



**IV CONGRESO IBEROAMERICANO  
DE INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS**

**ANÁLISIS FISCOQUÍMICO COMO HERRAMIENTA PARA  
ELUCIDAR LAS PROPIEDADES ESTRUCTURALES DE NUEVOS  
SISTEMAS ALIMENTARIOS.**



**DRA. ELENA DIBILDOX ALVARADO**  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO.

Organiza:  AIALU

4 al 6 de septiembre, 2024

1

# CONTENIDO



-  **ENTORNO E INTRODUCCIÓN**
-  **APLICACIÓN DE LA FISCOQUÍMICA AL  
ESTUDIO DE SISTEMAS ALIMENTARIOS:  
CASOS DE ESTUDIO CENTRADOS EN GRASAS**
-  **OBSERVACIONES Y CIERRE**




2



3

## TENDENCIAS EN LA INDUSTRIA AIMENTARIA

The slide lists seven food industry trends, each with a brief description:

- COMIDA DE NOSTALGIA:** Productos innovadores y creativos que evocan buenos recuerdos.
- NUTRICIÓN FUNCIONAL :** Asociada al bienestar físico y emocional: sostenibles, dieta ideal, bióticos, adaptógenos, super alimentos.
- ALIMENTOS BASADOS EN PLANTAS:** Nuevas tecnologías que refuerzan estilos de vida veganos, vegetarianos, flexitarianos. Cabe fermentación de precisión, carne cultivada, impresión de alimentos.
- ALIMENTACIÓN REGENERATIVA:** Amigable con el planeta. Busca la agricultura regenerative.
- ALIMENTOS CIRCULARES:** Evitar el desperdicio: estrategia y tecnología.
- ALIMENTOS DE PROXIMIDAD:** potenciar consumo local y de temporada.
- SABOR Y COLOR:** El sabor siempre será prioridad. Colores atrevidos. Gastronomía mundial. Era phygital.

The slide also features the Spanish coat of arms in the bottom left, a circular logo in the top right, and four colored dots (green, yellow, blue, red) at the bottom center.

*(The Food Tech. Tendencias 2024).*

4

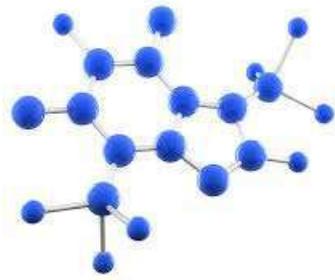


# FISICOQUÍMICA ..... (DESDE 1752)

ES UNA SUBDISCIPLINA DE LA QUÍMICA QUE ESTUDIA LA MATERIA EMPLEANDO CONCEPTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS.

Josiah Willard Gibbs: Padre de la Fisicoquímica (Libro en 1876)

La fisicoquímica moderna tiene bases en la física pura e incluye áreas de estudio como la termodinámica química, cinética, etc. La fisicoquímica forma parte fundamental en el estudio de la ciencia de los materiales.



(istockphoto.com)



5



## CIENCIA DE LOS MATERIALES: GRASAS Y ACEITES

**INTRODUCCIÓN**

CARACTERIZACIÓN

ESTRUCTURA

PROPIEDADES

MEJORAS

PROCESO INDUSTRIAL

INNOVACIÓN

(TRIACILGLICÉRIDOS, TAGs)



(Foto: bibliotecas.unr.edu.ar)



6



## FUNCIONES PRINCIPALES DE LAS GRASAS Y ACEITES

- Producción y almacenamiento de energía para los músculos y los procesos corporales.
- Aislamiento y protección contra el frío y los golpes.
- Digestión y absorción de vitaminas liposolubles.
- Estructura de la pared celular y de las membranas celulares.
- Producción de hormonas y otras sustancias reguladoras.
- Dan sabor y textura a los alimentos.

**PROBLEMA = EXCESO EN SU CONSUMO**




7



## ESTADO DEL ARTE:

- Más del 90% de las grasas y aceites usadas para el consumo humano son aceites vegetales derivados de plantas.
- Por disponibilidad y costos: -Los aceites vegetales más comerciales son los de soya, algodón, canola, girasol, maíz, cacahuete, palma, palmiste y coco. Surgen más opciones de grasas alternativas a la manteca de cacao.
- Para dar funcionalidad a los aceites vegetales es necesario someterlos a procesos tales como hidrogenación, interesterificación y fraccionamiento.
- Los ácidos grasos *Trans* tienen un efecto nocivo a la salud.
- La concentración de grasas *Trans* en los aceites parcialmente hidrogenados es del 25-45%.
- La eliminación de grasas *Trans* y la reducción en grasas saturadas conlleva retos tecnológicos debido al aporte en **funcionalidad** que ambas grasas imparten.




8

**PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS = FUNCIONALIDAD  
(ANÁLISIS FISICOQUÍMICO)**

no trans saturados  
AG

OLEOGELACIÓN  
 $T_{set} = 25^{\circ}\text{C}$

9

**CUESTIONAMIENTOS.....**

¿Se tiene que contemplar que las técnicas que se emplean en los laboratorios de investigación e industria dedicados al análisis de materiales, deban ser circulares, sustentables, sostenibles...etc)

*Fernanda Peyronel and Elena Dibildox-Alvarado. 2024. Chapter 18. Oleogel characterization – physical, physicochemical and chemical techniques in Advances in Oleogel Development, Characterization, and Nutritional Aspects. Fabio Valoppi and Camila Palla. Editorial Springer. "Eco-Scale's penalty points system".*

**¿DEBEN EMPLEARSE TÉCNICAS OFICIALES?**

10

## CUESTIONAMIENTOS.....

¿DEBEN EMPLEARSE TÉCNICAS OFICIALES?

DADAS LAS NECESIDADES ACTUALES  
¿DEBE ENSEÑARSE DIFERENTE LA FISICOQUÍMICA?



11

## ÁCIDOS GRASOS.....

Ácidos grasos	Fórmula condensada	Punto de Fusión (°C)
Palmítico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	62.9
Estearico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	70.0



12

The diagram illustrates the enzymatic interesterification process. On the left, a glycerol molecule is shown with a blue box labeled '18:1' and two red boxes labeled '16:0'. On the right, another glycerol molecule is shown with two green boxes labeled '12:0'. An arrow points from the left glycerol to the right glycerol, indicating the exchange of fatty acids. The resulting glycerol molecules are shown with the '18:1' and '16:0' fatty acids swapped between the two glycerol backbones.

## INTERESTERIFICACIÓN ENZIMÁTICA

O'Brien, 2009; Noor y col., 2006; Miskandar y col., 2005; De Clercq y col., 2012

13

## INTERESTERIFICACIÓN ENZIMÁTICA

The diagram illustrates the enzymatic interesterification process. On the left, a glycerol molecule is shown with a green box labeled '12:0' and two red boxes labeled '16:0'. On the right, another glycerol molecule is shown with a blue box labeled '18:1' and one red box labeled '16:0'. An arrow points from the left glycerol to the right glycerol, indicating the exchange of fatty acids. The resulting glycerol molecules are shown with the '12:0' and '18:1' fatty acids swapped between the two glycerol backbones.

- Mayor diversidad de TAGs
- Reducir TAGs causantes de granulosidad
- Cambiar propiedades físicas (temperatura de fusión, cristalización, SFC etc.)
- Sin cambiar el perfil de ácidos grasos

(Flores Ruedas R.J., Dibildox-Alvarado E.\*, Pérez-Martínez J.D. & Murillo-Hernández N.I.; 2020)

14






**PROPIEDAD FÍSICA**

↓

**CRISTALIZACIÓN**

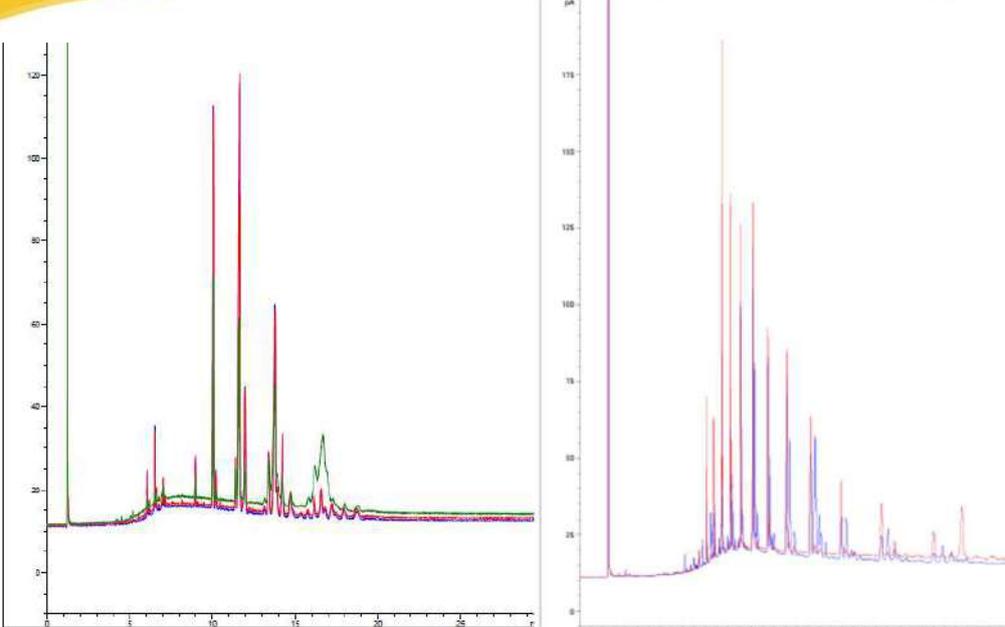
Number of carbons <sup>a</sup>	TAGs <sup>b</sup>
32	CLaLa
36	LaLaLa
40	LaMM
42	MMM
42	LaLaO
44	LaOM
46	MMO
48	PPP
48	MPL
50	PPS
50	POP/PCO
50	PPL
52	PSS
52	POS/PSO
52	POO
52	PLO
52	PLL
54	SSS
54	SOS
54	SOO
54	OOO
56	BSP
58	SSB
60	BSA
62	BBS

CASOS DE ESTUDIO

15

**PERFIL DE TAGs**







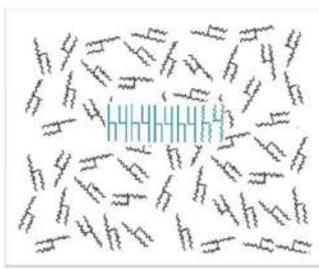
*\*(Lab. Biopolímeros Alimentarios, Elena Dibildox-Alvarado,2024)*

16

## MARGARINAS DE PANIFICACIÓN

Number of carbons <sup>a</sup>	TAGs <sup>b</sup>	Melting temperature (°C) <sup>c</sup>
32	CLaLa	23.9 <sup>2</sup>
36	LaLaLa	35.1 <sup>3</sup>
40	LaMM	42.0 <sup>3</sup>
42	MMM	45.9 <sup>3</sup>
42	LaLaO	18.0 <sup>2</sup>
44	LaOM	22.1 <sup>2</sup>
46	MMO	25.6 <sup>3</sup>
48	PPP	55.7 <sup>3</sup>
48	MPL	19.1 <sup>2</sup>
50	PPS	58.7 <sup>3</sup>
50	POP/PPO	33.2 <sup>3</sup>
50	PPL	26.5 <sup>2</sup>
52	PSS	50.1 <sup>3</sup>
52	POS/PSO	37.9 <sup>3</sup>
52	POO	14.3 <sup>1</sup>
52	PLO	-6.8 <sup>1</sup>
52	PLL	-4.2 <sup>1</sup>
54	SSS	54.7 (α) <sup>3</sup> 64.3 (β) <sup>3</sup>
54	SOS	37.0 <sup>3</sup>
54	SOO	19.2 <sup>2</sup>
54	OOO	-10.0 <sup>1</sup>
56	BSP	52.6 <sup>3</sup>
58	SSB	56.7 <sup>3</sup>
60	BSA	58.6 <sup>3</sup>
62	BBS	61.3 <sup>3</sup>

$$\begin{array}{c}
 \text{CH}_3 (\text{CH}_2)_7 \text{CH} = \text{CH} (\text{CH}_2)_7 \text{COOCH} \\
 | \qquad \qquad \qquad | \\
 \text{CH}_2\text{OOC} (\text{CH}_2)_{12} \text{CH}_3 \qquad \qquad \text{CH}_2\text{OOC} (\text{CH}_2)_{16} \text{CH}_3
 \end{array}$$



(Tabla tomada de: M. Cordova-Barragan<sup>1</sup>, A. G. Marangoni<sup>2</sup>, F. Peyrone<sup>2</sup> and Elena Dibildox-Alvarado<sup>1</sup>,2021)

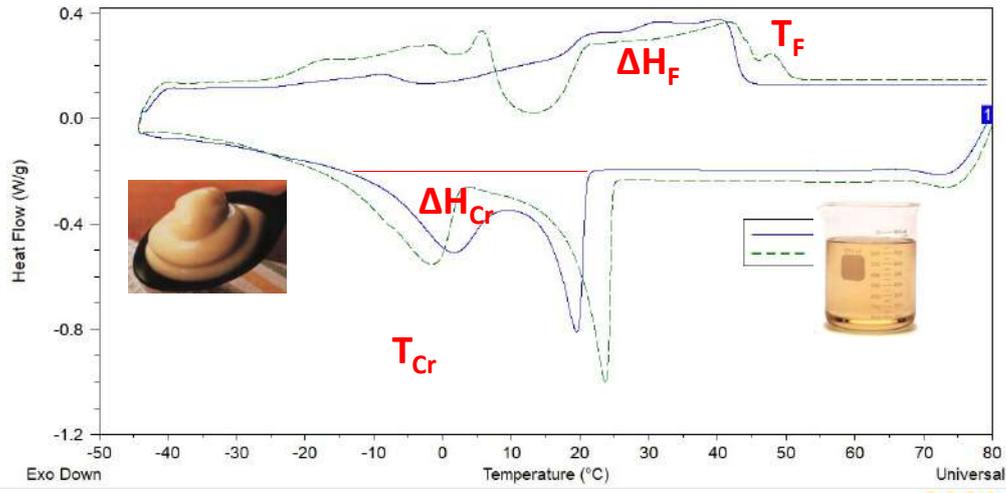
17

## CALORIMETRÍA DE BARRIDO DIFERENCIAL









18

## GRUPOS DE TRIACILGLICÉRIDOS EN MANTECA DE CACAO Y GRASAS ALTERNATIVAS

TAG	Composición (%)				
	MC	GRASA E1	GRASA E2	GRASA S1	GRASA S2
	SSS	1.53	6.20	5.24	85.89
SOS	85.79	81.13	81.92	7.55	34.16
SUU	4.29	4.55	4.95	6.56	12.80
UUU	0.96	1.48	1.09	ND	ND

\*Mata-López, Dibildox-Alvarado (2022)

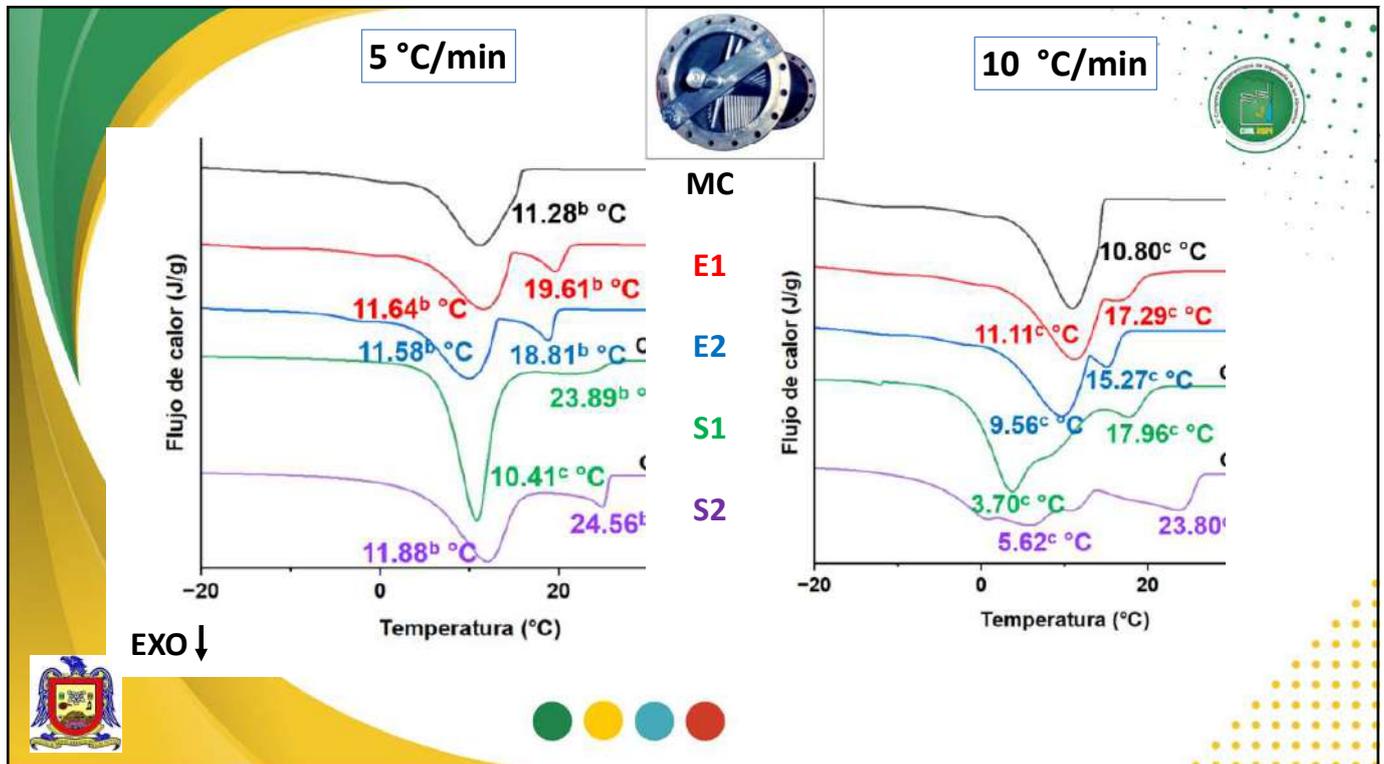
SSS: Trisaturados  
 SOS: Saturado-Oleico-Saturado  
 SUU: Diinsaturados  
 UUU: Triinsaturados



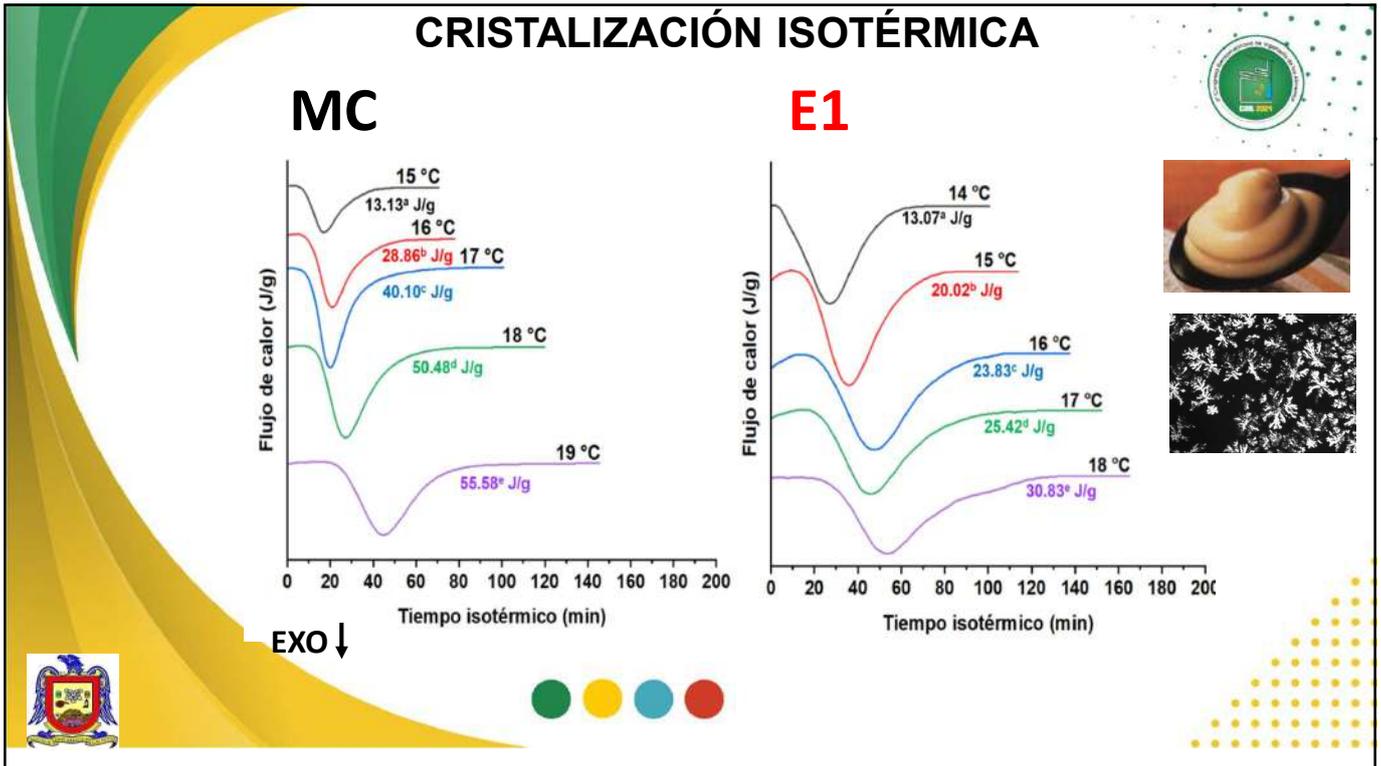
CASOS DE ESTUDIO



19



20



21

### CONTENIDO DE SÓLIDOS GRASOS (SFC)

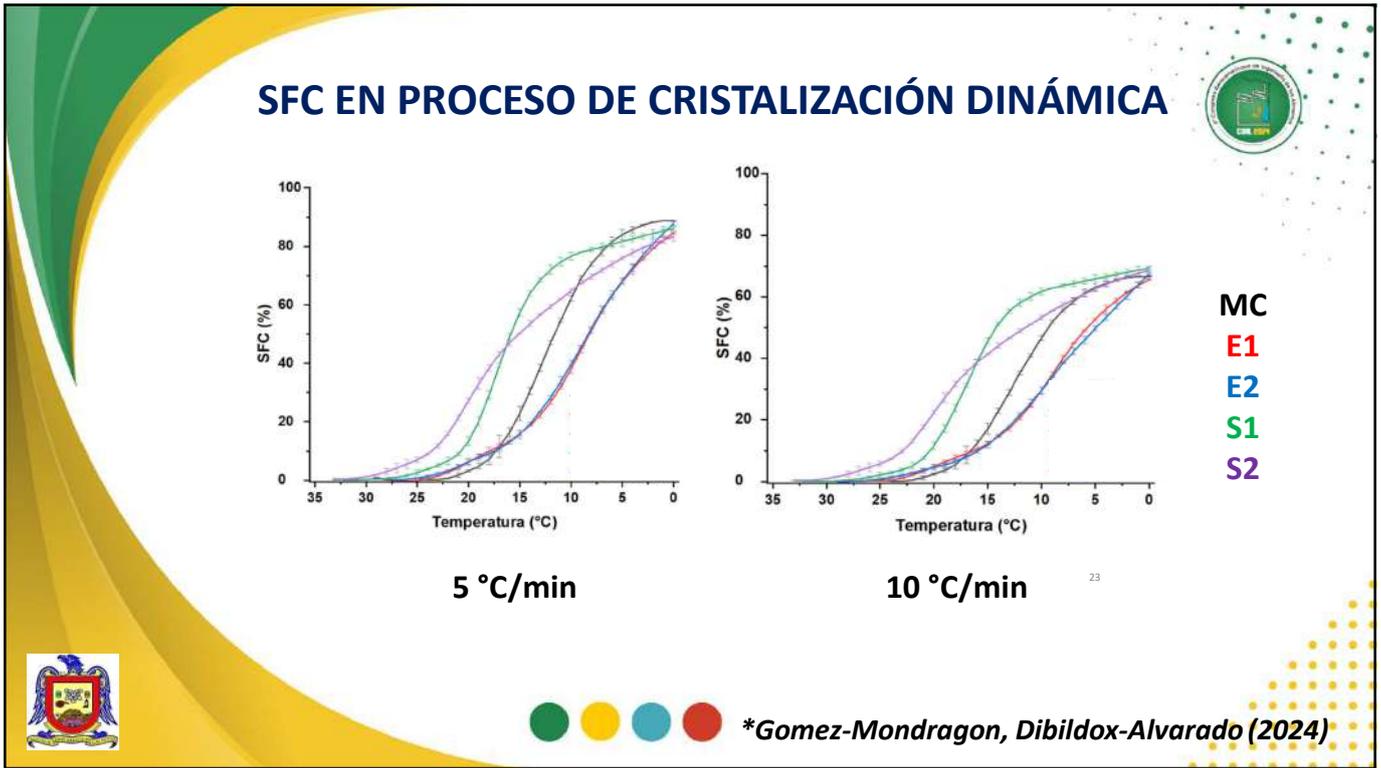




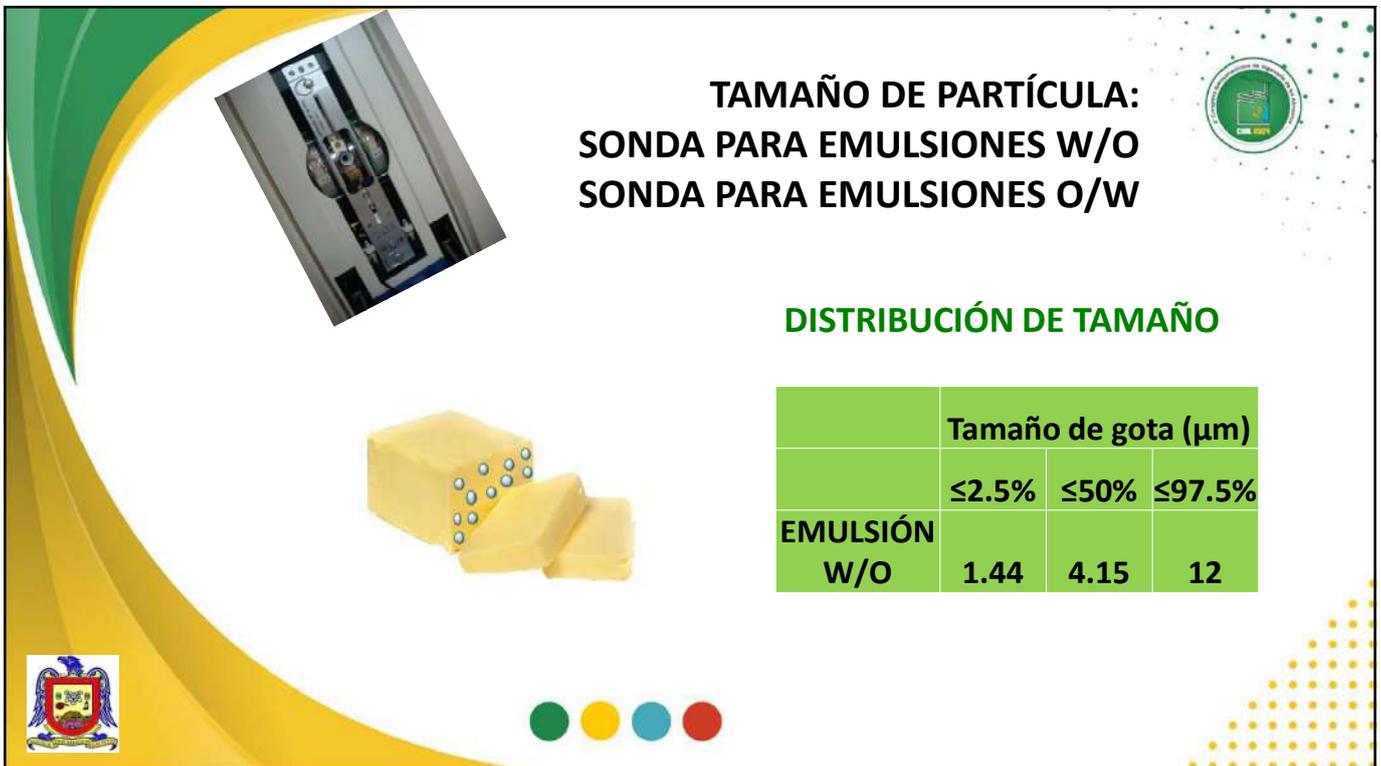
**pRMN**

Lab. Biopolímeros Alimentarios, FCQ-UASLP

22

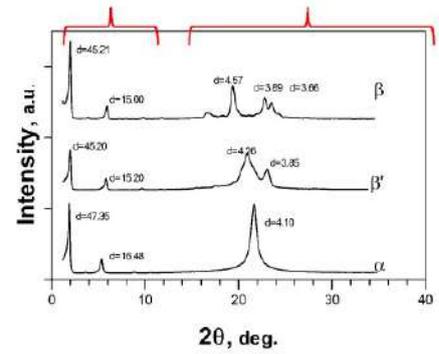


23



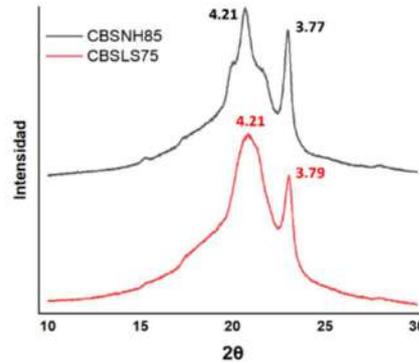
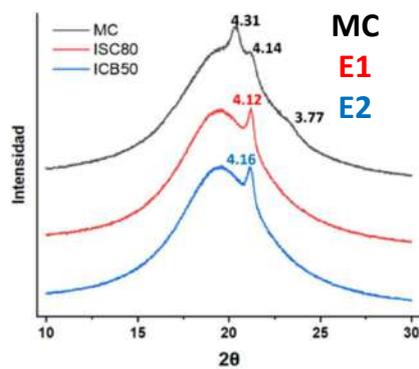
24

## DIFRACCIÓN DE RAYOS-X (POLIMORFISMO)



25

## DIFRACCIÓN DE RAYOS X EN PROCESO DE CRISTALIZACIÓN ISOTÉRMICA



S1  
S2

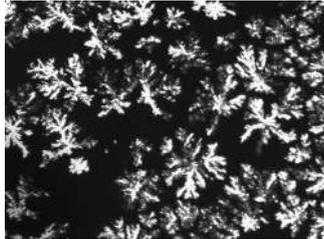
5 °C/min



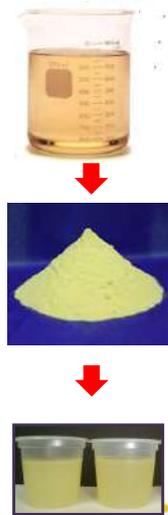
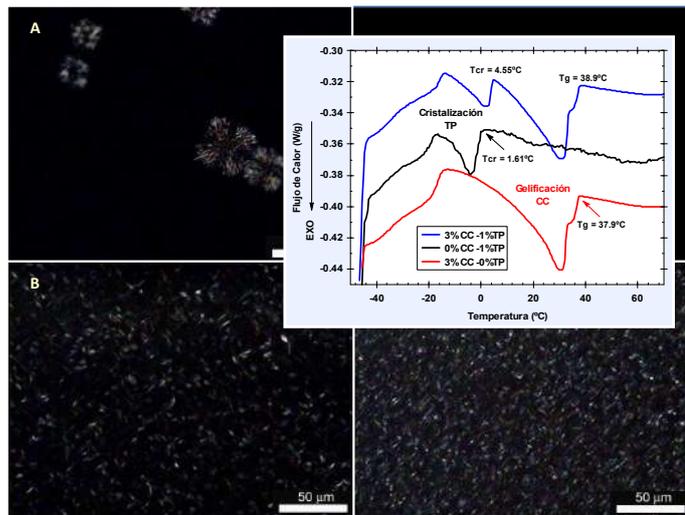
\*Gomez-Mondragon, Dibildox-Alvarado (2024)

26

# MICROSCOPIA DE LUZ POLARIZADA



# OLEOGELLES



Toro-Vazquez, J.F., M.A., Alonzo-Macias, E., Dibildox-Alvarado, and M.A., Charó-Alonso. *Food Biophysics*. 4:199-212, (2009)



**INFRAROJO**

**MICROSCOPIA ELECTRÓNICA**

**TEXTURA**

**REOLOGÍA**

**SENSORIAL**

**ETC.....**




29

## **OBSERVACIONES Y CIERRE**

- HAY MUCHO QUE HACER Y HACIA DONDE CRECER EN LA INGENIERÍA EN ALIMENTOS**
- EL MUNDO CAMBIA A CADA INSTANTE Y DEBEMOS ESTAR A LA VANGUARDIA**
- LA FISICOQUÍMICA ES UN ARMA PODEROSA, PERO HAY QUE EXPLOTARLA INTELIGENTEMENTE**





30

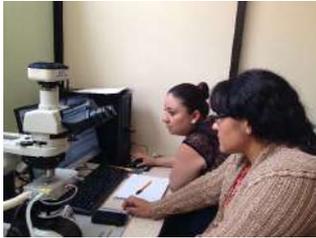


Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
Siempre autónoma. Por mi patria educaré.



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

**DRA. ELENA DIBILDOX ALVARADO**  
[dibildox@uaslp.mx](mailto:dibildox@uaslp.mx)  
**LAB. DE BIOPOLÍMEROS ALIMENTARIOS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**U. AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**



31



Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
Siempre autónoma. Por mi patria educaré.



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS EN BIOPROCESOS**

**LGAC:**  
**FISICOQUÍMICA DE BIOMOLÉCULAS**  
**INGENIERÍA Y SIMULACIÓN**  
**BIOLOGÍA MOLECULAR Y CELULAR**




32

