

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**ESTUDIO SOBRE LA DESHIDRATACION DE
LECHE ENTERA POR EL METODO DE ASPER-
SION EN FORMA DE ESPUMA**

30

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A N

ANGEL GUILLERMO BALLHAUSEN PEZA

JOSE DANIEL DE ALBA GONZALEZ

MEXICO, D. F.

1974



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS. Tesis
NO. 1974
FECH. 14
P. DO. M. 7



JURADO ASIGNADO
ORIGINALMENTE
SEGÚN EL TEMA

PRESIDENTE: I.Q.ENRIQUE GARCIA G.
V O C A L : QUIM.JULIO TERAN Z.
SECRETARIO: I.Q.RUBEN BERRA GARCIA C.
1ER.SUPLENTE: I.Q.CUTBERTO RAMIREZ C.
2Do.SUPLENTE: I.Q.OSCAR H. GALVAN F.

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: FACULTAD DE QUIMICA

SUSTENTANTES:

ANGEL GUILLERMO BALLHAUSEN PEZA

JOSE DANIEL DE ALBA GONZALEZ

ASESOR DEL TEMA:

I.Q. ENRIQUE GARCIA GALEANO

INDICE

	PAG.
1) INTRODUCCION	1
2) DIFERENTES METODOS DE SECADO Y DESHIDRATAACION DE LECHE	8
SECADORES DE TAMBOR O RODILLO	9
CLASIFICACION DE SECADORES TIPO TAMBOR TAMBORES	9
FILTRACION DE AIRE PARA EL SECADO POR ASPERSION DE PRODUCTOS DE LECHE	11
ANALISIS DE AREAS DE SUPERFICIE ESPECIFICAS DE POLVOS DE LECHE PRODUCIDOS POR DIFERENTES METODOS DE SECADO	15
DESCRIPCION GENERAL DE SECADO POR ASPERSION	22
CARACTERISTICAS DE SECADORES POR ASPERSION	30
PARTES DE UN SECADOR POR ASPERSION	31
EFFECTIVIDAD DEL SECADOR POR ASPERSION	35
PRODUCCION Y PROPIEDADES DEL SECADO POR ASPERSION EN FORMA ESPUMA DE LA LECHE ENTERA	46
EFFECTOS DE VISCOSIDAD Y TEMPERATURA SOBRE CARACTERISTICAS DE ESPUMAMIENTO DE LECHE CONCENTRADA ENTERA	47
3) DESHIDRATAACION CONTINUA AL VACIO EN FORMA DE ESPUMA.	
DISEÑO DEL ORIFICIO DE ALIMENTACION	66
EFFECTOS DE LAS VARIABLES DE SECADO	67
ABERTURA DEL ORIFICIO	70
CONDICIONES OPTIMAS DE SECADO	71
EXPERIMENTACION Y SIMULACION DE MODELOS MATEMATICOS	75
TRATAMIENTO DE MODELOS MATEMATICOS	81
PLANTA PILOTO	84
OPERACION	91
ESCALAMIENTO	96
4) CONTROL DE CALIDAD	
FACTORES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DEL SABOR DE LECHE ENTERA SECADA EN FORMA ESPUMA	104
EFFECTO DEL NIVEL DE OXIGENO	104
EFFECTO DEL CALENTAMIENTO DE LA LECHE ANTERIOR AL SECADO	109
EFFECTO DE LOS ANTIOXIDANTES	113
EFFECTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL POLVO Y OXIGENO EN EL EMPAQUE A DIFERENTES TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO	117

	PAG.
FACTORES QUE INFLUENCIAN LA SOLUBILIDAD INSTANTANEA	122
EFFECTO SOBRE LA CALIDAD DEL PRODUCTO DE LA CIRCULACION CRUZADA DE AIRE EN EL SECADO DE ESPUMA DE LECHE ENTERA	125
EFFECTO DE LA TECNICA DE ELIMINAR OXIGENO SOBRE LA ESTABILIDAD DE SABOR DE ESPUMAS DE LECHE ENTERA SECADAS POR ASPERSION A BAJO CALOR	127
COMPARACION DE METODOS PARA DETERMINAR LA HUMEDAD DE LECHE ENTERA SECA, KARL FISCHER Y DESTILACION DE TOLUENO	131
EFFECTO DE POLUCION DE AIRE CON OZONO SOBRE EL SABOR DE LECHE SECADA POR ASPERSION	135
EFFECTO DEL AIRE FILTRADO CONTAMINADO CON OZONO A TRAVES DE CARBON ACTIVADO SOBRE EL SABOR DE LA ESPUMA DE LECHE ENTERA SECADA POR ASPERSION	139
INCREMENTO DE PEROXIDO DE GRASA DE LECHE DURANTE LA FABRICACION DE POLVOS DE ESPUMA SECADA POR ASPERSION	142
RESISTENCIA AL CALOR DE LA SALMONELLA EN EL SECADO DE LECHE	144
RESUMEN Y CONCLUSIONES	150
BIBLIOGRAFIA	153

DEBIDO A LA PRECARIA DISTRIBUCIÓN DE LECHE FLUIDA EN NUESTRO PAÍS, SURGE LA OBTENCIÓN DE LA LECHE ENTERA EN POLVO, COMO FORMA DE MEJORAR LA DISTRIBUCIÓN DE ESTE ALIMENTO EN ZONAS ALEJADAS DE LAS REGIONES PRODUCTORAS, POR LO QUE SU TRANSPORTE COMO FLÚIDO OCASIONA PROBLEMAS DE TIPO TÉCNICO Y ECONÓMICO.

DESDE LA ÉPOCA DE MARCO POLO (1254-1324), SE HA EMPLEADO EL SISTEMA DE DESHIDRATAR LA LECHE PARA TENER ESTE ALIMENTO EN FORMA DISPONIBLE EN CUALQUIER TIEMPO Y LUGAR.

A PARTIR DE ESTA FECHA SE HAN SEGUIDO DIFERENTES MÉTODOS PARA LA OBTENCIÓN DE LECHE EN POLVO, SIN EMBARGO, HA SIDO HASTA LAS DOS ÚLTIMAS DÉCADAS CUANDO SE HA INCREMENTADO LA INVESTIGACIÓN ACERCA DEL PROCESO PARA SECAR LECHE, QUE, AL REHIDRATARLA REUNA LAS CARACTERÍSTICAS QUE SE APROXIMEN MÁS A LAS DE LA LECHE LÍQUIDA FRESCA.

ESTOS MÉTODOS SE PUEDEN RESUMIR EN LOS SIGUIENTES: SECADO POR TAMBORES, SECADO POR ASPERSIÓN, SECADO POR ASPERSIÓN EN FORMA ESPUMA Y FINALMENTE SECADO DE LECHE ENTERA POR ASPERSIÓN AL VACÍO EN FORMA ESPUMA.

EN EL MÉTODO DE FABRICACIÓN COMERCIAL SURGEN PROBLEMAS COMO AGLOMERACIÓN DE PARTÍCULAS DE POLVO DE LECHE ACOMPAÑADAS DE HUMEDAD EN LA SUPERFICIE, AGLUTINAMIENTO Y POSTERIORMENTE LA REHIDRATACIÓN, TODOS ESTOS FACTORES AFECTAN LAS CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO COMO SON EL SABOR, HUMECTABILIDAD, HUNDIMIENTO, DISPERSABILIDAD, Y OTROS -- QUE SERÁN TRATADOS MÁS ADELANTE.

LA LECHE ES UN ALIMENTO UNIVERSAL Y EL MÁS CERCANO A LA PERFECCIÓN, Y SU COMPOSICIÓN MEDIA ES APROXIMADAMENTE:

AGUA	87.4%
GRASAS	3.9%
PROTEÍNAS	3.2%
LACTOSA	4.8%
MINERALES	0.7%

O DE OTRO ANÁLISIS:

AGUA	87.0%
CENIZAS	0.7%
GRASAS	4.0%
PROTEÍNAS	3.3%

HIDRATOS DE CARBONO 5.0%

PROTEÍNAS.— EN LA LECHE SE ENCUENTRAN 3 PROTEÍNAS, CASEÍNA, ALBÚMINA Y GLOBULINA. LA CASEÍNA, QUE ES LA MÁS IMPORTANTE DE LA LECHE, NO SE ENCUENTRA EN NINGÚN OTRO LUGAR DE LA NATURALEZA.

AZÚCAR DE LECHE O LACTOSA ($C_{12}H_{22}O_{11}$).— EL AZÚCAR DE LECHE SE FORMA POR LA UNIÓN DE DOS AZÚCARES SIMPLES, GLUCOSA Y GALACTOSA.

GRASAS.— LA GRASA DE LA LECHE ES UNA MEZCLA DE GRASAS COMPUESTAS POR GLICÉRIDOS DE 10 O MÁS ÁCIDOS GRASOS. ES RICA EN ENERGÍA Y ES DE LAS GRASAS MÁS FÁCILMENTE DIGERIBLES.

ENTRE LAS VITAMINAS SE ENCUENTRAN, A, D Y E, ADEMÁS TODAS LAS DEL GRUPO B.

LOS MINERALES COMPRENDEN SOBRE TODO FOSFATO DE CALCIO, POTASA, SODA, MAGNESIO Y HIERRO EN FORMA DE FOSFATOS O DE CLORUROS.

A CONTINUACIÓN SERÁN REVISADOS LOS DIFERENTES MÉTODOS EXISTENTES PARA EL SECADO DE LECHE ENTERA, HACIENDO UNA COMPARACIÓN ENTRE ELLOS Y PODER DE ESTA FORMA SELECCIONAR EL QUE DE LUGAR A UN PRODUCTO QUE REUNA LAS MEJORES CARACTERÍSTICAS DESEABLES.

EN SEGUIDA SE DAN ALCUNOS AVANCES DE LOS ÚLTIMOS 25 AÑOS EN EL MEJORAMIENTO DEL SECADO DE LA LECHE ENTERA:

CALIDAD DEL SABOR.— LOS SABORES ASOCIADOS CON LA LECHE Y CONCENTRADOS DE LECHE PUEDEN SEGUIRSE POR:

- 1) FUERA DE CONTAMINACIÓN DE SUMINISTRO DE LECHE (ALIMENTACIÓN, CALIDAD DE LA LECHE, EQUIPO, ETC).
- 2) CONDICIONES DE PROCESO.
- 3) DETERIORACIÓN DE INGREDIENTES.

EL PRIMERO DE ESTOS SE PUEDE CONTROLAR POR SELECCIÓN Y ES DE MENOR IMPORTANCIA, SI BIEN ELLOS SON ALTAMENTE INFLUENCIANTES EN LA CALIDAD DEL SABOR.

LA SEGUNDA FUENTE DE SABORES AFECTA ALGO A LA TERCERA EN QUE LAS REACCIONES QUÍMICAS SON FRECUENTEMENTE INICIADAS Y RESULTAN EN UNA PÉRDIDA DE SABOR. MUCHAS DE ESAS TÉCNICAS Y CONDICIONES DE PROCESO SE USAN PARA DESARRO--

LLAR SULFIDRILOS, LOS CUALES IMPARTEN SABOR COCIDO PERO DAN MEJOR CALIDAD.

LA TERCERA FUENTE DE SABOR EN PRODUCTOS DE LECHE ES LA MÁS IMPORTANTE EN CUALQUIER CONSIDERACIÓN DEL MEJORAMIENTO DE POLVOS DE LECHE ENTERA. LOS INGREDIENTES DE LA LECHE, ASÍ COMO DESARROLLO DE PÉRDIDA DE SABOR EN GENERAL, PUEDEN CLASIFICARSE COMO GRASA O SEMEJANTE A GRASA Y LACTOSA-PROTEÍNA.

GRASA Y SABOR.- LOS TRATAMIENTOS DE PRECALENTAMIENTO - DE LECHE A MENOS DE 76.6°C POR 20 SEG ACOPLADO CON EL GAS DE EMPAQUE DE LOS POLVOS EN UNA ATMÓSFERA DE MENOS DE 2% DE OXÍGENO HA SIDO EL ÚNICO MÉTODO PARA PREVENIR O CONTROLAR EL DESARROLLO DE SABOR OXIDADO EN EL SECADO DE LECHE ENTERA.

DESARROLLOS DE PÉRDIDA DE SABOR EN POLVO DE LECHE ENTERA ASOCIADO CON LA FASE GRASA SE HACE PRINCIPALMENTE POR: 1) REARRECLAMIENTO QUÍMICO DE CIERTOS ÁCIDOS GRASOS COMO UN RESULTADO DEL CALOR Y HUMEDAD INDEPENDIEMENTE DEL OXÍGENO, LA PRODUCCIÓN DE COMPUESTOS CARBONÍLICOS COMO UN RESULTADO DE OXIDACIÓN DE LA GRASA Y MATERIALES GRASOS.

SE HA ESTABLECIDO DESARROLLO DE SABOR A FRUTAS Y COCO EN PRODUCTOS DE LECHE CONTENIENDO GRASA CON EL RESULTADO DEL REARRECLAMIENTO QUÍMICO DE ÁCIDOS HIDROXIGRASOS - POR EL TRATAMIENTO DE CALOR PARA FORMAR LACTONAS. LOS DOS MÁS IMPORTANTES DE ESTOS SON LA DELTA-DODECA-LACTONA (SABOR A FRUTAS) Y LA DELTA-DECA-LACTONA (SABOR A COCO).

GRASA-RANCIO.- TIPOS DE SABORES OXIDADOS Y CERAS HAN MOSTRADO ESTAR CONECTADOS CON METILCETONAS PRODUCIDAS POR LA ACCIÓN DEL CALOR, EN LA PRESENCIA DE HUMEDAD, EN BETA-CETOHIDROXIÁCIDOS Y SUS ÉSTERES. LAS LACTONAS Y METILCETONAS SE FORMAN POR TRATAMIENTO DE CALOR INDEPENDIENTE - DE OXÍGENO, SI BIEN EL OXÍGENO PODRÍA FORMAR PARTE EN LA FORMACIÓN DE SUS PRECURSORES.

PÉRDIDA DE SABOR (OXIDADO, SEBO, ACEITE, METÁLICO, RANCIO, ETC) ASOCIADOS CON DETERIORACIÓN DE GRASA DE LECHE SE HA DEMOSTRADO QUE DEPENDEN DE LA CONCENTRACIÓN Y CLASE DE GRUPOS CARBONILO PRESENTES. LOS CARBONILOS QUE AUM

MENTAN LA OXIDACIÓN DE LOS FOSFOLÍPIDOS SON ALCO DIFERENTES DE AQUELLOS DE LECHE Y SON FILTRADOS PARA DAR SUBIDA A SABORES A CARULINA Y OXIDADO.

PÉRDIDAS DE SABOR AUMENTANDO DE OXIDACIÓN DE MATERIALES GRASOS DE LECHE SON EN SU MAYORÍA, COMPUESTOS MONOCARBONÍFICOS VOLÁTILES SATURADOS E INSATURADOS, CONTENIENDO - MÁS DE 18 ÁTOMOS DE CARBONO.

LACTOSA-PROTEÍNA Y SABOR. LOS SISTEMAS CONTENIENDO AZÚCARES Y PROTEÍNAS REDUCIDAS EN LA PRESENCIA DE HUMEDAD Y BAJO LA INFLUENCIA DE CALOR, EXPERIMENTARON UNA INTERACCIÓN INGREDIENTE CONOCIDA COMO LA REACCIÓN DE EMPARDECIMIENTO O REACCIÓN MAILLARD RESULTANDO EN UNA PÉRDIDA DE SABOR Y EVENTUALMENTE DESARROLLO DE COLOR CAFÉ. LA PÉRDIDA DE SABOR POR ESTA REACCIÓN GENERALMENTE SE DESCRIBE COMO CEREAL, RANCIO, ETC.

LA REACCIÓN DE EMPARDECIMIENTO DE LA LECHE PARECE SER DEPENDIENTE DE LOS GRUPOS CARBONILO DE PRODUCTOS DE DEGRADACIÓN DE LACTOSA Y LOS GRUPOS AMINO DE LA CASEÍNA O AMINOÁCIDOS LIBRES. HAY ALGUNA POSIBILIDAD DE QUE LOS GRUPOS AMINO DE LOS FOSFOLÍPIDOS TOMEN PARTE, TAMBIÉN LA PARTICIPACIÓN DEL ÁCIDO DEHIDROASCÓRBICO.

LA REACCIÓN DE EMPARDECIMIENTO ES UN PROCESO COMPLICADO. VA HASTA LA CONDENSACIÓN DE AMINO-AZÚCARES, REARREGLAMIENTO DE ÁMADORI Y PASOS DE DEGRADACIÓN, SE FORMAN COMPUESTOS DE LA INTERACCIÓN DE GRUPOS CARBONILO Y AMINO LOS QUE RESULTAN EN DESARROLLO DE PÉRDIDA DE SABOR Y COLOR. HAY TAMBIÉN SUBPRODUCTOS DE EMPARDECIMIENTO.

SE HAN DESARROLLADO VARIAS TÉCNICAS PARA INHIBIR EL EMPARDECIMIENTO DE LA LECHE. ESTO INCLUYE:

1) GRUPOS -SH, 2) ANTIOXIDANTES, 3) EMPACADO EN GAS INERTE, 4) FORMALDEHÍDO, 5) BISULFITO DE SODIO, 6) DIÓXIDO DE AZUFRE, 7) PERÓXIDO DE HIDRÓGENO. LOS PREVENTIVOS MÁS IMPORTANTES PARECEN SER BAJA HUMEDAD, BAJO OXÍGENO, SUFICIENTE CALOR PARA UN SEARROLLO ÓPTIMO DE -SH Y MÍNIMOS TIEMPOS Y TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO.

UN PASO HACIA EL CONTROL DEL SABOR RANCIO SE HA DADO EN PROCEDIMIENTO DE CAMBIO DE IONES POR EL CUAL LOS IONES ACÍDICOS, AMINOÁCIDOS, UREA, CUANIDINA, ÁCIDO ÚRICO, PÉP-

TIDOS, ETC. LOS CUALES SON IMPORTANTES EN LA REACCIÓN PROTEÍNA-LACTOSA. SE REAJUSTA EL PH CON ÁCIDO CÍTRICO O CLORHÍDRICO Y LAS SALES SE ALMACENAN O REALMACENAN COMO CITRATOS, CLORUROS Y FOSFATOS SEGÚN EL TRATAMIENTO. SE REPORTA QUE EL ENRANCIAMIENTO NO OCURRE EN LOS POLVOS.

TRATAMIENTO DE CALOR.- EL TRATAMIENTO DE CALOR PARA LA LECHE FLUIDA PARA LA PRODUCCIÓN DE POLVO ES NECESARIO PARA ASEGURAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL SABOR DURANTE ALMACENAMIENTO PROLONGADO. EL GRADO DE CALOR SE DICTA POR EL REQUERIMIENTO PARA LA DESTRUCCIÓN DE ENZIMAS Y BACTERIAS; EL NIVEL DESEADO DE PRODUCCIÓN DE GRUPOS -SH; Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE PROCESO DE CALENTAMIENTO.

LA MARCA MEDIA DE SABOR Y VIDA DE ALMACENAMIENTO DE POLVOS EMPACADOS EN AIRE PUEDEN SER MEJORADOS POR ADICIÓN DE CIERTOS ANTIOXIDANTES A UN NIVEL DE 0.01% EN PRODUCTO SECO. ENTRE LOS COMPUESTOS EFECTIVOS ESTAN GALATO DE LAURILO, GALATO DE PROPILO Y NDGA.

LA HUMECTABILIDAD Y DISPERSABILIDAD DE PARTÍCULAS DE POLVO DE LECHE ENTERA ESTÁN INFLUENCIADAS POR:

- A) ESTADO FÍSICO GENERAL DE LA GRASA.
- B) USO DE VARIOS AGENTES DE SUPERFICIE ACTIVOS.
- C) CONSTRUCCIÓN FÍSICA-TAMAÑO Y DENSIDAD DE LA PARTÍCULA DE POLVO.

SE HA EXPERIMENTADO QUE PROPIEDADES HIDROFÍLICAS EXCESIVAS DE LA CASEÍNA AFECTAN ADVERSAMENTE LA HUMECTABILIDAD.

INFLUENCIA DE LA GRASA.- LA GRASA NORMAL DE LECHE ES UNA MEZCLA DE GRASAS DE PUNTOS DE FUSIÓN DE ABAJO DE 4.4 A 43.3°C CON UN PUNTO DE FUSIÓN PROMEDIO DE 86°F. (30°C).

GRASA LIBRE Y MIGRACIÓN DE GRASA EN POLVOS DE LECHE ENTERA ES EL RESULTADO DE LA RUPTURA DE LA MEMBRANA DEL GLOBULO DE GRASA DURANTE Y DESPUÉS DE LA OPERACIÓN DE SECADO. MIGRACIÓN DE LA GRASA NORMAL PROMEDIO (P.F. 86°F) RESULTA EN LA FORMACIÓN DE UNA PELÍCULA REPELENTE DE AGUA ALREDEDOR DE LAS PARTÍCULAS DE POLVO A TEMPERATURAS ABAJO DEL PUNTO DE FUSIÓN.

(7)

LA MIGRACIÓN DE GRASA PUEDE REDUCIRSE POR HOMOGENEIZACIÓN, ATOMIZADORES CENTRÍFUGOS O DE BAJA PRESIÓN, BAJA TEMPERATURA DE SECADO, DISMINUCIÓN DEL CONTENIDO DE GRASA DEL POLVO, ENFRIAMIENTO RÁPIDO DEL POLVO DESPUÉS DE SECARLO Y ALMACENAMIENTO A TEMPERATURAS QUE MANTENGAN LA GRASA EN ESTADO SÓLIDO.

PARA MÁXIMA FACILIDAD DE DISPERSIÓN PARA POLVOS DE LECHE ENTERA SE ALCANZA A UNA DENSIDAD GLOBAL DE ALREDEDOR DE 0.36 g/ML. LA DISPERSABILIDAD DECRECE LENTAMENTE COMO LA DENSIDAD SE INCREMENTA A 0.58 g/ML Y RÁPIDAMENTE PASANDO ESTE VALOR.

DIFERENTES METODOS DE SECADO Y DESHIDRATACION DE LECHE

SECADORES DE TAMBOR O RODILLO

LOS PRODUCTOS DE LECHE SE PUEDEN SECAR COMO UNA PELÍCULA FINA SOBRE UN TAMBOR ROTATORIO CALENTADO INTERNAMENTE CON VAPOR. EL PRODUCTO SE QUITA DEL EXTERIOR POR MEDIO DE UNA HOJA DOCTOR. EL PROCESO USUALMENTE SE CONOCE COMO SECADO TAMBOR, SECADO ROTATORIO O TAMBIÉN COMO SECADO PELÍCULA. EN SECADOR DE TAMBOR, EL PRODUCTO ENTRA COMO LÍQUIDO Y SALE COMO SÓLIDO. EL SECADO TAMBOR REQUIERE MENOS ESPACIO Y ES MÁS ECONÓMICO QUE EL SECADO POR ASPERSIÓN PARA VOLÚMENES PEQUEÑOS. LAS MAYORES DESVENTAJAS DEL SECADO TAMBOR SON QUE EL PRODUCTO SECO PUEDE TENER SABOR A QUEMADO O SEA QUEMADURES, SOBRE EL PRODUCTO Y LA SOLUBILIDAD ES MUCHO MÁS BAJA DEBIDO A LA DESNATURALIZACIÓN DE LAS PROTEÍNAS.

CLASIFICACION DE SECADORES TIPO TAMBOR

LOS SECADORES TIPO TAMBOR SE PUEDEN CLASIFICAR DE ACUERDO A LA FIG.(1)

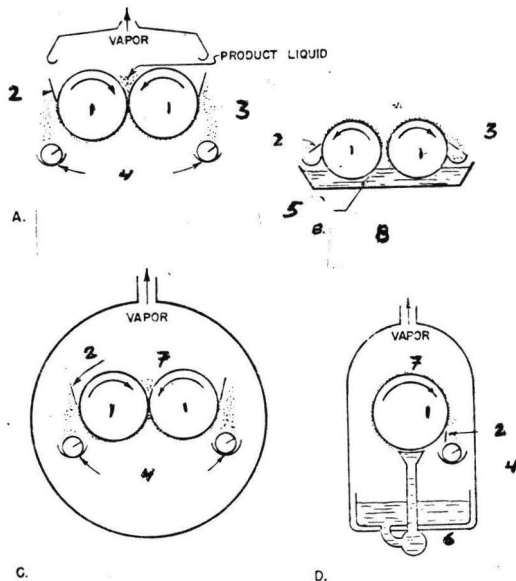


FIG. 1 TIPOS DE SECADORES TAMBOR EN INDUSTRIA LECHEIRA

- 1.- TAMBORES
- 2.- CUCHILLA
- 3.- PRODUCTO SECO
- 4.- TRANSPORTADOR
- 5.- PRODUCTO LÍQUIDO
- 6.- BOMBA
- 7.- VACÍO
- A.- TAMBOR DOBLE ALIMENTACIÓN SUPERIOR
- B.- TAMBORES GEMELOS
- C.- DOBLE TAMBOR VACÍO
- D.- TAMBOR SIMPLE VACÍO.

I) NÚMERO DE TIPO DE CONSTRUCCIÓN DE TAMBOR COMO (A) TAMBOR SIMPLE, (B) TAMBOR GEMELO, (C) UNIDAD DE DOBLE TAMBOR.

II) PRESIÓN A LOS ALREDEDORES DEL PRODUCTO: (A) ATMOSFÉRICA, (B) VACÍO.

III) DIRECCIÓN DE ROTACIÓN DE UNA UNIDAD GEMELA O DOBLE TAMBOR: (A) LOS TAMBORES PUEDEN GIRAR AL CENTRO Y AFUERA HASTA EL TOPE COMO EN LA UNIDAD DE TAMBOR GEMELO, (B) -- LOS TAMBORES PUEDEN GIRAR AL CENTRO Y JUNTOS HASTA EL TOPE O MÁXIMO COMO EN UNA UNIDAD DE DOBLE TAMBOR.

IV) MÉTODO DE COLOCACIÓN DE PRODUCTO SOBRE LA SUPERFICIE DEL TAMBOR: (A) DEPÓSITO O RESERVA ARRIBA PARA LA ALIMENTACIÓN SUPERIOR, (B) ALIMENTACIÓN ESPREADA O ROCIADA, -- (C) ENTRADA ABAJO PARA UNA ALIMENTACIÓN INCLINADA O SUMERGIDA, (D) DEPÓSITO ABAJO PARA ALIMENTACIÓN EN CHAROLA.

V) MÉTODO DE OBTENER VACÍO PARA UNA UNIDAD DE SECADOR -- TAMBOR AL VACÍO A USARSE: (A) UN EYECTOR CON VAPOR, (B) BOMBA DE VACÍO.

VI) MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN; (A) ACERO, (B) ALEACIÓN DE ACERO, (C) ACERO INOXIDABLE, (D) HIERRO FUNDIDO, (E) CROMO O ACERO NIQUEL- PLATEADO. SE USA COMUNMENTE HIERRO FUNDIDO. EL USO ES EXCESIVO CON TAMBORES DE ACERO INOXIDABLE.

EL METAL USADO PARA LA CUCHILLA DEBE SER MÁS BLANDO --

QUE EL DEL TAMBOR.

EL SECADOR DE DOBLE TAMBOR ATMOSFÉRICO ES EL MÁS FRECUENTEMENTE USADO EN LAS INDUSTRIAS LECHERAS.

FLUJO DE PRODUCTO.-

EL PRODUCTO SE PUEDE PONER EN SU FORMA NATURAL O CONDENSADO EN UN RECIPIENTE AL VACÍO O EVAPORADO ANTES Y ESTE SE ALIMENTA AL SECADOR DE TAMBOR. USUALMENTE LA LECHE SE PRECONDENSA PARA UNIDADES DE TAMBOR SIMPLE.

SE PUEDE USAR UN RECURSO PARA PROVEER UNA PELÍCULA FINA SOBRE LOS TAMBORES ROTANTES. LA HOJA DOCTOR, UNA CUCHILLA DURA Y FLEXIBLE, RASPA EL MATERIAL SECO DEL TAMBOR. LA HOJA SE COLOCA EN UN ÁNGULO DE 15 A 30° CON LA SUPERFICIE. LA PELÍCULA DE LA LECHE SECA FORMA UNA CAPA CONTÍNUA DE LA CUCHILLA AL DEPÓSITO A TRAVÉS DEL CUAL ESTA CERCA DEL NIVEL CON EL FONDO DEL TAMBOR. EL DEPÓSITO PARA CADA TAMBOR DESCARGA EL PRODUCTO EN ELEVADORES, ENTONCES UN MOLINO DE MARTILLOS PULVERIZA EL PRODUCTO, Y SE CLASIFICA. DESPUÉS EL PRODUCTO SECO SE EMPACA Y ALMACENA.

TAMBORES

DESCRIPCIÓN.- EL SECADOR ATMOSFÉRICO DE DOBLE TAMBOR SE USA MÁS COMUNMENTE PARA SECADO DE LECHE. LOS SECADORES DE TAMBOR SIMPLE Y GEMELO SE USAN MÁS CONTÍNUAMENTE PARA PRODUCTOS QUÍMICOS. EL SECADOR DE TAMBOR AL VACÍO SE UTILIZA PARA ALIMENTOS Y LECHE. EL LADO DE ADENTRO DEL TAMBOR SE CALIENTA CON VAPOR A BAJA PRESIÓN. PARA EL SECADO AL VACÍO EN TAMBOR, EL VOLUMEN ENTRE EL TAMBOR Y EL AJAMIENTO EN LOS ALREDEDORES DEL TAMBOR SE MANTIENE DE 28.58 A 73.66 CM DE Hg AL VACÍO. LA TEMPERATURA DEL PRODUCTO ALCANZA LA DEL VAPOR DEL MEDIO DE CALENTAMIENTO.

LOS TAMBORES USADOS PARA SECAR SON DE 80.0 A 237.12 CM DE DIÁMETRO Y MÁS DE 3.65 M. DE LONGITUD. LOS TAMBORES DEBEN SER HECHOS CUIDADOSAMENTE DENTRO Y FUERA, DE OTRO MODO UNA DIFERENCIA EN ESPESOR MODIFICARÁ LA TRANSFERENCIA DE CALOR Y EL SECADO NO SERÁ UNIFORME. LA VELOCIDAD DEL TAMBOR ES AJUSTABLE DE 6 A 24 RPM USUALMENTE; SIN EMBARGO EL RANGO DE VELOCIDAD PUEDE SER DE 1 A 36 RPM. UNA

UNIDAD DE DOBLE RODILLO DE 81.28 POR 304.80 CM. DEBERÁ TENER UN MOTOR DE 15 HP.

LA VELOCIDAD DEL TAMBOR AFECTA (A) EL ESPESOR DE LA PELÍCULA, (B) EL TIEMPO QUE EL PRODUCTO ESTÁ SOBRE EL RODILLO.

EL PRODUCTO SE QUITA DESPUÉS DE $3/4$ A $7/8$ DE UNA REVOLUCIÓN DEL TAMBOR.

EL PRODUCTO ESTÁ EN CONTACTO CON EL TAMBOR 3 SEG. O MENOS.

UN TAMBOR DE UN SECADOR DE DOBLE TAMBOR SE MONTA SOBRE UN SENTADO ESTACIONARIO. EL OTRO TAMBOR SE MONTA EN UN SENTIDO EL CUAL PUEDA MOVERSE PARA PROVEER EL ESPACIO DE SEADO ENTRE TAMBORES.

EL ESPACIO ENTRE TAMBORES DE UN SECADOR DE DOBLE CILINDRO ES CERCA DE 0.0508 A 0.1032 CM. CUANDO EL TAMBOR ESTÁ FRÍO. EL NIVEL DE LECHE ENTRE LOS TAMBORES AFECTA LA CAPACIDAD DE LA UNIDAD Y SE DESIGNA POR LA DISTANCIA ARRIBA DE LA LÍNEA CENTRAL DE LOS TAMBORES. EL PRODUCTO ESTÁ CONTENIDO SOBRE LOS TAMBORES CON PLATOS FINALES.

HUMEDAD REMOVIBLE.- LA PÉRDIDA DE HUMEDAD SE HACE POR CIRCULACIÓN DE AIRE LA CUAL SACA SIEMPRE LA HUMEDAD ARRIBA DE LA UNIDAD. EN UN TAMBOR DOBLE EL PRODUCTO ENTRA ARRIBA DEL DEPÓSITO O RECIBIDOR CON UN 9% DE SÓLIDOS Y SALE DE 12 A 16% DE SÓLIDOS TOTALES. SE DEBE PONER UNA CAMPANA SOBRE EL DEPÓSITO O RECIBIDOR EL CUAL ESTÁ ARRIBA Y ENTRE LOS TAMBORES. SE DEBE EVITAR UN AUMENTO EXCESIVO DE AIRE DE FLUJO, DEBIDO A QUE ESTO CAUSA BAJA EFICIENCIA POR EL RÁPIDO ENFRIAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE LOS TAMBORES Y DEL PRODUCTO.

FLUJO DE VAPOR.- EL VAPOR SE ALIMENTA EN EL CENTRO DE LOS TAMBORES EN EXTREMO DEL EJE CENTRAL. LA PRESIÓN DE VAPOR ARRIBA DE 6.12 ATM. SE UTILIZA CON VAPOR SATURADO SECO ARRIBA DE 148.88°C. EL VAPOR SOBRE CALENTADO DEBE EVITARSE. COMO EL CALOR ES REMOVIDO DEL VAPOR, EL VAPOR SE CONDENSA. EL LÍQUIDO CONDENSADO PASA AL FONDO DEL TAMBOR Y SE PUEDE SACAR POR UNA BOMBA O SIFÓN. INUNDÁNDOSE EL LADO DE ADENTRO DEL TAMBOR CON CONDENSADO SE REDUCE -

LA VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA DE CALOR. POR LO QUE EL --
CONDENSADO SE SACA RÁPIDAMENTE A MEDIDA QUE SE ACUMULA --
EN EL FONDO, FIG (2)

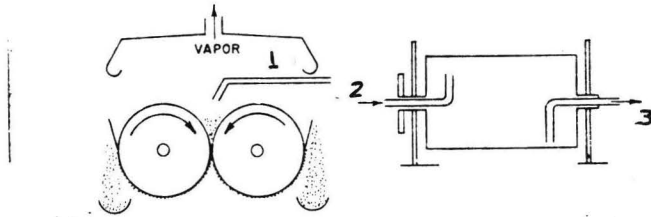


FIG 2. FLUJO DE VAPOR Y CONDENSADO PARA SECADOR --
TIPO TAMBOR.

- 1.- ENTRADA DE LECHE.
- 2.- ENTRADA DE VAPOR.
- 3.- SALIDA DE CONDENSADO.

FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE UN SECADOR DE --
TAMBOR.- HILLMAN Y WARREN (1959) Y UN INVESTIGADOR ANTE-
RIOR HARCOURT (1938) ESTUDIARON LAS VARIABLES QUE AFECTAN
LA VELOCIDAD DEL SECADO DE UN TAMBOR DOBLE ATMOSFÉRICO --
DE 71.12 POR 152.40 CM. LAS QUE ESTÁN ENLISTADAS EN LA TA-
BLA I.

TABLA I

EFFECTO DEL INCREMENTO DE VARIABLES SOBRE EL COMPORTAMIENT-
O DE UN SECADOR DE DOBLE TAMBOR ATMOSFÉRICO.

<u>VARIABLES INCREMENTADAS</u>				
	PRESIÓN VAPOR	TEMPERATURA ALIMENTACIÓN	TAMBOR RPM.	DISTANCIA ENTRE TAM- BORES
ESPESOR DE PELÍCULA	INCRE- MENTA	INCRMENTA	DECRECE	INCREMEN- TA
EVAPORACIÓN ENTRE TAMBO- RES	"	DECRECE	INCRE-- MENTA	DECRECE
EVAPORACIÓN				

EVAPORACIÓN EN TAMBOR	INCREMENTA	INCREMENTA	DECRECE	INCREMENTA
TRANSFERENCIA TOTAL DE CALOR	"	NO CAMBIA	NO CAMBIA	NO CAMBIA
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL POLVO	DECRECE	DECRECE	INCREMENTA	INCREMENTA
PRODUCCIÓN DE PRODUCTO SECO	INCREMENTA	INCREMENTA	INCREMENTA	INCREMENTA

LOS CAMBIOS SE HACEN DE LAS SIGUIENTES CONDICIONES ESTANDARD:

- PRESIÓN DE VAPOR 4.081 ATM, VELOCIDAD DE TAMBOR 15 RPM, ABERTURA DE TAMBOR 0.1032 CM, NIVEL DE LECHE 25.4 CM ARRIBA DEL CENTRO DE LOS TAMBORES, TEMPERATURA DE ALIMENTACIÓN DE LA LECHE 72.22°C, LECHE INTRODUCIDA 3.5% DE GRASA Y 12% DE SÓLIDOS TOTALES. LOS RESULTADOS OBTENIDOS SON:
- TEMPERATURA DE ALIMENTACIÓN DE LA LECHE. A MEDIDA QUE LA TEMPERATURA DE LA LECHE AUMENTA DE 48.88°C A 72.22°C LA VELOCIDAD DE SECADO INCREMENTA PROPORCIONALMENTE CERCA DE 2.2% POR CADA 5.55°C. INCREMENTANDO EN TEMPERATURA DE ALIMENTACIÓN CON PEQUEÑOS AUMENTOS ARRIBA DE LOS 72.22°C.
- (2) ALTURA DE LA LECHE.- INCREMENTANDO LA ALTURA DE LA LECHE DE 25.4 A 30.48 CM. DA UN INCREMENTO EN LA VELOCIDAD DE SECADO DE 10%.
- (3) ABERTURA DE TAMBOR.- LA ABERTURA DEL RODILLO SE DEBE AJUSTAR ENTRE 0.0508 Y 0.10922 CM. SI EL TAMBOR ES MÁS AMPLIO PUEDE HABER ESCAPE. EL ESPESOR DE LA PELÍCULA SOBRE EL TAMBOR SE RELACIONA DIRECTAMENTE A LA DISTANCIA ENTRE LOS DOS TAMBORES.
- (4) VELOCIDAD DE TAMBOR.- SOLAMENTE UN LENTO INCREMENTO EN LA VELOCIDAD DE SECADO SE LOGRÓ CUANDO LA VELOCIDAD DEL TAMBOR SE INCREMENTÓ DE 12 A 19 RPM. A MEDIDA QUE INCREMENTÓ LA VELOCIDAD LA PELÍCULA SE HIZO MÁS FINA Y LA PRODUCCIÓN FUE APROXIMADAMENTE LA MISMA.

(5) PRESIÓN DE VAPOR.— CON UN INCREMENTO DE PRESIÓN DE VAPOR, LA TEMPERATURA SE INCREMENTA Y CON ESO LA VELOCIDAD DE SECADO SE INCREMENTA. TAMBIÉN SE DEBE EVITAR ALTA PRESIÓN DE VAPOR O VAPOR SOBRE CALENTADO PORQUE QUEMA LA PELÍCULA RESULTANTE. INCREMENTANDO LA PRESIÓN DE VAPOR — DE 3.74 A 4.42 ATM. (150 A 155°C) INCREMENTA LA PRODUCCIÓN DE PRODUCTO SECO APROXIMADAMENTE 10%.

SE PUEDEN USAR VELOCIDADES MÁS ALTAS CON MENOS DIFICULTAD PARA LECHE CONCENTRADA QUE PARA LECHE ENTERA. PARA OBTENER MAYOR CAPACIDAD DE UN SECADO POR TAMBOR PARTICULAR, ES DESEABLE USAR PRODUCTOS CONCENTRADOS.

EL PRODUCTO SE PUEDE DAÑAR Y QUEMAR SI: LA LECHE ENTRANTE (ABASTECIMIENTO) ES DESIGUAL, LA PELÍCULA SE QUITA EN FORMA INCOMPLETA, ALINEADO IMPERFECTO DEL RODILLO, RODILLO ÁSPERO, DEMASIADO ALTA UNATEMPERATURA DEL PRODUCTO — CAUSADA POR DEMASIADO ALTA TEMPERATURA DE VAPOR O DEMASIADO LENTA VELOCIDAD DE TAMBOR.

_____ X _____ X _____ X _____ X _____ X _____ X _____

TAMBIÉN SE TIENEN OTROS TIPOS DE SECADO COMO SON: SECADO POR CONGELACIÓN, SECADO ESPUMA MATE, MÉTODO DE VORTEX, QUE NO SE VERÁN AQUÍ POR NO EMPLEARSE EN EL SECADO DE LECHE. OTRO MÉTODO ES EL SECADO AL VACÍO QUE SE VERÁ ADELANTE EN FORMA DETALLADA.

FILTRACION DE AIRE PARA EL SECADO POR ASPERSION DE PRODUCTOS DE LECHE

RECIENTEMENTE SE ENCONTRÓ CON ORGANISMOS DE SALMONELLA EN LECHE EN POLVO DISPONIBLE PARA CONSUMO HUMANO QUE PUEDE TENER RESULTADOS DESAGRADABLES PARA LA INDUSTRIA DEL SECADO DE LECHE. LA NECESIDAD DE PREVENIR LA CONTAMINACIÓN DE LECHE EN POLVO DE LOS CURSOS POTENCIALES NO PUEDE RESOLVER TODOS LOS PROBLEMAS DADO QUE EL AIRE ESTÁ EN CONTACTO CON EL PRODUCTO EN MUCHOS PUNTOS EN LA PLANTA DE SECADO DE LECHE (EN ESTE CASO SECADO POR ASPERSIÓN). LA CALIDAD DE ESTE AIRE PUEDE SER DE UN SIGNIFICADO PARTICULAR.

LA EXTENSIÓN EN LA CUAL EL AIRE PUEDE JUGAR UN PAPEL EN

CONTAMINACIÓN EN EL SECADO DE LECHE SE ILUSTRA EN LA FIGURA (3)

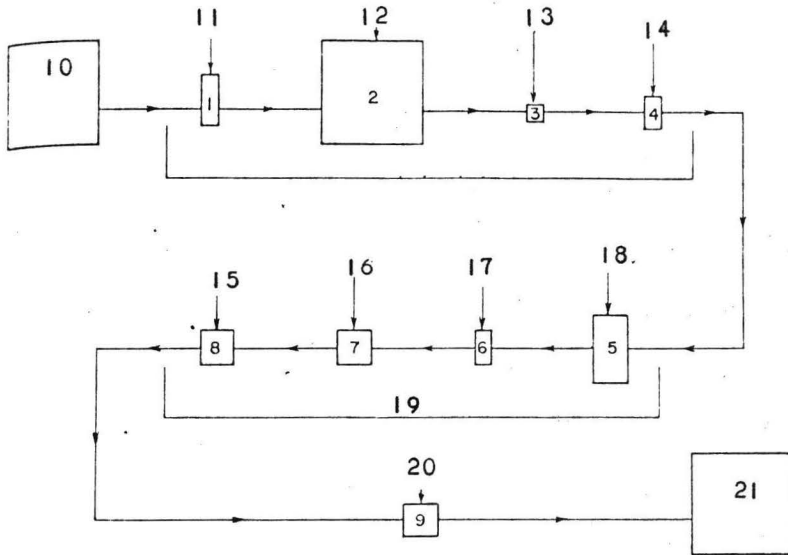


FIG. 3 PUNTOS Y MAGNITUDES RELATIVAS DE CONTACTO PRODUCTO-AIRE DURANTE FABRICACIÓN DE LECHE SECA.

- 10.- PRODUCTO ANTES DE SECARSE.
- 11.- AIRE MEZCLADO CON COMBUSTIBLE SI SE CALIENTA A FLAMA DIRECTA.
- 12.- AIRE CALIENTE AL CAMBIADOR DE SECADO.
- 13.- AIRE PARA RESECADO.
- 14.- AIRE PARA ENFRIAMIENTO Y TRANSPORTE.
- 15.- AIRE CALIENTE PARA COMPLETAR EL RESECADO.
- 16.- CONTACTO DE AIRE AMBIENTE.
- 17.- AIRE CALIENTE PARA RESECADO PARCIAL.
- 18.- AIRE AMBIENTE PARA AGLOMERADOR.
- 19.- INSTANTANIZADO.
- 20.- CONTACTO DE AIRE DURANTE EMPAQUE Y LLENADO.
- 21.- INSTANTANIZADO FINAL LECHE SECA.

LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE FILTRACIÓN DE AIRE CON ESPECIAL REFERENCIA A LOS FACTORES QUE INFLUYEN SU EFICIENCIA SON.

MECANISMOS DE FILTRACIÓN. DE ACUERDO A WHITBY Y LUNDØREN HAY 4 MECANISMOS BÁSICOS QUE CONTRIBUYEN A LA COLECCIÓN DE PARTÍCULAS POR FILTROS FIBRA Y SON:

- (A) DIFUSIÓN BRAWNIANA
- (B) INTERCEPCIÓN
- (C) IMPACTO INERCIAL
- (D) ATRACCIÓN ELÉCTRICA.

UN MECANISMO ADICIONAL (DE ACUERDO CON LA LEY DE STOKES) LO DISCUTE DECKER. LA CONTRIBUCIÓN RELATIVA DE CADA MECANISMO DEPENDE DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA Y LA EFICIENCIA DEL FILTRO TOTAL.

LA DIFUSIÓN BRAWNIANA CONTRIBUYE A COLECTAR PARTÍCULAS CAUSADAS POR LA DESVIACIÓN DEL FLUJO DE LA LÍNEA DE CORRIENTE ALREDEDOR DE LOS FILTROS DE FIBRA. ESTE MECANISMO PARTICULAR SE APLICA PRIMERAMENTE A PARTÍCULAS MUY PEQUEÑAS DE MENOS DE 0.5 MICRAS. EL MOVIMIENTO DE LAS PARTÍCULAS POR INTERSECCIÓN RESULTA CUANDO LA PARTÍCULA NO SE DESVÍA DE LA LÍNEA DE CORRIENTE DE AIRE Y LA LÍNEA DE CORRIENTE LLEVA LA PARTÍCULA AL CONTACTO CON LA FIBRA,. EL IMPACTO INERCIAL CAUSA MOVIMIENTO DE PARTÍCULAS DE AIRE CUANDO LAS PARTÍCULAS SON TAMBIÉN GRANDES PARA SEGUIR LA LÍNEA DE CORRIENTE DE AIRE ALREDEDOR DE UN FILTRO.

FILTRO FIBRA.- ESTE MECANISMO SE APLICA PRIMERAMENTE A PARTÍCULAS MAYORES DE UNA MICRA. EN ALGUNOS CASOS EL AIRE DE ENTRADA DE PARTÍCULA Y EL FILTRO FIBRA TIENEN CARGAS ELÉCTRICAS OPUESTAS CAUSANDO LA DESVIACIÓN DE LA PARTÍCULA DE LA LÍNEA DE CORRIENTE DE AIRE, DEPOSITÁNDOSE SOBRE LA FIBRA. LA FILTRACIÓN DE PARTÍCULAS SE DEBE AL AREGLO GRAVITACIONAL Y SE APLICA GENERALMENTE A PARTÍCULAS GRANDES, PUESTO QUE LA EFICIENCIA AL MOVIMIENTO DE PARTÍCULAS PEQUEÑAS POR ESTE MECANISMO ES MUY BAJO.

CONSIDERACIONES DE DISTRIBUCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULA. ES EVIDENTE CUANDO SE HABLA DE MECANISMO DE FILTRACIÓN - EL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA SE MOVERÁ TENIENDO UNA INFLUENCIA SOBRE LA EFICIENCIA DEL FILTRO. LOS FILTROS EFICIENTES ESTÁN NORMALMENTE DISEÑADOS POR ALGÚN MÉTODO ESTÁNDAR. LOS POLVOS QUE SE FILTRAN GENERALMENTE SIGUEN UNA DISTRIBUCIÓN DE CAMPANA O CURVA DE GAUS APROX. ENTRE LOS TIPOS DE POLVOS SE TIENE COMUNMENTE CENIZA VOLÁTIL, POL-

VOS ATMOSFÉRICOS Y POLVOS COMUNES ETC.

CONSIDERACIONES EN SELECCIÓN DE FILTROS DE AIRE.

HAY 5 FACTORES BÁSICOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR CUANDO SE SELECCIONEMOS UN FILTRO PARA CUALQUIER APLICACIÓN:

- (A) LÍNEA DE LIMPIEZA DE AIRE REQUERIDA.
- (B) CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTÍCULAS DE AIRE DE ENTRADA
- (C) CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS EN EL AIRE.
- (D) VOLUMEN DE AIRE A LIMPIARSE.
- (E) COSTO DE LA INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

SE TIENEN FILTROS DE AIRE DISPONIBLES QUE QUITAN ESENCIALMENTE TODAS LAS PARTÍCULAS (99.97%) DE 0.3 MICRAS; - SIN EMBARGO EL COSTO INICIAL Y DE OPERACIÓN PUEDEN NO SER JUSTIFICADOS. LA CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS DE AIRE DE ENTRADA LLEGA A SER IMPORTANTE EN DOS SITUACIONES:

- 1) ALTAS CONCENTRACIONES TIENDEN A CARGAR LOS FILTROS DE AIRE RÁPIDAMENTE CAUSANDO ALTOS COSTOS DE MANTENIMIENTO,
- 2) LA CARACTERÍSTICA FÍSICA DE LA PARTÍCULA PUEDE INFLUENCIAR LA EFICIENCIA DEL FILTRO, EL CONOCIMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE LA PARTÍCULA ES ESENCIAL. UNA DE LAS MÁS IMPORTANTES ES LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA PUESTO QUE LA EFICIENCIA DE FILTRO DEPENDERÁ DIRECTAMENTE DE ESTA.

DECKER, Y WHITBY Y LUNDGREN CLASIFICARON LOS FILTROS DE AIRE EN CUATRO CATEGORÍAS:

- (A) FILTRO RUGOSO.
- (B) EFICIENCIA MEDIA O COMPORTAMIENTO DE FILTRO.
- (C) ALTA EFICIENCIA O COMPORTAMIENTO DE FILTROS.
- (D) ULTRA ALTA EFICIENCIA O FILTRADO ABSOLUTO.

EL FILTRADO RUGOSO ES EL TIPO COMÚN DE FILTROS DE AIRE QUE SE ENCUENTRA EN HOGARES COMO ACONDICIONADORES DE AIRE Y HORNOS. PUEDEN SER FIBRAS VISCOSAS CUBIERTAS DE METAL, PELO O FIBRA DE VIDRIO, DEL TIPO SECADO COMPUESTO - DE VIDRIO EMPACADO LIBREMENTE, ALGODÓN, ETC. EL PROPÓSITO DE ESTE FILTRO ES QUITAR PARTÍCULAS GRANDES DEL AIRE.

EFICIENCIA MEDIA O COMPORTAMIENTO DE FILTRO DA MEJOR EFICIENCIA PARA PEQUEÑAS PARTÍCULAS USANDO FIBRAS DE VIDRIO COMPRIMIDO, ALTA CALIDAD DE FIBRA DE PAPEL Y PLIZAMIENTO DEL MEDIO PARA MANTENER BAJA VELOCIDAD MEDIA EN ALTAS VELOCIDADES DE FLUJO. ESTE TIPO DE FILTRO SE USA -

PARA QUITAR GRANDES PARTÍCULAS Y PROVEER AIRE RELATIVAMENTE LIMPIO, SE USA COMO PREFILTRO.

ALTA EFICIENCIA O COMPORTAMIENTO DE FILTRO. USUALMENTE TIENE EFICIENCIAS DEL 90%. LA EFICIENCIA INCREMENTADA SE LOGRA USANDO PEQUEÑOS DIÁMETROS DE FIBRAS, DECRECIENDO LA POROSIDAD E INCREMENTANDO EL MEDIO PARA MANTENER BAJA VELOCIDAD MEDIA.

ULTRA ALTA EFICIENCIA O FILTRADO ABSOLUTO. TIENE UNA ÚLTIMA EFICIENCIA DE 99.97% PARA PARTÍCULAS DE 0.3 MICRAS. LOS FILTROS ABSOLUTOS SE CONSTRUYEN DE ASBESTO-CELULOSA, FIBRA DE PAPEL, VIDRIO Y FIBRA DE PAPEL DE ASBESTO-VIDRIO Y MATERIALES SIMILARES. PARA EVITAR QUE ESTE FILTRO TENGA EXCESIVA CARGA SE PUEDEN USAR PREFILTROS. AL AUMENTAR LA EFICIENCIA DE FILTRO SE REQUIERE, PARA MANTENER BAJA VELOCIDAD MEDIA DE VELOCIDADES ALTAS DE FLUJO DE AIRE. ESTO RESULTA EN COSTOS DE FILTRO MÁS ALTOS E INCREMENTA LA CAÍDA DE PRESIÓN (DIFERENCIA ENTRE LA PRESIÓN ESTÁTICA EN LA ENTRADA Y SALIDA DE UN FILTRO). EL INCREMENTO EN LA CAÍDA DE PRESIÓN DE FILTRO PARA CONSEGUIR MÁS ALTAS EFICIENCIAS DE FILTRO SE ILUSTR EN LA FIGURA (4)

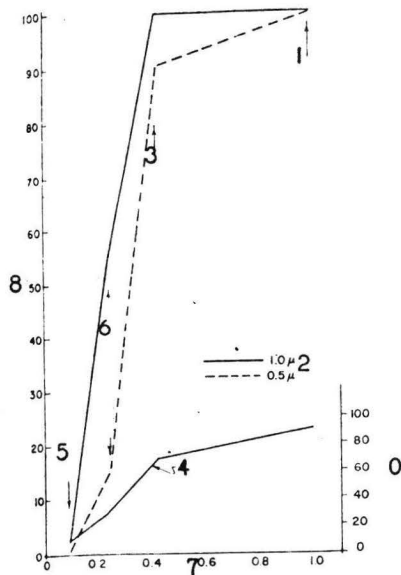


FIG. 4.- INFLUENCIA DE EFICIENCIA DE FILTRO SOBRE LA CAÍDA DE PRESIÓN DE FILTRO.

- 0.- COSTO INICIAL EN DÓLARES DE FILTROS PARA 1200 CFM.
- 1.- FILTRO DE ULTRA ALTA EFICIENCIA.
- 2.- PARTÍCULAS.
- 3.- FILTRO DE ALTA EFICIENCIA.
- 4.- USE LOS EJES VERTICALES SOBRE LA DERECHA PARA ESTA CURVA.
- 5.- FILTRO RUGOSO.
- 6.- FILTRO DE EFICIENCIA MEDIA.
- 7.- CAÍDA DE PRESIÓN INICIAL, PULGADAS DE AGUA.
- 8.- POR CIENTO DE EFICIENCIA DE COLECCIÓN.

LOS VALORES DE CAÍDA DE PRESIÓN REPRESENTAN LA RESPUESTA AL TIEMPO DE INSTALACIÓN, LA CAÍDA DE PRESIÓN DE LOS FILTROS DEBERÁ INCREMENTAR CON EL USO. EN GENERAL LAS EFICIENCIAS DEL FILTRO CONSIGUEN INCREMENTAR RÁPIDAMENTE DE MENOS DE 5 A MÁS DE 90% Y LA CAÍDA DE PRESIÓN INCREMENTA DE 0.254 A 1.016 CM DE COLUMNA DE AGUA. SIN EMBARGO LA CAÍDA DE PRESIÓN DOBLA ENTONCES INCREMENTOS DE EFICIENCIA DE 90 A 99.9%. LA INFLUENCIA DE TAMAÑO DE PARTÍCULA SE ILUSTRAN EN LA FIGURA (4) Y REVELA LA EXTENSIÓN A LA CUAL VARÍA CON EL TIPO O CATEGORÍA DEL FILTRO. LOS FILTROS RUGOSOS TIENEN BAJA EFICIENCIA PARA PARTÍCULAS DE 0.5 Y 1 MICRA PERO TIENEN EFICIENCIA DE 98% PARA PARTÍCULAS DE 10 MICRAS. LA EFICIENCIA DEL FILTRO MEDIO TIENE SOLAMENTE 15% DE EFICIENCIA PARA PARTÍCULAS DE 0.5 MICRAS Y 50% PARA PARTÍCULAS DE 1 MICRA, LOS FILTROS DE ALTA EFICIENCIA SON BUENOS CON TAMAÑOS DE PARTÍCULA MENORES DE 1 MICRA. SE ENCUENTRA UNA DEFICIENCIA DEL 10% CUANDO SE COMPARA CON PARTÍCULAS DE UNA Y 0.5 MICRAS RESPECTIVAMENTE. LOS FILTROS DE ULTRA ALTA EFICIENCIA NO SON INFLUENCIADOS SIGNIFICATIVAMENTE POR EL TAMAÑO DE PARTÍCULA.

CUANDO CONSIDERAMOS LOS FACTORES QUE INFLUENCIAN LA SELECCIÓN DE LOS FILTROS QUE SE USAN EN PLANTAS DE SECADO DE LECHE, EL PRIMER INTERÉS ES CON BACTERIAS DEL AIRE DE ENTRADA Y OTROS MICROORGANISMOS. TAMBIÉN SE PUEDE CONSIDERAR LAS CARACTERÍSTICAS DE AEROSOL QUE EXISTEN EN PLANTAS DE SECADO DE LECHE. DE ACUERDO CON WOLF LOS MICROORGANISMOS PUEDEN ESTAR PRESENTES EN EL AIRE EN LAS SIGUIENTES FORMAS:

- (A) CELULAS SIMPLS O INDEPENDIENTES.

- (B) GRUPOS DE MÁS DE UNA CÉLULA.
 (C) UNA CÉLULA SÍMPLE NO ATADA A UNA PARTÍCULA DE POLVO.
 (D) CÉLULA LIBRE FLOTANTE RODEADA POR UNA PELÍCULA DE MATERIAL ORGÁNICO SECO O INORGÁNICO.

LOS MICROORGANISMOS PUEDEN EXISTIR EN FORMA VEGETATIVA O EN ESTADO DE ESPORA. EL TAMAÑO DE CÉLULA REAL DE BACTERIA DEBERÁ VARIAR CON EL TIPO Y ESPECIE CONSIDERADA, PERO SE RECONOCE QUE EL TAMAÑO DE ESPORA PUEDE SER MENOR DE 0.5 MICRAS.

PARA UNA MEJOR BASE DE EVALUACIÓN DE FILTROS SE HACE POR CONSIDERACIÓN DE COSTO INICIAL Y HP REQUERIDOS PRESENTADOS EN LA FIGURA (4) Y TABLA (2). ESTA INFORMACIÓN DEBERÁ APLICARSE SOLAMENTE A MANEJO DE FILTROS DE 1200 CFM DE AIRE. EL COSTO INICIAL ES PARA EL FILTRO SOLAMENTE Y NO INCLUYE INSTALACIÓN.

TABLA 2
 CARACTERÍSTICAS DE FILTROS DE AIRE PARA MANEJAR 1200
 PIES CUBICOS POR MINUTO

TIPO DE FILTRO	CAÍDA DE PRESIÓN INICIAL	CAÍDA DE PRESIÓN DE OPERACIÓN APROX.	HP APROX DEL MOTOR DEL SOPLADOR	COSTO INICIAL APROX. DEL FILTRO
	(CM H ₂ O)	(CM H ₂ O)		\$
RUGOSO	0.2286	1.016	0.15	10
EFICIENCIA MEDIA	0.6350	1.524	0.23	30
ALTA EFICIENCIA	1.0922	1.9050	0.30	70
ULTRA ALTA EFICIENCIA	2.3876	3.81	0.56	90

ESTOS RESULTADOS INDICAN QUE EL COSTO INICIAL Y LA POTENCIA REQUERIDA INCREMENTAN CON EFICIENCIAS DE FILTRO. UN INCREMENTO DE MEDIO, DE FILTRO DE ALTA EFICIENCIA REQUIERE UN INCREMENTO DE CERCA DE 30% PARA HP Y 133% DE COSTO INICIAL. EL FILTRO DE ULTRA ALTA EFICIENCIA REQUIERE APROXIMADAMENTE 86% MÁS HP (POTENCIA) Y 29% MÁS ALTO

DEL COSTO INICIAL QUE EL FILTRO DE ALTA EFICIENCIA.

ANÁLISIS DE ÁREAS DE SUPERFICIE ESPECÍFICAS DE POLVOS DE LECHE PRODUCIDOS POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECADO.-

PARA ENCONTRAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SUPERFICIE DE POLVOS DE LECHE ENTERA Y DESCREMADA (EN ESTE ESTUDIO SE USÓ) BAJA TEMPERATURA DE ADSORCIÓN DE NITRÓGENO (-195°C). ESTAS ÁREAS DE SUPERFICIE ESPECÍFICA SE CALCULARON USANDO EL BRUNAUER, EMMETT, TELLER (BET).

ENTRE LOS POLVOS ESTUDIADOS SE TOMARON MUESTRAS EXPERIMENTALES DE POLVOS SECADOS AL VACÍO ESPUMA DE ACUERDO A SINNAMON (PRIMERAS EXPERIENCIAS); POLVOS DE ESPUMA SECADA POR ASPERSIÓN DESCRITOS POR HANRAHAM USANDO UN SECADOR DE ASPERSIÓN DE 2.74EM; TAMBIÉN DE SECADO CONVENCIONAL POR ASPERSIÓN POR OTROS MÉTODOS. LA TABLA (3) EN LISTA EL TIPO DE POLVOS QUE SE USARON EN ESTE ESTUDIO.

TABLA 3

DESCRIPCION DE DATOS DE ADSORBENTES Y AREAS DE SUPERFICIE

ADSORBENTES		AREA DE SUPERFICIE (M ² /g)	FACTOR DE RUGOSIDAD	VALOR C BET		
POLVOS DE LECHE						
MUESTRA No.	MÉTODO DE SECA DO Y TIPO DE - POLVO	FUENTE BET	PERMEABILIDAD			
1	SDS	DPL ^A	.21	.23	.91	15.9
2	SDS	COMM ^B	.27	.26	1.04	26.9
3	SDS	DPL	.22	---	---	10.0
4	SDW	DPL	.10	---	---	27.8
5	SDW	DPL	.16	---	---	10.7
6	SDW	DPL	.23	---	---	10.7
7	SDW	COMM	.21	.12	1.75	17.2
8	VFDS	DPL	.16	.05	3.20	14.0
9	VFDS	DPL	.18	---	---	38.9
10	VFDW	DPL	.35	---	---	24.9
11	VFDW	DPL	.52	---	---	25.6
12	VFDW	DPL	.24	---	---	100.2
13	VFDW	DPL	.36	---	---	20.3

14	VFDW	DPL	.51	.09	5.67	77.7
15	FSPW	DPL	.56	.11	5.09	19.2
16	FSPW	DPL	.40	---	----	13.4
17	FSPW	DPL	.64	---	----	21.3
18	IS	COMM	.24	.04	6.0	23.2
19	IS	COMM	.21	.05	4.20	46.4
20	IS	COMM	.16	.06	2.67	55.4
21	IS	COMM	.14	.04	3.50	27.7

COMPONENTES

DE LA LECHE

BETA-LACTOglobulina	.63	---	----	153.4
ALFA-LACTALBÚMINA	15.01	---	----	31.7
ALFA-CASEÍNA (NA SAL)	12.21	---	----	62
BETA-LACTOSA	.83	---	----	71.9
<u>ALFA-LACTOSA, MONOHIDRATO</u>	<u>.33</u>	<u>---</u>	<u>----</u>	<u>67.6</u>

^ADPL- POLVOS EXPERIMENTALES PREPARADOS EN LA PLANTA PILOTO DEL LABORATORIO DE PRODUCTOS DE LECHE.

^BCOMM- MUESTRAS DE POLVOS COMERCIALES COMPRADOS EN UN SUPERMERCADO DE WASHINGTON, D.C.

SDS- LECHE DESCREMADA SECADA POR ASPERSIÓN.

SDW- LECHE ENTERA SECADA POR ASPERSIÓN.

VFDS- ESPUMA DE LECHE DESCREMADA SECADA AL VACÍO.

VFDW- ESPUMA DE LECHE ENTERA SECADA AL VACÍO.

FSPW- ESPUMA DE LECHE ENTERA SECADA POR ASPERSIÓN.

IS- LECHE DESCREMADA INSTANTANIZADA.

PARA OBTENER RESULTADOS APROPIADOS SE ESCOJERON APARATOS Y SISTEMAS LO MÁS EXACTOS Y MODERNOS.

LOS DATOS DE ADSORSIÓN DE NITRÓGENO SE USARON PARA CALCULAR LAS ÁREAS DE SUPERFICIE ESPECÍFICAS PRESENTADAS EN LA 4A. COLUMNA DE LA TABLA (3). TODOS LOS POLVOS DE LECHE PRESENTARON MENORES RANGOS DE ÁREAS DE SUPERFICIE DE 0.1 A 0.6 m²/GR. LOS VALORES MÁS BAJOS SE OBTIENEN PARA POLVOS USANDO ASPERSIÓN CONVENCIONAL Y PARA POLVOS INSTANTANIZADOS; ENTONCES PEQUEÑA FUSIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE SECADO POR ASPERSIÓN OCURRE DURANTE EL PROCESO DE INSTANTANIZADO. LOS POLVOS MÁS POROSOS, SECADO DE ESPUMA POR ASPERSIÓN, EXHIBIERON ÁREAS ALGO MÁS ALTAS.

UNA CORRELACIÓN POSITIVA SE OBSERVÓ ENTRE LAS ÁREAS-

DE SUPERFICIE ESPECÍFICA DEL SECADO DE ESPUMA AL VACÍO DE LECHE ENTERA Y SU CONTENIDO DE GRASA, TABLA (4).

TABLA 4

EFFECTO DE GRASA LIBRE SOBRE LAS ÁREAS SUPERFICIALES DE POLVOS DE LECHE ENTERA SECADO ESPUMA

% DE GRASA LIBRE CONTENIDO EN POLVOS	INCREMENTO DE GRASA LIBRE	BET ÁREA m^2/g	ÁREA ^A CULADA m^2/g	CAL	ÁREA BET ÁREA CALC.
9.2	0.0	.24	---	---	---
17.0	7.8	.36	.31		1.16
26.0	16.8	.52	.39		1.33
30.0	20.8	.59	.48		1.23

^A INCREMENTO DE ÁREA DE GRASA LIBRE + .24 m^2/g .

PERO, INCREMENTANDO EL CONTENIDO DE GRASA LIBRE DE UN SECADO POR ASPERSIÓN CONVENCIONAL DE LECHE ENTERA DE UN CONTENIDO INICIAL DE GRASA LIBRE DE MENOS DEL 1% HASTA 50% POR HIDRATACIÓN NO AFECTÓ EL ÁREA SUPERFICIAL DE LOS POLVOS. LAS ÁREAS DE LAS MUESTRAS INSTANTANIZADAS NO SE RELACIONAN A LA CRISTALINIDAD DE LA LACTOSA EN LAS PARTÍCULAS DE POLVO, COMO LA DIFRACCIÓN DE RAYOS X INDICA QUE ESTOS POLVOS 19 Y 20 NO CONTIENEN LACTOSA CRISTALINA, YA QUE LOS POLVOS 18 Y 21 CONTIENEN 17 Y 14% DE LACTOSA CRISTALINA RESPECTIVAMENTE.

LOS VALORES DE ÁREA SUPERFICIAL OBTENIDOS POR PERMEÁMETROS SE PRESENTAN EN LA 5ª. COLUMNA DE LA TABLA (3). COMO LA TÉCNICA DE ADSORCIÓN DE GAS MIDE ÁREAS DE SUPERFICIE TOTAL Y PERMEÁMETRO DE ÁREAS SUPERFICIALES LISAS O LÍNEAS DE VAPOR, LA RELACIÓN DE BET A ÁREA PERMEAMÉTRICA DEBE DAR UN VALOR DE RUGOSIDAD O POROSIDAD DE SUPERFICIE. ESTOS VALORES SE ENLISTAN EN LA COLUMNA 6 DE LA TABLA (3). UN VALOR CALCULADO RELACIONADO A LA ENERGÍA DE ADSORCIÓN SOBRE LA SUPERFICIE DE LOS POLVOS DE LECHE SE PRESENTAN EN LA ÚLTIMA COLUMNA DE LA TABLA (3), CON DATOS SIMILARES OBTENIDOS DE UN ESTUDIO DE ADSORCIÓN DE NITRÓGENO POR CONSTITUYENTES DE LECHE PURA. ESTOS DATOS INDICAN DIFERENCIAS DE ENERGÍAS DE ENLACE LOS CUALES PUEDEN RELACIONARSE A LA COMPOSICIÓN DE SU SUPERFICIE Y TAMBIÉN A LA ESTRUCTURA DE

LAS PARTÍCULAS DE POLVO.

EL INCREMENTO DE ÁREAS SUPERFICIALES DEL SECADO DE ESPUMA AL VACÍO CON MÁXimos CONTENIDOS DE GRASA LIBRE - SUBSTANCIALMENTE ANTES DE PEDIR QUE LA GRASA LIBRE SE - PRESENTE SOBRE LA SUPERFICIE DE LAS PARTÍCULAS. LA AU-- SENCIA DE UN INCREMENTO EN ÁREA SUPERFICIAL DE POLVO SE CADO POR SAPERSIÓN CON VALORES MÁXimos DE GRASA LIBRE INDICAN UNA DIFERENCIA EN LA DISPERSIÓN O DISPOSICIÓN - DE LA GRASA EN ESTOS POLVOS EN COMPARACIÓN A LOS MATE-- RIALES SECADOS EN FORMA ESPUMA, COMO SE OBSERVÓ POR MI-- CROSCOPIO FLUORESCENTE, LA GRASA DE SECADO ESPUMA DE - POLVOS DE LECHE ENTERA EXISTEN SOBRE LA SUPERFICIE DE - LAS PARTÍCULAS EN FORMA DE PEQUEÑOS GLÓBULOS DE GRASA.

LA CONTRIBUCIÓN DE GLÓBULOS DE GRASA LIBRE AL ÁREA DE SUPERFICIE TOTAL DE SECADO AL VACÍO DE ESPUMA DE LECHE - ENTERA FUE ACERTADA SOBRE LOS CÁLCULOS BASADOS QUE LOS GLÓBULOS DE GRASA SOBRE LA SUPERFICIE DE LOS POLVOS TIE NEN UN DIÁMETRO PROMEDIO DE 2 MICRAS. EL ACUERDO ENTRE LOS VALORES CALCULADOS Y OBSERVADOS ES BUENO, COMO SE VE EN LA TABLA (4). POR LO TANTO SE CONCLUYE QUE LA GRASA - LIBRE EN EL SECADO AL VACÍO ESPUMA DE LECHE ENTERA EXIS- TE COMO GLÓBULOS DISCRETOS CONTRIBUYENDO SIGNIFICATIVA- MENTE AL ÁREA TOTAL DE LOS POLVOS. EL MODO DE INTERAC© CIÓN DE NITRÓGENO A -195°C CON LA GRASA ES ENTONCES UNA ADSORSIÓN MEJOR QUE SOLUBILIZACIÓN.

LAS ÁREAS SUPERFICIALES PRESENTADAS SE CALCULARON U- SANDO LA FORMA LIMITADA DE LA ECUACIÓN BET:

$$\frac{X}{V(1-X)} = \frac{1}{VMC} + \frac{(C-1)X}{VMC} \quad (1)$$

X = PRESIÓN RELATIVA, P/P₀ PARA EL ADSORBATO

V = VOLUMEN DEL GAS (STP) ADSORBATO A PRESIÓN RELATIVA X

VM = VOLUMEN DE ADSORBATO REQUERIDO PARA FORMAR UN MONO- LECHO SOBRE LA SUPERFICIE DEL ADSORBENTE.

C = CONSTANTE DADA POR LA ECUACIÓN

$$C = \frac{A_1 B_2}{A_2 B_1} \exp \frac{E_1 - E_2}{RT} \quad (2)$$

EL COEFICIENTE DE LA EXPONENCIAL SE CONSIDERA APROXIMA DAMENTE LA UNIDAD. E₁ ES CALOR DE ADSORSIÓN EN EL PRIMER

LECHE, E_L ES CALOR DE LICUEFACCIÓN DEL ADSORBATO, R ES LA CTE. DE LOS GASES, T LA TEMPERATURA ABSOLUTA.

UNA GRÁFICA DE PRESIÓN RELATIVA P/P_0 CONTRA EL LADO IZQUIERDO DE LA ECUACIÓN (1) DA VALORES PARA V_M Y LA CONSTANTE C.

GRÁFICAS TÍPICAS DE BET PARA POLVOS DE LECHE SE VEN EN LA FIGURA(5).

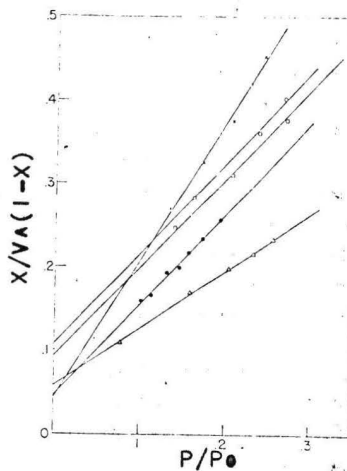


FIG 5 GRÁFICA DE BET PARA ALGUNOS POLVOS DE LECHE ● SECADO DE LECHE ENTERA EN FORMA ESPUMA, Δ SECADO DE LECHE ENTERA POR ASPERSIÓN CONVENCIONAL, \square SECADO DE ESPUMA POR ASPERSIÓN DE LECHE ENTERA, \circ SECADO POR ASPERSIÓN DE LECHE DESNATADA, X INSTANTANIZADO COMERCIAL DE LECHE DESNATADA.

ESTE LÍMITE PARA LA ECUACIÓN DEL BET SE BASA EN LA SUPOSICIÓN QUE SOBRE UNA SUPERFICIE LIBRE UN NÚMERO INFINITO DE LECHOS (● CAPAS) PUEDE SER ADSORBIDO.

SE HA DEMOSTRADO QUE LOS POLVOS DE ASPERSIÓN DE ESPUMA CONTIENEN MICROPOROS A TRAVÉS DE LOS CUALES EL NITRÓGENO - SE DIFUNDE LENTAMENTE. PARA TALES MATERIALES EL AUMENTO DE NITRÓGENO ADSORBIDO SOBRE LA SUPERFICIE DE LAS PAREDES DEL PORO DEPENDE DEL TAMAÑO DE SUS ABERTURAS.

LA TEORÍA DE ADSORSIÓN DE MULTILECHOS BET DA OTRA EXPRE-

SIÓN DE ISOTERMA SI LA ADSORSIÓN NO OCURRE SOBRE UNA SUPERFICIE LIBRE (PESO) LIMITADA EN AUMENTO POR LAS PAREDES DE POROS MUY ESTRECHOS. CUANDO EL NÚMERO DE LECHOS EN CADA PARED DE PORO SE RESTRINCE A N, ENTONCES LA SUMATORIA DE LA ECUACIÓN:

$$V = \frac{VMCX}{1-X} \frac{1-(N+1)X^N + NX^{N+1}}{1 + (C-1)X - CX^{N+1}} \quad (3)$$

X = PRESIÓN RELATIVA P/P₀.

BAJO CONDICIONES EN LAS CUALES LA SUPERFICIE ES LIBRE Y LA ADSORSIÓN NO ES LIMITADA N = INFINITO REDUCE LA ECUACIÓN (3) A LA ECUACIÓN (1). PARA POLVOS TIPO ASPERSIÓN ES PUMA SE ENCONTRÓ VENTAJA USANDO LA FORMA BET DE LA ECUACIÓN (1) PARA OBTENER VALORES DE VM Y C Y LA FORMA MÁS GENERAL N INDICA EL NÚMERO DE LECHOS DE ADSORBATO.

JOYNER, WEIBERGER Y MONTGOMERY DESARROLLARON UN MÉTODO PARA USAR LA FORMA GENERAL DE LA ECUACIÓN BET PARA ENCONTRAR C, VM Y N. DERIVARON DOS FUNCIONES, $\Phi(N, X)$, $\Theta(N, X)$ DONDE:

$$\Phi(N, X) = \frac{X-(N+1)X^{N+1} + NX^{N+2}}{(1-X)^2} \quad (4)$$

$$\Theta(N, X) = \frac{X-X^{N+1}}{1-X} \quad (5)$$

SE TIENEN VALORES CALCULADOS DE ESTAS FUNCIONES PARA DIFERENTES VALORES DE N Y X. DE LOS DATOS EXPERIMENTALES LA FUNCIÓN $\Phi(N, X)/V$ SE CALCULA PARA DIFERENTES VALORES DE N Y X Y LAS CURVAS SE GRAFICAN DE $\Phi(N, X)/V$ CONTRA $\Theta(N, X)$ PARA DIFERENTES VALORES DE N. (SE ESCOGEN VALORES PARA DAR UNA GRÁFICA LINEAL). DE LA GRÁFICA (FIG 6) SE VE QUE LOS VALORES MÁS RECOMENDABLES DE N SON APROPIADAMENTE CUATRO - ÉSTO SIGNIFICA QUE 4 LECHOS DE NITRÓGENO PUEDEN ADSORBER SOBRE LA SUPERFICIE DE LAS PAREDES DE LOS POLVOS Y USANDO EL VALOR DE 4.00 ANGSTROMS PARA EL DIÁMETRO DE LA MOLÉCULA EN EL ESTADO LÍQUIDO, SE PUEDE ESTABLECER QUE EL POLVO DE LECHE ENTERA SECADO EN FORMA DE ESPUMA POR ASPERSIÓN ES DEL ORDEN DE 30 ANGSTROMS EN DIÁMETRO.

EMMETT Y DEWITT HAN DEMOSTRADO EL TAMAÑO DEL PORO PROMEDIADO SUPONIENDO QUE TODOS LOS POROS SON CILINDROS. ENTONCES, SI LA SUPERFICIE ENTERA SE ATRIBUYE A LAS PAREDES DEL PORO

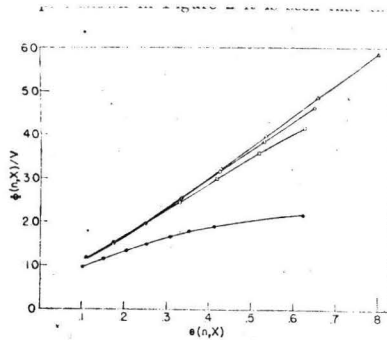


FIG. 6.- JOYNER, WEINBERGER, MONTGOMERY GRAFICAN LA ECUACIÓN DE BET PARA AMPLIARLA. ● N=1.05, □ N=3.0, ○ N=4.0, △ N=5.0.

EL RADIO DE PORO PROMEDIO (\bar{R}_p) ESTÁ DADO POR:

$$\bar{R}_p = 2V_p/S_w \quad (6)$$

V_p = VOLUMEN DE PORO.

EL VOLUMEN TOTAL DEL PORO SE OBTIENE DE LA ISOTERMA DE ADSORCIÓN (FIG. 7) DEBIDO A QUE $P/P_0 = 1.0$.

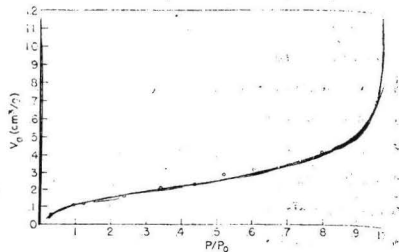


FIG. 7.- ISOTERMA DE ADSORCIÓN PARA N_2 ($-195^\circ C$) SOBRE ES PUMA DE LECHE ENTERA SECADA POR ASPERSIÓN.

TODOS LOS POROS DEBEN ESTAR LLENOS POR ADSORBATO CONDENSADO O LIQUIFICADO. TENEMOS ENTONCES A LA PRESIÓN DE SATURACIÓN $V_{ADS} = 0.97$ cc. (STP)/g. Y $V_p = (0.001558)(0.97)$ ó 0.00151 cc/g COMO VOLUMEN DE PORO LLENO CON ADSORBATO LÍQUIDO. EMPLEANDO LA ECUACIÓN (6), $\bar{R}_p = 47$ ANGSTROMS. ESTO INDICA UN TAMAÑO DE PORO COMO EL OBTENIDO POR LA TÉCNICA DE JOY

NER, WEINBERGER Y MONTGOMERY. SIN EMBARGO ESTO ES SOLAMENTE EN TAMAÑO DE PORO PROMEDIO PARA LAS CAPAS DE POLVO Y CORRESPONDE A POROS TAN PEQUEÑOS COMO A UN NÚMERO DE CANTIDADES - INCLUYENDO RESULTANTES DE CONCENTRACIÓN INTRAPARTÍCULA, SI ES EL VALOR DE N CORRESPONDIENTE A LOS POROS PEQUEÑOS DONDE LA SUPERFICIE SE RESTRINGE.

VALORES PARA LA CONSTANTE C DE LA ECUACIÓN BET DADA EN LA TABLA (3) PARA MÁZ POLVOS DE LECHE Y PARA ALFA-LACTALBÚMINA SON ANORMALMENTE BAJOS EMPEZANDO DEL RANGO 20 O 30, COMO LOS VALORES COMPARADOS DE 100 O 200 PARA OTROS SÓLIDOS. LOS BAJOS VALORES DE C INDICAN CALORES MÁZ BAJOS DE ADSORSIÓN FÍSICA PARA NITRÓGENO SOBRE ESTOS MATERIALES QUE PARA OTROS SÓLIDOS.

JOY DESARROLLÓ UN MÉTODO DE TRATAR SUPERFICIES HETEROGÉNEAS BASADO EN UN MÉTODO DERIVADO DE LA MECÁNICA ESTADÍSTICA LLEGANDO A LA ECUACIÓN:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{M_1}{C_1} + \frac{M_2}{C_2} = \frac{X_1}{C_1 X_T} + \frac{X_2}{C_2 X_T} \quad (7)$$

C_1 Y C_2 SON VALORES DE C PARA COMPONENTES 1 Y 2 DE UNA SUPERFICIE DUAL. X_1 Y X_2 SON LOS NÚMEROS DE SITIOS OCUPADOS POR MOLÉCULAS ADSORVIDAS SOBRE LOS COMPONENTES DE LAS DOS SUPERFICIES, RESPECTIVAMENTE, SIENDO EL MISMO COMO EL NÚMERO DE MOLÉCULAS ADSORVIDO COMO EN EL PRIMER LECHO; X_T ES LA SUMA DE X_1 Y X_2 ; C_T ES EL VALOR COMPUESTO C PARA LA SUPERFICIE TOTAL. EN EL ESTUDIO SE TUVO QUE APLICAR ESTE TRATAMIENTO A LOS DATOS SOBRE POLVOS DE LECHE ENTERA SECADO ESPUMA VARIANDO EL CONTENIDO DE GRASA LIBRE TENIENDO QUE LLEGAR A UN VALOR DE C CARACTERÍSTICO. DEMOSTRÓ UN BUEN ACUERDO CON LOS VALORES DE C PARA POLVOS DE LECHE DESCREMADA SECADO ESPUMA. PARA LOS DATOS CALCULADOS SE USARON LOS VALORES DE C DETERMINADOS EXPERIMENTALMENTE DE GRÁFICAS CONVENCIONALES BET. LA EC. (7) SE USÓ PARA DERIVAR VALORES DE C PARA GLÓBULOS DE GRASA (C_2) Y SECADO ESPUMADE LECHE DESCREMADA (C_1).

X_1 Y X_2 SE DETERMINARON CALCULANDO LAS ÁREAS SUPERFICIALES DE LOS GLÓBULOS DE GRASA (GLÓBULO PROMEDIO DE 2 MICRAS DE DIÁMETRO Y DENSIDAD DE GRASA DE 0.93 g/cc).

USANDO DATOS PARA LOS DOS POLVOS SECADOS POR ESPUMA CONTE

NIENDO 9.2 Y 26% DE GRASA LIBRE SE ENCONTRÓ $C_1 = 19.6$ APROX 20, $C_2 = 50$.

SUSTITUYENDO EN LA ECUACIÓN (7) PARA OTRA MUESTRA DE SECADO DE LECHE ENTERA POR ESPUMA CON 17% DE GRASA LIBRE DA UNA C_T CALCULADA DE 25.7 QUE CONCUERDA CON EL VALOR OBSERVADO DE 20.3.

TAMBIÉN SE VE QUE LA GRASA LIBRE EN FORMA GLOBULAR PUEDE SERVIR COMO UN ACUMULADOR EFICIENTE PARA EL OXÍGENO REQUERIDO PARA MANTENER LA ALTA VELOCIDAD DE LA OXIDACIÓN OBSERVADA EN ESTA PORCIÓN DE LA FASE GRASA.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE SECADO POR ASPERSIÓN

EL SECADO POR ASPERSIÓN UTILIZA PRIMERO UN PRODUCTO CONDENSADO EN UN EVAPORADOR O RECIPIENTE AL VACÍO. SE ATOMIZA DENTRO DE UN SECADOR. LAS FUNCIONES DEL SECADO INCLUYEN: MOVIMIENTO DE AIRE, LIMPIEZA DE AIRE, CALENTAMIENTO DE AIRE, ATOMIZACIÓN DE LÍQUIDO, MEZCLADO DE LÍQUIDO CON EL AIRE CALIENTE, SEPARACIÓN DEL MATERIAL SECO DEL AIRE, SECADO ADICIONAL DEL PRODUCTO, ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO Y SU PULVERIZACIÓN Y TAMIZADO. SE PUEDEN USAR DIFERENTES MÉTODOS DE ATOMIZACIÓN PERO EL MÁS COMÚN PARA LA INDUSTRIA DE LECHE ES FORZAR EL LÍQUIDO CON UNA BOMBA DE ALTA PRESIÓN A TRAVÉS DE UN ORIFICIO PARA ESPREAR LA LECHE. A MEDIDA QUE EL PRODUCTO ES ATOMIZADO SE INTRODUCE EN EL CAMBIADOR DE SECADO AIRE CALIENTE A TRAVÉS DEL CAMBIADOR. EL AIRE CALIENTE PARA LA EVAPORACIÓN DE LA HUMEDAD SALE DEL SECADOR. EL PRODUCTO ES ENTONCES ENFRIADO Y EMPACADO.

SE PUEDEN UTILIZAR OPERACIONES ADICIONALES PARA DAR UN PRODUCTO QUE SE DISUELVA RÁPIDAMENTE. LA CAPACIDAD DE SECADORES COMERCIALES PUEDE VARIAR DE 227.27 Kg/HR A 2272.72 Kg/HR Y PRODUCTO MÁS SECO CON 909.09 ó 1363.63 Kg/HR.

CLASIFICACIÓN.- LOS SECADORES POR ASPERSIÓN SE PUEDEN CLASIFICAR DE ACUERDO A:

1) MÉTODO DE ATOMIZACIÓN DEL MATERIAL A ESPREAR: (A) PRESIÓN DE ORIFICIO; (B) DISCO DE GIRO CENTRÍFUGO; (C) DOS SISTEMAS DE FLUÍDO AIRE-VAPOR.

- 2) MÉTODO DE CALENTAMIENTO: (A) VAPOR, (B) GAS, (C) ACEITE COMBUSTIBLE, (D) ELECTRICIDAD.
- 3) MÉTODO DE CALENTAMIENTO DE AIRE: (A) GAS DIRECTO O ACEITE COMBUSTIBLE (B) EMPLEO INDIRECTO DE CAMBIADORES DE CALOR DE PLATOS O BOBINAS.
- 4) POSICIÓN DEL CAMBIADOR DE SECADO: (A) VERTICAL FIG.(8); (B) HORIZONTAL FIG (9).
- 5) NÚMERO DE SECADORES; (A) UNO FIG.(10); (B) DOS CAMBIADORES PRINCIPALES Y CAMBIADOR SECUNDARIO FIG.(11);
- 6) DIRECCIÓN DE FLUJO DE AIRE EN RELACIÓN DE FLUJO DE PRODUCTO: (A) CONTRACORRIENTE; (B) PARALELO; (C) ÁNGULO RECTO.
- 7) PRESIÓN EN EL SECADOR; (A) ATMOSFÉRICA (USUALMENTE A BAJAS PRESIONES); (B) AL VACÍO.
- 8) MÉTODO DE SEPARACIÓN DE POLVOS DEL AIRE: (A) CICLÓN; (B) MULTICICLÓN Y (C) FILTRO BOLSA.
- 9) TRATAMIENTO Y MOVIMIENTO DE AIRE; (A) RECIRCULACIÓN DE AIRE, (B) DESHIDRATACIÓN DE AIRE, (C) AIRE ATMOSFÉRICO CONVENCIONAL USADO Y ELIMINADO DESPUÉS DE USADO.
- 10) SEPARACIÓN DE POLVOS DEL SECADOR: (A) TRANSPORTADOR, (B) VIBRADOR, (C) TRANSPORTADOR CON RASPADOR, (D) AIRE TRANSPORTADO AL CICLÓN.
- 11) MÉTODO DE TRANSFERENCIA DE CALOR: (A) CONVECCIÓN, (B) RADIACIÓN.
- 12) TIPO DE ATMÓSFERA EN EL SECADOR: NITRÓGENO, AIRE, OTRO GAS, USUALMENTE INERTE.
- 13) POSICIÓN DEL VENTILADOR: (A) PRESIÓN EN EL CAMBIADOR, (B) SUCCIÓN EN EL CAMBIADOR.
- 14) DIRECCIÓN DE FLUJO EN EL CAMBIADOR: (A) CORRIENTE HACIA ARRIBA, (B) CORRIENTE HACIA ABAJO, (C) HORIZONTAL, (D) MEZCLADA.
- 15) FORMA DEL SECADOR: (A) SILO Ó CILÍNDRICA, (B) CAJA, SECCIÓN TRANSVERSAL CUADRADA, (C) GOTA-LAGRIMA.
- 16) PRODUCTO SIENDO SECADO: (A) LECHE, (B) OTROS PRODUCTOS DE LECHE, (C) HUEVO, (D) OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS, (E) QUÍMICOS, (F) DETERGENTES.

CARACTERÍSTICAS DE SECADORES POR ASPERSIÓN

- 1) OPERACIÓN CONTÍNUA; 2.- POCO TRABAJO DE OPERACIÓN; 3.- MA

NEJO DE MUCHOS PRODUCTOS DIFERENTES; 4.-EL CONTACTO CALIENTE AL PRODUCTO ES CORTO DURANTE EL SECADO Y REMOVIMIENTO; 5.- EFICIENCIA TÉRMICA ES BAJA COMPARADA CON OTROS SECADORES; 6.- LA OPERACIÓN DEPENDE DE UNA LARGA ÁREA SUPERFICIAL DE PRODUCTO EL CUAL SE OBTIENE POR DIFERENTES MÉTODOS DE ATOMIZADO; 7.- SEPARACIÓN DE AIRE Y PRODUCTO DESPUÉS DE SECAR; 8.- LA UNIDAD ES FÁCIL DE LIMPIAR SI LA OPERACIÓN ES APROPIADA; 9.- LA ECONOMÍA DEL SECADO MEJORA POR CONDENSACIÓN DEL PRODUCTO ANTES DEL SECADO; 10.- LAS PROPIEDADES Y CALIDAD DEL PRODUCTO PUEDEN SER CONTROLADAS; 11.- NORMALMENTE EL PRODUCTO NO HACE CONTACTO CON LA SUPERFICIE DEL SECADOR HASTA SECARSE.

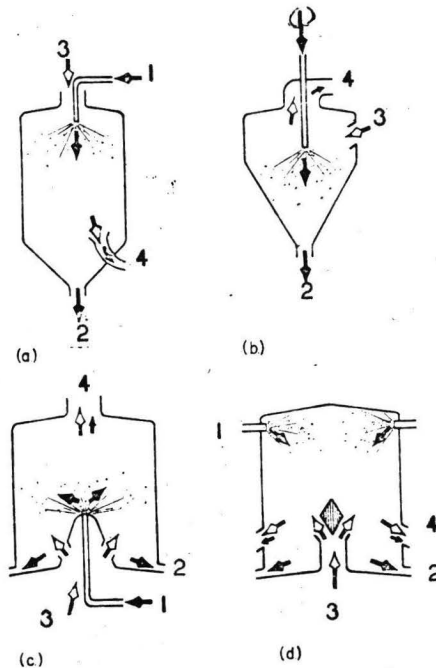


FIG. 8.- CAMBIADORES DE SECADO VERTICAL.

- 1.- PRODUCTO ENTRADA.
- 2.- PRODUCTO SECO SALIDA
- 3.- AIRE CALIENTE ENTRADA.
- 4.- AL COLECTOR

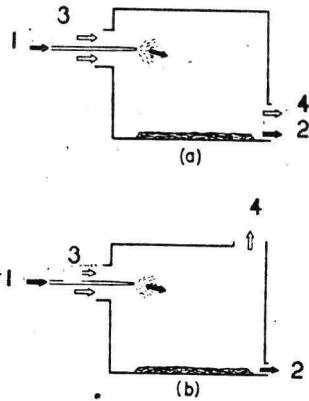


FIG. 9.- CAMBIADORES DE SECADO HORIZONTAL.

- 1.- PRODUCTO ENTRADA.
- 2.- PRODUCTO SECO SALIDA.
- 3.- AIRE CALIENTE ENTRADA.
- 4.- AL COLECTOR.

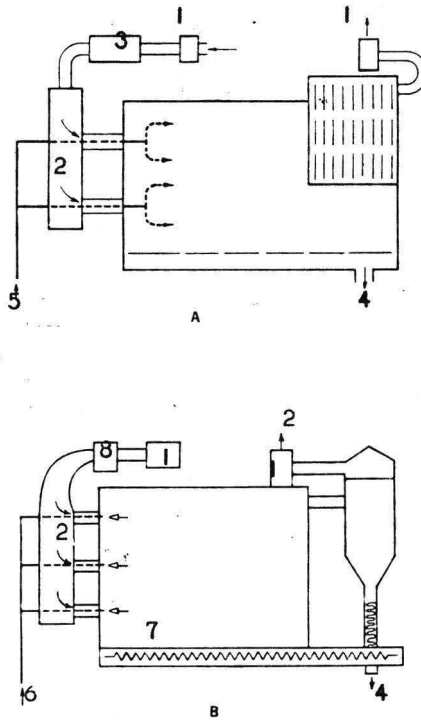


FIG. 10. A, SECADOR POR ASPERSIÓN HEMSLEY, B, BLAW-KNOX.

- 1.- SOPLADOR.
- 2.- AIRE.
- 3.- BOBINA
- 4.- LECHE SECA.
- 5.- 204.08163 ATM LECHE CONDENSADA
- 6.- LECHE CONDENSADA
- 7.- TRANSPORTADOR.
- 8.- SERPENTÍN DE VAPOR.

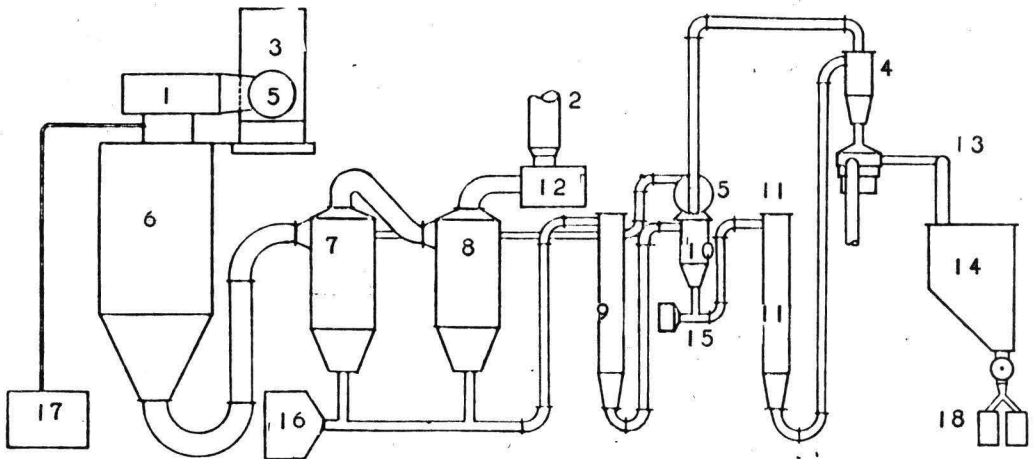


FIG. 11.- SISTEMA DE SECADO POR ASPERSIÓN CON DOS CAMBIADOS DE SECADO.

- 1.- MECHERO
- 2.- NIARA EXHAUSTIVA
- 3.- FILTRO DE SUMINISTRO DE AIRE.
- 4.- CICLÓN DE ENFRIAMIENTO.
- 5.-VENTILADOR
- 6.- SECADOR PRINCIPAL
- 7.- CICLÓN PRIMARIO.
- 8.- CICLÓN SECUNDARIO.
- 9.- SECADOR SECUNDARIO
- 10.-CICLÓN DE CALENTAMEINTO.
- 11.- TUBO DE ENFRIAMIENTO.
- 12.- VENTILADOR EXHAUSTIVO.

- 13.- TAMIZADOR.
- 14.- VIBRADOR.
- 15.- BOBINA DE ENFRIAMIENTO.
- 16.- RESECADOR.
- 17.- BOMBA DE ALTA PRESIÓN.
- 18.- SACOS.

PARTES DE UN SECADOR POR ASPERSIÓN

LAS PARTES ESENCIALES DE UN SECADOR POR ASPERSIÓN PROVISTAS PARA: 1) MOVIMIENTO, FILTRACIÓN, CALENTAMIENTO DE AIRE; 2) ATOMIZACIÓN DEL PRODUCTO CALENTADO; 3) MEZCLADO DE AIRE CALIENTE CON PRODUCTO AROMIZADO POR CALENTAMIENTO Y PARA SACAR LA HUMEDAD DEL PRODUCTO; 4) SEPARACIÓN DE AIRE Y GRANDES PARTÍCULAS COMUNMENTE DENTRO DEL CAMBIADOR; 5) SEPARACIÓN DE AIRE Y PEQUEÑAS PARTÍCULAS, USUALMENTE SE HACE FUERA DEL SECADOR.

ASOCIADO A ESAS PARTES BÁSICAS SE INCLUYE INSTRUMENTAL Y CONTROLES PARA INSPECCIÓN Y OPERACIÓN.

ATOMIZACIÓN.- EL PROPÓSITO DE LA ATOMIZACIÓN ES OBTENER PEQUEÑAS PARTÍCULAS CON UNA GRAN ÁREA SUPERFICIAL, PREFERIBLEMENTE UNIFORME EN TAMAÑO Y RANGO DE 50 A 150 MICRAS DE DIÁMETRO. LAS PARTÍCULAS UNIFORMES PROVEEN: (A) SUPERIOR INSTANTANIZACIÓN DEL PRODUCTO, (B) PÉRDIDA REDUCIDA DE PRODUCTO, (C) MENOS SOBRE Y BAJO SECADO, (D) SECADO MÁS EFICIENTE. LAS GOTAS GRANDES SON MÁS DIFÍCILES DE SECAR Y REQUIEREN UN MAYOR TIEMPO O UNA MÁS ALTA TEMPERATURA O AMBOS. LA GRAN ÁREA SUPERFICIAL PROVEE FÁCIL TRANSFERENCIA DE CALOR A LAS GOTAS Y TRANSFIERE LA HUMEDAD MÁS ALLÁ DE LAS PARTÍCULAS. LA ATOMIZACIÓN DE 3.7853 LITROS DE PRODUCTO A 50 MICRAS DE DIÁMETRO PRODUCIRÁ $1,290320 \text{ cm}^2$ DE ÁREA SUPERFICIAL.

EL TIPO Y EFICIENCIA DE ATOMIZACIÓN AFECTA LOS DISEÑOS DE SECADORES (TAMAÑO, TEMPERATURAS DEL AIRE, TIEMPO DE EXPOSICIÓN, VELOCIDAD DE EVAPORACIÓN Y EFICIENCIA). LA ATOMIZACIÓN TAMBIÉN AFECTA LAS PROPIEDADES DEL PRODUCTO, TALES COMO CONTENIDO DE AIRE, HUMEDAD, DENSIDAD GLOBAL, TAMAÑO DE PARTÍCULA (RANGO Y PROMEDIO) Y RECONSTITUCIÓN. EL MODELO PRODUCIDO POR EL ATOMIZADOR PUEDE SER DIRIGIDO ASÍ QUE LAS PARTÍCULAS

SERÁN SECADAS ANTES DE CHOCAR CON LA SUPERFICIE DEL CAMBIADOR DE SECADO.

DE OTRO MODO, UNA ACUMULACIÓN DE PRODUCTO PARCIALMENTE SE CO OCURRIRÁ EN EL SECADOR. HAY 3 MEJORES MÉTODOS DE ATOMIZACIÓN: PRESIÓN DE ORIFICIO, DISCO GIRATORIO Y PRESIÓN.

PRESIÓN EN EL ORIFICIO.- LA PRESIÓN EN ORIFICIOS DE ESPREADO INCLUYE EL REMOLINO EN EL ORIFICIO (LLAMADO CHIFLÓN O PRESIÓN CENTRÍFUGA DE ORIFICIO), EL CONO SÓLIDO DE ORIFICIO DE ESPREA Y EL VENTILADOR DE ORIFICIO. LA PRESIÓN DE ORIFICIO DE ESPREA ES LA MÁS COMÚN Y SE USA DE 102.0408 A 340.13 ATM. UNA BOMBA DE ALTA PRESIÓN SE USA CON 3 O 5 PISTONES DE BOMBEO HOMOGENEIZADORES. ES IMPORTANTE QUE LA BOMBA USADA NO OPERE TAMBIÉN A ALTA VELOCIDAD POR EL VACÍO DE CAVITACIÓN EN LOS CILINDROS DE LA BOMBA. EL ORIFICIO DE UN ASPERSOR PUEDE VARIAR EN FORMA PLANA A UN CONO DE 120 GRADOS. UNA ECUACIÓN PARA LA ENERGÍA DE ATOMIZACIÓN DE UNA PRESIÓN DE ORIFICIO TIPO REMOLINO DADA POR MARSHALL

$$E = 19.2Q(P)$$

E = ENERGÍA O POTENCIA REQUERIDA GR CM/MIN.

Q = FLUJO LTS/MIN

P = DIFERENCIA DE PRESIÓN EN ATM.

EN ESTA ECUACIÓN GENERAL NO SE INCLUYE UN FACTOR PARA VISCOSIDAD. A ALTAS PRESIONES LA TENSIÓN SUPERFICIAL ES EL FACTOR CONTROLANTE EN ATOMIZACIÓN, A BAJA PRESIÓN SE CONSIDERA LA VISCOSIDAD COMO FACTOR CONTROLANTE. COMO EL PRODUCTO ATOMIZADO SE MUEVE A TRAVÉS DEL AIRE O VICEVERSA, LA FRICCIÓN DEL AIRE ASISTE EN LA ATOMIZACIÓN.

DESCRIPCIÓN DE PRESIÓN DE ORIFICIO.-

- 1.- A MEDIDA QUE SE INCREMENTA LA VISCOSIDAD EL ÁNGULO DE CONO DECRECE.
- 2.- GRANDES ÁNGULOS DE CENTRO PROVEEN ASPERSORES DÉBILES Y NO PENETRAN COMO EN LOS SECADORES DE ASPERSOR DURO.
- 3.- CON UN INCREMENTO EN PRESIÓN TENDREMOS SOLAMENTE UN PEQUEÑO INCREMENTO EN ÁNGULO CENTRAL.
- 4.- A MEDIDA QUE SE INCREMENTE LA VELOCIDAD TANGENCIAL SE INCREMENTA EL ÁNGULO CENTRAL, EMPEZANDO 55 GRADOS A 304.8 CM/SEG Y 76 GRADOS A 1402.08 CM/SEG PARA UN DIÁMETRO DE ORIFI-

cio de 0.07874 cm.

5.- EL TAMAÑO DE GOTAS: (A) CAMBIARÁ INVERSAMENTE A LA RAÍZ CUADRADA DE LA PRESIÓN, (B) INCREMENTARÁ APROXIMADAMENTE -- COMO LA RAÍZ CUADRADA DE LA VISCOSIDAD, (C) INCREMENTARÁ A PROXIMADA Y DIRECTAMENTE COMO LA TENSION SUPERFICIAL, (D) INCREMENTARÁ APROXIMADA Y DIRECTAMENTE CON LA DENSIDAD.

LA PRESIÓN DE ORIFICIO CON UN CAMBIADOR DE REMOLINO FIG. (12) Y LA PRESIÓN CENTRÍFUGA DE ORIFICIO, CON UNA RANURA -- CENTRAL INSERTADA PARA IMPARTIR UN GIRO O MOVIMIENTO CIRCULAR SON POPULARES PARA EL SECADO DE LECHE FIG. (13)

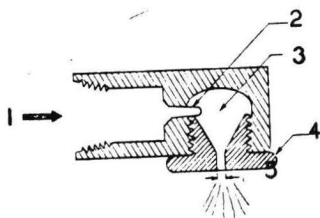


FIG. 12.- PRESIÓN DE ORIFICIO EN UN CAMBIADOR DE REMOLINO

- 1.- ENTRADA DE LÍQUIDO.
- 2.- ENTRADA EN ÁNGULO AL CAMBIADOR.
- 3.- CAMBIADOR DE REMOLINO.
- 4.- ORIFICIO TAPÓN.
- 5.- DIÁMETRO DE ORIFICIO.

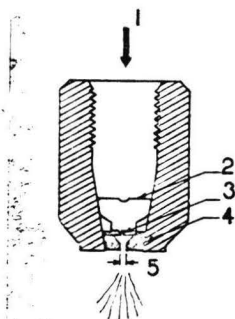


FIG. 13.- PRESIÓN CENTRÍFUGA DE ORIFICIO CON NUCLEO RANURADO INSERTADO.

- 1.- ENTRADA DE LÍQUIDO.
- 2.- NÚCLEO O CENTRO.
- 3.- RANURA.
- 4.- ORIFICIO TAPÓN.
- 5.- DIÁMETRO DE ORIFICIO.

LA PRESIÓN DE ORIFICIO SE HACE DE DOS PARTES, EL CENTRO - QUE SE IDENTIFICA CON UN NÚMERO POR LOS FABRICANTES Y UN ORIFICIO DESIGNADO POR UN NÚMERO, TABLA (5). LOS ORIFICIOS SE HACEN DE ACERO INOXIDABLE ENDURECIDO.

TABLA 5

CAPACIDAD Y ANGULO DE PRESIONES DE ORIFICIO OPERANDO A
272,109 ATM

ORIFICIO No.	DIÁMETRO CM.	NÚCLEO INSERTADO No.	CAPACIDAD RANURAS		ANGULOS DE AS-- PERSIÓN GRADOS
			AGUA Kg/HR	No.	
80	0.03429	10	30.27	2	56
76	0.0508	16	-----	2	--
72	0.0635	16	67.409	2	70
68	0.07874	20	-----	2	--
65	0.0889	20	205.45	4	68
60	0.1016	17	242.27	4	73
55	0.13208	21	319.09	4	75
52	0.16129	27	636.36	4	75

SE HA DESARROLLADO RECIENTEMENTE EL USO DE VIBRADORES SÓNICOS O ULTRASÓNICOS EN EL ORIFICIO PARA INCREMENTAR LA UNIFORMIDAD DE GOTEO.

DISCOS DE GIRO CENTRÍFUGO.

LOS DISCOS GIRATORIOS SON PARTICULARMENTE ÚTILES PARA MATERIALES VISCOSOS Y PARA MATERIALES EN SUSPENSIÓN. ESTOS DISCOS SE UTILIZAN MÁS EN EUROPA E INGLATERRA QUE EN LOS E. U.

VARIOS TIPOS DE DISCOS DE GIRO CENTRÍFUGO CONSISTEN DE UN DISCO DE VELETAS RADIAL (LAS VELETAS COLOCADAS ENTRE DOS DISCOS), DISCOS MÚLTIPLES (3 O MÁS) Y UN ESCUDILLO O UN CAMBIADOR ESFÉRICAMENTE FORMADO A TRAVÉS DEL CUAL SE MUEVE EL PRO

DUCTO FIG. (14). EL ATOMIZADOR DE DISCO PERMITE CONSIDERABLE VARUACIÓN EN LA CAPACIDAD DE UN $\pm 25\%$ DE LA CAPACIDAD DE DI SEÑO. EL TAMAÑO DE GOTA PRODUCIDO POR EL ATOMIZADOR DE DISCO DISMINUYE CON UN INCREMENTO EN LA RAPIDÉZ ARRIBA DE 12192 CM/SEG PARA EL PRODUCTO QUE VIENE DEL ATOMIZADOR. LA UNIDAD CENTRÍFUGA ES USADA EN UN CAMBIADOR DE SECADO VERTICAL.

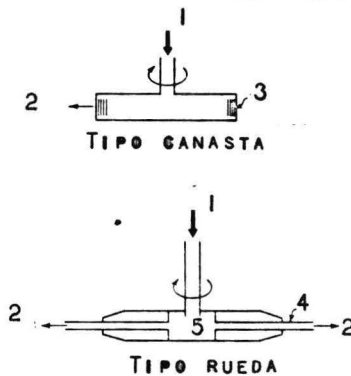


FIG. 14.- ATOMIZADORES DE DISCO CENTRÍFUGO

- 1.- LECHE.
- 2.- GOTAS.
- 3.- RANURAS VERTICALES U HOYOS ESPACIADOS ALREDEDOR DE LA CANASTA.
- 4.- RAYOS.
- 5.- EJE.

SE USA LA ENERGÍA PARA ROTAR EL ORIFICIO, FRECUENTEMENTE ALTAS VELOCIDADES EN LUGAR DE PONER ENERGÍA EN UNA BOMBA PARA CONVERTIR LA ENERGÍA DE PRESIÓN A VELOCIDAD COMO SE HACE POR LA PRESIÓN DE ORIFICIO.

UNA ECUACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA REQUERIDA PARA EL MANEJO DEL DISCO ATOMIZADOR ES (ADLER Y MARSHALL) (1951):

$$P = 1.25 \times 10^{-11} W N^2 (D^2 - D_0^2 / 2)$$

P = POTENCIA EN KW/HR

W = VELOCIDAD DE FLUJO Kg/MIN

N = RAPIDEZ DE DISCO. RPM.

D = DIÁMETRO DE DISCO CM.

D₀ = DIÁMETRO DE DISCO DONDE SE ALIMENTA EL PRODUCTO. CM.

CENTRÍFUGA CONTRA ATOMIZACIÓN A ALTA PRESIÓN.

EL PESO ESPECÍFICO DE LA LECHE SECA PREPARADA CON UN ATOMIZADOR DE DISCO CENTRÍFUGO DEPENDE DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA LECHE CONCENTRADA, LO CUAL NO ES CIERTO PARA LECHE SECA PREPARADA CON ATOMIZADORES A ALTA PRESIÓN (BLAAUW 1960). EL DECREMENTO EN EL CONTENIDO DE AIRE DE LOS POLVOS CON EL INCREMENTO DE LOS SÓLIDOS DE LA LECHE CONCENTRADA ES MUCHO MÁS PRONUNCIADO CON LA CENTRÍFUGA COMPARADA A LA ATOMIZACIÓN POR ALTA PRESIÓN. LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE LA LECHE SECA PRODUCIDA POR LOS DOS MÉTODOS PERMANECEN LAS MISMAS -- CUANDO SE EMPACAN EN GAS Y SE ALMACENAN POR UN AÑO A 15.555-21.11°C. LA DENSIDAD GLOBAL DE LOS POLVOS DE LECHE PUEDE VARIARSE GRANDEMENTE VARIANDO LA PRESIÓN DE LA BOMBA Y PRODUCTO.

COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE ATOMIZACIÓN.

ES DIFÍCIL DETERMINAR CUAL ES EL MEJOR MÉTODO DE ATOMIZACIÓN. EL CRITERIO SIGUIENTE HA SIDO SUGERIDO POR MARSHALL Y SELTZER (1950);

ELLOS SUGIEREN QUE LOS MÉTODOS DE ATOMIZACIÓN SEAN COMPARADOS SOBRE LAS BASES DE: (A) CAPACIDAD EN TÉRMINOS DE CM² DE ÁREAS SUPERFICIALES POR Kg DE LÍQUIDO EN UN MINUTO, (B) POTENCIA SOBRE LAS BASES DE CM² DE ÁREA SUPERFICIAL PRODUCIDA, (C) DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE GOTA, (D) CURVA DE DISTRIBUCIÓN DE MASA VELOCIDAD.

GOTEO.

DESIGNACIÓN DE TAMAÑO.

UNA CURVA DE FRECUENCIA DE DISTRIBUCIÓN RELACIONA EL NÚMERO O PORCENTAJE DE GOTAS DE VARIOS DIÁMETROS, ÁREAS SUPERFICIALES, VOLÚMENES O PESOS. UNA DISTRIBUCIÓN NORMAL DARÁ UNA CURVA ESTANDARD DE FORMA DE CAMPANA Fig. (15). LA REPRESENTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN ACUMULATIVA TAMBIÉN ES USADA CONSIDERABLEMENTE FIG. (16). UN 100% DE LAS GOTAS PODRÁN SER DEL -

TAMAÑO MÁXIMO, X_m O MENORES.

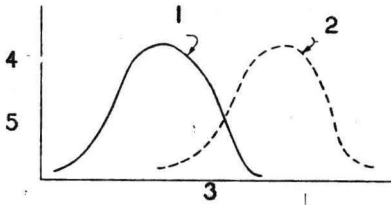


FIG. 15.- CURVAS DE FRECUENCIA DE DISTRIBUCIÓN

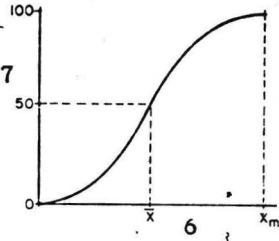


FIG. 16.- CURVA DE DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO ACUMULATIVO.

- 1.- NÚMERO DE PARTÍCULAS.
- 2.- AREA SUPERFICIAL.
- 3.- X , DIÁMETRO.
- 4.- NÚMERO.
- 5.- AREA SUPERFICIAL.
- 6.- X , DIÁMETRO.
- 7.- % MÁS PEQUEÑO. X .

EL DIÁMETRO MEDIO \bar{X} ES EL PUNTO DONDE EL 50% DE LAS GOTAS (O ALGUNA OTRA VARIABLE) ESTÁ INCLUIDO Y DIVIDE EL ASPERSOR EN DOS PORCIONES IGUALES. LA TABLA (6) PRESENTA UNA MANERA RECOMENDABLE DE DESIGNACIÓN Y USO DEL DIÁMETRO MEDIO EL CUAL PUEDE EXPRESARSE POR RELACIONES MATEMÁTICAS O ESTADÍSTICAS (MARSHALL 1954).

EVAPORACIÓN DE LA GOTA EN EL SECADOR.

EN EL EVAPORADOR EL AGUA ES REMOVIDA DEL PRODUCTO DENTRO DEL RECIPIENTE Y A TRAVÉS DE LA SUPERFICIE DEL PRODUCTO. EL PRODUCTO CONDENSADO ES FORZADO A LOS ORIFICIOS, ATOMIZADO Y DISPERSADO EN UNA CORRIENTE DE AIRE CALIENTE DEL SECADOR. EL AGUA ES ENTONCES REMOVIDA DE LAS GOTAS DEL PRODUCTO LAS CUA

LES SON 40 A 70% DE AGUA, CON EL RESTO COMO SÓLIDOS DISUELTOS. A MEDIDA QUE EL PRODUCTO CAMBIA ESENCIALMENTE DE UN LÍQUIDO A LA ENTRADA A UN SÓLIDO HÚMEDO Y DESPUÉS A UN SÓLIDO SECO TAMBIÉN CAMBIA LA VELOCIDAD DE SECADO.

TABLA 6

TABLA DE DIÁMETROS MEDIOS

DIÁMETRO MEDIO	SÍMBOLO	CAMPO DE APLICACIÓN
LINEAL	\bar{X}_A	EVAPORACIÓN
SUPERFICIE	\bar{X}_S	ABSORCIÓN (ÁREA INVOLUCRADA)
VOLUMEN	\bar{X}_V	DISTRIBUCIÓN DE MASA EN UN ASPERSOR
DIÁMETRO SUPERFICIAL	\bar{X}_{S-D}	ABSORCIÓN
VOLUMEN, DIÁMETRO	\bar{X}_{V-D}	EVAPORACIÓN
VOLUMEN, SUPERFICIE (MÉTODO SAUTER)	\bar{X}_{VS}	TRANSFERENCIA DE MASA

LA VELOCIDAD DE SECADO PUEDE SER CLASIFICADA EN DOS ZONAS: EL PERÍODO DE VELOCIDAD CONSTANTE Y EL PERÍODO DE CAÍDA DE VELOCIDAD SEPARADOS POR UN PERÍODO DE TRANSICIÓN FIG. (17)

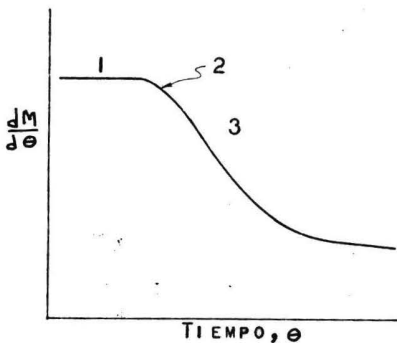


FIG. 17.- ZONAS TEÓRICAS DE SECADO

- 1.- VELOCIDAD CTE.
- 2.- TRANSICIÓN.
- 3.- VELOCIDAD DECAYENDO.

SEPARACIÓN DE AIRE Y POLVO.

A MEDIDA QUE EL PRODUCTO ES SECADO ES NECESARIO SEPARAR EL PRODUCTO SECO DEL AIRE. SIN CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE DISEÑO EL PRODUCTO SERÁ LLEVADO POR EL AIRE HÚMEDO DEL SECADOR. ES NECESARIO PARA REMOVER LAS PARTÍCULAS: (A) PARA DAR UN MÁXIMO PRODUCTO DEL SECADOR ECONOMIZAR TODOS LOS PRODUCTOS EN POLVO, (B) PARA EVITAR LA POLUCIÓN DE AIRE ALREDEDOR DE LA PLANTA DE SECADO.

LOCALIZACIÓN.

EL POLVO PUEDE SER SEPARADO DEL AIRE PRIMERAMENTE: (A) DENTRO DEL SECADOR (INTERNO) FIG (18), (B) FUERA DEL SECADOR (EXTERNO) FIG. (19). EN AMBOS CASOS ES NECESARIO USAR UN ARTEFACTO ADICIONAL O COMPONENTES FUERA DEL SECADOR PARA REMOVER LOS FINOS LOS CUALES NO SE ASENTARÁN NORMALMENTE EN EL SECADOR. LOS ARTEFACTOS DE SEPARACIÓN EXTERNASE USAN EN TODOS LOS SECADORES.

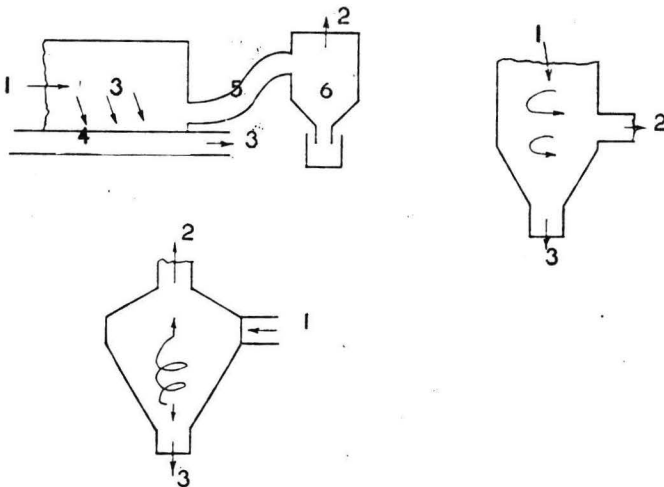


FIG. 18.- SEPARACIÓN DE LECHE SECA DENTRO DEL SECADOR.

1.- ENTRADA.

2.- AIRE

3.- PRODUCTO.

4.- TRANSPORTADOR DE GUSANO.

- 5.- AIRE Y FINOS.
- 6.- COLECTOR DE POLVOS

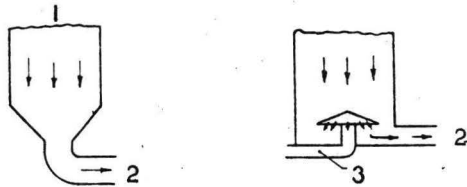


FIG. 19.- AIRE Y PRODUCTO SON REMOVIDOS JUNTOS.

- 1.- VERTICAL.
- 2.- AIRE Y PRODUCTO.
- 3.- CEPILLO DE AIRE.

MÉTODOS.

EL PRODUCTO QUE ES SEPARADO DEL AIRE EN EL SECADOR PUEDE SER REMOVIDO POR:

- 1.- UN CEPILLO DE AIRE, POR EL CUAL EL AIRE DEL EXTERIOR -- DEL SECADOR, A LA TEMPERATURA AMBIENTE O ACONDICIONADO A -- MÁS BAJA TEMPERATURA USA PARA DIRIGIR UN CHORRO DE AIRE PARA MOVER EL PRODUCTO DEL FONDO DEL SECADOR;
- 2.- UN CEPILLO O ESCOBA EL CUAL ES ARRASTRADO A TRAVÉS DEL FONDO DEL SECADOR;
- 3.- UN TRANSPORTADOR TIPO FLOTANTE;
- 4.- UN SISTEMA DE GRAVEDAD.

LOS VIBRADORES SE UNEN FRECUENTEMENTE A LOS DADOS DEL SECADOR PARA PREVENIR O REDUCIR EMBARRAMIENTO DE LOS POLVOS Y PARA MOVER EL PRODUCTO RÁPIDAMENTE DEL SECADOR.

VARIABLES.

LAS VARIABLES QUE AFECTAN LA SEPARACIÓN DEL POLVO DEL AIRE SON, TAMAÑO DE PARTÍCULA, CONCENTRACIÓN, NATURALEZA DEL MATERIAL Y CANTIDAD DEL PRODUCTO. LA NATURALEZA O CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO, TALES COMO GRASA, HUMEDAD, COHESIÓN Y - FRICCIÓN AFECTAN GRANDEMENTE LA EFICIENCIA DE SEPARACIÓN O COLECCIÓN. LA EFICIENCIA DE COLECCIÓN SE DESIGNA COMO LA RE

LACION DE LOS TIEMPOS DE SALIDA DIVIDIDOS ENTRE LOS TIEMPOS DE ENTRADA 100% CON EL PRODUCTO AL MISMO CONTENIDO DE HUMEDAD EN LAS DOS LOCALIZACIONES.

TIPOS.

TRES TIPOS DE SEPARADORES DE AIRE-PRODUCTO SE USAN COMUNEMENTE PARA LOS SECADORES DE LECHE. EL CICLÓN Ó MULTICICLÓN, EL CUAL ES UN TIPO DE SEPARADOR INERCIAL, ES MÁS COMUNEMENTE USADO.

ENFRIAMIENTO DEL POLVO.

EL PRODUCTO SECO PUEDE SER REMOVIDO DEL SECADOR TAN RÁPIDAMENTE COMO SEA POSIBLE DESPUÉS DE QUE ES PRODUCIDO PARA MINIMIZAR EL EFECTO DEL DAÑO POR EL CALOR. EL PRODUCTO Y EL AIRE PUEDEN SER REMOVIDOS JUNTOS DEL SECADOR Y SEPARADOS FUERA DE ÉL PARA REDUCIR EL EFECTO DEL CALOR.

EL ENFRIAMIENTO DE PRODUCTO SE HACE PARA PREVENIR EL AGLUTINAMIENTO, EMBARRAMIENTO Y DAÑO POR EL CALOR DEL PRODUCTO. EL CALENTAMIENTO PROLONGADO CAUSA QUE LA GRASA FUNDA Y SE DIRIJA A LA SUPERFICIE DEL POLVO DE LECHE ENTERA CON MÁS DE LA GRASA SOBRE LA SUPERFICIE DEL POLVO EL PRODUCTO NO SE GUARDARÁ TAMBIÉN EN EL ALMACENAMIENTO.

LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA O VALOR K, SE ESTIMA EN 0.00012 CAL/SEG CM² °C/CM, EL CUAL ES CONSIDERABLEMENTE MÁS BAJO -- QUE MUCHAS PARTÍCULAS ALIMENTICIAS Y MUY SIMILAR A LOS MATERIALES AISLANTES.

ALGÚN ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO SE EFECTUARÁ EN EL SECADOR CUANDO SE USA UN CEPILLO DE AIRE ALIMENTADO CON AIRE FRÍO -- PARA REMOVER EL PRODUCTO SECO DE LOS LADOS Y FONDO DEL SECADOR.

LOS TRES PRINCIPIOS DE ENFRIAMIENTO DE POLVO FUERA DEL SECADOR INVOLUCRAN:

1.- ENFRIAMIENTO POR CONDUCCIÓN EN EL CUAL SE ENFRÍA EL PRODUCTO CUANDO SE MUEVE A TRAVÉS DE UN TRANSPORTADOR DE RASPA DO CON CHAQUETA DE AGUA.

2.- ENFRIAMIENTO POR CONDUCCIÓN POR EL USO DE AIRE AMBIENTE O REFRIGERADO PARA ENFRIAR A 37.77°C O MOVIENDO AIRE ACONDICIONADO SOBRE EL PRODUCTO O A TRAVÉS DEL TRANSPORTADOR QUE MANEJA AL PRODUCTO.

3.- ENFRIAMIENTO POR RADIACIÓN. PONIENDO UNA SUPERFICIE FRÍA

DE EVAPORADOR EN VISTA DEL PRODUCTO CALIENTE OFRECE OTRA POSIBILIDAD. ESTE MÉTODO NO HA SIDO EXPLOTADO POR LA INDUSTRIA DEL SECADO DE LECHE.

EL OXÍGENO PUEDE SER ELIMINADO MÁS FACILMENTE DEL POLVO CALIENTE QUE DEL FRÍO, DONDE UN GAS INERTE, TAL COMO NITRÓGENO, SE USA PARA EL EMPAQUE AL VACÍO.

LA CANTIDAD DE CALOR A SER REMOVIDO ESTÁ DADO EN CALORIAS MULTIPLICANDO EL CALOR ESPECÍFICO POR EL PESO, EN GRAMOS - TIEMPO LA DIFERENCIA EN TEMPERATURA, °C. UN CALOR ESPECÍFICO DE APROXIMADAMENTE 0.25 CAL/g°C SE PUEDE USAR PARA EL POLVO SECO.

EFFECTIVIDAD DEL SECADOR POR ASPERSIÓN.

DOS TÉRMINOS SE USAN PARA DESCRIBIR LA OPERACIÓN O EFECTIVIDAD DE SECADORES POR ASPERSIÓN. LA CAPACIDAD EVAPORADA SON LOS GRAMOS DE AGUA EVAPORADA POR UNIDAD DE TIEMPO BAJO CONDICIONES DE OPERACIÓN ESTANDARD. LA EFICIENCIA TÉRMICA ES EL % DE CALOR TOTAL UTILIZADO POR CALENTAMIENTO Y EVAPORACIÓN DEL AGUA.

$$\text{EFICIENCIA TÉRMICA} = \frac{(1-R/100)(T_1 - T_2)}{T_1 - T_0}$$

R = PÉRDIDA DE RADIACIÓN, % DE TEMPERATURA TOTAL DE GOTA EN EL SECADOR.

T₀ = TEMPERATURA DEL AIRE ATMOSFÉRICO, °C

T₁ = TEMPERATURA A LA CUAL EL AIRE ES CALENTADO, °C.

T₂ = TEMPERATURA DE AIRE SALIENDO DEL SECADOR, °C.

UNA EFICIENCIA ALTA SE PROMUEVE POR UNA ALTA TEMPERATURA DE ENTRADA, UNA BAJA TEMPERATURA EXHAUSTIVA, REDUCE PÉRDIDAS DE RADIACIÓN Y RECUPERACIÓN DE CALOR DE GAS EXHAUSTIVO DESPUÉS DE LA ZONA DE SECADO. EL GAS EXHAUSTIVO PUEDE SER RECICLADO AL CAMBIADOR DE SECADO, USADO PARA PRECALENTAR EL AIRE FRESCO DE SECADO O PUEDE USARSE PARA PRECALENTAR Y CONDENSAR EL PRODUCTO. EN LA PRÁCTICA 1000 g A 1452.8 g DE VAPOR SE REQUIEREN PARA EVAPORAR CADA GRAMO DE AGUA EN EL SECADOR.

CAÍDA DE PRESIÓN.

LA PRESIÓN A TRAVÉS DE UN SECADOR INCREMENTA COMO LA VELO

CIDAD AUMENTA PARA UN SECADOR PARTICULAR. LA CAÍDA DE PRESIÓN VARÍA DE 6.35 A 63.5 CM DE AGUA, DEPENDIENDO DEL BIENESTAR DE LA UNIDAD. LA CAÍDA DE PRESIÓN SE PUEDE CALCULAR DE LA BASE DE LA GOTA DE LOS MEJORES COMPONENTES EN LA CAÍDA DE PRESIÓN EN LA TUBERÍA. LOS COMPONENTES RESPONSABLES DE LA CAÍDA DE PRESIÓN DEL SISTEMA SON, EL FILTRO, CAMBIADORES DE CALOR, COLECTORES Y LOS CONDUCTOS.

SINNAMON Y COLABORADORES EN 1957 INDICARON QUE LAS ESPUMAS SECAS DE LECHE BAJO ALTO VACÍO PODRÍAN PRODUCIR UNA LECHE ENTERA EN POLVO DE EXCELENTE SABOR INICIAL Y DISPERSABILIDAD. MORGAN Y SUS ASOCIADOS DEMOSTRARON QUE ESTA DISPERSABILIDAD PODÍA SER MANTENIDA EN PRODUCTOS ESPUMADOS AÚN DURANTE EL SECADO A PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

PARA PROBAR ESTA IDEA EL LABORATORIO USDA HIZO EXPERIMENTOS CON POLVOS DE LECHE ENTERA PARA SECAR GOTITAS DE ESPUMA DE LECHE CONCENTRADA EN UN SECADOR POR ASPERSIÓN.

TÉCNICA EMPLEADA Y PROPIEDADES FÍSICAS DEL POLVO RESULTANTE.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.- LA LECHE FUÉ ESTANDARIZADA A 3.3% DE GRASA, CALENTADA A 73.88°C POR 15 SEG. EN UN CALENTADOR MALLORY HOMOGENEIZADA A 1136.36Kg Y CONCENTRADA A 50% DE SÓLIDOS. EN UN EVAPORADOR DE PELÍCULA DESCENDENTE WIEGAND DE 378.53 LITROS POR HORA DE CAPACIDAD.

EL CONCENTRADO, PUESTO A 32.22°C FUE SECADO USANDO UN SECADOR POR ASPERSIÓN DE 273.6 CM MODIFICADO SWENSEN EQUIPADO CON UN ORIFICIO DE PRESIÓN DISEÑADO Y FABRICADO POR LA WHITING CO. LA MODIFICACIÓN CONSISTE DE PREVENIR UN MEDIO PARA LA INYECCIÓN DEL GAS NITRÓGENO BAJO PRESIÓN DENTRO DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN ENTRE LA BOMBA Y EL ORIFICIO. ESTE FUE EFECTUADO POR EL USO DE UNA T DE ACERO INOXIDABLE PUESTA COMO SE VE EN LA FIGURA(20). ESTE ARTEFACTO DE MEZCLADO COLOCADO APROXIMADAMENTE A 45.72 CM DE SALIDA DE UNA BOMBA DE DESCARGA POSITIVA DE 378.53 LITROS/HR, FUE ALIMENTADO CON NITRÓGENO DE TANQUES DE PRESIÓN ESTANDARD. LA PRESIÓN DEL NITRÓGENO FUE REDUCIDA MANTENIDA A 909.09 Kg POR UN REGULADOR VICTOR. LA VELOCIDAD DE FLUJO DEL NITRÓGENO DENTRO DEL APARATO DE MEZCLADO FUE DETERMINADA POR EL USO DE UN MEDIDOR DE FLUJO DE ALTA PRESIÓN BROOKE Y CONTROLADO MANUALMENTE --

POR UNA VÁLVULA DE AGUJA EN LA LÍNEA DESPUÉS DEL MEDIDOR DE FLUJO. LA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO FUE EQUIPADA CON UNA VÁLVULA DE BY-PASS LA CUAL PERMITIÓ EL USO DE VARIAS RELACIONES N_2 -CONCENTRADO MIENTRAS SE MANTENÍA UNA PRESIÓN -- CONSTANTE DE 818.18 KG SOBRE LA CABEZA DEL ASPERSOR. LA CAN

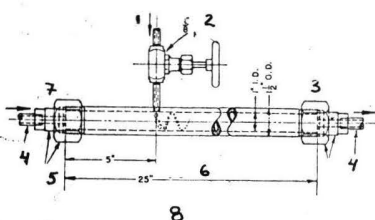


FIG. 20.- APARATO DE MEZCLADO USADO PARA INCORPORAR NITRÓGENO DENTRO DEL CONCENTRADO DE LECHE ANTES DE LA ATOMIZACIÓN.

- 1.- NITRÓGENO, ENTRADA.
- 2.- VÁLVULA DE AGUJA DE ALTA PRESIÓN.
- 3.- NITRÓGENO CONCENTRADO Y MEZCLADO AL ORIFICIO DE ASPERSIÓN.
- 4.- 3/8 " EX. TUBERÍA PESADA.
- 5.- UNIÓN DE ALTA PRESIÓN.
- 6.- LONGITUD TOTAL DE TUBO MEZCLADOR.
- 7.- CONCENTRADO DE LA BOMBA ENTRADA.
- 8.- ZONA DE MEZCLADO, (TODAS LAS PARTES HECHAS DE ACERO INOXIDABLE) ESCALA, MITAD DEL TAMAÑO.

TIDAD DEL CONCENTRADO SECADO POR UNIDAD DE TIEMPO FUE DETERMINADA POR SUBSTRACCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL BY-PASS DE LA CLASIFICACIÓN DE LA BOMBA.

LOS POLVOS EXPERIMENTALES SE HICIERON SECANDO VARIAS MEZCLAS NITRÓGENO-CONCENTRADO USANDO ESPREAS CON RANGOS DE ORIFICIO DE 0.1016 A 0.127 CM DE DIÁMETRO. UNA VELOCIDAD CONSTANTE DE AIRE DE ENTRADA A 128.88°C FUE EMPLEADA EN TODAS LAS CORRIDAS DE PRUEBA.

EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS POLVOS RESULTANTES SE DETERMINÓ CON LA TÉCNICA DE DESTILACIÓN DE TOLUENO. LA DENSIDAD GLOBAL SE DETERMINÓ POR MEDICIÓN DEL VOLUMEN OCUPADO POR UNA MUESTRA LEVEMENTE PERFORADA. LOS DIÁMETROS DE LAS PARTI-

CULAS INDIVIDUALES EN LOS GLÓBULOS SE MIDIERON USANDO UN MICROSCOPIO EQUIPADO CON UN OCULAR DE ESCALA CALIBRADA EN MICRÓN SUPERIOR. LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA POR EXAMINACIÓN MICROSCÓPICA DE LOS CAMPOS AL AZAR. LAS ÁREAS SUPERFICIALES ESPECÍFICAS DE LOS POLVOS FUERON DETERMINADAS USANDO UNA ADAPTACIÓN DE UN MÉTODO PERMEAMÉTRICO ESTANDARD.

EL MEZCLADO DEL NITRÓGENO Y EL CONCENTRADO DE LECHE ENTERA BAJO PRESIÓN JUSTO ANTES DE LA ATOMIZACIÓN EN UN SECADOR POR ASPERSIÓN CONVENCIONAL PRODUCE MATERIAL CARACTERIZADO POR INCREMENTO DE DENSIDAD Y MEJOR DISPERSABILIDAD. LAS PARTÍCULAS PARECEN SER ESFERAS RELATIVAMENTE GRANDES DE ESPUMA DE LECHE SECA, DURANTE EL SECADO UN NÚMERO CONSIDERABLE DE ESFERAS CHOCARON Y SE FUNDIERON EN UN AGREGADO. LAS ESFERAS INDIVIDUALES Y LOS AGREGADOS NO SE ROMPEN DURANTE EL EMPACADO O MANEJO. UNA DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE PARTÍCULA EN UN SECADOR POR ASPERSIÓN CONVENCIONAL Y UN SECADOR POR ASPERSIÓN DE ESPUMAS SE ILUSTRAN EN LA FIG.(21). GRANDES AGREGADOS ENCONTRADOS EN EL MATERIAL CONVENCIONAL SE FORMARON POR EL AGLUTINAMIENTO CAUSADO POR EL ALTO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS POLVOS.

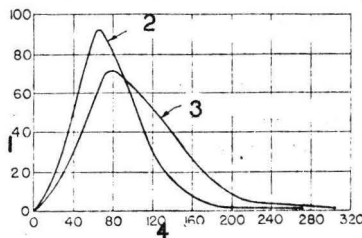


FIG. 21.- DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN POLVOS SECADOS POR ASPERSIÓN PRODUCIDOS CON Y SIN INCORPORACIÓN DE GAS. AMBAS MUESTRAS PRODUCIDAS POR ASPERSIÓN A TRAVÉS DE 1.22 CM DE ORIFICIO. EL PRODUCTO SE ESPUMÓ INTRODUCIENDO 4, 247.4 CC. ESTANDARD DE NITRÓGENO EN CADA 454 G DE CONCENTRADO DE 50% ANTES DE ATOMIZARSE. EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS POLVOS: SIN GAS, 4.9%, CON GAS, 3.2%.

1.- NÚMERO DE PARTÍCULAS.

- 2.- SECADO POR ASPERSIÓN CONVENCIONAL.
- 3, ▽ SECADO POR ASPERSIÓN DE ESPUMA.
- 4.- DIÁMETRO, MICRAS.

LOS EFECTOS DE INCORPORACIÓN DE CANTIDADES DE NITRÓGENO INCORPORADAS EN EL CONCENTRADO ANTES DE LA ATOMIZACIÓN SOBRE LA OPERACIÓN DE SECADO Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL POLVO ESTÁN TABULADOS EN LA TABLA (7).

TABLA 7

PROPIEDADES FÍSICAS DE POLVOS DE LECHE ENTERA PRODUCIDOS POR INCORPORACIÓN DE GAS PRESURIZADO DENTRO DEL CONCENTRADO ANTERIOR AL SECADO

CONDICIONES DE SECADO		
DIÁMETRO DEL ORIFICIO DE LA BOQUILLA	VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN AL SECADOR	VELOCIDAD DE INYECCIÓN DE NITRÓGENO
(CMS)	CONC 50% KG/HR	CC DE N ₂ /g DE CONC.
0.1016	244.545	28.035
0.1016	264.090	13.083
0.1016	288.181	8.722
0.1016	304.090	0.000
0.1181	322.272	21.182
0.1181	335.909	9.968
0.1181	354.090	7.476
0.1181	364.545	0.000
0.1219	337.727	19.936
0.1219	354.545	9.345
0.1219	368.636	6.853
0.1219	379.545	0.000
0.1270	345.000	19.313
0.1270	360.454	9.345
0.1270	377.727	6.229
0.1270	388.636	0.000

CONTINÚA TABLA (7).

HUMEDAD RESIDUAL	DENSIDAD GLOBAL	GRASA LIBRE	DISPERSABILIDAD	DIÁMETRO PROMEDIO ESFERAS INDIVIDUAL	TAMAÑO DE AGLUTINAMIENTO -- PROMEDIO DUAL
(%)	(g/cc)	(%)	(%)	-----MICRAS-----	
2.3	0.21	25.1	85.5	94.86	147.56
2.5	0.23	20.7	91.9	92.82	196.52
3.5	0.30	8.0	89.2	84.32	195.84
3.6	0.53	2.8	69.8	68.34	280.50
2.2	0.24	19.5	93.0	104.09	269.62
3.1	0.26	13.2	80.8	96.56	153.00
3.8	0.32	7.0	85.5	92.14	250.24
4.5	0.50	3.2	66.9	78.54	429.08
2.2	0.24	18.2	93.8	93.84	140.76
3.2	0.25	13.9	92.8	103.36	216.24
4.0	0.32	7.9	86.2	87.04	259.08
4.9	0.45	4.3	55.3	62.90	330.14
2.6	0.23	17.9	89.6	100.98	156.40
3.2	0.25	11.7	88.5	93.84	200.60
4.0	0.29	7.1	89.4	90.10	287.30
5.6	0.48	3.5	71.8	74.12	305.32

DE ESTA TABLA SE PUEDE VER QUE A MEDIDA QUE SE INCREMENTA LA CANTIDAD DE NITRÓGENO EN LA ALIMENTACIÓN, LA CANTIDAD DE CONCENTRADO SIENDO SECADO DECRECE A LO LARGO CON LA DENSIDAD GLOBAL Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS POLVOS RESULTANTES.

LAS CANTIDADES INCREMENTADAS DE NITRÓGENO EN EL CONCENTRADO INCREMENTA LA DISPERSABILIDAD, GRASA LIBRE Y DIÁMETRO DE PARTÍCULA.

EL INCREMENTO EN DISPERSABILIDAD ES MÁS MARCADO ENTRE LAS MUESTRAS PRODUCIDAS USANDO NIVELES CERO DE NITRÓGENO Y AQUELLAS PRODUCIDAS POR LA INCORPORACIÓN DEL NIVEL MÁS BAJO DE NITRÓGENO. AÚN CUANDO LOS RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LA DISPERSABILIDAD DE LAS MUESTRAS ESPUMADAS SON ERRÁTICOS, -- LOS PROMEDIOS DE TODOS LOS PRODUCTOS PRODUCIDOS POR DIFEREN

TES TAMAÑOS DE ESPREA A CADA NIVEL DE INYECCIÓN DE NITRÓGENO INDICA UN INCREMENTO EN LA DISPERSABILIDAD CON EL INCREMENTO DE INCORPORACIÓN DE OXÍGENO. A UNA PRESIÓN DE ATOMIZACIÓN CONSTANTE, INCREMENTANDO EL DIÁMETRO DEL ORIFICIO DE LA ESPREA, NECESARIAMENTE INCREMENTA LA CANTIDAD DEL MATERIAL SECADO. UNA SERIA PÉRDIDA EN LA HABILIDAD DEL SECADOR PARA PRODUCIR POLVO ACEPTABLEMENTE SECADO COMO SE USA EL INCREMENTO DE ORIFICIOS DE LAS ESPREAS SE NOTA SI EL NITRÓGENO NO SE INCORPORA DENTRO DEL CONCENTRADO. ESTO INCREMENTA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS POLVOS CON INCREMENTO DEL DIÁMETRO DE ORIFICIO DE LA ESPREA, ESTO NO ESTÁ MARCADO CUANDO EL NITRÓGENO SE MEZCLA A LA ALIMENTACIÓN DEL SECADOR. LA EFICIENCIA INCREMENTADA DEL SECADO POR EFECTO DE AÑADIR NITRÓGENO PERMITE AL SECADOR PRODUCIR POLVO DE LECHE A LA VELOCIDAD COMO EL SECADO POR ASPERSIÓN CONVENCIONAL A SU CAPACIDAD. LA DEMOSTRACIÓN DE ESTO PUEDE OBTENERSE DE LA COMPARACIÓN DE LOS DATOS DE LAS COLUMNAS 2 Y 4 DE LA TABLA (7), DE ESOS DATOS SE PUEDE VER QUE SIN LA INCORPORACIÓN DE GAS, NINGUNO DE LOS POLVOS FUE SECADO, ABAJO DEL NIVEL ACEPTABLE DE 3,5% DE HUMEDAD EN UNA HORA. POR EL USO DE LA INCORPORACIÓN DE NITRÓGENO, 360.4545 Kg DE CONCENTRADO PUEDE SER REDUCIDO A 3,2% DE HUMEDAD EN UN PERIODO DE TIEMPO SIMILAR. PARTE DE ESTE MEJORAMIENTO RESULTA EN EL PROCEDIMIENTO DE SECADO. EN LA FLOTACIÓN INCREMENTADA DE LAS PARTÍCULAS ESPUMADAS, LAS CUALES PUEDEN INCREMENTAR LEVEMENTE EL TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL SECADOR.

YA QUE UNA PARTE DEL INCREMENTO DE TAMAÑO DE PARTÍCULA SE DEBE A LA EXPANSIÓN DEL GAS ATRAPADO EN LAS ESFERAS DE ESPUMA DE LECHE FORMADAS DURANTE LA ATOMIZACIÓN, UN INCREMENTO EN LAS ÁREAS SUPERFICIALES ESPECÍFICAS DE LOS POLVOS PODRÍA ACOMPAÑAR EL INCREMENTO EN CONTENIDO DE NITRÓGENO DE LA ALIMENTACIÓN.

LA FIGURA(22) PRESENTA GRÁFICAMENTE LAS RELACIONES ENTRE LAS ÁREAS SUPERFICIALES, DIÁMETRO DE ORIFICIO DE LA ESPREA VELOCIDAD DE FLUJO DE NITRÓGENO DENTRO DE LA ALIMENTACIÓN DEL SECADOR Y LA VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN. DE ESTO SE PUEDE VER QUE EL MAYOR INCREMENTO EN EL ÁREA SUPERFICIAL ESPECÍFI

CA CON EL INCREMENTO DE CONTENIDO DE NITRÓGENO SE OBTIENE U
SANDO LA ABERTURA MÁ S PEQUEÑA DE LA ESPREA. LA CANTIDAD DE
EXPANSIÓN DE SUPERFICIE POR UNIDAD DE FLUJO DE NITRÓGENO -
DENTRO DEL CONCENTRADO CAE TANTO COMO LA CANTIDAD DE NITRÓ
GENO SE INCREMENTA.

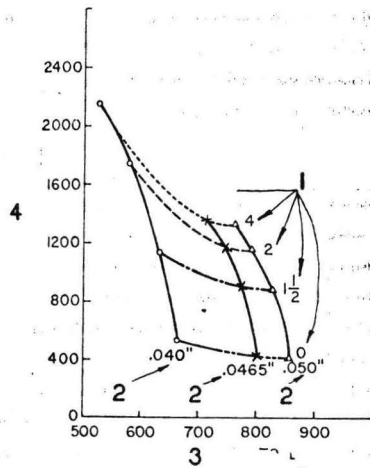


FIG. 22.- RELACIONES ENTRE ALGUNOS FACTORES QUE INFLUENCIAN EL, ÁREA SUPERFICIAL ESPECÍFICA DE POLVOS DE LECHE ENTERA SECADA POR ASPERSIÓN.

- 1.- VELOCIDAD DE INYECCIÓN DE NITRÓGENO DENTRO DEL CONCENTRADO (SCF/MIN).
- 2.- DIÁMETRO DE ORIFICIO DE ESPREA.
- 3.- VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN FLUIDA AL SECADOR (LB, 50% CONC/HR)
- 4.- ÁREA SUPERFICIAL ESPECÍFICA (CM^2/G)

LA RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN DEL VAPOR DE AGUA A LA SUPERFICIE DE LAS PARTÍCULAS DE POLVO SE REDUCE TAMBIÉN POR EL DECREMENTO DE LA DENSIDAD EN LAS PARTÍCULAS DE POLVO DEBIDO A LA PRODUCCIÓN DE BURBUJAS.

EL EXAMEN MICROSCÓPICO DE LAS PARTÍCULAS DE POLVO SUSPENDIDAS EN GLICEROL REVELÓ DOS TIPOS DE BURBUJAS. UN TIPO, EXTREMADAMENTE PEQUEÑO Y PROFUSO, SE LOCALIZÓ A LO LARGO DE LOS

SÓLIDOS DE LECHE; EL OTRO, RELATIVAMENTE GRANDE Y MENOR EN NÚMERO, OCUPA LOS INTERIORES DE LAS PARTÍCULAS Y LAS PROTUBERANCIAS ESFÉRICAS SOBRE SUS SUPERFICIES.

ES RAZONABLE QUE ESTOS DOS TIPOS DE BURBUJAS CRESCAN DEL GAS DISUELTO Y EL DISPERSADO EN EL LÍQUIDO CONCENTRADO POR LA TURBULENCIA EXTREMA EN EL APARATO DE MEZCLADO Y EN LA LÍNEA AL ATOMIZADOR, LA CAÍDA DE PRESIÓN Y EL INCREMENTO DE TEMPERATURA EN LA ATOMIZACIÓN PUEDEN CAUZAR QUE EL GAS DISUELTO SEA LIBERADO PARA FORMAR UNA ESPUMA DE GRANO FINO, - ATRAPANDO LAS BURBUJAS MAYORES DE GAS Y ALGUNAS DE VAPOR DE AGUA PRODUCIDAS DURANTE EL SECADO.

CON EL USO DE UNA MICROBALANZA Y MEDIDAS MICROSCÓPICAS, SE ENCONTRÓ QUE LAS PARTÍCULAS INDIVIDUALES DE POLVO TUVIERON DENSIDADES DE 0.5 A 0.6 g/cc, LA CUAL ES MÁS ALTA QUE LA QUE PODÍA SER ANTICIPADA DE UNA EXPANSIÓN SIMPLE DE UNA GOTITA ESPREADA DE TAMAÑO ESTANDARD ATRAPADA POR EL GAS.

SOBRE LA RECONSTRUCCIÓN, EL GAS ATRAPADO EN EL INTERIOR DE LAS ESPUMAS SECADAS POR ASPERSIÓN ES LIBERADO Y SUBE A LA SUPERFICIE PARA FORMAR UNA ESPUMA DE GRANO FINO. LA PERSISTENCIA DE ESTE MATERIAL HA INTERFERIDO CON LAS PRUEBAS DE DISPERSABILIDAD USADAS EN ESTE ESTUDIO.

LOS DATOS ANTERIORES DAN LA IDEA QUE, EN LOS POLVOS DE LECHE ENTERA, ALTA DENSIDAD GLOBAL CON BUENA DISPERSABILIDAD NO SE OBTIENEN A TRAVÉS DE LA MANIPULACIÓN DE LA SOLA TÉCNICA DE SECADO.

EFFECTOS DE VISCOSIDAD Y TEMPERATURA SOBRE CARACTERÍSTICAS DE ESPUMAMIENTO DE LECHE CONCENTRADA ENTERA.

LA HABILIDAD DE ESPUMAMIENTO SE DEFINE COMO LA ALTURA INICIAL DE LAS ESPUMAS INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE SU FORMACIÓN EN UNA COLUMNA. LA ESTABILIDAD DE ESPUMAS SE DEFINE COMO LA VELOCIDAD DE INCIDENCIA DE ESTAS.

EL APARATO USADO PARA MEDIR LAS CARACTERÍSTICAS DE ESPUMAMIENTO DE LECHE CONCENTRADA SE MUESTRA EN LA FIGURA (23). EN EL TIEMPO MEDIO, EL ACUMULADOR DE ESTE APARATO FUE PRESURIZADO A 76.2 CM DE MERCURIO Y SOBRE ARRANQUE CON UNA CAÍDA DE PRESIÓN DE 63.5 CM. ESTO LIBERA 5000, 550 CC \pm 3% DE NITRÓGENO (GAS USADO) A TEMPERATURAS ESTANDARD Y PRESIÓN DE

LA MUESTRA.

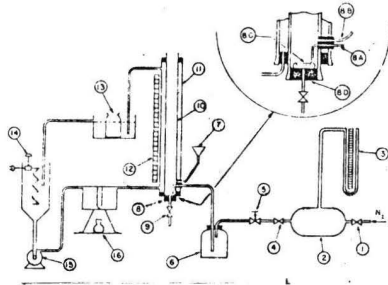


FIG. 23.- APARATO DETERMINADOR DE ESPUMAS.

- 1.- VÁLVULA DE CARGA ACUMULADOR.
- 2.- ACUMULADOR.
- 3.- MANÓMETRO DE MERCURIO.
- 4.- VÁLVULA DE DESCARGA DEL ACUMULADOR.
- 5.- VÁLVULA REGULADORA DE FLUJO.
- 6.- TRAMPA.
- 7.- EMBUDO DE ENTRADA DE MUESTRA.
- 8.-
- 8A.- LLEGADA DE GAS.
- 8B.- LLEGADA DE MUESTRA.
- 8C.-
- 8D.- TAPÓN RUGOSO.
- 9.- VÁLVULA DE DESAGUE.
- 10.- COLUMNA DE 7.62 CM DE DIÁMETRO INTERNO POR 121.92 CM.
- 11.- CHAQUETA
- 12.- VARILLA DE MEDICIÓN
- 13.- BAÑO MARÍA.
- 14.- BAÑO DE TEMPERATURA CONSTANTE CONTROLADO TERMOSTÁTICAMENTE.
- 15.- BOMBA DE CIRCULACIÓN.
- 16.- VISCOSÍMETRO ENCHAQUETADO.

EL CRITERIO QUE SE USÓ PARA HABILIDAD DE ESPUMAMIENTO FUÉ LA MÁXIMA ALTURA A LA CUAL LA ESPUMA SE EXPANDE INMEDIATAMENTE DESPUÉS QUE EL GAS DE ARRANQUE SE PARA. ESTO SE

REFIERE COMO ALTURA DE ESPUMA INICIAL (H_i).

PARA DEFINIR LA ESTABILIDAD DE ESPUMAMIENTO SE USÓ POR FACILIDAD EL TIEMPO DE MEDIO VOLUMEN, QUE SE DEFINE: COMO EL TIEMPO EN QUE LA ESPUMA SE ROMPE O COLAPSA A MEDIO CAMINO.

PARA CADA CORRIDA EN EL APARATO USADO LA ALTURA DE LA ESPUMA SE MIDió A INTERVALOS DE 30 SEG Y SE OBTUVO UNA REGRESIÓN LINEAL DE ESTOS DATOS:

$$H = M \textcircled{t} + I$$

H = ALTURA DE LA ESPUMA EN CM.

\textcircled{t} = TIEMPO EN MINUTOS.

M = COEFICIENTE DE REGRESIÓN, POR EJEMPLO, LA PENDIENTE DE LA LÍNEA RECTA.

I = INTERCEPCIÓN DE H.

LA PENDIENTE M SE USA COMO EL CRITERIO INDEPENDIENTE DE ESTABILIDAD DE ESPUMA Y SE REFIERE A LA VELOCIDAD DE INCIDENCIA DE ESPUMA (R_{FS}) Y ESTÁ EN UNIDADES DE CM/MIN. LA FIGURA (24) MUESTRA UN EJEMPLO DE UN TIEMPO DE ALTURA DE ESPUMA GRAFICADO CON LA LÍNEA DE REGRESIÓN TRAZADA. EN TODAS LAS DETERMINACIONES LA PROBABILIDAD (FPRUEBA) EXCEDE EL 95% QUE UNA LÍNEA RECTA DESCRIBE.

LA LECHE ENTERA HOMOGENEIZADA USADA FUE DE 12% DE SÓLIDOS 26% DE GRASA DE LECHE SOBRE UNA BASE DE SÓLIDOS SECOS (3.12% DE GRASA, 8.88% DE SNF). EL EVAPORADOR FUE OPERADO A UNA TEMPERATURA DE 31.11°C A UNA PRESIÓN ABSOLUTA DE 25 MM DE HG Y SE REDUJO EL FLUJO DE LECHE A 44 ± 1.5 CONCENTRADO DE SÓLIDOS EN APROXIMADAMENTE 90 MIN. DESPUÉS DE LA EVAPORACIÓN DEL CONCENTRADO SE CALENTÓ A 187.0748-34.0136 ATM, ENFRIADO A 21.11°C EN 30 MIN.

LA FIGURA (25) MUESTRA LA RELACIÓN OBSERVADA ENTRE VISCOSIDAD Y TEMPERATURA EN LA LECHE CONCENTRADA NO ESPUMADA. CADA CONJUNTO DE DATOS DE PUNTOS SOBRE LA GRÁFICA REPRESENTA UN CONCENTRADO INDIVIDUAL Y SE IDENTIFICA POR UN NÚMERO EXPERIMENTAL, POR EJEMPLO FS-7.

COMO LA RELACIÓN SIMPLE VISCOSIDAD-TEMPERATURA NO PUEDE DERIVAR TODOS LOS PUNTOS Y HAY UNA FAMILIA DE CURVAS SE USÓ UN MODELO MATEMÁTICO SIMPLE:

$$\eta = A_1 (T - A_2)^{N \cdot K}$$

DONDE:

η = VISCOSIDAD DEL CONCENTRADO NO ESPUMADO, CENTIPOISE.

T = TEMPERATURA EN °C.

N_K Y A_1 = CONSTANTES PARA LAS ECUACIONES DE CORRELACIÓN INDIVIDUAL OBTENIDAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN CURVILÍNEO, $\text{LOG } \eta = \text{LOG } A_1 + N_K \text{LOG } (T - A_J)$

A_J = CONSTANTE OBTENIDO POR PRUEBA Y ERROR HASTA DAR EL MÁXIMO DE PROBABILIDAD QUE LA ECUACIÓN DESCRIBE LOS DATOS A LOS CUALES SE APLICA LA (PRUEBA F).

- 1.- TIEMPO, MIN.
2.- ALTURA DE ESPUMA, PULGADAS.

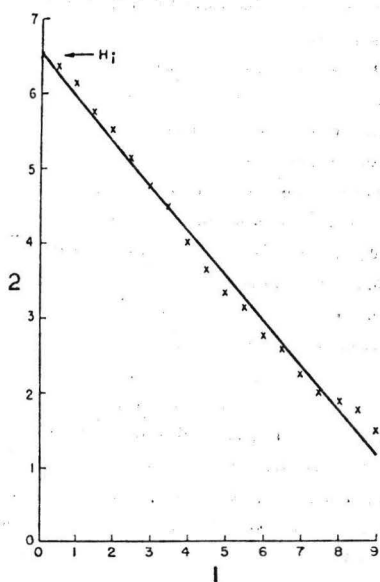


FIG. 24.- UNA LÍNEA DE ALTURA-TIEMPO DE ESPUMA MOSTRANDO UNA VELOCIDAD TÍPICA DE ANÁLISIS DE INCIDENCIA DE ESPUMA. LA ECUACIÓN PARA EL ANÁLISIS PARA LA REGRESIÓN LINEAL ES: $H = 6.55 - 0.596 t$. EN ESTE CASO R_{FS} ES 1.51384 CM/ MIN. VISCOSIDAD = 104.5 CENTIPOISE. TEMPERATURA = 21.11°C. CORRIDA NÚMERO FS-9.

ESTABILIDAD-VISCOSIDAD EN ESPUMA. LA FIGURA (26) MUESTRA LA ESTABILIDAD DE LA ESPUMA DEL CONCENTRADO DE LA LECHE ENTERA, DEFINIDO POR R_{FS} , COMO FUNCIÓN DE LA VISCOSIDAD. LAS DETERMINACIONES DE R_{FS} MUESTRAN EN LA GRÁFICA ESTAR HECHAS SOBRE EL MISMO CONCENTRADO DEMOSTRADO EN LA FIGURA (25)

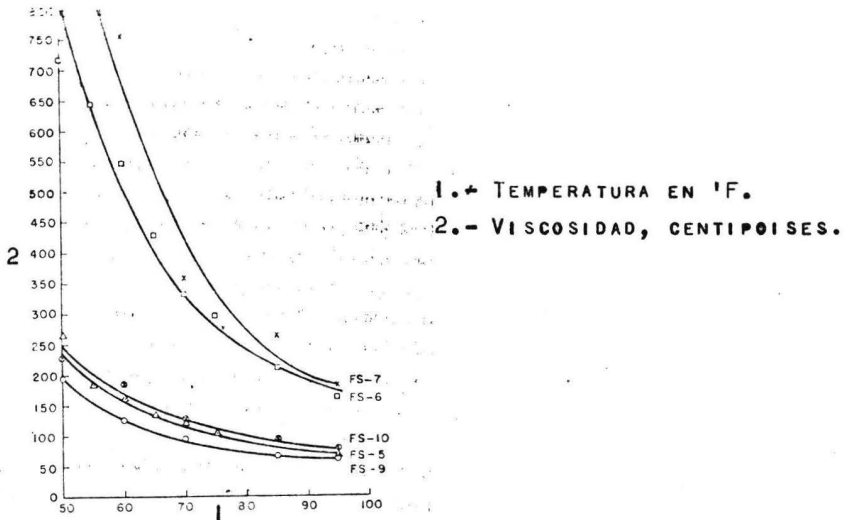


Fig. 25.- RELACIÓN VISCOSIDAD-TEMPERATURA PARA CONCENTRADO DE LECHE ENTERA. LAS ECUACIONES DE REGRESIÓN CURVILÍNEA PARA CADA CORRIDA SON LAS SIGUIENTES:

$$\text{FS-7, } \mu = 411,353(T-27)^{-1.83414}$$

$$\text{FS-6, } \mu = 42,438(T-27)^{-1.28167}$$

$$\text{FS-10, } \mu = 6,844(T-27)^{-1.05430}$$

$$\text{FS-5, } \mu = 8,261(T-29)^{-1.14614}$$

$$\text{FS-9, } \mu = 4,141(T-29)^{-1.01544}$$

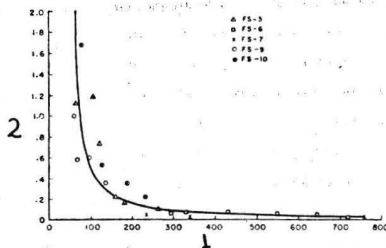


Fig. 26.- VELOCIDAD DE INCIDENCIA DE ESPUMA COMO UNA FUNCIÓN DE VISCOSIDAD PARA LECHE ENTERA CONCENTRADA. LA ECUACIÓN DE REGRESIÓN CURVILÍNEA ES:

$$R_{FS} = 28.24 (\mu - 50)^{-1.03555}$$

1.- VISCOSIDAD, CENTIPOISES.

2.- VELOCIDAD DE INCIDENCIA DE ESPUMA IN/MIN.

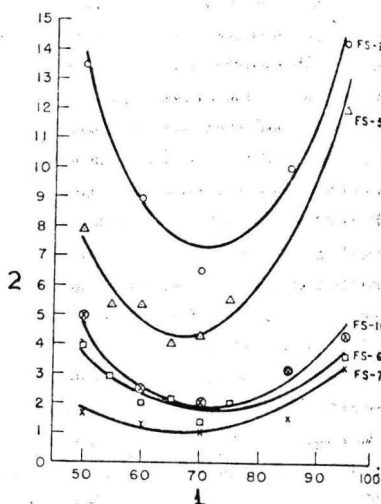


FIG. 27.- EL EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA ALTURA INICIAL DE LA ESPUMA DE CONCENTRADO DE LECHE ENTERA. LAS ECUACIONES DE REGRESIÓN MÚLTIPLE PARABÓLICA PARA CADA CORRIDA SON:

$$FS-9, H_i = 77.477 - 1.960T + 13.650T^2 \times 10^{-3}; T_{MIN} = 22.105^\circ C$$

$$FS-5, H_i = 49.936 - 1.352T + 10.042T^2 \times 10^{-3}; T_{MIN} = 19.627^\circ C$$

$$FS-10, H_i = 29.988 - 0.774T + 5.330T^2 \times 10^{-3}; T_{MIN} = 22.561^\circ C$$

$$FS-6, H_i = 21.924 - 0.559T + 3.900T^2 \times 10^{-3}; T_{MIN} = 22.038^\circ C$$

$$FS-7, H_i = 13.162 - 0.361T + 2.689T^2 \times 10^{-3}; T_{MIN} = 19.511^\circ C$$

$$T_{MIN. PROM} = 21.166^\circ C$$

$$\pm 1.833^\circ C$$

1.- TEMPERATURA °F.

2.- ALTURA INICIAL DE ESPUMA EN PULGADAS.

EN CORRELACIÓN LA VELOCIDAD DE INCIDENCIA DE LA ESPUMA CON LA VELOCIDAD, SOLAMENTE NECESITA UNA ECUACIÓN Y NO UNA FAMILIA DE ECUACIONES.

LA HABILIDAD DE ESPUMAMIENTO DEL CONCENTRADO DE LA LECHE ENTERA, DESCRITA POR LA ALTURA DE LA LECHE INICIAL, SE MUESTRA EN LA FIGURA (27) COMO FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA. PUEDE ANALIZARSE DE UNA MANERA SIMILAR AL CONCENTRADO -- RELACIONES TEMPERATURA-VISCOSIDAD.

UNA INSPECCIÓN DE LOS DATOS INICIALES DE ESPUMA-ALTURA-TEMPERATURA NOTAN LA TENDENCIA PRONUNCIADA PARA LA ALTURA DE LA ESPUMA INICIAL A ALCANZAR UN MÍNIMO EN LA CERCANÍA DE LOS 21.11°C PARA CADA CONCENTRADO. ESTE FACTOR DEJA LA CORRELACIÓN DE LOS DATOS POR MEDIO DE UN MODELO MATEMÁTICO BASADO SOBRE UNA ECUACIÓN GENERAL PARABÓLICA DE LA FORMA:

$$H_i = B_i - B_j T + B_k T^2 \quad (\text{PARA CADA UNO}).$$

CADA ECUACIÓN TENDRÁ UNA PROBABILIDAD MEJOR DEL 95% DE AJUSTE A LOS DATOS DE LOS PUNTOS A LOS CUALES SE APLICA. LA TEMPERATURA PROMEDIO CORRESPONDE A LA ALTURA DE LA ESPUMA MÍNIMA, OBTENIDA POR EL CONJUNTO DE LA DERIVADA, DE CADA ECUACIÓN IGUALADA A CERO, TAMBIÉN SE ILUSTRA EN LA FIGURA (27).

PARA DESCRIBIR UNA ALTURA DE ESPUMA INICIAL SOBRE EL ESPECTRO ENTERO DE VISCOSIDADES Y TEMPERATURAS ENCONTRADAS EN ESTOS EXPERIMENTOS, SE DERIVÓ UN MODELO MATEMÁTICO BASADO SOBRE UNA RELACIÓN OBSERVADA A TEMPERATURA CTE, ENTRE LAS VISCOSIDADES INDIVIDUALES Y LOS COEFICIENTES DE REGRESIÓN DE LAS PARÁBOLAS MOSTRADAS EN LA FIGURA (27). CUANDO EL MODELO SE APLICÓ COMO UNA REGRESIÓN MÚLTIPLE SOBRE TODO DE LA ALTURA INICIAL, VISCOSIDAD Y DATOS DE TEMPERATURA, RESULTÓ LA ECUACIÓN:

$$H_i = \left[\frac{206.422T - 3.985T^2 + 0.025T^3 - 2876.339}{\eta(0.01T + 0.25)} \right] - 0.714$$

ESTA ECUACIÓN FINAL SE ENCONTRÓ CON UN NIVEL DE CONFIANZA MÁS ALTO QUE EL 95%.

SE HA ESCRITO QUE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE LA ESPUMA DE LOS SISTEMAS ACTIVOS DE LA SIMPLE SUPERFICIE SON:

- 1.- LA DIFERENCIA ENTRE LA TENSIÓN SUPERFICIAL DE LA SOLUCIÓN Y ESTA DEL SOLVENTE PURO.
- 2.- LA VELOCIDAD DE TENSIÓN SUPERFICIAL DESCENDENTE DE UNA SUPERFICIE FRESCAMENTE FORMADA.
- 3.- LA VISCOSIDAD DE LA SOLUCIÓN.

SIN EMBARGO POR LO ANTERIOR SE ENCONTRÓ QUE LA ESTABILIDAD DE LA ESPUMA DE LOS CONCENTRADOS DE LA LECHE DEBE SER ESCRITA EXACTAMENTE CONSIDERANDO COMO SE AFECTA POR LA VIS

OSIDAD. CON EL ALCANCE DE LOS EXPERIMENTOS ANTERIORES, LOS EFECTOS DE TENSIÓN SUPERFICIAL Y CAÍDA DE TENSIÓN SUPERFICIAL PUEDEN SER DESPRECIABLES CUANDO SE COMPARAN A LOS EFECTOS DE VISCOSIDAD. TAMBIÉN DEBE TOMARSE EN CUENTA LA TEMPERATURA DADO QUE AFECTA LA HABILIDAD DE ESPUMAMIENTO Y ESTABILIDAD DE LA ESPUMA (LA TEMPERATURA INFLUENCIA LA VELOCIDAD), POR LO TANTO TAMBIÉN LOS CAMBIOS DE PRESIÓN SON DE SUMA IMPORTANCIA EN LOGRAR EL COMPORTAMIENTO DE LA ESPUMA DESEADA Y CALIDAD DEL PRODUCTO.

DESHIDRATACION CONTINUA AL VACIO EN FORMA DE ESPUMA

EN UN PROGRAMA INTENSIVO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA DE LA EASTERN UTILIZATION RESEARCH AND DEVELOPMENT DIVISION (U.S.DA) DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA (USA) FILADELFIA PA. HA ENCONTRADO UNA NUEVA FORMA DE SECAR LECHE ENTERA.

ESTE PRODUCTO TIENE EXCELENTE SABOR FRESCO, FÁCIL DISPERSABILIDAD EN AGUA FRÍA Y LARGA VIDA DE ALMACENAMIENTO REFRIGERADO.

LOS PRINCIPIOS DESARROLLADOS EN UNA ESCALA DE GRUPO PARA LA PREPARACIÓN DE ESPUMA DE LECHE ENTERA SECADA AL VACÍO SE HAN APLICADO AFORTUNADAMENTE EN UNA BASE CONTÍNUA.

EN EL PROCESO CONTÍNUO, LA LECHE PASTEURIZADA Y HOMOGENEIZADA ES CONCENTRADA EN UN EVAPORADOR AGITADO AL VACÍO DE PELÍCULA DESCENDENTE DE 12% DE SÓLIDOS A UN CONTENIDO DE SÓLIDOS (43% PROMEDIO) CORRESPONDIENDO A UNA VISCOSIDAD A 100°F (37.77°C) DE 32-43 CENTISTOKES. EL CONCENTRADO ES HOMOGENEIZADO A 3000-500 Y 135°F (57.22°C). EL NITRÓGENO ES ALIMENTADO DENTRO DE LA CORRIENTE DEL CONCENTRADO Y UNA SUPERFICIE DE CONTACTO DEL CAMBIADOR DE CALOR SIMULTÁNEAMENTE ENFRÍA EL CONCENTRADO A 35°F (1.66°C) Y DISPERSA EL GAS. FINALMENTE DENTRO DE UN CAMBIADOR DE SECADO MANTENIDO A PRESIÓN REDUCIDA, EL CONCENTRADO GASEADO SE EXPANDE EN UNA ESPUMA LA CUAL ES APLICADA Y SECADA SOBRE UNA BANDA SÓLIDA CONTÍNUA.

LOS PRIMEROS HALLAZGOS SIGNIFICATIVOS EN EL LABORATORIO DE LA U.S.DA. FUERON QUE EL CONCENTRADO DE LECHE ENTERA - SECADO COMO UNA ESPUMA BAJO VACÍO TUVO PROPIEDADES SUPERIORES DE DISPERSIÓN A LA LECHE ENTERA SECADA EN OTRAS FORMAS Y QUE ESTA RETIENE SUS PROPIEDADES AL MENOS 12 MESES A 73°F (22.77°C).

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA PILOTO INTEGRADA.

LAS BUENAS PROPIEDADES INICIALES DE LA ESPUMA SECADA AL VACÍO DE LECHE ENTERA SON UNA CONSECUENCIA DEL SECADO Y EXPANSIÓN, ESTRUCTURA SEMEJANTE A ESPONJA A BAJAS TEMPERATURAS EN LA AUSENCIA SUBSTANCIAL DE OXÍGENO.

LA PLANTA PILOTO INTEGRADA USADA PARA ESTUDIAR LAS VARIABLES IMPORTANTES SE ILUSTRAN EN LA FIGURA (1). LA LECHE --

FRESCA PASTEURIZADA Y HOMOGENEIZADA (AJUSTADA A 26,6 DE GRASA MFV) ES CONCENTRADA EN UN PASO SIMPLE, EN UN EVAPORADOR AGITADO AL VACÍO DE PELÍCULA-DESCENDENTE A UNA VISCOSIDAD APARENTE CONSTANTE. LA VISCOSIDAD ES LA VARIABLE DE CONTROL PORQUE ES UN FACTOR PRIMORDIAL CONTRIBUYENDO A LA FORMACIÓN, CARACTERÍSTICAS Y ESTABILIDAD DE LA ESPUMA FLUIDA.

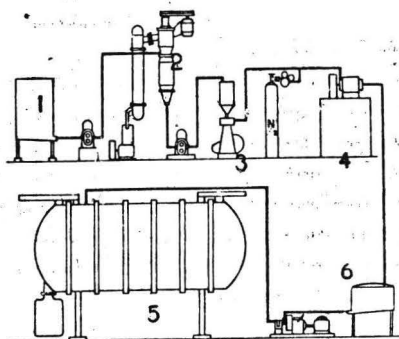


FIG. 1.- DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL PROCESO CONTÍNUO PARA SECAR LECHE ENTERA EN FORMA ESPUMA.

- 1.- TANQUE DE ALIMENTACIÓN.
- 2.- EVAPORADOR.
- 3.- HOMOGENEIZADOR.
- 4.- ENFRIADOR.
- 5.- SECADOR AL VACÍO.
- 6.- TANQUE.

EL CONCENTRADO ES HOMOGENEIZADO EN UN HOMOGENEIZADOR DE VELOCIDAD VARIABLE DE DOS PASOS, O DE UN SIMPLE PASO OPERANDO A 300 Y 500 PSI. (20.408 Y 34.013 ATM). LA FUNCIÓN DE LA SEGUNDA HOMOGENEIZACIÓN ES PARA REDUCIR EL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA DE GRASA ABAJO DE 2 MICRAS.

EL HOMOGENEIZADOR TAMBIÉN ACTÚA COMO UNA BOMBA QUE FIJA LA VELOCIDAD DE FLUJO DEL CONCENTRADO PARA LA DISPERSIÓN DEL

GAS. EL NITRÓGENO ES INTRODUCIDO EN LA CORRIENTE DE CONCENTRADO JUSTO ADELANTE DE DOS SUPERFICIES DE ROSAMIENTO DE CAMBIADORES DE CALOR QUE ENFRÍAN SIMULTANEAMENTE EL CONCENTRADO ALREDEDOR DE 35°F (1.66°C) Y DISPERSAN AL NITRÓGENO A BURBUJAS DE MENOS DE 75 MICRAS. EL CONCENTRADO CONTIENIENDO EL GAS ES ENTONCES ENTREGADO AL SECADOR A TRAVÉS DE UNA BOMBA.

LA PIEZA CLAVE DEL EQUIPO EN LA PLANTA PILOTO ES EL DESHIDRATADOR CONTINUO AL VACÍO. EL SECADOR CONSISTE DE UNA BANDA SIN FIN DE ACERO INOXIDABLE DE 12 PULGADAS (30.48 CM) DE ANCHO LA CUAL PASA ALTERNATIVAMENTE SOBRE TAMBORES DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO. LOS TAMBORES SON DE 2 PIES (60.96 CM) DE DIÁMETRO Y ESTAN ESPACIADOS 9 PIES (274.32 CM) ENTRE SUS CENTROS. AMBOS, VACÍO Y PRESIÓN VAPOR PUEDEN SUMINISTRARSE AL TAMBOR DE CALENTAMIENTO Y REFRIGERANTE A VARIAS TEMPERATURAS PUEDE SER CIRCULADO A TRAVÉS DEL TAMBOR DE ENFRIAMIENTO. SE PUEDE APLICAR CALOR A CADA LADO DE LA BANDA ENTRE LOS DOS TAMBORES POR MEDIO DE 19 BARRIOS RADIANTE ELÉCTRICOS DE CALOR CONTROLADOS INDIVIDUALMENTE - CADA UNO A UNA PORCIÓN DE 2 Kw. EL APARATO TOTAL ESTÁ ENCERRADO EN UN CAMBIADOR DONDE LAS PRESIONES PUEDEN SER MANTENIDAS DE 50 A 0.5 MM DE Hg ABS.

EN ESTA APLICACIÓN, EL CONCENTRADO CONTIENIENDO EL GAS SE METE AL SECADOR POR LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN LA CUAL ESTÁ ENCHAQUETADA POR UN TUBO DE ENFRIAMIENTO. LA TEMPERATURA DE ALIMENTACIÓN SE AJUSTA ABAJO DEL PUNTO DE FLASHEO CUANDO ESTA ENTRA AL CAMBIADOR DE SECADO.

EL NITRÓGENO EN EL CONCENTRADO SE EXPANDE EN EL ORIFICIO RESULTANDO UNA EDICIÓN DE ESPUMA COMO UNA FINA PELÍCULA UNIFORME.

LA BANDA LLEVA LA ESPUMA A TRAVÉS DE LA PRIMERA ZONA DE SECADO (CALENTADORES RADIANTE ELÉCTRICOS) DONDE EL NITRÓGENO SE VUELVE A EXPANDER, CERCA DE LA SEGUNDA ZONA DE SECADO (TAMBOR DE CALENTAMIENTO) Y A TRAVÉS DE LA TERCERA ZONA DE SECADO (CALENTADORES RADIANTE ELÉCTRICOS). LA BANDA CON EL PRODUCTO SECO PASA ENTONCES ENTRE EL TAMBOR DE ENFRIAMIENTO Y UN RODILLO DE COMPRESIÓN QUE ROMPE LA MANTA FRIABLE. UNA HOJA DOCTOR OSCILANTE EN EL TAMBOR DE ENFRIA

MIENTO REMUEVE EL PRODUCTO SECO RESIDUAL DE LA BANDA. EL PRODUCTO CAE EN UN TORNILLO TRANSPORTADOR Y ES LLEVADO A UNO DE LOS DOS RECIPIENTES.

DISEÑO DEL ORIFICIO DE ALIMENTACIÓN.

EL ORIFICIO (FIGURA 2) ES EN EFECTO UN CAMBIADOR, LA CARA FRONTAL DEL CUALES AJUSTABLE CON CEJAS PARA DAR LA ABERTURA DESEADA, EL CONCENTRADO CONTENIENDO EL GAS ENTRA AL CAMBIADOR DONDE ESTE SE EMPIEZA A EXPANDER Y CONTINÚA EXPANDIÉNDOSE A MEDIDA QUE PASA A TRAVÉS DE LA ABERTURA. EN CIMA DE LA ABERTURA DE SALIDA LA ESPUMA HA SIDO FORMADA EN UNA MANTA FINA UNIFORME HECHA POR LA ACCIÓN DE LA PRESIÓN REDUCIDA EN EL CAMBIADOR DE SECADO Y EN EL ORIFICIO. EL ORIFICIO ESTÁ CUBIERTO PARA PREVENIR EL CALENTAMIENTO PRODUCIDO POR LA RADIACIÓN.

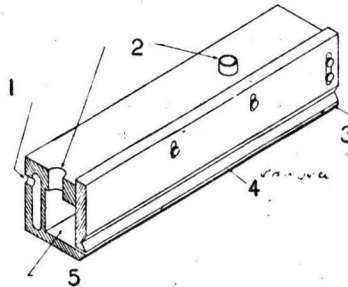


FIG. 2.- ESPREA DE ALIMENTACIÓN PARA ESPUMAS DE LECHE CON CENTRADA.

- 1.- PUNTO DE ENFRIAMIENTO.
- 2.- PUNTO DE ALIMENTACIÓN.
- 3.- CEJA PARA EL AJUSTE DE LA RANURA.
- 4.- RANURA.
- 5.- CAMBIADOR DE EXPANSIÓN DE ESPUMA.

CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL DISEÑO DEL ORIFICIO:

A) EL GRANDE CAMBIADOR RECTANGULAR.- ESTE PROVEE CAÍDA DE PRESIÓN DESPRECIABLE EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA ESPUMA A TRAVÉS DEL LABIO DE ENTRADA DE LA ABERTURA COMPARADO A LA CAÍ

DA DE PRESIÓN A TRAVÉS DE LA ABERTURA, RESULTANDO EN UN ESPESOR UNIFORME DE LA MANTA DE ESPUMA A MEDIDA QUE SALE DEL ORIFICIO.

B) EL LABIO DE LA ABERTURA.- ESTE PUEDE SER PARALELO PARA ASEGURAR, UNA MANTA DE ESPESOR UNIFORME. ELLOS TAMBIÉN PUEDEN TENER UNA DIMENSIÓN SIGNIFICATIVA DE LA ENTRADA AL FILO DE SALIDA. ASÍ QUE ELLOS PUEDEN IMPARTIR UNA DIRECCIÓN SIMPLE A TRAVÉS DE LA ANCHURA DE LA MANTA DE ESPUMA A MEDIDA QUE SALE DEL ORIFICIO. LOS LABIOS DEL ORIFICIO PRESENTE SON DE 0.5 PULGADAS (1.27 CM) DE ANCHO. LOS FILLOS DE SALIDA TAMBIÉN PODRÍAN SER BISELADOS, PARA PREVENIR LA ESPUMA DE LA CARA COLGANTE DEL ORIFICIO.

C) EL NÚCLEO ENFRIANTE.- ESTE ES NECESARIO PARA PREVENIR LA TEMPERATURA DEL CONCENTRADO DE LA SUBIDA ARRIBA DEL PUNTO DE FLASHEO.

EFFECTOS DE LAS VARIABLES DE SECADO.

IDEALMENTE, PARA MEJOR CALIDAD DEL PRODUCTO Y MAYOR SALIDA DE SECADO, EL CONCENTRADO ESPUMADO PODRÍA SER UNIFORMEMENTE APLICADO EN UNA FINA PELÍCULA Y ESTAR BIEN UNIDO A LA BANDA A TRAVÉS DEL CICLO DE SECADO. LAS VARIABLES IMPORTANTES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL PRODUCTO Y LA PRODUCCIÓN TOTAL DEL SECADOR A TRAVÉS DE SU INFLUENCIA SOBRE EL ESPESOR DE LA ESPUMA, COMPORTAMIENTO DE LA ESPUMA, EL GRADO DE UNIÓN DE LA ESPUMA A LA BANDA, CAMBIO DE PRESIÓN EN EL SECADOR, VELOCIDAD DE APLICACIÓN DE CALOR, ABERTURA DEL ORIFICIO, VISCOSIDAD Y CONTENIDO DE GAS DEL CONCENTRADO Y TEMPERATURA DE LA BANDA EN EL PUNTO DE APLICACIÓN DE LA ESPUMA.

1.- PRESIÓN DEL CAMBIADOR.- ESTO AFECTA DIRECTAMENTE LA TEMPERATURA DE SECADO, ESTABILIDAD DE LA ESPUMA Y TRANSFERENCIA DE CALOR ENTRE LOS TAMBORES Y LA BANDA.

EN ESTE ESTUDIO LA PRESIÓN DEL CAMBIADOR SE RESTRINGIÓ A UN RANGO QUE PODRÍA ASEGURAR QUE LA ESTRUCTURA DE LA ESPUMA FUERA MANTENIDA DURANTE EL SECADO. EL RANGO FUE DETERMINADO ABAJO DE 9 MM DE HG. COMO LA ESTRUCTURA DE LA ESPUMA FUE DESESTABILIZADA A MÁX ALTAS PRESIONES. PRESIONES ABSOLUTAS ABAJO DE 2 MM DE HG CAUSARON QUE EL ORIFICIO OPERARA POBREMENTE PORQUE LA ESPUMA FUE PARCIALMENTE CONGELADA

DA. LA TRANSFERENCIA DE CALOR ENTRE LOS TAMBORES Y LA BANDA MEJORÓ A 3 MM DE HG Y ARRIBA DE 3 MM, SE ENCONTRÓ QUE 3 MM DE HG FUERON EL ÓPTIMO EN ESTE ESTUDIO, PORQUE LA ESPUMA - EXPANDIÓ A UN MENOR GRADO EN LA PRIMERA ZONA DE SECADO.

2.- VELOCIDAD DE APLICACIÓN DE CALOR.- DURANTE EL ESTADO INICIAL DE SECADO (PERÍODO DE VELOCIDAD CTE) EN EL SECADO AL VACÍO LA TEMPERATURA DE LA ESPUMA PUEDE ESPERARSE QUE ESTÉ EN EL PUNTO DE EBULLICIÓN CORRESPONDIENTE A LA PRESIÓN DEL CAMBIADOR. POR ESTA RAZÓN EL CALOR PUEDE SER RÁPIDAMENTE APLICADO SIN PELIGRO DE DAÑAR EL PRODUCTO. UN FACTOR LIMITANTE ASÍ MISMO ES MANTENER UN BUEN CONTACTO ENTRE LA BANDA Y LA ESPUMA. SI EL CALOR ES TAMBIÉN RÁPIDAMENTE APLICADO A LA BANDA EN LA PRIMERA ZONA DE SECADO, LA ESPUMA SALDRÁ DE LA BANDA EN GRANDES GLOBOS, ESTO SUBSECUENTEMENTE REDUCEN EL ÁREA DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN ENTRE LA BANDA Y LA ESPUMA. ESTOS GLOBOS SON INDIVIDUALMENTE CAUSADOS POR LA LIBERACIÓN DE VAPOR DE AGUA EN LA INTERFASE BANDA-ESPUMA. BAJO ESTAS CONDICIONES ES MÁS DIFÍCIL QUE EL VAPOR DE AGUA PUEDE ESCAPAR A TRAVÉS DE LA ESPUMA. ALGUNOS GLOBOS PUEDEN SER TOLERADOS SI SON TRANSITORIOS, PERO EN LOS CASOS DONDE ELLOS PERSISTEN, SE COMPLETA MENOS SECADO POR EL INCREMENTO DE CALOR EN LA PRIMERA ZONA DE SECADO. EL AGLOBIAMIENTO PUEDE OCURRIR TAMBIÉN SOBRE EL TAMBOR DE CALENTAMIENTO (SEGUNDA ZONA DE SECADO) A MENOS QUE LA ESPUMA SEA RELATIVAMENTE RÍGIDA A TRAVÉS DEL SECADO EN ESTA PRIMERA ZONA.

DURANTE EL ESTADO FINAL DE SECADO (PERÍODO DE CAÍDA DE VELOCIDAD) LA TEMPERATURA DEL PRODUCTO SUBIRÁ ALREDEDOR DE LA TEMPERATURA DE EBULLICIÓN Y LA TEMPERATURA EXCESIVA PUEDE RESULTAR EN DAÑO A LA CALIDAD DEL PRODUCTO. USANDO EL CRITERIO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO COMO EVIDENCIA PARA LA FORMACIÓN DE HIDROXIMETILFURFURAL (HMF) (3), LAS INDICACIONES SON QUE EL PERÍODO DE CAÍDA DE VELOCIDAD EMPIEZA ANTES QUE LA ESPUMA SALGA DE LA SEGUNDA ZONA. ENTONCES, LA TEMPERATURA DEL TAMBOR DE CALENTAMIENTO TIENE UN PROFUNDO EFECTO SOBRE LA CALIDAD DEL PRODUCTO.

LO MISMO ES CIERTO EN LA TERCERA ZONA DE SECADO. EL MÁXIMO NIVEL DE CALOR QUE PUEDE SER APLICADO CON LIMITACIONES

IMPUESTAS POR LA TRANSFERENCIA DE CALOR, MASA Y CONSIDERACIONES DE CALIDAD DEL PRODUCTO, ESTÁN DADOS EN LA FIGURA (3).

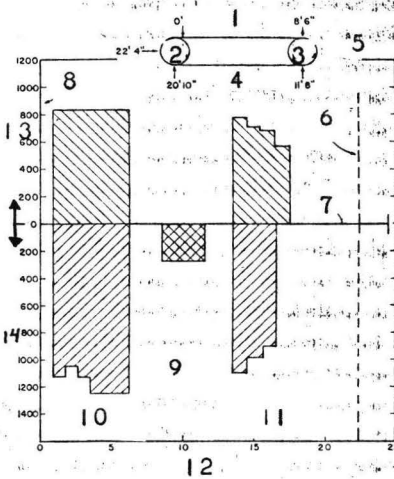


FIG. 3.- PERFIL DE TEMPERATURAS PARA EL SECADO CONTINUO AL VACÍO DE ESPUMAS DE LECHE ENTERA.

- 1.- ZONA 1.
- 2.- TAMBOR FRÍO.
- 3.- TAMBOR CALIENTE.
- 4.- ZONA 3.
- 5.- ZONA 2.
- 6.- PUNTO DE REMOVIMIENTO DE LECHE.
- 7.- BANDA.
- 8.- PUNTO DE APLICACIÓN DE LA LECHE.
- 9.- TEMPERATURA DE VAPOR. (TAMBOR DE CALENTAMIENTO, ZONA 2)

- 10.- TEMPERATURA DE LA CHAQUETA (CALENTADORES RADIANTES ELÉCTRICOS, ZONA 1)
- 11.- TEMPERATURA DE CHAQUETA (CALENTADORES ELÉCTRICOS RADIANTES, ZONA 3)
- 12.- LONGITUD DE BANDA EN PIES.
- 13.- LADA DE PRODUCTO, TEMP. 'F
- 14.- LADO DE LA BANDA, TEMP. 'F.

3) ABERTURA DEL ORIFICIO.- LA TEORÍA DEL SECADO INDICA QUE EL TIEMPO DE SECADO ES PROPORCIONAL ENTRE EL PRIMERO O SEGUNDO POLVO DE ESPESOR DE PELÍCULA. DE AQUÍ, SE ESPERARÍA QUE PELÍCULAS MÁS FINAS DIERAN MAYOR VELOCIDAD DE PRODUCTO. ELLAS TAMBIÉN CONTRIBUYEN A LA HUMEDAD UNIFORME DEL PRODUCTO. EN ESTE ESTUDIO SE ENCONTRÓ QUE EL ESPESOR DE PELÍCULA ESTÁ INFLUENCIADO POR LA ABERTURA DEL ORIFICIO HASTA UNA ABERTURA DE 0.04-0.05 PULGADAS (0.1016-0.127 CM). CUANDO LA ABERTURA DEL ORIFICIO ES MENOR, LA PELÍCULA ES MÁS GRUESA. ESTE FENÓMENO ESTÁ PROBABLEMENTE ASOCIADO CON LA CAÍDA DE PRESIÓN A TRAVÉS DE LA ABERTURA. PARECE SEMEJANTE QUE SI LA CAÍDA DE PRESIÓN ES TAMBIÉN GRANDE LA ESPUMA CONTINÚA EXPANDIÉNDOSE A LA SALIDA DEL FILO DE LA ABERTURA, PERMITIENDO LA EXPANSIÓN EN TODAS DIRECCIONES.

4) VISCOSIDAD DEL CONCENTRADO.- ESTO INFLUENCIA EL COMPORTAMIENTO DE LA ESPUMA SOBRE LA BANDA ASÍ COMO EL ESPESOR DE LA ESPUMA. LA VISCOSIDAD APARENTE DEL CONCENTRADO CAMBIA AL PASAR OTRA VEZ DE LA LÍNEA DE PROCESO DEL EVAPORADOR AL SECADOR. ESTA DIFERENCIA ES CAUSADA POR LA NATURALEZA TIPO TRÓPICA DEL CONCENTRADO EN ADICIÓN A LA REDUCCIÓN DE TEMPERATURA E IMPREGNACIÓN DE GAS. ESTOS CAMBIOS ASÍ MISMO SE ENCONTRARON REPRODUCIBLES Y DE AQUÍ QUE LA VISCOSIDAD APARENTE DE LA ALIMENTACIÓN GASIFICADA PARA EL SECADOR SE MANTUVO CONTROLANDO LA VISCOSIDAD DEL CONCENTRADO EN EL EVAPORADOR.

SI LA VELOCIDAD DE LA BANDA ES MAYOR QUE LA VELOCIDAD DE SALIDA DE LA MANTA DEL ORIFICIO, LA MANTA DE ESPUMA BAJO CIERTAS CIRCUNSTANCIAS PUEDE SER EXTENDIDA. SE ENCONTRÓ QUE LA VISCOSIDAD APARENTE DE LA ALIMENTACIÓN DE CONCENTRADO CONTENIENDO GAS SE PUEDE USAR COMO UNA INDICACIÓN DE ÉSTA

PROPIEDAD. CUANDO SE MIDIÓ A LA TEMPERATURA DE ALIMENTACIÓN, LA ESPUMA ERA COMPLETAMENTE ELÁSTICA ASÍ LA VISCOSIDAD DEL CONCENTRADO GASIFICADO ESTÁ ENTRE 180 Y 340 CENTISTOKES. ARRIBA Y ABAJO DE ESTOS VALORES LA MANTA DE ESPUMA SE ROMPE FACILMENTE. AHORA BIEN, SE ENCONTRÓ QUE LOS GLOBOS FORMADOS EN LA PRIMERA ZONA DE SECADO SON MENOS PERMANENTES CON VISCOSIDADES EN LA PARTE FINAL DEL RANGO. ENTONCES, EL MEJOR COMPROMISO DE VISCOSIDAD PARA LA ALIMENTACIÓN DE CONCENTRADO CONTENIENDO GAS SE ENCONTRÓ SER ALREDEDOR DE 200 CENTISTOKES CUANDO SE MIDIÓ A LA TEMPERATURA DE ALIMENTACIÓN DEL SECADOR,.

5.- CONTENIDO DE GAS DE CONCENTRADO.- ESTA VARIABLE INFLUENCIA TALES FACTORES COMO EL TIPO DE ESTRUCTURA DE ESPUMA Y EL ESPESOR DE LA PELÍCULA DE ESPUMA. CUANDO SE OPERÓ A BAJAS PRESIONES DEL CAMBIADOR (9MM Y MÁS BAJAS) UN MÍNIMO DE ALREDEDOR DE 40 ML DE GAS (CORREGIDO A 0°C Y 760 MM DE Hg) POR LITRO DE CONCENTRADO SIN GASIFICAR ES REQUERIDO PARA LA FORMACIÓN DE ESPUMA. AHORA BIEN, CONSIDERANDO LAS FACTORES ANTERIORES SE ENCONTRÓ QUE 100 A 140 ML/LT DE GAS ERA EL RANGO ÓPTIMO. MÁS ALTOS CONTENIDOS DE GAS DIERON COMO RESULTADO PELÍCULAS GRUESAS CON MÁS LENTAS VELOCIDADES DE SECADO Y PRODUCTOS MÁS VOLUMINOSOS.

6.- TEMPERATURA DE LA BANDA.- LA TEMPERATURA DE LA BANDA EN EL PUNTO DE APLICACIÓN DE LA ESPUMA PUEDE ESTAR ABAJO DE SU PUNTO DE FLASHEO. SI ESTA ES SUPERIOR, LA ESPUMA COLAPSARÁ AL HACER CONTACTO CON LA BANDA, RESULTANDO UNA UNIÓN POBRE ENTRE LA ESPUMA Y LA BANDA.

CONDICIONES ÓPTIMAS DE SECADO.

LA ESPUMA ES CREADA EXPANDIENDO EL NITRÓGENO BIEN DISPERSADO EN EL CONCENTRADO A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DE VACÍO, SECÁNDOSE LA ESPUMA SIN ALTERAR SU ESTRUCTURA.

LAS CONDICIONES ÓPTIMAS DENTRO DEL RANGO DE PRESIÓN DEL CAMBIADOR PARA COMPLETAR ESTO ESTÁN ENLISTADAS EN LA TABLA (1). EL PERFIL DE TEMPERATURA APLICADO SE MUESTRA EN LA FIGURA (3).

LAS PROPIEDADES DE LA LECHE ENTERA SECA, OBTENIDA BAJO ESTAS CONDICIONES ESTAN DADAS EN LA TABLA (2).

UNAS MODIFICACIONES AL PROCESO ANTERIOR, CON LAS CUALES SE OBTIENEN MEJORES RESULTADOS SON LAS SIGUIENTES:

TABLA I

CONDICIONES PARA EL SECADO CONTÍNUO AL VACÍO DE ESPUMAS DE
LECHE ENTERA

VISCOSIDAD DE CONCENTRADO ^A DE EVAPORADOR (GAS-LIBRE; 100°F)	32-43 CENTISTOKES ^B
CONTENIDO DE GAS DEL CON CENTRADO	100-140 ML/LT
VISCOSIDAD DE CONCENTRADO A SECARSE (GASEADO; 34°F)	STOKES ^C
TEMPERATURA DE ALIMENTA- CIÓN	28°F (-2.22°C)
VELOCIDAD DE ALIMENTA--- CIÓN	0.40 LB/MIN (181.6 g/MIN)
BANDA TRANSPORTADORA	0.052 LB/PIE ² (0.0255 g/CM ²)
ABERTURA DE LA ESPREA	0.047 PULG (0.1194 CM)
TEMPERATURA DE LA BAN DA EN LA ALIMENTACIÓN	MENOR DE 29°F (-1.66°C)
DE LA ESPREA	3.0 MM DE HG (TEMP. FLASH PARA 29°F)
PRESIÓN DEL CAMBIADOR	9.3 PIES/MIN (283.46 CM/MIN)
VELOCIDAD DE LA BANDA	2 1/4 MIN
TIEMPO DE SECADO	
TEMPERATURA DE TAMBOR	
DE ENFRIAMIENTO	-5°F (20.55°C)
VELOCIDAD DE PRODUCTO	10.7 LB/HR (4857.8 g/HR)

^A CORRESPONDE A APROXIMADAMENTE 43% DE SÓLIDOS TOTALES.

^B VISCOSIDAD MEDIDA POR UN VISCOSÍMETRO SAYBOLT USANDO UN TIPO UNIVERSAL.

^C VISCOSIDAD MEDIDA POR UN VISCOSÍMETRO SAYBOLT, USANDO UN TIPO FUROL.

TABLA 2

PROPIEDADES DE SECADO CONTÍNUO AL VACÍO DE ESPUMAS DE LECHE
ENTERA

CONTENIDO DE HUMEDAD	3-4%
INDICE DE SOLUNILIDAD	MENOR DE 0.25
VELOCIDAD DE DISPERSABILIDAD (AGITACIÓN MANUAL EN AGUA A 38°F (3.33°C))	MAYOR DEL 98% EN 100 SEG
BACTERIAS TÍPICAS ESTIMADAS	MENOR DE 2000 PO GRAMO
<u>COLIFORMES TÍPICAS ESTIMADAS</u>	<u>MENOS DE 70 POR GRAMO</u>

CON RESPECTO A LA ESPUMA; LA FORMACIÓN INICIAL DE LA ESPUMA SE EFECTÚA EN UN PEQUEÑO ESPACIO ATRÁS DE LA RANURA DEL ORIFICIO A TRAVÉS DEL CUAL UNA CINTA DE ESPUMA ES EXTRUÍDA SOBRE LA BANDA. EL CALOR ES RADIADO ABAJO DE LA BANDA DIRECTAMENTE DESPUÉS QUE LA ESPUMA SALE DEL ORIFICIO. LA TEMPERATURA DEL CONCENTRADO ESPUMADO, RÁPIDAMENTE SE APROXIMA A SU PUNTO DE EBULLICIÓN, DETERMINADO POR LA PRESIÓN ABSOLUTA DEL CAMBIADOR, COMENZANDO EL SECADO. LA EXPANSIÓN POSTERIOR DE LA ESPUMA TAMBIÉN OCURRE AQUÍ. LA ESTRUCTURA PRODUCIDA EN ESTA CORTA PERO CRÍTICA ZONA INFLUENCIA LA VELOCIDAD DEL SECADO Y LA CALIDAD DEL PRODUCTO. POR EJEMPLO, CUANDO LAS CONDICIONES DE LA ESPUMA SON TALES, PRODUCIDAS EN ESTA ZONA, - COMO TOTALMENTE MANTENIDA, GRUESA POBREMENTE UNIDA, RESULTAN PELÍCULAS DE SECADO LENTO,.

PARA MODIFICAR ESTA ESTRUCTURA INDISPENSABLE DE LA ESPUMA SE FIJÓ LA ATENCIÓN EN LAS SIGUIENTES VARIABLES, VISCOSIDAD, CONCENTRADO Y CONTENIDO DE GAS, APERTURA DEL ORIFICIO, TEMPERATURA DE LA ESPUMA (ESTABLECIDA POR LA PRESIÓN DEL CAMBIADOR DE SECADO), VELOCIDAD DE APLICACIÓN DEL CALOR, ESTO -- PRONTO HIZO VER QUE MUCHOS DE LOS CAMBIOS DESEABLES EN EL COMPORTAMIENTO DE LA ESPUMA SE PUEDEN ALCANZAR INCREMENTANDO LA PRESIÓN DEL CAMBIADOR. UN ESTUDIO SISTEMÁTICO MOSTRÓ QUE LAS ESPUMAS PUEDEN SER HECHAS PARA ATENUAR O VARIAR LOS GRADOS MANIPULANDO LA PRESIÓN DEL CAMBIADOR EN UN RANGO DE 9 A 22 MM DE HG ABSOLUTOS. ALREDEDOR DE 18 MM (CORRESPONDIENDO A UNA TEMPERATURA DE ESPUMA DE 24°C) LA ESPUMA BAJA EN UNA PELÍCULA FINA BIEN UNIDA A LA BANDA Y SECA RÁPIDAMENTE. LA

ESTRUCTURA DE LA ESPUMA RESULTANTE PRESENTA UNA EXPANSIÓN RESIDUAL DE 20 A 25 "PLIEGUES" CON RESPECTO AL CONCENTRADO SIN GASIFICAR. ESTO ESTÁ EN CONTRASTE CON LA EXPANSIÓN DE 75 A 100 "PLIEGUES" OBTENIDA CUANDO LA ESPUMA NO DECRECE.

ES DE INTERÉS QUE LA TEMPERATURA DESEABLE DE SECADO CAE DENTRO DEL RANGO DE 20 A 30°C DONDE LA LECHE FLÚIDA PRESENTA MÍNIMA TENDENCIA A ESPUMAR. EL ESPUMAMIENTO INCREMENTA ARRIBA Y ABAJO DE ESTE RANGO DE TEMPERATURAS.

DOS PROBLEMAS MAYORES SE ENCONTRARON EN LA ALTA PRESIÓN - DE 18 MM DE Hg. UNO FUE REVELADO DESPUÉS QUE APARATOS DE MUESTREO SE INSTALARON EN PUNTOS CRÍTICOS DEL DESHIDRATADOR. LA FIGURA (4) MUESTRA LAS LOCALIZACIONES (S) DE LOS APARATOS DE MUESTRA EN LA PARTE FINAL DE CADA UNA DE LAS TRES MAYORES ZONAS DE SECADO.

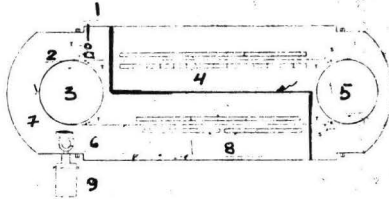


FIG. 4.- DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UN SECADOR CONTINUO AL VACÍO DE BANDA DE ESPUMA MOSTRANDO LA PARTICIÓN (LÍNEA GRUESA), POSICIÓN DE MUESTREADORES (S), Y POSICIÓN DE TERMOCOPLES (T).

- 1.- ALIMENTACIÓN.
- 2.- ESPREA.
- 3.- TAMBOR DE ENFRIAMIENTO.
- 4.- CALENTADORES RADIANTES.
- 5.- TAMBOR DE CALENTAMIENTO.
- 6.- TORNILLO TRANSPORTADOR.
- 7.- HOJA DOCTOR.
- 8.- PLACAS DE VAPOR.
- 9.- RECIBIDOR.

EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS TOMADAS JUSTO ANTES DEL TAMBOR FRÍO COMPARADOS CON EL PRODUCTO COLECTADO EN EL RECIPIENTE REVELARON REHIDRATACIÓN DE 2 A 2.5% (UN PRODUCTO DE 3% PUEDE REHIDRATARSE A 5.5%). BAJO ALGUNAS CONDICIONES LA HUMEDAD DE LA MUESTRA TOMADA DESPUÉS DEL TAMBOR DE CALENTAMIENTO FUE MÁS BAJA QUE LA HUMEDAD DE LA MUESTRA DEL RECIPIENTE. ENTONCES EL SECADO, QUE TOMA LUGAR DESPUÉS DEL TAMBOR DE CALENTAMIENTO FUÉ COMPLETAMENTE INFECTADO. ESTA REHIDRATACIÓN ES CONSECUENCIA DE LAS ALTAS PRESIONES EMPLEADAS EN EL CAMBIADOR. EN ESTE SISTEMA IMPERMEABLE DE SECADO AL VACÍO LA PRESIÓN DE VAPOR DE AGUA ES QUIZÁ IGUAL A LA PRESIÓN TOTAL Y EXCEDA LA HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA LECHE SECA, REHIDRATÁNDOSE. TAMBIÉN, COMO LA BANDA Y EL PRODUCTO SE ENFRÍAN ABAJO DEL PUNTO DE CONDENSACIÓN EN EL TAMBOR DE ENFRIAMIENTO, SE INCREMENTA LA HUMEDAD. LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE REHIDRATACIÓN SE ALCANZÓ CONSTRUYENDO UNA PARTICIÓN ENTRE LAS ZONAS HÚMEDA Y SECA, COMO SE INDICA POR LA LÍNEA GRUESA EN LA FIGURA (4). EN LA MITAD SUPERIOR DERECHA DEL SECADOR MÁS DEL 90% DE HUMEDAD SE REMUEVE Y TIENE FÁCIL ACCESO A LA LÍNEA DE VACÍO. EN ADICIÓN, EL TAMBOR FRÍO OPERA ALREDEDOR DE 0°C, SE COMPORTA COMO CONDENSADOR, HA SIDO AISLADO DE LA SECCIÓN HÚMEDA. ADMITIENDO PEQUEÑAS CANTIDADES DE GAS SECO DENTRO DE LA SECCIÓN INFERIOR IZQUIERDA ASEGURA UN BAJO PUNTO DE ROCEO EN ÉSTA REGIÓN DONDE EXISTE BAJA HUMEDAD EN EL PRODUCTO. CON ESTO LA REHIDRATACIÓN SE HACE INSIGNIFICANTE.

EL OTRO PROBLEMA MAYOR NO SE RESUELVE FÁCILMENTE, CONSISTE EN QUE LA ESPUMA NO PODRÍA HACERSE MÁS LARGA EN PRIMAVERA Y VERANO COMO EN EL INVIERNO Y GRUESA, RESULTARON ESPUMAS DE SECADO LENTO COMO EN LA OPERACIÓN A BAJA PRESIÓN. ESTE CAMBIO DE PROPIEDADES DE ESPUMADO OCURREN POR VARIACIONES EN LA CONCENTRACIÓN DE FOSFOLÍPIDOS. EL ENRIQUECIMIENTO DE LECITINA OFRECE UN POTENCIAL PARA RESOLVER ESTE PROBLEMA.

ANTERIORMENTE EL TRABAJO SE HIZO SOBRE MODIFICACIONES MECÁNICAS, DESARROLLO DE TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN, E IDENTIFICACIÓN DE LAS MÁS IMPORTANTES VARIABLES DE CONTROL. A CONTINUACIÓN SE DAN LAS SUBSECUENTES FASES DE EXPERIMENTACIÓN Y SIMULACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS. EL OBJETIVO DEL ESTUDIO

ES DETERMINAR CONDICIONES DE OPERACIÓN LAS CUALES PERMITIRÁN LA OPERACIÓN DURANTE EL AÑO, SIN TOMAR EN CONSIDERACIÓN LAS VARIACIONES ESTACIONALES DE LAS CARACTERÍSTICAS DE ESPUMADO DE LECHE, A UNA VELOCIDAD ECONOMICAMENTE DESEABLE, CON BUENOS ATRIBUTOS DE PRODUCTO.

UN PROCESO ECONÓMICAMENTE POSIBLE PARA LA PRODUCCIÓN DE ESPUMA DE LECHE ENTERA SECADA AL VACÍO CON PROPIEDADES ÚNICAS DE RECONSTITUCIÓN, DISPERSABLE RÁPIDAMENTE EN AGUA HELADA, MUY BUEN SABOR INICIAL, RETENIENDO AMBAS CARACTERÍSTICAS -- POR MÁS DE UN AÑO A 4°C, SE HA PRODUCIDO EXPERIMENTALMENTE EN UNA BASE CONTÍNUA CON SABOR ACEPTABLEMENTE BUENO, ADECUADO NIVEL DE HUMEDAD CON BAJO DAÑO POR CALOR Y UNA VELOCIDAD MARGINAL DESDE UN PUNTO DE VISTA ECONÓMICO.

LA EFICIENCIA DEL SECADO EN EL PROCESO DEPENDE DE LA CANTIDAD DE FORMACIÓN DE ESPUMA DURANTE EL SECADO Y LA ESTABILIDAD DE LA ESPUMA.

ESTAS CARACTERÍSTICAS VARIAN ESTACIONALMENTE ASÍ QUE LA PRODUCCIÓN TOTAL ACEPTABLE PODRÍA SOLAMENTE SER ALCANZADA EN ALGUNAS ESTACIONES DEL AÑO. ASÍ SE ENCONTRÓ QUE ESPUMAS DE LECHE PRODUCIDAS EN EL TARDÍO OTOÑO E INVIERNO FUERON MENOS ESTABLES QUE LAS DE FINES DE PRIMAVERA Y VERANO, SECADAS A UN CONTENIDO DE HUMEDAD MÁS BAJO O A MÁS ALTA VELOCIDAD.

ANTES DE DESCUBRIR LA RELEVANCIA DE LA VARIACIÓN ESTACIONAL EN EL MATERIAL FRESCO, SE DESARROLLÓ EL REQUISITO DE EQUIPO PARA EL PROCESO, Y EL CONOCIMIENTO GANADO EN ESTOS PARÁMETROS LOS CUALES INFLUENCIAN LA VELOCIDAD DEL SECADO Y CALIDAD DEL PRODUCTO. CON ESTAS BASES SE PARTE A ESTUDIAR EL PROCESO EMPLEANDO UN MODELO ESTADÍSTICO, APLICANDO TÉCNICAS DE DISEÑO ESTADÍSTICAS Y SIMULACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS. SE ESPERÓ QUE UN MODELO MATEMÁTICO DEL PROCESO PERMITIRÍA UNA OPTIMIZACIÓN Y EL ESTUDIO DE LA VARIACIÓN ESTACIONAL. DESPUÉS QUE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN PODRÍAN SER ENCONTRADAS, LAS CUALES PERMITIRÍAN OPERAR ECONÓMICAMENTE DURANTE UN AÑO.

EN LOS ESTUDIOS PRELIMINARES DE ESTE PROGRAMA SE ESTUDIARON 13 VARIABLES LAS CUALES, SE PENSÓ, TUVIERON UN EFECTO SIGNIFICATIVO SOBRE VELOCIDAD O CALIDAD DEL PRODUCTO. LA TA

BLA (3) MUESTRA TODOS ESTOS PARÁMETROS EN SU FORMA FINAL. A QUELLOS PARÁMETROS QUE REQUIRIERON CONSIDERABLE ALTERACIÓN FUERON:

CONTENIDO DE SÓLIDOS DEL CONCENTRADO X_1 , SE ENCONTRÓ QUE EL COMPORTAMIENTO DEL SECADOR EN UN DÍA DADO ESTÁ RELACIONADO DIRECTAMENTE A LA VISCOSIDAD DEL CONCENTRADO, LA CUAL DEPEN DE CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS, CONTENIDO DE GRASA Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE FLUÍDA. AHORA BIEN, LA RELACIÓN - VISCOSIDAD-SÓLIDOS TIENEN UN MARCADO CARACTER ESTACIONAL Y SE ENCONTRÓ MEJOR MODELO TOTAL USANDO SÓLIDOS CONCENTRADOS MÁS QUE VISCOSIDAD COMO X_1 . PARA CONDICIONES DE OPERA--

TABLA 3

VARIABLES ESTUDIADAS

X_1	CONTENIDO DE SÓLIDOS CONCENTRADO	POR CIENTO
X_2	CONTENIDO DE GAS DEL CONCENTRADO ALIMENTADO AL SECADOR	CC GAS/LT DE CONCENTRADO SIN GAS.
X_3	CONTENIDO DE LECITINA	G LECITINA/G SÓLIDO
X_4	BANDA TRANSPORTADORA	LB CONC. (W.B.)/PIE ² (Kg/m ²)
X_5	PRESIÓN DEL CAMBIADOR	MM DE Hg ABS.
X_6	ABERURA DE ESPREA	MM.
X_7	TIEMPO DE RESIDENCIA (DE LA ESPREA AL TAMBOR DE ENFRIAMIENTO)	MIN.
X_8	TEMPERATURA, PRIMERA ZONA, LADO DE PRODUCTO ^A	C
X_9	TEMPERATURA DE TAMBOR CALIENTE	C
X_{10}	TEMPERATURA, PRIMERA ZONA, LADO DE LA BANDA	C
X_{11}	TEMPERATURA DE ESPREA	C
X_{12}	CONTENIDO DE GRASA	POR CIENTO GRASA DE LECHE
X_{13}	TIEMPO DE ESPUMA (PARÁMETRO ESTACIONAL)	MIN.

^AMANTENIDA CONSTANTE EN EL ANÁLISIS FINAL.

CIÓN, LA VISCOSIDAD SE ESTIMÓ ENTONCES DE LOS SÓLIDOS PRODUCIDOS Y DEL CONTENIDO DE GRASA, TOMANDO EN CUENTA LA ESTACIÓN.

BANDA TRANSPORTADORA X_4 .- LA ANCHURA DE LA CINTA DE ESPUMA DEPOSITADA SOBRE LA BANDA DEPENDE DIRECTAMENTE DE LA VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN. ESTO TAMBIÉN VARÍA ALGO CON LA VISCOSIDAD, CONTENIDO DE GAS, ETC.

CONTENIDO DE GRASA X_{12} .- SE INTENTÓ QUE TODOS LOS ESTUDIOS SE HICIERAN A 26% DE GRASA DE LECHE. EN LA PRÁCTICA LAS VARIACIONES EN EL CONTENIDO DE GRASA TUVIERON EFECTO MARCADO SOBRE LA EFICIENCIA DEL SECADO.

TIEMPO DE LA ESPUMA X_{13} .- PARA CARACTERIZAR EL COMPORTAMIENTO ESTACIONAL DE LA ESPUMA DEL MATERIAL FRESCO SE DESARROLLÓ LA PRUEBA DESCRITA POR HALDEN. ESTA PRUEBA RESULTÓ EN UN VALOR R_{FS} , I.E. VELOCIDAD DE DESCENSO DE LA ESPUMA, DESCRITO COMO UNA PRUEBA DE DESPLAZAMIENTO DE ESPUMA DESPUÉS DE SER FORMADA POR UN GAS INERTE. LA ALTURA A LA CUAL LA ESPUMA SE EXPANDE ANTES DE SER DESPLAZADA ES IGUALMENTE RELEVANTE. -- POR CONSIGUIENTE X_{13} SE DEFINE COMO TIEMPO DE ESPUMA, O ALTURA INICIAL DE LA ESPUMA DIVIDIDA POR R_{FS} , DANDO EL TIEMPO REQUERIDO PARA UN DESPLAZAMIENTO ESPECÍFICO DE LA ESPUMA.

LAS VARIABLES DEPENDIENTES CONSIDERADAS PARA DESCRIBIR LA EFICIENCIA DEL PROCESO Y CALIDAD DEL PRODUCTO FUERON:

- 1.- VELOCIDAD DE PRODUCTO (CALCULADA)
- 2.- HUMEDAD DEL PRODUCTO (EXTRACCIÓN ESTANDARD DE TOLUENO).
- 3.- CONTENIDO DE 5-HIDROXIMETILFURFURAL (HMF).
- 4.- INDICE DE ESTABILIDAD (PRUEBA DE LA AMERICAN DRY MILK INSTITUTE).
- 5.- DISPERSABILIDAD DEL PRODUCTO, CON LA MODIFICACIÓN DE QUE SE USÓ UNA AGITACIÓN MANUAL, PARA EL MISMO INTERVALO DE TIEMPO, EN LUGAR DE AGITACIÓN CON LA MANO.
- 6.- DENSIDAD GLOBAL (APISONADA).
- 7.- SABOR.

LOS ESTUDIOS PRELIMINARES DE DISEÑO FACTORIAL ESTABLECIERON:

- 1.- SOLAMENTE UNA VARIABLE PODRÍA SER CONSIDERADA COMO INSIGNIFICANTE EN EFECTO DIFERENCIAL SOBRE EL RANGO ESTUDIADO: EL NIVEL DE CALOR DEL LADO SUPERIOR (PRODUCTO) EN LA BANDA DESPUÉS DEL ORIFICIO (X_8). ESTO SE MANTUVO CONSTANTE EN TODO EL PROCESO.

- 2.- UN NÚMERO SIGNIFICATIVO DE VARIABLES INTERACCIONA CON ALGUNA OTRA Y FUERON NO LINEALES INDIVIDUALMENTE EN SU EFECTO. POR LO QUE LOS DISEÑOS UTILIZADOS NO PODRÍAN RESULTAR EN MODELOS LINEALES, PERO AL MENOS 3 NIVELES FACTORIALES.
- 3.- ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESPUMADO DE LA LECHE REVELARON QUE NO SOLAMENTE HACE QUE LA LECHE VARÍE SIGNIFICATIVAMENTE DÍA A DÍA EN UNA MANERA AL AZAR, PERO EXHIBIÓ UN TENDENCIA ESTACIONAL EN EL OTOÑO Y PRIMAVERA. EN INVIERNO Y VERANO NO SE DICERNIÓ GRAN TÉRMINO DE TENDENCIA A ESPUMADO.
- 4.- UN APROXIMAMIENTO A LA SUPERFICIE RESPUESTA, USANDO UNA CAJA WILSON DE DISEÑO, ORTOGONAL ROTANTE, BASADO EN UN DISEÑO FACTORIAL O FRACCIONAL FACTORIAL SE TOMÓ. AHORA BIEN, UN DISEÑO BASADO SOBRE UN CUARTO (10^{12}) UNA ELECCIÓN RAZONABLE, A UNA VELOCIDAD PROMEDIO DE UN PUNTO EXPERIMENTAL POR DÍA (DESPUÉS SUBIÓ A 1.5 PUNTOS POR DÍA). EN SUMA, COMO LA VARIACIÓN ESTACIONAL NO SE SUJETÓ A CONTROL, SE RESTRINGIÓ UN DISEÑO A UNA ESTACIÓN DE LONGITUD. POR LO QUE SE DECIDIÓ UTILIZAR DISEÑOS EXPERIMENTALES BASADOS EN PEQUEÑOS NÚMEROS DE VARIABLES EN ALGUNA ESTACIÓN DADA. LAS RESTRICCIONES DE TIEMPO IMPUSIERON EL REQUERIMIENTO ADICIONAL DE QUE CADA UNO DE LOS DISEÑOS ES SEPARADAMENTE POSIBLE PARA ANÁLISIS, ASÍ QUE EL DISEÑO SIGUIENTE PUEDE SER PUESTO A LAS CONDICIONES ÓPTIMAS.

DE LAS 7 VARIABLES DEPENDIENTES, LA VELOCIDAD DEL PRODUCTO ES SOLAMENTE DEPENDIENTE DE LA CARGA DE LA BANDA Y DEL TIEMPO DE RESIDENCIA, CONSIDERANDO LA CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS COMO CONSTANTES. EL RESTO FUE AFECTADO POR MÁS O TODAS LAS VARIABLES ESTUDIADAS.

FUERON REQUERIDOS MODELOS MATEMÁTICOS PARA LOS CONTENIDOS DE HUMEDAD Y HMF. LOS MODELOS USADOS FUERON SUPERFICIES CUADRÁTICAS EXPRESADAS EN GENERAL COMO:

$$Y = A_{00} + \sum_{i=1}^{12} A_{0i} X_i + \sum_{j=1}^{12} \sum_{i=1}^{12} A_{ij} X_i X_j$$

EL EFECTO DE LAS VARIABLES ESTACIONALES SIN CONTROL, X_{13} PUEDE NO SER TRATADO DE ESTA MANERA, COMO LOS EFECTOS ESTACIONALES PODRÍAN SER VISTOS EN VERANO O INVIERNO, LAS INTERACCIONES CON X_{13} PODRÍAN SER ESTIMADAS SOLAMENTE CUANDO FUERA CAMBIANDO APRECIABLEMENTE.



POR CONSIGUIENTE SE EMPLEARON DOS FORMAS DE DISEÑO. DURANTE ESTACIONES CONSTANTES (VERANO E INVIERNO), LAS VARIABLES CONTROLADAS SE ESTUDIARON, USANDO DISEÑOS BASADOS EN FRACCIONES DE DISEÑOS FACTORIALES 2^N , CON COMPUESTO Y PUNTOS CENTRALES PARA LOS TÉRMINOS DE 20. GRADO. DURANTE LAS ESTACIONES DE TRANSICIÓN (PRIMAVERA Y OTOÑO) CUANDO UN GRAN CAMBIO EN EL COMPORTAMIENTO DE LA ESPUMA PODRÍA SER ANTICIPADO SE USARON FRACCIONES DE DISEÑOS 3^N , BLOQUEANDO ASÍ LOS BLOQUES FUERON APROXIMADAMENTE CONFUNDIDOS CON EL CAMBIO ESTACIONAL. ESTOS DISEÑOS NO FUERON TRATADOS COMO 3^N PARA ANÁLISIS PERO LOS TRES NIVELES DIERON INFORMACIÓN PARA TÉRMINOS NO LINEALES CUANDO SE ANALIZÓ POR REGRESIÓN MÚLTIPLE. LA TABLA (4) RESUME LAS CORRIDAS Y EL TIPO DE EXPERIMENTO. SE PODRÁ NOTAR QUE ESTUDIOS ADICIONALES FUERON OCASIONALMENTE CONFORMADOS.

TABLA 4

EXPERIMENTOS Y VARIABLES ESTUDIADAS			
DE	A	VARIABLES	TIPO
11/63	12/63	1,3,4,5,13	T
1/64	2/64	1,4,7,9,10	C
1/64	2/64	3	A
3/64	5/64	1,2,3,4,13	T
7/64	10/64	4,5,6,7,9,10	C
11/64	12/64	1,3,7,13	T
1/65	2/65	2,3,5,6,11	C
4/65	6/65	1,5,6,11,13	T
8/65	10/65	2,4,7,9,10,11	C
11/65	4/66	2,4,5,7,10,11	C
11/65	4/66	9	A

T, DISEÑO TRANSICIÓN- BASADO EN 3^N

C, DISEÑO COMPUESTO - BASADO EN 2^N

A, DISEÑO DE ADICIÓN.

2 VARIABLES, NIVELES DE CALOR ARRIBA Y ABAJO DE LA BANDA DESPUÉS DEL TAMBOR CALIENTE, SE ENCONTRARON DE SIGNIFICANCIA SE CUMPLIRIA.

CON CADA DISEÑO, SE HIZO UN MOVIMIENTO MUY CONSERVADOR -- HASTA EL ÓPTIMO. EL PELIGRO EN ESTE ACERCAMIENTO ES QUE LA INFORMACIÓN NO DISPONIBLE SOBRE UNA VARIABLE PUEDE INDICAR

ACTUALMENTE UN MOVIMIENTO OPUESTO AL HECHO. A FORTUNADAMENTE ESTO NO SUCEDIÓ.

ALGUNOS CONTROLES, OPERACIÓN CRÍTICA POSIBLE, PERO UNO NO DISPONIBLE A VARIACIÓN O PENSANDO NO ESTAR DIRECTAMENTE RELACIONADOS A LA SALIDA TOTAL DEL SECADOR, SE TOMARON CONSTANTES EN TODO EL EXPERIMENTO. ESTÁN ENLISTADOS EN LA TABLA (5).

TODOS LOS MODELOS EXEDIERON EL NIVEL DE CONFIANZA DE 95% (P MENOR DE 0.05).

TABLA 5

CONDICIONES MANTENIDAS CONSTANTES DURANTE EL ESTUDIO

1.- TEMPERATURA DE DESCARGA EVAPORADOR	51.7°C
2.- TEMPERATURA DE CONCENTRADO A HOMOGENEIZADOR	57.2°C
3.- HOMOGENEIZACIÓN CONCENTRADO (2-PASOS)	3000/500 PSIG (210.9/35.2 Kg/cm ²)
4.- RAPIDÉZ	650RPM
5.- TEMPERATURA DE DESCARGA	0 A 2.8°C
6.- 3A ZONA LADO PRODUCTO CALIENTE (VAPOR)	100PSIG (7Kg/cm ²)
7.- 3A ZONA LADO DE LA BANDA RESISTENCIAS	0 VOLT

CADA MODELO REQUIRIÓ LA FORMACIÓN DE ECUACIONES NORMALES DE MÍNIMOS CUADRADOS DE LOS DATOS Y LA SOLUCIÓN DE 90 ECUACIONES SIMULTÁNEAS. ESTO SE HIZO PARA RESPUESTAS DE CONTENIDO DE HUMEDAD E HIDROXIMETILFURFURAL (HMF).

LA FRACCIÓN DE VARIACIÓN TOMADA EN CUENTA POR LA REGRESIÓN ES UNA EXPLICACIÓN DEL VALOR R^2 , DONDE:

$$R^2 = \frac{\text{SUMA DE LOS CUADRADOS HECHOS POR LA REGRESIÓN}}{\text{SUMA INCONDICIONAL DE LOS CUADRADOS DE Y}}$$

ESTE VALOR SE USÓ PARA EVALUAR MODELOS SUCESIVOS.

DESPUÉS SE ALCANZÓ UN MODELO ACEPTABLE PARA HUMEDAD Y HMF Y FUÉ ESTUDIADO POR ANÁLISIS DE LOMO, UNA TÉCNICA DE OPTIMIZACIÓN DESARROLLADA POR HOERLD. ESTE DETERMINA LOS LUGARES EXTREMOS COMO FUNCIÓN DEL RADIO DE LA HIPER ESFERA EXPERIMENTAL. BREVEMENTE, LOS MODELOS CUADRÁTICOS SE TRATARON DE LA SIGUIENTE MANERA:

1.- CONTENIDO DE GRASA, X_{12} , SE HIZO UNA CTE AL EQUIVALENTE DE 26% DE GRASA DE LECHE POR SUSTITUCIÓN.

2.- SE ESCOGIÓ UNA VELOCIDAD DE PRODUCTO, ESPECIFICANDO LA RELACIÓN CARGA DE LA BANDA Y TIEMPO DE RESIDENCIA. SE SUPUSO UN CONCENTRADO DE SÓLIDOS Y ANCHURA DE LA CINTA CONSTANTES PARA CALCULAR LA CARGA DE LA BANDA, MÁS QUE LA RELACIÓN DE SÓLIDOS A X_1 Y HACIENDO LA ANCHURA DE LA CINTA OTRA VARIABLE DEPENDIENTE. EL EFECTO FUE QUE LAS VELOCIDADES ACTUALES DE PRODUCTO FUERON $\pm 2\%$. ESTO NO AFECTÓ EL ÓPTIMO DE OPERACIÓN.

3.- PARA MINIMIZAR LA VARIACIÓN ESTACIONAL, LAS VARIACIONES FUERON RESTRINGIDAS POR DOS VARIABLES MAS INDEPENDIENTES, UNA PARA CADA VARIABLE INDEPENDIENTE, USANDO UNA ECUACIÓN LA CUAL PODRÍA MINIMIZAR LA MÁXIMA VARIACIÓN ESTACIONAL EN CONTENIDO DE HUMEDAD Y HMF. X_{13} LA VARIABLE ESTACIONAL SE QUITÓ DEL MODELO.

4.- EL ANÁLISIS DE LOMO SE COMPORTÓ EN UNA SERIE DE VALORES DE CARGA DE BANDA, CADA UNO DE LOS CUALES SE TENÍA CONSTANTE, TAMBIÉN EL TIEMPO DE RESIDENCIA PARA AQUELLA VELOCIDAD DE PRODUCTO. SEIS VARIABLES PERMANECIERON IMPLÍCITAS.

SE ENCONTRARON SOLUCIONES POSIBLES, MUCHOS DE LOS ANÁLISIS SE REALIZARON A 3.856 Kg/HR DE VELOCIDAD DE PRODUCTO (CODIFICADA 84-1) Y AL FINAL DEL PROGRAMA SE ENCONTRÓ UNA VELOCIDAD DE 4.082 Kg/HR DE PRODUCTO (CODIFICADA 88-2) Y SE PRUBABON EN UNA PLANTA PILOTO POR 4 MESES. POR EXTRAPOLACIÓN SE ENCONTRARON SOLUCIONES DE 4.309 Y 4.536 Kg/HR.

LA TABLA (6) PRESENTA LAS SOLUCIONES PARA CADA ESTACIÓN.

EL PROGRAMA EXPERIMENTAL SE REALIZÓ USANDO UNA BANDA DE ACERO INOXIDABLE DE 20.32 CM EN EL SECADOR, UN ORIFICIO DE ALIMENTACIÓN DE 20.32 CM, Y RODILLOS RADIANTES DE CALOR PARA AQUELLA ESCALA. DESPUÉS PRUBANDO LAS CONDICIONES ÓPTIMAS, LA PRODUCCIÓN TOTAL SE ESCALÓ DE UN NOMINAL DE 4.309 Kg/HR A UN NOMINAL DE 6.804 Kg/HR INCREMENTANDO LA ANCHURA DE LA BANDA A 30.48 CM Y OTRO EQUIPO Y VELOCIDADES DE FLUJO PROPORCIONALES. LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS DE HUMEDAD PARA ESTOS GRUPOS DE OPERACIÓN SE PRESENTAN EN LA FIGURA (5). LA ESTACIÓN DE ENERO A MAYO REPRESENTA DATOS DE BANDA DE 30 CM; DESPUÉS DE MAYO LOS DATOS DE 20 CM SE TOMAN ANTES DEL ESCALAMIENTO.

PARA PRODUCIR LECHE ENTERA SECADA AL VACÍO PARA EL MERCADO DE PRUEBA ES NECESARIO DESARROLLAR LA PLANTA PILOTO INTEGRADA.

TABLA 6
CONDICIONES

	84-1	88-2	88-3	88-4	88-5	88-6
X ₁	42.5 ^A	38.0	36.6	34.0	25.1	23.5
X ₂	200	205	208	217	200	199
X ₃	0.084	0.084	0.0836	0.0769	0.086	0.086
X ₄	0.036	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037
	0.176	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181
X ₅	19.00	18.95	18.95	19.29	18.91	18.92
X ₆	0.83	0.75	0.73	0.74	1.02	1.02
X ₇	1.37	1.33	1.26	1.20	1.33	1.33
X ₈	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3
X ₉	75.83	76.00	76.17	82.22	75.89	75.94
X ₁₀	677.2	681.7	694.4	686.7	639.4	628.9
X ₁₁	8.9	7.4	3.9	9.4	12.1	12.4
X ₁₂	25.1 ^B	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1
X ₁₃	.....	....	....	....	22.0	8.0
RESPUESTA PREDICHA						
H ₂ O	2.83	4.15	4.90	3.85	4.83	2.65
HMF	0.0	0.7	1.5	0.3	....	0.5
VEL.	3.9	4.1	4.3	4.5	4.1	4.1

^A VISCOSIDAD, CENTISTOKES (4.5°C)

^B ANALIZADO EN PRODUCTO SECO; EQUIVALENTE A 26% DE GRASA DE LECHE EN ALIMENTACIÓN.

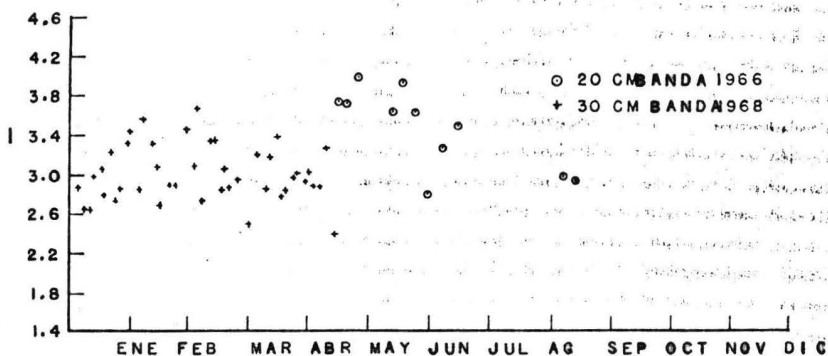


FIG. 5.- CONTENIDO DE HUMEDAD CONTRA DATOS DE OPERACIÓN PARA ESTUDIOS REPETITIVOS

I.- PORCIENTO DE HUMEDAD

PLANTA PILOTO.

EQUIPO.- LA PLANTA PILOTO INTEGRADA ESTÁ DADA ESQUEMÁTICAMENTE EN LA FIGURA (6). LAS VARIABLES DIMENSIONALES INTERNAS FUERON DETERMINADAS POR BALANCEO DE FACTORES LIMITANTES TALES COMO:

EXCLUSIÓN DE AIRE, EVITAMIENTO DE PÉRDIDA DE CALOR O CAMBIOS FÍSICOS EXPONTÁNEOS, PROPIEDADES DE TRANSPORTE, SANITACIÓN Y ARREGLAMIENTO ESPACIAL. LA CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE FUERON DISEÑADOS PARA PERMITIR EL LAVADO DEL LUGAR.

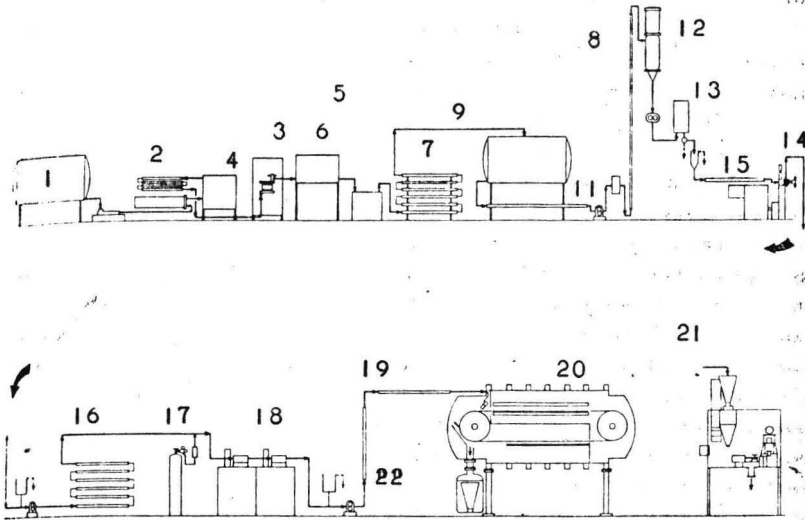


FIG. 6.- ESQUEMA DE LA PLANTA PILOTO.

- 1.- TANQUE DE ALIMENTACIÓN.
- 2.- 1o Y 2o PASOS DE CAMBIADOR DE CALOR.
- 3.- HOMOGENEIZADOR DE PASO SIMPLE.
- 4.- ESTACIÓN DE LOTE.
- 5.- 1er. PASO DE ENFRIAMIENTO.
- 6.- LOTE PASTEURIZANDO.
- 7.- 2o PASO DE ENFRIAMIENTO

- 8.- PRECALENTADOR.
- 9.- TANQUE DE ALIMENTACIÓN DE LECHE PASTEURIZADA.
- 10.- CONTROL DE VELOCIDAD DE FLUJO.
- 11.- PRECALENTAMIENTO.
- 12.- EVAPORADOR AL VACÍO AGITADO DE PELÍCULA DESCENDENTE.
- 13.- CONTROL DE GRAVEDAD ESPECÍFICA.
- 14.- HOMOGENEIZADOR DE 2 PASOS-
- 15.- PRECALENTADOR.
- 16.- FLUJO LAMINAR ENFRIAMIENTO.
- 17.- INYECTOR DEL GAS.
- 18.- SUPERFICIE ENFRIADA Y RASPADA.
- 19.- CAMBIADOR DE CALOR. (2A. SECCIÓN)
- 20.- DESHIDRATADOR CONTÍNUO AL VACÍO.
- 21.- GABINETE DE EMPAQUE CON GAS INERTE.
- 22.- BOMBA DE ALIMENTACIÓN AL SECADOR.

1) HOMOGENEIZACIÓN-PASTEURIZACIÓN. LA HOMOGENEIZACIÓN DE LA LECHE FLÚIDA SE COMPLETÓ EN UN ESTADO SIMPLE, DOS MÁQUINAS PULSADORAS, DE LAVAL HIDROPULSO MODELO No. P-2².

SU CAPACIDAD NOMINAL FUE 473 LT/HR A 175.8 Kg/cm². LA PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO FUE 281.2 Kg/cm².

EL PASTEURIZADOR SE HIZO COMO UNA SECCIÓN DE CALENTAMIENTO-ENFRIAMIENTO-CALENTAMIENTO Y UNA SECCIÓN DE ENFRIAMIENTO DE 2 PASOS CON EL HOMOGENEIZADOR SEPARANDO LAS 2 SECCIONES. LA PRIMERA UNIDAD DE CALENTAMIENTO FUÉ UNA CORAZA DE 4 TUBOS DE PASO DE CALOR CON 3.66 MTS DE 14.1 MM DE DIÁMETRO INTERNO DE ACERO INOXIDABLE PARA LA LECHE. EL MEDIO DE CALENTAMIENTO FUÉ VAPOR DE BAJA PRESIÓN CONTROLADO MANUALMENTE POR MEDIO DE UNA VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN. LA PRIMERA UNIDAD MANTENIMIENTO CONSISTIÓ DE 9.45 MT DE 23.6 MM DE DIÁMETRO INTERNO DE TUBO SANITARIO ENROLLADO EN UNA BOBINA, RECUBIERTA CON AISLANTE Y ENCERRADA EN UNA CAJA. LA SEGUNDA UNIDAD DE CALENTAMIENTO FUÉ UN CAMBIADOR DE CALOR DE DOBLE TUBO CON 3.96 MT Y 10.9 MM DE DIÁMETRO INTERNO DE ACERO INOXIDABLE PARA LA LECHE. EL MEDIO DE CALENTAMIENTO FUÉ AGUA CALIENTE. EL ELEMENTO SENSIBLE A LA TEMPERATURA EN LA CORRIENTE DE LECHE SE LOCALIZÓ EN LA DESCARGA DEL HOMOGENEIZADOR. LA SEGUNDA UNIDAD DE MANTENIMIENTO CONSISTIÓ DE 5.79 MT DE 23.6 MM

DE DIÁMETRO INTERNO DE TUBO SANITARIO, EMACADO CON AISLAMIENTO, ENCERRADO EN UNA CAJA. LA PRIMERA UNIDAD DE ENFRIAMIENTO FUE UNA BOBINA DE ACERO INOXIDABLE DE 7.75 MM DE DIÁMETRO INTERNO DE 13.71 MT DE LARGO, SUMERGIDA EN UN HOYO DE SOBREFLUJO CONTINUO DE AGUA AGITADA. LA SEGUNDA UNIDAD DE ENFRIAMIENTO CONSISTIÓ DE UN CAMBIADOR DE CALOR DE DOBLE TUBO CON TUBOS DE ACERO INOXIDABLE DE 6.71 MT DE 7.75 MM DE DIÁMETRO INTERNO. EL MEDIO ENFRIANTE PARA LA SEGUNDA UNIDAD DE ENFRIAMIENTO FUE UNA SOLUCIÓN DE METANOL CIRCULANDO DE UNA UNIDAD ENFRIADORA LOCALIZADA CENTRALMENTE.

LA ALIMENTACIÓN SE BOMBEO AL EQUIPO DE HOMOGENEIZACIÓN-PAS-TEURISACIÓN CON UNA BOMBA TIPO TORNILLO (MOYNOF-3).

2) EVAPORACIÓN.- LA EVAPORACIÓN SE EFECTUÓ EN UN EVAPORADOR AL VACÍO DE PELÍCULA DESCENDENTE AGITADO (RODNEY HUNT TURBA FILM MODELO N.º 1). LA SECCIÓN DE EVAPORACIÓN FUE UN TUBO VERTICAL DE 20.32 CM DE DIÁMETRO INTERNO POR 60.96 CM DE LARGO. EL VACÍO EN LA SECCIÓN DE EVAPORACIÓN SE MANTUVO CONTROLANDO UNA SALIDA DE AIRE EN EL LADO DE ENTRADA DE LA BOMBA MECÁNICA DE VACÍO. EL CALOR FUE SUMINISTRADO POR VAPOR DE BAJA PRESIÓN CONTROLADO MANUAL O AUTOMÁTICAMENTE. LOS VAPORES FUERON CONDENSADOS EN LOS TUBOS DE UNA CORAZA Y TUBO CONDENSADOR DE 7.8 m² DE SUPERFICIE DE CONDENSACIÓN.

EL EVAPORADOR FUE PRECEDIDO DE UN CAMBIADOR DE CALOR DE DOBLE TUBO CON 2.13 MT DE 10.9 MM DE DIÁMETRO INTERNO CON TUBO DE ACERO INOXIDABLE COMO PRECALENTADOR, UNA BOMBA DE ENGRANAJE ROTATORIO CON UNA CAPACIDAD DE 11 CC/REV. (ZENITH) Y TRANSMISOR DE FLUJO ELECTROMAGNÉTICO (FISCHER-PORTER MAGMETER) Y OTRO CAMBIADOR DE CALOR DE DOBLE TUBO CON 3.96 MT DE TUBO DE ACERO INOXIDABLE DE 2.98 MM DE DIÁMETRO INTERNO COMO PRECALENTADOR. SE USARON COMO MEDIOS DE CALENTAMIENTO AGUA CALIENTE Y VAPOR DE PRESIÓN SUB-ATMOSFÉRICA RESPECTIVAMENTE.

EL CONCENTRADO FUE REMOVIDO DE LOS FONDOS DEL EVAPORADOR CON UNA BOMBA DE DESCARGA POSITIVA (WAUKESHA MODELO DO-10) Y DIRIGIDA A TRAVÉS DE UN TRANSMISOR DE GRAVEDAD ESPECÍFICA (PRINCO DENSITROL). LA VISCOSIDAD DEL CONCENTRADO SE MIDIO PERIÓDICAMENTE CON UN VISCOSÍMETRO SAYBOLT TENIENDO UN ORIFICIO DE TIPO UNIVERSAL DE 2.18 MM.

3) HOMOGENEIZACIÓN DEL CONCENTRADO.- EL CONCENTRADO DEL EVAPORADOR FUE HOMOGENEIZADO EN UN HOMOGENEIZADOR DE PISTÓN DE 2 PASOS (MANTON-GAULIN LAB. HOMOGENIZER MODELO 15 M8-BA). ESTE APARATO TUVO UNA VELOCIDAD VARIABLE ENTRE 9.5 Y 56.8 LT/HR DE BOMBEO. LA PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO FUÉ 562.5 Kg/cm².

LA CORRIENTE SUPERIOR DEL HOMOGENEIZADOR DE LECHE CONCENTRADA PASÓ A TRAVÉS DE UN CAMBIADOR DE CALOR DE DOBLE TUBO CON TUBOS DE ACERO INOXIDABLE DE 1.22 M DE 10.9 MM DE DIÁMETRO INTERNO. EL MEDIO DE CALENTAMIENTO FUÉ VAPOR SUB-ATMOSFÉRICO.

4) ENFRIAMIENTO-DISPERSIÓN DEL GAS. LA ALIMENTACIÓN A LA SUPERFICIE DE CONTACTO DE LOS CAMBIADORES DE CALOR FUÉ INTRODUCIDA POR UNA BOMBA DE MECANISMO ROTATORIO (ZENITH No 5) A TRAVÉS DE UN CAMBIADOR DE DOBLE TUBO CON TUBOS DE ACERO INOXIDABLE DE 0.81 M DE 7.75 MM DE DIÁMETRO INTERNO. SE USÓ AGUA FRÍA PARA ENFRIAMIENTO.

ENTRE EL CAMBIADOR DE DOBLE TUBO Y LA SUPERFICIE DE RASPADO DEL CAMBIADOR DE CALOR SE INCERTÓ UN TUBO DE ACERO INOXIDABLE DE 1.39 DE D.I. (DIÁMETRO INTERNO) DENTRO DE LA LINEA PARA LA INYECCIÓN DEL GAS INERTE (NITRÓGENO) LA VELOCIDAD DE INYECCIÓN DEL GAS SE CONTROLÓ CON UN VÁLVULA DE AHUJA FINA (NUPRON SERIES SCAT No SS-2S).

LA CORRIENTE DE DESCENSO DE UN MEDIDOR DE FLUJO TIPO ORIFICIO (NATIONAL LAB. VOL-O-FLO). EL CONCENTRADO HOMOGENEIZADO-ENFRIADO CON EL GAS INTRODUCIDA FUÉ POSTERIORMENTE ENFRIADO Y BATIDO SIMULTANEAMENTE USANDO DOS SUPERFICIES DE RASPADO DE CAMBIADORES DE CALOR (VOTATOR MODELO FV-314W) EN SERIE CADA UNA TENIDA A UNA VELOCIDAD FIJADA DE ASALTO DE 30 SEG. A 56.8, LT/HR. LA SUPERFICIE DE CADA CAMBIADOR DE CALOR FUÉ UN CILINDRO DE 76.2 MM DE D.I., 30.5 CM DE LARGO. LA PIEZA ROTATORIA DENTRO DEL CILINDRO FUE DE 57.15 MM DE DIÁMETRO EXTERNO (D.E) Y TUVO DOS HOJAS RASPADORAS UNIDAS. AQUÍ TAMBIÉN SE EMPLEÓ AGUA FRÍA COMO ENFRIAMIENTO.

5) DESHIDRATACIÓN.- EL SECADO SE EFECTUÓ EN UN DESHIDRATADOR DE BANDA CONTÍNUA AL VACÍO (CHEMETRON CORP 1X2X2X9 MODELO PILOTO DE DESHIDRATADOR CONTÍNUO AL VACÍO) MODIFICADO PARA EL SECADO AL VACÍO DE ESPUMA DE LECHE ENTERA FIG. (7). ESTE

CONSISTIÓ DE UNA BANDA SIN FIN SÓLIDA DE ACERO INOXIDABLE DE 300 MM DE ANCHO POR 0.6 MM DE ESPESOR POR 7.56 M DE LARGO (TIPO 301 ACERO CA42 ROCKWELL C DUREZA ESTANDARD 2B TERMINADO) TENSADA SOBRE LOS TAMBORES DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO. LOS TAMBORES FUERON DE 0.61 M DE DIÁMETRO POR 0.36 M DE ANCHO Y ESTUVIERON ESPACIADOS 2.83 M. EL VAPOR O VAPOR A PRESIÓN PODRÍA SER SUMINISTRADO POR EL TAMBORDECALENTAMIENTO Y EL MEDIO ENFRIANTE A VARIAS TEMPERATURAS PODRÍA SER SUMINISTRADO POR EL TAMBOR DE ENFRIAMIENTO. PODRÍA RADIARSE EL CALOR A CADA LADO DE LA BANDA ENTRE LOS TAMBORES POR MEDIO DE TRES SECCIONES DE RADIACIÓN DE CALOR.

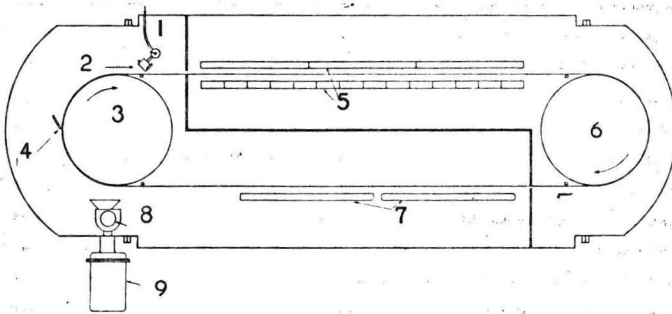


Fig. 7.- ESQUEMA DEL SECADOR.

- 1.- ALIMENTACIÓN.
- 2.- ESPREA.
- 3.- TAMBOR DE ENFRIAMIENTO.
- 4.- HOJA DOCTOR.
- 5.- CALENTADORES RADIANTES.
- 6.- TAMBOR DE CALENTAMIENTO.
- 7.- PLACAS DE VAPOR
- 8.- TRANSPORTADOR DE TORNILLO.
- 9.- RECIBIDOR.

HUBO 17 UNIDADES DE RADIADORES ELÉCTRICOS DE CALOR CONTROLADOS INDIVIDUALMENTE Y LOCALIZADOS COMO SIGUE;
 3 UNIDADES ARRIBA DEL RAMAL SUPERIOR DE LA BANDA (LADO DEL PRODUCTO) Y 14 UNIDADES ABAJO DEL RAMAL SUPERIOR DE LA BANDA. CADA UNIDAD ESTUVO COMPUESTA DE 4 RODILLOS ARREGLADOS EN DOS SERIES DE PARES EN PARALELO UNO CON OTRO. CADA VARILLA FUÉ FIJADA A 800 WATTS Y A 120 VOLTS (APROXIMADAMENTE 8.52 WATTS/CM²) Y FUERON DE 33 CM DE LARGO POR 11.18 MM DE DIÁMETRO CON UNA LONGITUD DE CALENTAMIENTO DE 26.7 CM.

LOS RODILLOS ENCARANDO EL LADO DEL PRODUCTO DEL RAMAL SUPERIOR DE LA BANDA ESTUVIERON SEPARADOS 16.2 CM Y 14 CM SEPARADOS DE LA BANDA.

LOS RODILLOS ENCARANDO, LA PARTE INFERIOR DEL RAMAL SUPERIOR DE LA BANDA ESTUVIERON SEPARADOS 3.5 CM Y SEPARADOS DE LA BANDA 2.5 CM.

DOS UNIDADES DE LÁMINAS DE VAPOR CALENTADO SE LOCALIZARON ABAJO DEL RAMAL INFERIOR DE LA BANDA (LADO DEL PRODUCTO). ESTAS UNIDADES FUERON DE 30.5 CM POR 76.2 CM Y DE 30.5 POR 91.4 CM Y SE LOCALIZARON A 6.4 CM DE LA BANDA. EL APARATO TOTAL FUÉ ENCERRADO EN UN CAMBIADOR DONDE LA PRESIÓN PODRÍA MANTENERSE DE 50 A 1.0 MM DE HG ABS. LA PRESIÓN FUÉ REGULADA CON UN DIAFRAGMA DE CAPACITANCIA DE PRESIÓN (MKS INSTRUMENTS INC "BARATROM[®]"). LA BOMBA DE VACÍO FUÉ UN RETROPROPULSOR DE CHORRO DE VAPOR MULTIESTADO. LA VELOCIDAD DE LA BANDA PODRÍA VARIARSE ENTRE 1.58 Y 22.8 M/MIN.

EL INTERIOR DEL CAMBIADOR SE FRACCIONÓ EN DOS PARTES PARA SEPARAR EL ÁREA DONDE LA MASA DE AIRE FUÉ REMOVIDA DEL ÁREA DONDE SE TERMINÓ EL SECADO Y EL PRODUCTO FUÉ ENFRIADO Y REMOVIDO FIG (7).

EL MATERIAL A SER SECADO SE TENDIÓ EN UNA CINTA CONTÍNUA SOBRE LA BANDA POR UN ORIFICIO DISEÑADO PARA DAR UN ANCHO - BURBUJEO FINO SOBRE LA BANDA FIG (2).

EL ORIFICIO FUÉ UN CAMBIADOR RECTANGULAR CUYA CARA FRONTAL FUÉ AJUSTABLE CON CEJAS PARA DAR LA ABERTURA DESEADA. LAS CEJAS FUERON TAMBIÉN FORMADAS QUE UN CONTORNO LISO DE ESPESOR UNIFORME CON EL RESTO DE LA CINTA SE PUEDE FORMAR. EL ORIFICIO TUVO UN ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE 45 GRADOS PARA

REDUCIR EL LAGRIMEO DE LA CINTA DE ESPUMA. LA ALIMENTACIÓN DEL ORIFICIO SE BOMBEÓ A TRAVÉS DE UN CAMBIADOR DE DOBLE TUBO CON TUBO DE ACERO INOXIDABLE DE 3.05 MTS CON 10.7 MM DE D.I. EN DOS SECCIONES. LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN FUÉ DEL TIPO DE ENGRANE ROTATORIO (ZENITH NO 5). EL MEDIO DE ENFRIAMIENTO FUÉ AGUA FRÍA.

EL RESIDUO SECO FUÉ RASPADO DE LA BANDA CON HOJA "DOCTOR" DE ACERO INOXIDABLE MONTADA SOBRE UN SOSTÉN MUY SEMEJANTE A UNA HOJA DE RASURAR FIG (8).

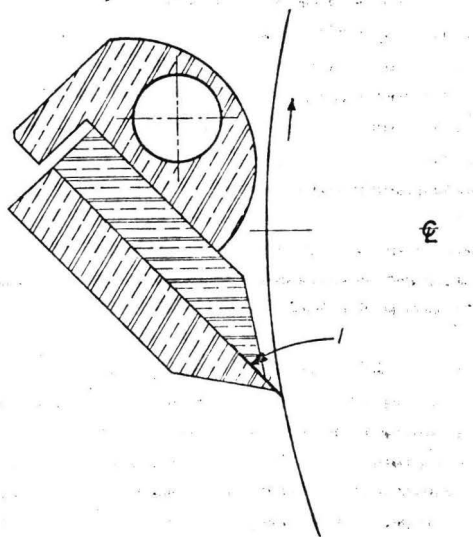


FIG. 8.- HOJA "DOCTOR" CORTAFUERA.:

- 1.- ROTACIÓN.
- 2.- TAMBOR.
- 3.- HOJA.

LA HOJA DOCTOR FUÉ DE ACERO INOXIDABLE SANDVICK 11R51 DE 22.2 MM DE ANCHO POR 292.1 MM DE LARGO POR 0.3 MM DE ESPESOR. EL SOSTÉN BUÉ ESTACIONADO EN UN ÁNGULO DE 40 GRADOS \mp TANGENTE A LA BANDA EN EL PUNTO DE CONTACTO. LA HOJA SE PU

SO CONTRA LA BANDA POR CILINDROS HIDRÁULICOS, CON EL VIAJE DEL SOSTÉN RESTRINGIDO POR TOPES. CUANDO AJUSTA, LA HOJA SE INCLINA LEVEMENTE Y ASUME UN ÁNGULO DE APROXIMADAMENTE 28 GRADOS A LA TANGENTE EN EL PUNTO DE CONTACTO DURANTE LA OPERACIÓN. EL PRODUCTO CAE DENTRO DE UN TORNILLO TRANSPORTADOR EL CUAL DESCARGA EN RECIBIDORES ALTERNADOS. LA INTRODUCCIÓN DE RECIPIENTES TRANSPORTABLES DENTRO DE LOS RECIBIDORES PERMITIÓ REMOVER EL PRODUCTO AL EMPACADO SIN CONTAMINACIÓN DE AIRE.

6) EMPACADO.- EL PRODUCTO SECO FUÉ EMPACADO EN UNA ATMÓSFERA INERTE DISEÑADA PARA DAR UNA ATMÓSFERA CONSISTENTEMENTE ABAJO DE 0.01% DE OXÍGENO. LA CABINA FUÉ EQUIPADA CON UN ADITAMENTO DE MAMPARA EL CUAL TAMBIÉN REDUJO LAS PARTÍCULAS GRANDES PARA CAER A TRAVÉS DE UN TAMÍZ DE 20 MALLAS. EL GABINETE TUVO TAMBIÉN FACILIDADES PARA INTRODUCCIÓN, LLENADO PESADO, SELLADO Y REMOVER LAS LATAS.

OPERACIÓN.

LA LECHE ENTERA FRESCA SE ALMACENÓ A 10°C EN UN TANQUE DE 1,137.741 LT. SE HICIERON ADICIONES NECESARIAS DE LECITINA PARA PRODUCIR MÁS UNIFORMIDAD EN LAS CARACTERÍSTICAS DE ESPUMADO DE ESTACIÓN-A-ESTACIÓN (CENTRAL SOYA, INC. CENTROPHIL SG), Y CONCENTRADO DE VITAMINA D DE ACUERDO CON LA PRÁCTICA ESTÁNDAR (TABLA 7). EL EQUIPO DE HOMOGENEIZACIÓN-PASTEURIZACIÓN SE PUSO CERCA A OPERACIÓN A LA TEMPERATURA DEL AGUA. SE HIZO LA DESCONEXIÓN A LA LECHE Y A MEDIDA QUE LA LECHE FUÉ PROCESADA SE DIRIGIÓ A OTRO TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA POSTERIOR ENFRIADO Y ALMACENADO DURANTE LA NOCHE, LA PASTEURIZACIÓN Y HOMOGENEIZACIÓN FUERON INTERRUMPIDAS POR ADICIÓN DE UN ESTADO DE DETENCIÓN EN LA SECCIÓN DE PRECALENTAMIENTO. ESTE ESTADO DE DETENCIÓN INCREMENTÓ LA CANTIDAD DE GRASA DE LECHE QUE PODRÍA SER FUNDIDA DURANTE LA HOMOGENEIZACIÓN. EL SIGUIENTE DÍA, EL PROCESO EMPEZÓ DIRIGIENDO EL PRODUCTO A LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN DEL EVAPORADOR A TRAVÉS DE UNA PREHERVIDOR. EL INCREMENTO EN LA TEMPERATURA DIÓ COMO RESULTADO RELATIVAMENTE BAJA PRESIÓN EN LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN CAUSADA POR LA REDUCCIÓN EN LA VISCOSIDAD. LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN DESCARGÓ LA LECHE AL EVAPORADOR A TRAVÉS DEL

PRECALENTADOR EL CUAL COLOCÓ LA LECHE ARRIBA DE LA TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN. LA VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN SE CONTROLÓ POR EL TRANSMISOR DE FLUJO DE MASA ENTRE LA BOMBA Y EL PRECALENTADOR. EL CONCENTRADO SE DIRIGIÓ AL HOMOGENEIZADOR DE CONCENTRADO DESPUÉS DE PASAR A TRAVÉS DEL CAMBIADOR DE CALOR. EL CALENTAMIENTO A 57.2°C ANTES DE LA HOMOGENEIZACIÓN ESTUVO DE ACUERDO CON LA PRÁCTICA ESTÁNDAR. LA HOMOGENEIZACIÓN A 210.9 Y 35.15 KG/CM² SE ENCONTRÓ PARA PREVENIR ASENTAMIENTO Y AGLUTINACIÓN DE LA GRASA DESPUÉS DE LA RECONSTITUCIÓN DEL PRODUCTO.

TABLA 7

ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA, INTERMEDIA Y PRODUCTO	
ALIMENTACIÓN DE LECHE CRUDA	ESPECIFICACIÓN PROMEDIO (MÍNIMO A MÁXIMO)
SÓLIDOS (%)	11.92(11.59A12.33)
GRASA (%)	3.163(2.87 A 3.34)
LECITINA AÑADIDA(%) MFB	0.085(0.0831 A 0.867)0.084
VITAMINA D CONCENTRADA AÑADIDA, USP UNIDADES/QT	400
CONCENTRADO EVAPORADO	
SÓLIDOS (%)	45.3(44.4A46.4)
GRAVEDAD ESPECÍFICA	1.11(1.098A1.116)
VISCOSIDAD, STOKES(CM ² /SEG)	349.3(324.2A376.2)353.0
ALIMENTACIÓN AL SECADOR	
GRAVEDAD ESPECÍFICA	0.916(0.902A0.954)0.915
PRODUCTO	
HUMEDAD (%)	4.10(3.61A4.8) MENOR Q' 4.5
HMF, MICRAMOL/LT	0.85(0 A2.4) MENOR Q' 2
DENSIDAD GLOBAL (G/ML)	0.4 (.34A.45) MAYOR Q' 0.34
SÓLIDOS INSOLUBLES FLOTANTES	
% DE MFB	1.87(1.33A2.47)
ÍNDICE DE SOLUBILIDAD (ML)	MENOR Q' 0.10 MENOR Q' 0.5
MARCA DE SABOR	38.9(36.2A39.5) MAYR Q' 36
CONTENIDO DE GRASA DE LECHE (% MFB)	26.4(24.3A27.6) 26

LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN INTRODUJO LA LECHE ADELANTE, PRIMERO A TRAVÉS DE UN ENFRIADOR DE FLUJO LAMINAR DESPUÉS AL PUNTO DE INYECCIÓN DEL GAS Y POSTERIORMENTE A TRAVÉS DE LOS DOS ENFRIADORES DE RASPADO DE SUPERFICIE. EL ENFRIADOR DE FLUJO LAMINAR REDUJO LA TEMPERATURA ABAJO DE LA QUE PROMUEVE EL AGLUTINAMIENTO. LA SUPERFICIE DE RASPADO DE LOS CAMBIADORES DE CALOR NO SOLO FIJÓ LA TEMPERATURA DEL CONCENTRADO REQUERIDA EN ESTE PUNTO SINO QUE TAMBIÉN BATIÓ LA MEZCLA CONCENTRADO-GAS EN UN SISTEMA DE SUFICIENTE ESTABILIDAD HOMOGÉNEA PARA EL PROCESO DE SECADO. EL ÍMPETU DE LA BOMBA DE INTRODUCCIÓN FINALMENTE DESCARGÓ LA MEZCLA A LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN CON RECIBIDOR POSTERIOR. LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN AL SECADOR EN SU TURNO DESCARGÓ EL CONCENTRADO GASIFICADO EN EL ORIFICIO DE ALIMENTACIÓN DE ENTRADA AL SECADOR A TRAVÉS DE UN CAMBIADOR DE CALOR FINAL DONDE LA TEMPERATURA DE ALIMENTACIÓN AL ORIFICIO ESTUVO FIJADA. EL CONCENTRADO GASIFICADO SE EXPANDIÓ DENTRO DEL ORIFICIO, LUEGO FLUYÓ COMO UNA CINTA FINA ANCHA DE ESPUMA Y FUÉ TENDIDA SOBRE LA BANDA.

A MEDIDA QUE LA CONCENTRACIÓN DEL CONCENTRADO SE ESTUVO PREPARANDO EL DESHIDRATADOR FUÉ PRECALENTADO ALREDEDOR DE 30 A 45 MIN. ESTE PRECALENTAMIENTO PERMITIÓ LA RESOLUCIÓN DEL PRODUCTO ACEPTABLE 5 O 10 MIN. DESPUÉS QUE LA LECHE SE INTRODUJO EN EL SECADOR, TAMBIÉN, UNA PEQUEÑA CANTIDAD DE NITRÓGENO GASEOSO SE ADMITIÓ DENTRO DE LA PORCIÓN INTERIOR IZQUIERDA DENTRO DEL CAMBIADOR. ENTONCES, LA ATMÓSFERA EN EL SECADOR DURANTE EL SECADO ESTUVO COMPUESTA DE NITRÓGENO Y VAPOR DE AGUA, CON AIRE Y OXÍGENO REDUCIDOS A UN NIVEL SIN CONSECUENCIAS.

CUANDO LOS SACOS RECIBIDORES DE PRODUCTO ESTUVIERON LLENOS FUERON AISLADOS, VENTEAOS CON NITRÓGENO Y TRANSPORTADOS A LA ATMÓSFERA INERTE A LA CABINA DE EMPACADO.

LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN Y LAS CAPACIDADES CALCULADAS SE MUESTRAN EN LAS TABLAS (8) Y (9). LA VELOCIDAD PROMEDIO DE PRODUCCIÓN DE LECHE ENTERA SECA FUÉ 6.95 KG/HR.

LOS DESHIDRATADORES AL VACÍO DE ESCALA COMERCIAL SON OPERADOS SATISFACTORIAMENTE POR ARRIBA DE 120 HRS CONSECUTIVAMENTE POR SEMANA.

TABLA 8

DATOS DE OPERACIÓN PARA LA PREPARACIÓN DE LEMENTACIÓN AL
SECADOR

PATEURIZACIÓN-HOMOGENEIZACIÓN	VALOR
TEMPERATURAS 1ER. EDO. CALENTAMIENTO ENTRADA/SALIDA (C)	10.0/60.0
TIEMPO RESIDENCIA GRASA-FUNDIDA (SEG)	31
TEMPERATURAS 2º. EDO. CALENTAMIENTO ENTRADA/SALIDA (C)	57.2/71.1
PRESIÓN HOMOGENIZACIÓN (Kg/cm ²)	210.9
TEMPERATURAS SOSTENIDAS DE PASTEURIZACIÓN ENTRADA/SALIDA (C)	73.9/72.2
TIEMPO SOSTENIDO SE PASTEURIZACIÓN (SEG)	19
TEMPERATURA DE SALIDA 1ER. EDO. ENFRIAMIENTO (C)	32.2
TEMPERATURA DE SALIDA 2º. EDO ENFRIAMIENTO (C)	12.8
VELOCIDAD DE FLUJO (Kg/Hr)	456
EVAPORACIÓN	
TEMPERATURAS DE CALENTAMIENTO 1ER. ESTADO ENTRADA/SALIDA (C)	1.7/14.4
TEMPERATURAS 2º EDO. DE PRECALENTAMIENTO ENTRADA/SALIDA (C)	14.4/51.7
VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN AL EVAPORADOR (Kg/Hr)	93.9
TEMPERATURA Y PRESIÓN DE EVAPORACIÓN (C/MM Hg ABS)	51.7/100
VELOCIDAD DEL AGITADOR (RPM)	1450
VELOCIDAD DE CONCENTRADO AL EVAPORADOR (Kg/Hr)	24.9
HOMOGENIZACIÓN DEL CONCENTRADO	
TEMPERATURAS DE CALENTAMIENTO DEL CONCENTRADO ENTRADA/SALIDA (C)	48.9/57.2
PRESIONES DE HOMOGENIZACIÓN DEL CONCENTRADO (Kg/cm ²)	210.9/35.15
DISPERSIÓN ENFRIAMIENTO-GAS	
TEMPERATURAS DE ENFRIAMIENTO FLUJO LAMINAR ENTRADA/SALIDA (C)	54.4/12.8
VELOCIDAD DE FLUJO DEL CONCENTRADO (LT/MIN)	0.25
VELOCIDAD DE INYECCIÓN DE GAS (LT/MIN)	0.05
VELOCIDAD DEL ROTOR DE LOS CAMBIADORES DE SUPERFICIE DE RASPADO (RPM)	650
TEMPERATURAS DE LOS CAMBIADORES DE SUPERFICIE DE RASPADO ENTRADA/SALIDA (C)	12.8/10.0-0 ^A
TEMPERATURAS DEL ESTADO FINAL DE ENFRIAMIENTO ENTRADA/SALIDA	10.0-0/72 ^A

^ATEMPERATURA VARIABLE-SELECCIONADA DESPUÉS DE OBSERVAR EL COMPORTAMIENTO DE LA ESPUMA DURANTE EL SECADO.

TABLA 9

DATOS DE OPERACIÓN DEL DESHIDRATADOR	
	VALOR
ABERTURA DE ESPREA (CM)	0.075
PRESIÓN DEL CAMBIADOR (MM Hg ABS)	18.95
VELOCIDAD DE BANDA (M/MIN)	4.83
TEMPERATURA DE SUPERFICIE DE LOS RODILLOS RADIANTES DE CALOR 1ERA. ZONA LADO DE LA BANDA (C)	670 ^A
TEMPERATURA DE SUPERFICIE DE LOS RODILLOS RADIANTES DE CALOR 1ERA. ZONA LADO DEL PRODUCTO (C)	650 ^B
TEMPERATURA DE CONDENSADO TAMBOR CALIENTE (C)	75.8 ^C
VAPOR A 3A. ZONA PLACAS (Kg/CM ²)	7.0
GAS INERTE SANGRADO A LA ZONA DE SECADO DE PARTICIÓN 0.6 (Kg/HR)	0.6
TEMPERATURA ENFRIANTE TAMBOR DE ENFRIAMIENTO (C)	-2.2 ^D
TEMPERATURA DE LA BANDA A MEDIDA QUE ESTA SALE DEL TAMBOR FRÍO (C)	7.2 ^E
VELOCIDAD DE FLUJO DE CONCENTRADO A LA ESPREA (Kg/HR)	14.74
TEMPERATURA DEL CONCENTRADO DENTRO DE LA ESPREA (C)	7.2
CONTENIDO DE GAS DEL CONCENTRADO (CC/LT DE CONCENTRADO SIN GASIFICAR)	205 ^F

- ^A POTENCIA PROMEDIO DE ENTRADA EN VOLTS/AMP FUE 115/5.7/UNIDAD
- ^B LA POTENCIA PROMEDIO DE ENTRADA FUE EN VOLTS/AMP 155/8.4/UNI.
- ^C CORRESPONDE A ALREDEDOR DE 300 MM Hg ABS, DE PRESIÓN.
- ^D AJUSTADO A SATISFACCIÓN (E)
- ^E PODRÍA NO SER MÁ S QUE TEMPERATURA DE CONCENTRADO.
- ^F CORRESPONDE A ALREDEDOR DE 0.915 SP GR EN ALIMENTACIÓN AL SECADOR.

EL PROCESO PILOTO HA SIDO ESCALADO A NIVEL COMERCIAL Y COMO YA VIMOS EL ANÁLISIS ECONÓMICO DEMOSTRÓ QUE ES POSIBLE LA OPERACIÓN.

ESCALAMIENTO.

EL ESCALAMIENTO ESTUVO BASADO EN DOS SUPOSICIONES:

LA PRIMERA FUÉ QUE EL SECADOR COMERCIAL PODRÍA PRODUCIR 154 Kg/HR (340 LB/HR) DE PRODUCTO SECO, LA SEGUNDA FUÉ QUE LA PLANTA PODRÍA OPERAR ALREDEDOR DE 5 DÍAS CONSECUTIVOS -- SIN INTERRUPCIÓN.

VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN

RELACIÓN DE ESCALAMIENTO. EL COMPONENTE CLAVE DE LA PLANTA PILOTO FUÉ UN DESHIDRATADOR CONTÍNUO AL VACÍO DESCRITO -- COMO MODELO 1X2X2X9 (CHEMETRON CORP; LOUISVILLE, KENTUCKY). EL NÚMERO DE MODELO REPRESENTA, EN PIES LA ANCHURA DE UNA BANDA SÓLIDA DE ACERO INOXIDABLE; LOS DIÁMETROS DE LOS TAMBORES DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO SOBRE LOS CUALES CORRE LA BANDA; LA DISTANCIA ENTRE LOS CENTROS DE LOS TAMBORES. EL DESHIDRATADOR AMBICIONADO PARA LA PLANTA COMERCIAL SE DESCRIBE SIMILARMENTE COMO 4X8.5X8.5X36 A TAMAÑO ESTÁNDAR. REFIRIÉNDOSE A LA FIGURA (9), ALREDEDOR DEL 85% DEL AGUA ES REMOVIDA DEL PRODUCTO EN LA SECCIÓN CALENTADA RADIAMENTE ENTRE EL ORIFICIO DE ALIMENTACIÓN Y EL TAMBOR DE CALENTAMIENTO (LLAMADA PRIMERA ZONA DE SECADO). ENTONCES, UNA RELACIÓN RAZONABLE DE ESCALAMIENTO DEL SECADOR PILOTO AL COMERCIAL FUÉ CON LAS ÁREAS PROSPECTIVAS DE ESPUMA EN LA PRIMERA ZONA DE SECADO A UN TAMAÑO DADO. PARA EL SECADOR DE GRAN ESCALA ESTA ÁREA FUE ESTIMADA EN 1.19 M DE ANCHO POR 9.6 M DE LARGO, Y PARA LA ESCALA PILOTO FUÉ MEDIDA COMO 0.27 M DE ANCHO POR 1.94 M DE LARGO. AHORA BIEN, LA RELACIÓN DE ESCALAMIENTO ACTUALMENTE USADA PARA PROYECTAR LOS DATOS DE VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN FUÉ 22:1 (11.43:0.52). PARA VERIFICAR ESTA PROYECCIÓN EL ÁREA DE LA PRIMERA ZONA DE SECADO DEL SECADOR PILOTO SE INCREMENTÓ AÑADIENDO MÁS RADIADORES TALES QUE LA LONGITUD DE LA BANDA EXPUESTA AL CALOR EN UN INSTANTE DADO PODRÍA SER TAN ALTA COMO 78.3% DE LA DISTANCIA DE CENTRO DE LOS TAMBORES ARRIBA DE LA ORIGINAL 68.5%. ESTA NUEVA LONGITUD SOLAMENTE APROXIMÓ PARCIALMENTE LA LONGITUD REQUERIDA EN LA RELACIÓN DE ESCALAMIENTO 22:1. PARA EL ESCALAMIENTO TO--

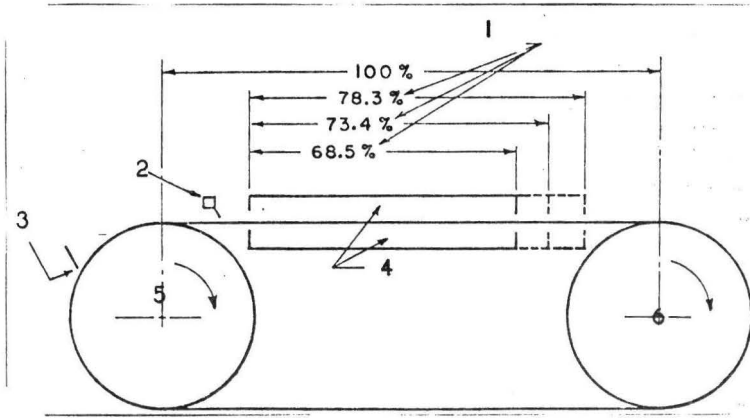


FIG. 9.- VARIACIÓN DE LA PRIMERA ZONA DE SECADO PARA LA PRUEBA DE RELACIÓN DE ESCALAMIENTO.

- 1.- PRIMERA ZONA DE SECADO
- 2.- ALIMENTACIÓN A LA ESPESA.
- 3.- REMOVIMIENTO DE PRODUCTO.
- 4.- CALENTADORES RADIANTES.
- 5.- TAMBOR DE ENFRIAMIENTO.
- 6.- TAMBOR DE CALENTAMIENTO (VAPOR).

TAL LA LONGITUD DE UNIDADES RADIANTES DEBERÍA HABER SIDO 87.5% DE LA DISTANCIA DE CENTRO DE LOS TAMBORES- IMPOSIBLE BAJO LAS LIMITACIONES ESPACIALES EN EQUIPO DE ESCALA PILOTO. SI LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN INCREMENTA EN PROPORCIÓN A ESTE PASO INTERMEDIO, LA PRODUCCIÓN COMERCIAL SATISFATORIA A LA VELOCIDAD SUPUESTA PODRÍA SER ANTICIPADA CON MÁS CONFIANZA.

LA INVESTIGACIÓN PROCEDIÓ DETERMINANDO LA CANTIDAD DE AGUA REMOVIDA DE LA ESPUMA CONCENTRADA VACÍO EN LA PRIMERA ZONA DE SECADO CON 3 LONGITUDES TOTALES DE UNIDADES RADIANTES. COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA (9) LA LONGITUD MÁS CORTA DE BANDA CALENTADA FUÉ 68.5% DE LA DISTANCIA ENTRE LOS CENTROS DE LOS TAMBORES, LA LONGITUD INTERMEDIA FUÉ 73.4% Y LA LONGITUD MAYOR FUÉ 78.3%. LA CAPACIDAD DE CALENTAMIENTO DE LAS UNIDADES RADIANTES POR PIE DE LONGITUD FUÉ CONSTANTE A LO LARGO DE LA LONGITUD TOTAL DE BANDA CALENTADA. LA ANCHU-

RA QUE CUBRE LA ESPUMA FUÉ TAMBIÉN CONSTANTE. LA VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN AL SECADOR Y LA RAPIDEZ DE LA BANDA SE AJUSTARON PROPORCIONALMENTE CON LOS PORCENTAJES ESTABLECIDOS ASÍ QUE LA CARGA DE LA BANDA (0.19 Kg CONC/M^2) Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE LA ESPUMA AL CALOR (24.2 SEG) FUERON LAS MISMAS EN TODAS LAS LONGITUDES.

LOS CONTENIDOS DE HUMEDAD SE DETERMINARON EN MUESTRAS DE ESPUMA PARCIALMENTE SECA REMOVIDAS DE LA BANDA EN LA PARTE FINAL DE LA PRIMERA ZONA DE SECADO. CON DATOS DE 32 EXPERIMENTOS ANALIZADOS ESTADÍSTICAMENTE PARA DESARROLLAR UNA ECUACIÓN DE PREDICCIÓN RELACIONANDO, CANTIDAD DE AGUA MANEJADA DEL ÁREA DE ESPUMA EN LA PRIMERA ZONA DE SECADO A LA CARGA ESTANDARD DE LA BANDA Y TIEMPO DE RESIDENCIA EN LA PRIMERA ZONA. LA ECUACIÓN FUÉ:

$$Y = (14.343L - 2.870) W$$

L = LONGITUD DE LA PRIMERA ZONA DE SECADO (M)

W = ANCHURA DE LA ESPUMA (M)

ENTONCES, SI $L = 9.60\text{M}$ Y $W = 1.19\text{M}$, 161 Kg/HR RESULTAN EN LA PRIMERA ZONA. ESTO ES EQUIVALENTE A 157 Kg/HR . Y COINCIDE FAVORABLEMENTE CON LA VELOCIDAD NECESARIA PARA UNA POSIBILIDAD ECONÓMICA (154.4 Kg/HR). ASÍ, FUÉ MOSTRADO QUE LA RELACIÓN DE ESCALAMIENTO PARA EL PROYECTO DE ESCALA PILOTO A PRODUCCIÓN DE ESCALA COMERCIAL FUÉ VÁLIDO. SE NECESITÓ DETERMINAR ALGUNAS LIMITACIONES COMO EL ORIFICIO DE ALIMENTACIÓN Y OTRAS PARTES DE LA PLANTA QUE PODRÍAN PREVENIR UNA PLANTA COMERCIAL A LA VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN PROYECTADA.

VELOCIDADES COMERCIALES SIMULADAS. DE ACUERDO A LA RELACIÓN DE ESCALAMIENTO, LA BANDA DEL SECADOR COMERCIAL PUEDE VIAJAR A 5 VECES ($9.6/1.94$) LA RAPIDEZ DEL SECADOR PILOTO, CON EL MISMO TIEMPO DE EXPOSICIÓN EN LA PRIMERA ZONA DE SECADO. LA VELOCIDAD ESPECÍFICA DE ALIMENTACIÓN AL ORIFICIO (KG DE CONCENTRADO POR MINUTO POR CENTÍMETRO DE LONGITUD DE ABERTURA) PUEDE INCREMENTARSE 5 VECES. ES CONOCIDO QUE LA VISCOSIDAD APARENTE Y POSIBLEMENTE LA TENSIÓN SUPERFICIAL DEL CONCENTRADO DE LECHE ENTERA COMO FUÉ ESTA VEZ, LA IMPORTANCIA DE RASPAR "TRASQUILAR" O DEPENDIENTE DE LA TEMPERATURA. ÁMBAS PROPIEDADES DEL FLÚIDO TIENEN MAYORES EFECTOS SO

BRE LAS PROPIEDADES DE ESPUMAS. POR LO QUE EN EXPERIMENTACIÓN EL TIEMPO DE RESIDENCIA Y LA TEMPERATURA DEL CONCENTRADO SE VARIARON ENTRE EL EVAPORADOR Y EL SECADOR. REFIRIÉN-- DONOS A LA FIGURA (6), EL CONCENTRADO DEBERÍA ESTAR ENTRE 10 Y 13°C A LA SALIDA DE LOS ENFRIADORES DE SUPERFICIE DE -- RASPADO, ESTO ES, PODRÍA SER TENIDO POR AL MENOS 3 O 5 MINU TOS ENTRE ELLOS Y EL ORIFICIO Y QUE LA RELACIÓN DE VOLUMEN DEL CAMBIADOR/ORIFICIO A LA VELOCIDAD ESPECÍFICA DE ALIMEN-- TACIÓN PODRÍA SER ALMENOS 28 ML/(KG/MIN)(CM). SI ESTAS CON-- DICIONES NO SON SATISFECHAS, LA ESPUMA PROBABLEMENTE NO FLU I RÁ PLANAMENTE DEL ORIFICIO, NO HIERVE Y ASIENTA SATISFACTO RIAMENTE EN LA PRIMERA ZONA DE SECADO. EN SUMA, HABRÍA ALRE-- DOR DE 30 MM DE HG DE CAÍDA DE PRESIÓN A TRAVÉS DE LOS ORI FICIOS EN LAS LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN AL ORIFICIO PARA PREVE NIR ESPUMAMIENTO INDESEABLE DEL CONCENTRADO EN ESTAS LÍNEAS.

TIEMPO DE PRODUCCIÓN.- PARA QUE UNA PLANTA OPERE CONTÍNUA MENTE POR 5 DÍAS EN UNA SEMANA, DEPENDE PRINCIPALMENTE DE LO QUE PUEDAN TRABAJAR LOS EVAPORADORES ANTES DE SER PARADOS -- PARA LAVADO, Y DE QUÉ TAN BIEN OPERÓ EL SISTEMA NUEVAMENTE DISEÑADO DE HOJAS "DOCTORING" MÚLTIPLES.

VELOCIDAD DE ENSUCIAMIENTO DEL EVAPORADOR.- EL EVAPORADOR DE ESCALA PILOTO FUÉ UN MODELO I TURBA-FILM PROCESSOR (CHE-- METRON CORP; LOUISVILLE, KENTUCKY). LA SECCIÓN DE EVAPORA-- CIÓN FUÉ CILÍNDRICA, DE ACERO INOXIDABLE 304, 0.516 CM DE -- ESPESOR. 20.32 CM. D.I., 67.95 CM DE ALTO Y 0.436 m² DE ÁREA DE TRANSFERENCIA DE CALOR. LA VELOCIDAD DE CAPACIDAD DE LA UNIDAD FUÉ 65.34 KG/HR DE AGUA EVAPORADA.

EN LA OPERACIÓN USUAL DE LA PLANTA PILOTO EL ENSUCIAMIE-- NTO DE LA PARED INTERIOR DEL EVAPORADOR CONTINUÓ POR UN CICLO DE OPERACIÓN PERO MÁS ALLÁ DE 6 HORAS FUÉ DESCONOCIDO. UN TIEMPO MÍNIMO NECESARIO PRA UN CICLO DE PRODUCCIÓN PARA EL EVAPORADOR EN OPERACIÓN COMERCIAL SE ESTIMÓ EN 12 HORAS. A SÍ, SE HICIERON 5 CORRIDAS DE EVAPORACIÓN DE 12 HORAS, PARA DETERMINAR EL ENSUCIAMIENTO CON EL TIEMPO. PARA ESTAS PRUE-- BAS, LA ALIMENTACIÓN FUÉ PRECALENTADA A LA TEMPERATURA DE VA POR (51.6°C). LA ALIMENTACIÓN FUÉ ALREDEDOR DE 100 KG/HR Y LA EVAPORACIÓN FUÉ ALREDEDOR DE 73.0 KG/HR, LA CUAL ES ALGO

SUPERIOR A LA CAPACIDAD DE DISEÑO. LA LECHE FUÉ CONCENTRADA ALREDEDOR DE 12% DE SÓLIDOS A 44.3%. EL EVAPORADOR PLENAMENTE DURANTE 12 HORAS DE CADA CORRIDA. PARA VENCER EL ENSUCIAMIENTO, LA PRESIÓN DE VAPOR DE LA CHAQUETA SE TUVO QUE INCREMENTAR DEL PROMEDIO DE 36.7 CM DE HG AL EMPEZAR A 82.8 CM DE HG MEDIDA DESPUÉS DE 12 HORAS.

PERIÓDICAMENTE, DURANTE CADA CORRIDA, SE OBTUVIERON MUESTRAS Y UN COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (U) SE CALCULÓ DE LA ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR:

$$Q = U_1 A \Delta T$$

U_1 = COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (KCAL/HR CM² °C) BASADO EN EL ÁREA DE LA PARED INTERNA.

A = ÁREA DE TRANSFERENCIA DE CALOR DEL EVAPORADOR (CM²)

ΔT = DIFERENCIA DE TEMPERATURA FUERZA DIRECTORA A TRAVÉS DE LA PARED (°C)

Q = VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA DE CALOR (KCAL/HR)

ESTOS COEFICIENTES TOTALES DE TRANSFERENCIA DE CALOR SE GRAFICAN CONTRA EL TIEMPO COMO EN LA FIGURA (10). UNA CURVA AJUSTADA A LOS PUNTOS EXPERIMENTALES POR REGRESIÓN CURVILÍNEA Y UN ANÁLISIS ESTADÍSTICO MOSTRÓ SER SIGNIFICATIVO MÁS ALLÁ DEL 99% DEL NIVEL DE CONFIANZA. LA FIGURA (10) SE PUEDE USAR PARA PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DE UN GRAN EVAPORADOR DEL MISMO TIPO DE OPERACIÓN CON LECHE BAJO LAS MISMAS CONDICIONES.

SISTEMA "DOCTORING" DE HOJAS MÚLTIPLES.- EN UNA ESCALA PILOTO ANTERIORMENTE SE DIÓ QUE UNA HOJA "DOCTOR" HECHA DE ACERO INOXIDABLE SANDVIK 11R51 PODRÍA LAVAR LA BANDA SATISFACTORIAMENTE POR EL EQUIVALENTE DE 5 DÍAS, SI BIEN ESTOS DÍAS NO FUERON CONSECUTIVOS. LA BANDA EN LA PLANTA PROYECTADA, DE CUALQUIER MODO PODRÍA VIAJAR A 5 VECES LA RAPIDEZ DE LA PILOTO. AHORA BIEN, PARA LAVAR 5 VECES LA BANDA CON EL MISMO MODELO REQUERIRÍA 5 HOJAS, PARA EFECTUAR ESTO, SE DISEÑÓ Y CONSTRUYÓ UNA ASIDERA DE HOJA EN UNA TORRECILLA GIRATORIA. CON ESTE MECANISMO UNA HOJA SIN PUNTA PUEDE SER REEMPLAZADA POR UNA AFILADA SIN INTERRUMPIR LA OPERACIÓN. DESAFORTUNADAMENTE, EL COMPORTAMIENTO NO PUDO SER PROBADO A UNA RAPIDEZ

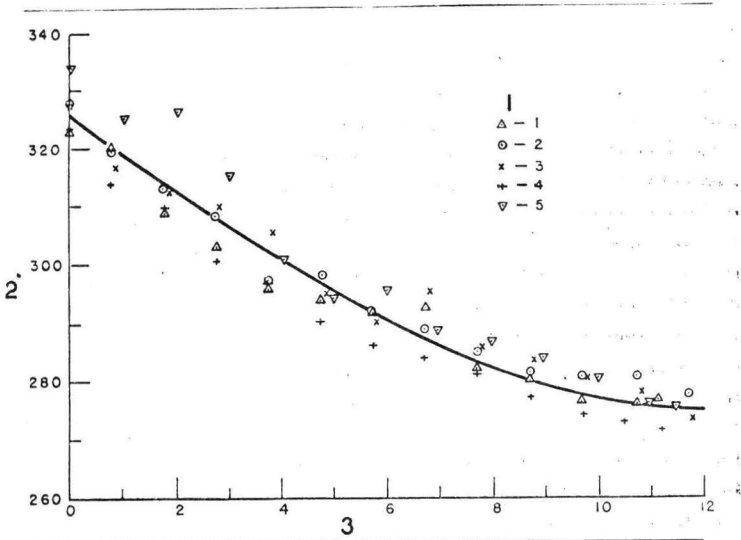


FIG. 10.- CAMBIO EN EL COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR DURANTE LA EVAPORACIÓN.

1.- CORRIDA NÚMERO.

2.- COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR U g -CAL/HR cm^2 °C

3.- TIEMPO EN HORAS.

PROYECTADA DE LA BANDA. PARA QUE LAS HOJAS FUNCIONEN PROPIAMENTE LA BANDA PUEDE ESTAR CUBIERTA CON ESPUMA SECA Y NO HUBO BASTANTE CAPACIDAD DE CALENTAMIENTO EN EL SECADOR PILOTO PARA EFECTUAR ESTO A 5 VECES LA VELOCIDAD USUAL. SE CONFIRMO, COMO QUIERA, QUE LA HOJA "DOCTOR" PODRÍA LAVAR LA BANDA SATISFACTORIAMENTE POR 12 HR. AÚN MÁS, SE DEMOSTRÓ QUE LA TORRECILLA DE MULTIHOJAS REEMPLAZÓ UNO HOJA GASTADA POR UNA A FILADA. FINALMENTE, SI LAS HOJAS LLEVAN EN LA UNIDAD COMERCIAL UNA VELOCIDAD MÁS ALTA QUE LA ANTICIPADA, SE PUEDE HACER UNA POSICIÓN CON MÁS DE 8 HOJAS.

LA ADOPCIÓN COMERCIAL DE CUALQUIER PROCESO PUEDE DEPENDER DE SU POTENCIAL PARA APROVECHAMIENTO Y SU FACTIBILIDAD TÉCNICA. AQUÍ SE HA VISTO LA OPTIMIZACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROCESO ELIMINANDO TODOS LOS "MICROBIOS" (PROBLEMAS) ANTERIORES QUE PUEDEN SURGIR CUANDO ESTA ES ESCALADA A TAMAÑO COMERCIAL.

(102)

POR LO TANTO EL PROCESO DE SECADO AL VACÍO DE ESPUMA DE -
LECHE ENTERA ES FÁCIL PARA LA COMERCIALIZACIÓN.

(103)

CONTROL DE CALIDAD

FACTORES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DEL SABOR DE LECHE ENTERA SECADA EN FORMA ESPUMA.

→ 1.- EFECTO DEL NIVEL DE OXÍGENO.

DESPUÉS DE LOS MÉTODOS DESARROLLADOS PARA EMPACAR LECHE EN POLVO EN ATMÓSFERAS DE NITRÓGENO CONTENIENDO MENOS DE 0.1% DE OXÍGENO SE HIZO UN ESTUDIO DEL EFECTO DE LOS NIVELES DE OXÍGENO EN LOS EMPAQUES SOBRE LA VIDA DE ALMACENAMIENTO DE LA ESPUMA SECA DE LECHE ENTERA.

EL EFECTO DEL NIVEL DE OXÍGENO DENTRO DE LOS EMPAQUES SOBRE LA VIDA DE ANAQUEL DE LECHE ENTERAS SECADAS POR ASPERSIÓN HA ESTADO SUJETO A NUMEROSAS INVESTIGACIONES. SI BIEN HA SIDO DEL CONCENSO GENERAL EN LA OPINIÓN ENTRE LOS INVESTIGADORES QUE LOS NIVELES REDUCIDOS DE OXÍGENO EN EL EMPAQUE RETARDA EL DESARROLLO DEL SABOR OXIDADO EN LOS POLVOS DE LECHE ENTERA, NO EXISTE COINCIDENCIA EN LOS NIVELES MÍNIMOS NECESARIOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO. LEA Y COLABORADORES CONCLUYERON QUE EL DESARROLLO DEL SABOR OXIDADO EN LA LECHE ENTERA SECADA POR ASPERSIÓN SE PUEDE CONTROLAR REDUCIENDO EL NIVEL DE OXÍGENO EN EL ESPACIO LIBRE DE LOS RECIPIENTES A 1-3%. COULTER Y COLABORADORES CONCLUYERON QUE MENOS DE 1% DE OXÍGENO EN EL GAS DE EMPAQUE ERA NECESARIO PARA PREVENIR LA OXIDACIÓN DE LA LECHE ENTERA EN POLVO. SCHAFER REPORTÓ 3% COMO LÍMITE SUPERIOR DE CONTENIDO DE OXÍGENO DENTRO DEL EMPAQUE PARA EXTENDER LA VIDA DE ALMACENAMIENTO A LA TEMPERATURA AMBIENTE. A LA LUZ DE ESTA INFORMACIÓN, Y EN VISTA DEL HECHO DE QUE NO SE CONOCÍA NADA ACERCA DE LA ESTABILIZACIÓN DEL SABOR DE ESPUMA SECA DE LECHE, SE DESARROLLARON MÉTODOS PARA EMPACAR PRODUCTOS EN NITRÓGENO CONTENIENDO CANTIDADES CONTROLADAS DE OXÍGENO Y SE INTENTÓ UN ESTUDIO DEL EFECTO DEL NIVEL DE OXÍGENO SOBRE LA VIDA DE ALMACENAMIENTO DE LA ESPUMA DE LECHE ENTERA SECA.

PREPARACIÓN DE LA ESPUMA DE LECHE ENTERA SECA.- EL PROCEDIMIENTO ORIGINAL PARA LA PRODUCCIÓN DE ESPUMA SECA DE LECHE SE EMPLEÓ CON LAS EXCEPCIONES SIGUIENTES: (A) SE CALENTÓ EL CONCENTRADO A 145°F (62.77°C) Y SE HOMOGENEIZÓ A 4000 Y 500 PSI (27.21 Y 34.01 ATM) DE PRESIÓN EN EL 10. Y 20. ESTADOS RESPECTIVAMENTE; (B) SE INTRODUCIÓ NITRÓGENO EN EL CONCENTRADO A TRAVÉS DE UN TUBO CAPILAR Y DISPERSADO PASANDO LOS 110

1'F (43.33'C) LA MEZCLA 2 VECES A TRAVÉS DE UN HOMOGENEIZADOR DE 2 PASOS, USANDO UNA PRESIÓN DE 500 PSI (34.01 ATM) - EN AMBOS PASOS. DESPUÉS DEL SECADO, EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS ESPUMAS VARIÓ ENTRE 2 Y 3.2% ANTES DE EMPACAR. LA DENSIDAD GLOBAL FUÉ DETERMINADA APISONANDO 10 GR DE LECHE SECA EN UN CILINDRO GRADUADO DE 100 ML AL VOLÚMEN MÍNIMO Y DIVIDIENDO 10 POR EL VOLÚMEN MÍNIMO EN MILILITROS.

LAS LECHE SECAS SE EMPACARON UN DÍA DESPUÉS DE PREPARADAS EN LATAS DE ESTAÑO DE 208 POR 208, 2/3 DE LAS LATAS (SERIES 1 Y 2) FUERON SELLADAS CON TAPAS EN LAS CUALES SE TALADRARON ORIFICIOS DE 1/32 DE PULGADA (0.079 CM) EN UN PARCHE DE SOLDADURA, Y EL RESTO DE LAS LATAS (SERIE 3) FUERON CUBIERTAS - CON TAPAS PERO NO SELLADAS. LAS MUESTRAS SE PUSIERON EN UN ANAQUEL SECADOR AL VACÍO, SERIES 1 Y 2 SOBRE DISCOS CIRCULARES LOS CUALES PODRÍAN SER ROTADOS, PERMITIÉNDOLE A CADA LATA APARECER EN EL FRENTE DE UNA VENTANA CON 2 ORIFICIOS DE 5/8 DE PULGADA (1.587 CM) CERRADOS CON TAPONES DE CAUCHO. DESPUÉS DE TENER LAS LATAS DURANTE LA NOCHE BAJO UNA PRESIÓN DE 1 MM. A LA TEMPERATURA AMBIENTE, SE ROMPIÓ EL VACÍO CON NITRÓGENO (GRADO SEAFORD-CONTENIDO DE OXÍGENO ABAJO DE 0.1%) A UN LEVE EXCESO SOBRE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA. LA SERIE 1 FUÉ SELLADA MIENTRAS EL EXCESO DE PRESIÓN SE MANTUVO EN EL SECADOR. LA SERIE 2 SE PREPARÓ SIEMPRE SACANDO UN VACÍO POR DEBAJO DE 1 MM DE PRESIÓN, ROTO CON NITRÓGENO CONTENIENDO 1% DE OXÍGENO, Y SELLANDO MIENTRAS SE EMPLEARON LAS MISMAS PRECAUCIONES. EL VACÍO FUÉ SACADO UNA VEZ MÁS, ROTO CON AIRE, Y LA SERIE 3 - SELLADA CON SELLADOR DE LATAS. LAS LATAS SE PROBARON CONTRA FUGAS PONIÉNDOLAS BAJO AGUA DE AIREADA EN UN DESECADOR Y ARRASTRANDO UN VACÍO. SE DESCARTARON LAS MUESTRAS DE LAS CUALES - ESCAPABAN BURBUJAS DE LAS COSTURAS O SELLOS. POR ESTE PROCEDIMIENTO SE EFECTUÓ EL EMPACADO A 3 NIVELES DE OXÍGENO, ABAJO DE 0.1%, A 1% Y EN AIRE, PARA TODOS LOS GRUPOS DE LECHE SECA. EL CONTENIDO DE OXÍGENO DEL GAS INTERSTICIAL EN LOS - RECIPIENTES SE DETERMINÓ POR EL MÉTODO HALDANE EN DOS MUESTRAS DE BAJO EMPAQUE DE OXÍGENO, SACADO DE DUPLICADO DE LATAS SIN CONTAMINACIÓN DE OXÍGENO. USANDO EL PROCEDIMIENTO - DE EMPACADO DESCRITO, SE ENCONTRÓ QUE EL NIVEL MÁS BAJO DE OXÍGENO EN LOS PAQUETES SIEMPRE FUÉ INFERIOR A 0.1% DE O₂.

EL NIVEL INTERMEDIO DE OXÍGENO EN LOS PAQUETES FUÉ DEL RANGO DE 1.1 A 1.3% DE OXÍGENO. EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA LECHE SECA EN LAS LATAS FUÉ REDUCIDO A APROXIMADAMENTE 2% A CAUSA DE LA EVACUACIÓN DURANTE LA NOCHE. DESPUÉS DEL EMPACADO LAS LATAS SE ALMACENARON A 80°F (26.66°C). DESPUÉS DE LA PRUEBA INICIAL, EL EMPACADO, LAS LECHE SECA ALMACENADAS FUERON PERIÓDICAMENTE PROBADAS Y MARCADAS EN PERÍODOS ARRIBA DE 6 MESES, POR 10 JUECES SELECCIONADOS.

LOS EFECTOS DE LOS 3 NIVELES DE OXÍGENO SOBRE LA MARCA PROMEDIO DE SABOR DURANTE 6 MESES A 80°F (26.66°C) SE PRESENTAN EN LA FIGURA (1). CATORCE LECHE SECA SE PREPARARON POR UN

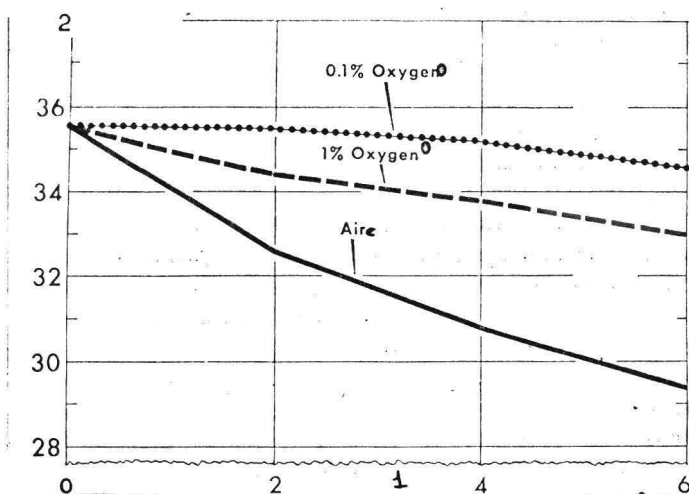


FIG. 1.- MARCAS DE SABOR DE ESPUMAS DE LECHE ENTERA SECA DURANTE EL ALMACENAMIENTO. PROMEDIO DE 14 MUESTRAS.

- 1.- MESES DE ALMACENAMIENTO (80°F) (26.66°C)
- 2.- MARCA DE SABOR.

PROCEDIMIENTO ESTANDAR PARA 3 MESES. LA ESTABILIDAD DE ALMACENAMIENTO SE INCREMENTÓ CON EL DECREMENTO DE CONTENIDO DE OXÍGENO, LO CUAL INDICÓ QUE LOS PROCESOS OXIDATIVOS SON CAUSA DE LA DETERIORACIÓN DE ESPUMAS SECAS DE LECHE ENTERA DURANTE EL ALMACENAMIENTO. LA MARCA INICIAL PROMEDIO, 35.6, DECRECIÓ A 35 EN UNA SEMANA CUANDO LAS LECHE FUERON PUESTAS EN AIRE, EN 3 SEMANAS SI SE PUSIERON A 1% DE OXÍGENO Y DES-

PUÉS DE 4.5 MESES A 0.1% DE OXÍGENO. UN GRAN MEJORAMIENTO EN LA ESTABILIDAD DE ALMACENAMIENTO RESULTÓ DEL EMPACADO A 0.1% COMPARADO A 1% DE OXÍGENO, EL NIVEL OBTENIDO EMPACANDO CON NITRÓGENO COMERCIAL.

LAS MARCAS INICIALES DE LOS POLVOS VARIARON ENTRE 35 Y 37 CON UNA EXCEPCIÓN. NO HUBO RELACIÓN APARENTE ENTRE LAS MARCAS Y LA DENSIDAD GLOBAL, GRASA LIBRE, DISPERSABILIDAD O HUMEDAD.

LOS DATOS DE LAS PRUEBAS DE SABOR, EVALUADOS POR TRATAMIENTOS ESTADÍSTICOS, PARA EL EFECTO DEL NIVEL DE OXÍGENO EN LOS EMPAQUES ESTÁN RESUMIDOS EN LA TABLA (1). LOS RESULTADOS DE

TABLA I

COMPARACIÓN DE LAS MARCAS DE SABOR DE ESPUMAS SECAS DE LECHE CONTENIENDO VARIOS NIVELES DE OXÍGENO DESPUÉS DE ALMACENAMIENTO POR 6 MESES A 80°F (26.66°C)

NIVELES DE OXÍGENO COMPARADOS	ERROR ESTANDAR DE SABOR PROMEDIO DIFERENCIA DE MARCA	VALOR-T REQUERIDO PARA SIGNIFICANCIA A NIVEL 0.1%	GRADOS DE LIBERTAD	NIVEL DE PROBABILIDAD AL CUAL CURRIÓ NIFI-- CANCIA	VALOR T CALCULADO	LIMITES DE CONFIANZA PARA -- MARCA PROMEDI-- SABOR DIFERENCIA ⁺⁺
			(N-1)	(%)		(NIVEL DE CONFIANZA 95%)
0.1 vs. 1	0.214	4.22	13	0.1	4.86	1.04±0.43
1 vs. AIRE	0.438	4.22	13	0.1	4.78	2.09±0.88
0.1 vs. INIC.	0.210	4.22	12 ⁺	1.0	3.94	0.83±0.42
1 vs. INICIAL	0.270	4.22	12 ⁺	0.1	6.63	1.70±0.54
AIRE vs. INIC.	0.288	4.22	12 ⁺	0.1	13.33	3.84±0.75

⁺UN DATO FUÉ EXCLUIDO DEBIDO A QUE SU MARCA INICIAL FUÉ EXCEPCIONALMENTE BAJA.

⁺⁺LOS LÍMITES DE CONFIANZA INDICAN EL RANGO SIN EL CUAL LA VERDADERA DIFERENCIA EN MARCAS DE SABOR PARA NIVELES DE OXÍGENO COMPARADOS DEBE ESPERARSE CAIGAN; EL PROMEDIO TOTAL Y EL MÍNIMO DOS VECES EL ERROR ESTANDAR.

LA PRUEBA-T MOSTRARON QUE LAS MUESTRAS CON 1% DE OXÍGENO FUERON SIGNIFICATIVAMENTE MEJORES QUE AQUELLAS EMPACADAS EN AIRE; ASÍ MISMO, MUESTRAS EMPACADAS EN 0.1% DE OXÍGENO DIERON MARCAS MÁS ALTAS QUE LAS EMPACADAS EN 1% DE OXÍGENO. EL ANÁLISIS

LISIS DE LOS DATOS ESTADÍSTICOS PERMITE LA PREDICCIÓN DEL RANGO EN LAS MARCAS DE SABOR LAS CUALES PEDEN SER ESPERADAS CON DIFERENTES CONTENIDOS DE OXÍGENO EN LAS MUESTRAS ENLATA-DAS DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO.

LA TABLA (1) MUESTRA TAMBIÉN UNA COMPARACIÓN DE LAS MARCAS MEDIAS DE SABOR DE LECHE EMPACADAS A VARIOS NIVELES DE OXÍGENO, INICIALMENTE Y DESPUÉS DE 6 MESES DE ALMACENAMIENTO A 80°F (26.66°C). LAS MUESTRAS EMPACADAS AL NIVEL DE 0.1% DE OXÍGENO Y ALMACENADAS POR 6 MESES A 80°F (26.66°C) NO DIFIEREN SIGNIFICATIVAMENTE DE SUS VALORES INICIALES. HUBO UN DECRECIMIENTO MAYOR EN LA MARCA DE SABOR EN LAS MUESTRAS EMPACADAS A 1% DE OXÍGENO ALMACENADAS SIMILARMENTE POR EL MISMO PERÍODO. LAS MUESTRAS EMPACADAS EN AIRE FUERON LAS MÁS DEFICIENTES Y TUVIERON EL MAYOR DECREMENTO EN LA MARCA DE SABOR. TODAS ESTAS DIFERENCIAS SE ANALIZARON ESTADÍSTICAMENTE A UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE 0.1%. SE ENCONTRÓ UNA DIFERENCIA DE MARCA DE 0.4 A 1.2; 1.3 A 2.3 Y 3.3 A 4.4 EN LAS MUESTRAS ENTRE EL INICIAL Y LOS 6 MESES DE ALMACENAMIENTO A 80°F (26.66°C) Y AQUELLAS QUE FUERON EMPACADAS A 0.1, 1 Y 21% (AIRE) ATMÓSFERAS, RESPECTIVAMENTE.

LA TABLA (2) ES UNA RECOPIACIÓN DE LOS ALEJAMIENTOS DE SABOR MÁS FRECUENTES REPORTADOS POR LOS JUECES. EL SABOR OXIDADO FUÉ PREDOMINANTE A TODOS LOS NIVELES DE OXÍGENO.

TABLA 2

UNA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE VARIAS PÉRDIDAS DE SABOR PREDOMINANTES COMO INFLUENCIA DE NIVELES DE OXÍGENO Y PERÍODO DE ALMACENAMIENTO A 80°F (26.66°C)

NIVEL DE OXÍGENO (%)	ALMACENAJE 80°F (mo)	SABORES CRÍTICOS (POR CIENTO DE OCURRENCIA)						
		ASTRIN GENTE	COCIDO	ALIMEN TACIÓN	OXIDA DO	RAN CIO	SUCIO	ÓTROS
INICIAL	0	13 ^A	27 ^A	3 ^A	21 ^A	13 ^A	5 ^A	18 ^A
0.1	2	14	24	2	36	6	7	11
	4	12	19	2	35	12	7	13
	6	7	13	1	46	11	7	15
1	2	10	14	1	56	3	8	8
	4	8	9	1	52	11	4	15
	6	5	7	1	64	12	3	8
AIRE	2	8	12	2	60	7	3	8
	4	4	5	1	70	9	3	8
	6	2	7	1	75	8	2	5

^A SOLAMENTE UNA MUESTRA FUÉ INICIALMENTE PRÓBADA PARA TODOS LOS NIVELES DE OXÍGENO.

2.- EFECTO DEL CALENTAMIENTO DE LA LECHE ANTERIOR AL SECADO.

EL SABOR DE MUESTRAS ALMACENADAS DE POLVOS DE ESPUMAS SECADAS AL VACÍO DE LECHE ENTERA PRODUCIDAS DE LECHE CALENTADA ANTES DEL SACADO SE DETERMINÓ ORGANOLÉPTICAMENTE. CALENTANDO LA LECHE A 165°F (73.88°C) POR 30 MIN, 170°F (76.66°C) - POR 6 MIN. Y 195°F (90.55°C) POR 15 SEG. SE ESTABILIZÓ EFECTIVAMENTE EL SABOR DE MUESTRAS EMPACADAS EN AIRE DURANTE 6 MESES DE ALMACENAMIENTO A 80°F (26.66°C). ESTOS TRATAMIENTOS TUJIERON POCO O NADA DE EFECTO SOBRE LA ESTABILIDAD DEL SABOR DE MUESTRAS EMPACADAS EN NITRÓGENO CONTENIENDO 1.0 O 0.1% DE OXÍGENO. A MEDIDA QUE LA DETERIORACIÓN OXIDATIVA SE CHECÓ DURANTE EL ALMACENAMIENTO POR TRATAMIENTOS DE CALOR EN EXCESO DEL REQUERIDO PARA PASTEURIZACIÓN, SE INCREMENTÓ EL SABOR A COCIDO Y SE NOTÓ UN ENRANCIAMIENTO DE LOS PRODUCTOS SECOS.

ESTE ESTUDIO SE RESTRINGIÓ A 4 VARIABLES DE CALENTAMIENTO POR LOTE DE LECHE USADA. LA VARIACIÓN POSIBLE EN LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE DURANTE EL CURSO DEL TRABAJO SE REDUJO USANDO LECHE DE UN REBAÑO DE VACAS MANTENIDAS BAJO UNA ALIMENTACIÓN INVARIANTE.

LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES DE POLVO FUERON PRODUCIDAS POR SECADO, BAJO ALTO VACÍO, CON CONCENTRADOS ESPUMADOS HECHOS DE LECHE CALENTADA.

LAS VARIACIONES EN EL TRATAMIENTO DE CALOR DE LA LECHE SE EFECTUARON DURANTE EL PASO DE PASTEURIZACIÓN EN TODOS LOS CASOS EXCEPTUANDO UNO, DONDE EL CALENTAMIENTO ADICIONAL DEL CONCENTRADO ANTERIOR AL SECADO SE LLEVÓ A CABO.

LOS POLVOS CONTENIENDO 26% DE GRASA APROXIMADAMENTE, 2.5% DE HUMEDAD SE EMPACARON EN LATAS HERMÉTICAMENTE SELLADAS. LAS CONDICIONES FUERON CONTROLADAS DE TAL MANERA QUE LAS MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE CADA TIPO DE POLVO SE EMPACARON EN AIRE, NITRÓGENO CONTENIENDO 1% DE OXÍGENO Y NITRÓGENO CON 0.1% DE OXÍGENO.

TODAS LAS MUESTRAS SE ALMACENARON A 80°F (26.66°C) Y SE RECONSTITUYERON PARA EVALUACIÓN DE SABOR A INTERVALOS DE 2 MESES.

CADA UNA DE LAS SERIES DE LOS 4 EXPERIMENTOS, USANDO UN LOTE SIMPLE DE LECHE, SE ANALIZÓ COMO UNA ENTIDAD SEPARADA, USANDO EL ANÁLISIS DE VARIANZA. DONDE SE ENCONTRÓ QUE HUBO SIGNIFICANCIA EN EL ANÁLISIS, SE HIZO UNA COMPARACIÓN MEDIA, USANDO LA PRUEBA DE DUNCAN DE RANGOS MÚLTIPLES. USANDO EL ERROR ESTÁNDAR DE LA MEDIA Y LOS GRADOS DE LIBERTAD PARA EL ERROR EN EL ANÁLISIS DE VARIANZA, LOS VALORES OBTENIDOS DE UNA TABLA DE RANGOS ESTANDARIZADOS DE 5% DE SIGNIFICANCIA -- SE AJUSTARON. LOS VALORES RESULTANTES FUERON LAS MÍNIMAS DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS LAS CUALES, SI EXCEDIERON, INDICARON QUE LAS MEDIAS COMPARADAS FUERON DIFERENTES.

SE NOTÓ EXCELENTE CONCORDANCIA EN LOS RESULTADOS DE ESTE ESTUDIO, CON LAS SEPARACIONES MEDIAS VERIFICANDO LOS EFECTOS ANTERIORMENTE REPORTADOS DEL DECREMENTO DEL NIVEL DE OXÍGENO EN LOS EMPAQUES EN EL MEJORAMIENTO DE LA ESTABILIDAD DEL SABOR. TAMBIÉN SE NOTÓ EL MEJORAMIENTO ESPERADO DE ESTABILIDAD DE SABOR DE POLVOS DE LECHE CALENTADA EN EXCESO DE LO REQUERIDO PARA PASTEURIZACIÓN. EL ANÁLISIS DE VARIANZA INDICÓ INTERACCIÓN ENTRE EL TRATAMIENTO DE CALOR Y EL NIVEL DE OXÍGENO EN LOS EMPAQUES.

LA TABLA (3) PRESENTA ESTA INTERACCIÓN Y EL RANGO RELATIVO DE LA MEDIA DE LAS MARCAS DE SABOR (MFS) DE LAS MUESTRAS DE 2, 4 Y 6 MESES. TODOS LOS MFS QUE TIENEN UNA LETRA EN COMÚN EN LA COLUMNA DE RANGOS SON ESTADÍSTICAMENTE INDISTINGUIBLES.

TABLA 3

INTERACCIÓN DE NIVEL DE OXÍGENO DENTRO DEL EMPAQUE Y TRATAMIENTO DE CALOR OBSERVADO EN LAS SERIES NO 26. MARCAS MEDIAS DE SABOR (MFS) PROMEDIADAS SOBRE 2, 4 Y 6 MESES DE ALMACENAMIENTO A 80°F (26.66°C)

TREATAMIENTO DE CALOR	NIVEL DE OXÍGENO EN EMPAQUE (3)	MFS	RANGO
163°F (72.77°C) 15 SEG PLACA	0.1	36.14	A
163°F INYECCIÓN DE VAPOR FLASHADA Y DEODORIZADA A 140°F (60.0°C) 15 SEG.	0.1	35.94	AB
163°F 15 SEG INYECCIÓN DE VAPOR FLASHADA Y DEODORIZADA A 150°F (65.55°C)	0.1	35.94	AB
165°F (73.88°C) MANTENIDA 30 MIN	0.1	35.67	AB
" " " " "	1.0	35.44	AB

(111)

163°F 15 SEG PLACA	1.0	35.17	AB
165°F MANTENIDA 30 MIN	AIRE	34.73	B
163°F 15 SEG INYECCIÓN DE VAPOR FLASHEADO Y DEODORIZADO A 140°F	1.0	33.90	C
163°F 15 SEG INYECCIÓN DE VAPOR FLASHEADO Y DEODORIZADO A 150°F	1.0	33.70	C
163°F 15 SEG INYECCIÓN DE VAPOR FLASHEADO Y DEODORIZADO A 140°F	AIRE	32.21	D
163°F 15 SEG PLACA	AIRE	31.95	E
163°F 15 SEG INYECCIÓN DE VAPOR FLASHEADO Y DEODORIZADO A 150°F	AIRE	31.89	E

EL EFECTO DEL NIVEL DE OXÍGENO EN LOS EMPAQUES SOBRE EL TIPO DE SABOR SE MUESTRA EN LA TABLA (4). EL EFECTO INDIVIDUAL DE LOS TRATAMIENTOS DE CALOR SOBRE LA OCURRENCIA DE SABOR - ENTRE TODOS LOS EMPAQUES ALMACENADOS DURANTE EL PERÍODO ENTERO SE ILUSTRAN EN LA TABLA (5).

TABLA 4

EFFECTO DE NIVEL DE OXÍGENO EN EMPAQUE SOBRE FRECUENCIA DE PÉRDIDA DE SABOR DOMINANTE EN PRODUCTOS DE TODAS LAS SERIES. TODOS LOS TIEMPOS DE ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTOS DE CALOR PROMEDIO JUNTOS PARA COMPUTACIÓN

SERIE No.	NIVEL DE OXÍGENO EN EMPA- QUE (%)	PORCIENTO TOTAL DE JUICIOS POR SABOR ESPECÍFICO				
		ASTRIN GENTE	COCIDO	OXIDADO	RANCIO	OTROS
19	0.1	8.3	19.2	43.3	11.7	17.5
19	1.0	5.0	12.5	56.7	12.5	13.3
19	AIRE	2.6	13.8	62.9	13.8	6.9
26	0.1	11.7	20.0	24.2	20.0	24.1
26	1.0	5.8	15.8	44.2	15.8	18.4
26	AIRE	1.7	10.8	70.0	11.7	5.8
44	0.1	7.5	35.0	5.0	34.2	18.3
44	1.0	5.8	28.3	26.7	31.7	7.5
44	AIRE	3.0	19.0	40.0	22.0	16.0
46	0.1	5.9	37.0	17.6	24.4	15.1
46	1.0	6.7	34.2	24.2	25.0	9.9
46	AIRE	1.8	23.6	28.2	30.9	15.5
50	0.1	4.2	33.3	5.0	43.3	14.2
50	1.0	10.0	30.0	7.5	40.8	11.7
50	AIRE	6.7	18.3	16.7	41.7	16.6

TABLA 5

EFFECTO DEL TRATAMIENTO DE CALOR DE LA LECHE SOBRE LA FRECUENCIA DE PÉRDIDA DE SABOR DOMINANTE EN PRODUCTOS DE TODAS LAS SERIES.

TODOS LOS TIEMPOS DE ALMACENAMIENTO Y NIVELES DE OXÍGENO PROMEDIOS JUNTOS PARA COMPUTACIÓN

SEREE Nº.	TRATAMIENTO DE CALOR	TOTAL DE JUICIOS POR SABOR ESPECÍFICO				
		ASTRINGENTE	COCIDO	OXIDADO	RAN- CIO	OTROS
19	145°F (62.77°C)					
	30 MIN	4.5	4.5	68.5	12.4	10.1
19	145°F 30 MIN. + 165°F (73.88°C) 30 MIN. SOBRE EL CONCENTRADO	4.5	12.4	61.8	9.0	12.3
19	165°F 30 MIN.	4.5	24.7	51.7	10.1	9.0
19	185°F (85°C) 30 MIN.	7.9	19.1	34.8	19.1	19.1
26	163°F (72.77°C) 15 SEG	5.6	11.1	50.0	12.2	21.1
26	163°F 15 SEG SIFD ^A					
	140°F (60°C)	7.8	8.9	60.0	16.7	6.6
26	163°F 15 SEG SIFD A					
	150°F (65.55°C)	6.7	4.4	51.1	16.7	21.1
26	165°F 30 MIN.	5.6	37.8	23.3	17.8	15.5
44	145°F 30 MIN.	2.5	8.8	48.8	30.0	9.9
44	150°F 6 MIN.	7.5	12.5	40.0	31.2	8.8
44	170°F (76.66°C) 6 MIN	4.4	38.9	4.4	34.4	17.9
44	190°F (87.7°C) 6 MIN.	7.8	47.8	3.3	23.3	17.8
46	165°F 15 SEG	6.3	5.1	59.5	20.2	8.9
46	165°F 30 MIN.	5.6	46.7	11.1	25.6	11.0
46	195°F (90.55°C) 15 SEG.	5.6	34.4	16.7	30.0	13.3
46	225°F (107.22°C) 15 SEG	2.2	37.8	10.0	30.0	20.0
50	165°F 30 MIN	7.8	35.6	6.7	35.6	14.3
50	225°F 15 SEG	7.8	30.0	5.6	42.2	14.4
50	250°F (121.11°C) 15 SEG	4.4	20.0	15.6	45.6	14.4
50	275°F (135°C) 15 SEG	7.8	23.3	11.1	44.4	13.4

^ASIFD: INYECCIÓN DE VAPOR FLASHEADA Y DEODORIZADA.

LA CONSIDERACIÓN DE LOS DATOS DEMOSTRÓ QUE LO MISMO QUE EL SABOR DE LECHE ENTERA SECADA POR ASPERSIÓN, EL SABOR DE LAS MUESTRAS DE ESPUMAS DE LECHE ENTERA SECA EMPACADAS EN AIRE O UN GAS DE TIPO COMERCIAL SE PUEDEN ESTABILIZAR CONTRA LOS CAMBIOS OXIDATIVOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO POR APLICACIÓN DE UNA VARIEDAD DE TRATAMIENTOS DE CALOR EN EXCESO DE LA PASTEURIZACIÓN CONVENCIONAL. LOS TRATAMIENTOS DE CALOR ÓPTIMOS DIERON PRODUCTOS FACILMENTE SOLUBLES LOS CUALES SE PUEDEN CONSIDERAR SABROSOS.

LA ESTABILIDAD DEL SABOR DE ESPUMAS SECAS DE LECHE ENTERA EMPACADAS EN AIRE SE PUEDE MEJORAR POR CALENTAMIENTO DE LA

LECHE A 165°F (73.88°C) POR 30 MINUTOS, 170°F (76.6°C) POR 6 MINUTOS O 195-225°F (90.55-107.22°C) POR 15 SEG. EL CALENTAMIENTO ARRIBA DE ESTOS NIVELES RESULTA EN UN MEJORAMIENTO NO REAL POSTERIOR DEL PRODUCTO, PUESTO QUE LOS ALTOS NIVELES DE SABOR COCIDO SON OBJETABLES.

EL CALENTAMIENTO DE LA LECHE EN EXCESO DE LOS REQUERIMIENTOS DE PASTEURIZACIÓN, ANTERIOR AL SECADO, TIENEN POCO O NADA DE EFECTO SOBRE LA ESTABILIDAD DE PRODUCTOS EMPACADOS EN NITRÓGENO CONTENIENDO 0.1% DE OXÍGENO.

EL DEFECTO PREDOMINANTE DE LAS MUESTRAS ALMACENADAS FUE EL SABOR RANCIO.

3.- EFECTO DE LOS ANTIOXIDANTES.

PARA CHECAR LA POSIBLE EXISTENCIA DE COMBINACIONES DE ESTABILIZACIÓN, SE AÑADIERON UNOS POCOS ANTIOXIDANTES A LA LECHE CALENTADA ANTES DEL SECADO Y SE EMPACARON MUESTRAS DE TODOS LOS POLVOS EXPERIMENTALES EN LATAS SELLADAS CON NIVELES DE OXÍGENO GRADUADOS-.

LA VALORACIÓN DEL TIPO E INTENSIDAD DE SABOR EN MUESTRAS ALMACENADA SE LIMITÓ A MÉTODOS ORGANOLÉPTICOS POR CARECER DE PRUEBAS QUÍMICAS ADECUADAS.

LOS ANTIOXIDANTES USADOS EN ESTE ESTUDIO SON: GALATO DE LAURILO (LG), GALATO DE PROPILO (GP), ÁCIDO NORDIHIROGUAYARÉTICO (NDGA), PALMITATO DE ASCORBILO (AP), BUTILATO HIDROXI ANISOL (BHA), ÁCIDO ASCÓRBICO (AA), DIHIROQUERCETIN (DQ), DIETIL-DITIO-CARBAMATO DESODIO (SDDC), ÁCIDO TIODIPROPIÓNICO (TDPA), QUERCETIN (Q), Y DILAURIL TIODIPROPIONATO (DLTDP). TODOS OBTENIDOS DE ORIGEMES COMERCIALES. EL ESTUDIO NO SE RESTRINGIÓ A ADITIVOS APROBADOS POR LA FOOD & DRUG ADMINISTRATION PARA LOS ALIMENTOS.

LA LECHE FUÉ CONCENTRADA A 50% DE SÓLIDOS, HOMOGENEIZADA INYECTADA CON NITRÓGENO Y SECADA EN FORMA ESPUMABAJO ALTO - VACÍO.

LOS POLVOS SE HICIERON POR ROMPIAMIENTO DE LA ESPUMA SECA A TRAVÉS DE UN TAMÍZ DE 20 MALLAS. MUESTRAS DE CADA POLVO FUERON SELLADAS EN LATAS CONTENDENDO: (A) AIRE, (B) NITRÓGENO CON 1% DE OXÍGENO, (C) NITRÓGENO CON 0.1% DE OXÍGENO. LOS POLVOS CONTENIENDO 2.5% DE HUMEDAD Y 26% DE GRASA SE AL

MACENARON A 80°F (26.66°C).

LOS ANTIOXIDANTES SE AÑADIERON A UN NIVEL DE UNA CONCENTRACION DE 0.01% EN EL PRODUCTO SECO. SE DISOLVIERON Y AGITARON DENTRO DEL CONCENTRADO JUSTO ANTES DE LA HOMOGENEIZACION. SE UTILIZARON COMO SOLVENTES ALCOHOL, PROPILLEN GLICOL EN VOLUMENES IGUALES A 0.25% DEL CONCENTRADO AL QUE SE AÑADIERON.

EN CONSIDERACION DE LOS HECHOS QUE UNA VARIEDAD DE SOLVENTES ANTIOXIDANTES SE EMPLEARON Y QUE LA PREPARACION DE LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES SE EXTENDIO SOBRE UN INTERVALO DE TIEMPO CONSIDERABLE, CADA GRUPO DE MUESTRAS DE UN LOTE SIMPLE DE LECHE SE ANALIZARON COMO UNA ENTIDAD SEPARADA. EN LAS TABLAS (6 A 8) SE PRESENTA LA SEPARACION MEDIA O AGRUPAMIENTOS RESULTANTES DEL EMPLEO DE LA PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN.

TABLA 6

COMPARACION DE RANGOS DE MARCA MEDIA DE SABOR DE POLVOS DE LECHE ENTERA CONTENIENDO VARIOS ANTIOXIDANTES (LECHE PASTEURIZADA A 145°F (62.77°C) 30 MIN.)

INTERACCION DE ANTIOXIDANTE Y TIEMPO DE ALMACENAMIENTO				INTERACCION DE ANTIOXIDANTE Y NIVEL DE OXIGENO EN EMPAQUE			
ANTIOXIDANTE	TIEMPO DE ALMACENAJE (MESES)	MARCA MEDIA DE SABOR (BOR)	RANGO (NIVEL 5%)	ANTIOXIDANTE	NIVEL DE O ₂ EN EMPAQUE (%)	MARCA MEDIA DE SABOR	RANGO (NIVEL 5%)
PG	2	37.04	A	LG	0.1	36.81	A
LG	2	36.75	A	CONTROL	0.1	36.69	AB
LG	6	35.75	B	PG	0.1	36.57	AB
LG	4	35.58	B	LG	1.0	36.36	ABC
CONTROL	2	35.19	BC	PG	1.0	36.17	BC
PG	6	34.95	CD	CONTROL	1.0	35.86	C
PG	4	34.52	D	LG	AIRE	34.91	D
CONTROL	6	34.46	D	PG	AIRE	33.77	E
CONTROL	4	34.38	D	CONTROL	AIRE	31.48	F
Q	2	34.83	A	DQ	1.0	35.48	A
DQ	2	34.59	B	DQ	0.1	35.45	A
DQ	4	34.56	B	CONTROL	0.1	35.20	B
CONTROL	2	34.24	C	Q	0.1	35.05	B
CONTROL	4	34.08	C	Q	1.0	34.74	C
Q	4	33.93	CD	CONTROL	1.0	34.59	C
DQ	6	33.74	DE	Q	AIRE	32.30	D
CONTROL	6	33.54	EF	CONTROL	AIRE	32.07	E
Q	6	33.33	F	DQ	AIRE	31.96	E

TABLA 7

COMPARACIÓN DE RANGOS DE MARCAS MEDIAS DE SABOR DE POLVOS DE LECHE ENTERA CONTENIENDO VARIOS ANTIOXIDANTES. (LECHE PASTEURIZADA 145°F (62.77°C) 30 MINUTOS).

INTERACCIÓN DE ANTIOXIDANTE Y TIEMPO DE ALMACENAMIENTO				INTERACCIÓN DE ANTIOXIDANTE Y NIVEL DE OXÍGENO EN AMPAQUE			
ANTIOXIDANTE	TIEMPO DE ALMACENAJE (MESES)	MARCA MEDIA DE SABOR	RANGO (NIVEL 5%)	ANTIOXIDANTE	NIVEL DE O ₂ EN EMPAQUE (%)	MARCA MEDIA DE SABOR	RANGO (NIVEL 5%)
BHA	2	35.39	A	CONTROL	0.1	35.42	A
BHA	4	35.10	A	NDGA	0.1	35.11	A
CONTROL	2	34.94	A	NDGA	1.0	35.10	A
CONTROL	4	34.74	A	CONTROL	1.0	35.02	A
NDGA	2	33.72	B	BHA	0.1	34.75	A
CONTROL	6	33.48	B	NDGA	AIRE	33.76	B
BHA	6	33.48	B	BHA	1.0	33.08	BC
NDGA	4	33.28	B	CONTROL	AIRE	32.71	C
NDGA	6	32.70	B	BHA	AIRE	31.88	D
CONTROL	2	34.77	A	CONTROL	0.1	34.90	A
TDPA	2	34.15	AB	DLTDP	0.1	34.83	A
DLTDP	2	33.97	B	CONTROL	1.0	34.78	A
CONTROL	4	33.95	B	TDPA	1.0	34.31	A
TDPA	4	33.65	BC	TDPA	0.1	34.16	A
DLTDP	4	33.50	BC	DLTDP	1.0	38.21	B
CONTROL	6	32.83	CD	CONTROL	AIRE	31.87	C
TDPA	6	32.48	D	TDPA	AIRE	31.66	C
DLTDP	6	31.98	D	DLTDP	AIRE	31.55	C
AA	2	35.13	A	SDDC	0.1	35.54	A
AP	2	35.04	A	SDDC	1.0	35.47	AB
CONTROL	2	34.76	AB	AA	0.1	35.14	ABC
AP	6	34.44	BC	AC	0.1	34.93	BCD
SDDC	2	34.13	CDE	AP	1.0	34.76	CD
AP	4	33.94	CDEF	AA	1.0	34.50	CD
AA	4	33.84	DEF	CONTROL	0.1	33.85	E
CONTROL	4	33.77	EF	AP	AIRE	33.73	E
SDDC	4	33.52	F	CONTROL	1.0	33.55	E
SDDC	6	33.38	FG	AA	AIRE	32.21	F
AA	6	32.88	G	CONTROL	AIRE	31.14	G
CONTROL	6	30.00	H	SDDC	AIRE	30.01	H

TABLA 8

COMPARACIONES DE RANGOS DE MARCAS MEDIAS DE SABOR DE POLVOS DE LECHE ENTERA CONTENIENDO VARIOS ANTIOXIDANTES (LECHE CALENTADA 165°F (73.88°C) 30 MINUTOS)

CONTROL	4	36.84	A	BHA	0.1	36.60	A
NDGA	4	36.84	A	BHA	1.0	36.36	A
BHA	4	36.71	AB	CONTROL	0.1	36.33	A
NDGA	2	36.25	ABC	NDGA	AIRE	36.26	A
BHA	2	36.06	ABC	CONTROL	1.0	36.06	A
CONTROL	2	36.03	ABC	CONTROL	AIRE	36.04	A
NDGA	6	35.67	BC	NDGA	0.1	36.02	A
CONTROL	6	35.67	BC	NDGA	1.0	35.85	A
BHA	6	35.36	C	BHA	AIRE	35.80	A

LA EVIDENCIA DEL MEJORAMIENTO DE LA MARCA MEDIA DE SABOR POR LA INCLUSIÓN DE ANTIOXIDANTES SE OBSERVA MÁS FACILMENTE EN LOS DATOS DE EMPAQUES CON AIRE. LA INCLUSIÓN DE LG, AP Y NDGA EFECTUARON LA MAYOR ESTABILIZACIÓN DE SABOR DE POLVOS EMPACADOS EN AIRE. LA MARCA MEDIA DE SABOR DE TODOS LOS PAQUETES DE 6 MESES CONTENIENDO LG FUÉ ESTADÍSTICAMENTE INDISTINGUIBLE DE LA MARCA MEDIA DE SABOR DE TODAS LAS SERIES DE CONTROL DE 2 MESES.

AÚN CUANDO EL SDDC BAJÓ SIGNIFICATIVAMENTE EN LA MARCA MEDIA DE SABOR DE MUESTRAS EMPACADAS EN AIRE, SU INCLUSIÓN ELEVA LA MARCA MEDIA DE SABOR DE MUESTRAS EMPACADAS EN GAS ARRIBA DE LA DE LOS CONTROLES, TAMBIÉN SE OBSERVÓ LA ELEVACIÓN DE LAS MARCAS MEDIAS DE SABOR DE MUESTRAS EMPACADAS EN GAS POR ARRIBA DE LAS DE CONTROL APROPIADO, ESTO TAMBIÉN SE OBSERVÓ CON POLVOS QUE CONTENÍAN AA, AP Y DQ. TODOS LOS DEMÁS ANTIOXIDANTES FUERON INEFECTIVOS EN EMPAQUES CON GAS.

LAS MARCAS MEDIAS DE SABOR DE POLVOS HECHOS DE LECHE QUE RECIBIÓ UN TRATAMIENTO DE ALTA TEMPERATURA NO SUBIERON DEBIDO A LA INCLUSIÓN DE NDGA O DE BHA.

LA VARIACIÓN DE CAPACIDAD DE LOS ANTIOXIDANTES AÑADIDOS PARA PRESERVAR LOS GRUPOS SULFHIDRILLO LIBERADOS DURANTE LA PASTEURIZACIÓN PUEDE TOMARSE EN CUENTA POR LAS DIFERENCIAS OBSERVADAS EN EL COCIDO+GRUPO LIBRE, PUESTO QUE TODOS LOS RESULTADOS TABULADOS SE OBTUVIERON DE UN ESTUDIO DE POLVOS HECHOS DE LECHE PASTEURIZADA ESTANDAR MÍNIMO.

→ LA EFECTIVIDAD DE UN ANTIOXIDANTE PARA MANTENER EL SABOR FRESCO EN LA LECHE PUEDE SER INVERSAMENTE PROPORCIONAL AL NÚMERO TOTAL DE JUECES FIJANDO ESTE SABOR OXIDADO+RANCIO EN MUESTRAS ALMACENADAS. UTILIZANDO LOS DATOS DE LA TABLA (9) PARA CÁLCULOS DE ESTE TIPO INDICAN QUE LA CAPACIDAD RELATIVA DE AÑADIR ANTIOXIDANTES PARA ESTABILIZAR EL SABOR DE ESPUMA DE LECHE ENTERA SECADA AL VACÍO PROMEDIA SOBRE TODO CON NIVELES DE OXÍGENO EN LOS EMPAQUES, DECRECE COMO SIGUE:
 LG>TG>NDGA>AP>BHA>AA>DQ>SDDC>TDPA>Q>DL>DP.

SE ENCONTRÓ QUE EL GALATO DE LAURILO FUÉ EL MÁS EFECTIVO DE LOS ANTIOXIDANTES.

LAS MARCAS MEDIAS DE SABOR DE MUESTRAS EMPACADAS EN GAS PUEDEN SER LEVEMENTE MEJORADAS POR EL USO DE DQ, AA, AP O S

SPDC COMO ADITIVOS.

NINGUNO DE LOS ANTIOXIDANTES PRODUJO MUESTRAS, CUYO CAMBIO DURANTE 6 MESES DE ALMACENAMIENTO A 80°F (26.66°C) NO PUDIERA SER DETECTADO POR UN PANEL DE JUECES ENTRENADOS Y NINGUNO DE LOS ANTIOXIDANTES PROBADOS DEMOSTRÓ SER SUPERIOR AL ÓPTIMO TRATAMIENTO DE CALOR DE LA LECHE ANTERIOR AL SECADO.

TABLA 9

EFFECTO DE TIEMPO DE ALMACENAMIENTO SOBRE TIPO DE SABOR EN POLVOS DE LECHE ENTERA EXPERIMENTAL. (REPORTADA COMO % TOTAL DE LA SUMA DE JUCIES 0.1% O₂, 1.0%, Y EMPAQUES DE AIRE)

ANTIOXI DANTE	PRINCIPAL TIPO DE SABOR DETECTADO											
	ASTRINGENTE + EXTRAÑO			COCIDO+ ALIMENTA CIÓN			OXIDADO+ RANCIO			OTROS		
	TIEMPO DE AL MACENAMIENTO (MESES)			TIEMPO DE ALMACE NAMIENTO (MESES)			TIEMPO DE ALMACENA- MIENTO (MESES)			TIEMPO BE ALMACENA- MIENTO (MESES)		
	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6
CONTROL	13	11	6	9	7	6	64	71	82	14	11	6
NDGA	20	24	0	24	10	10	36	46	76	20	20	14
BHA	7	17	0	16	6	13	40	47	81	37	30	6
LG	30	17	17	13	10	17	47	50	49	10	23	17
PG	23	17	7	10	7	24	40	56	56	27	20	13
Q	10	7	10	7	0	0	67	76	83	16	17	7
DQ	20	10	10	3	10	3	47	73	84	30	7	3
TDPA	13	6	3	10	3	3	63	84	94	14	7	0
DLTDP	7	13	0	7	0	10	73	87	90	13	0	0
AA	13	10	3	16	17	6	57	67	77	14	6	14
AP	20	27	20	17	7	10	43	63	50	20	3	20
SDDC	3	3	3	14	17	3	77	77	84	6	3	10

4.- EFECTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL POLVO Y OXÍGENO EN EL EMPAQUE A DIFERENTES TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO.

LAS MUESTRAS DE POLVO DE LECHE ENTERA SE PREPARARON DE LECHE ESTANDARIZADA, PASTEURIZADA TENIÉNDOLA A 145°F (62.77°C) DURANTE 30 MINUTOS. LA LECHE SE CONCENTRÓ A 50% DE SÓLIDOS, HOMOGENEIZADA, INYECTADA CON NITRÓGENO Y SECADA AL VACÍO EN FORMA ESPUMA.

LOS POLVOS SE OBTUVIERON POR ROMPIMIENTO DE LAS ESPUMAS SECAS A TRAVÉS DE UN TAMÍZ DE 20 MALLAS, ESTO DIÓ COMO RESULTADO UN POLVO DE LECHE CON 5% DE HUEMEDAD, ESTE POLVO SE CUARTEÓ EN 4 LOTES UNO DE LOS CUALES FUÉ EMPACADO. LOS OTROS TRES LOTES SE ESPREARON EN CAPAS DE 3/4 DE PULGADA (1.905 CM) SOBRE PLACAS DE ACERO INOXIDABLE Y SE SECARON A LOS NIVELES DE

HUMEDAD EXPERIMENTALES DESEADOS, LOS DETALLES DE ESTA OPERACIÓN SE MUESTRAN EN LA TABLA (10).

TABLA 10

EFFECTO DE LAS CONDICIONES DE SECADO SOBRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y SABOR INICIAL DE LECHE ENTERA SECADA AL VACÍO.

TÉCNICA DE SECADO No.	CONDICIONES DE SECADO	CONTENIDO FINAL DE HUMEDAD DEL POLVO. PROMEDIO DE 4 RÉPLICAS.	MARCA INICIAL DE SABOR. PROMEDIO DE 4 RÉPLICAS.
1	COMO SE DESCRIBIÓ EN EL TEXTO.	(%) 5.1	36.6
2	PORCIÓN DE 5% DE HUMEDAD POLVO SECADO BAJO PRESIÓN DE 1 MM Hg DURANTE 30 MIN. CON TEMPERATURA DE ANAQUEL MANTENIDA A 80°F (26.66°C)	4.0	36.3
3	PORCIÓN DE POLVO DE 5% DE HUMEDAD SECADO BAJO PRESIÓN DE 1 MM Hg DURANTE 10 MIN CON TEMPERATURA DE ANAQUEL MANTENIDA A 120°F (48.88°C), Y 30 MIN CON TEMPERATURA DE ANAQUEL MANTENIDA A 80°F	3.2	36.7
4	PORCIÓN DE POLVO DE 5% DE HUMEDAD SECADO BAJO PRESIÓN DE 1 MM Hg POR 20 MIN. CON TEMPERATURA DE ANAQUEL MANTENIDA A 140°F (60°C), Y 30 MIN CON TEMPERATURA DE ANAQUEL MANTENIDA A 80°F	2.1	36.7

LAS MUESTRAS DE POLVO ASÍ OBTENIDAS SE EMPACARON EN LATAS Y SE ALMACENARON DE TAL FORMA QUE LAS MUESTRAS QUE TENÍAN 2, 3, 4, 5% DE HUMEDAD ESTUVIERON A TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO DE 0, 34, 60, 80°F (-32, 1.1, 15.55, 26.66°C) EN LATAS LLENAS DE NITRÓGENO CONTENIENDO 0.2 Y 1% DE OXÍGENO Y AIRE.

MUESTRAS DE MATERIAL ALMACENADO SE TOMARON A INTERVALOS DE 2 MESES, SE RECONSTITUYERON Y SE SOMETIERON A EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA. EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS POLVOS SE DETERMINÓ POR LA TÉCNICA CONVENCIONAL DE DESTILACIÓN DE TOLUENO.

LA INTERACCIÓN ENTRE EL NIVEL DE HUMEDAD EN LAS MUESTRAS EMPACADAS Y LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO SE PRESENTA EN LA TABLA (II). EL PUNTO MÁS INTERESANTE DE ESTA TABLA ES QUE CUANDO SE CONSIDERAN TUBOS LOS PAQUETES EN EL PERÍODO ENTERO DE ALMACENAMIENTO, UNA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO DE 34°F (1.1°C) Y UN CONTENIDO DE HUMEDAD RELATIVAMENTE ALTO ES MÁS CONVENIENTE PARA LA ESTABILIDAD DEL SABOR. UN ALTO CONTENIDO DE HUMEDAD A ELEVADAS TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO ORIGINAN LA RÁPIDA DETERIORACIÓN DEL SABOR DEL PRODUCTO.

TABLA II

RANGO DE COMPARACIÓN DE MARCAS MEDIAS DE SABOR DE POLVOS DE LECHE ENTERA CONTENIENDO DIFERENTES CANTIDADES DE AGUA.

INTERACCIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO				INTERACCIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD Y DURACIÓN DEL ALMACENAMIENTO.			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	TEMP. DE ALMACENAMIENTO °F	MARCA MEDIA DE SABOR	RANGO (NIVEL 5%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DURACIÓN DE ALMACENAMIENTO (MESES)	MARCA MEDIA DE SABOR	RANGO (NIVEL 5%)
4	34	34.97	A	4	2	34.77	A
5	34	34.74	A	2	2	33.92	B
2	34	34.00	B	5	2	33.80	B
4	60	33.77	B	4	4	33.69	B
4	0	33.30	C	3	2	33.68	B
4	80	33.12	C	3	4	33.12	C
3	0	33.05	C	2	4	32.76	CD
3	80	33.02	C	5	4	32.59	DE
2	0	32.89	CD	4	6	32.23	E
2	80	32.52	DE	2	6	31.96	F
5	0	32.49	DE	5	6	31.79	F
3	34	32.44	DE	3	6	31.34	G
3	60	32.26	E				
2	60	32.09	E				
5	60	31.55	F				
5	80	31.25	F				

AL FINAL DE LOS 6 MESES DE ALMACENAMIENTO DE PAQUETES CON 4% DE HUMEDAD TUVIERON UNA MARCA MEDIA DE SABOR SIGNIFICATIVAMENTE MÁS ALTA (MFS) QUE EL DE LOS PAQUETES QUE TENÍAN 2, 3, 5% DE HUMEDAD.

CUANDO SE CONSIDERÓ LA INTERACCIÓN DEL NIVEL DE OXÍGENO EN EL PAQUETE Y EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS POLVOS, COMO SE PRESENTA EN LA TABLA (12) FUÉ APARENTE QUE LOS ALTOS NIVELES DE HUMEDAD EN EL POLVO MEJORARON MUY SIGNIFICATIVAMENTE LA MARCA MEDIA AL MÁS ALTO NIVEL DE OXÍGENO EN EL PAQUETE CUANDO LOS VALORES DE LA MARCAS DEL SABOR QUE REPRESENTAN TODOS LOS TIEMPOS DE ALMACENAMIENTO Y TEMPERATURAS SE INCLUYEN EN EL PROMEDIO.

TABLA 12

RANGO DE COMPARACIÓN DE MARCAS MEDIAS DE SABOR DE POLVOS DE LECHE ENTERA EMPACADOS EN LATAS CONTENIENDO DIFERENTE CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO

INTERACCIÓN DE CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO EMPACADO Y TEMP. DE ALMACENAMIENTO.				INTERACCIÓN DE CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO EN EMPAQUE Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS POLVOS			
CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO (%)	TEMP. DE ALMACENAMIENTO (°F)	MARCA ME SABOR	RANGO (NIVEL 5%)	CONC. DE OXÍGENO (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	MARCA ME SABOR	RANGO (NIVEL 5%)
0.2	34	34.68	A	0.2	5	34.78	A
1.0	34	34.34	AB	1.0	5	34.44	AB
0.2	0	33.98	BC	0.2	4	34.12	BC
0.2	80	33.83	C	0.2	3	33.91	C
0.2	60	33.26	D	0.2	2	33.35	D
AIRE	34	33.10	DE	1.0	4	33.12	DE
1.0	0	32.94	DE	AIRE	5	33.11	DE
1.0	60	32.81	E	1.0	3	32.90	E
1.0	80	32.18	F	1.0	2	32.28	F
AIRE	0	31.87	F	AIRE	4	31.87	G
AIRE	80	31.40	G	AIRE	3	31.41	H
AIRE	60	31.25	G	AIRE	2	31.25	H

DE LAS INTERACCIONES OBSERVADAS ENTRE EL NIVEL DE OXÍGENO EN LOS PAQUETES Y LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO (VER TABLA 12) SE PUEDE NOTAR QUE EL EFECTO DE LA ESTABILIZACIÓN DE SABOR DE ALMACENAMIENTO A 34°F (1.11°C) ES MÁS ACENTUADO A MEDIDA QUE SE INCREMENTA LA CANTIDAD DE OXÍGENO DE LOS PAQUETES. LAS MFS DE TODOS LOS NIVELES DE HUMEDAD TENIDOS A 0°F (-32°C) CUANDO SE PROMEDIÓ SOBRE EL PERÍODO ENTERO DE ALMACENAMIENTO FUERON SOLO LEVEMENTE MÁS ALTOS QUE AQUELLOS DE MUESTRAS ALMACENADAS A 60 Y 80°F (15.55 Y 26.66°C).

EL EXAMEN DE LA INTERACCIÓN ENTRE LA DURACIÓN DE ALMACENAMIENTO Y EL NIVEL DE OXÍGENO EN EL PAQUETE SE MUESTRA EN LA TABLA (13), SE VE QUE LAS MUESTRAS EMPACADAS EN AIRE

SE OXÍDAN MÁS RÁPIDAMENTE EN ALMACENAMIENTO.

LA TABLA (13) MUESTRA QUE LAS MFS DE TODOS LOS PAQUETES, PROMEDIANDO EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y NIVEL DE OXÍGENO, SE DETERIORAN MÁS LENTAMENTE A UNA TEMPERATURA DE 34°F (1.11°C).

TABLA 13

RANGO DE COMPARACIÓN DE MARCAS MEDIAS DE SABOR DE POLVOS DE LECHE ENTERA AL FINAL DE VARIOS PERÍODOS DE ALMACENAMIENTO				INTERACCIÓN DE DURACIÓN DE ALMACENAMIENTO Y TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO				INTERACCIÓN DE DURACIÓN DE ALMACENAMIENTO Y CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO EN EMPAQUE			
DURACIÓN DE ALMACENAMIENTO	TEMP. DE ALMACENAMIENTO.	MARCA ME DIA DEL SABOR.	RANGO (NIVEL 5%)	DURACIÓN DE ALMACENAMIENTO	CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO.	MARCA ME DIA DE - SABOR.	RANGO (NIVEL 5%)	DURACIÓN DE ALMACENAMIENTO	CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO.	MARCA ME DIA DE - SABOR.	RANGO (NIVEL 5%)
TO.	(°F)			TO.	(%)			TO.	(%)		
(MESES)				(MESES)				(MESES)			
2	34	34.89	A	2	0.2	34.86	A	2	0.2	34.86	A
2	0	34.23	B	2	1.0	34.05	AB	2	1.0	34.05	AB
4	34	33.80	C	4	0.2	34.03	AB	4	0.2	34.03	AB
2	80	33.77	C	4	1.0	33.34	B	4	1.0	33.34	B
6	34	33.43	CD	2	AIRE	33.22	B	2	AIRE	33.22	B
2	60	33.26	D	6	0.2	32.93	B	6	0.2	32.93	B
4	0	33.12	DE	6	1.0	31.83	C	6	1.0	31.83	C
4	80	32.75	EF	4	AIRE	31.77	C	4	AIRE	31.77	C
4	60	32.50	F	6	AIRE	30.74	C	6	AIRE	30.74	C
4	60	32.50	F								
6	60	31.56	G								
6	0	31.44	G								
6	80	30.89	H								

LOS DATOS DEMOSTRAN QUE EN EL INTENTO PARA ESTABILIZAR EL SABOR DE POLVOS DE LECHE ENTERA, EL ALMACENAMIENTO A TEMPERATURAS EXTREMADAMENTE BAJAS PUEDE SER INNECESARIO O AÚN INDESEABLE. LA EXPLICACIÓN DE ESTE EFECTO SE CONSIDERA RELACIONADO AL ESTADO FÍSICO DEL AGUA RESIDUAL EN EL PAQUETE. ESTOS RESULTADOS INDICAN CLARAMENTE QUE A TEMPERATURAS SUPERIORES A LA DE CONGELACIÓN LA ESTABILIDAD DE LOS POLVOS DE LECHE ENTERA CONTRA LA DETERIORACIÓN OXIDATIVA SE INCREMENTA CON EL AUMENTO DEL CONTENIDO DE AGUA.

EL ENRANCIAMIENTO DE LOS POLVOS DE LECHE QUE OCURRE EN MUESTRAS ALMACENADAS CONTENIENDO BAJOS NIVELES DE OXÍGENO Y ALTOS NIVELES DE HUMEDAD, PUEDE CONSIDERARSE PROBABLEMENTE QUE SE DESARROLLA DE CAMBIOS NO OXIDATIVOS EN LOS CONSTITUYENTES DEL POLVO. COMUNMENTE SE HA PENSADO

QUE SON RESPONSABLES DEL DESARROLLO DE ESTE SABOR LAS INTERACCIONES DE LA PROTEÍNA DE AZÚCAR ASOCIADAS CON EMPARDECIMIENTO.

ESTE ESTUDIO INDICA QUE EL CONTENIDO DE HUMEDAD, TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO Y NIVEL DE OXÍGENO EN EL PAQUETE NO PUEDEN MANEJARSE SIMULTANEAMENTE DE TAL MANERA QUE PERMITAN QUE LOS 6 MESES DE ALMACENAMIENTO SE ALARGUEN SIN CAMBIO DE SABOR DETECTABLE.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SOLUBILIDAD INSTANTÁNEA.

→ EL DESARROLLO HECHO PARA INCREMENTAR LA FACILIDAD CON LA CUAL LOS POLVOS DE LECHE PUEDEN SER RECONSTITUIDOS SE HA REVISADO. ES SORPRESIVO QUE ESTE CUERPO RELATIVAMENTE GRANDE DE TRABAJO DA POCAS CONSIDERACIONES A LOS CAMBIOS DE DETERIORO EN LA SOLUBILIDAD DE LAS PROTEÍNAS DE LECHE EL CUAL PUEDE RESULTAR DE SUS ALTAS CONCENTRACIONES CHOCANDO SALES Y AZÚCARES DURANTE LA REHIDRATACIÓN, ESTO ES, LOS SÓLIDOS DE LA LECHE EN ATMÓSFERAS HÚMEDAS FORMAN RÁPIDAMENTE MASAS DE DIFÍCIL DISPERSIÓN.

HOWAT DEMOSTRÓ QUE LA SOLUBILIDAD OBSERVADA DE LOS POLVOS DE LECHE DEPENDIÓ MÁS DE LA VELOCIDAD DE AGITACIÓN QUE DE LA DURACIÓN DEL PERÍODO DE AGITACIÓN. SE CREE QUE ESTE EFECTO BENÉFICO DE INCREMENTO DE VELOCIDAD DE AGITACIÓN SE RELACIONA A UNA RÁPIDA REDUCCIÓN DE CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS EN LA VICINIDAD DE PARTÍCULAS DE POLVOS DE LECHE DISOLVIÉNDOSE.

EL RECURSO PARA DETERMINAR LA SOLUBILIDAD DE LOS POLVOS DE LECHE PERMITE UN CONTROL RELATIVAMENTE EXACTO DEL AUMENTO DE AGUA EN CONTACTO CON LOS SÓLIDOS DE LA LECHE, EL TIEMPO DE CONTACTO Y LA VELOCIDAD DE MOVIMIENTO DE LA FASE ACUOSA CRUZANDO LA SUPERFICIE DE LAS PARTÍCULAS. ESTO SE HA HECHO USANDO UN VACÍO A PRESIÓN CONSTANTE. ARRASTRANDO UNA ALICUOTA DE AGUA UNIFORMEMENTE A TRAVÉS DE UNA MUESTRA DE POLVO DISPERSADO EN UNA SOLUCIÓN NO SOLUBLE, SOPORTANDO AGENTES HIDROFÍLICOS EN UNA SERIE DE EXPERIMENTOS, MUESTRAS DE 5 G DE POLVOS - BAJO INVESTIGACIÓN SE MEZCLARON A FONDO EN AUMENTOS DE PESO DE ARENA. LOS POLVOS DE LECHE ESTUDIADOS SON DE MUESTRAS COMERCIALES DE U.S.A. EXCEPTO EL SECADO DE LECHE ENTERA AL VACÍO EN FORMA ESPUMA. EL POLVO DE LECHE ENTERA (ASPERSIÓN)

TIENE UNA DENSIDAD GLOBAL DE 0.59 G/ML. EL POLVO DESGRASADO INSTANTANEIZADO DE 0.31 G/ML. TODOS LOS POLVOS DE LECHE ENTERA CONTENIENDO APROXIMADAMENTE 26% DE GRASA.

EL EFECTO DE INCREMENTAR LA DISTANCIA ENTRE LAS PARTÍCULAS DE POLVO DURANTE LA REHIDRATACIÓN SE ILUSTR EN LA FIGURA (2). EL EFECTO NETO DE INCREMENTAR LA ARENA EN EL SISTEMA ES PARA QUE DECRESCA LA CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS DE LECHE EN LA VICINIDAD DE LAS PARTÍCULAS DE POLVO DISOLVIÉNDOSE. PUEDE VERSE QUE COMO LA DISPERSIÓN ESPACIAL DE LAS PARTÍCULAS DE POLVO SE INCREMENTA SU SOLUBILIDAD MEJORA Y PROGRESA MÁS CON POLVOS DE ALTA DENSIDAD GLOBAL.

EL EFECTO DETERIORANTE DE ALTAS CONCENTRACIONES DE SÓLIDOS SOBRE LA SOLUBILIDAD DE POLVOS DE LECHE SE ILUSTR EN LA FIGURA (3).

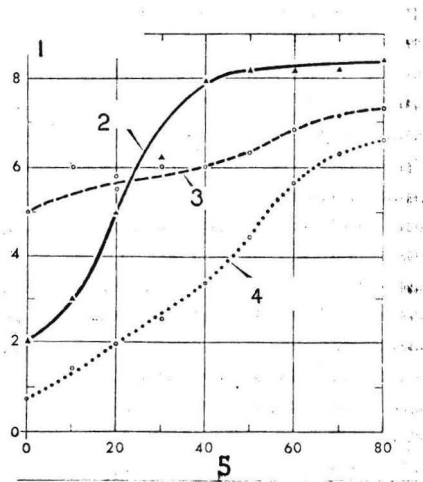


FIG. 2.- EFECTO DE LA ADICIÓN DE CANTIDADES INCREMENTADAS DE ARENA (DECRECIENDO LA CONCENTRACIÓN ESPACIAL DE POLVOS DE LECHE) A UN LECHE MEZCLADO DE POLVOS DE LECHE Y ARENA SOBRE LA SOLUBILIDAD DE LAS PARTÍCULAS DE POLVO POR ELLAS MISMAS.

1.- SOLUBILIDAD INSTANTÁNEA, % DE SÓLIDOS EN AGUA LIMPIA.

2.- DESCREMADA INSTANTANEIZADA.

3.- ESPUMA ENTERA.

4.- ESPREADO TOTAL.

5.- ARENA (G)

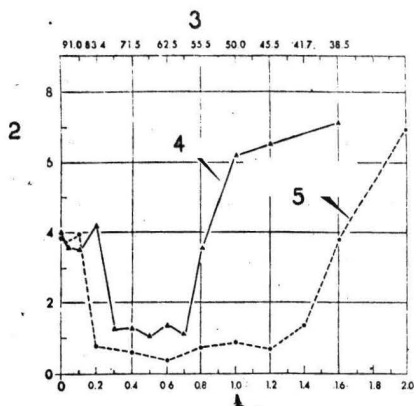


FIG. 3.- EFECTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SÓLIDOS DE LECHE HÚMEDOS SOBRE SU SOLUBILIDAD DETERMINADA INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE HUMECTAR Y 48 HORAS DESPUÉS. EL % DE HUMEDAD SE PUEDE OBTENER POR SUBSTRACCIÓN DE LOS VALORES DE SÓLIDOS TOTALES DE 100%

1.- AGUA (g)/SÓLIDOS DE LECHE (g)

2.- SOLUBILIDAD INSTANTÁNEA % DE SÓLIDOS EN AGUA LIMPIA.

3.- % TOTAL DE SÓLIDOS.

4.- INMEDIATAMENTE.

5.- DESPUÉS DE LEVANTARSE 48 HORAS A 20°C.

EN LA FIGURA (3) SE PUEDE VER QUE LOS SÓLIDOS DE LECHE PERMANECEN DISPERSABLES SI SU CONTENIDO DE HUMEDAD ES APROXIMADAMENTE ABAJO DEL 15%. UNA EXTRAPOLACIÓN DE LOS DATOS DE LA FIGURA (3) INDICA QUE LA MÁXIMA ESTABILIDAD DE SÓLIDOS DE LECHE DURANTE LA RECONSTITUCIÓN DEBE OCURRIR EN SISTEMAS CUYA CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS NO EXCEDAN EL 33%.

EN ESTE PUNTO EL SISTEMA DEBE CONTENER UN GRAMO DE SÓLIDOS DE LECHE Y 2 GRAMOS DE AGUA. LA DENSIDAD DE LOS SÓLIDOS DE LECHE DESGRASADOS ES DEL .44 g/ML. ESTA DENSIDAD ES EQUIVALENTE A UN VOLUMEN ESPECÍFICO DE 0.69 ML/g. EL VOLUMEN OCUPADO POR UN POLVO CUYA ESTRUCTURA FUÉ TAL QUE EL LLENADO DE LOS VACÍOS CON EL AGUA DEBE RESULTAR EN UN 33% DE SÓLIDOS EN SOLUCIÓN DEBE SER $2 + 0.69 = 2.69$ ML. LA DENSIDAD GLOBAL DEBERÁ SER UN GRAMO/2.69ML O 0.37 g/ML. ADEMÁS LA CONVERSIÓN DE LOS DATOS DEMUESTRA QUE LA PÉRDIDA EN SOLUBILIDAD EN SISTEMAS DE DISPERSIÓN POR SI MISMOS DECRECE LENTAMENTE COMO LA DENSIDAD GLOBAL DE LOS POLVOS ALCANZAN 0.58g/ML Y CAEN PRECIPITADAMENTE CUANDO ESTA SE EXCEDE.

COMO LA DENSIDAD GLOBAL DE 0.4 SE EXCEDE HAY QUE AÑADIR ENERGÍA MECÁNICA PARA EFECTUAR LA SOLUCIÓN COMPLETA DE LOS SÓLIDOS DE LA LECHE.

LAS MODIFICACIONES DESEADAS SE DEBEN HACER ESTABILIZANDO LAS PROTEÍNAS PRESENTES CONTRA LA PÉRDIDA EN SOLUBILIDAD DURANTE LA REHIDRATACIÓN.

EFFECTO SOBRE LA CALIDAD DEL PRODUCTO DE LA CIRCULACIÓN CRUZADA DE AIRE EN EL SECADO DE SPUMA DE LECHE ENTERA.

LA FIGURA (4) ES UN DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA PILOTO USADA PARA ESTA PRUEBA, CONCENTRANDO DE 40 A 46% DE SÓLIDOS LA LECHE ENTERA PASTEURIZADA POR FLASHEO A 162°F (72.22 °C) EN 16.5 SEG. Y SE ENFRIÓ ABAJO DE 50°F (10°C). SE DISPERSÓ NITRÓGENO EN EL CONCENTRADO PARA PRODUCIR UNA ESPUMA DE 0.4 G/CC DE DENSIDAD. LA ESPUMA SE APLICÓ EN FORMA DE CUERDAS O BANDAS DE UN SECADOR DE AIRE CONTÍNUO DE CIRCULACIÓN CRUZADA. LOS RANGOS DE LA CUERDA DE 0.05 A 0.1 PULGADAS (0.127 A 0.254 CM). LAS CONDICIONES DE AIRE FUERON: VELOCIDAD DE 240 A 710 PIES/MIN (7315.2 A 21640.8 CM/MIN), TEMPERATURA DE BULBO SECO DE 112 A 232°F (44.44 A 111.11°C) HUMEDAD RELATIVA DE 1 A 24%.

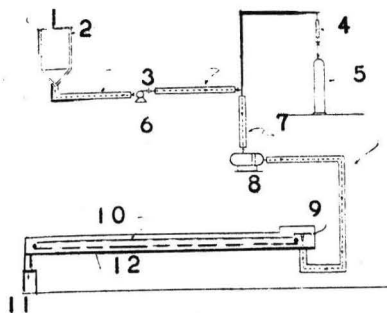


Fig. 4.- DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA PILOTO USADA PARA EL ESTUDIO DE SECADO DE LECHE ENTERA CON CIRCULACIÓN CRUZADA DE AIRE.

- 1.- CONCENTRADO.
- 2.- TANQUE DE ALIMENTACIÓN ENCHAQUETADO
- 3.- CHAQUETAS ENFRIANTES.
- 4.- ROTÁMETRO.
- 5.- TANQUE DE NITRÓGENO.
- 6.- BOMBA MEDIDORA

- 7.- CHAQUETAS ENFRIANTES.
- 8.- MEZCLADOR.
- 9.- ALIMENTADOR ROTATORIO.
- 10.- BANDA.
- 11.- RECIBIDOR DE PRODUCTO.
- 12.- SECADOR DE CIRCULACIÓN CRUZADA.

LOS DESCUBRIMIENTOS PERTINENTES DE ESTOS DATOS SON: (A) TIEMPO DE SECADO ENTRE DOS CONTENIDOS DE HUMEDAD DADOS, VARIARON CON EL CUADRADO DEL DIÁMETRO DE LA CUERDA; (B) LA TEMPERATURA DE LA ESPUMA DURANTE EL SECADO FUÉ UNA VARIABLE IMPORTANTE QUE AFECTÓ LA VELOCIDAD DE SECADO; (C) LA HUMEDAD RELATIVA NO TUVO EFECTO SOBRE LA VELOCIDAD DE SECADO, SOLAMENTE SOBRE EL CONTENIDO FINAL DE HUMEDAD QUE SE PODRÍA OBTENER; (D) LA VELOCIDAD DEL AIRE TUVO UN LEVE EFECTO SOBRE LA VELOCIDAD DE SECADO EL CUAL SE PODRÍA EXPLICAR SOBRE LA BASE DE ESTE EFECTO EN LA TEMPERATURA DE LA ESPUMA.

SABOR.- EN TODOS LOS CASOS SE ENCONTRÓ QUE ESTOS PRODUCTOS ERAN INSATISFATORIOS, POR EL DESARROLLO DE UN SABOR OXIDADO (TABLA 14), SI BIEN LOS RESULTADOS INDICARON ALGÚN MEJORAMIENTO DE SABOR DECRECIENDO EL TIEMPO DE SECADO.

TABLA 14
EVALUACIONES DE SABOR

TIEMPO TO TAL DE SE CADO.	TEMP. DE BUL BO SECO DEL AIRE.	MARCA PRO MEDIO DE LECHE EN- TERA FRES CA ESTAN- DARD.	MARCA PRO MEDIO DE MUESTRA.	SABOR MÁS OBJETABLE
(MIN)	(°F)			
6.0	143	38.8	28.5	OXIDADO
5.1	121	39.5	28.1	"
4.6	174	39.5	30.0	"
3.4	174	39.5	32.0	"
3.2	209	39.5	35.5	"
1.8	209	39.3	34.4	"
1.3	209	39.3	35.7	"
1.1	209	39.3	35.1	"
1.0	232	39.0	31.5	"
0.92	232	39.0	32.3	"

DAÑO POR CALOR.- LOS EXPERIMENTOS SE HICIERON PARA DETERMINAR EL EFECTO DE TEMPERATURAS DE BULBO SECO Y TIEMPO DE SECADO SOBRE EL ÍNDICE DE SOLUBILIDAD (TABLA 15). ESTA MUESTRA QUE LAS TEMPERATURAS DE BULBO SECO PUEDEN SER RESTRINGI

DAS SATISFACER LOS ESTÁNDARES DE ÍNDICE DE SOLUBILIDAD, QUE ESTA TEMPERATURA LÍMITE ES ALREDEDOR DE 232°F (111. CON CUERDAS DE 0.05 PULGADAS (0.127 CM) DE DIÁMETRO QUE ÉSTA ES MÁS BAJA CON CUERDAS MÁS DELGADAS.

TABLA 15
DAÑO POR EL CALOR DEBIDO AL SECADO

TEMPERATURA E BULBO SE CO DEL AIRE	DIÁMETRO DE LA CUERDA	TIEMPO DE SE- CADO	HUMEDAD (%)	ÍNDICE DE SO LUBILIDAD ML.
(°F)	PULG.	MIN.	(%)	ML.
174	0.05	2.1	3.47	HUELLAS
174	0.075	3.0	3.53	HUELLAS
174	0.1	6.3	2.82	HUELLAS
209	0.048	1.8	3.13	0.1
209	0.048	1.3	3.36	HUELLAS
209	0.05	2.2	2.47	0.3
209	0.075	3.2	3.52	0.6
209	0.1	5.47	3.73	0.4
209	0.1	3.3	4.55	1.0
232	0.048	1.0	3.05	0.4
232	0.048	0.92	3.57	0.5

LA LIMITACIÓN PRINCIPAL EN LA APLICACIÓN DE ESTE PROCESO - PARA LECHE ENTERA ES EL DESARROLLO DE UN SABOR OXIDADO.

HAY MEDIOS QUE PUEDEN CONSIDERARSE PARA CUBRIR LA DETE-- RIORACIÓN OXIDATIVA DURANTE EL PROCESADO DE LECHE. [EL TRA-- TAMIENTO DE CALOR DE LA LECHE FLUIDA ANTERIOR AL SECADO POR ASPERSIÓN SE USA COMUNMENTE PARA INHIBIR LA OXIDACIÓN DE - LA GRASA. ESTE TRATAMIENTO IMPARTE UN DECIDIDO SABOR COGIDO AL PRODUCTO. EL SECADO EN UNA ATMÓSFERA DE GAS INERTE PUEDE INHIBIR LA OXIDACIÓN PERO AUMENTA EL COSTO Y COMPLEJIDAD DE OPERACIÓN.

-EFECTO DE LA TÉCNICA DE ELIMINAR OXÍGENO SOBRE LA ESTABI- LIDAD DE SABOR DE ESPUMAS DE LECHE ENTERA SECADAS POR AS-- PERSIÓN A BAJO CALOR.-

HA SIDO VIRTUALMENTE IMPOSIBLE ELIMINAR TODO EL OXÍGENO DE LA LECHE SECA POR ASPERSIÓN POR TRATAMIENTO DE VACÍO ANTE- RIOR AL EMPACADO. ESTO FUÉ ATRIBUÍDO A LAS PROPIEDADES ES- TRUCTURALES DE LA LECHE SECA POR ASPERSIÓN, LAS CUALES EVI- TAN LA RÁPIDA ELIMINACIÓN DE AIRE DEL INTERIOR DE LOS GRÁNU- LOS DE POLVOS. SE ESPERA QUE ESTE EFECTO SEA AÚN MÁS SEVE- RO EN POLVOS DE BAJO CALOR QUE POLVOS DE LECHE CALENTADA -

Y SUBSTANCIALMENTE MÁS ARRIBA DE LAS NECESIDADES DE PASTEURIZACIÓN. LOS POLVOS DE BAJO CALOR PREPARADOS FRESCAMENTE PUEDEN RECONSTITUIRSE A UNA LECHE FLUIDA DE ALTA CALIDAD CON UN SABOR QUE SE APROXIMA AL DE LA LECHE FRESCA.

LA ESPUMA Y LA LECHE ENTERA SECADA CONVENCIONALMENTE SE PREPARARON DE LECHE PASTEURIZADA A BAJO CALOR (15 SEG A 74-79°C). LAS CONDICIONES ESTANDARD PARA SECADO POR ASPERSIÓN FUERON: DIÁMETRO DE ORIFICIO 1.18 MM, 327 KG DE CONCENTRADO DE 50% DE SÓLIDOS TOTALES POR HORA DE ALIMENTACIÓN AL SECADOR Y 127°C DE TEMPERATURA DEL AIRE.

LOS CONTENIDOS DE HUMEDAD DE LOS POLVOS ENLATADOS SE DETERMINARON POR EL MÉTODO DE DESTILACIÓN DE TOLUENO. TODOS LOS POLVOS SE ALMACENARON A 4°C. LOS NIVELES DE OXÍGENO EN LA ATMÓSFERA DE ALMACENAMIENTO SE DETERMINARON POR UN MÉTODO MODIFICADO DE PEKOWITZ-SHIRLEY O POR UN MÉTODO PARAMAGNÉTICO UTILIZANDO UN ANALIZADOR DE OXÍGENO BECKMAN.

LA TABLA (16) MUESTRA LA ESTABILIDAD RELATIVA DE SABOR DE DIFERENTES TIPOS DE POLVO DE LECHE ENTERA ALMACENADOS EN NITRÓGENO ANTES DE SER SUJETOS A UN PERÍODO LARGO DE ELIMINACIÓN DE GAS BAJO VACÍO. LOS RESULTADOS MUESTRAN QUE EL ESPUMAMIENTO INCREMENTA DEFINITIVAMENTE LA ESTABILIDAD DEL SABOR DE UNA LECHE ENTERA SECADA POR ASPERSIÓN A BAJO CALOR, LA CUAL HA SIDO EMPACADA EN GAS DESPUÉS DE DEAIRACIÓN POR 18 HR. AL VACÍO.

TABLA 16
ESTABILIDAD DE SABOR DE VARIOS TIPOS DE LECHE ENTERA SECADA A BAJO CALOR DEAIRADA EN UN VACÍO.

TIPO DE TÉCNICA PARA POLVO	ELIMINAR EL OXÍGENO.	No. DE EXPERIMENTOS.	SABOR INICI AL.	MARCAS DE CAMBIO DE SABOR DURANTE ALMACENAMIENTO		
				2 MESES	4 MESES	6 MESES
SECADO ASPERSIÓN ES PUMA	18 HR. DE EVACUACIÓN NO CATALÍTICA	10 ^c	36.3	-0.8	-2.3	-2.3
SECADO ASPERSIÓN CONVENCIONAL	18 HR. EVAC. NO CATALÍTICA	10 ^c	36.4	-22	-3.7	-3.7
SECADO DE ESPUMA - AL VAC.	" "	5	35.9	-0.5	-1.0	-1.1

^A MARCAS DE SABOR PROMEDIOS DEL NÚMERO DE EXPERIMENTOS ENLISTADOS EN LA COLUMNA 3.

^B CAMBIOS RELATIVOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO A 4°C A LA MARCA INICIAL.

^C CADA EXPERIMENTO FUÉ UNA COMPARACIÓN DIRECTA DE POLVOS HECHOS DEL MISMO CONCENTRADO DE LECHE Y PRUBADOS CON EL MISMO PANEL DE SESIONES DE PRUEBA.

MIENTRAS QUE EL ESPUMADO REDUCE LA OXIDACIÓN DURANTE EL ALMACENAMIENTO, ESTA NO ES ELIMINADA. EN CONTRASTE LA MAYOR ESTABILIDAD DE ALMACENAMIENTO DE ESPUMAS SECADAS AL VACÍO (TABLA 16) RESULTARON DE UNA AUSENCIA COMPLETA DE CRITICISMOS DE SABOR OXIDADO.

LA TABLA (17) MUESTRA LA ESTABILIDAD DE ALMACENAMIENTO DE POLVOS DE LECHE ENTERA SECADOS POR ASPERSIÓN Y AL VACÍO EMPACADOS CON EL SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE OXÍGENO DE KING. EL USO DE UN SISTEMA CATALÍTICO DE ELIMINACIÓN DE OXÍGENO DEFINITIVAMENTE HA MEJORADO LA ESTABILIDAD DEL SABOR DE POLVOS DE ESPUMAS SECADAS POR ASPERSIÓN A BAJO CALOR Y LAS MARCAS DE SABOR DESPUÉS DE 6 MESES DE ALMACENAMIENTO SON COMPARABLES CON AQUELLAS DE POLVOS DE ESPUMAS SECADAS AL VACÍO.

NO SOLAMENTE EL SISTEMA CATALÍTICO MEJORA LA ESTABILIDAD DEL SABOR DE POLVOS DE ESPUMAS SECADOS POR ASPERSIÓN ABAJO CALOR, PERO ESTO LO HACE CON EL PERÍODO DE MANTENIMIENTO BAJO VACÍO REDUCIDO DE 18 HRS A 15 MIN, SE NOTÓ (TABLA 17) QUE LOS POLVOS DE ESPUMAS SECADOS POR ASPERSIÓN EMPACADOS EN UN CATALIZADOR DESPUÉS DE SOLAMENTE 15 MIN. DE EVACUACIÓN FUÉ MUY INESTABLE EN EL ALMACENAMIENTO. CON UNA EXCEPCIÓN POSIBLE, EL NIVEL DE OXÍGENO EN LA ATMÓSFERA DE LOS POLVOS A UNA SEMANA (TABLA 18) FUÉ INDICATIVO DE SU POSTERIOR DETERIORACIÓN. ENTONCES, LOS POLVOS DE ESPUMA SECADOS POR ASPERSIÓN EMPACADOS CON UN CATALIZADOR Y POLVOS DE ESPUMA SECADOS AL VACÍO CON O SIN CATALIZADOR, TUVIERON EXTREMADAMENTE BAJOS NIVELES DE OXÍGENO Y COMO UN GRUPO, MOSTRÓ LA MAYOR ESTABILIDAD DE SABOR, ESTANDO LIBRE DE CRITICISMOS DE SABOR OXIDADO DESPUÉS DE 6 MESES DE ALMACENAMIENTO. POLVOS DE ESPUMAS SECADOS POR ASPERSIÓN EMPACADOS SIN CATALIZADOR, DESPUÉS DE SOLAMENTE 15 MIN. DE EVACUACIÓN TUVIERON EL NIVEL DE OXÍGENO MÁS ALTO Y LA MAYOR DETERIORACIÓN DE SA

BOR. PERO LOS POLVOS ESPUMADOS Y SECADOS CONVENCIONALMENTE POR ASPERSIÓN EMPACADOS SIN UN CATALIZADOR DESPUÉS DE 18 HR DE EVACUACIÓN MOSTRARON UNA DIFERENCIA DEFINIDA EN ESTABILIDAD DE SABOR SIN UN CORTE CLARO CORRESPONDIENTE A DIFERENCIA EN NIVELES DE OXÍGENO.

EFECTO DE LA ELIMINACIÓN CATALÍTICA DE OXÍGENO SOBRE LA ESTABILIDAD DE SABOR DE LECHE ENTERA SECA

TIPO DE POLVO	TÉCNICA PARA ELIMINAR OXÍGENO	No. DE EXPERIMENTOS	SABOR INICIAL	CAMBIOS DE MARCA DE SABOR DURANTE EL ALMACENAMIENTO		
				2 MESES	4 MESES	6 MESES
SECADO ESPUMA ASPERSIÓN	15 MIN. DE EVACUACIÓN CON CAT.	3 ^C	38.6	-0.8	-1.3	-1.2
SECADO ESPUMA AL VACÍO	" "	3 ^C	36.1	-0.1	-0.8	-0.9
SECADO ESPUMA ASPERSIÓN	" "	11	36.5	-0.4	-1.7	-1.4
SECADO ESPUMA ASPERSIÓN	15 MIN. DE EVACUACIÓN NO CAT.	6	36.3	-0.7	-2.5	-4.6

^A LAS MARCAS DE SABOR SON LOS PROMEDIOS DE LOS NÚMEROS DE EXPERIMENTOS ENLISTADOS EN LA COLUMNA 3

^B CAMBIOS RELATIVOS DE MARCA INICIAL DURANTE EL ALMACENAMIENTO A 4°C

^C CADA EXPERIMENTO FUÉ UNA COMPARACIÓN DIRECTA DE POLVOS HECHOS DEL MISMO CONCENTRADO DE LECHE Y PROBADOS EN EL MISMO PANEL DE SESIONES DE PRUEBA.

EFECTO DEL TIPO DE SECADO DE LECHE Y TRATAMIENTO DE DEAIRACIÓN SOBRE NIVELES TIPO DE OXÍGENO EN GAS EMPACADO DESPUÉS DE UNA SEMANA DE ALMACENAMIENTO

TIPO DE POLVO	TÉCNICA DE ELIMINACIÓN DE OXÍGENO	NIVEL DE OXÍGENO (%)	MÉTODO DE ANÁLISIS.
SECADO ESPUMA ASPERSIÓN	18 HRS. DE EVACUACIÓN NO CATALÍTICA	0.01-0.02	PARAMAGNÉTICO
SECADO ASPERSIÓN CONVENCIONAL	" " "	0.01-0.05	" "
SECADO ESPUMA AL VACÍO	" " "	0.02	PEPKOWITZ-SHIRLEY
SECADO ESPUMA ASPERSIÓN	" " "	0.70-1.1	PARAMAGNÉTICO
SECADO ESPUMA ASPERSIÓN	15 MIN. DE EVACUACIÓN CON CATALIZADOR	0.001 0 ME NOS	PEPKOWITZ-SHIRLEY

SECADO ESPUMA AL VACÍO 15 MIN. DE EVA 0.01 O MENOS PEPKOWITZ-SHIRLEY
 MA AL VACÍO CUACIÓN CON CAT.

CONSIDERANDO EL TIPO DE POLVO, EL USO DE UN SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE OXÍGENO REDUCE PRONTAMENTE EL NIVEL DE OXÍGENO ATMOSFÉRICO A CERCA DE CERO, ASÍ QUE EL ÚNICO OXÍGENO DISPONIBLE PARA LA REACCIÓN ES EL QUE ESTÁ PRESENTE EN EL POLVO DURANTE EL TIEMPO NECESARIO PARA DIFUNDIRSE DENTRO DE LA ATMÓSFERA QUE RODEA AL POLVO.

-.COMPARACIÓN DE MÉTODOS PARA DETERMINAR LA HUMEDAD DE LECHE ENTERA SECA, KARL FISCHER Y DESTILACIÓN DE TOLUENO.-

EN EL DESARROLLO DEL PROCESO SECADO ESPUMA AL VACÍO SE NECESITA UN MÉTODO EXACTO Y RÁPIDO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD. EL DRY MILK INSTITUTE TIENE EL DE DESTILACIÓN DE TOLUENO COMO MÉTODO OFICIAL. ESTE MÉTODO, SIN EMBARGO, TIENE DESVENTAJAS POR EJEMPLO, EL TOLUENO ES FLAMABLE, SE REQUIEREN GRANDES MUESTRAS Y SE REQUIEREN RECIPIENTES DE VIDRIO ESPECIALES. TAMBIÉN EL MISMO INSTITUTO MENCIONA EL MÉTODO KARL FISCHER Y HEINEMANN COMPARA ESTOS DOS MÉTODOS, CONCLUYENDO QUE EL KARL FISCHER ES SATISFACTORIO TENIENDO LAS MUESTRAS MENOS DEL 20% DE HUMEDAD.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL: SE USÓ PARA TODAS LAS TITULACIONES KARL FISCHER UN BECKMAN KF-3. EQUIPADO CON DOS ELECTRODOS DE PLATINO (39032). EL CONJUNTO DE BURETAS CONSISTIÓ DE UN TIPO CERO AUTOMÁTICO DE 10 ML (LLENADO A PRESIÓN) CON VÁLVULA DE CONTROL TIPO ESCAPE. AGITADORES MAGNÉTICOS.

EL APARATO USADO EN LA DESTILACIÓN DE TOLUENO EMPLEA UN DESTILADOR DE 5 ML BIDWELL-STERLING.

REACTIVOS.- EL REACTIVO ESTABILIZADOR DEL KARL FISCHER, SOLUCIÓN SIMPLE, FUÉ EL TITULANTE PARA LA DETERMINACIÓN. TOLUENO Y METANOL SON GRADO REACTIVO.

PROCEDIMIENTO.- DESTILACIÓN DE TOLUENO.- DE 20 A 50 g DE POLVO DE LECHE, DAN APROXIMADAMENTE 2 A 4 ML DE AGUA, SE PESAN EN UN MATRÁZ ERLLEN MEYER DE 500 ML TENIENDO EN EL FONDO UNA JUNTA DE VIDRIO DE 24/40. APROXIMADAMENTE 250 ML DE TOLUENO SE AÑADIERON EN LA DESTILACIÓN. LOS VALORES SE REPORTAN CON % DE HUMEDAD EN BASE HÚMEDA.

KARL FISCHER.- SE AÑADIERON 100 ML EXACTOS DE METANOL A

UN MATRÁZ ERLÉN MEYER DE 125 ML CONTENIENDO DE 1 A 3 GRAMOS DE POLVOS DE LECHE, SE AGITÓ DURANTE UNA HORA CON UN AGITADOR MAGNÉTICO FACILITANDO LA EXTRACCIÓN DE AGUA DE LOS POLVOS DE LECHE. DESPUÉS SE COLOCAN LOS POLVOS EN ALÍCUOTAS DE 10 ML DEL EXTRACTO DE METANOL, SE TITULÓ EN RECIPIENTE DE 300 ML.

DURANTE LA TRANSFERENCIA DE LA MUESTRA SE PURGÓ CONTÍNUAMENTE EL RECIPIENTE CON NITRÓGENO SECO PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN DE HUMEDAD ATMOSFÉRICA. EL AUMENTO DE REACTIVO KF REQUERIDO PARA PRESECAR EL SOLVENTE DILUYÉNDOSE, SE DETERMINÓ DIARIAMENTE. ESTO CONSTITUYE EL VALOR PURO DEL METANOL USADO Y SE SUSTRAYO DE TODOS LOS ESTÁNDARES Y MUESTRAS TITULANTES. TAMBIÉN, UN ESTANDARD CONTENIENDO METANOL-AGUA DE 150 A 200 MG DE AGUA EN UN VOLUMEN TOTAL DE 100 ML DE METANOL SE PREPARÓ DIARIAMENTE. UNA ALÍCUOTA CONTENIENDO APROXIMADAMENTE DE 15 A 20 MG DE AGUA SE TITULÓ PARA DETERMINAR EL EQUIVALENTE DE AGUA KARL FISCHER.

EL VALOR EQUIVALENTE DE AGUA SE EXPRESA COMO MG DE AGUA POR ML DE REACTIVO KARL FISCHER. CÁLCULOS:

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{(\text{MUESTRA TITULADA} - \text{TITULANTE PURO})(\text{EQUIV. H}_2\text{O})(100)}{\text{PESO DE LA MUESTRA EN MG.}}$$

COMPARACIÓN DE LOS 2 MÉTODOS:

PRUEBA T. PRIMERO SE PRESENTAN LOS RESULTADOS DE UN ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS DOS MÉTODOS ANALÍTICOS (TABLA 19). LOS RESULTADOS MUESTRAN UNA DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA ENTRE LOS VALORES MEDIOS INDICANDO QUE AMBOS SON DE CONFIANZA. SIN EMBARGO LA PRECISIÓN DE LOS DOS MÉTODOS VARIÓ UN POCO.

CON LA RELACIÓN F (TABLA 19) ESTOS CÁLCULOS DEMUESTRAN QUE EN TODOS EXCEPTO UN CASO (ARRIBA DEL 7% DE HUMEDAD) NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA EN LA PRECISIÓN DE CADA MÉTODO. LA DESTILACIÓN DE TOLUENO FUE EL MÉTODO MÁS PRECISO. ARRIBA DEL 7% DE HUMEDAD SE OBSERVARON DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS, CON LA TITULACIÓN KARL FISCHER SIENDO MÁS PRECISA DE 7 A 10% DE AGUA Y EL MÉTODO DE DESTILACIÓN DA MEJORES RESULTADOS ARRIBA DEL 10% DE AGUA.

TABLA 19
DATOS COMPARATIVOS PARA AMBOS MÉTODOS

RANGO DE OPERADOR HUMEDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS	Nº DE OB SERVICIOS	GRAN ME DIA (%)	PRUEBA "T" (GRAN ME-- DIA)	RELACIÓN F (CON VARIAN ZA DE GRUPO)		
0-4%	A	TOL	24	3.86	0.803	2.36 ⁺	
	A	KF	24	3.80			
	B	TOL	160	3.49	0.032	1.07	
	B	KF	160	3.49			
	C	TOL	116	3.40	0.277	1.04	
	C	KF	116	3.41			
	D	TOL	50	3.68	1.38	1.32	
	D	KF	50	3.78			
4-7%	A	TOL	46	4.66	0.251	1.01	
	A	KF	46	4.63			
	B	TOL	82	4.61	0.023	1.07	
	B	KF	82	4.61			
	C	TOL	56	5.17	0.061	1.36	
	C	KF	56	5.18			
	7-10%	C	TOL	30	8.23	0.412	3.34 ⁺
		C	KF	30	8.49		
MAYOR 10%	C	TOL	22	12.75	1.06	10.33 ⁺⁺	
	C	KF	22	13.48			

⁺SIGNIFICANCIA (P=0.05)

⁺⁺ALTAMENTE SIGNIFICANTE.

EN UN ESTUDIO NO COMPARATIVO CADA MUESTRA SE ANALIZÓ POR UNO U OTRO MÉTODO TABLAS (20 Y 21), SE UTILIZARON PARA DETERMINAR MÁS PRECISAMENTE LA VARIANZA ENTRE TRATAMIENTO. LOS RESULTADOS ILUSTRAN QUE PARA CADA MÉTODO TOTAL, TODOS LOS OPERADORES MENOS UNO DEMOSTRÓ QUE NO HUBO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA EN PRECISIÓN ENTRE LOS RANGOS 0-4 Y 4-7%. ARRIBA DEL 7% DE HUMEDAD SI SE OBSERVARON DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN VISTA DE QUE NO TODOS LOS OPERADORES PROBARON MUESTRAS EN TODOS LOS RANGOS DE HUMEDAD. DE ESTO SE CONCLUYÓ QUE LA ESTRATIFICACIÓN DE DATOS ABAJO DEL 7% DE HUMEDAD ES INECESARIA. ARRIBA DE ESTE NIVEL LA PRECISIÓN DE DETERMINACIONES DUPLICADAS SON MÁS POBRES, CON ESO NECESARIAMENTE LA ESTRATIFICACIÓN MINIMIZA EL EFECTO DE UN CONTENIDO DE HUMEDAD SOBRE LOS LÍMITES DE CONFIANZA DE LOS DUPLICADOS.

EL ANÁLISIS DE CORRIDAS SE HACE POR DUPLICADO EN ESTE ESTUDIO. ESTOS DATOS (TABLA 20 Y 21) DEMUESTRAN EL EFECTO DEL

NIVEL DE HUMEDAD SOBRE EL LÍMITE DE CONFIANZA.

TABLA 20

SIN GRUPO DE VARIANZA PARA CADA OPERADOR, ENTRE RANGOS DE HUMEDAD:
EL MÉTODO KARL FISCHER

OPERADOR	RANGO DE HUMEDAD (%)	GRADOS DE LIBERTAD ^A	LÍMITES DE CONFIANZA POR DUPLICADO. P=0.05	SIN GRUPOS DE CUADRADOS MEDIOS X 10 ⁻²	RELACIÓN "F".
A	0-4	28	+0.22	2.305	-----1.24
	4-7	46	0.194	1.862	-----6.06 ⁺
	7-10	11	0.521	11.275	----1.02
	>10	23	0.497	11.525	
B	0-4	80	0.149	1.124	-----1.28
	4-7	41	0.178	1.553	-----1.38
	7-10	30	0.235	2.640	----2.32 ⁺
	>10	124	0.346	6.120	
C	0-4	58	0.133	0.883	-----1.56
	4-7	28	0.170	1.381	-----1.08
	7-10	15	0.184	1.496	--26.56 ⁺⁺
	>10	11	0.979	39.722	
D	0-4	68	0.167	1.403	-----2.99 ⁺
	4-7	44	0.292	4.199	-----2.31 ⁺
	7-10	18	0.463	9.693	----1.27
	>10	42	0.500	12.262	

^A GRADOS DE LIBERTAD = # DE OBSERVACIONES/2⁺ SIGNIFICANCIA (P=0.05)⁺⁺ ALTA SIGNIFICANCIA (P=0.05).

TABLA 21

SIN GRUPOS DE VARIANZA PARA CADA OPERADOR, ENTRE RANGOS DE HUMEDAD:
MÉTODO DE DESTILACIÓN DE TOLUENO

A	0-4	12	+0.194	1.560	1.73
	4-7	23	0.139	0.902	
B	0-4	80	0.154	1.205	1.19
	4-7	41	0.171	1.436	
C	0-4	58	0.130	0.847	-----2.22 ⁺
	4-7	28	0.199	1.880	-----2.65 ⁺
	7-10	15	0.337	4.990	----1.30
	>10	11	0.305	3.845	

⁺ SIGNIFICANCIA.

CON EL MÉTODO TOLUENO (DE 0 A 7% DE HUMEDAD) LOS LÍMITES DE CONFIANZA SE REDUCEN A UN RANGO ESTRECHO (\pm 0.13 A 0.199).

EN CONCLUSIÓN SE PUEDE VER QUE VALORES DE HUMEDAD DETERMINADOS POR TITULACIÓN KF ESENCIALMENTE DUPLICA LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON DESTILACIÓN DE TOLUENO. AMBOS MÉTODOS SON COMPARABLES EN PRESICIÓN EN EL RANGO DE HUMEDAD DE 0-7%.

ARRIBA DEL 7% HAY DIFERENCIAS ENTRE AMBOS MÉTODOS PARECIENDO MENOS PRECISO EL KARL FISCHER (SE PUEDE DEBER A FALTA DE DATOS).

EFFECTO DE POLUCIÓN DE AIRE CON OZONO SOBRE EL SABOR DE LECHE SECA POR ASPERSIÓN.

POR AÑOS SE HA NOTADO UNA VARIACIÓN ESTACIONAL EN LOS POLVOS DE LECHE EXPERIMENTALES.

EN UN ESTUDIO SISTEMÁTICO SOBRE ESTE PROBLEMA SE ELIMINÓ LA CONTAMINACIÓN BACTERIAL Y LA OXIDACIÓN ORDINARIA DEL AIRE EN CUALQUIER EFECTO ESTACIONAL. SE ENFOCÓ LA ATENCIÓN SOBRE LA POLUCIÓN DE AIRE.

DE LOS CONTAMINANTES CONOCIDOS DEL AIRE, EL OZONO TIENE UN NÚMERO DE CUALIDADES DE LAS CUALES SE PUEDE CONECTAR CON LA PÉRDIDA DE SABOR. EL OZONO EN EL AIRE TIENE GRANDES VARIACIONES ESTACIONALES, SIENDO RELATIVAMENTE BAJO EN EL INVIERNO Y ALTO EN EL VERANO.

AQUÍ SE DESCRIBE UNA SERIE DE EXPERIMENTOS EN LOS CUALES LA LECHE SECADA POR ASPERSIÓN FUÉ FABRICADA DURANTE UN PERÍODO DE BAJOS NIVELES DE OZONO. EL EFECTO DEL OZONO SOBRE EL SABOR DE LECHE SECA SE AVERIGUÓ POR PRODUCCIÓN, EN CADA EXPERIMENTO, DE POLVOS CON Y SIN ADICIÓN DE OZONO AL GAS DEL SECADOR Y EVALUADO SU SABOR POR UN PANEL DE PRUEBA.

EL OZONO SE AÑADIÓ AL AIRE DEL SECADOR PASANDO OXÍGENO DE UN CILINDRO SUCESIVAMENTE A TRAVÉS DE UN MEDIDOR DE FLUJO UN GENERADOR DE OZONO DE CARGA SILENCIOSA Y UN TUBO DE TEFLÓN DENTRO DEL SECADOR DE ESPREADO EN UN PUNTO ENTRE LA ENTRADA DE AIRE Y EL SOPLADOR, FIGURA (5). CON UNA VELOCIDAD DE CAPACIDAD DEL SOPLADOR DE ALREDEDOR DE 2×10^5 L/MIN, ENCONTRÁNDOSE QUE EL OXÍGENO FLUYE A UNA VELOCIDAD DE 300-500 ML/MIN DADAS LAS CONCENTRACIONES DESEADAS DE OZONO.

LA MUESTRA DE AIRE FUÉ TOMADA PARA ANÁLISIS EN UN PUNTO ENTRE EL SOPLADOR Y EL CALENTADOR FIGURA (6). EN ESTE PUNTO DE MUESTREO, EL AIRE EN EL SECADOR ESTÁ BAJO PRESIÓN. EL EXCESO DE PRESIÓN SE MIDIÓ POR UNA PARTE DESVIADA DEL AIRE A TRAVÉS DE UN TUBO T DENTRO DE LA ATMÓSFERA.

UNA VARIACIÓN ESTACIONAL EN LA CALIDAD DEL SABOR DE LECHE SECA SE MUESTRA EN LOS DATOS DE LA FIGURA (7). LA ALTURA DE CADA BARRA REPRESENTA LA PÉRDIDA EN LA MARCA DE SABOR -

DEL CONCENTRADO DE LECHE CONVERTIDO EN LECHE ENPOLVO. LOS DATOS SE PROMEDIARON PARA CADA MES DURANTE UN AÑO POR 56 EXPERIMENTOS.

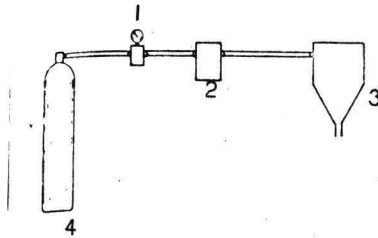


Fig. 5.- INTRODUCCIÓN DE OZONO AL SECADOR POR ASPERSIÓN.
 1.- MEDIDOR DE FLUJO.
 2.- GENERADOR DE OZONO.
 3.- SECADOR POR ASPERSIÓN.
 4.- CILINDRO DE OXÍGENO.

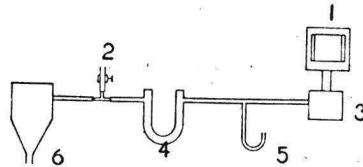


Fig. 6.- APARATO PARA MUESTREO Y MEDIDOR DE LA CONCENTRACIÓN DE OZONO EN EL SECADOR POR ASPERSIÓN.
 1.- MARCADOR.
 2.- PINZA.
 3.- MEDIDOR DE OZONO.
 4.- AGOTAMIENTO.
 5.- MANÓMETRO.
 6.- SECADOR DE ASPERSIÓN.

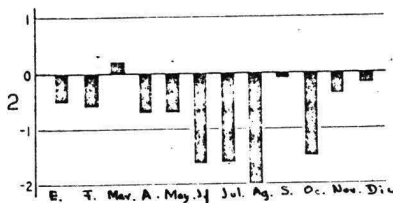


Fig. 7.- VARIACIÓN ESTACIONAL EN PÉRDIDA DE MARCA DE SABOR DURANTE LA FABRICACIÓN A BAJO CALOR, DE LECHE SECA POR ASPERSIÓN.

- 1.- MESES.
- 2.- CAMBIO DE SABOR, PUNTOS.

LA TABLA (22) MUESTRA EL EFECTO DEL NIVEL DE OZONO SOBRE LA MARCA DE SABOR DE LA LECHE SECA. EN EL NIVEL DE OZONO PROMEDIO DE 2 PPB. EL SABOR DEL POLVO SE DETERIORÓ BRUSCAMENTE. EL AÚN MÁS ALTO NIVEL DE OZONO DE 52 PPB. TUVO POCO O NADA DE EFECTO POSTERIOR SOBRE EL SABOR DEL POLVO. LOS POLVOS DE LECHE ENTERA FUERON MÁS SUCEPTIBLES QUE LOS DE LECHE DESCREMADA A LOS DAÑOS DEL OZONO.

LA FIGURA (8) MUESTRA QUE LAS MAYORES ÁREAS SUPERFICIALES PRODUCIDAS POR EL ESPUMADO DEL POLVO SE ASOCIAN CON UNA MAYOR PÉRDIDA DE MARCA DE SABOR. ESTE EFECTO DEL OZONO ES EVIDENTE EN LOS POLVOS DE LECHE ENTERA Y DESCREMADA, A UNA CIERTA CANTIDAD EN AMBOS NIVELES DE OZONO.

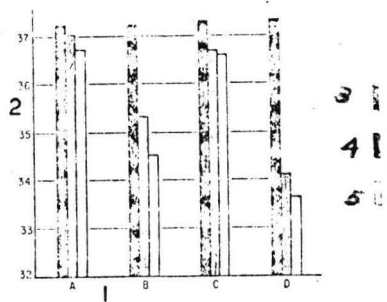


FIG. 8.- EFECTO DEL ÁREA SUPERFICIAL SOBRE LA MARCA DE SABOR DE LECHE SECAS FABRICADAS BAJO DOS NIVELES DE OZONO.

- 1.- TIPO DE POLVO.
 - 2.- MARCA DE SABOR.
 - 3.- LECHE CONCENTRADA.
 - 4.- POLVO REGULAR.
 - 5.- POLVO ESPUMADO.
- A.- DESCREMADA, 2 PPB OZONO; PROMEDIO DE 3 EXPERIMENTOS.
 B.- DESCREMADA, 32 PPB OZONO; PROMEDIO DE 3 EXPERIMENTOS.
 C.- ENTERA, 2 PPB OZONO; PROMEDIO DE 2 EXPERIMENTOS.
 D.- ENTERA, 32 PPB OZONO; PROMEDIO DE 2 EXPERIMENTOS.

TABLA 22

NIVEL DE OZONO (PPB)	EFECTO SOBRE LA MARCA DE SABOR	
	POLVO DE LECHE DESCREMADA ^B	POLVO DE LECHE ENTERA ^B
	(MARCAS) ^A	
2 ^C	-0.5	-0.6
32 ^D	-2.2	-3.5
52 ^E	-2.6	-3.4

^A LOS DATOS REPRESENTAN EL NÚMERO DE PUNTOS PERDIDOS DE MARCA DE SABOR EN LA CONVERSIÓN DE CONCENTRADO A LECHE SECA.

^B POLVOS ESPUMADOS Y NO ESPUMADOS ESTAN INCLUIDOS EN LAS FIGURAS PROMEDIO.

^C DATOS DE 8 POLVOS DESCREMADOS Y 4 POLVOS DE LECHE ENTERA.

^D DATOS DE 6 POLVOS DESCREMADOS Y 4 POLVOS DE LECHE ENTERA.

^E DATOS DE 2 POLVOS DESCREMADOS Y 2 POLVOS DE LECHE ENTERA.

LOS DATOS DE LA FIGURA (9) MUESTRAN QUE LOS POLVOS DE LECHE ENTERA SUFREN MAYOR DAÑO DE SABOR QUE LOS POLVOS DE LECHE DESCREMADA CUANDO SE FABRICAN BAJO UN NIVEL DE OZONO DE 32 PPB.

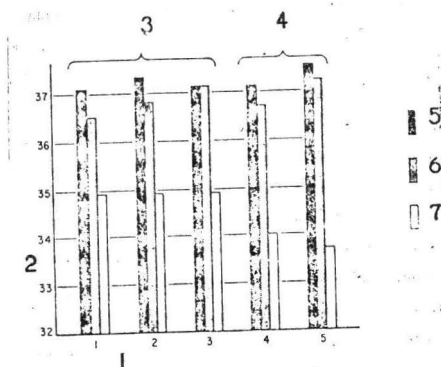


FIG. 9.- EFECTO DEL CONTENIDO DE GRASA SOBRE LA PÉRDIDA DE MARCA DE SABOR A 32 PPB. LOS DATOS REPRESENTAN EL PROMEDIO DE POLVOS ESPUMADOS Y NO ESPUMADOS EN CADA EXPERIMENTO.

- 1.- NÚMERO DE EXPERIMENTO.
- 2.- MARCA DE SABOR.
- 3.- POLVO DE LECHE DESCREMADA.
- 4.- POLVO DE LECHE ENTERA.
- 5.- CONCENTRADO DE LECHE.
- 6.- POLVO CONTROL.
- 7.- POLVO OZONIZADO.

LOS DATOS DE LA TABLA 22 MUESTRAN QUE LA INTRODUCCIÓN DE 32 PPB DE OZONO DENTRO DEL AIRE DEL SECADOR TUVO UN EFECTO DRAMÁTICO SOBRE EL SABOR DE LA LECHE SECA. SUBIENDO EL NIVEL A 52 PPB MOSTRÓ POCO O NINGÚN EFECTO POSTERIOR. AQUÍ TAMBIÉN EL NIVEL MÁS ALTO DE OZONO QUIZÁ NO TUVO EFECTO ADICIONAL SOBRE LA LECHE ENTERA EN POLVO PERO TUVO UN INCREMENTO DE DAÑO AL SABOR DE LOS POLVOS DE LECHE DESCREMADA. PARECE QUE PARA EL POLVO DE LECHE ENTERA AL MENOS, LOS NIVELES CRÍTICOS DE OZONO SON MÁS BAJOS DE 32 PPB.

LOS DATOS DE BERLIN Y COLABORADORES INDICAN QUE EL ESPUMADO, BAJO ESTAS CONDICIONES INCREMENTA EL ÁREA SUPERFICIAL DE POLVOS DE LECHE ENTERA ALREDEDOR DE 3,7 VECES Y LAS DE LECHE DESCREMADA A 4.6 VECES. EL EFECTO DE MAYORES ÁREAS SUPERFICIALES ES INCREMENTAR LA SENSITIVIDAD DE LOS POLVOS AL OZONO DURANTE EL SECADO. LOS POLVOS SUFRIERON MÁS DAÑO AL OZONO CUANDO SE ESPUMARON FIGURA (8).

DE LOS DATOS DE LA FIGURA (9) LOS POLVOS DE LECHE ENTERA SUFREN MÁS DAÑO AL OZONO QUE LOS DE LECHE DESCREMADA, ESTO SUGIERE QUE LA PÉRDIDA DE SABOR ES PRODUCIDA POR UNA REACCIÓN ENTRE EL OZONO Y LA GRASA DE LECHE. POR LO QUE SE PUEDE DECIR QUE EL EFECTO DEL DAÑO DEL OZONO EN EL SABOR ES BASTANTE SERIO Y SI EL OBJETIVO ES PRODUCIR LECHE EN POLVO DE ALTA CALIDAD, PODRÍA DARSE CONSIDERACIÓN A LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA DE BAJA POLUCIÓN ATMOSFÉRICA O ELIMINANDO LOS CONTAMINANTES DEL AIRE DEL SECADOR.

EFFECTO DEL AIRE FILTRADO CONTAMINADO CON OZONO A TRAVÉS DE CARBÓN ACTIVADO SOBRE EL SABOR DE LA ESPUMA DE LECHE ENTERA SECADA POR ASPERSIÓN.

EL CARBÓN ACTIVADO SE HA USADO PARA PROVEER AIRE LIBRE DE OZONO. ESTE ESTUDIO SE HIZO PARA LA DETERMINACIÓN DE SI EL SABOR VARIABLE DE LECHE SECAS FABRICADAS DURANTE LA ESTACIÓN DE TIEMPO CÁLIDO PODRÍA MEJORARSE POR FILTRACIÓN DE AIRE ENTRANDO AL SECADOR POR MEDIO DE CARBÓN ACTIVADO. SE HICIERON UNA SERIE DE EXPERIMENTOS DURANTE UN PERÍODO DE ANTECEDENTES CON NIVELES DE OZONO. EN CADA EXPERIMENTO LAS ESPUMAS DE LECHE ENTERA SECAS SE FABRICARON USANDO, ALTERNATIVAMENTE, FILTROS DE CARBÓN REGULAR Y ACTIVADO.

LOS DATOS DE LA TABLA (23) MUESTRAN UN MARCADO MEJORAMIENTO EN LA CALIDAD DEL SABOR CUANDO EL AIRE DE ENTRADA CONTAMINADO CON OZONO ES FILTRADO A TRAVÉS DE CARBÓN ACTIVADO.

TABLE 23
EFECTO DE LA ELIMINACIÓN DE OZONO DEL AIRE DEL SECADOR POR FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO SOBRE EL SABOR DE ESPUMAS DE LECHE ENTERA SECADAS POR ASPERSIÓN

No. DE EXPERIMENTO.	POLVO DE LECHE				
	CONCENTRADO DE LECHE	FILTRO DE AIRE DE CELULOSA		FILTROS DE AIRE DE CARBÓN ACTIVADO	
		MARCA DE SABOR	NIVEL DE OZONO	MARCA DE SABOR	NIVEL DE OZONO	MARCA DE SABOR
		(PPB)		(PPB)	
1	37.0	7	34.9	0	37.0
2	37.4	5	36.7	0	37.3
3	37.4	17	33.4	0	36.7
4	37.5	6	36.0	0	37.3
5	37.1	11	34.2	0	37.3
6	37.3	6	35.4	0	37.2
7	37.3	4	36.7	0	37.3

^A VALOR PROMEDIO PARA DOS MUESTRAS, UNA DE LAS CUALES FUÉ FABRICADA AL COMIENZO Y UNA AL FINAL DE CADA EXPERIMENTO.

CON LOS FILTROS REGULARES DE CENIZA EN LUGAR DE LOS OZOS, EL NIVEL DE OZONO EN EL SECADOR, (MEDIDO ANTES DEL SECADOR) VARÍA DE 4 A 17 PPB. BAJO ESTAS CONDICIONES, DE 0.6 A 4.0 (PROMEDIO 2) PUNTOS DE SABOR FUERON PERDIDOS EN LOS PROCESOS DE SECADO. CON LOS FILTROS DE CARBÓN LOS NIVELES DE OZONO SE REDUJERON A CERO Y LAS MARCAS DE SABOR DE LOS POLVOS VARIARON DE 0.7 MÁS BAJO A 0.2 MÁS ALTO (PROMEDIO 0.1 MÁS BAJO) QUE LOS CONCENTRADOS.

LA TABLA (24) MUESTRA QUE SI EL POLVO ES ENFRIADO ANTES DE EXPOSICIÓN AL AIRE CONTAMINADO, LA SIGUIENTE EXPOSICIÓN INCIDENTE AL TAMIZADO Y EMPACADO NO TIENE UN EFECTO ADVERSO PARA LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DE ESTOS EXPERIMENTOS.

POR LA ADICIÓN DE OZONO EL AIRE PURIFICADO CON CARBÓN TABLA (25) ES EVIDENTE QUE EL OZONO SOLO DAÑA EL SABOR DEL POLVO DE LECHE.

TABLA 24

EFFECTO DE SUBSECUENTE EXPOSICIÓN A LA POLUCIÓN DE AIRE SOBRE SABOR DE ESPUMA DE LECHE ENTERA SECADA POR ASPERSIÓN - FABRICADA EN AIRE LIBRE DE OZONO.

No. DE EXPERI- MENTO.	LECHE CON <u>CENTRADA</u> MARCA DE SABOR	POLVOS NO EXPUESTOS ^A		POLVOS EXPUESTOS ^B	
		NIVEL DE OZONO EN AIRE PU- RIFICADO CON CAR- BÓN.	MARCA DE SABOR	NIVEL DE OZONO EN PLANTA - DE AIRE CONTAMI- NADO.	MARCA DE SABOR
		PPB		PPB	
1	37.0	0.0	37.0	7	37.0
2	37.4	0.0	37.3	5	37.6
3	37.4	0.0	36.7	17	36.7
4	37.5	0.0	37.3	6	37.1
5	37.1	0.0	37.3	11	37.3

^A ENFRIADO ALREDEDOR DE LA TEMPERATURA AMBIENTE EN VAPOR DE LÍQUIDO-NITRÓGENO Y COLECTADO DIRECTAMENTE EN BOTELLAS -- SIN TAMIZADO CON UN MÍNIMO DE EXPOSICIÓN DE AIRE.

^B ENFRIADO ALREDEDOR DE LA TEMPERATURA AMBIENTE EN VAPOR DE LÍQUIDO-NITRÓGENO, ENTONCES COLECTADO EN LATAS DE LECHE, - MANTENIDO POR 20 MIN, Y TAMIZADO EN AIRE CONTAMINADO.

TABLA 25

EFFECTOS COMPARATIVOS DE OZONO EN SECADORES DE AIRE CONTAMINADO NATURAL Y ARTIFICIALMENTE SOBRE EL SABOR DE LECHE ENTERA SECADA POR ASPERSIÓN DE ESPUMA.

No. DE EXPERI- MENTOS.	LECHE CONCEN- TRADA MARCA DE SA- BOR.	POLVO DE LECHE			
		FILTROS DE AIRE DE CE- LULOSA		FILTROS DE AIRE DE CARBÓN ACTIVADO	
		NIVEL DE O- ZONO	MARCA DE SA- BOR	NIVEL DE OZONO ^A	MARCA DE SABOR
		PPB		PPB	
1	37.3	6(D) ^B	35.4	0(C) 2(B) 10(A)	37.2 36.7 33.8
2	37.3	4(D)	36.7	0(C) 6(B) 12(A)	37.3 36.1 35.0

^A LOS NIVELES DE OZONO POSITIVOS SE OBTUVIERON POR ADICIÓN DE OZONO INTRODUCIÉNDOLOS AL AIRE DEL SECADOR EN UN PUNTO ENTRE LOS FILTROS DE CARBÓN Y EL SOPLADOR.

^B LAS LETRAS ENTRE PARÉNTESIS DESIGNAN PROCEDIMIENTOS DESCRITOS EN LA SECCIÓN DE MÉTODOS DEL ARTÍCULO.

INCREMENTO DE PERÓXIDO EN GRASA DE LECHE DURANTE LA FABRICACIÓN DE POLVOS DE ESPUMA SECADA POR ASPERSIÓN.

HANRAHAN Y ASOCIADOS MOSTRARON QUE LA INYECCIÓN DE UNA PEQUEÑA CANTIDAD DE GAS INERTE DENTRO DEL CONCENTRADO MOVIÉNDOSE EN LA LÍNEA DE ALTA PRESIÓN DE UN SECADOR POR ASPERSIÓN CONVENCIONAL PRODUJO UN POLVO DE LECHE ENTERA DE EXCELENTE SABOR INICIAL Y BUENA DISPERSABILIDAD, ESTE POLVO TUVO UN NIVEL RELATIVAMENTE ALTO DE GRASA LIBRE.

LOS POLVOS SE HICIERON DE LECHE ESTANDARIZADA A 3.3% DE GRASA. POSTERIOR PASTEURIZACIÓN, CONCENTRACIÓN Y SECADO DE ESPUMA POR ASPERSIÓN SE HICIERON CON EQUIPO Y TÉCNICAS DESCRITAS POR HANRAHAN Y COLABORADORES.

EL EFECTO DE LOS PASOS DE CONCENTRACIÓN Y SECADO DE ESPUMA SOBRE LOS VALORES DE PERÓXIDO DE GRASA DE LECHE SE MUESTRAN EN LA TABLA(26). SE PUEDE VER DE LOS VALORES PROMEDIO OBTENIDOS DE LOS ANÁLISIS DE 20 CORRIDAS DE PRODUCCIÓN QUE LAS LECHE FRESCAS CONTIENEN NIVELES BAJOS PERO DETECTABLES DE PERÓXIDO LOS CUALES SE INCREMENTAN SOLO LEVEMENTE EN LA CONCENTRACIÓN.

TABLA 26
CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE PERÓXIDO DE LECHE DURANTE CONCENTRACIÓN Y SECADO DE ESPUMAS POR ASPERSIÓN^A.

MUESTRA No.	LECHE	CONCENTRADO	LECHE SECA
-----MEQ O ₂ /KG DE GRASA-----			
1	0.010	0.010	0.020
2	0.010	0.010	0.020
3	0.010	0.010	0.025
4	0.010	0.010	0.025
5	0.010	0.010	0.030
6	0.010	0.015	0.020
7	0.010	0.015	0.030
8	0.010	0.015	0.040
9	0.010	0.025	0.030
10	0.010	0.025	0.030
11	0.015	0.015	0.030
12	0.015	0.015	0.030
13	0.015	0.020	0.025
14	0.015	0.045	0.050
15	0.025	0.030	0.040
16	0.025	0.030	0.040
17	0.040	0.040	0.045
18	0.040	0.045	0.050
19	0.040	0.045	0.055
20	0.040	0.045	0.110
PROMEDIO	0.019	0.024	0.036

^A TODOS LOS VALORES SON PROMEDIADOS DE ANÁLISIS DUPLICADOS.

AÚN CUANDO UN INCREMENTO MÁS SIGNIFICATIVO EN LA CONCENTRACIÓN DE PERÓXIDO FUÉ NOTADO DURANTE EL SECADO ESPUMA - POR ASPERSIÓN, LOS VALORES PROMEDIO DE PERÓXIDO EN LA GRASA EN EL PRODUCTO TERMINADO PERMANECIERON RELATIVAMENTE BAJOS.

EN LA FIGURA (10) MUESTRAN LOS DATOS TÍPICOS OBTENIDOS EN UN ESTUDIO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE PERÓXIDO DE PRODUCTOS DE ESPUMA SECADA POR ASPERSIÓN Y PRODUCTOS SECADOS POR ASPERSIÓN CONVENCIONALMENTE. AQUÍ SE NOTA QUE LA EXTENSIÓN DE OXIDACIÓN DE GRASA DE LECHE EN POLVOS SECADOS POR ASPERSIÓN CONVENCIONAL ES MENOR QUE EN EL MATERIAL DE ESPUMA SECADA POR ASPERSIÓN. TAMBIÉN SE NOTA LA DIFERENCIA EN VELOCIDADES DE OXIDACIÓN DE LOS TIPOS DE POLVOS CUANDO SE ALMACENARON EN AIRE.

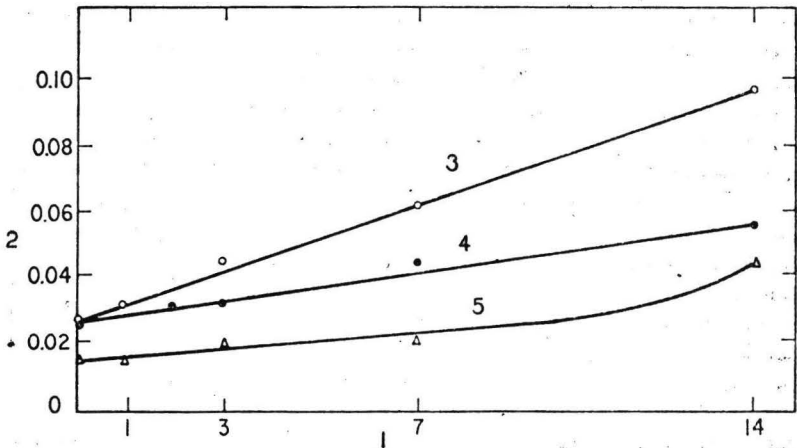


FIG. 10.- COMPARACIÓN DE CONTENIDO INICIAL DE PERÓXIDO Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ASPERSIÓN DE ESPUMA Y ASPERSIÓN CONVENCIONAL DE LECHE ENTERA. LOS VALORES REPRESENTAN UNPROMEDIO DE ANÁLISIS POR DUPLICADO.

- 1.- TIEMPO DE ALMACENAMIENTO. (DÍAS)
- 2.- VALORES DE PERÓXIDO ($\text{MEQ O}_2/\text{KG GRASA}$)
- 3.- ASPERSIÓN ESPUMA ALMACENADA A 24°C
- 4.- ASPERSIÓN ESPUMA ALMACENADA A 5°C.
- 5.- ASPERSIÓN REGULAR ALMACENADA A 24°C.

EL MATERIAL SECAGADO POR ASPERSIÓN CONVENCIONAL EXHIBE

MAYOR ESTABILIDAD CONTRA LA OXIDACIÓN CUANDO SE EXPONE AL AIRE. ASÍ MISMO, REDUCIENDO LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO DE ESPUMA DE LECHE SECADA POR ASPERSIÓN PERMITE AL MENOS 14 DÍAS DE ALMACENAMIENTO EN AIRE CON SOLAMENTE UN INCREMENTO MENOR EN EL CONTENIDO DE PERÓXIDO.

LA GRASA EN LOS POLVOS DE ESPUMAS SECADAS POR ASPERSIÓN OBTIENE SE OXIDA MÁS RÁPIDAMENTE QUE EL MATERIAL SECADO POR ASPERSIÓN CONVENCIONAL DURANTE LA FABRICACIÓN Y ALMACENAMIENTO. ASÍ MISMO, LA EXTENSIÓN DE OXIDACIÓN DURANTE EL SECADO ES RELATIVAMENTE MENOR.

RESISTENCIA AL CALOR DE LA SALMONELLA EN EL SECADO DE LECHE.

CULTIVOS.- TRES ESPECIES DE PRUEBA DE SALMONELLA SE SELECCIONARON SOBRE LAS BASES DE SUS RESISTENCIAS AL CALOR Y FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE APARICIÓN EN LOS PRODUCTOS DE LECHERÍA. ELLAS FUERON, SALMONELLA SENFTENBERG 775W, SALMONELLA TYPHIMURIUM TMI, SALMONELLA NEWBRUNSWICK 1608.

EFFECTO DE ALMACENAMIENTO.

LA SUPERVIVENCIA DE LA SALMONELLA DURANTE EL ALMACENAMIENTO A TEMPERATURAS DE 4.4 A 50°C SE MUESTRA EN LA TABLA (27). LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO DE NDM (LECHE SECA DESCREMADA) TUVIERON UN EFECTO MARCADO SOBRE LA SUPERVIVENCIA.

TABLA 27

SUPERVIVENCIA DE SALMONELLA EN NDM CONTAMINADA DURANTE EL ALMACENAMIENTO.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO. (SEMANAS)	TEMPERATURA °C					
	4.4	15.5	26.6	37.7	43.3	50
0	220X10 ⁴	220X10 ⁴	220X10 ⁴	220X10 ⁴	16X10 ⁴	16X10 ⁴
1	170X10 ⁴	85X10 ⁴	110X10 ⁴	49X10 ³	9X10 ³	4X10 ²
2	155X10 ⁴	120X10 ⁴	55X10 ⁴	37X10 ³	27X10	30X10
3	9X10 ⁴	36X10 ⁴	79X10 ³	29X10 ³	11X10	1X10
4	65X10 ⁴	50X10 ⁴	30X10 ³	20X10 ³	10X10	8
6	69X10 ⁴	25X10 ⁴	35X10 ³	12X10 ³	10	1
15	20X10 ⁴	40X10 ³	30X10 ²	16X10 ²	....	....

POCA CAÍDA EN EL CONTEO VIABLE SE OBSERVÓ EN POLVOS ALMACENADOS DURANTE 15 SEMANAS A TEMPERATURAS MÁS BAJAS, SIN

EMBARGO, LA VELOCIDAD DE DESTRUCCIÓN INCREMENTÓ CON EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO. EL CONGELAMIENTO Y DESCONGELAMIENTO ALTERNADOS NO PARECE AFECTAR LA VELOCIDAD DE DESTRUCCIÓN. ES DUDOSO QUE UNA TEMPERATURA ALTA DE ALMACENAMIENTO SE PUEDA USAR SUCESIVAMENTE PARA ELIMINAR CONTAMINACIÓN DE SALMONELLA SIN AFECTAR ADVERSAMENTE EL SABOR DEL PRODUCTO.

EFFECTO DE LOS PRESERVATIVOS DE ALIMENTOS.- NINGUNO DE LOS PRESERVATIVOS DE ALIMENTOS CONOCIDOS PARA INHIBIR LA SALMONELLA EN EL ESTADO LÍQUIDO TUBIERON ALGÚN EFECTO SIGNIFICANTE SOBRE SU SUPERVIVENCIA EN EL ESTADO SECO. LAS CAÍDAS EN EL CONTEO VIABLE FUERON LAS MISMAS EN EL CONTROL Y EN LOS POLVOS A LOS CUALES SE LES AÑADIÓ 0.1% DIETIL-PIRO-CARBONATO, 500 PPM DE SORBATO DE POTASIO, 0.2% BENZOATO DE SODIO Y UNO Y 10% DE SUERO, ALMACENADOS A 22.5°C - POR MÁS DE TRES MESES.

EFFECTO DE HUMEDAD.- LA INFLUENCIA DE LA HUMEDAD SOBRE EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE SALMONELLA A 37°C SE MUESTRA EN LA TABLA (28).

TABLA 28
EFFECTO DE LA HUMEDAD EN CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE SALMONELLA SOBRE NDM A 37°C.

HUMEDAD (%)	(SALMONELLA/g)		
	0HR.	24 HR.	72 HR
4	92X10 ³	23X10 ³	11X10 ³
7	92X10 ³	86X10 ²	70X10 ²
15	92X10 ³	9X10 ¹	1X10 ¹
20	92X10 ³	18X10	4X10
30	92X10 ³	10X10 ²	7X10 ²
40	92X10 ³	21X10 ³	21X10 ⁵
50	92X10 ³	80X10 ⁶	120X10 ⁷

LA CAÍDA DEL CONTEO VIABLE ESTUVO CORRELACIONADA CERCANAMENTE CON UN AUMENTO EN HUMEDAD ALREDEDOR DE 15 A 20%. MÁS ALLÁ DE 20% HUBO UN DESNIVELAMIENTO DE DESTRUCCIÓN CON BUEN CRECIMIENTO, EMPEZANDO A 40%. ESTOS RESULTADOS Y LOS RESULTADOS DE LA TABLA (27) INDICAN QUE NIVELES DESFAVORABLES DE HUMEDAD PUEDEN INTERRUPIR LAS CONDICIONES LATENTES NE

CESARIAS PARA LA SUPERVIVENCIA.

RESISTENCIA AL CALOR DE LA SALMONELLA EN EL POLVO.- LA RESISTENCIA EXTREMA DE SALMONELLA A LA DESTRUCCIÓN POR CALOR SECO SE MUESTRA EN LA TABLA (29). A 60 o 76.6°C NO SE TIENE SUFICIENTE MORTANDAD DESPUÉS DE 10 HORAS. EL GRADO DE CALOR REQUERIDO PARA DESTRUCCIÓN EN CORTO TIEMPO (115.5°C-1HR) FUÉ INTENSO E IMPARTIÓ UNA APARIENCIA AMARILLA AL POLVO.

LA IMPORTANCIA DE LA HUMEDAD EN LA DESTRUCCIÓN POR CALOR ES EVIDENTE DE LOS RESULTADOS EN LA FIGURA (11).

TABLA 29

RESISTENCIA AL CALOR SECO DE LA SALMONELLA EN LECHE SECA DESCREMADA ^A

EXPOSICIÓN	60°C	76.6°C	85°C	115.5°C
0	69X10 ⁴	73X10 ⁴	94X10 ³	94X10 ³
15 MIN.	54X10 ⁴	.....	.....	16X10 ³
30 MIN.	45X10 ⁴	135X10 ³	71X10 ²	8X10 ²
45 MIN.	.....	.....	.....	2X10 ¹
1 HORA.	47X10 ⁴	45X10 ³	87X10 ¹	MENOR DE 1
2 HORAS.	30X10 ⁴	50X10 ³	35X10 ¹	"
3 " "	38X10 ⁴	30X10 ²	8X10 ¹	"
4 " "	.....	29X10 ²	5X10 ¹	"
5 " "	30X10 ⁴	14X10 ²	2	"
10 " "	40X10 ²	35X10	0	"

^A LECHEOS FINOS DE POLVO CONVENCIONAL (4% HUMEDAD) CALENTADO EN HORNO.

^B RESULTADOS NEGATIVOS DE 10 G DE MUESTRA GRAVADAS MENORES DE 1.

DOS HORAS FUERON INSUFICIENTES PARA DAR RESULTADOS NEGATIVOS EN POLVOS DE 4 Y 7% A 85°C, AUNQUE 30 MIN FUERON SUFICIENTES A UN NIVEL DE 25%. EL TIEMPO DE CALENTAMIENTO A 115.5°C REQUERIDO PARA DAR RESULTADOS NEGATIVOS FUÉ SOLAMENTE LA MITAD DEL TIEMPO REQUERIDO A 85°C.

LOS RESULTADOS DE POLVOS SECOS DE DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD EN UN LABORATORIO DESPUÉS DEL SECADO SE ILUSTRAN EN LA TABLA (30). SI BIEN LOS MÉTODOS COMERCIALES NO EXCEDEN LOS 115.5°C O 14% DE HUMEDAD, TEMPERATURAS SUPERIORES A

148.8°C Y HUMEDADES SUPERIORES A 25% FUERON PROBADAS. AQUÍ SIEMPRE, ALTAS HUMEDADES INCREMENTARON LA VELOCIDAD Y EXTENSIÓN DE MORTANDAD. EL INCREMENTO EN EFECTOS LETALES AL CANZÓ UN MÁXIMO ALREDEDOR DE UN NIVEL DE 15% DE HUMEDAD. NO SE DETECTÓ SALMONELLA EN POLVOS CONTENIENDO 15% DE HUMEDAD, TRATADOS CON UNA COMBINACIÓN DE TIEMPO-TEMPERATURA DE 148.8°C DURANTE 6 MINUTOS; SIN EMBARGO LAS PARTÍCULAS DE POLVO SE CARBONIZARON Y TUVIERON APARIENCIA Y OLOR A COCIDO.

TABLA 30
EFFECTO DE AIRE FORZADO CALENTADO SOBRE LA SUPERVIVENCIA DE SALMONELLA^A.

EXPOSICIÓN		HUMEDAD	SALMONELLA ^B
TEMPERATURA	TIEMPO		
(C)	(MIN)	(%)	(NO./g)
....	0	4	116X10 ³
....	0	7	112X10 ³
....	0	10	109X10 ³
....	0	15	104X10 ³
....	0	25	95X10 ³
87.7	3	4	31X10 ³
87.7	3	7	23X10 ³
87.7	3	10	20X10 ³
87.7	3	15	10X10 ²
87.7	3	25	20X10 ²
98.8	3	4	56X10 ³
98.8	3	7	22X10 ³
98.8	3	10	27X10 ²
98.8	3	15	20X10 ²
98.8	3	25	30X10 ²
115.5	3	4	150X10 ²
115.5	3	7	180X10 ²
115.5	3	10	160X10 ²
115.5	6	10	100X10 ²
115.5	3	15	24X10 ²
115.5	6	15	50X10 ¹
115.5	3	25	30X10 ²
115.5	6	25	15X10 ²

148.8	3	4	30×10^3
148.8	6	4	20×10^3
148.8	3	15	20×10
148.8	6	15	MENOR DE 1

^A BURBUJEO CON AIRE CALIENTE EN LABORATORIO DESPUÉS DE SECAR

^B RESULTADOS NEGATIVOS DE MUESTRAS DE 10 G GRAVADAS MENOR DE 1

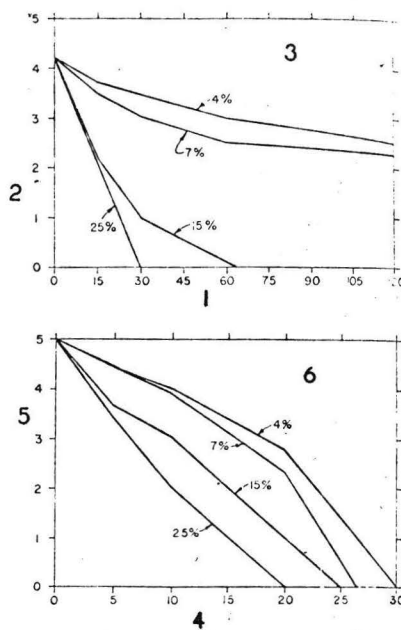


Fig. 11.- INFLUENCIA DEL NIVEL DE HUMEDAD SOBRE LA DESTRUCCIÓN TÉRMICA DE SALMONELLA EN LECHE SECA DESCREMADA A 85 Y 115.5°C.

- 1.- TIEMPO DE MANTENIMIENTO - MINUTOS.
- 2.- LOGARITMO CONTABLE VIABLE/G
- 3.- POLVOS HÚMEDOS CALENTADOS EN HORNO A 85°C.
- 4.- TIEMPO DE MANTENIMIENTO - MINUTOS.
- 5.- LOGARITMO CONTABLE VIABLE/G.
- 6.- POLVOS HÚMEDOS CALENTADOS EN HORNO A 115.5°C.

RESISTENCIA AL CALOR DE LA SALMONELLA EN LECHE FLUÍDA Y CONCENTRADA.- LA FIGURA (12) COMPARA LOS RESULTADOS DE ESTUDIOS DE TIEMPO-TEMPERATURA SOBRE LECHE DESCREMADA (10%) Y CONCENTRADA (50%). EN RESUMEN, LA SUPERVIVENCIA DE TODAS LAS ESPECIES FUÉ MAYOR EN LECHE CONCENTRADA QUE EN LECHE FLUÍDA. LA SALMONELLA SENFTENBERG SUPERVIVIÓ A 65.5°C

POR 6 MINUTOS EN EL CONCENTRADO PERO SE OBTUVIERON RESULTADOS NEGATIVOS PARA MUESTRAS DE CREMA TRATADAS 3 MINUTOS A ESTA TEMPERATURA. LOS RESULTADOS COINCIDEN CON EL CONOCIMIENTO ACEPTADO DE QUE LA SALMONELLA ES FÁCILMENTE ELIMINADA POR PASTEURIZACIÓN EN LECHE FLÚIDA; ESTE ESTUDIO INDICA QUE SERÁN NECESARIAS TEMPERATURAS MÁS ALTAS EN LOS CONCENTRADOS. ESTOS RESULTADOS SUMINISTRAN UNA INDICACIÓN RAZONABLE DE LA EXTREMA RESISTENCIA AL CALOR SECO DE SALMONELLA Y SUMINISTRAN INFORMACIÓN QUE PUEDE SER DE VALOR EN LA DETERMINACIÓN POTENCIAL DE PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LA MANUFACTURA.

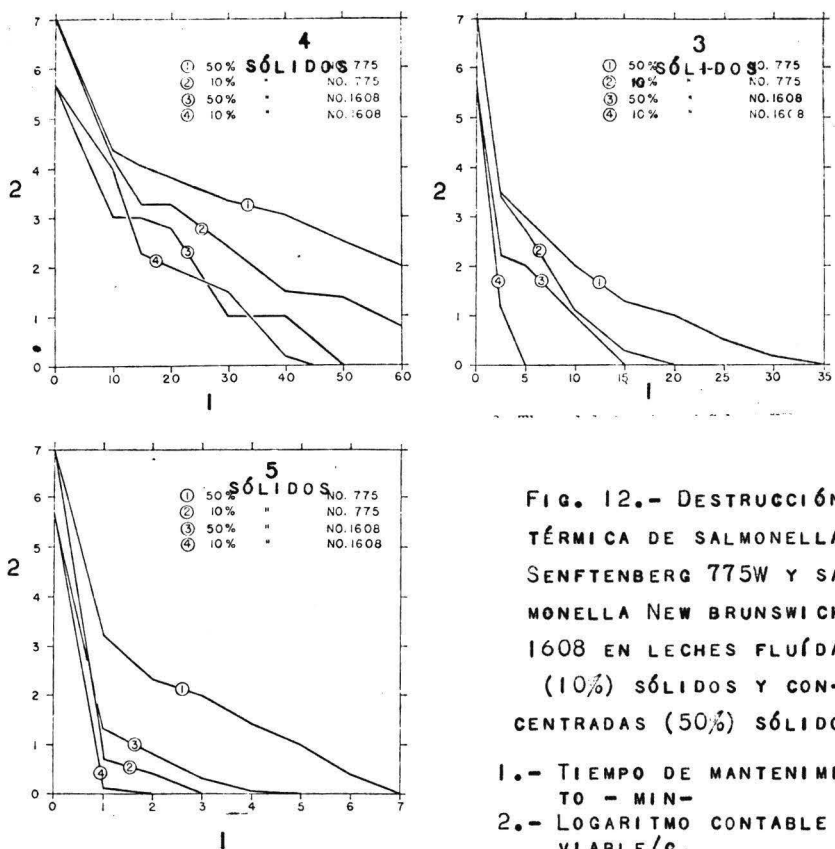


FIG. 12.- DESTRUCCIÓN TÉRMICA DE SALMONELLA SENFTENBERG 775W Y SALMONELLA NEW BRUNSWICK 1608 EN LECHE FLÚIDAS (10%) SÓLIDOS Y CONCENTRADAS (50%) SÓLIDOS.

- 1.- TIEMPO DE MANTENIMIENTO - MIN-
- 2.- LOGARITMO CONTABLE Y VIABLE/G.
- 3.- LECHE RECONSTITUÍDA Y CALENTADA A 61.6°C.
- 4.- LECHE RECONSTITUÍDA Y CALENTADA A 54.4°C.
- 5.- LECHE RECONSTITUÍDA Y CALENTADA A 65.5°C.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

EL SECADO POR MEDIO DE TAMBORES REQUIERE MENOS ESPACIO Y ES MÁS ECONÓMICO QUE EL SECADO POR ASPERSIÓN PARA VOLÚMENES PEQUEÑOS.

EL PRODUCTO SECO PUEDE TENER SABOR A QUEMADO O QUEMADURAS Y LA SOLUBILIDAD ES MUCHO MÁS BAJA DEBIDO A LA DESNATURALIZACIÓN DE LAS PROTEÍNAS.

FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE UN SECADOR DE TAMBOR.— ESPESOR DE PELÍCULA, EVAPORACIÓN ENTRE TAMBORES, TRANSFERENCIA TOTAL DE CALOR, CONTENIDO DE HUMEDAD DEL POLVO, PRODUCCIÓN DE PRODUCTO SECO.

ESTE PROCESO NO ES RECOMENDABLE POR PRESENTAR MUCHAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES Y ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO.

EL SECADO POR ASPERSIÓN CONVENCIONAL UTILIZA PRIMERO UN PRODUCTO CONDENSADO EN UN EVAPORADOR AL VACÍO DEBIDO A QUE DA UNA MAYOR ECONOMÍA, SE ATOMIZA DENTRO DE UN SECADOR. LAS FUNCIONES DEL SECADO INCLUYEN: MOVIMIENTO DE AIRE LIMPIEZA DE AIRE, CALENTAMIENTO DE AIRE, ATOMIZACIÓN DE LÍQUIDO, MEZCLADO DE LÍQUIDO CON EL AIRE CALIENTE, SEPARACIÓN DEL MATERIAL SECO DEL AIRE, SECADO ADICIONAL DEL PRODUCTO, ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO, PULVERIZACIÓN Y TAMIZADO.

LA CAPACIDAD DE SECADORES POR ASPERSIÓN CONVENCIONAL COMERCIALES PUEDE VARIAR DE 227.27 KG/HR A 2272.72 KG/HR Y EL PRODUCTO MÁS SECO CON 909.09 ó 1363.63 KG/HR.

EL PROPÓSITO DE LA ATOMIZACIÓN ES OBTENER PEQUEÑAS PARTÍCULAS CON UNA GRAN ÁREA SUPERFICIAL PREFERIBLEMENTE UNIFORME EN TAMAÑO Y RANGO DE 50 A 150 MICRAS DE DIÁMETRO.

LA ATOMIZACIÓN AFECTA LAS PROPIEDADES DEL PRODUCTO TALES COMO CONTENIDO DE AIRE, HUMEDAD, DENSIDAD GLOBAL, TAMAÑO DE PARTÍCULA Y RECONSTITUCIÓN.

SE USAN DOS TÉRMINOS PARA DESCRIBIR LA OPERACIÓN O EFECTIVIDAD DE SECADORES POR ASPERSIÓN. LA CAPACIDAD EVAPORADA Y LA EFICIENCIA TÉRMICA.

LOS COMPONENTES RESPONZABLES DE LA CAÍDA DE PRESIÓN DEL SISTEMA SON: EL FILTRO, CAMBIADORES DE CALOR, COLECTORES

Y LOS CONDUCTOS.

ESTE MÉTODO ES RECOMENDABLE ECONÓMICAMENTE PERO DEJA MUCHO QUE DESEAR EN LAS PROPIEDADES DEL PRODUCTO.

EL MEZCLADO DEL NITRÓGENO Y EL CONCENTRADO DE LECHE ENTERA BAJO PRESIÓN JUSTO ANTES DE LA ATOMIZACIÓN EN UN SECADOR POR ASPERSIÓN CONVENCIONAL PRODUCE MATERIAL CARACTERIZADO POR INCREMENTO DE DENSIDAD Y MEJOR DISPERSABILIDAD.

A MEDIDA QUE SE INCREMENTA LA CANTIDAD DE NITRÓGENO EN LA ALIMENTACIÓN, LA CANTIDAD DE CONCENTRADO SIENDO SECADO DECRECE JUNTO CON LA DENSIDAD GLOBAL Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS POLVOS RESULTANTES. LAS CANTIDADES INCREMENTADAS DE NITRÓGENO EN EL CONCENTRADO INCREMENTAN LA DISPERSABILIDAD, GRASA LIBRE Y DIÁMETRO DE PARTÍCULA.

HA SIDO VIRTUALMENTE IMPOSIBLE ELIMINAR TODO EL OXÍGENO DE LA LECHE SECA POR ASPERSIÓN POR TRATAMIENTO DE VACÍO ANTERIOR AL EMPACADO. ÉSTO SE ATRIBUYE A LAS PROPIEDADES ESTRUCTURALES DE LA LECHE SECA POR ASPERSIÓN, LAS CUALES EVITAN LA RÁPIDA ELIMINACIÓN DE AIRE DEL INTERIOR DE LOS GRÁNULOS DE POLVO.

ESTE MÉTODO ES RECOMENDABLE POR SU ECONOMÍA EN EL PROCESO, PERO PRESENTA LA DESVENTAJA DE CORTA VIDA EN ALMACENAMIENTO PUESTO QUE PRESENTA CARACTERÍSTICAS DE OXIDACIÓN ADEMÁS DEL DESARROLLO DE SABORES OBJETABLES.

LA DESHIDRATACIÓN CONTÍNUA AL VACÍO EN FORMA DE ESPUMA DE LA LECHE ENTERA DA UN PRODUCTO DE EXCELENTE SABOR FRESCO, FÁCIL DISPERSABILIDAD EN AGUA FRÍA Y LARGA VIDA DE ALMACENAMIENTO REFRIGERADO.

POR ESTE MÉTODO LA LECHE ENTERA SECA TUVO PROPIEDADES SUPERIORES DE DISPERSIÓN A LA SECADA POR CUALQUIER OTRO MÉTODO Y RETIENE SUS PROPIEDADES AL MENOS 12 MESES ALMACENADA A 22.77°C. LAS BUENAS PROPIEDADES INICIALES DE LA ESPUMA SECADA AL VACÍO DE LECHE ENTERA SON UNA CONSECUENCIA DEL SECADO Y EXPANSIÓN, ESTRUCTURA SEMEJANTE A ESPONJA A BAJAS TEMPERATURAS EN LA AUSENCIA SUBSTANCIAL DE OXÍGENO.

ES UN PROCESO ECONÓMICAMENTE POSIBLE PARA LA PRODUCCIÓN

DE ESPUMA DE LECHE ENTERA SECADA AL VACÍO CON PROPIEDADES ÚNICAS DE RECONSTITUCIÓN, DISPERSABLE RÁPIDAMENTE EN AGUA HELADA, MUY BUEN SABOR INICIAL RETENIÉNDO AMBAS CARACTERÍSTICAS POR MÁS DE UN AÑO A 4°C, EN UNA BASE CONTÍNUA CON SABOR ACEPTABLEMENTE BUENO, ADECUADO NIVEL DE HUMEDAD CON BAJO DAÑO POR CALOR Y UNA VELOCIDAD MARGINAL DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONÓMICO.

LA EFICIENCIA DEL SECADO EN EL PROCESO DEPENDE DE LA CANTIDAD DE FORMACIÓN DE ESPUMA DURANTE EL SECADO Y LA ESTABILIDAD DE LA ESPUMA.

ESTAS CARACTERÍSTICAS VARIAN ESTACIONALMENTE, ASÍ QUE LA PRODUCCIÓN TOTAL PODRÍA SER ALCANZADA ACEPTABLEMENTE SOLO EN ALGUNAS ESTACIONES DEL AÑO.

EL PROCESO PILOTO HA DEMOSTRADO SER ECONÓMICAMENTE POSIBLE POR LO CUAL SE HA LLEVADO A ESCALA COMERCIAL.

LA ADOPCIÓN COMERCIAL DE CUALQUIER PROCESO PUEDE DEPENDER DE SU POTENCIAL PARA APROVECHAMIENTO Y SU FACTIBILIDAD TÉCNICA. AQUÍ SE HA VISTO LA OPTIMIZACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROCESO ELIMINANDO TODOS LOS PROBLEMAS ANTERIORES QUE PUEDEN SURGIR CUANDO ESTA ES ESCALADA A TAMAÑO COMERCIAL. POR LO TANTO EL PROCESO DE SECADO AL VACÍO DE ESPUMA DE LECHE ENTERA ES FÁCIL PARA COMERCIALIZARSE.

POR TODO LO ANTERIOR CONSIDERAMOS QUE ESTE ES EL PROCESO MÁS RECOMENDABLE PARA OBTENER LECHE ENTERA EN POLVO CON LA MEJOR CALIDAD DE PRODUCTO, AUNQUE ES MENOS ECONÓMICO QUE EL SECADO POR ASPERSIÓN.

BIBLIOGRAFIA

- 1) REAVES Y HENDERSON.-LA VACA LECHERA ALIMENTACIÓN Y CRIANZA
UTEHA. 2A. ED. (1969).
- 2) ALAN S. FOUST, WENZEL, CLUMP, MAUS & ANDERSEN.-PRINCIPIOS DE -
OPERACIONES UNITARIAS. CECSA. (1969).
- 3) PERRY.-CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK.
MC. GRAW HILL 4A. ED.
- 4) HALL & HENRICH H.-DRYING MILK AND MILK PRODUCTS. (1969).
- 5) CRAIG, ACETO & DELLA MONICA.-OCURRENCE OF 5-HYDROXYMETHYL -
FURFURAL IN VACUUM FOAM-DRIED WHOLE MILK AND ITS RELATION
TO PROCESSING AND STORAGE . J. DAIRY SCI. 10, 1827 (1961).
- 6) MOOK & WILLIAMS.-RECENT ADVANCES IN IMPROVING DRY WHOLE -
MILK. A REVIEW. J. DAIRY SCI. 7, 768 (1966).
- 7) HELDMAN, HALL & HEDRICK.-AIR FILTRATION FOR THE SPRAY DRY -
ING OF DAIRY PRODUCTS. J. DAIRY SCI. 3, 466 (1968).
- 8) BERLIN, HOWARD & PALLANSCH.-SPECIFIC SURFACE AREAS OF MILK -
POWDERS PRODUCED BY DIFFERENT METHODS. J. DAIRY SCI. 2, 132
(1964).
- 9) HANRAHAN, TAMMAM, FOX & PALLANSCH.-PRODUCTION AND PROPERTIES
OF SPRAY-DRIED WHOLE MILK FOAM. J. DAIRY SCI. 1, 27 (1962).
- 10) HOLDEN, ACETO & SCHOPPET.-EFFECTS OF VISCOSITY AND TEMPE-
RATURE ON THE FOAMING CHARACTERISTICS OF CONCENTRATED WHO
LE MILK. J. DAIRY SCI. 4, 359 (1964).
- 11) ACETO, SINNAMON, SCHOPPET & ESKEW.-CONTINUOUS VACUUM DRYING
OF WHOLE MILK FOAM. J. DAIRY SCI. (1) 9, 501 (1962), --

- (2)11,1436(1965), (3)12,1948(1969), (4) 1,56 (1970).
- 12) ACETO, SCHOPPET, SINNAMON & PANZER.-CONTINUOUS VACUUM -
FOAM DRYING OF WHOLE MILK UNDER SIMULATED COMMERCIAL -
SCALE CONDITIONS. J. DAIRY SCI. 6,875(1972).
- 13) TURKOT, ACETO, SCHOPPET & CRAIG.-CONTINUOUS VACUUM DRY -
ING OF WHOLE MILK FOAM. FOOD ENGINEERING. 8,59(1969)
- 14) TAMSMA, PALLANSCH, MUCHA & PATTERSON.-FACTORS RELATED TO
THE FLAVOR STABILITY OF FOAM-DRIED WHOLE MILK. J. DAIRY
SCI. (I) EFFECT OF OXYGEN LEVEL. 9,1644(1961), (II) EFFECT
OF HEATING MILK PRIOR TO DRYING. 12,1435(1962). (III) -
EFFECT OF ANTIOXIDANTS. 2,114(1963), (IV) EFFECT OF POW
DER MOISTURE CONTENT AND IN-PACK OXYGEN AT DIFFERENT
STORAGE TEMPERATURES. 9,970(1964).
- 15) HARPER, HOLSINGER, FOX & PALLANSCH.-FACTORS INFLUENCING
THE INSTANT SOLUBILITY OF MILK POWDERS. J. DAIRY SCI. 11,1192(1963).
- 16) EFFECTS ON PRODUCT QUALITY OF CROSS-CIRCULATION AIR -
DRYING OF WHOLE MILK FOAM. J. DAIRY SCI. 1,90(1964).
- 17) DUNKLEY & FRANKE.-EVALUATING SUSCEPTIBILITY OF MILK TO
OXIDIZED FLAVOR. J. DAIRY SCI. 11(1967).
- 18) TAMSMA, KURTZ & PALLANSCH.-EFFECT OF OXYGEN REMOVAL TECH
NIQUE ON FLAVOR STABILITY OF LOW-HEAT FOAM SPRAY DRIED
WHOLE MILK. J. DAIRY SCI. 10,1562(1967).
- 19) DELLA MONICA & HOLDEN.-COMPARISON OF TOLUENE DISTILLA
TION AND KARL FISCHER METHODS FOR DETERMINING MOISTURE
IN DRY WHOLE MILK. J. DAIRY SCI. 1,40(1968).
- 20) KURTZ, TAMSMA, SELMAN & PALLANSCH.-EFFECT OF POLLUTION
OF AIR WITH OZONE ON FLAVOR OF SPRAY-DRIED MILKS. J. DAIRY

Sci. 2, 158 (1969).

21) KURTZ, TAMSMA & PALLANSCH. - EFFECT OF FILTERING OZONE -
POLLUTED DRYER AIR THROUGH ACTIVATED CHARCOAL ON THE
FLAVOR OF FOAM SPRAY-DRIED WHOLE MILK. J. DAIRY SCI. -
4, 425 (1969).

22) KONTSON, TAMSMA & PALLANSCH. - PEROXIDE INCREASE IN FAT
OF MILK DURING FOAM-SPRAY-DRIED POWDER MANUFACTURE.
J. DAIRY SCI. 5, 615 (1969).

23) McDONOUGH & HARGROVE. - HEAT RESISTANCE OF SALMONELLA IN
DRIED MILK. J. DAIRY SCI. 10, 1587 (1968).