UNIVERSIDAD DE MONTERREY

DIVISION DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

644
clasif.
040.664
O74o
1985
C.1
folio
900584

UNIVERSIDAD DE MONTERREY

título

OBTENCION DE UN AISLADO PROTEICO DEL ALGA *Spirulina maxima*

REPORTE DEL PROGRAMA DE EVALUACION FINAL:
PRESENTADO POR

Autor

ANA LUISA OROZCO SONTOYA

EN OPCION AL TITULO DE INGENIERO EN ALIMENTOS

Morina Del Franch L.
Vo. Bo. Nov. 26, 1985

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DE MONTERREY

MONTERREY, N. L. DICIEMBRE DE 1985

A MIS PADRES Y HERMANOS
QUE SIEMPRE ME HAN BRINDADO
SU AMOR, APOYO Y COMPRENSION.
¡ QUE DIOS LOS BENDIGA !.

A MARINA Y MARICELA POR SU
TIEMPO, DEDICACION Y ENSEÑANZA
CON CARIÑO.

I N D I C E

INTRODUCCION 1

MATERIALES Y METODOS 17

RESULTADOS 23

CONCLUSIONES Y DISCUSIONES 28

RESUMEN 33

BIBLIOGRAFIA 34

I N T R O D U C C I O N

PROBABLEMENTE RESULTE MUY DIFÍCIL ENTENDER QUE LA ESPIRULINA, UN SER VIVO PERTENECIENTE AL REINO PROTISTA, ESTÉ CONSTITUÍDA POR UNA GRAN CANTIDAD DE PROTEÍNA DE UN VALOR NUTRITIVO MUY ELEVADO Y UNA DIGESTIBILIDAD EXCELENTE (7).

ESTA ALGA AZUL-VERDE SE DESARROLLA EN AGUAS ALCALINAS A TEMPERATURAS HASTA DE 60°C. SU COMPOSICIÓN QUÍMICA (TABLA No.1) REVELA UN ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA DE BUENA CALIDAD, UNA MODERADA CANTIDAD DE LÍPIDOS CON CIERTA PREDOMINANCIA DE LOS ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES, UNA PROPORCIÓN CONSIDERABLE DE CARBOHIDRATOS DE BAJO VALOR CALÓRICO, UN BAJO CONTENIDO DE ÁCIDOS NUCLEICOS,

TABLA NO.1

COMPOSICION QUIMICA DE LA ESPIRULINA

ELEMENTO	CANTIDAD (%)
PROTEINAS	71.00
CARBOHIDRATOS	16.90
CENIZAS	9.00
HUMEDAD	7.00
GRASAS	7.00
FIBRA CRUDA	0.90

ALGUNOS MINERALES DE INTERÉS NUTRICIONAL, MUY ABUNDANTES Y VARIADOS PIGMENTOS VEGETALES Y UNA CANTIDAD IMPORTANTE DE VITAMINAS (TABLA NO.2), MUY ESPECIALMENTE LA VITAMINA B12 (7, 19).

DEBIDO A QUE REPRESENTA UN POSIBLE INGREDIENTE ALIMENTICIO PROTÉICO ALTAMENTE CONCENTRADO, SE LE HA VENIDO CONSIDERANDO COMO EL ALIMENTO DEL FUTURO. CONTIENE APROXIMADAMENTE UN 70 % DE PROTEÍNA PURA, DE UNA COMPOSICIÓN ADECUADA DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES (TABLA NO.3) (7).

TABLA No.2

COMPOSICION DE VITAMINAS Y MINERALES DE LA ESPIRULINA

VITAMINAS	(MG/KG)	MINERALES	(MG/KG)
BIOTINA	0.4	CALCIO	1315.0
VITAMINA B12	2.0	FOSFORO	8942.0
ACIDO FOLICO	0.5	HIERRO	580.0
ACIDO NICOTINICO	118.0	SODIO	412.0
VITAMINA B6	3.0	MAGNESIO	1915.0
VITAMINA B2	40.0	MANGANESO	25.0
VITAMINA B1	55.0	ZINC	39.0
VITAMINA E	190.0	POTASIO	15400.0
		SELENIO	0.4

TABLA No.3

COMPOSICION DE AMINOACIDOS EN LA ESPIRULINA

AMINOACIDOS ESENCIALES (%)		AMINOACIDOS NO ESENCIALES (%)	
VALINA	6.0	ALANINA	5.8
LEUCINA	5.8	ARGININA	6.0
ISOLEUCINA	4.1	ACIDO ASPARTICO	6.4
LISINA	4.0	CISTINA	0.7
METIONINA	2.2	ACIDO GLUTAMICO	8.9
FENILALANINA	4.0	GLICINA	3.5
TREONINA	4.2	HISTIDINA	1.1
TRIPTOFANO	1.1	PROLINA	3.0
		SERINA	4.0
		TIROSINA	4.6

LOS CARBOHIDRATOS REPRESENTAN DEL 10 AL 15 % DEL TOTAL DE LOS MACRONUTRIENTES Y SE ENCUENTRAN PRINCIPALMENTE PRESENTES EL ALMIDÓN Y CIERTOS AZÚCARES. EL BAJO CONTENIDO CALÓRICO DE ESTE ALIMENTO, LE PERMITE SER INCLUÍDO EN LOS TRATAMIENTOS ESPECIALES PARA EL CONTROL DE PESO, PUES UN GRAMO DE ESTA PROTEÍNA VEGETAL PROPORCIONA HASTA 3.9 CALORÍAS, EN COMPARACIÓN CON LAS 65 CALORÍAS POR GRAMO QUE SE GENERAN EN EL ORGANISMO HUMANO POR INGERIR UN GRAMO DE PROTEÍNA CÁRNICA (7).

POR SER UN PRODUCTO NATURAL CUYO CONSUMO COMO ALIMENTO SE REMONTA A LA ÉPOCA DE LOS AZTECAS, LA ESPIRULINA NO ES CONSIDERADA POR LO TANTO, COMO UNA POSIBLE FUENTE TÓXICA, DEBIDO A QUE NO SE LE CONOCEN EFECTOS NOCIVOS SECUNDARIOS. EN BASE A ÉSTO, SE LE RECONOCE COMO UN ELEMENTO DE INVESTIGACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS, YA QUE CONSTITUYE UNA ALTERNATIVA ÚTIL PARA ALIVIAR INSUFICIENCIAS PROTÉICAS, CONTRIBUYENDO ASÍ AL MEJORAMIENTO NUTRICIONAL DE LA POBLACIÓN (9).

LA CLOROFILA, PRESENTE EN ESTA ALGA EN UN 0.8 %, ES UNO DE LOS PIGMENTOS MÁS IMPORTANTES PARA LA FOTOSÍNTESIS Y ES EL RESPONSABLE DE PROPORCIONAR A SU ESTRUCTURA UNA COLORACIÓN VERDE, MIENTRAS QUE LA COLORACIÓN AZUL SE DEBE A LA FICOCIANINA, UN PIGMENTO SECUNDARIO DE NATURALEZA PORFIRÍNICA. TAMBIÉN, SE ENCUENTRAN PRESENTES OTROS PIGMENTOS MENORES COMO LAS FICOERITRINAS Y LOS CAROTENOIDES QUE NO CONTRIBUYEN DIRECTAMENTE CON EL COLOR DE LA ESPIRULINA, PERO QUE LE SON MUY ÚTILES EN CIERTOS PROCESOS METABÓLICOS (7).

UN ESTADO NORMAL DE SALUD EN EL ORGANISMO HUMANO, SE ALCANZA PRINCIPALMENTE POR EL CONSUMO DE CIERTAS PROTEÍNAS CONOCIDAS COMO DE ALTA CAPACIDAD, ESTA PROPIEDAD RADICA EN QUE LA CONSTITUCIÓN DE LOS AMINOÁCIDOS SEA DE CIERTA CANTIDAD Y PROPORCIÓN ESPECÍFICAS. DE ACUERDO CON ÉSTO, LA PROTEÍNA DE LA ESPIRULINA ES CONSIDERADA COMPLETA POR CONTENER LOS AMINOÁCIDOS EN LA PROPORCIÓN ADECUADA, LO QUE LE PERMITE SER CAPAZ DE COADYUVAR A UN DESARROLLO NORMAL DEL ORGANISMO, POR LO QUE SE LE CONFIERE LA CARACTERIZACIÓN DE SER UN NUTRIENTE EXCELENTE (11).

EN LA ACTUALIDAD HA DISMINUÍDO EL CONSUMO DE PROTEÍNAS COMPLETAS DEBIDO A SU ALTO VALOR ECONÓMICO POR LO QUE EN TÉRMINOS GENERALES SE INGIERE MAYOR CANTIDAD DE PROTEÍNAS DE BAJO VALOR NUTRITIVO. ESTO TRAE CONSIGO CONSECUENCIAS DE DESNUTRICIÓN MUY SERIAS, DEBIDO A QUE LAS PROTEÍNAS DESEMPEÑAN UN PAPEL MUY IMPORTANTE EN LAS FUNCIONES DEL CUERPO HUMANO, ENTRE LAS QUE SE ENCUENTRAN PRINCIPALMENTE LA REGENERACIÓN Y FORMACIÓN DE TEJIDOS, LA SÍNTESIS ENZIMÁTICA DE ANTICUERPOS Y HORMONAS, ASÍ COMO TAMBIÉN LA DE LOS CONSTITUYENTES SANGUÍNEOS. ADEMÁS, ACTÚAN COMO FUENTE DE ENERGÍA Y DE CARBONO (3, 11, 15).

LA FORMA MÁS REFINADA DE CONSUMIR PROTEÍNAS EN LA ACTUALIDAD, ES A TRAVÉS DE LA INGESTIÓN DE LOS AISLADOS PROTÉICOS DE HARINAS O CONCENTRADOS, DEBIDO A QUE SON FORMAS CONCENTRADAS DE PROTEÍNA QUE SE OBTIENEN POR UNA EXTRACCIÓN SEGUIDA DE UNA PRECIPITACIÓN (17).

LA DESNATURALIZACIÓN SUFRIDA POR LA PROTEÍNA IMPLICA MODIFICACIONES EN SU ESTRUCTURA QUE TRAEN COMO RESULTADO

UNA DESAPARICIÓN DE SUS FUNCIONES BIOLÓGICAS. EL FENÓMENO PUEDE SER PRODUCIDO POR AGENTES DIVERSOS, YA SEAN FÍSICOS COMO EL CALOR, LA LUZ ULTRAVIOLETA Y LAS ALTAS PRESIONES; O QUÍMICOS COMO LOS ÁLCALIS, LOS ÁCIDOS Y LAS SUSTANCIAS CON ACTIVIDAD DETERGENTE. LA ALTERACIÓN PRODUCIDA EN SU ESTRUCTURA CUATERNARIA, OCASIONA UN MENOR PLEGAMIENTO EN LA CADENA DE PÉPTIDOS, POR LO QUE EN LA PROTEÍNA DESNATURALIZADA SE VEN DISMINUÍDAS LA VISCOSIDAD Y LA GELIFICACIÓN, MISMAS QUE SE AUMENTAN AL SER CALENTADAS LAS SOLUCIONES CONCENTRADAS DE ESTOS AISLADOS DE PROTEÍNA. TAMBIÉN SE VE AFECTADO EL PATRÓN DE HIDRATACIÓN O SOLVATACIÓN, LA ACTIVIDAD FUNCIONAL Y PROBABLEMENTE EL VALOR NUTRICIONAL, DEBIDO A QUE DURANTE EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN PUEDE HABER PÉRDIDA O DISMINUCIÓN DE UNO O VARIOS AMINOÁCIDOS LO QUE OCACIONA UN DESEQUILIBRIO ENTRE LOS AMINOÁCIDOS ESENCIALES (17).

LOS AISLADOS SON UNA FUENTE DE PROTEÍNA QUE SE EMPLEAN COMO INGREDIENTES ALIMENTICIOS NUTRICIONALES Y FUNCIONALES EN UNA GRAN VARIEDAD DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS. EL ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA, HACE DEL AISLADO UN INGREDIENTE EXCELENTE PARA INCREMENTAR LA CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA Y EL VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS. A ESTAS VENTAJAS SE AGREGA LA FLEXIBILIDAD CONSIDERABLE DEL AISLADO PROTÉICO UTILIZABLE DE MANERA FUNCIONAL, COMPARABLE AL DESARROLLADO POR LAS PROTEÍNAS TRADICIONALES (8).

UNA GRAN VARIEDAD DE FORMAS REFINADAS DE PROTEÍNAS VEGETALES HAN GENERADO UN INTERÉS CONSIDERABLE COMO SUS-

TITUTOS DE LAS PROTEÍNAS DE LA CARNE, DEBIDO A SU COMPOSICIÓN ADECUADA (TABLA NO.4) Y, A SU MENOR VALOR ECONÓMICO. ENTRE OTROS, LOS AISLADOS PROTÉICOS DE SOYA Y DE TRIGO ESTÁN SUJETOS A INVESTIGACIÓN POR SU POSIBLE INCORPORACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE ALIMENTOS (4, 10, 12, 18).

LA INCORPORACIÓN DEL AISLADO A UN SISTEMA ALIMENTICIO LE CONFIERE CIERTAS PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS, QUE DEPENDEN DIRECTAMENTE DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA PROTEÍNA, Y PUEDEN SER DE TEXTURA, SABOR Y APARIENCIA DEL PRODUCTO; LAS CUALES VAN TAMBIÉN A DEPENDER DE LA PRESENCIA DE LOS OTROS COMPONENTES DEL ALIMENTO, EN CIERTA FORMA LOS CARBOHIDRATOS, LOS LÍPIDOS, EL AGUA Y LAS SALES. POR TODO ESTO, ES IMPORTANTE SELECCIONAR UNA PROTEÍNA QUE PRESENTE PROPIEDADES FUNCIONALES ADECUADAS PARA LA ELABORACIÓN DE UN ALIMENTO, YA QUE ES NECESARIO CONSIDERAR QUE EL PRODUCTO DEBE PRESENTAR CIERTAS CARACTERÍSTICAS QUE LO HAGAN ATRACTIVO AL CONSUMIDOR Y ADEMÁS QUE DEBE TENER CIERTAS PROPIEDADES QUE PERMITAN PROCESARLO CON UN MÍNIMO DE PROBLEMAS (1, 3).

ESTAS PROPIEDADES DEBEN SER CONSIDERADAS DE MANERA INTEGRAL EN EL ANÁLISIS DE UN AISLADO DE PROTEÍNAS, PARA QUE ASÍ SE PUEDA DETERMINAR SATISFACTORIAMENTE SI ES POSIBLE LA INCORPORACIÓN DE ÉSTE A UN SISTEMA ALIMENTICIO.

PARA EL AISLAMIENTO, LA SEPARACIÓN Y LA PURIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS NATURALES, SE HAN VENIDO UTILIZANDO EN EL LABORATORIO UN GRAN NÚMERO DE TÉCNICAS FÍSICAS,

TABLA No.4

COMPOSICION QUIMICA DE ALGUNOS AISLADOS PROTEICOS*

AISLADO PROTEICO	HUMEDAD	CENIZAS	PROTEINAS	GRASAS	CARBOHI-DRATOS	FIBRA CRUDA
SOYA	4.7	2-4	92.8	MENOS DE 0.1	---	---
TRIGO	---	0.6	96.3	0.8	---	---
GIRASOL	---	3.6	98.8	0.36	0.22	1.3

* LOS DATOS SE REPORTAN EN PORCIENTO.

QUÍMICAS Y FISICOQUÍMICAS, QUE HAN PERMITIDO LLEVAR A CABO UNA DIFERENCIACIÓN ESPECÍFICA DE LAS PROTEÍNAS BASADA EN UNA SERIE DE FACTORES INVOLUCRADOS EN LA NATURALEZA BIOLÓGICA DE CADA PROTEÍNA (5).

LAS PROTEÍNAS FIBROSAS PUEDEN AISLARSE SOLAMENTE EXTRAYENDO Y SEPARANDO TODA LA MATERIA SOLUBLE, ORGÁNICA E INORGÁNICA. EL RESIDUO ES LA PROTEÍNA PURIFICADA (14).

LAS PROTEÍNAS GLOBULARES O SOLUBLES, PUEDEN EXTRAERSE TRITURANDO LOS TEJIDOS ANIMALES CON SOLVENTES ADECUADOS EN UN MOLINO DE CARNE O UN HOMOGENIZADOR. LOS TEJIDOS VEGETALES SE TRITURAN EN UN MOLINO COLOIDAL CON UN SOLVENTE AMORTIGUADOR ADECUADO. LAS PROTEÍNAS DE LOS EXTRACTOS VEGETALES O ANIMALES PUEDEN PRECIPITARSE ALTERANDO LA CONCENTRACIÓN DE SALES, Y, O LA CONCENTRACIÓN DE HIDROGENIONES, Y, O CON LA ADICIÓN DE SOLVENTES ORGÁNICOS. TRABAJANDO A BAJA TEMPERATURA SE REDUCE AL MÍNIMO LA DESNATURALIZACIÓN DE LAS PROTEÍNAS, ESPECIALMENTE EN SOLUCIONES LIBRES DE SALES Y EN SOLUCIONES QUE CONTIENEN SOLVENTES ORGÁNICOS. ADEMÁS CONTRIBUYE A QUE SE REDUZCA LA CONTAMINACIÓN BACTERIANA (14).

LAS ALBÚMINAS COMO LA OVOALBÚMINA DE LA CLARA DE HUEVO, SON SOLUBLES EN AGUA DESTILADA, EN SOLUCIONES SALINAS DILUIDAS Y EN SULFATO DE AMONIO AL 50 POR 100 DE SATURACIÓN. SE PRECIPITAN CON SULFATO AMÓNICO SATURADO Y SE COAGULAN POR CALENTAMIENTO (14, 16).

LAS GLOBULINAS SON TAMBIÉN SOLUBLES EN SOLUCIONES SALINAS PERO SON INSOLUBLES EN AGUA DESTILADA. CONSTITUYENDO ESTO LA BASE PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS EN ALBÚMINAS Y GLOBULINAS. SON PROTEÍNAS PRECIPITABLES POR EL SULFATO AMÓNICO AL 50 POR 100 DE SATURACIÓN. SE COAGULAN POR CALOR (16).

POR OTRA PARTE EL PROCESO DE PURIFICACIÓN INVOLUCRA A MUCHOS Y, EN GENERAL, MUY LABORIOSOS MÉTODOS, YA QUE LA PURIFICACIÓN DE UNA PROTEÍNA CRUDA IMPLICA GENERALMENTE COMO MÍNIMO UNO DE LOS PROCEDIMIENTOS CLÁSICOS QUE SE EXPLICAN A CONTINUACIÓN (13).

DIÁLISIS.- ES EL FENÓMENO EN EL CUAL POR MEDIO DE UNA MEMBRANA SEMIPERMEABLE, SE SEPARAN LAS MOLÉCULAS PEQUEÑAS, DE LAS MACROMOLÉCULAS DE PROTEÍNA QUE NO PASAN A TRAVÉS DE LOS POROS DE LA MEMBRANA; POR LO QUE LA TÉCNICA PERMITE DESALINIZAR UNA SOLUCIÓN PROTÉICA O BIEN EQUILIBRARLA A UN pH O UNA FUERZA IÓNICA DADA, DIALIZÁNDOLA CON AGUA PURA O CON UNA SOLUCIÓN TAMPÓN (13).

LIOFILIZACIÓN.- ES FUNDAMENTALMENTE UN MÉTODO DE CONCENTRACIÓN. LA SOLUCIÓN DE PROTEÍNA SE CONGELA DANDO UN PEQUEÑO ESPESOR EN LOS RECIPIENTES DE UN SISTEMA AL VACÍO. LA EVAPORACIÓN DEL AGUA BASTA PARA MANTENER LA SOLUCIÓN EN ESTADO DE CONGELACIÓN. EL PROCESO CONTINÚA HASTA QUE SE OBTIENE EL PRODUCTO EN ESTADO SECO (13).

PRECIPITACIÓN FRACCIONADA POR SALIFICACIÓN.- EL FENÓMENO ESTÁ ÍNTIMAMENTE LIGADO A LA COMPETENCIA QUE

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DE MONTERREY

EXISTE PARA LAS MOLÉCULAS DEL AGUA ENTRE LOS IONES DE LA SAL Y LAS MOLÉCULAS DE PROTEÍNA A FIN DE ASEGURAR SU SOLVATACIÓN. LAS ZONAS DE PRECIPITACIÓN NO SON LAS MISMAS PARA TODAS LAS PROTEÍNAS (13).

PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA.- LA PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA DE UNA PROTEÍNA SE PRODUCE DEBIDO A QUE LA PROTEÍNA EXISTE COMO UN IÓN APOLAR A ESE pH, LO QUE TRAE COMO CONSECUENCIA EL MÍNIMO DE SOLUBILIDAD. SE EMPLEA A MENUDO, PARA SEPARAR UNA PROTEÍNA DE SUS IMPUREZAS, YA SEAN PROTÉICAS O DE OTRA CLASE (14).

PRECIPITACIÓN CON DISOLVENTES ORGÁNICOS.- LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS COMO LA ACETONA, EL ETANOL Y EL METANOL, TAMBIÉN SE UTILIZAN PARA PRECIPITAR SELECTIVAMENTE A LAS PROTEÍNAS. PERO ESTOS DISOLVENTES IMPLICAN CON FRECUENCIA DESNATURALIZACIONES Y SE DEBEN UTILIZAR A TEMPERATURA BAJA. PROBABLEMENTE, ESTOS SOLVENTES CAUSEN LA PRECIPITACIÓN DE LAS PROTEÍNAS POR DISMINUCIÓN DE LA CONSTANTE DIELÉCTRICA, POR LO QUE SE INCREMENTA LA INTERACCIÓN PROTEÍNA-PROTEÍNA (13, 16).

MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS.- EL PRINCIPIO DE TODOS LOS MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS CONSISTE PRIMERAMENTE EN ADSORBER LAS PROTEÍNAS EN UN MATERIAL INSOLUBLE Y DESPUÉS, TRATAR DE SEPARAR POR ELUCIÓN LA PROTEÍNA CON SOLVENTES LÍQUIDOS ADECUADOS. EL ADSORBENTE SE ACOMODA EN UNA COLUMNA, O BIEN, SE UTILIZA UN PAPEL ESPECIAL. EL PRIMER MÉTODO SE CONOCE COMO CROMATOGRAFÍA EN COLUMNA Y EL SEGUNDO, CROMATOGRAFÍA EN PAPEL. COMO ADSORBENTES SE UTILIZAN DIVERSOS MATERIALES, TALES COMO ARCILLAS, GEL DE

FOSFATO TRICÁLCICO Y CELULOSA (13, 14).

CROMATOGRAFÍA DE INTERCAMBIO IÓNICO.- PUEDE SER DEFINIDA COMO LA SEPARACIÓN DE COMPONENTES EN UNA MATRIZ INSOLUBLE CONTENIENDO IÓNES LÁBILES CAPACES DE UN INTERCAMBIO CON LOS IONES DEL MATERIAL A PURIFICAR. LAS PROTEÍNAS SE FIJAN SOBRE LOS CAMBIADORES DE IONES EQUILIBRADOS EN SOLUCIONES TAMPÓN DE BAJA MOLARIDAD Y DE UN pH SUPERIOR O INFERIOR AL PUNTO ISOELÉCTRICO DE LA PROTEÍNA, SEGÚN SE TRATE DE CAMBIADORES DE CATIONES O ANIONES (13).

CROMATOGRAFÍA DE EXCLUSIÓN-DIFUSIÓN.- MÉTODO MODERNO Y MUY UTILIZADO QUE PERMITE SEPARAR A LAS PROTEÍNAS EN FUNCIÓN DE SU PESO MOLECULAR, TAMBIÉN SE LE LLAMA FILTRACIÓN EN COLUMNA DE GEL. LAS MOLÉCULAS SE REPARTEN POR DIFUSIÓN ENTRE DOS FASES ACUOSAS, INTERIOR Y EXTERIOR A LAS PARTÍCULAS DE GEL. CUANTO MÁS GRANDES SON, MÁS DIFÍCIL LES RESULTA PENETRAR EN LA FASE INTERIOR, Y MÁS RÁPIDAMENTE FILTRAN A TRAVÉS DE LA COLUMNA. ESTA TÉCNICA BASADA, ÚNICAMENTE, EN LA DIFERENCIA DE PESOS MOLECULARES, PERMITE HACER UNA SEPARACIÓN CON UNA FUERZA IÓNICA Y UN pH CONSTANTES, CONDICIONES QUE RESULTAN MÁS FAVORABLES A LA ESTABILIDAD DE LAS PROTEÍNAS (13).

CROMATOGRAFÍA DE AFINIDAD.- ES LA TÉCNICA MÁS RECIENTE EN LA PURIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS, Y SE BASA EN LAS INTERACCIONES ESPECÍFICAS QUE PUEDEN EXISTIR ENTRE DOS MOLÉCULAS. LO ESENCIAL DE LA TÉCNICA SE BASA EN LA FIJACIÓN DEL AGENTE ACOMPLEJANTE, A TRAVÉS DE UN ENLACE COVALENTE, SOBRE UN MATERIAL INERTE COLOCADO EN UNA COLUMNA CROMATOGRÁFICA. SE HACE PASAR LA SOLUCIÓN DE PRO-

TEÍNA A TRAVÉS DE LA COLUMNA OBSERVÁNDOSE LA FORMACIÓN DE UN COMPLEJO ESTABLE PERO REVERSIBLE, EN TANTO, QUE LAS IMPUREZAS SALEN LIBREMENTE DE LA COLUMNA (13).

ELECTROFORÉSIS.- EL PRINCIPIO USADO EN ELECTROFORÉSIS PARA LA SEPARACIÓN DE MOLÉCULAS DE DIFERENTE CARGA, CONSISTE EN QUE LAS PARTÍCULAS CARGADAS EN SOLUCIÓN MIGRAN AL ELECTRODO DE CARGA OPUESTA CUANDO SE LES APLICA UN CAMPO ELÉCTRICO. LAS PROTEÍNAS GLOBULARES LLEVAN UNA CARGA POSITIVA O UNA CARGA NEGATIVA "NETA" A TODOS LOS VALORES DE pH, EXCEPTO EN EL PUNTO ISOELÉCTRICO. HACIA EL LADO ÁCIDO DEL PUNTO ISOELÉCTRICO, LA CARGA NETA EN LA PROTEÍNA ES POSITIVA (CATIÓN) Y HACIA EL LADO ALCALINO DEL pH LA CARGA NETA ES NEGATIVA (ANIÓN). ASÍ, LOS CATIONES DE PROTEÍNA SE DESPLAZAN AL CÁTODO Y LOS ANIONES DE PROTEÍNA, AL ÁNODO. UNA PROTEÍNA EN SU PUNTO ISOELÉCTRICO (PI), NO SE DESPLAZARÁ A NINGUNO DE LOS POLOS. CADA ESPECIE MOLECULAR DE PROTEÍNAS SE DESPLAZA A UNA VELOCIDAD CARACTERÍSTICA QUE DEPENDE ENTRE OTROS FACTORES DEL pH, CARGA NETA Y FORMA DE LA PARTÍCULA, LO QUE HACE POSIBLE SEPARAR UNA CLASE DE PROTEÍNA DE LAS OTRAS, O BIEN, DE IMPUREZAS NO PROTÉICAS (14, 16).

ULTRACENTRIFUGACIÓN.- MÉTODO FÍSICO MEDIANTE EL CUAL LAS MOLÉCULAS SE SOMETEN A FUERZAS CENTRÍFUGAS PERMITIENDO LA SEPARACIÓN DE LAS DIFERENTES CLASES DE PROTEÍNAS DE UNA MEZCLA, ASÍ COMO DEL MATERIAL NO PROTÉICO (13, 14).

ULTRAFILTRACIÓN.- SU INTRODUCCIÓN ES RECIENTE DENTRO DE LA QUÍMICA DE LAS PROTEÍNAS, DEBIDO A QUE LA CALIDAD DE LAS MEMBRANAS FILTRANTES Y SU CALIBRADO CUIDADOSO HAN ABIERTO NUEVAS PERSPECTIVAS. CADA MEMBRANA DE FILTRACIÓN ES ESPECÍFICA DE UN TAMAÑO Y PESO MOLECULAR DEFINIDOS (13).

UNA PARTE IMPORTANTE DENTRO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UN AISLADO PROTÉICO ES LA CORRESPONDIENTE AL SECADO. UNA CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA SECAR LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS ES LA QUE SE PRESENTA A CONTINUACIÓN.

SECADO POR CONVECCIÓN.- EL ALIMENTO SE PONE EN CONTACTO CON UNA CORRIENTE DE AIRE CALIENTE, SE EMPLEAN POR EJEMPLO SECADOR DE HORNO, DE COMPARTIMENTOS, DE TÚNEL, DE ASPERSIÓN, ENTRE OTROS (2, 6).

SECADO POR CONDUCCIÓN.- EL MATERIAL A SECAR SE PONE EN CONTACTO CON UNA SUPERFICIE CALIENTE, CORRESPONDE A ESTE TIPO EL SECADOR DE TAMBOR (6).

SECADO POR RADIACIÓN.- SE APLICA CALOR POR MEDIO DE ENERGÍA PROCEDENTE DE UNA FUENTE RADIANTE, MICROONDAS O DIELÉCTRICA. ESTE COMPRENDE EL HORNO DE MICROONDAS, Y EL SECADOR CONTINUO DE INFRARROJO, POR MENCIONAR ALGUNOS (6).

PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE SECADOR ADECUADO, ES NECESARIO CONSIDERAR QUE SE TRATA DE UN PRODUCTO RICO EN PROTEÍNA, Y QUE, COMO ES SABIDO, SE TRATA DE COMPUESTOS SENSIBLES AL CALOR, POR LO QUE EN BASE A ÉSTO SE EMPLEARÁN EN ÉSTE TRABAJO TRES TIPOS DE SECADORES: ESTUFA DE RESISTENCIAS, ESTUFA DE INFRARROJO Y ESTUFA DE VACÍO.

LA EXTRACCIÓN DE PROTEÍNAS VEGETALES HA LLEGADO A CONSTITUIR UN TEMA PRIMORDIAL DENTRO DEL CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA, DADA LA IMPORTANCIA QUE EN LA ACTUALIDAD REPRESENTA LA OBTENCIÓN DE FUENTES RICAS EN PROTEÍNAS DE GRAN VALOR NUTRITIVO Y BAJO COSTO. EN EL PRESENTE TRABAJO SE REALIZARÁ UN PROCESO DE OBTENCIÓN DE UN AISLADO PROTÉICO DE ESPIRULINA QUE INVOLUCRA LA EXTRACCIÓN ACUOSA, LA PRECIPITACIÓN DE LA PROTEÍNA ISOELÉCTRICA, LA OBTENCIÓN DE SU SAL O PROTEINATO Y FINALMENTE EL SECADO DEL AISLADO PROTÉICO.

EL PROPÓSITO DE ÉSTE ESTUDIO ES ENCONTRAR EN LA ESPIRULINA UNA ALTERNATIVA QUE INCREMENTE LAS FUENTES PROTÉICAS DISPONIBLES EN LA ACTUALIDAD, PARA MEJORAR SUSTANCIALMENTE EL VALOR NUTRITIVO DE LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS.

MATERIALES Y METODOS

EN ESTE TRABAJO SE OBTUVO UN AISLADO PROTÉICO DEL ALGA SPIRULINA MAXIMA, UTILIZANDO LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN ACUOSA, PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA, NEUTRALIZACIÓN Y SECADO.

ESTE ESTUDIO SE LLEVÓ A CABO EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS DE LA UNIVERSIDAD DE MONTERREY, DURANTE LOS MESES DE AGOSTO A NOVIEMBRE DE 1985.

METODOS:

A. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO.- DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y CENIZAS, GRASAS, FIBRA CRUDA, PROTEÍNAS Y CARBOHIDRATOS.

1. HUMEDAD.- PESAR EXACTAMENTE ENTRE 1 Y 2 G DE MUESTRA EN UN CRISOL PREVIAMENTE TARADO. COLOCAR POR ESPACIO DE 2 HORAS EN LA ESTUFA A UNA TEMPERATURA ENTRE 100-110°C. DEJAR ENFRIAR Y PESAR.

2. CENIZAS.- LLEVAR A LA MUFLA LA MUESTRA DESHIDRATADA POR UNA HORA A 900°C. QUEMAR LA MUESTRA ANTES DE INTRODUCIRLA.

3. GRASAS.- PESAR 2 G DE MUESTRA Y COLOCAR EN UN CARTUCHO DE PAPEL FILTRO TARADO. INTRODUCIR EL CARTUCHO EN EL APARATO GOLDFISH PARA LA DETERMINACIÓN DE GRASAS, EMPLEANDO ÉTER ANHÍDRO COMO AGENTE EXTRACTOR. PERMITIR LA EXTRACCIÓN POR ESPACIO DE DOS HORAS Y RECUPERAR DESPUÉS EL ÉTER. DETERMINAR LA DIFERENCIA DE GRASA EXTRAÍDA POR DIFERENCIA DE PESOS

4. FIBRA CRUDA.- TRANSFERIR LA MUESTRA DESGRASADA A UN VASO DE DIGESTIÓN QUE CONTIENE 200 ML DE ÁCIDO SULFÚRICO AL 1.25 % (R-1), AGREGAR 3 G DE ASBESTO

DE FILTRACIÓN. COLOCAR EN EL DIGESTOR Y MANTENER LA EBULLICIÓN POR 30 MINUTOS, INMEDIATAMENTE DESPUÉS FILTRAR Y LAVAR CON AGUA FRÍA. DEPOSITAR LA MUESTRA EN EL VASO DIGESTOR Y AGREGAR 200 ML DE HIDRÓXIDO DE SODIO AL 1.25 % (R-2). REPETIR EL CALENTAMIENTO POR UN TIEMPO SIMILAR, ASÍ COMO LA FILTRACIÓN Y EL LAVADO. COLOCAR LA MUESTRA EN UN CRISOL GOOCH, LAVAR CON ALCOHOL Y ELIMINAR LA HUMEDAD SEGÚN EL MÉTODO EXPUESTO. SOMETER A DETERMINACIÓN DE CENIZAS.

5. PROTEINAS.- (MÉTODO KJELDAHL). PESAR ENTRE 1 Y 2 G DE MUESTRA EN UN CARTUCHO DE PAPEL FILTRO TARADO E INTRODUCIRLO EN UN MATRAZ KJELDAHL. AGREGAR 20 ML DE ÁCIDO SULFÚRICO CONCENTRADO Y 3.5 G DE MEZCLA REACTIVA DE SELENIO. CALENTAR EN EL DIGESTOR HASTA QUE SE ACLARE LA MEZCLA. UNA VEZ FRÍO ADICIONAR 100 ML DE AGUA DESTILADA Y 100 ML DE HIDRÓXIDO DE SODIO AL 40 % (R-3). ENFRIAR EL MATRAZ AL CHORRO DE AGUA Y AGREGAR DESPUÉS NÚCLEOS DE EBULLICIÓN Y UN POCO DE PETROLATO. COLOCAR EN EL DESTILADOR Y DEJAR QUE BURBUJE EL DESTILADO EN UN MATRAZ ERLENMEYER PREVIAMENTE PREPARADO CON 50 ML DE AGUA DESTILADA Y 50 ML DE ÁCIDO SULFÚRICO 0.5 N (R-4), DESTILAR 100 ML Y TITULAR CON HIDRÓXIDO DE SODIO 0.5 N (R-5) Y FENOLFTALEÍNA 0.1% (R-6) COMO INDICADOR.

6. CARBOHIDRATOS.- SE DETERMINAN POR DIFERENCIA DE HUMEDAD, CENIZAS, GRASAS, FIBRA CRUDA Y PROTEÍNAS DEL 100 %.

TANTO LA MATERIA PRIMA COMO EL AISLADO PROTÉICO SE SOMETIERON A ESTE TIPO DE ANÁLISIS.

B. EXTRACCIÓN ACUOSA Y PURIFICACIÓN DE LA PROTEÍNA.

1. SUSPENDER LA ESPIRULINA EN AGUA DESTILADA A UN pH DE 8 EN UNA RELACIÓN MUESTRA-SOLVENTE DE 1:20 RESPECTIVAMENTE, A UNA TEMPERATURA DE 25°C POR UNA HORA.

2. CENTRIFUGAR LA SUSPENSIÓN A 3,500 R.P.M. DURANTE 20 MINUTOS. DESECHAR EL PRECIPITADO.

3. AJUSTAR EL pH DEL FILTRADO OBTENIDO A UN VALOR DE 3 (PUNTO ISOELÉCTRICO DE LA PROTEÍNA), EMPLEANDO ÁCIDO CLORHÍDRICO 3 N (R-7).

4. CENTRIFUGAR LA SOLUCIÓN ANTERIOR A UNA VELOCIDAD DE 2,500 R.P.M. DURANTE 5 MINUTOS. DESCARTAR EL SOBRENADANTE.

5. SECAR EL PRECIPITADO PROTÉICO A UNA TEMPERATURA DE 100°C, POR UNA HORA.

6. SOMETER A ANÁLISIS QUÍMICO EL AISLADO ISOELÉCTRICO, Y REPORTAR EL CONTENIDO DE PROTEÍNA EN BASE SECA.

7. DETERMINAR EL RENDIMIENTO DEL PROCESO, EN BASE AL PORCENTAJE DE PROTEÍNA DE LA MATERIA PRIMA Y DEL PRODUCTO FINAL, AMBOS BASE SECA.

SI SE DESEA UN PRODUCTO SOLUBLE EN AGUA, EL AISLADO DEBE NEUTRALIZARSE A UN pH DE 7, Y DEJARLO EN SOLUCIÓN O BIEN SECARLO.

REACTIVOS:

(R-1) ACIDO SULFÚRICO 1.25 %:

ACIDO SULFÚRICO CONCENTRADO	12.50 G
AGUA DESTILADA	1000.00 ML

(R-2) HIDRÓXIDO DE SODIO 1.25 %:

HIDRÓXIDO DE SODIO	12.50 G
AGUA DESTILADA	1000.00 ML

(R-3) HIDRÓXIDO DE SODIO AL 40 %:

HIDRÓXIDO DE SODIO	400.00 G
AGUA DESTILADA	1000.00 ML

(R-4) ACIDO SULFÚRICO 0.5 N:

ACIDO SULFÚRICO CONCENTRADO	25.00 G
AGUA DESTILADA	1000.00 ML

(R-5) HIDRÓXIDO DE SODIO 0.5 N:

HIDRÓXIDO DE SODIO	20.00 G
AGUA DESTILADA	1000.00 ML

(R-6) FENOLFTALEÍNA 0.1 %:

FENOLFTALEÍNA	0.10 G
ALCOHOL ETÍLICO	100.00 ML

(R-7) ACIDO CLORHÍDRICO 3 N:

ACIDO CLORHÍDRICO CONCENTRADO	250.00 ML
AGUA DESTILADA	1000.00 ML

R E S U L T A D O S

EL ALGA ESPIRULINA, UTILIZADA COMO MATERIA PRIMA, SE MANEJÓ EN FORMA DE POLVO FINO, DE UN COLOR VERDE OBSCURO Y DE UN OLOR Y UN SABOR SIMILARES A LOS DE LOS VEGETALES MARINOS.

SE REALIZÓ UN ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA MATERIA PRIMA OBTENIENDO LOS RESULTADOS REPORTADOS EN LA TABLA No.5.

SE EMPLEARON 8.919 G DE MATERIA PRIMA CON UN CONTENIDO PROTÉICO DE 5.102 G, DE LOS CUALES SE OBTUVIERON 1.244 G DE AISLADO CONSTITUIDOS POR 1.053 G DE PROTEÍNA. LOS DATOS QUE SE REPORTAN, TANTO PARA LA MATERIA PRIMA COMO PARA EL AISLADO SON REFERIDOS EN BASE SECA.

TABLA No.5

ANALISIS BROMATOLOGICO
DEL ALGA ESPIRULINA

ELEMENTO	CANTIDAD (%)
PROTEINAS*	57.10
CARBOHIDRATOS	13.75
HUMEDAD	10.80
GRASAS	4.56
FIBRA CRUDA	6.90
CENIZAS	6.89

* REPORTADO EN BASE SECA.

$$\text{PORCENTAJE DE AISLADO PROTEICO} = \frac{\text{G DE AISLADO PROTEICO}}{\text{G DE MUESTRA}} \times 100$$

$$= \frac{1.244 \text{ G}}{8.919 \text{ G}} \times 100$$

$$= \underline{\underline{13.95 \%}}$$

$$\text{PORCENTAJE DE PROTEINA SOLUBLE} = \frac{\text{G DE PROTEINA EN PRODUCTO}}{\text{G DE PROTEINA EN MUESTRA}} \times 100$$

$$= \frac{1.053 \text{ G}}{5.102 \text{ G}} \times 100$$

$$= \underline{\underline{21.62 \%}}$$

EL RENDIMIENTO PORCENTUAL DE PROTEÍNA SOLUBLE EN RELACIÓN A LA PROTEÍNA TOTAL EN LA MUESTRA ES DE 21.62 %, LO CUAL SUGIERE QUE EN EL ALGA SE RETIENE UN 78.38 % DE PROTEÍNA NO SOLUBLE.

EN LO QUE SE REFIERE AL RENDIMIENTO DE LA RELACIÓN MUESTRA-PRODUCTO, ÉSTA NOS INDICA QUE POR CADA 100 G DE MUESTRA TRATADA POR ESTE MÉTODO SE OBTENDRÁN 13 G DE AISLADO PROTÉICO.

LA DETERMINACIÓN DE LA PUREZA DEL AISLADO PROTÉICO REVELA QUE SE TENDRÁN 84.65 G DE PROTEÍNA SOLUBLE POR CADA 100 G DE PRODUCTO.

EL AISLADO PROTÉICO PRESENTA UNA CONSISTENCIA SÓLIDA CRISTALINA DE COLOR AZUL OBSCURO, CON UN OLOR Y UN SABOR DESAGRADABLES Y UNA COMPOSICIÓN QUÍMICA QUE SE INDICA EN LA TABLA No.6.

TABLA No.6

ANALISIS BROMATOLOGICO
DEL AISLADO PROTEICO

ELEMENTO	CANTIDAD (%)
PROTEINAS*	84.65
CARBOHIDRATOS	0.30
HUMEDAD	9.10
GRASAS	0.00
FIBRA CRUDA	0.00
CENIZAS	5.95

* REPORTADO EN BASE SECA.

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

EN ESTE TRABAJO, SE REALIZÓ UNA EXTRACCIÓN ACUOSA DE CIERTAS PROTEÍNAS GLOBULARES PRESENTES EN EL ALGA SPIRULINA MAXIMA, ESPECÍFICAMENTE LAS CONOCIDAS COMO ALBÚMINAS DEBIDO A SUS PROPIEDADES ELECTROFORÉTICAS. PARA LA OBTENCIÓN DE UN MAYOR RENDIMIENTO, SE REALIZARON PRUEBAS CON SOLUCIONES BUFFER, AGUA BIDESTILADA Y DESTILADA, DANDO LOS RESULTADOS ESPERADOS AL EMPLEAR EL AGUA DESTILADA. ESTO SE EXPLICA, SI SE TIENE EN CUENTA QUE ESTE TIPO DE PROTEÍNAS SON SOLUBLES EN SOLUCIONES SALINAS DILUÍDAS, POR LO QUE EN EL CASO DEL BUFFER SE PRESENTÓ UNA INSOLUBILIZACIÓN POR SALADO Y EN EL CASO DEL AGUA BIDESTILADA LA FALTA DE SALES NO CONTRIBUYÓ A LA EXTRACCIÓN. DE AQUÍ LA IMPORTANCIA DE CONSIDERAR, DU-

RANTE ESTA ETAPA DEL MÉTODO, EL EQUILIBRIO SALINO EN EL SOLVENTE A EMPLEAR, YA QUE DE ÉL DEPENDE EN PARTE EL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN.

OTRO FACTOR IMPORTANTE A CONSIDERAR ES LA TEMPERATURA A LA QUE SE REALIZA LA EXTRACCIÓN, YA QUE EL CALENTAMIENTO DE LAS PROTEÍNAS A ALTAS TEMPERATURAS PROVOCA LA PÉRDIDA DE SU ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL, POR LO CUAL PRECIPITA DISMINUYÉNDOSE ASÍ LA CANTIDAD DE PROTEÍNA SOLUBILIZADA. LA SOLUBILIDAD PROTÉICA TAMBIÉN SE VE AFECTADA POR EL pH, YA QUE INFLUYE EN SU DISPOSICIÓN ESTRUCTURAL Y EN SU ESTADO IÓNICO, LO QUE TRAE COMO CONSECUENCIA QUE EL POLÍMERO INTERACTÚE O NÓ CON LAS MOLÉCULAS DEL SOLVENTE.

PARA ESTABLECER LA TEMPERATURA ADECUADA DE EXTRACCIÓN EN EL LABORATORIO, SE DEBEN REALIZAR PRUEBAS A PARTIR DE LOS 25°C SIN LLEGAR A DESNATURALIZAR LA PROTEÍNA; LO CUAL EN ESTE CASO PERMITIÓ OBSERVAR QUE A MAYOR TEMPERATURA MENOR GRADO DE EXTRACCIÓN PROTÉICA, POR LO QUE LA TEMPERATURA ÓPTIMA DE EXTRACCIÓN CORRESPONDIÓ A LOS 25°C.

POR LO QUE SE REFIERE A LA CONCENTRACIÓN DE IONES HIDRONEO, SE HICIERON ENSAYOS CON DIFERENTES VALORES DE pH MAYORES AL CORRESPONDIENTE DEL PUNTO ISOELÉCTRICO. CON LO CUAL SE OBSERVÓ QUE A MEDIDA QUE EL pH SE ALEJA DE ÉSTE PUNTO, LA SOLUBILIDAD SE VÉ FAVORECIDA HASTA LLEGAR A UN VALOR EN EL QUE SE HACE CONSTANTE, POR LO QUE SE ESTABLECIÓ UN pH DE 8 PARA LA EXTRACCIÓN QUE CORRESPONDE AL DE LA MÁXIMA SOLUBILIDAD PROTÉICA.

EL LÍQUIDO DE EXTRACCIÓN PRESENTA UNA COLORACIÓN AZUL VIOLÁCEA, DEBIDO A QUE DURANTE EL PROCESO DE LA SOLUBILIZACIÓN PROTÉICA, SE EXTRAE UN PIGMENTO DEL ALGA LLAMADO FICOCIANINA, QUE PRESENTA COMO PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS SU ALTA SOLUBILIDAD EN AGUA Y SU COLOR AZUL. POR LO TANTO, Y POR TRATARSE DE UNA BILIPROTEÍNA, LA SEPARACIÓN DEL CROMÓGENO RESULTA DIFÍCIL YA QUE EL ENLACE COVALENTE QUE LO UNE A LA PROTEÍNA ES UN TIPO DE ENLACE MUY ESTABLE, Y DEBIDO A ÉSTO, EL COLOR DE LA FICOCIANINA PERMANECE EN EL AISLADO PROTÉICO.

LA PURIFICACIÓN DE LA PROTEÍNA SE REALIZÓ POR MEDIO DE UNA PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA CONSIDERANDO QUE ES UNA TÉCNICA SENCILLA, QUE REQUIERE DE POCO TIEMPO Y MENOS COSTO QUE OTROS MÉTODOS DE PURIFICACIÓN. AL AJUSTAR EL PH A EL PUNTO ISOELÉCTRICO SE OBSERVÓ UN CAMBIO DEL COLOR AZUL VIOLÁCEO A UN AZUL TURQUESA INTENSO, LO QUE SUGIERE QUE LA ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA FICOCIANINA ES INESTABLE A CAMBIOS DE PH; SIN EMBARGO, EL USO DE UN VALOR ÁCIDO NO DESTRUYE LA MOLÉCULA. SE PROBARON OTRAS TÉCNICAS DE PURIFICACIÓN CON EL OBJETO DE VALORAR LA SELECCIONADA Y, ÉSTAS FUERON LA PRECIPITACIÓN CON SALES Y LA PRECIPITACIÓN CON SOLVENTES ORGÁNICOS.

EN LA PRECIPITACIÓN CON SALES SE LOGRÓ PRECIPITAR LA PROTEÍNA CON SOLUCIONES SATURADAS DE SULFATO DE AMONIO Y SULFATO DE SODIO. LAS DOS PRUEBAS RESULTARON SATISFACTORIAS, PERO CON EL INCONVENIENTE DE QUE AMBAS REQUIEREN DE UN PROCESO DE DESALINIZACIÓN QUE AUMENTA EN CONSECUNCIA EL TIEMPO Y EL COSTO DE OPERACIÓN. EL EMPLEO DE ÉSTAS SALES PROPORCIONÓ INFORMACIÓN QUE CON-

TRIBUYÓ A DETERMINAR EL TIPO DE PROTEÍNAS SOLUBLES PRESENTES EN LA ESPIRULINA, COMO YA SE MENCIONÓ EN PÁGINAS ANTERIORES.

EL SECADO DEL AISLADO PROTÉICO SE REALIZÓ EN SECADORES DE CALENTAMIENTO POR CONVECCIÓN Y RADIACIÓN. EN EL SECADO POR CONVECCIÓN SE UTILIZARON LA ESTUFA DE RESISTENCIAS Y LA ESTUFA DE VACÍO. EN AMBOS SECADORES SE OBSERVÓ QUE EL PRODUCTO PASABA DE UNA CONSISTENCIA PLÁSTICA A UN SÓLIDO CRISTALINO. EL MISMO EFECTO SE PRESENTÓ EN EL SECADO POR RADIACIÓN PRACTICADO POR MEDIO DE UNA ESTUFA DE INFRARROJO. LA TEMPERATURA DE SECADO NO DEBE SER MAYOR DE 100°C, YA QUE SE DEBEN EVITAR DAÑOS A LA PROTEÍNA.

LA CONSISTENCIA DEL AISLADO DURANTE EL SECADO PRESENTÓ CAMBIOS, LO CUAL SE DEBA PROBABLEMENTE A LA FORMACIÓN DE UN GEL RÍGIDO IRREVERSIBLE, QUE SE FORMA COMO CONSECUENCIA DE LA DESNATURALIZACIÓN DE LA PROTEÍNA LO CUAL PERMITE LA FORMACIÓN DE UNA RED TRIDIMENSIONAL Y EL ENTRAMPAMIENTO DEL AGUA EN LA MISMA; CONDICIONES NECESARIAS Y SUFICIENTES PARA LA FORMACIÓN DE UN GEL.

POR OTRA PARTE, EL AISLADO PRESENTA LA CARACTERÍSTICA DE SER INSOLUBLE EN AGUA A UN PH QUE NO CORRESPONDA AL NEUTRO, POR LO QUE REQUIERE SER NEUTRALIZADO RESULTANDO FACTIBLE DE INCORPORAR EN SISTEMAS ALIMENTICIOS.

PARA DETERMINAR SI ES CONVENIENTE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO SE DEBE TOMAR EN CUENTA EL TIPO DE ALIMENTO EN EL QUE EL AISLADO PROTÉICO VAYA A SER INCORPORADO Y EL

EFECTO PRODUCIDO EN EL VALOR NUTRITIVO Y EN LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL SISTEMA ALIMENTICIO, ASÍ COMO EL TIPO DE POBLACIÓN A QUIÉN VAYA DIRIGIDO EL PRODUCTO.

EL RENDIMIENTO ALCANZADO DE UN 13 % EN LA RELACIÓN MUESTRA-PRODUCTO NO ES SIGNIFICATIVO Y SUGIERE QUE EL MÉTODO NO SEA ACEPTADO, POR LO CUAL SE DEBE CONSIDERAR EL GRADO DE PUREZA PROTÉICA OBTENIDO YA QUE CORRESPONDE A UN 84.65 %, RENDIMIENTO QUE OFRECE NUEVAS PERSPECTIVAS.

EN RESUMEN, LA PUREZA DEL AISLADO Y LA EFICIENCIA O CONVENIENCIA DEL MÉTODO DEBEN SER DETERMINADAS SOBRE LA BASE DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS EN EL VALOR NUTRICIONAL Y EN LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL SISTEMA ALIMENTICIO EN EL QUE SE REQUIERA INCORPORAR EL AISLADO PROTÉICO.
PARA OBTENER MEJORES RESULTADOS, SE RECOMIENDA PRACTICAR EL SECADO DEL AISLADO PROTÉICO EN UN SECADOR DE ASPERSIÓN PARA OBTENER UN PRODUCTO CON UNA CONSISTENCIA DE POLVO FINO, SIMILAR A LA DE LA MATERIA PRIMA UTILIZADA.

RESUMEN

UTILIZANDO COMO MATERIA PRIMA EL ALGA SPIRULINA MAXIMA RECOLECTADA EN EL LAGO DE TEXCOCO (MÉXICO), SE LLEVÓ A CABO LA OBTENCIÓN DE UN AISLADO PROTÉICO POR MEDIO DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN ACUOSA, PURIFICACIÓN POR PRECIPITACIÓN ISOELÉCTRICA, NEUTRALIZACIÓN Y SECADO POR CONVECCIÓN Y POR RADIACIÓN.

SE OBTUVO UN AISLADO PROTÉICO DE CONSISTENCIA SÓLIDA CRISTALINA CON UN CONTENIDO DEL 84.65 % DE PROTEÍNA.

B I B L I O G R A F I A

1. ANUSUYA M. AND L. V. VENKATARAMAN. "FUNTIONAL PROPERTIES OF PROTEIN PRODUCTS OF MASS CULTIVATED BLUE-GREEN ALGA SPIRULINA PLATENSIS" EN: JOURNAL OF FOOD SCIENCE (U.S.A.) VOL. 49 1984. PP. 24-27.

2. BADGER Y BANCHERO INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA.
ED. MC. GRAW HILL (MÉXICO). 1981.

3. BADUÍ DERGAL, SALVADOR QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS. ED: ALHAMBRA, S.A. (MÉXICO). 1982.

4. BARBER KATHLEEN AND JOSEPH WARTHESEN. "SOME FUNCTIONAL PROPERTIES OF ACYLATED WHEAT GLUTEN". EN: JOURNAL OF AGRICULTURE AND FOOD CHEMESTRY (U.S.A.) VOL.30 NO.5. 1982. PP. 930-933.

5. BOHINSKI, ROBERT C. BIOQUÍMICA. ED. FONDO EDUCATIVO INTERAMERICANO (MÉXICO). 1978. PP.80-152.

6. BRENNAN, BUTTERS Y OTROS LAS OPERACIONES DE LA INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS. ED. ACRIBIA (ESPAÑA). 1970.

7. CHALLEM, JACK JOSEPH SPIRULINA: GREEN GOLD OF THE FUTURE. ED. KEATS PUBLISHING, INC. (U.S.A.) 1981.

8. DOUGLAS M. AND GLENN D FOODS AND FOOD PRODUCTION ENCYCLOPEDIA. "SOYBEAN PROCESSING". ED. VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY INC. (U.S.A.) 1982. PP. 1876-1877.

9. DURAND CHASTEL, HUBERT "LA ESPIRULINA: UNA FUENTE DE PROTEÍNAS". EN: PUBLICACIÓN SOSA TEXCOCO, S.A. (MÉXICO).

10. KING J. "FUNCTIONAL PROPERTIES OF LUPIN PROTEIN ISOLATES". EN: JOURNAL OF FOOD SCIENCE (U.S.A.) VOL.50 1985. PP. 82-84.

11. LAGUNA-PIÑA BIOQUÍMICA 3°EDICIÓN ED. FOURNIER, S.A. (MÉXICO). 1981.

12. LAWHON, J.T. "WRITE-COLORED PROTEIN ISOLATE FROM SUNFLOWER: PROCESSES AND PRODUCTS". EN: JOURNAL OF FOOD TECHNOLOGY (U.S.A.) VOL.36 1982. PP. 76-87.

13. LOUISOT, PIERRE BIOQUÍMICA ESTRUCTURAL. ED. EDITORIAL A.C. (ESPAÑA). 1977. PP. 371-484.

14. MERTZ, EDWIN BIOQUÍMICA.
ED. PUBLICACIONES CULTURAL S.A. (MÉXICO). 1978.

15. NASON BIOLOGÍA.
ED. LIMUSA, S.A. (MÉXICO). 1977.

16. PLUMMER, DAVID T. AN INTRODUCTION TO PRACTICAL BIOCHEMISTRY.
ED. MC GRAW HILL (INGLATERRA). 1971.

17. WOLF, WALTER J "SOYBEAN PROTEINS: THEIR FUNCTIONAL, CHEMICAL AND PHYSICAL PROPIERTIES".
EN: JOURNAL OF AGRICULTURE AND FOOD CHEMESTRY. (U.S.A.) VOL.16 NO.6. 1970. PP. 969-975.

18. WV, VICTOR. "PROTEIN ISOLATE FROM ALKALINE EXTRACCION OF AIR-CLASSIFIED HIGH-PROTEIN SOFT WHEAT FLOUR".
EN: JOURNAL OF FOOD SCIENCE. (U.S.A.). VOL.45 1980. PP. 1383-1386.

19. 1982. "LA ESPIRULINA PRODUCTO NATURAL".
EN: INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICIÓN Y SOSA TEXCOCO. (MÉXICO).

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DE MONTERREY