$ -linolénico presentes en la alimentación deben estar por debajo de 10:1 (Organización Mundial de la Salud 1997).

El aceite de pescado, que en comparación con el aceite de linaza es rico en ácido eicosapentanoico, aumenta en gran medida la concentración de derivados de cadena larga en la sangre humana. En las membranas, las interacciones entre lípidos y proteínas pueden depender de un ácido graso poliinsaturado específico. Este parece ser el caso de los segmentos externos de los bastoncillos de los mamíferos que son muy ricos en ácido docosahexanoico (Sanders 1983).

**b. Los lípidos en las primeras etapas del desarrollo.** Dentro de estos puede mencionarse la Nutrición materna. Durante el embarazo, es necesario adquirir ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga para el desarrollo de la placenta y el feto. Además, existen pruebas evidentes de que la nutrición y la salud materna durante el período de la concepción tienen una importancia crucial. Los acontecimientos que preceden a la concepción influyen en el proceso fisiológico a largo plazo de acumulación de grasa y en la naturaleza de la grasa almacenada. Esta es la grasa que se tiene a disposición durante el período de la formación y la división celulares en el desarrollo embrionario y de la placenta durante el primer trimestre de gestación. A partir del momento de la concepción también se acumulan cantidades importantes de grasa para mantener el crecimiento fetal durante el tercer trimestre, así como para satisfacer las necesidades iniciales de lactancia (Organización Mundial de la Salud 1997).

Los datos obtenidos en los experimentos realizados en animales sugieren que la nutrición precedente y posterior al nacimiento presenta importantes efectos en la composición lipídica del cerebro y sobre el aprendizaje (C. a. Galli 1983). Las carencias específicas de ácidos grasos n-3 influyen en la integridad neurológica y afectan selectivamente el aprendizaje y a la capacidad visual (Budowski 1987).

Estudios recientes han reproducido estos resultados en niños, indicando que los ácidos grasos n-3 son esenciales y que es necesario incluir ácido docosahexanoico (ADH) en los alimentos para lactantes (Birch E.E. 2010).

**c. Nutrición antes de la concepción.** Los estudios embriológicos y clínicos demuestran que el estado nutricional de la madre durante el tiempo próximo a la concepción tiene más importancia en el peso del recién nacido, la prevención de los defectos del tubo neural y los defectos congénitos no genéticos que su estado nutricional durante la última parte del embarazo. Una nutrición materna o una condición metabólica pobre durante esta primera etapa presentan un riesgo importante de comprometer el desarrollo embrionario, la formación celular y la tasa de reproducción del ADN de modo tal que posteriormente no se puede compensar. Durante el embarazo, la placenta selecciona ácido araquidónico y docosahexanoico (ADH) a expensas del ácido linoleico,  $\alpha$ -linolénico y eicosapentanoico (AEP), resultando proporciones considerablemente elevadas de ácido araquidónico y ADH en la circulación fetal a medio plazo y al final (Atalah 2009).

**d. Gestación.** Durante los nueve meses de gestación surgen nuevas necesidades que afectan el contenido de grasas de la alimentación para proporcionar el depósito de grasas durante el primer trimestre y favorecer el crecimiento de los demás compartimentos durante los siguientes trimestres. Durante el primer trimestre, el desarrollo embrionario requiere una cantidad insignificante de ácidos grasos esenciales adicionales, pero la acumulación materna normal de grasas y el crecimiento uterino, así como la preparación del desarrollo de las glándulas mamarias, representan una demanda considerable. En el segundo y, sobre todo, en el tercer trimestre, la expansión del volumen sanguíneo y el crecimiento placentar y fetal aumentan la demanda. Según datos fidedignos sobre estos compartimentos, una mujer bien nutrida adquiere en total durante un embarazo normal 600 g de ácidos grasos esenciales como media (2,2 g/día). Una mayor utilización de la energía puede modificar esta necesidad. Esto concuerda con la recomendación de aumentar el consumo de energías alimentarias (OMS, 1985a) y permite mantener la relación entre el ácido linoleico y el  $\alpha$ -linolénico en unos valores comprendidos entre 1:5 y 1:10 (Organización Mundial de la Salud 1997).

Esta recomendación supone que existe una adecuada conversión de los ácidos grasos esenciales maternos en sus correspondientes ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga. Sin embargo, estudios recientes sugieren que durante el embarazo se produce una relativa carencia de los ácidos grasos poliinsaturados n-3 de cadena larga (Holman, Johnson y Ogburn, 1992). Las correlaciones existentes entre el ácido araquidónico y el peso del recién nacido, y entre el ADH y la edad de gestación concuerdan tanto con el indicador de la madurez como con el consumo de ADH. Hay datos que indican la relación existente entre el consumo abundante de pescado con embarazos más largos, mayores pesos al nacer, e incidencia reducida de nacimientos prematuros. Un estudio realizado con aceites de pescado indica que los ácidos grasos poliinsaturados n-3 son importantes (Olsen *et al.*, 1992). Si estos datos se confirmaran, podrían indicar la necesidad de suministrar el ADH preformado para ayudar a prevenir los nacimientos prematuros y la hipertensión relacionada con el embarazo (Organización Mundial de la Salud 1997).

**e. Fuentes dietéticas de ADH.** La principal fuente de ADH que existe en la naturaleza son las algas y microalgas marinas, lo que se conoce como fitoplancton. Aunque estas algas son consumidas en algunos países, el fitoplancton no se puede considerar una fuente dietética de

ADH, pero sí aquellos animales que se alimentan de él, principalmente el pescado y los mariscos, que constituyen el principal alimento que aporta ADH a la dieta humana (Williams CM 2006).

El contenido de ADH de un pescado depende de su porcentaje de grasa y del tipo de agua en la que habita. Los pescados grasos que viven en aguas frías son los que presentan un mayor contenido de este ácido graso, mientras que en los pescados de aguas cálidas y en los de piscifactoría el contenido es considerablemente menor. El salmón, las sardinas, la caballa y el atún son buenas fuentes de este ácido graso. En cuanto a los mariscos, en general su contenido es algo más bajo, siendo las almejas y los calamares los que presentan un mayor porcentaje (Williams CM 2006).

Aunque en menor medida que el pescado, los huevos, especialmente la yema, son otra importante fuente de ADH, con un contenido de aproximadamente 35 mg cada huevo. Además, dicho contenido se puede incrementar hasta cinco veces adicionando aceite de pescado al pienso de gallinas, de manera que actualmente se puede encontrar en el mercado huevos con un contenido de ADH superior a los 100 mg. Otras fuentes de menor importancia son las vísceras de animales, especialmente el hígado y el cerebro (Williams CM 2006).

El ADH puede también sintetizarse a partir de ácido  $\alpha$ -linolénico, más ampliamente distribuido en la naturaleza, especialmente en los aceites vegetales, sobre todo soya, colza y linaza, y en los frutos secos, principalmente en las nueces. Sin embargo, el porcentaje de AAL en ADH es bajo, y por esta razón las autoridades sanitarias recomiendan la ingesta de ADH a partir de la dieta en forma de pescado (Williams CM 2006).

Para los lactantes, la principal fuente de ADH es la leche materna, cuyo contenido de ADH es de aproximadamente un 0.3 por ciento del total de grasa, lo que supone 10 mg/100mL. El ADH de la leche materna proviene de la dieta de la madre, por lo que se aconseja aumentar el consumo de pescado y de aceites vegetales durante el embarazo y la lactancia. En aquellos casos en los que la lactancia materna no es posible o suficiente, existen en el mercado fórmulas de inicio y de continuación enriquecidas, con un contenido en este ácido graso similar al que existe en la leche materna (Williams CM 2006).

Otras fuentes dietéticas de ADH son aquellos alimentos que, aunque en principio no contienen ADH han sido enriquecidos en este ácido graso, con objeto de servir como alternativa para asegurar una ingesta adecuada. Así por ejemplo, podemos encontrar en el mercado

productos adaptados a las necesidades de los niños en edad preescolar y escolar, en los que se ha sustituido parcialmente la grasa original por un aceite rico en ADH (Williams CM 2006).

No existe consenso sobre los niveles de consumo óptimo de ADH en las distintas etapas de la vida, pero la mayor parte de los grupos técnicos lo sitúan entre 200 Y 500 mg/día en la población adulta (Birch E.E. 2010).

## **L. FUENTES DIETÉTICAS VEGETALES DE ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS DE CADENA LARGA**

### **OMEGA 3.**

El precursor de ADH, ácido  $\alpha$ -linolénico, se encuentra ampliamente distribuido en varios aceites y alimentos consumidos regularmente, como aceite de soya, nueces, vegetales de hojas verdes, etc., sin embargo la conversión a ADH está limitada en los individuos, por ejemplo en hombres la conversión a AEP es limitada (aproximadamente 8%), y la conversión a ADH muestra valores muchos menores (alrededor de <0.1%); en mujeres la tasa de conversión de ADH parece ser mayor (9%), que en parte puede ser resultado de una menor tasa de utilización del ácido  $\alpha$ -linolénico en proceso de bi-oxidación. Sin embargo, también se han sugerido ciertas acciones del estrógeno sobre la D6-desaturasa, de vital importancia durante el embarazo. El efecto del estrógeno sobre la concentración de ADH en mujeres embarazadas y en lactancia aún necesita más evidencia científica. La necesidad de contar con reservas disponibles de ADH en la madre y en los tejidos del feto, especialmente en individuos vegetarianos, parece ser aún más importante por la ausencia en la dieta de ADH (Williams CM 2006).

### III. JUSTIFICACIÓN

La tasa global de fecundidad para Guatemala, de acuerdo a la V Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil 2008-2009 se encuentra en 3,6 hijos por mujer. Las diferencias entre el área urbana y la rural son evidentes, tanto en el nivel como en la estructura, ésta última sobrepasa en 45 por ciento la fecundidad encontrada en el área urbana. Si se mantienen las tasas de fecundidad por edad actuales, las mujeres del área rural tendrían al final de su vida reproductiva 4,2 hijos/as, mientras que en el área urbana tendrían 2,9 hijos/as.

Se cuentan con estudios científicos que demuestran que el consumo de ácido docosahexanoico (ADH) mejora el desarrollo cerebral y visual del niño, creando un potencial de desarrollo humano a mediano y largo plazo en la población guatemalteca; la fuente principal de este ácido graso es pescado graso, producto alimenticio de alto costo y poca accesibilidad en la población guatemalteca; que de acuerdo a la encuesta sobre condiciones de vida realizada en el año 2,000, el 56% de la población se encuentra por debajo de la línea de pobreza general y alrededor del 16% por debajo de la línea de pobreza extrema.

La canasta básica vital para el 2011 entre los alimentos que la constituyen, no se incluye pescado como aporte proteínico o aceite de pescado como fuente de grasa, además de que la oferta, como se mencionó anteriormente, es limitada en Guatemala para pescados grasos, ricos en ADH. Según los estudios de consumo aparente o hojas de balance que realiza FAO en cada país, para Guatemala, en el año 2007 el consumo per cápita de pescados de agua salada (no necesariamente de alto contenido graso) fue de 0.05 kg; para el 2006, 0.06 kg; para el 2005, 0.02 kg y para el 2004, 0.02 kg (© FAO Statistics Division 2011 | 13 July 2011), mostrando un leve aumento, pero no suficiente para alcanzar los mínimos recomendados en la población en general.

Por los beneficios demostrados en el desarrollo visual y cognitivo en niños de mujeres, que en estado de gestación o lactancia consumieron al menos el mínimo recomendado internacionalmente de ADH; y los efectos positivos que esta suplementación pueda llegar a representar en la población guatemalteca en un mediano y largo plazo, surge la necesidad de presentar una propuesta de un producto alimenticio que además de que aporte los nutrientes y

micronutrientes necesarios para este subgrupo poblacional, aporte a alcanzar el 100% de la ingesta diaria de ADH, a un costo accesible, apetecible sensorialmente, y estable en anaquel.

Por lo anterior se justifica el desarrollo de un complemento alimenticio, de bajo costo, que no solo aportará proteínas de alta calidad, azúcares, y una premezcla vitamínica, sino será el vehículo para aportar al 100% de ADH requerido pueda llegar a la población en general, de manera específica a mujeres embarazadas y en lactancia situadas por debajo de la línea general de pobreza, en donde el aporte se vuelve aún más significativo; abriendo posibilidades para el desarrollo de este producto en versiones listas para tomar, variaciones en la composición para llegar a otros segmentos, etc.

## **IV. OBJETIVOS**

### **A. OBJETIVO GENERAL**

- Desarrollar un alimento complementario, de costo accesible, sensorialmente aceptable, que aporte proteínas de alta calidad, azúcares y una premezcla vitamínica adecuada, que funcione como vehículo eficaz para el ácido docosahexanoico (ADH).

### **B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la eficacia del alimento complementario como vehículo para ADH.
- Evaluar sensorialmente la aceptabilidad de la propuesta de formulación para el complemento alimentario.
- Determinar el material de empaque que permita conservar el producto en polvo por al menos 6 meses de vida a partir de su fabricación.
- Elaborar la tabla de información nutricional, en donde se describa claramente el aporte nutricional del complemento alimentario, de acuerdo a requerimientos nutritivos específicos para mujeres en estado de gestación y niños hasta los 3 años de edad.

## V. METODOLOGÍA

El objetivo de este proyecto es presentar una propuesta de formulación en polvo para preparar un alimento complementario que cumpla con los siguientes requerimientos nutricionales requeridos para mujeres embarazadas; además de servir como un vehículo confiable de ADH.

Tabla 2

### Especificación de micronutrientes que la propuesta desarrollada deberá aportar

Nutriente	UM	IDR*	Porción (25g)**	UI Vit. A	Cantidad por porción	% SOBREDOSIS (T cocción)	Forma Comercial	Aporte de la forma comercial	Cantidad a agregar por porción
Vitamina A	µg <sup>a</sup>	770	15%	2,566.67	385.00 UI	20%	Vitamina A Acetato 325 CWS/A 325000 UI	325,000 UI/g	1.42154 mg
Vitamina B <sub>1</sub>	mg	1.4	30%		0.42 mg	10%	Mononitrato de Tiamina	81.00%	0.57037 mg
Vitamina B <sub>2</sub>	mg	1.4	25%		0.35 mg	10%	Riboflavina Universal	100.00%	0.38500 mg
Niacina	mg <sup>e</sup>	18	25%		4.50 mg	10%	Nicotinamida	100.00%	4.95000 mg
Vitamina B <sub>6</sub>	mg	1.9	30%		0.57 mg	10%	Clorhidrato de Piridoxina	82.27%	0.76212 mg
Folato	µg <sup>f</sup>	600	25%		150.00 µg	15%	Ácido Fólico	90.00%	0.19167 mg
Vitamina B <sub>12</sub>	µg	2.6	45%		1.17 µg	15%	Vitamina B12 0.1% en Manitol	0.10%	1.34550 mg
Hierro	mg	27	45%		12.15 mg	0%	Hierro Trisglicinato Quelado TF	24.00%	50.62500 mg
Zinc	mg	11	25%		2.75 mg	0%	Zinc Glicinato Quelado	12.00%	22.91667 mg
							Maltodextrina 10%		21.83213 mg
							DOSIS PREMEZCLA VIT/Porción		0.10500 g
Calcio	mg	1000	8%		80.00 mg	0%	Carbonato de calcio, Ca 93.28%	93.28%	0.08576 g
Proteína	g	71	10%		6.09 g	0%	Supro XT 219D IP	84.50%	7.20710 g
Grasa	g	ND	-		-	-		-	-
ADH <sup>g</sup>	mg	200	20%		40.00 mg	0%	ADH microencapsulado	10.00%	0.40000 g
Fibra	g	29	15%		4.35 g	0%	Inulina Orafiti GR 90%	90.00%	4.83333 g
Carbohidratos	g	175	-			0.0	Harina precocida de maíz	92.00%	12.36880 g
TOTAL									25.00000 g

\* Ingesta diaria recomendada (IDR) tomado de: Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies; para mujeres embarazadas entre 19 -50 años.

\*\* Porción en polvo de 25g para preparar 330 mL de atol.

<sup>a</sup> Como equivalente de actividad de retinol (RAEs). 1 RAE = 1 µg retinol, 12 µg β-caroteno o 24 µg α-caroteno.

<sup>e</sup> Como equivalentes de niacina. 1 mg de niacina = 60 mg de triptófano

<sup>f</sup> Como equivalente de folato dietético (DFE). 1 DFE = 0.6 µg de ácido fólico de alimento fortificado o como suplemento consumido con la comida = 0.5 µg de suplemento tomado con el estómago vacío.

<sup>g</sup> De acuerdo a recomendación del autor.

- Se utilizaron 2 proveedores distintos de ADH, de acuerdo a las especificaciones de sus productos comerciales y las fuentes declaradas, se prepararán muestras que incluyan el 20% de la recomendación de ingesta diaria de ADH y se determinará sensorialmente, por medio de una escala hedónica de 5 puntos, la aceptabilidad del producto terminado.
  - a. Del producto que resulte con mayor aceptabilidad, se procederá a determinar:  
Concentración final de ADH en producto terminado, por medio de cromatografía de gases, utilizando una columna SPB 18 de 100 m de largo.
  - b. Calorías totales, cálculo según recomendaciones del Institute of Medicine( IOM).
    - i. Humedad por horno al vacío, AOAC 934.06, 925.45, 920.151
    - ii. Proteína total por combustión, AOAC 990.03
    - iii. Ácidos grasos trans totales, AOAC 996.06 mod.
    - iv. Grasa total - AOAC 996.06 mod.
  - c. Se evaluarán dos opciones de material de empaque, para lograr 6 meses de vida de anaquel en el producto terminado, por medio del método acelerado.
    - i. Evaluación de aceptabilidad sensorial, en base a escala hedónica de 5 puntos, al inicio y al final de estudio.

## VI. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizaron las siguientes formulaciones:

Tabla 3  
Fórmula FS001K  
Proveedor: DSM – MARTEK  
Código proveedor: DHA Powder PFF35

Ingrediente	
Premezcla vitamínica	0.42%
Carbonato de calcio, Ca 93.28%	0.34%
Supro XT 219D IP	28.83%
DHA Powder PFF35	1.60%
Inulina Orafti GR 90%	19.33%
Harina precocida de maíz	48.98%
MANE® Masking Flavor MEX-EC 0132951	0.50%
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 4  
Código: FS001A  
Proveedor: Chemsol – LONZA  
Código proveedor: DHA dry

Ingrediente	
Premezcla vitamínica	0.42%
Carbonato de calcio, Ca 93.28%	0.34%
Supro XT 219D IP	28.83%
Lonza DHA Dry	1.60%
Inulina Orafti GR 90%	19.33%
Harina precocida de maíz	48.98%
MANE® Masking Flavor MEX-EC 0132951	0.50%
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 5  
**Código: FS001C**  
**Proveedor: Control**  
**Código Proveedor: Control**

Ingrediente	
Premezcla vitamínica	0.42%
Carbonato de calcio, Ca 93.28%	0.34%
Supro XT 219D IP	28.83%
Maltodextrina	<b>1.60%</b>
Inulina Orafti GR 90%	19.33%
Harina precocida de maíz	48.98%
MANE® Masking Flavor MEX-EC 0132951	0.50%
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>

## A. Especificaciones de productos

### 1. Premezcla vitamínica

Tabla 6  
**Especificación de premezcla vitamínica**

Nutriente	UM	IDR*	Porción (25g)**	Cantidad por porción	% SOBREDOSIS (T cocción)	Forma Comercial	Aporte
Vitamina A	UI	2566.7	15%	385.00 UI	20%	Vitamina A Acetato 325 CWS/A 325000 UI	325000 UI/g
Vitamina B <sub>1</sub>	mg	1.4	30%	0.42 mg	10%	Mononitrato de Tiamina	81.00%
Vitamina B <sub>2</sub>	mg	1.4	25%	0.35 mg	10%	Riboflavina Universal	100.00%
Niacina	mg <sup>e</sup>	18	25%	4.50 mg	10%	Nicotinamida	100.00%
Vitamina B <sub>6</sub>	mg	1.9	30%	0.57 mg	10%	Clorhidrato de Piridoxina	82.27%
Folato	µg <sup>f</sup>	600	25%	150.00 µg	15%	Ácido Fólico	90.00%
Vitamina B <sub>12</sub>	µg	2.6	45%	1.17 µg	15%	Vitamina B12 0.1% en Manitol	0.10%
Hierro	mg	27	45%	12.15 mg	0%	Hierro Trisglicinato Quelado TF	24.00%
Zinc	mg	11	25%	2.75 mg	0%	Zinc Glicinato Quelado	12.00%

- Ingesta diaria recomendada (IDR) tomado de: Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies; para mujeres embarazadas entre 19 -50 años.
- \*\* Porción en polvo de 25g para preparar 330 mL de atol.
- <sup>e</sup> Como equivalentes de niacina. 1 mg de niacina = 60 mg de triptófano
- <sup>f</sup> Como equivalente de folato dietético (DFE). 1 DFE = 0.6 µg de ácido fólico de alimento fortificado o como suplemento consumido con la comida = 0.5 µg de suplemento tomado con el estómago vacío.

Costo: Q. 300.03/kg

## 2. Carbonato de Calcio, Ca 93.28%

- Descripción: Polvo fino, de color blanco. Libre de materia y olor extraño.
- Contenido: **Calcio como CaCO<sub>3</sub>, 93.28%**; Magnesio como MgCO<sub>3</sub>, 1.55%; Hierro como FeSO<sub>3</sub>, 0.28%.
- Especificación del proveedor: Carbonato de calcio.
- Humedad: < 1.0%
- Granulometría: 99.5% para por malla US 200.
- Condiciones de almacenamiento: En lugar fresco y seco, HR 70%, T: 18 – 20 °C.
- Estabilidad: 12 meses.
- Presentación: Sacos de polipropileno de 45.40kg.
- Proveedor: Materias Primas Industriales de Guatemala, S. A.
- Costo: Q. 1.69/kg.

## 3. Supro XT 219D IP

- Descripción: Polvo fino color blanco opaco.
- Contenido: **Proteína de soya 90% en base seca**; menos del 2% lecitina de soya.
- Especificación del proveedor: SUPRO XT 219D IP
- Humedad: máx. 6.0%
- Proteína: mín. 84.5%
- Proteína base seca: mín. 90.0%
- Grasa: máx. 1.0%
- Cenizas: máx. 6.0%
- Condiciones de almacenamiento: En lugar fresco y seco, HR 70%, T: 18 – 20 °C.
- Estabilidad: 12 meses.
- Presentación: Bolsa 20kg.
- Proveedor: Universal Química – Solae®
- Costo: Q. 54.18/kg

## 4. DHA Powder PFF35

- Descripción: Polvo de coloración blanca a naranja pálido, que contiene ADH de alga para uso en la industria de alimentos.
- Aroma: Característico.
- Características químicas: Ácido docosahexanoico, mg/g polvo, 100 – 130mg/g;
- ácido docosahexanoico, por peso, 10.0 – 13.0%
- Densidad aparente: 40 – 70g/100mL
- Humedad: máx. 5%

Ingredientes: Sólidos de jarabe de glucosa, aceite de alga ADH, almidón modificado, manitol, ascorbato de sodio, y 2% o menos de: polifosfato de sodio, glicerol mono- y diasterato, fosfato tricálcico, aceite de girasol alto oleico, lecitina de girasol, sabor natural, y mezcla de tocoferoles y ascorbil palmitato (como antioxidantes).

Almacenamiento y estabilidad: Martek DHA™ Powder PFF35 cumple todas las especificaciones de producto cuando es almacenado sellado en el recipiente no abierto hasta 6 meses a temperatura ambiente (~25°C). Para extender la vida de anaquel y un mejor desempeño sensorial es recomendado almacenamiento en refrigeración.

Recomendaciones de manejo: Para un mejor desempeño sensorial, almacenar el producto en refrigeración y separado de productos de olores fuertes y la luz solar. Cuando sea posible utilice la totalidad del contenedor. Remanente de producto deberá de ser tratado con nitrógeno y almacenado en refrigeración.

**Costo:** Q. 1300.00/kg

#### 5. Lonza DHA Dry

- Descripción: ADH microencapsulado, proveniente de aceite de alga Ulkenia sp., conteniendo al menos 40% ADH del total de ácidos grasos. Contiene 90-110 mg/g ADH, por peso 9 – 11%.
- Aroma: Característico.
- Características químicas: **Contiene 90-110 mg/g ADH, por peso 9 – 11%.**
- Ingredientes: ADH encapsulado en una matriz de caseinato y sacarosa, recubierto con almidón de maíz. Otros ingredientes: Ascorbil palmitato, ascorbato de sodio, lecitina de soya, tocoferoles como antioxidantes y fosfato tricálcico como agente anti apelmazante.
- Apariencia: Polvo ligeramente amarillo a beige, consistente en partículas esféricas.
- Estabilidad: mín. 2 años (8-15°C).
- Densidad aparente: aprox. 600 kg/m<sup>3</sup>.
- Presentación: cajas de 25kg.
- Costo: Q. 1244.41/kg

#### 6. Inulina Orafiti GR 90%

- Descripción: Ingrediente alimenticio compuesto mayoritariamente de inulina de achicoria. Polvo fino granulado, sabor ligeramente dulce, sin sabor residual. Higroscópico.

- Ingredientes: **Inulina, > 90%**; glucosa y fructosa, < 4%; sacarosa, < 8%.
- Especificación del proveedor: Orafti GR.
- Humedad: máx. 4.5%
- Fibra dietética: 89%
- Condiciones de almacenamiento: En lugar fresco y seco, HR 70%, T: 18 – 20 °C.
- Estabilidad: 36 meses.
- Presentación: Bolsa 25kg.
- Proveedor: Chemsol de Guatemala – Orafti™
- Costo: Q. 57.50/kg

### 7. Harina precocida de maíz

- Descripción: Polvo amarillo, higroscópico.
- Ingredientes: Harina de maíz precocida.
- Humedad: 11.5 – 13. 5%
- Proteína: mín. 5%
- Grasa: máx. 1%
- Condiciones de almacenamiento: En lugar fresco y seco, HR 70%, T: 18 – 20 °C.
- Estabilidad: 6 meses
- Presentación: Sacos de papel kraft con bolsa de polietileno interna de 45.4kg.
- Proveedor: Alimentos, S. A.
- Costo: Q. 4.12/kg

### 8. MANE® Masking Flavor MEX-EC 0132951

- Descripción sensorial: Café, crema
- Apariencia: Polvo
- Aplicación: Bebida láctea
- No contiene materiales alérgenos y sensitivos.
- Costo: Q. 140/kg

Para la determinación de los ácidos grasos se utilizó la siguiente metodología:

### 9. Reactivos. Soluciones a preparar por toda la clase:

- Solución Babcock 17.5 g hexametáfosfato de sodio en 150 ml de H<sub>2</sub>O. Agregar 8 ml de triton x 100 y 1 ml metanol. Aforar a 250 ml.
- 50 ml. De NaOH 0.5N disuelto en metanol.
- 50 ml. Trifluoruro de boro al 20% en metanol.
- 150 ml. Solución saturada de cloruro de sodio en agua.

## 10. Análisis de ácidos grasos

### a. Preparación de las muestras:

- Trabajar el aceite directamente.
- Colocar 20 gotas de la grasa o aceite en un balón de 25 ml.
- Agregar 5 ml de NaOH 0.5N aforado con metanol.
- Colocar en una estufa y calentar a 70°C por 10 minutos hasta que se saponifique totalmente.
- Agregar 3 ml de BF<sub>3</sub> en metanol al 20%.
- Agregar 5 ml de heptano.
- Agregar solución saturada de NaCl hasta el aforo.
- Trasvasar la capa superior (heptano + ácidos grasos) a un vial de 4 ml que contenga 0.5 g de sulfato de sodio anhidro.

b. Determinación por cromatografía. En esta práctica se trabajará con temperatura programada. Se utilizará una columna semicapilar. Prepárese para la práctica revisando las principales secciones del **Manual del Sistema Cromatográfico HP 5890 II** Cromatógrafo de Gases de Alta Resolución con Software HP Chem Station.

- Ajustar el equipo a las siguientes condiciones:
- Columna SPB-5 (30m x 0.53mm di X 1 microm)
- Nitrógeno (43 psi) con split 94:1, acarreador 2.4 ml/min, 2 psi in col
- Inyector 245°C, Detector FID, Ionización de Llama 260 °C (H<sub>2</sub> 13 psi, Aire 36 psi)
- Horno 100°C, 10°C/min hasta 250°C, 10 min.
- Sistema cromatográfico HP 5890II/ ChemStation.
- Inyectar 0.4 µl de las muestras a analizar.

c. Análisis sensorial. La boleta utilizada para la recopilación de información fue la

siguiente:

Nombre:

---

Fecha:

---

	581	470	759
Me disgusta mucho	1	1	1
Me disgusta	2	2	2
No me gusta ni me disgusta	3	3	3
Me gusta poco	4	4	4
Me gusta mucho	5	5	5

FS001C	581
FS01K	470
FS01A	759

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fueron preparadas las mezclas de ingredientes de acuerdo a lo planificado en el diseño experimental; se utilizó el procedimiento de preparación abajo descrito, ya que en consumidores guatemaltecos la forma de preparación de harinas es preferentemente tipo atol caliente, pero no limitado a esta forma:

- En un olla, colocar 1 litro de agua pura
- Se agregó 100g de muestra
- Se agregaron 50g de azúcar
- Agitar hasta garantizar un mezclado homogéneo
- Llegar a ebullición y mantener por 8 minutos

La evaluación sensorial inicial del complemento alimentario se llevó a cabo luego de preparar el atol (siguiendo la receta anteriormente descrita); con un resultado sensorialmente pobre, valor promedio ( $p < 0.05$ ) de 1 sobre una escala de 5 puntos con un panel de 10 consumidores habituales de atol, presentó notas desagradables a pescado; por lo que se plantea la necesidad de evaluar varias opciones comerciales de aromas y sabores enmascaradores, y entre 10 opciones distintas, entre notas de café, vainilla, lácteas, etc. evaluadas se optó por la inclusión de notas sabor caramelo en la formulación inicial, estas muestras fueron proporcionadas por la casa saborista Mane®, incluyéndose en la formulación del complemento, y presentar así una opción agradable al consumidor desde el inicio de las pruebas sensoriales. Estas notas sabor caramelo también fueron incluidas en la muestra control.

Se hizo uso de un panel entrenado de 9 panelistas para determinar por medio de una prueba triangular diferencia significativa entre las opciones con ADH y una muestra control. De esta primera evaluación de la muestra FS001A con la muestra control FS001C, 8 personas no detectaron diferencia, y utilizando una tabla binomial de un extremo ( $p < 0.05$ ) no se detectó diferencia entre la opción con ADH y la muestra que no contenía ADH. El mismo método fue utilizado con la opción FS001K y la muestra control FS001C, en esta ocasión fueron 5 panelistas los que no detectaron diferencia, concluyendo ( $p < 0.05$ ) que no existe tampoco diferencia significativa entre esta segunda opción y la muestra control.

Después de 3 meses de almacenamiento de la muestras a temperatura ambiente (T 25°C), fueron evaluadas nuevamente las muestras FS001A y FS001K respecto a una muestra control (FS001C); en esta ocasión con 40 consumidores habituales de atoles, haciendo uso de una prueba de preferencia y analizada en función de las medias obtenidas para los valores de aceptabilidad general, fue por medio de una escala hedónica de 5 puntos.

De las cuarenta pruebas completadas fueron descartadas 9 por llenarse de manera errónea, el valor medio obtenido para la muestra control (FS001C) fue de 3.226; para la muestra 1 (FS001K) fue de 3.903 y para la muestra 2 (FS001A) fue de 3.193; analizando estos valores por medio del valor t al 95% de confianza se determinó que existe diferencia significativa entre el valor promedio de aceptabilidad de la muestra FS001K y la muestra control (FS001C), mientras que entre el valor medio de la muestra 2 (FS001A) y el valor medio de la muestra control (FS001C) no se determinó diferencia significativa. Esto nos indica que la aceptabilidad de las 3 muestras puede clasificarse dentro de una aceptabilidad promedio para el consumidor habitual (no me gusta ni me disgusta), sin embargo para la muestra 1 (FS001K) la diferencia encontrada respecto a la muestra control presenta valores mayores, lo que puede indicar una leve preferencia hacia esta opción de ADH. Es importante hacer notar que el sabor enmascarador agregado también sufre degradación con el paso del tiempo, y que producto de estas reacciones se generan compuestos químicos que alteran sensorialmente al producto terminado. Es recomendable evaluar posterior a este estudio opciones comerciales diferentes que puedan resultar en un mejor desempeño en el aspecto sensorial del complemento alimentario, y evitar así el uso de sabores o aromas que al degradarse también afectan sensorialmente el desempeño del producto terminado.

Se realizó análisis proximal en triplicado, al inicio del experimento, de cada una de las muestras codificadas (FS001K, FS001A y FS001C), con lo siguientes resultados:

**Tabla 7**  
Resultados de análisis proximal a cada una de las muestras evaluadas.

	% Humedad	% Grasa	% Proteína	% Cenizas	% CHO's	kCal
<b>FS001K</b>	5.879 ± 0.567	2.534 ± 0.014	28.248 ± 0.911	3.040 ± 0.002	60.298 ± 0.576	376.992 ± 0.581
<b>FS001A</b>	5.923 ± 0.517	2.610 ± 0.077	29.374 ± 0.020	3.064 ± 0.002	59.029 ± 0.137	377.102 ± 0.012
<b>FS001C</b>	5.897 ± 0.506	2.557 ± 0.027	27.930 ± 0.547	3.908 ± 0.002	59.708 ± 0.278	373.569 ± 0.189

El contenido mayor de % grasa en las muestras FS001K y FS001A se debe a la adición de la forma comercial de ADH, al ser este un ácido graso forma parte también de la grasa extraída de las muestras evaluadas. Para determinar la eficacia del complemento alimentario como un vehículo de ADH (20% del requerimiento diario establecido) se corrieron 2 pruebas: una metodología cualitativa descrita en el diseño experimental y con un laboratorio de referencia (EUROFINS); respecto a la metodología planteado originalmente, fue necesario modificar el método de extracción de grasa de las muestras del complemento ya que comercialmente el ADH se encuentra encapsulado (esto con el fin de evitar la generación de olores desagradables y hacerlo resistente al proceso digestivo llevado a cabo en el estómago humano), para romperlo la muestra fue sometida a hidrólisis ácida con ácido clorhídrico (HCl) al 12 N por un lapso de 2 horas, luego se continuó con el proceso de extracción y la metodología descrita anteriormente.

Tabla 8  
Resultados de ADH por porción de 25g de complemento alimentario

	ESPERADO	EUROFINS*	CUALITATIVO
	mg ADH	mg ADH	mg ADH
FS001K	40	47.50 ± 0.01	31.00 ± 0.01
FS001A	40	42.50 ± 0.01	25.69 ± 0.01
FS001C	0	0.00 ± 0.01	0.00 ± 0.01

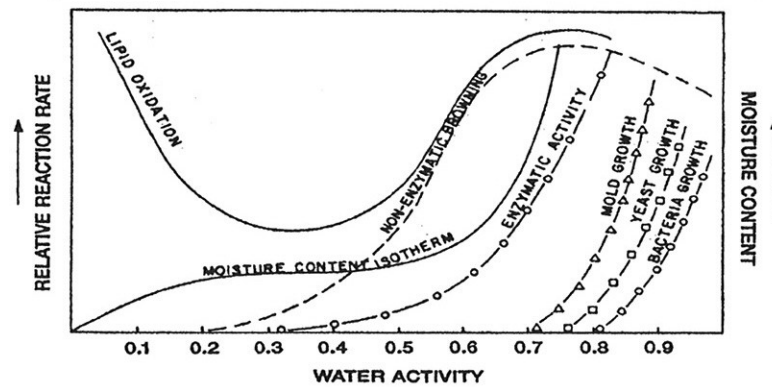
\*Método de referencia: DHA (C22:6), %W/W – AOCS Ce 2-66

Se puede observar en ambos resultados de Eurofins mayor presencia de ADH proveniente de la opción comercial identificada como FS001K; pero cuantitativamente ambas muestras están por arriba de la cantidad esperada por porción de 25g de complemento alimentario (40 mg, equivalente al 20% del valor diario recomendado).

Con el objetivo de determinar la viabilidad de un material de empaque que permita conservar el producto en polvo por al menos seis meses de vida, se optó por una estructura con 3 laminaciones compuesta por BOPP Trans 20  $\mu$  / BOPP Metalizado 20  $\mu$  / Polietileno 50.8  $\mu$ , que proporciona una barrera al agua de: WVTR @ 38°C y 90% HR,  $\text{g}/\text{m}^2/24 \text{ h}$ , < 0.30 (ASTM F1249); y al oxígeno de: OTR @ 22°C y 0% HR,  $\text{cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}$ , < 46 (ASTM D3985). El producto fue empacado en ella, y luego almacenado por 3 semanas a 50°C, y se determinó actividad de agua ( $A_w$ ), para luego analizarla en función del mapa de estabilidad de alimentos como función de la actividad de agua, en Labuza, 1,970. Es necesario hacer notar que en este producto el principal factor de degradación es la actividad de agua (el material de empaque es metalizado, por lo que impide el

paso de luz), y si observamos la Gráfica 1, el punto de menor oxidación de lípidos por actividad de agua ocurre entre valores de 0.3 y 0.4 de actividad de agua, volviéndose a observar un cambio brusco de pendiente en valores arriba de 0.5; fue esta la razón por la cual se estableció que al alcanzar el valor de 0.5 de actividad de agua como máximo permitido finalizaría la vida de anaquel del complemento alimentario; además de prevenir riesgos de contaminación microbiológica.

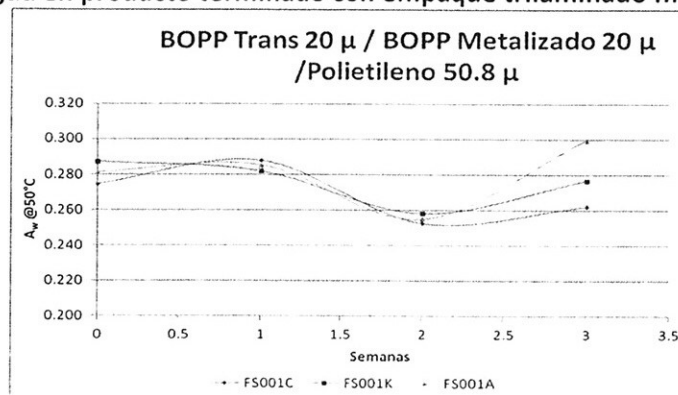
Gráfica 1  
Mapa de estabilidad en alimentos en función de la actividad de agua



(Labuza 1970).

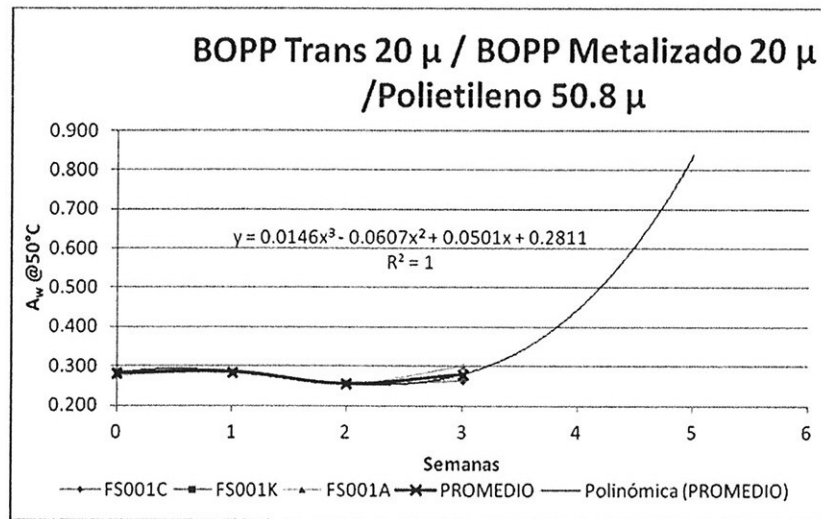
Para establecer el comportamiento de la actividad de agua en el tiempo fueron obtenidos, luego de 3 semanas de mediciones a 50°C, los resultados detallados en la Gráfica 2, estos sirvieron como base para establecer por medio de una regresión polinomial (Gráfica 3) una estimación del tiempo necesario para alcanzar 0.5 de  $A_w$ , y en ese punto hacer el análisis que permita establecer una estimación de la vida de anaquel, a condiciones normales de almacenamiento (25°C, 60%HR).

Gráfica 2  
Actividad de agua en producto terminado con empaque trilaminado metalizado.



Partiendo del resultado anterior podemos hacer una estimación del comportamiento de valores de actividad de agua en función del tiempo, de la siguiente manera:

Gráfica 3  
Estimación en comportamiento de actividad de agua, de acuerdo a datos obtenidos.



De acuerdo a los datos de la Gráfica 1, se tomó como valor máximo de actividad de agua 0.5; esto con el fin de mantener bajo control proceso de oxidación lipídica y un comportamiento estable de humedad en el producto terminado, factores que afectan sensorialmente al producto terminado.

Tomando como referencia a Yang 1,998 de un test acelerado a 38°C basado en el principio que la velocidad de reacción en los alimentos se reduce a la mitad por cada disminución de 10°C en temperatura y de acuerdo a la Gráfica 3; para obtener un valor de 0.5 en actividad de agua el producto almacenado a 50°C alcanzaría el valor en 4.192 semanas; estableciendo una temperatura estable de almacenamiento de 25°C, el factor a aplicar es 6, para un total de 25.153 semanas, equivalente aproximadamente 6 meses de vida de anaquel, una estimación aceptable para este tipo de productos y congruente con alimentos complementarios existentes en el mercado (9 meses sin ADH).

El estándar ASTM E2454 (2005) respecto a la vida de anaquel proporciona 3 posibles criterios para definir el punto final de ésta: (1) cambios en todo el perfil sensorial, (2) un atributo específico del producto que puede ser clave en la apreciación del consumidor hacia el producto ha cambiado, y/o (3) el consumidor considera que el producto ya no es aceptable. Compañías que

son muy exigentes en sus estándares pueden escoger el primer criterio, en donde evaluaciones discriminatorias o descriptivas son necesarias; para el segundo criterio, la retroalimentación del consumidor es necesaria para identificar los atributos críticos, y una vez estos son identificados, un panel entrenado puede utilizarse para monitorear los cambios; mientras que el tercer criterio es utilizado cuando el producto espera que el producto almacenado presente características sensoriales distintas al producto fresco, en este caso, el consumidor debiera de establecer la tolerancia para aceptar los cambios en el producto empacado (Hough 2010).

Como lo identifica Cardello (1998), un panel interno puede identificar diferencias sensoriales significativas entre una muestra y su control, o entre una muestra almacenada durante 1 mes a 35°C y un control almacenado a 5°C, y no necesariamente significa que el consumidor notará los cambios sensoriales; y si los notasen, no les importará y consumirá el producto de manera usual (Hough 2010).

Por ser el ácido docosahexanoico un ácido graso, la principal causa de deterioro en el producto terminado es un deterioro químico, causado principalmente por la oxidación del ácido graso, ya sea por presencia de luz o humedad, un deterioro enzimático o un pardeamiento no enzimático. Muy poca cantidad de grasa debe oxidarse para que sea percibida por el consumidor como un producto rancio, en detrimento de la aceptabilidad general del producto terminado, por lo que se recomienda ampliar sobre opciones comerciales que sean aún más estables a condiciones normales de almacenamiento, ya que aún se hace necesaria la utilización de aromas o sabores para enmascarar las notas características de ADH, ya sean de fuente vegetal o animal.

Respecto al costo por porción, para cada una de las opciones se describe a continuación:

Tabla 9  
Costo por porción para la muestra FS001K

Ingrediente	Cantidad	UM	Costo x g.	Costo total
Premezcla vitamínica	0.105	g	Q 0.3000	Q 0.0315
Carbonato de calcio, Ca 93.28%	0.086	g	Q 0.0017	Q 0.0001
Supro XT 219D IP	7.207	g	Q 0.0542	Q 0.3905
ADH DSM (FS001K)	0.400	g	Q 1.3000	Q 0.5200
Inulina Orafti GR 90%	4.833	g	Q 0.0575	Q 0.2779
Harina precocida de maíz	12.369	g	Q 0.0041	Q 0.0510
<b>TOTAL</b>	<b>25.000</b>	<b>g</b>		<b>Q 1.2710</b>

Tabla 10  
Costo por porción para la muestra FS001A

Ingrediente	Cantidad	UM	Costo x g.	Costo total
Premezcla vitamínica	0.105	g	Q 0.3000	Q 0.0315
Carbonato de calcio, Ca 93.28%	0.086	g	Q 0.0017	Q 0.0001
Supro XT 219D IP	7.207	g	Q 0.0542	Q 0.3905
ADH Lonza (FS001A)	0.400	g	Q 1.2400	Q 0.4960
Inulina Orafti GR 90%	4.833	g	Q 0.0575	Q 0.2779
Harina precocida de maíz	12.369	g	Q 0.0041	Q 0.0510
<b>TOTAL</b>	25.000	g		Q 1.2470

Tabla 11  
Tabla de información nutricional para una porción de 25 de complemento alimenticio para madres embarazadas y en estado de gestación.

<b>Información Nutricional</b>	
Tamaño por Porción 25 g	
Porciones por paquete 18	
<b>Cantidad Por Porción</b>	
<b>Energía</b> 110 kcal (460 kJ)	
Energía de grasa 7 kcal (29 kJ)	
<b>%Valor Diario*</b>	
<b>Grasa Total</b> 0.75g	<b>1%</b>
Grasa Saturada 0g	
ADH 0.04g	<b>20%</b>
Grasa Trans 0g	
<b>Colesterol</b> 0mg	<b>0%</b>
<b>Sodio</b> 0mg	<b>0%</b>
<b>Carbohidrato Total</b> 18g	<b>10%</b>
Fibra Dietética 4.35g	<b>15%</b>
Azúcares 0g	
<b>Proteína</b> 7g	<b>10%</b>
Vitamina A 15%	Vitamina B <sub>1</sub> 30%
Vitamina B <sub>2</sub> 30%	Niacina 25%
Vitamina B <sub>12</sub> 45%	Hierro 45%
Zinc 25%	Calcio 8%
* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 2,000 kilocalorías, de acuerdo a: Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies; para mujeres embarazadas entre 19 -50 años.	
Kilocalorías por gramo:	
Grasa 9	Carbohidratos 4 Proteína 4

## VII. CONCLUSIONES

- El complemento alimenticio desarrollado es un vehículo eficaz para ADH. Ambas opciones evaluadas presentan valores de ADH arriba del esperado por porción (25g), para cualquiera de las dos opciones comerciales evaluadas.
- Ambas muestras comerciales de ADH muestra un valor promedio de aceptabilidad general, luego de tres meses de almacenamiento a 25°C. No se detecta diferencia significativa respecto al control al momento de la elaboración del producto terminado.
- La estructura compuesta por BOPP Trans 20  $\mu$  / BOPP Metalizado 20  $\mu$  /Polietileno 50.8  $\mu$ , que proporciona una barrera al agua de: WVTR @ 38°C y 90% HR,  $\text{g/m}^2/24 \text{ h}$ , < 0.30 (ASTM F1249); y al oxígeno de: OTR @ 22°C y 0% HR,  $\text{cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}$ , < 46 (ASTM D3985), es una barrera que otorga al menos seis meses de vida de anaquel al producto terminado.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Evaluar opciones de ADH que presenten mayor estabilidad a condiciones de almacenamiento ambientales (T 25°C, 60% HR), para evitar el uso de sabores o aromas comerciales.
- Correr un estudio de evaluación sensorial para determinar las variables significativas en el detrimento de la calidad sensorial del producto terminado.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Atalah, E., Araya, B., Gastón, R., *et al.* «Consumption of a DHA-enriched milk drink by pregnant and lactating women, on the fatty acid composition of red blood cells, breast milk, and in the newborn.» *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 2009: 59 (3):271-277.
- Birch E.E., Carlson S.E., Hoffman D.R., Fitzgerald-Gustafson K.M., Fu V.L., Drover J.R., Castañeda Y.S., Minns L., Wheaton D.K., Mundy D., Marunycz J., Diersen-Schade D.A. «The DIAMOND (DHA Intake And Measurement Of Neural Development) Study: a double-masked, randomized controlled clinical trial of the maturation of infant visual acuity as a function of the dietary level of docosahexanoic acid.» *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2010: 91:848-859.
- Budowski, P., Leighfield, M. J. and Crawford, M. A. «Nutritional encephalomalacia in the chick: an exposure of the vulnerable period for cerebellar development and the possible need for both w6 and w3 fatty acids.» *British Journal of Nutrition*, 1987: 58: 511-520.
- Galli, C. Agradi, E. and Paoletti, R. «The n-6 pentaene/n-3 hexaene fatty acid ratio as an index of linolenic acid deficiency.» *Biochimica et Biophysica Acta*. 1974. 369: 142-145.
- Galli, C. and Socini, A. «Dietary lipids in pre- and post-natal development.» *Proceedings of American Oil Chemists Society Conference*. Chicago, USA: Perkins, E.G. and Visek, W.J. (eds.) *Dietary Fats and Health*, 1983. 16: 278-301.
- Holman, R. T., Johnson, S. B. y Ogburn, P. L. «Deficiency of essential fatty acids and membrane fluidity during pregnancy and lactation.» *Proceedings of the National Academy of Sciences (U.S.A.)* , 1991: 88: 4835-4839.
- Hough, Guillermo. *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*. USA: CRS Press. Taylor & Francis Group, 2010.

- Köhler A, Bittner D, Löw A, von Schacky C. «Effects of a convenience drink fortified with n-3 fatty acids on the n-3 index.» *British Journal of Nutrition*, 2010: 104(5):729-736.
- Koletzko B, Cetin I, Brenna JT, for the Perinatal Lipid Intake Working Group. «Dietary fat intakes for pregnant and lactating women.» *British Journal of Nutrition*, 2007: 98:873-877.
- Koletzko B, Uauy R, Palou A, Kok F, Hornstra G, Eilander A, Moretti D. «Dietary intake of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) in children - a workshop report.» *British Journal of Nutrition*, 2010: 103 (6):923-928.
- Labuza, T.P, Tannenbaum, S.R., and Karel, M. «Water content and stability of low moisture and intermediate moisture foods.» *Journal of Food Technology*, 1970: 24:543-550.
- Lara Villoslada, F., López-Huertas, E. y Boza Puerta J. «Influencia de ADH en el desarrollo visual y cognitivo: posibles implicaciones en la etapa escolar.» En *El libro blanco de la alimentación escolar*, de Jesús Román Martínez Álvarez e Isabel Polanco, Capítulo 12. Madrid: McGraw Hill Interamericana de España, S. A., 2008.
- Olsen, F.O., Sorensen, J.D., Secher, N.J., Hedegaard, M., Henriksen, T. B., Hansen, H. S., and Grant, A. «Randomised controlled trial of effect of fish-oil supplementation on pregnancy duration. .» *The Lancet*, 1992: 339: 1003-1007.
- Organización Mundial de la Salud. *Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta FAO/OMS de expertos. (Estudio FAO Alimentación y Nutrición - 57)*. Roma, Italia: Depósito de documentos de la FAO, 1997.
- Sanders, T. A. and Roshanai, F. «The influence of different types of omega-3 polyunsaturated fatty acids on blood lipids and platelet function in healthy volunteers.» *Clinical Science*, 1983: 64(1):91-99.

van Goor SA, Dijck-Brouwer DA, Doornbos B, Erwich JJ, Schaafsma A, Muskiet FA. «Supplementation of DHA but not DHA with arachidonic acid during pregnancy and lactation influences general movement quality in 12-week-old term infants.» *British Journal of Nutrition*, 2010: 103 (2):235-242.

Williams CM, Burdge G. «Long-chain n-3 PUFA: plant v. marine sources.» *Proc Nutr Soc*, 2006: 65(1):42-50.

Yang, T.C.S. «Ambient Storage.» En *Food Storage Stability*, de Taub and R. P. Singh, Chapter 17. Boca Raton, FL: CRC Press, 1998.