



# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง การสกัดเลซิทินจากเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ. 5  
(Lecithin extraction from soybean S.J. # 5)

โดย นายไพโรจน์ กาวชู

ACC. NO.....
Date Received <b>19</b> ต.ย. 2529
Call No.....

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก...

..... *(Signature)* 4.1.29 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ  
 ( อ.ดร. ลีโอนกมลพร ) 4.1.29

..... *(Signature)* 28.5.29 กรรมการของภาควิชา  
 ( อ.ดร. / อ.ดร.คิมมพ์ / อ.ดร.ไพโรจน์ )

..... *(Signature)* 28.5.29 กรรมการของภาควิชา  
 ( อ.ดร. / อ.ดร.ไพโรจน์ )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร  
 ..... *(Signature)*  
 ( อ.ดร.ไพโรจน์ )

ฉ.พ.  
 พ๑๑๒๓  
 ๒528

๒๖ S.A. 254๓

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ ๒๘ เดือน พ.ค. พ.ศ. ๒๕๒๙

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ 6454977

เรื่อง

การสกัดเลซิทินจากเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.5

(Lecithin extraction from soybean S.J.'5)



T096695

ป.พ.

พ9927

2528

โดย

นายไพโรจน์ กาวชู

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....96695

วัน,เดือน,ปี.....4 JUN 1999

เสนอ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2528

บทคัดย่อ

เรื่อง

## การสกัดเลซิทิน (Lecithin) จากเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ. ๕

เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ. ๕ ซึ่งเก็บเกี่ยวได้จากแปลงทดลองของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง ความชื้น ๑๓ เปอร์เซ็นต์ ผ่านการคัดเลือกเพื่อแยกกรวดทรายและสิ่งแปลกปลอมปนออกไป เมล็ดถั่วเหลืองผ่านการอบร้อนก่อนนำมาสกัดน้ำมันด้วยเฮกเซน (จุดเดือด ๖๕-๗๐ °ซ.) แยกเอาส่วนของเลซิทินออกจากน้ำมันด้วยการใส่น้ำร้อนอุณหภูมิ ๗๐-๘๐ °ซ. จากการศึกษาพบว่า การสกัดเลซิทินที่ดีที่สุด เมื่ออบเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ ๑๓๐ °ซ. นาน ๑ ชั่วโมง ก่อนการสกัดน้ำมันและใส่น้ำร้อนอุณหภูมิ ๖๐ °ซ. ช่วยให้การแยกตัวของเลซิทินในน้ำมันเป็นไปได้ด้วยดี จากการวิเคราะห์คุณภาพของเลซิทิน พบว่าประกอบด้วยฟอสฟาไทด์ที่สำคัญคือ PC (phosphatidyl choline), PE (phosphatidyl ethanolamine) และ PI (phosphatidyl inositol) ตามลำดับ เมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติการเป็น emulsifying agent ในไอศกรีมด้วยการเติมเลซิทินในระดับต่าง ๆ กัน ผลการทดสอบด้วยประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) ซึ่งให้นักศึกษาคณะเทคโนโลยีการเกษตรเป็นผู้ทดสอบสามารถบอกความแตกต่าง (difference, Triangle test) ระหว่างตัวอย่างไอศกรีมที่ผ่านการเติมเลซิทินและไม่ได้เติมอย่างชัดเจน (P<๐.๐๕) ไอศกรีมที่ผ่านการเติมเลซิทินในระดับตั้งแต่ ๐.๓, ๐.๖ และ ๑.๐ เปอร์เซ็นต์ ถูกนำมาทดสอบหาความชอบ (Preference test) ด้วยวิธี Hedonic scale พบว่าร้อยละ ๕๕.๖ ของผู้ทดสอบชอบไอศกรีมที่มีเลซิทิน ๐.๓ เปอร์เซ็นต์ มากที่สุด ชอบในระดับ ๐.๖ เปอร์เซ็นต์ ปานกลาง ส่วนในระดับ ๑.๐ เปอร์เซ็นต์ ผู้ทดสอบมีความชอบน้อยที่สุด ผู้ทดสอบให้ความคิดเห็นต่าง ๆ เช่น การเติมเลซิทิน ๐.๖ เปอร์เซ็นต์ เนื้อมีลักษณะเป็นเนื้อทราย การเติม ๐.๓ เปอร์เซ็นต์ เนื้อมีลักษณะแน่นและแห้งสีเหลืองอ่อน ๆ ส่วนเลซิทิน ๑.๐ เปอร์เซ็นต์ เนื้อหยาบแห้งสีเหลืองอ่อน เช่นเดียวกับการเติม ๐.๓ เปอร์เซ็นต์

## คำนิยม

ในการดำเนินการทดลองและรวบรวมผลการวิเคราะห์ ปัญหาพิเศษ เรื่อง การสกัดเลซิทินจากถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ. ๕ ได้รับการช่วยเหลือและแนะนำในค้ำต่าง ๆ จากอาจารย์ วรรณภา ลีวเกษมศานต์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เป็นอย่างดี จึงทำให้ผลการทดลองต่าง ๆ สำเร็จลุล่วงไปตามวัตถุประสงค์ ผู้จัดทำขอขอบคุณอย่างสูงในความกรุณาของท่านอาจารย์ไว้ ณ โอกาสนี้

นี้ด้วย

ไพโรจน์ กาวุธ

## สารบัญ

	หน้า	
สารบัญตาราง	(๒)	
สารบัญรูปภาพ	(๓)	
สารบัญตารางผนวก	(๔)	
สารบัญภาพผนวก	(๕)	
บทนำ	๑	
I      วัตถุประสงค์	๒	
II     ผลที่คาดว่าจะได้รับ	๒	
III    การตรวจเอกสาร	๒	
	- ประสิทธิภาพสกัดเลซีทิน	๒
	- ขบวนการสกัดเลซีทิน	๕
	- การวิเคราะห์พอสโพลีค	๔
	- การใช้เลซีทินในอุตสาหกรรมอาหาร	๔
	- คุณภาพและชนิดของเลซีทินที่ใช้ในอุตสาหกรรม	๑๒
IV     อุปกรณ์และสารเคมี	๑๔	
V      วิธีการทดลอง	๑๖	
VI     ผลการทดลอง	๒๓	
VII    สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	๓๖	
VIII   ขอเสนอแนะ	๓๘	
IX     เอกสารอ้างอิง	๓๙	
X      ภาคผนวก	๔๒	

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
๑	สูตรโครงสร้างของฟอสโฟลิปิด	๔
๒	การใช้ประโยชน์จากเลซิทีน	๑๑
๓	การวิเคราะห์คุณภาพของเลซิทีนที่สกัดได้	๓๑
๔	ผลการทดลองหา emulsifier efficiency number ของเลซิทีน	๓๒
๕	ผลการวิเคราะห์ฟอสโฟลิปิด	๓๓
๖	ผลการทดลองทางประสาทสัมผัส	๓๕

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
๑	กรรมวิธีสกัดเลซิทิน	๓
๒	แสดงปริมาณเลซิทินที่ได้จากถั่วเหลือง มีความชื้นแตกต่างกัน	๒๔
๓	แสดงปริมาณเลซิทินที่ได้จากถั่วเหลือง ไม่ผ่านความร้อน	๒๗
๔	แสดงปริมาณเลซิทินที่ได้จากถั่วเหลือง ผ่านการอบร้อนที่อุณหภูมิ ๑๓๐°ซ.	๒๘
๕	แสดงปริมาณเลซิทินที่ได้จากถั่วเหลือง ผ่านการอบหนึ่ง ๑๐๐°ซ.	๒๘

## สารบัญตารางผนวก

ตารางที่	หน้า
๑	๕๓
๒	๕๔
๓	๕๑
๔	๕๒
๕	๕๓
๖	๕๔
๗	๕๕

สารบัญภาพผนวก

ภาพที่		หน้า
๑	เปรียบเทียบน้ำมันก่อนและหลัง แยกเลซิติน	๔๔
๒	ลักษณะของ เลซิตินธรรมชาติ	๔๕
๓	ผลการวิเคราะห์ฟอสโฟลิปิดด้วยวิธี TLC	๔๖
๔	ลักษณะไอศกรีมที่เติมเลซิตินในระดับต่างกัน	๔๗

## บทนำ

ถั่วเหลือง (*Glycine max*(L) Merrill) เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ดังจะเห็นได้ว่าเรื่องของถั่วเหลืองถูกบรรจุไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ตั้งแต่ฉบับที่ ๒ จนถึงฉบับที่ ๖ พบว่าถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.๕ เป็นพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคราสนิมและโรคใบค่าง ในฤดูฝนให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ ส.จ.๔ ประมาณ ๔ เปอร์เซ็นต์ (คำเกิงและคณะ, ๒๕๒๘) ขณะนี้กำลังเป็นที่นิยมของเกษตรกรประกอบกับกรมวิชาการเกษตร ได้ให้การส่งเสริมการเพาะปลูกเป็นอย่างมาก

เลซิทิน (Lecithin) เป็นสารประกอบที่สำคัญของฟอสโฟลิพิด (phospholipids) ของไขมันมีคุณสมบัติเป็นไขมันประกอบ (Compound lipids) และเป็น surfactant ช่วยในการรวมตัวของไขมันกับน้ำ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการขนส่งไขมันในเส้นเลือด ดังนั้นจึงสามารถป้องกันโรคเส้นเลือดอุดตันได้ นิยมใช้เลซิทินในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น อุตสาหกรรมไอศกรีม, ช็อกโกแลต, ขนมอบ (bakery products) และนอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมยา, สี, เครื่องสำอาง ฯลฯ

เลซิทินพบมากในเมล็ดพืชน้ำมันและกระดูกของแป้งข้าวสาลี ส่วนในสัตว์พบมากในเซลล์ส่วนของสมอง, ตับ, ต่อมไขมัน, ไข่แดง ผลผลิตของถั่วเหลืองโดยส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช ปัจจุบันพบว่ามีโรงงานผลิตน้ำมันพืชที่ทันสมัยขนาดใหญ่ ๖ แห่ง และโรงงานขนาดเล็กอีกจำนวนมาก แต่ยังไม่พบว่าได้มีการแยกเลซิทิน ซึ่งเป็นผลพลอยได้มาใช้ประโยชน์อย่างแท้จริง มักแยกทิ้งรวมไปกับกัม (gum) ซึ่งมีเลซิทินเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณสูงกว่าส่วนอื่น ๆ ปัจจุบันมีการตั้งเจ้าของสารดังกล่าวเป็นจำนวนมาก ทั้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา ตลอดจนเพื่อความประสงค์อื่น ๆ ปัจจุบันความต้องการของเลซิทินทั่วโลกสูงขึ้นทุก ๆ ปีและสูงถึง ๑๐๐,๐๐๐ ตันต่อปี (List และคณะ, ๑๙๘๑) ดังได้กล่าวมาแล้วว่าถั่วเหลืองจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในอันดับต้น ๆ ของประเทศ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่จะได้นำเอาผลพลอยได้จากพืชดังกล่าวมาใช้ให้เป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

## วัตถุประสงค์

### เพื่อศึกษา

๑. การสกัดเลซิทินจากตัวเหลืองพันธุ์ ส.จ.๒
๒. สภาพที่เหมาะสมในการสกัดแยกเลซิทิน
๓. คุณภาพ (องค์ประกอบทางเคมี) ของเลซิทิน
๔. คุณสมบัติการ **emulsification** ของเลซิทินที่สกัดได้

## ผลที่คาดว่าจะได้รับ

๑. เป็นแนวทางที่สามารถจะบอกความเป็นไปได้ในการผลิตเลซิทินสำหรับอุตสาหกรรมภายในประเทศ
๒. เพื่อเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาการผลิตเลซิทินจากเมล็ดพืชน้ำมันภายในประเทศในระดับอุตสาหกรรม
๓. เป็นการพัฒนาการนำของเหลือใช้ (by-product) จากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้เป็นประโยชน์

## การตรวจเอกสาร

อุตสาหกรรมการผลิตเลซิทิน เกิดขึ้นครั้งแรกในประเทศสาธารณรัฐเยอรมัน เมื่อ ปี ค.ศ. ๑๙๑๑ ได้มีผู้สังเกตเห็นตะกอนสีเหลืองในน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดมาได้และเป็นส่วนที่โรงงานขจัดทิ้งไป ต่อมาได้มีผู้นำตะกอนดังกล่าวมาทำให้แห้งภายใต้สภาวะสูญญากาศและเรียกสารที่แห้งนี้ว่า "เลซิทิน" หลังจากนั้นนำมาศึกษาการใช้ประโยชน์และพบว่าสามารถใช้ได้กับอุตสาหกรรมหลายชนิด จึงได้เริ่มมีการพัฒนาและปรับปรุงกรรมวิธีตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตเลซิทินจากตัวเหลืองให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

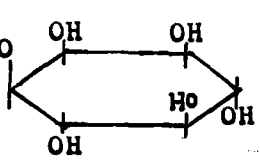
เลซิทินเป็นชื่อสามัญของ **phosphatidyl choline (PC)** ซึ่งแยกได้จากน้ำมันดิบ (**crude oil**) ของเมล็ดพืชน้ำมัน โดยการตกตะกอนด้วยน้ำร้อนหรือไอน้ำแล้ว

ทำให้แห้ง เจริญธรรมชาติเป็นฟอสโฟลิปิด (phospho lipid) ชนิดลิปิดประกอบ (compound lipids) พบมากในเมล็ดพืชที่มีน้ำมันที่แก่จัด (Chery และ Gray, ๑๙๕๖) นอกจากฟอสโฟลิปิดชนิด PC, PE (phosphatidyl ethanolamine) และ PI (phosphatidyl inositol) เป็นองค์ประกอบหลักแล้วยังพบ triglycerides, fatty acid pigment, sterol, ester ตลอดจนคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ เป็นส่วนประกอบอีกเล็กน้อยสูตรโครงสร้างของฟอสโฟลิปิดแสดงในการร่างที่ ๑

การสกัดน้ำมันนิยมใช้ตัวทำละลาย (Solvent) ตามหลักและวิธีการของ Bollman (Markley ๑๙๕๑) ซึ่งได้ทดลองใช้ benzene, petroleum ether และ ethanol แต่มักเป็นตัวทำละลายน้ำมันในตัวเหลือง

ปี ค.ศ. ๑๙๓๕ Sorensen และ Beal ได้ใช้ hexane เป็นตัวทำละลาย พบว่ายังมีคุณภาพดีกว่าใช้ตัวทำละลายอื่น ๆ แต่ได้ปริมาณน้ำมันน้อยกว่า ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้ hexane สกัดน้ำมัน เนื่องจากมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย เมื่อสกัดมาแล้วได้น้ำมันที่มีสีเหลืองอ่อนสามารถแยกตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ได้อีก

ตารางที่ ๖ โครงสร้างของฟอสโฟลิพิด

Phosphalipid	Structure form	Trivial name
phosphatidyl choline (PC)	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{CH}_2\text{OCR}_1 \\    \\  \text{O} \\  \parallel \\  \text{CHOCR}_2 \\    \\  \text{CH}_2\text{O}-\text{P}-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \\  \parallel \\  \text{O}^-  \end{array}  $	Lecithin
phosphalidyl ethanolamine (PE)	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{CH}_2\text{OC} \text{R}_1 \\    \\  \text{O} \\  \parallel \\  \text{CHOC} \text{R}_2 \\    \\  \text{CH}_2-\text{P}-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}^+\text{N}_3 \\  \parallel \\  \text{O}^-  \end{array}  $	Cephalin
phosphatidyl inositol (PI)	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{CH}_2\text{OC} \text{R}_1 \\    \\  \text{O} \\  \parallel \\  \text{CHOC} \text{R}_2 \\    \\  \text{CH}_2\text{O}-\text{P}-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_5 \\  \parallel \\  \text{O}^-  \end{array}  $ 	Cephalin

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> = Various fatty acid (C<sub>15</sub>-C<sub>17</sub>)

P = phosphatic acid

ที่มา = Encyclopedia of food science, 1978

ประเทืองศรี (๒๕๒๓) ได้นำเมล็ดที่บดแล้วไปทิ้งเพื่อให้น้ำมันไหลออกจาก  
เชลโคง่ายขึ้นและยังช่วยลดสารพิษ, เอนไซม์, ฟอสฟาไทด์ (phosphatide)  
ในเมล็ดพืช

เลซิทีนที่สกัดได้จากเชลของสัตว์ เช่น ไข่แดง เนื้อเยื่อสมองและตับ ถึงแม้จะมี  
ปริมาณอยู่สูงแต่ไม่เป็นที่นิยมเพราะต้นทุนสูงกว่าการสกัดจากเมล็ดพืช จะพบก็เฉพาะอุตสาหกรรม  
กรรมการผลิตยาเท่านั้น ก่อน ค.ศ. ๑๙๕๐ มีการสกัดเลซิทีนจากข้าวโพค ปัจจุบันมีผลผลิต  
และโรงงานสกัดน้ำมันจากเมล็ดถั่วเหลืองมากขึ้น จึงนิยมสกัดจากถั่วเหลือง ส่วนการสกัด  
เลซิทีนจากเมล็ดฝ้ายยังมีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องสีและสารพิษ (Chery และ Gray, ๑๙๕๑)

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร (๒๕๒๑) รายงานว่า ในนมมีโพส-  
โฟฟิติก ๐.๓-๐.๘ กรัมต่อนม ๑ กิโลกรัม ในกฐเตนึ่งเป็นโปรตีนของแป้งสาดีมีมากถึง  
๑๑ เปอร์เซ็นต์ ในน้ำมันถั่วเหลือง (Grude oil) มีเลซิทีน ๒-๓ เปอร์เซ็นต์ (Brain  
๑๙๘๖) ในน้ำมันเมล็ดฝ้ายมีอยู่ ๐.๗-๐.๘ เปอร์เซ็นต์และในน้ำมันข้าวโพค ๑-๒ เปอร์เซ็นต์

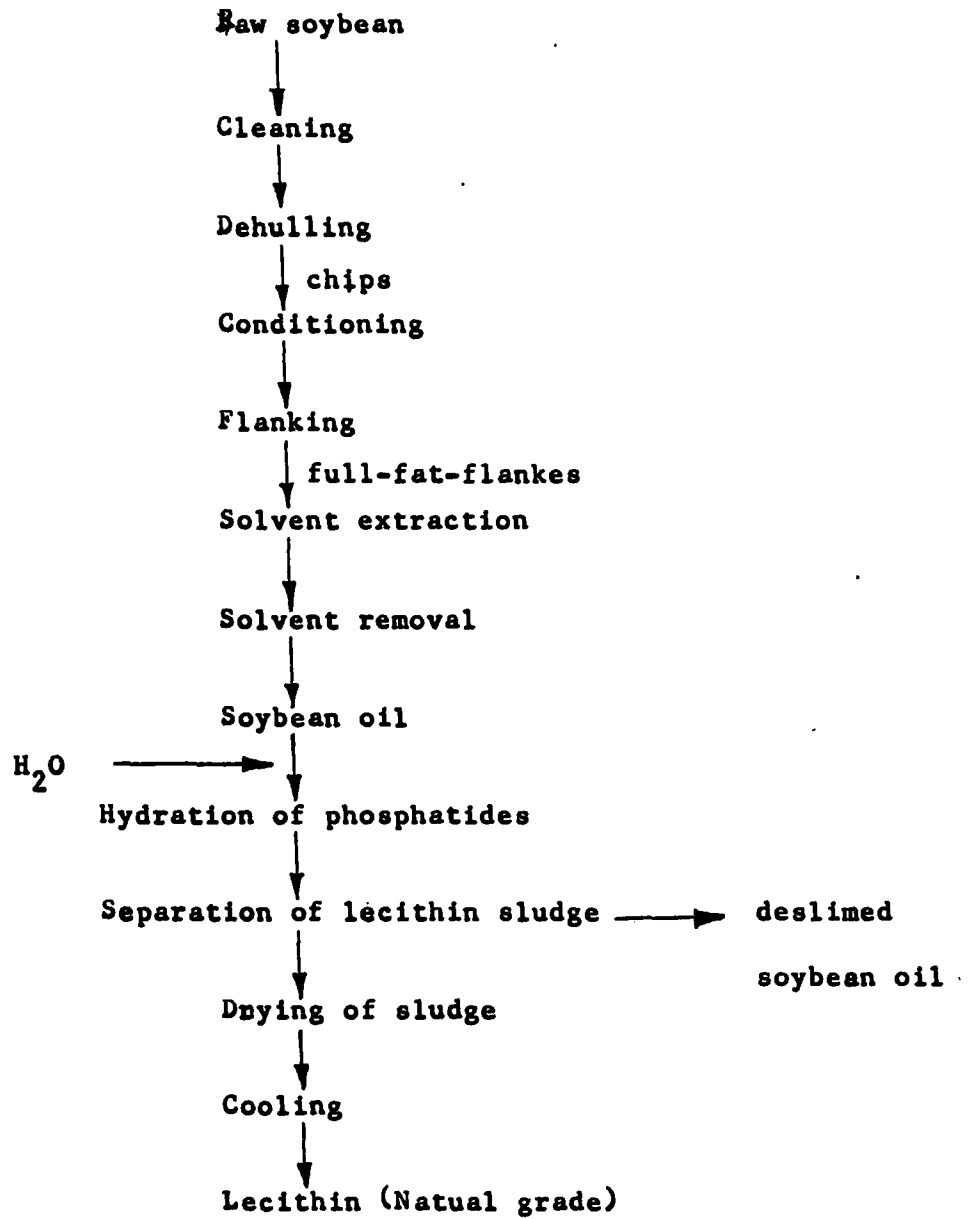
การสกัดเลซิทีน

น้ำมันที่สกัดออกมาจากเมล็ดพืช เมื่อละลายอยู่ในตัวทำละลายเรียกของ  
ผสมนี้ว่า มิสเซลลา (miscella) หลังจากนั้นระเหยตัวทำละลายออกแยกเลซิทีนโดยการ  
ใส่น้ำร้อนหรือไอน้ำผ่านลงในน้ำมันเรียกขั้นตอนนี้ว่า degumming จะเกิดการแยกชั้น  
ของเลซิทีนจากนั้นนำตะกอนไปหมุนเหวี่ยงแยกเพื่อให้การแยกของตะกอนดีขึ้น คุณทงูมิ  
Degumming และขณะหมุนเหวี่ยงแยกประมาณ ๕๐-๗๐ องศาเซนเซียส ความเร็วที่ใช้  
หมุนเหวี่ยงแยก ๑๕๐๐ รอบต่อนาทีใช้เวลา ๑๕ นาที (Nieuwenhuyzen, ๑๙๘๖) ตะกอน  
ที่ได้นำไปอบแห้งภายใต้สภาพสูญญากาศไม่ต่ำกว่า ๒๕ นิ้วปรอทที่อุณหภูมิ ๗๐ องศาเซนเซียส  
เป็นเวลา ๑-๔ ชั่วโมงแล้วทำให้เป็นที่อุณหภูมิ ๕๐ ๖. ได้เลซิทีนที่เรียกว่า "เลซิทีนทางการ  
ค้า" (commercial lecithin) ซึ่งมีสีเหลืองอ่อนหรือสีน้ำตาล หากนำไปผ่านกรรมวิธี

ต่าง ๆ เช่น การเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้เดิทธิณสีขาวบริสุทธิ์ สำหรับการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถเติมในขณะที่ degumming หรือก่อนนำเข้าอบแห้ง ทั้งนี้เพื่อต้องการลอกจางสี เนื่องจากเดิทธิณสีได้จากการสกัดจะมีสีน้ำตาลเข้ม กรรมวิธี การสกัดเดิทธิณเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ดังแสดงในรูปภาพที่ ๑

Scholfield (๑๙๕๑) รายงานว่าเดิทธิณทางการค้าประกอบด้วย phosphatidyl choline (PC) ๑๕-๒๐ เปอร์เซ็นต์ phosphatidyl ethanolamine (PE) ๔-๒๐ เปอร์เซ็นต์ และ phosphatidyl inositol (PI) ๒๐-๒๑ เปอร์เซ็นต์ จากไลโปสเฟอไทด์ (phosphatide) ที่มีอยู่ทั้งหมด ๖๕ เปอร์เซ็นต์ ที่เหลืออีก ๓๕ เปอร์เซ็นต์ เป็นน้ำมัน Brain (๑๙๕๖) กล่าวถึงส่วนประกอบของเดิทธิณ ซึ่งประกอบด้วย PC ๒๐ เปอร์เซ็นต์, PE ๒๐ เปอร์เซ็นต์, PI ๒๐ เปอร์เซ็นต์ และน้ำมัน ๓๕ เปอร์เซ็นต์ ที่เหลืออีก ๕ เปอร์เซ็นต์ เป็นพวกน้ำตาล, sterol และความชื้นจากรายงานของ Sullivan และ Szuhuy (๑๙๖๕) พบว่ามีน้ำมัน ๓๕ เปอร์เซ็นต์, PC ๑๕ เปอร์เซ็นต์, PE ๑๕ เปอร์เซ็นต์ PI และไลโปสเฟอไทด์ชนิดอื่น ๆ ๒๑ เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต และส่วนประกอบอื่น ๆ ๕ เปอร์เซ็นต์ ที่เหลืออีก ๑ เปอร์เซ็นต์เป็นส่วนของความชื้น

เดิทธิณในทางการค้าแบ่งได้ ๖ เกรด ตามคุณภาพสีและความหนืดมีบางชนิดไม่ผ่านการลอกสีและผ่านการลอกสี ๑-๒ ครั้งเป็นต้น อาจเตรียมให้อยู่ในรูปของของไหล (fluid) และอยู่ในรูปพลาสติก (high viscosity) หากเติมกรดไขมัน ๒-๕ เปอร์เซ็นต์ เดิทธิณในรูปของพลาสติกจะเปลี่ยนเป็นรูปของของไหล การวัดค่าความหนืดของเดิทธิณในรูปของไหลใช้วัดด้วยเครื่อง Viscometers ถ้าอยู่ในรูปของพลาสติกจะวัดด้วยเครื่อง Penetro-  
meter



รูปที่ ๑ กรรมวิธีสกัดเลซิทิน

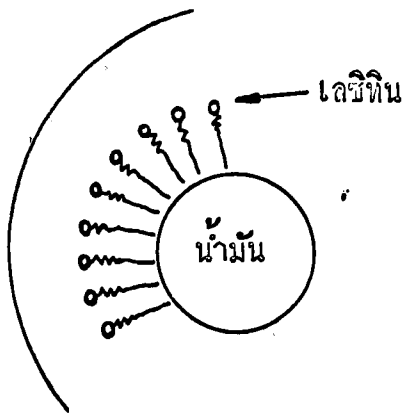
การวิเคราะห์ฟอสโฟลิปิด

CHAPMAN (๑๙๗๗) ได้ทำการแยกฟอสโฟลิปิดด้วยวิธี TLC ชนิด ๒- dimension โดยใช้กระจกขนาด ๒๐ x ๒๐ เซนติเมตร เคลือบด้วย silica gel ๖๐ และใช้ chloroform เป็น first dimension และส่วนผสม chloroform : methanol : 7N ammonium hydroxide (๖๕:๓๐:๕ V/V) เป็น second developing solvent second dimension อีกค้ำนใช้ส่วนผสม chloroform : methanol : 7N ammonium-hydroxide (๑๗๐:๒๕:๒๕:๘ V/V) จากนั้น spray ด้วยสารละลาย molybdate เพื่อให้เห็นสารที่แยกทำการวัด R<sub>f</sub> เปรียบเทียบกับ standard ERDAHL และคณะ (๑๙๖๒) ได้ทำการทดลองแบบเดียวกับนาย CHAPMAN แล้วนำสารที่แยกได้จาก TLC ไปแยกหาปริมาณโดยวิธี Liquid chromatography พบว่าเลซิทีนทางการค้า มีฟอสโฟลิปิดประกอบอยู่ ๘๒.๕ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วย PC ๒๕.๐ เปอร์เซ็นต์ PE ๒๓.๕ เปอร์เซ็นต์ และ PI ๑๕.๑ เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือ ๗ เปอร์เซ็นต์ เป็นพวก phosphatidic acid

การละลายเลซิทีนในอุตสาหกรรมอาหาร



ปกติแล้วไขมันจะไม่ละลายน้ำเนื่องจากประกอบด้วยหมู่ไฮโดรคาร์บอนสูง แต่ ฟอสโฟลิปิดละลายได้ทั้งในน้ำและสารละลายไขมัน ทั้งนี้เพราะว่ามีหมู่โพลาาร์ (polar) มากพอที่จะละลายในน้ำได้ (Hydrophilic group) เช่น phosphoric acid-choline ส่วนที่ไม่ใช่โพลาาร์ (non-polar) ได้แก่ กรดไขมัน เช่น กรดลิโนเลอิก (linoleic) ซึ่งละลายในน้ำมันได้แต่ไม่ละลายในน้ำ (Hypophilic group) เมื่อนำเลซิทีนมาเขย่ากับน้ำ ทำให้เกิดสภาพไมเซลล์ (micelle) เป็นหย่อน้ำมันขนาดใหญ่ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำมีลักษณะเป็นชั้น ๆ โดยมีโมเลกุลของเลซิทีนเป็นกลุ่มนอกของโมเลกุลของน้ำ ซึ่งเป็นตัวเชื่อมอยู่ตอนกลาง



จากลักษณะโครงสร้างโมเลกุลพบว่าเลซิทีนประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลและไม่ใช้ไฮดรอกซิล จึงมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) โคทั้งอิมัลชันชนิดน้ำกระจายตัวในน้ำมัน (w/o) และน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (o/w) ดังนั้นจึงได้มีการนำเลซิทีน มาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร การเลือกใช้แตกต่างกันตามสภาวะ เช่น ความเข้มข้นของเกลือ, pH , ปริมาณของน้ำในน้ำมัน, กลิ่น, รสและการรักษารูปทรงตลอดจนความยอมรับของผู้บริโภค

โดยทั่ว ๆ ไปใช้เลซิทีน ๐.๑-๐.๓ เปอร์เซ็นต์ (Scocca, ๑๙๗๖) ทั้งนี้อาจเปลี่ยนแปลงไปตามส่วนประกอบอื่น ๆ เลซิทีนที่ยังไม่ฟอกสีมีข้อจำกัดในเรื่องของสีและกลิ่น ดังนั้นการใช้กับผลิตภัณฑ์จึงต้องใช้ผสมเป็นรูปทดสอบการยอมรับ เลซิทีนที่ฟอกสีไม่มีข้อจำกัดการใช้งาน

Puski และ Szuhaj (๑๙๗๑) กล่าวว่าเลซิทีนที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ มีค่า emulsifier efficiency number (EEN) สูงในอิมัลชันชนิด w/o และมีค่าต่ำในอิมัลชัน o/w เลซิทีนที่ละลายในแอลกอฮอล์มีค่า EEN สูงในอิมัลชันชนิด o/w และมีค่าต่ำในอิมัลชันชนิด w/o เลซิทีนธรรมชาติมีค่า emulsifier efficiency number สูงในอิมัลชันชนิด w/o และ o/w ในทางการค้าจึงนิยมใช้เลซิทีนธรรมชาติใน

รูปของของไหล (fluid lecithin) กับผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ กันอย่างกว้างขวาง

เลซิทีนใช้เติมในอาหารที่มีไขมันประกอบ เพื่อทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ช่วยให้เกิดความคงตัว (stabilizer) ป้องกันการหืน (antioxidant) ตลอดจนช่วยปรับปรุงรสชาติ (Flavor) ช่วยยืดอายุ (shelf-life) ของผลิตภัณฑ์จากข้อนี้ต่าง ๆ เหล่านี้จึงมีการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร, ยา, เครื่องสำอางและอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ ๒ ScoCCA (๑๙๗๖) ได้ทดลองใช้เลซิทีนในโดนัท (doughnuts) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบ (bakery products) ชนิดหนึ่ง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีขึ้น เนื่องจากเลซิทีนช่วยในการกวนน้ำและช่วยจับโค้ว จึงเป็นการเพิ่มปริมาณช่วยยืดอายุได้ดีกับกะป๋องที่ตี เมื่อนำไปทอดในน้ำมันร้อนตามปกติ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงในค่ารสชาติ นอกจากให้ผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้นยังช่วยลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

ประกาย (๒๕๖๖) ได้รายงานถึงอิมัลซิไฟเออร์ว่าช่วยทำให้ไอศกรีมมีเนื้อเนียนและมีลักษณะแข็งและแข็ง นอกจากนี้ยังช่วยทำให้เม็ดไขมันกระจายทั่ว ๆ ไปในไอศกรีม

Van Nieuwenhuyen (๑๙๕๑) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของเลซิทีนว่าสามารถนำไปกำจัดยุง (Mosquito) ได้โดยฉีดเลซิทีนลงในน้ำด้วยความดัน ๘๐ คาซันต่อตารางเซนติเมตร (dyne/cm<sup>2</sup>) เลซิทีนจะแผ่เป็นฟิล์มที่ผิวหนังหรือลูกน้ำไม่สามารถผ่านได้เข้าไปได้ ลูกน้ำก็จะตายไปส่วนตัวยุงจะวางไข่ไม่ได้ การใช้เลซิทีนในการปราบยุง ได้ทำการทดลองได้ผลดีทั้งในประเทศอินเดียและสาธารณรัฐเยอรมัน

ตารางที่ ๒ การใช้ประโยชน์จากเลซิติน

Product	Function	effect
<p><b>Food</b></p> <p><b>Bakery goods</b></p> <p><b>cream-like emulsion</b></p> <p><b>chocolate</b></p>	<p>Gluten chemistry emulsifier and stabilizer for fat anti-oxidant wetting agent emulsifier stabilizer antioxidant</p> <p>emulsifier, stabilizer antioxidant</p>	<p>improve shortening effect emulsification flaver shelf-life texture</p> <p>improve emulsification and stabilizer flavor, texture</p> <p>Reduction of viscosity Prevention of crytallization</p>
<p><b>Pharmaccuticals</b></p>	<p>emulsifier, carrier antioxidant donatescholine and linole acid</p>	<p>improve emulsification, dispersion and shelf life</p>
<p><b>cosmetic</b></p>	<p>emulsifier and foam stabilizer emoll:ent, dispersing agent</p>	<p>improve dispersion of various component (oigment) and shelf-life</p>

คุณภาพและชนิดของเมล็ดที่ใส่ในอุตสาหกรรม

A

**National soybean Process Association (Markley, ๑๙๕๑) ได้กำหนดไว้ว่า**

๑. สารส่วนที่ไม่ละลายในอะซิโตน (**Acetone insoluble matters**) หมายถึงปริมาณเฟอสโฟลิพิดทั้งหมดที่มีอยู่ในเมล็ด เมล็ดที่อยู่ในรูปของไหล (**fluid**) ต้องมีสารที่ไม่ละลายในอะซิโตนไม่น้อยกว่า ๖๒ เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดที่อยู่ในรูปพลาสติก (**plastic**) ต้องมีสารที่ไม่ละลายในอะซิโตนไม่น้อยกว่า ๖๕ เปอร์เซ็นต์

๒. สารส่วนที่ละลายในอะซิโตน (**Acetone soluble matters**) หมายถึง ปริมาณสารต่าง ๆ ที่ละลายในอะซิโตน ได้แก่ น้ำมัน เมล็ดที่อยู่ในรูปของของไหลมีสารละลายอะซิโตนไม่เกิน ๓๘ เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดที่อยู่ในรูปพลาสติกมีสารละลายอะซิโตนไม่เกิน ๓๔ เปอร์เซ็นต์

๓. สารส่วนที่ไม่ละลายในเบนซีน (**Benzene - insoluble matters**) หมายถึง พวกคาร์โบไฮเดรต เมล็ดทั้งในรูปของของไหลและพลาสติกต้องมีสารที่ไม่ละลายในเบนซีนไม่เกิน ๐.๒ เปอร์เซ็นต์

๔. ความชื้น ไม่เกิน ๑ เปอร์เซ็นต์ ทั้ง ๒ รูป

๕. เฟอสโฟลิพิด เมล็ดที่อยู่ในรูปของของไหลมีไม่น้อยกว่า ๒.๑ เปอร์เซ็นต์ และในรูปพลาสติกไม่น้อยกว่า ๒.๒ เปอร์เซ็นต์ เมื่อเอาค่าแอสเตอร์ ๒๕.๔ คูณด้วยค่าเฟอสโฟลิพิดจะได้ค่าประมาณของเฟอสโฟลิพิดทั้งหมดที่มีอยู่ในเมล็ด

๖. ค่า **Acid Value** ไม่เกิน ๓๐

**Academy of science (Food chemistry index, ๑๙๖๖) ได้กำหนดไว้ว่า**

๑. สารส่วนที่ไม่ละลายในอะซิโตน (**Acetone inssoluble matters**) ทั้ง ๒ รูป ไม่น้อยกว่า ๕๐ เปอร์เซ็นต์

๒. สารส่วนที่ไม่ละลายในเบนซีน (**Benzene insoluble matters**) ทั้ง ๒ รูป ไม่เกิน ๐.๓ เปอร์เซ็นต์

๓. ความชื้น ไม่เกิน ๑.๕ เปอร์เซ็นต์ ทั้ง ๒ รูป
๔. ค่า Acid Value ไม่เกิน ๑๖
๕. สิ่งปลอมปน (Limits of impurities) ไม่เกิน ๓ ppm

Pomeranz et.al (๑๙๖๘) ได้แบ่งประเภทของเลซิทินดังนี้

๑. เลซิทินธรรมชาติ (crude lecithin) นิยมเรียกสั้น ๆ ว่า เลซิทินในรูปของของไหลประกอบด้วยสารส่วนที่ไม่ละลายอะซิโตนไม่น้อยกว่า ๖๕ เปอร์เซ็นต์ สารละลายอะซิโตนไม่เกิน ๓๕ เปอร์เซ็นต์ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

๒. เลซิทินที่ปราศจากไขมัน (oil-free lecithin) มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองอ่อน ประกอบด้วยสารที่ไม่ละลายในอะซิโตนไม่น้อยกว่า ๘๕ เปอร์เซ็นต์ ความชื้นไม่เกิน ๑ เปอร์เซ็นต์ สารที่ไม่ละลายในเบนซีนไม่เกิน ๐.๕ เปอร์เซ็นต์ จึงเก็บได้นานมีความคงตัว นิยมใช้ในอุตสาหกรรมยา

๓. เลซิทินที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (alcohol insoluble lecithin) มีลักษณะเป็นผงสีขาวตลกใส ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ที่ร้อนปานกลางมีสารที่ไม่ละลายในอะซิโตนไม่น้อยกว่า ๖๐ เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย PI ๒ ส่วน, PE ๑ ส่วนและ PC เล็กน้อย ไม่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

๔. เลซิทินที่ละลายในแอลกอฮอล์ (alcohol soluble lecithin) ประกอบด้วยสารที่ไม่ละลายในอะซิโตนไม่น้อยกว่า ๖๐ เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย PC ๒ ส่วน, PE ๑ ส่วนและ PI เล็กน้อย ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อลดความเหนียว

๕. เลซิทินที่ผ่านขบวนการไฮดรอกซิเลชันและกรดแลคติก (hydroxylation lecithin) มีลักษณะนุ่มกระจายตัวได้ดีในน้ำ ประกอบด้วยส่วนที่ไม่ละลายอะซิโตนไม่น้อยกว่า ๖๐ เปอร์เซ็นต์ ความชื้นไม่เกิน ๒ เปอร์เซ็นต์ และความเป็นกรดไม่เกิน ๓๔

๖. เลซิทินที่ผ่านขบวนการไฮโดรจีเนชัน (hydrogenation lecithin) มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลอ่อน สร้างความคงตัวที่ดีสามารถเก็บไว้ได้นาน

## อุปกรณ์และสารเคมี

### ๑. วัสดุเคมี

- ถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.๕ ที่เก็บเกี่ยวได้จากแปลงทดลองคณะเทคโนโลยี-  
การเกษตร จาคกระบัง

### ๒. อุปกรณ์ที่ใช้สกัดน้ำมันและเลวิทิน

- เครื่องบดเมล็ดถั่ว
- เครื่องชั่ง , Sartorius (1205 mp)
- Soxhlex extractor , Electrothermal (Britain)
- Rotary evaporator
- Centrifuge motor driven
- electrical oven, ๓๐-๒๒๐ ° c , Memmert

### ๓. อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์เลวิทิน

- Moisture distillation set
- centrifuge motor driven , minor
- Muffle furnace , sybron
- Water bath, 0-120 ° c

### ๔. อุปกรณ์สำหรับงานวิเคราะห์ PC, PE และ PI

- Developing Glass tank (TLL-glass tank)
- Thin layer chromatography plate (TLL-glass plate)  
ขนาด ๒๐ x ๒๐ ซม.

๕. อุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาคุณภาพการ emulsification ของเดซิทิน

- เครื่องปั่นไอศกรีมชนิดไฟฟ้า

สารเคมี

- n-hexane (b.pt ๖๘-๗๐ °c )
- Toluene, RPE-ACS grade
- Benzene, RPE-ACS grade
- Petroleum ether (b.pt ๖๐-๘๐ c)
- Acetone, RPE-ACS grade
- Nitric acid ๖๕ เปอร์เซ็นต์
- Glacial acetic acid
- Sulfuric acid ๙๕-๙๗ เปอร์เซ็นต์
- Ammonium hydroxide ๑๒ เปอร์เซ็นต์
- Sodium hydroxide
- Methanol
- Ethyl alcohol ๙๕ เปอร์เซ็นต์
- Molybdic acid ๘๕ เปอร์เซ็นต์
- Iodine
- Chloroform
- Silica gel ๖๐G

## วิธีการทดลอง

๑. การหาความชื้น คัดเลือกเมล็ดที่สมบูรณ์แยกเอาสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออก นำตัวเหลืองไปบดให้มีขนาดเล็กลง ตัวเหลืองที่ผ่านการบดไปชั่งห่าน้ำหนักเริ่มต้นแยกเข้า อบที่อุณหภูมิ ๑๓๐ °ซ. เวลา ๑ และ ๓ ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถแก้วดูความชื้น ชั่งห่าน้ำหนัก ที่สูญหายไป ตัวเหลืองที่ผ่านการบดอีกส่วนนำไปนึ่งเป็นเวลา ๑ และ ๓ ชั่วโมง แล้วแบ่งไปหา ความชื้นโดยเข้าอบที่ ๑๓๐ °ซ. เวลา ๓ ชั่วโมง เพื่อหาความชื้นที่มีอยู่เช่นเดียวกับการอบ

๒. การสกัดน้ำมัน ตัวเหลืองที่ผ่านการบดหลังจากอบและนึ่งตามกำหนดเวลา นำมาสกัดน้ำมันด้วยชุด Soxhlet extractor โดยใช้ n-hexane เป็นตัวทำละลาย (Solvent) ใช้เวลาสกัดน้ำมัน ๓ ชั่วโมงเท่ากับทุกตัวอย่าง นำ miscella ไปแยกเอา ตัวทำละลายออกด้วย Rotary evaporator จนเหลือแต่น้ำมันดิบ (Crude oil)

๓. การสกัดเลซิทิน นำน้ำมันดิบที่ได้มาแบ่งใส่หลอดหยิ่งในปริมาตรที่เท่า ๆ กัน ให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิที่ต่างกันคือ ที่อุณหภูมิ ๖๐, ๗๐, ๘๐, ๙๐ °ซ. แต่ละระดับอุณหภูมิ ที่ให้ความร้อนกับน้ำมันต้องควบคุมให้อยู่ในระดับคงที่ซึ่งไม่ต่ำกว่า ๑๐ นาที เพื่อให้ไขมันภายใน มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันตลอด จากนั้นจึงเติมน้ำกลั่นที่ร้อนในระดับอุณหภูมิเดียวกันกับน้ำมันในปริมาณ ๖-๑๐ เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำมัน ขณะ degumming ต้องมีการเขย่าหรือกวนด้วยแท่งแก้ว ตลอดเวลา เพื่อให้การแยกตัวของเลซิทินเป็นไปได้ จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ ๓,๐๐๐ รอบต่อนาที เวลา ๑๕ นาที เลซิทินก็จะตกตะกอน รวมตัวกันแน่นอยู่ที่ก้นหลอดจึงสามารถแยกออกจากน้ำและน้ำมันได้ง่าย เลซิทินที่แยกได้นำไปอบ ในตู้อบธรรมดาที่อุณหภูมิ ๘๐ °ซ. เวลา ๔ ชั่วโมง ได้เลซิทินที่เรียกว่า เลซิทินธรรมชาติ (natural lecithin)

## การวิเคราะห์คุณภาพของเดซิทินจากถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.๕

### ๑. ความชื้น ตามวิธี (A.O.C.S ja ๔b, ๑๙๖๗)

ชั่งเดซิทิน ๓ กรัมใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด ๒๕๐ มล. เติม toluene ๑๐๐ มล. เขย่าให้เข้ากันเทใส่ flask ของเครื่องกลั่นต่อ flask เข้ายกชุดตรวจความชื้น (Trap) และคอนเดนเซอร์คอย ๆ ให้ความร้อนอย่างช้า ๆ จนอัตราการกลั่นตัวประมาณ ๑๐๐ หยดต่อนาที จึงเพิ่มความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น ๒๐๐ หยดต่อนาที กลั่นจนกระทั่งระเหยน้ำเพิ่มน้อยกว่า ๐.๑ มล. ในเวลา ๓๐ นาทีหรือกลั่นประมาณ ๒ ชั่วโมง จนกระทั่งระเหยน้ำคงที่หยุดให้ความร้อนข้างส่วนของน้ำที่ติดอยู่กับคอนเดนเซอร์ด้วย toluene ๕ มล. จึงนำ Trap ไปจุ่มน้ำที่ ๒๕ °C. เวลาไม่น้อยกว่า ๑๕ นาที หรือจนเห็นระเหยน้ำ ได้ชัดเจนอ่านค่าแล้วนำมาคำนวณความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น} = \frac{\text{ปริมาตรของน้ำ} \times ๘๘.๗}{\text{น.น. ตัวอย่าง}}$$

### ๒. สารไม่ละลายในเบนซีน ตามวิธี (A.O.C.S ja ๓-๓๕, ๑๙๖๗)

ชั่งตัวอย่าง ๐.๒๒๒ กรัมใส่ Erlenmeyer flask ขนาด ๕๐ มล. เติมเบนซีน ๑๕ มล. เขย่าให้เข้ากัน กรองผ่าน Sintered glass funnel แล้วล้าง Flask อีก ๒ ครั้งด้วยเบนซีน ๕ มล. เทลงไปใน Sintered glass funnel ไปอบที่อุณหภูมิ ๑๐๕ °C. เวลา ๑ ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถแก้ว (desiccator) ชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณตามสูตร

$$\text{สารส่วนที่ไม่ละลายในเบนซีน} = \frac{(\text{น.น. Sintered glass funnel} + \text{สารที่ไม่ละลาย}) - \text{น.น. Sintered glass funnel} \times ๑๐๐}{\text{น.น. ตัวอย่าง}}$$

### ๓. การวิเคราะห์สารที่ไม่ละลายในอะซิโตน (A.O.C.S ja ๔-๔b, ๑๙๖๗)

ก. การทำให้ไฮดรอกไซด์บริสุทธิ์ : ชั่งเดซิทิน ๑ กรัมเติมไฮโครเจน

อีเทอร์ ๒ มล. และอะซีโตน ๕ มล. เขย่าให้ผสมกับปริมาณให้ได้ ๕ มล. เทใส่หลอด  
เหวี่ยง ๒ หลอดนำไปแช่ไว้ในน้ำแข็ง (อุณหภูมิ < ๕° ซ.) เวลา ๑๕ นาที นำมาเหวี่ยงอีก  
๕ นาที แยกตะกอนออกด้วยการกรองหึ่งตะกอนไว้ใส่แก้ว

### ข. สารละลายอะซีโตนอิมตัว

นำตะกอนจากข้อ ก. ๐.๐๕ กรัมเติมอะซีโตน (อุณหภูมิ < ๕° ซ.)  
๑๖๐ มล. แช่น้ำแข็งที่อุณหภูมิน้อยกว่า ๕° ซ. เวลา ๒ ชั่วโมง โดยเขย่าทุก ๆ ๑๕ นาที  
กรองตะกอนออกใส่สารละลายอะซีโตนอิมตัวเก็บไว้ที่อุณหภูมิน้อยกว่า ๕° ซ.

การเตรียมตัวอย่าง อุ่นให้ร้อน (ไม่เกิน ๖๐° ซ.) เพื่อช่วยต่อการผสม  
จากนั้นชั่งตัวอย่างที่อุ่นแล้ว ๐.๖๒๗๗ กรัม ใส่หลอดเหวี่ยงเติมอะซีโตนอิมตัว ๕ มล. คนให้  
เข้ากัน นำไปแช่ในดาดน้ำแข็ง ๕ นาที เอาออกจากดาดน้ำแข็งเติมอะซีโตนอิมตัว (< ๕° ซ.)  
อีก ๕ มล. กวนใหม่ผสมกับปริมาณให้ได้ ๑๕ มล. นำไปแช่น้ำแข็ง ๑๕ นาที ก่อนครบ ๑๕  
นาทีได้ก็นำไปเหวี่ยงที่ ๑๕๐๐ รอบต่อนาที เวลา ๕ นาที แยกเอาสารละลายอะซีโตนออก  
ตะกอนที่ได้เติมอะซีโตน (< ๕° ซ.) ๑๐ มล. นำไปเหวี่ยงต่อแยกเอาสารละลายออกนำตะกอน  
ที่ได้เข้าอบที่ ๑๐๕° ซ. เวลา ๔๕ นาที ทำให้เย็น (Desicator) ชั่งคำนวณจากสูตร

$$\text{สารส่วนที่ไม่ละลายอะซีโตน} = \frac{(\text{น.น. หลอดเหวี่ยง} + \text{ตะกอน}) - \text{น.น. หลอดเหวี่ยง} \times ๑๐๐ - \text{สารไม่ละลายในเบนซีน}}{\text{น.น. หัวอย่าง}}$$

๔. สารส่วนที่ละลายอะซีโตน = ๑๐๐ - สารไม่ละลายอะซีโตน - สารไม่ละลาย  
ในเบนซีน - ความชื้น

### ๕. ค่าความเป็นกรด (Acid Value)

วิธีการ ชั่งเฉลี่ย ๑ กรัมละลายด้วยไฮดรอกซีเตอร่า ๒๕ มล. เขย่าแล้ว  
เติมแอลกอฮอล์ ๒๕ มล. เขย่าให้ผสมกัน หยดกรดน้อยทีละ ๑ หยด ได้ครบด้วย NaOH  
๐.๑ N อ่านค่าแล้วคำนวณหาค่าจากสูตร

$$\text{ค่าความเป็นกรด} = \frac{\text{มด.๐.๑ N NaOH} \times ๕๖.๑}{\text{น.น.ตัวอย่าง}}$$

## ๖. การวิเคราะห์หา Emulsifier efficiency number (EEN)

ใช้ตัวอย่างเลซิทีนธรรมชาติ เลซิทีนที่ละลายในแอลกอฮอล์และไม่ละลายในแอลกอฮอล์.

การหาค่า emulsifier efficiency number ในสารแขวนลอยชนิด O/W ทุกชนิดทำเช่นเดียวกัน โดยชั่งเลซิทีนธรรมชาติ ๑ กรัม น้ำมันตัวเหลือง (แยกเอาเลซิทีนออกแล้ว) ๒๐ กรัม ชั่งน้ำกลั่น ๕๐ กรัม ใส่บีกเกอร์กวนด้วยแท่งแก้วให้ผสมกันใช้เวลาผสม ๒ นาที เทลงในกระบอกตวง (cylinder) ๑๕๐ มล. ทิ้งไว้ ๕ นาที ไปเปิดเอาส่วนบน ๒๕ มล. ไปกลั่นหาความชื้น

$$\% \text{ emulsifier efficiency number (O/W)} = \frac{\% \text{ ความชื้น}}{๕๐}$$

การหาค่า emulsifier efficiency number ในสารแขวนลอยชนิด W/O โดยชั่งเลซิทีน ๑ กรัม น้ำมัน ๔๐ กรัม, น้ำ ๒๐ กรัม ใส่บีกเกอร์ผสมกัน ๒ นาที เทใส่กระบอกตวง ๑๕๐ มล. ทิ้งไว้ ๒ ชั่วโมง ไปเปิดเอาส่วนบน ๕๐ มล. ไปกลั่นหาความชื้น

$$\% \text{ emulsifier efficiency number (W/O)} = \frac{\% \text{ ความชื้น}}{๒๐}$$

## ๗. การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส

### การเตรียมสาร

๑. Alcoholic Sodium hydroxide ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ๕ กรัมในน้ำ ๕ มล. ผสมให้เข้ากันจนเห็นรึกแล้วกรองผ่านกระดาษกรองที่ชุ่มแอลกอฮอล์ นำสารละลายที่ได้ ๑ มล. มาละลายในแอลกอฮอล์ ๑๕ มล. ปรับปริมาตรให้ได้ ๒๐ มล.

๒. สารละลายโมลิบเดต ผสมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ๑.๒ มล. กับน้ำกลั่น ๑๓.๒ มล. และโมลิบดิก ( $\text{MoO}_3$ ) ๕ กรัม เมื่อสารโมลิบดิกละลายดีแล้วเทลงในสารละลายของกรดไนตริก ๔๕.๕๕ มล. และน้ำกลั่น ๕๗.๕ มล. ส่วนผสมที่ได้เก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำของเหลวเย็นเพื่อได้ตะกอนสีเหลืองนอนก้นเทเอาส่วนในมาใส่น้ำสารละลายโมลิบเดต ๑๐๐ มล. เติมกรดไนตริก ๕ มล. กรองทันทีที่กรองไว้

วิธีการ ชั่งเฉริทิน ๒ กรัมเติม **alcoholic sodium hydroxide** ๕๐ มล. ละลายใน **water bath** จนเกือบแห้งนำเข้าอบที่ ๑๐๐ °C. ๓๐ นาที จึงเข้าเตาเผาที่ ๕๐๐-๕๕๐ °C. เวลา ๒ ชั่วโมง นำออกจากเตาทำให้เย็นในโถแก้ว เติมน้ำเล็กน้อยจนทั่วแห้ง เติมกรดไนตริกอย่างช้า ๆ ๑๕ มล. ผสมให้เข้ากันแล้วกรองผ่านกระดาษกรอง No.# แยกเอาตะกอนที่ได้ใส่ใน **Volumetric flask** ๒๐๐ มล. ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำอุ่นและปรับปริมาตรให้ได้ ๒๐๐ มล. ใส่น้ำกลั่น ๕๐ มล. เติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ๑๒ มล. เติมกรดไนตริกในปริมาณเล็กน้อยจนกระทั่งเป็นกลาง (ใช้กระดาษลิตมัส) จึงเติมน้ำกลั่นลงไป ๑๐๐ มล. นำไปอุ่นใน **water bath** (๔๕-๕๐ °C.) เติมสารละลายโมลิบเดต ๓๐ มล. เขย่าทิ้งไว้ ๓๐ นาทีจึงกรองผ่านกระดาษกรอง No.# ๑ ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นเย็น นำตะกอนที่ได้ใส่ **flask** ขนาด ๒๕๐ มล. ละลายด้วย ๐.๓๒๔ N NaOH (ทราบปริมาณแน่นอน) แล้วเติมฟีนอล์ฟทาลีน (**phenolphthalin**) ๒.๓ หยดไปไตเตรทกับกรดไนตริก ๐.๓๒๔ N จุดปริมาตร คำนวณหาจากสูตร

$$\text{ฟอสฟอรัส} = \frac{(B-A) \times ๐.๐๔๓๖๓}{\text{น.น. ตัวอย่าง}}$$

B = ปริมาตรของ ๐.๓๒๔ N NaOH ที่ละลายตะกอน

A = ปริมาตรของ ๐.๓๒๔ N  $\text{HNO}_3$  ที่ไตเตรท

๔. การวิเคราะห์ฟอสเฟตด้วยวิธี **Thin Layer Chromatography**

๑. การเตรียมแผ่นกระจก

แผ่นกระดาษ (๒๐ x ๒๐ เซนติเมตร) ที่จะใช้เคลือบด้วยสารจำเป็นต้องสะอาด ไม่มีไขมันเกาะใช้เคลือบด้วย acetone แล้วรอให้แห้ง สารที่ใช้เคลือบกระดาษ (absorbent) ถูกผสมในขวดแก้วที่มีฝาถูกแน่น เพื่อการเขย่าและผสมสารได้ดีใช้ silica gel ๖๐ G เขย่าผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน ๑:๒ (โดยน้ำหนัก) นาน ๑ นาที ก่อนนำซาเคลือบด้วย เครื่องเคลือบแบบกระดาษเคลือบที่ความหนาของ absorbent ๐.๓ มม. ออบรอนกระดาษ ที่เคลือบเสร็จแล้วในตู้อบ อุณหภูมิ ๙๐ °ซ. นาน ๒ ชั่วโมงหรือตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิต้อง ๒๔ ชั่วโมงก่อนนำมาใช้งานต้องแน่ใจว่าไม่มีไอน้ำอากาศหรือนิวเคลือบขรุขระ ทั้งนี้เพื่อให้การแยกสารเป็นไปได้ดี

## ๒. การแยกสาร

ฉากแผ่นตรงลงบนแผ่นกระดาษที่เคลือบแล้วให้ห่างจากขอบกระดาษ ๑.๕ เซนติเมตร เส้นตั้งกล่าวเป็นเส้นตั้งต้น (starting line) ทำเครื่องหมายให้ตำแหน่งที่จะแยกสาร โดยให้แต่ละตำแหน่งห่างกันประมาณ ๒ ซม. และห่างจากขอบกระดาษทั้ง ๒ ด้าน

ใช้ Capillary tube หยดสารละลายตัวอย่างและสารมาตรฐานลงบนตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ทิ้งไว้ ๒ นาทีก่อนวางลงใน Tank - T<sub>1</sub> ซึ่งอิมัลชันของ Chloroform รอให้การแยกสารเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ จนระยะของช่องเหลวใน Tank - T<sub>1</sub> เคลื่อนที่ได้ ๑๔ เซนติเมตร นำแผ่นแก้วมาทำให้แห้งในอากาศนาน ๑๐ นาที แล้วนำไปใส่ใน Tank - T<sub>2</sub> อิมัลชันของผสม chloroform : methanol : 7N ammonium hydroxide ในอัตราส่วน ๒๕:๑๐:๕ (V/V) รอให้ช่องเหลวเคลื่อนที่ได้ ๘ ซม. ก่อนนำมาทำให้แห้งในอุณหภูมิต้อง

๓. สารที่แยกโดยนสารเคลือบไม่สามารถมองเห็นค่าเป่าได้ จำเป็นต้องทำให้เกิดสีด้วยการวางแผ่นกระดาษที่ผ่านการแยกสารแล้วลงใน Tank - T<sub>3</sub> ซึ่งอิมัลชันของ ไอโอดีนนาน ๕ นาที

## ๔. การคำนวณค่า R<sub>f</sub> (Rate of flow)

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางสารเคลื่อนที่}}{\text{ระยะทาง solvent เคลื่อนที่}}$$

## ๕. การทดสอบคุณสมบัติการเป็น emulsifying agent ในไอศกรีม

สูตรพื้นฐานของไอศกรีม

<u>ส่วนผสม</u>	<u>น.น. (กรัม)</u>
ครีม (Butterfat)	๑๗๒
นมผง (Milk solids nonfat)	๓๓.๖
นมระเหยน้ำ	๕๔๕
น้ำตาล	๑๐๘
เลซิติน	๐.๓, ๐.๖, ๑.๐ %

## วิธีการผลิต

นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมรวมกันโดยสูตรแรกไม่มีการใส่เลซิติน (control) ส่วนสูตรที่ ๒, ๓, ๔ ใส่เลซิตินปริมาณ ๐.๓, ๐.๖ และ ๑.๐ % ของส่วนผสมทั้งหมด นำส่วนผสมที่ได้ไปพาสเจอร์ไรท์ที่อุณหภูมิ ๖๐ °C. เวลา ๓๐ นาที ตั้งไว้ให้เย็นสักครู่จึงนำไปเก็บในตู้เย็น ๔-๕ นาที ก่อนนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า (อัตราส่วนน้ำแข็ง : เกล็ด ๓:๑ โดยน้ำหนัก) จากนั้นนำไปต้มในตู้แช่เย็นเวลา ๑๒ ชั่วโมง ก่อนจะนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

## วิธีการทดสอบ

วิธีการทดสอบคุณสมบัติการเป็น emulsify agent ของไอศกรีมด้วยการประเมินคุณภาพด้าน Sensory evaluation ดังนี้

๑ -Difference, triangle test






๒ -Preference test Hedonic scale

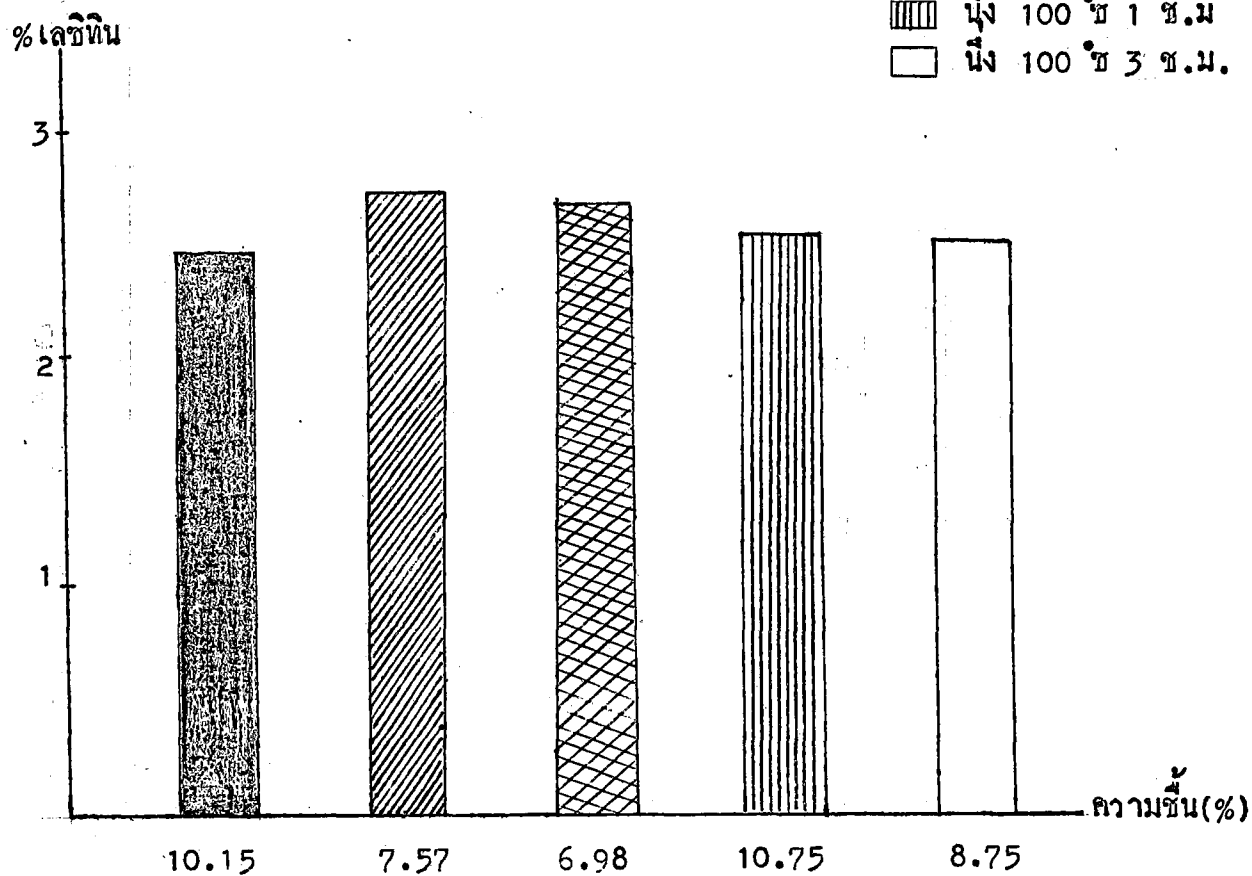
## ผลการทดลอง

### ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมล็ดกับปริมาณเลวหินที่สกัดได้

ถั่วเหลืองที่มีความชื้นเริ่มต้นก่อนการสกัดต่างกันมีผลต่อปริมาณเลวหินที่สกัดได้แตกต่างกัน เมล็ดที่ผ่านการอบร้อนที่อุณหภูมิ ๑๓๐ °ซ. นาน ๑ ชั่วโมง ความชื้น ๘.๕๗ เปอร์เซ็นต์ให้เลวหิน ๓.๘๒ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าเมื่ออบในเวลาที่ยาวนานกว่านี้ (กราฟรูปที่ ๒) การนึ่งด้วยน้ำร้อนมีผลทำให้ความชื้นเมล็ดสูงขึ้นและปริมาณเลวหินน้อยกว่าการอบด้วยความร้อนแห้ง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับประเทืองศรี (๒๕๒๓) จึงสามารถกล่าวได้ว่า ความชื้นเมล็ดมีความสัมพันธ์กับปริมาณเลวหินอย่างชัดเจน ตลอดจนพบว่าความชื้นมีผลทำให้ปริมาณท่อสไปรูลที่สกัดได้ลดลง

กราฟรูปที่ 2 แสดงปริมาณเลชิตินที่ได้จากถั่วเหลืองที่มีความชื้นแตกต่างกัน

-  ไม่ผ่านความร้อน
-  อบ 130 °ซ 1 ช.ม.
-  อบ 130 °ซ 3 ช.ม.
-  นึ่ง 100 °ซ 1 ช.ม.
-  นึ่ง 100 °ซ 3 ช.ม.



## 2. ผลของอุณหภูมิขณะ degumming ต่อปริมาณเลซิทิน

### 2.1 ถั่วเหลืองไม่ผ่านความร้อน

จากกราฟรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 70 °ซ มีผลต่อถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านความร้อนมากที่สุดคือให้ปริมาณเลซิทินสูงถึง 2.63 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับใกล้เคียงกับอุณหภูมิ degumming 90 °ซ ซึ่งให้ปริมาณเลซิทิน 2.57 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่อุณหภูมิ 60 และ 70 °ซ ปริมาณเลซิทินที่โคจะลดลงตามลำดับคือ 2.38 และ 2.30 เปอร์เซ็นต์

### 2.2 ถั่วเหลืองผ่านการอบร้อนที่อุณหภูมิ 130 °ซ

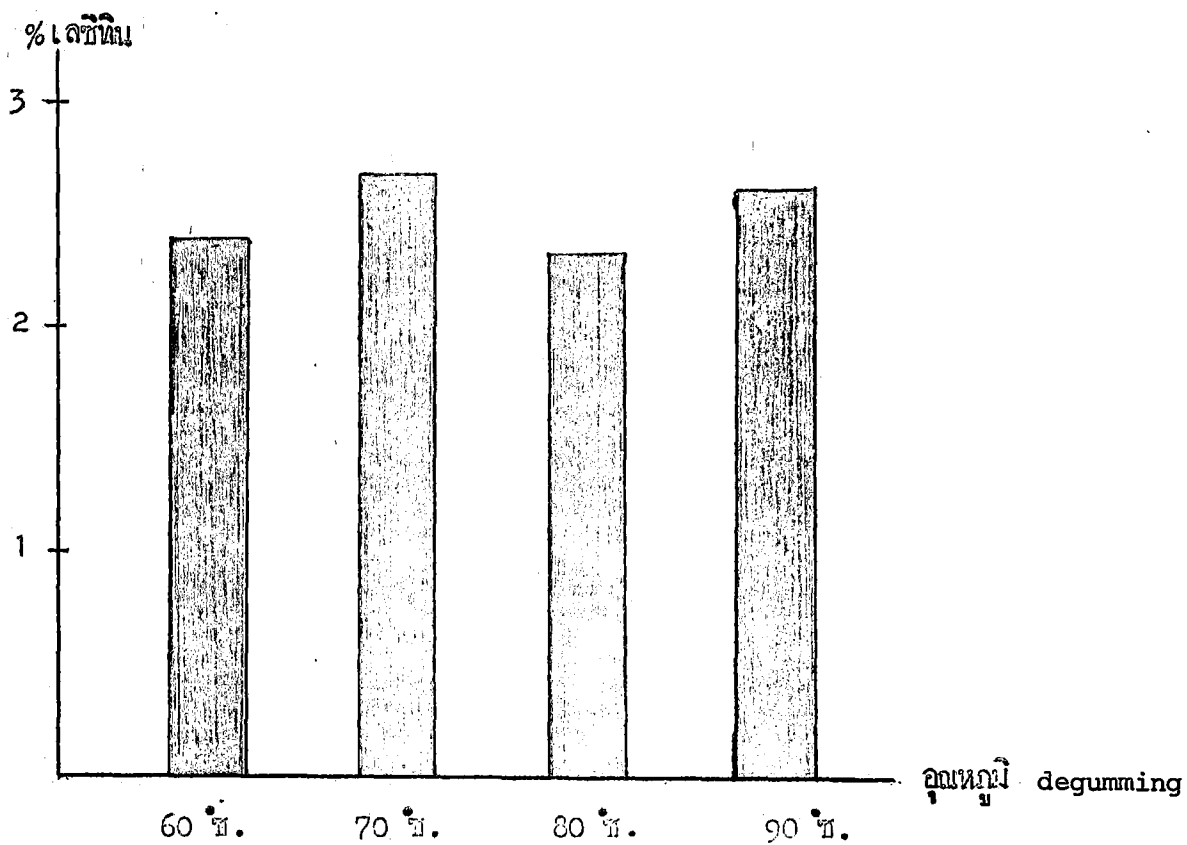
จากกราฟรูปที่ 4 พบว่าถั่วเหลืองผ่านการอบร้อนที่อุณหภูมิ 130 °ซ เวลา 1 ชั่วโมง ช่วงอุณหภูมิ degumming 60, 70 และ 90 °ซ ให้ปริมาณเลซิทินสูงกว่าการอบที่อุณหภูมิเดียวกันแต่ใช้เวลาอบ 3 ชั่วโมง ยกเว้นที่อุณหภูมิ 80 °ซ เท่านั้นที่ให้ปริมาณเลซิทินจากถั่วเหลืองอบ 3 ชั่วโมงสูงกว่าการอบ 1 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาอุณหภูมิ degumming จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิ 60 °ซ จากถั่วเหลืองอบ 1 ชั่วโมง ให้ปริมาณเลซิทิน 2.86 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่ากับปริมาณเลซิทินที่อุณหภูมิ 90 °ซ คือ 2.90 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 70 และ 80 °ซ ให้ปริมาณเลซิทิน 2.62 และ 2.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนถั่วเหลืองผ่านการอบ 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 90 °ซ ให้ปริมาณเลซิทินสูง เช่นเดียวกันคือ 2.79 เปอร์เซ็นต์ รองลงไป 2.74 เปอร์เซ็นต์ จากอุณหภูมิ degumming 80 °ซ และที่ 70 °ซ ให้ปริมาณเลซิทินต่ำสุด 2.54 เปอร์เซ็นต์

### 2.3 ถั่วเหลืองผ่านการนึ่ง 100 °ซ

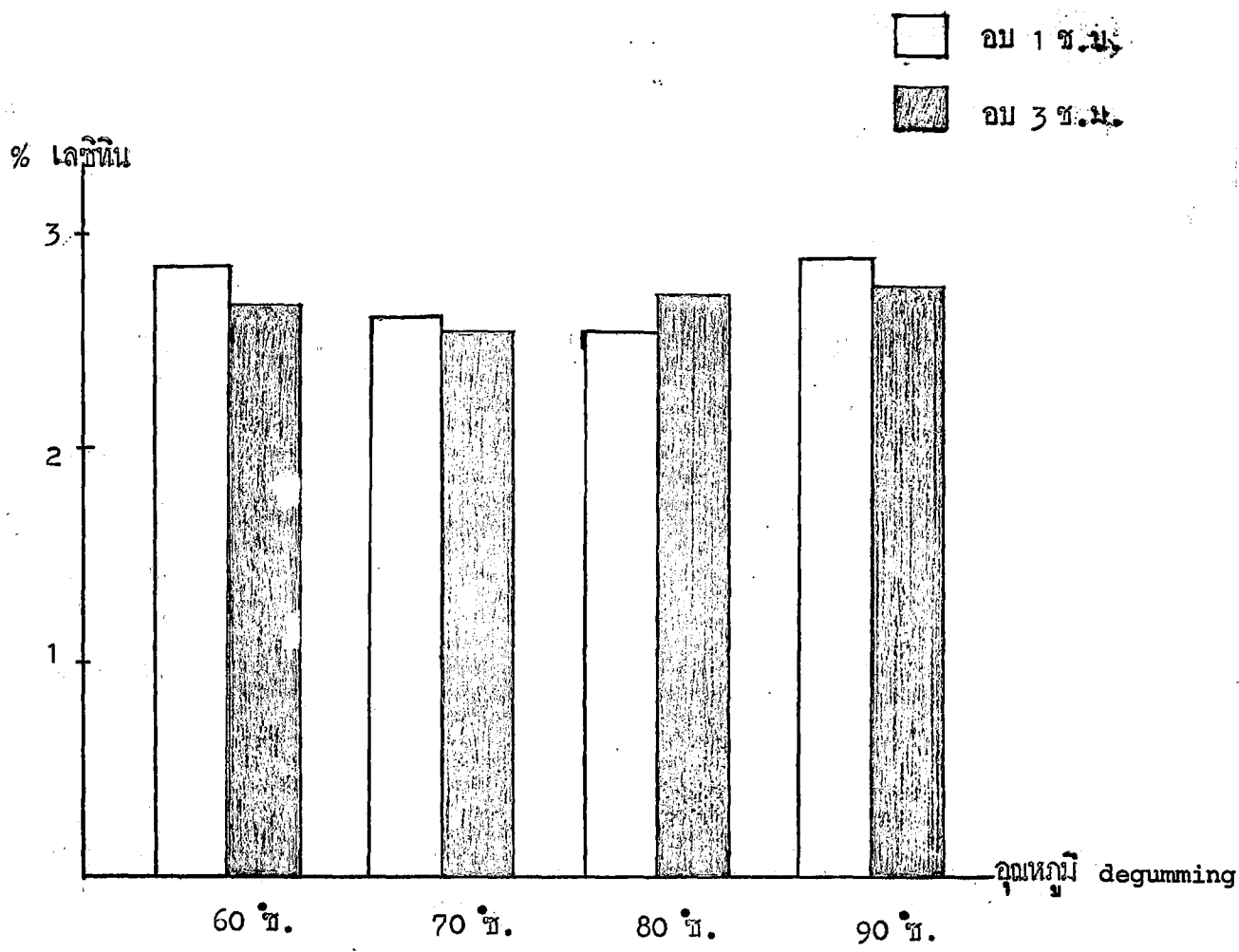
จากกราฟรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าถั่วเหลืองผ่านการนึ่งในระยะเวลา 1 ชั่วโมง ให้ปริมาณเลซิทินสูงกว่าการนึ่งที่เวลา 3 ชั่วโมง จึงเป็นเหตุผลสนับสนุนข้อ 2.2 ว่าให้ความร้อนในระยะเวลาสั้นให้ปริมาณเลซิทินสูงกว่าให้ความร้อนเป็น

เป็นเวลานานๆ เมื่อนำกราฟรูปที่ 4 และ 5 เปรียบเทียบกันเห็นได้ว่าอยู่ในลักษณะ  
เช่นเดียวกัน ปริมาณเลชิตินที่โคพบว่าอุณหภูมิ 70 °ซ นึ่ง 1 ชั่วโมง ให้ปริมาณเลชิติน  
สูง 2.72 เปอร์เซ็นต์ และถ้าเหลือหนึ่ง 3 ชั่วโมง อุณหภูมิ 90 °ซ ให้ปริมาณเลชิติน  
2.67 เปอร์เซ็นต์ต่ำสุด 2.30 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 60 °ซ

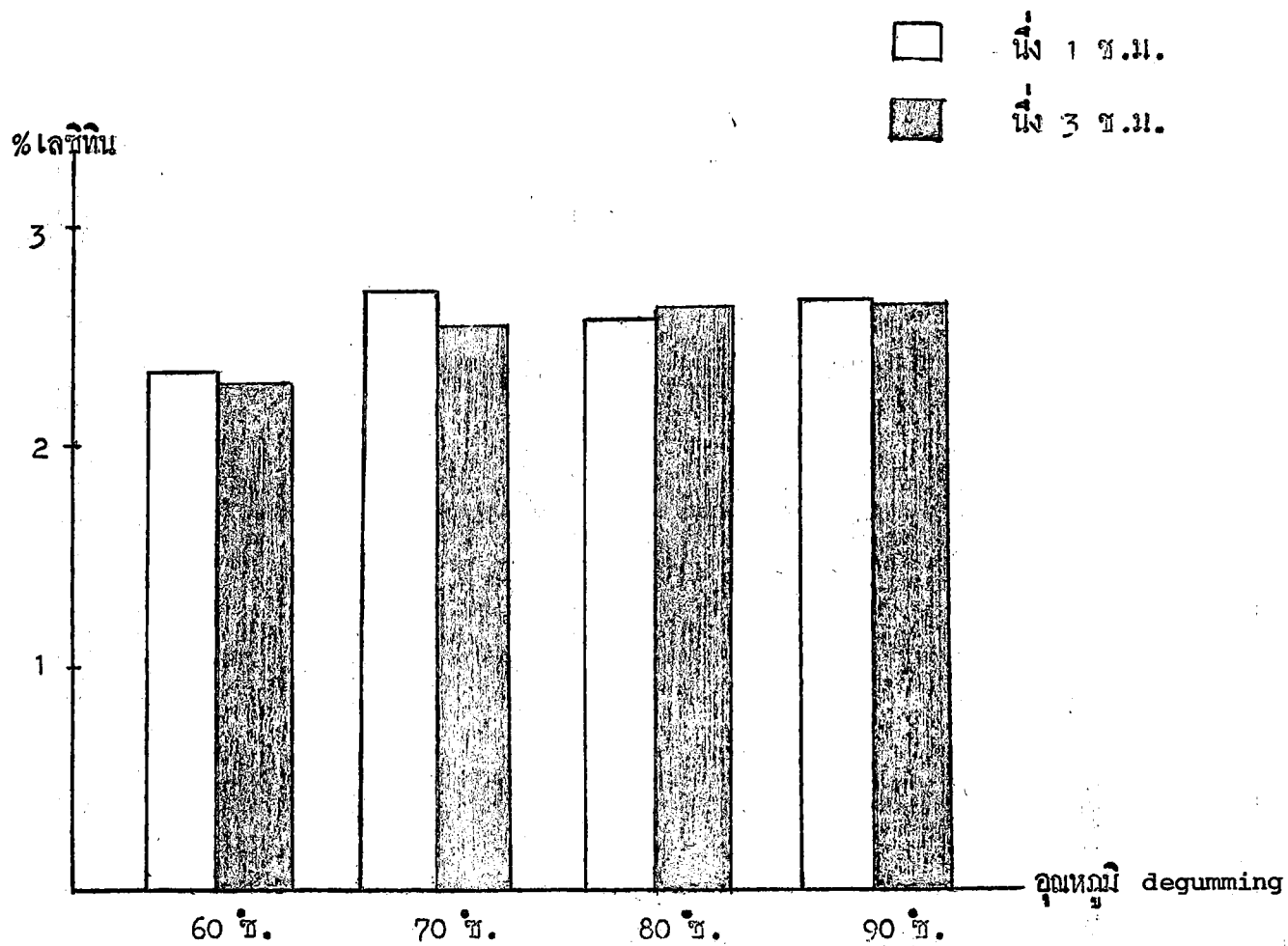
กราฟรูปที่ 3 แสดงปริมาณเลสิทินที่ได้จากถั่วเหลือง  
ไม่ผ่านการอบรอนและนึ่ง



กราฟรูปที่ 4 แสดงปริมาณเลซิทินที่ได้จากถั่วเหลือง  
ผ่านการอบรอนที่อุณหภูมิ 130° ซ.



กราฟรูปที่ 5 แสดงปริมาณเลชันที่ได้อากั่วเหลือง  
น้ำหนักหนึ่ง 100 ช.



## ผลการวิเคราะห์คุณภาพของเลซิทินที่สกัดได้

เลซิทินธรรมชาติ (Crude, natural lecithin) ที่สกัดได้จากเมล็ด  
ถั่วเหลืองที่อบร้อน ๑๓๐ °ซ. นาน ๑ ชั่วโมง และผ่านการ degumming ที่อุณหภูมิ  
๘๐ °ซ. เมื่อนำมาทดสอบคุณภาพความชื้น (A.O.C.S, ๑๙๖๗) Alcohol insoluble  
และ Alcohol soluble (A.O.C.S, ๑๙๖๗) Benzene insoluble (A.O.C.S,  
๑๙๖๗) Acetone insoluble และ Acetone soluble (A.O.C.S, ๑๙๖๗)  
ฟอสฟอรัสและความเป็นกรด (A.O.C.S, ๑๙๖๗) ได้ผลทดสอบดังแสดงในตารางที่ ๓

ตารางที่ ๖ แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพเลซิทิน

ชนิด	เฉลี่ย (%)
๑. ความชื้น	
เลซิทินธรรมชาติ (crude, natural lecithin)	๓.๐
เลซิทินส่วนที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (Alcohol insoluble lecithin)	๑.๐
เลซิทินส่วนที่ละลายในแอลกอฮอล์ (Alcohol soluble lecithin)	๐.๘
๒. สารส่วนที่ไม่ละลายในเบนซีน (Benzene insoluble)	๐.๑
๓. เลซิทินส่วนที่ไม่ละลายในอะซีโตน (Acetone insoluble lecithin)	๕๖.๘
๔. สารส่วนที่ละลายอะซีโตน (Acetone soluble)	๓๘.๘
๕. ความเป็นกรด (Acid Value)	๔
๖. ปริมาณฟอสฟอรัส	๑.๘

ผลการวิเคราะห์ค่า Emulsifier efficiency number (EEN)  
ของเดมิทินเป็นไปดังตารางที่ ๔

ตารางที่ ๔

ชนิด	ร้อยละความชื้น	EEN (เฉลี่ย)
ก. เดมิทินธรรมชาติ		
O/W	๕๗.๖	๐.๖๐
W/O	๖๓.๘	๐.๖๕
ข. เดมิทินส่วนที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์		
O/W	๕๗.๖	๐.๕๒
W/O	๖๖.๕	๐.๖๕
ค. เดมิทินส่วนที่ละลายในแอลกอฮอล์		
O/W	๓๐.๕	๐.๗๘
W/O	๓๐.๒	๐.๖๖

## ผลการวิเคราะห์เฟสโพลีฟอสฟอรัสด้วยวิธี TLC

เลวิตินธรรมชาติ, เลวิตินส่วนที่ไม่ละลายในอะซีโตน, เลวิตินส่วนที่ไม่ละลายใน แอลกอฮอล์และเลวิตินส่วนที่ละลายในแอลกอฮอล์ ถูกนำมาวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบทางเคมี โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน PC, PE และ PI พบว่าเลวิตินธรรมชาติ, เลวิตินส่วนที่ไม่ละลายในอะซีโตนและเลวิตินส่วนที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ ประกอบด้วย PE และ PI มากกว่า PC ส่วนเลวิตินส่วนที่ละลายในแอลกอฮอล์นั้นพบว่าประกอบด้วย PC และ PI มากกว่า PE ผลจากการวิเคราะห์ด้วย TLC เป็นไปดังในตารางที่ ๕

### ตารางที่ ๕ ผลการวิเคราะห์เฟสโพลีฟอสฟอรัส

1 st Developing solvent= chloroform (developing time 32 นาที)

2 nd Developing solvent= chloroform:methanol:7N ammonium hydroxide

: : (V/V) (developing time 20 นาที)

ระยะทาง(ซ.ม.)	standard*			crude	insoluble	insoluble	soluble
	PC	PE	PI	lecithin	acetone	alcohol	alcohol
ระยะทาง	๖.๒	๘.๘	๙.๘	๗.๒	๗.๖	๗.๖	๖.๘
สารเคลื่อนที่				๘	๘.๕	๘.๕	๗.๖
Solvent front	๘	๘	๘	๘	๘	๘	๘
RF	๐.๖๘	๑.๐๘	๐.๘๒	๐.๘๐	๐.๘๘	๐.๘๘	๐.๙๖
				๑.๐๐	๑.๐๘	๑.๐๘	๐.๘๘

\* ๑% ใน chloroform

## ผลการทดสอบผลของเลวิตินต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

### ๑. ผลของเลวิตินต่อ **Overrun** ของไอศกรีม

ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่เตรียมขึ้นจากห้องปฏิบัติการภาคอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งมีการใช้เลวิตินในระดับแตกต่างกัน ๐, ๐.๑, ๐.๒ และ ๑.๐ เปอร์เซ็นต์นั้น พบว่าเลวิติน ๐.๑ เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้ไอศกรีมมี **Overrun** ๗๑ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าเมื่อใช้สารดังกล่าวในระดับอื่น ๆ เป็นที่น่าพอใจเมื่อใช้ ๑.๐ เปอร์เซ็นต์ ได้ **Overrun** ๕๗.๑๕ เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น นอกจากนี้พบว่าเลวิติน ๐.๑ เปอร์เซ็นต์ ยังสามารถทำให้ไอศกรีมมี **body** ที่ดีกว่าอีกด้วย

### ๒. คุณสมบัติการเป็น **emulsifying agent** ของเลวิตินช่วยการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส (**sensory evaluation**)

#### ๒.๑ **Difference Triangle Test :**

ผู้ทดสอบสามารถบอกความแตกต่างระหว่างไอศกรีมที่ไม่เติมกับเติมเลวิตินได้ถูกต้องถึง ๖๕.๖ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเลวิตินมีผลต่อคุณภาพด้าน **texture** ของไอศกรีมอย่างชัดเจน

#### ๒.๒ **Preference Test (Hedonic scale) :**

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่เตรียมขึ้นโดยสูตรผสมที่ง่ายที่สุด (**simplest formula**) จำนวน ๔ ตัวอย่าง ที่มีเลวิตินประกอบอยู่แตกต่างกันดังกล่าวมาแล้วในข้อ ๑ นั้น เมื่อให้ผู้ทดสอบทำการชิมตัวอย่างแล้วพบว่าความชอบต่อผลิตภัณฑ์ในด้านดีและความคงตัวไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากไม่ได้เติมสารที่ทำให้เกิดเสถียรหรือ **stabilizer** ตัวอย่างใด ดังนั้นสิ่งที่เกิดขึ้นเป็นสีธรรมชาติที่เกิดของวัตถุดิบของไอศกรีม ยังพบว่าผู้ทดสอบมีความชอบทั้งในด้าน **texture** , กลิ่น, รส ตลอดจนการยอมรับ (**acceptance**) ต่อผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันอย่างเห็นนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ผู้ทดสอบชอบ **texture** ของไอศกรีมที่มี



## สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

๑. ความชื้นและการให้ความร้อนที่เหมาะสมต่อการสกัดเลซิทิน

ถั่วเหลืองที่นำมาสกัดเลซิทินควรอบร้อนด้วยความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ ๑๓๐ °ซ. นาน ๑ ชั่วโมง ซึ่งมีความชื้น ๗.๕๖ เปอร์เซ็นต์ สามารถให้เลซิทินสูงสุดคือ ๒.๕๓ เปอร์เซ็นต์

๒. ผลของอุณหภูมิขณะ degumming ต่อปริมาณเลซิทิน

อุณหภูมิ degumming ในระดับ ๖๐, ๗๐, ๘๐ และ ๙๐ °ซ. ให้ปริมาณเลซิทินที่ใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มให้ปริมาณสูงขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิในระดับสูงขึ้น คือให้ปริมาณเลซิทิน ๒.๕๑, ๒.๕๒, ๒.๕๖ และ ๒.๕๓ เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อพิจารณาต้นทุนและจุดคุ้มทุนจึงควรใช้อุณหภูมิ degumming ๖๐ °ซ. ในการสกัดเลซิทิน หากเป็นโรงงานสกัดน้ำมันเป็นผลิตภัณฑ์หลักสามารถใช้อุณหภูมิ degumming ๘๐ °ซ. เพราะทางโรงงานใช้ความร้อนในระดับดังกล่าวในการแยกกัม (gum)

พบว่าปริมาณน้ำที่เติมลงในน้ำมันช่วง degumming ๖.๕-๑๐ เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำมัน ช่วยให้การแยกของเลซิทินมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากเครื่องหมุนเหวี่ยงในงานทดลองไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ แต่ได้สังเกตว่าอุณหภูมิภายในขณะเหวี่ยงไม่ต่ำกว่า ๓๐ °ซ. มิเช่นนั้นแล้วจะมีผลต่อการแยกเลซิทินได้น้อยลง ความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการเหวี่ยง ๓,๐๐๐ รอบต่อนาที เวลา ๑๕ นาที หากใช้ความเร็วรอบและเวลาด้านน้อยกว่านี้ ตะกอนของเลซิทินหลังจากการเหวี่ยงจับตัวกันไม่แน่นแยกออกได้ยาก

๓. ลักษณะของเลซิทินที่สกัดได้

เลซิทินจากถั่วเหลืองที่ผ่านการอบร้อนมีสีเหลือง-น้ำตาล ถั่วเหลืองไม่ผ่านการให้ความร้อนมีสีเหลืองอ่อนส่วนเลซิทินที่ได้จากถั่วเหลืองที่ผ่านการนี้จะมีสีน้ำตาลเข้มหลังจากอบแห้งที่อุณหภูมิ ๘๐ °ซ. เวลา ๔ ชั่วโมง เลซิทินที่ได้จากถั่วเหลืองทั้ง ๒ ชนิดมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการอบด้วยความร้อนแห้งนั้น ทำให้โปรตีนไขมันและไขมันที่มีอยู่เกิดการ

ออกซิเจนในเดซิทีนจึงมีสีน้ำตาลเข้มกว่าเค็ม

๔. ผลการวิเคราะห์คุณภาพ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของเดซิทีนธรรมชาติและเดซิทีนสกัดต่าง ๆ ค่าที่ได้มักต่ำกว่ามาตรฐาน เดซิทีนธรรมชาติมีสารส่วนที่ไม่ละลายอะซีโตน ๕๖.๘๗ เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าเดซิทีนที่สกัดไอน้ำมันผสมอยู่ ๕๓.๐๓ เปอร์เซ็นต์ (ข้อกำหนดไม่เกิน ๑๕ เปอร์เซ็นต์) ค่าการวิเคราะห์ EEN ของเดซิทีนพบว่าเดซิทีนธรรมชาติ มี EEN สูง ทั้งในอิมัลชันชนิด O/W และ W/O เนื่องจากเดซิทีนธรรมชาติประกอบด้วย PE, PI, PC ส่วนเดซิทีนที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์มีค่าอิมัลชันสูงใน O/W และต่ำใน W/O ในทางตรงกันข้ามส่วนที่ละลายในแอลกอฮอล์มีค่า EEN สูงในอิมัลชันชนิด W/O

จากผลการวิเคราะห์เฟอสโฟรีดิคั้น เดซิทีนที่ได้จากถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.๕ เป็นส่วนใหญ่ การแยกสารบน TLC-plate ยังไม่ชัดเจนมากนักและต้องใช้สารละลายตัวอย่างมาก ผู้ศึกษาจึงมีข้อคิดเห็นว่าควรจะได้ศึกษาหา developing solvent ที่เหมาะสมกว่า เค็มและสามารถแยกสารโคโคโยลสารละลายตัวอย่างเพียงเล็กน้อย

๕. ผลการทดสอบคุณสมบัติการเป็น emulsifying agent ในไอศกรีม

การใส่เดซิทีนในระดั้ม ๐.๓ เปอร์เซ็นต์ให้ Overrun สูงกว่าระดั้มอื่นและไอศกรีมมี body ที่อืดกว่า การทดสอบด้วย Difference Triangle Test ผู้ทดสอบสามารถบอกความแตกต่างของไอศกรีมที่เติมเดซิทีนและไม่เติมเดซิทีนได้อย่างถูกต้องถึง ๕๕.๖ เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าการเติมเดซิทีนช่วยให้เกิด emulsify ได้ดีขึ้น ส่วนผลการทดสอบด้วย Preference Test ปรากฏว่าการเติมเดซิทีนในระดั้มต่าง ๆ กันให้สีและความคงตัวไม่แตกต่างกัน ผู้ทดสอบให้ความชอบตั้งในถ้าน texture กวีน-รส ตลอดจนการยอมรับของไอศกรีมที่เติมเดซิทีนมากที่สุดถึง ๕๕.๖ เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเติม ๐.๖ และ ๑.๐ เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันและการเติม ๐.๖ เปอร์เซ็นต์ เพื่อมีลักษณะเป็นทรายไม่ยอมรับประทาน

\* 0.3 เปอร์เซ็นต์

## ขอเสนอแนะ

การศึกษาเรื่องการสกัดเลซิธินจากเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ ๘.๑.๕ ครั้งนี้ยังเป็น การศึกษาเบื้องต้น (preliminary study) ซึ่งสามารถทำให้เราทราบถึงคุณสมบัติของ สารประกอบดังกล่าวและแนวปริมาณการผลิตในท้องปฏิบัติการนั้นได้เลซิธินต่ำกว่า ๘ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหากมองในแง่เศรษฐกิจแล้วอาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาผลิตแบบ mass production อย่างไรก็ตามการศึกษาค้างนี้สามารถบอกเป็นแนวทางเบื้องต้นของการนำ เอาของเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันมาไว้ให้เป็นประโยชน์ โดยจะเองมีการ พิจารณาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อสามารถที่จะผลิตเลซิธิน ที่สูงด้วยคุณภาพและปริมาณ นอกจาก นั้นแล้วสิ่งที่จะต้องจะได้อีกศึกษาในเบื้องต้นได้แก่ การวิเคราะห์คุณภาพ (Quatitative analysis) ทั้งนี้เนื่องจากผลการศึกษาค้างนี้ทำให้ทราบว่า องค์ประกอบของเลซิธินมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งานเฉพาะที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การสกัดแปลง (lecithin modication) ด้วยกรรมวิธีทางเคมี (chemical modification) หรือด้วยเอนไซม์ (enzymetic modification) เพื่อให้ได้เลซิธินที่มีคุณสมบัติเป็น emulsify agent ที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานได้ดียิ่งขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- จันทนา ขรรณวงศ์สกุล, ๒๕๑๘. การสกัดเอซิทีนจากเมล็ดพืชน้ำมัน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- คำเกิง ป่องทาด, อุดม พรหมเนตร. วิจัยผสมพันธุ์, ประพันธ์ โสภณพันธุ์และ  
ชาตุนรงค์ กวงสอาด, ๒๕๕๕. การเปรียบเทียบพันธุ์ถั่วเหลือง วสารวิจัย  
และส่งเสริมวิชาการเกษตร สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร สยาม-  
เทคโนโลยีการเกษตร
- ประกายจิต จิตรกร, ๒๕๒๖. นมและผลิตภัณฑ์นม-พืชมโดยสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย  
โรงพิมพ์กรุงเทพฯ ๑๕๗ น.
- ประเวียงศรี สีนชัยศรีและวิมลศรี เพาะชนิดิน, ๒๕๒๓. การศึกษาปริมาณไขมันและ  
ปริมาณโปรตีนในถั่วเหลืองบางพันธุ์. วารสารอาหาร ๑๒(๔) ๓๑๔-๓๒๖.
- คณาจารย์ภาควิชาชีวเคมี, ๒๕๒๓. ชีวเคมี. ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย  
มหิดล พิมพ์ครั้งที่ ๒ ค.ศ. การพิมพ์ กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, ๒๕๒๑. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร  
และเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โรงพิมพ์การพิมพ์ระนอง กรุงเทพฯ  
๓๑-๓๒ น.
- ศิริลักษณ์ สีนธาวาศย์, ๒๕๒๕. พืชอาหารเดิม ๓ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
- A.O.A.C.1970. Official method of analysis of the association of  
official agriculture chemists Eleventh Edition Woshington  
D.C. The association of official agricultural chemists.**

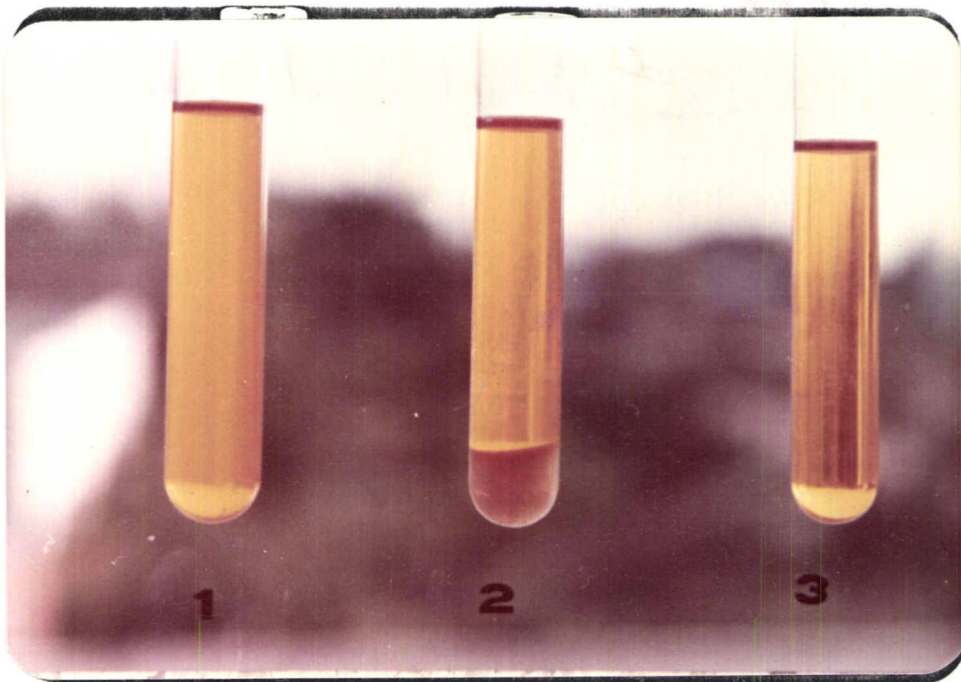
- A.O.C.S. 1967. Official and tentative methods Mehlenbacher U.C.  
Hopper T.H.J. and Saller E.M. and ed: American oil chemists  
society chicago.
- Brain, K. 1976. Soybean lecithin processing unit operation J. Am.  
oil chem Soc. 53. 27-29.
- Circle, S.J. and Smith A.K. 1980. Soybeans chemistry & technology  
Edited by Smith A.K. and Cicle, S.J. The AVI avipublishing  
Co. INC. Wesport CN : Vol I-Proteins pp. 61-80.
- Cherry, J.P. and Gray, M.S. 1981. A review of lecithin chemistry  
and glandless cottonseed as a potential commercial soarce.
- Chapman, G.W. and Robertson. 1977. Changes in phosphalipid levels  
daring high moisture storage of soybeans. J.Am. Oil chem.  
Soc. 54. 195-198.
- Erdahl, N.L., A.Stolywho. and Privett. 1973. Analysis of soybean  
lecithin by thin lager chromatography. J.Am.Oil chem.Soc.  
50. 513-515.
- Donold K. Tressler.Ph.D. and William J. Sultan. 1975. Food Products  
Formalary. V<sub>2</sub> The AVI publishing Co.INC. Westport.pp  
342-351.
- List, G.K., Alellaneda, J.M. and Mounts. T.L. 1981. Effect of degumming  
conditions on removal and quality of soybean lecithin.J. Am.oil  
chem. Soc.58: 892-898.
- Markley klare, S. 1951. Soybean and soybean product. Vol.I and Vol.II  
New York: interscience publisher Inc.

- Scholfield, C.R. 1981. Composition of soybean lecithin. J.Am. oil chem. Soc. 58: 889-891.
- Van nieuwenhuyzen, W. 1981. The industrial uses of special lecithin. A review J.Am. oil chem. Soc. 58: 886-888.
- Van nieuwenhuyzen, W. 1976. Lecithin product and properties. J.Am. oil chem Soc. 53: 425-427.
- Weber, E.J. 1981. Composition of commercial corn and soybean lecithin. J.Am. oil chem. Soc. 58: 898-900.
- Weenink, R.O. and Tulloch, A.P. 1966. The major component phospholipids of rapeseed gum. J.Am. oil chem. Soc. 43: 327-329.
- Wolf, W.J. and Sessa, D.J. in "Encyclopedia of food science" edited by M.S. Peterson and A.H. Johnson. The AVI publishing Co. INC. Westport (N. 1978. pp 461-467)

ภาคผนวก

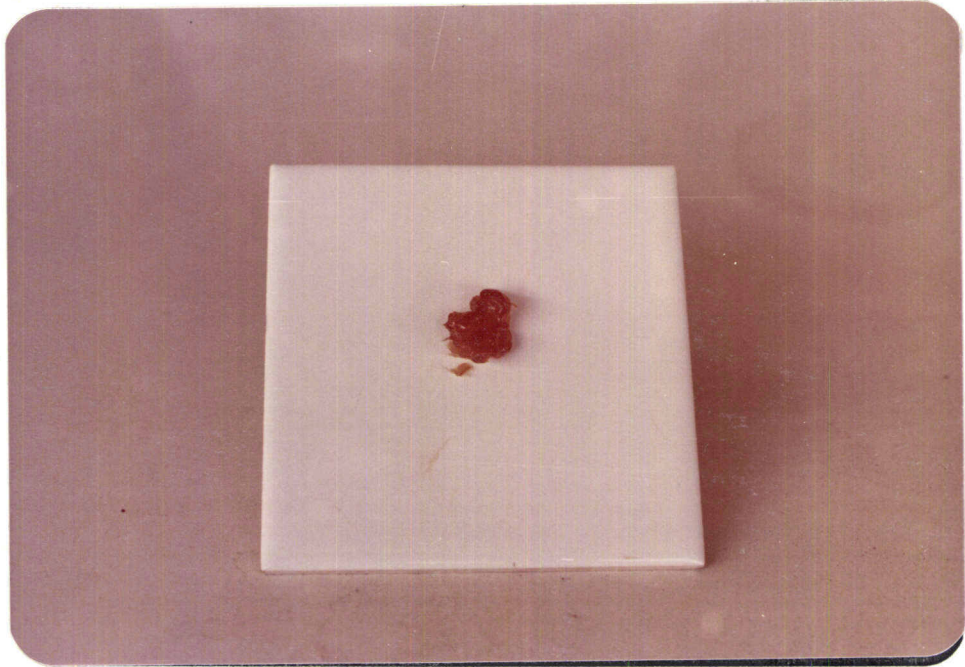
ตารางผนวกที่ ๑ ปริมาณเดมทินที่สกัดได้จากถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อนแบบต่าง ๆ

อุณหภูมิขณะ degumming ( °C )	ธ. เดมทิน				
	ถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการอบร้อน	อบร้อน ๑๓๐ °C. เวลา ๑ ชม.ม.	อบร้อน ๑๓๐ °C. เวลา ๓ ชม.ม.	ผ่านการนึ่ง ๑๐๐ °C. เวลา ๑ ชม.ม.	ผ่านการนึ่ง ๑๐๐ °C. เวลา ๓ ชม.ม.
๖๐	๒.๓๘	๒.๘๖ ✓	๒.๖๘	๒.๓๕	๒.๓๐
๗๐	๒.๖๓	๒.๖๒	๒.๕๔	๒.๗๒	๒.๕๗
๘๐	๒.๓๐	๒.๕๕	๒.๗๔	๒.๕๘	๒.๖๕
๙๐	๒.๕๗	๒.๙๐	๒.๗๙	๒.๖๘	๒.๖๗

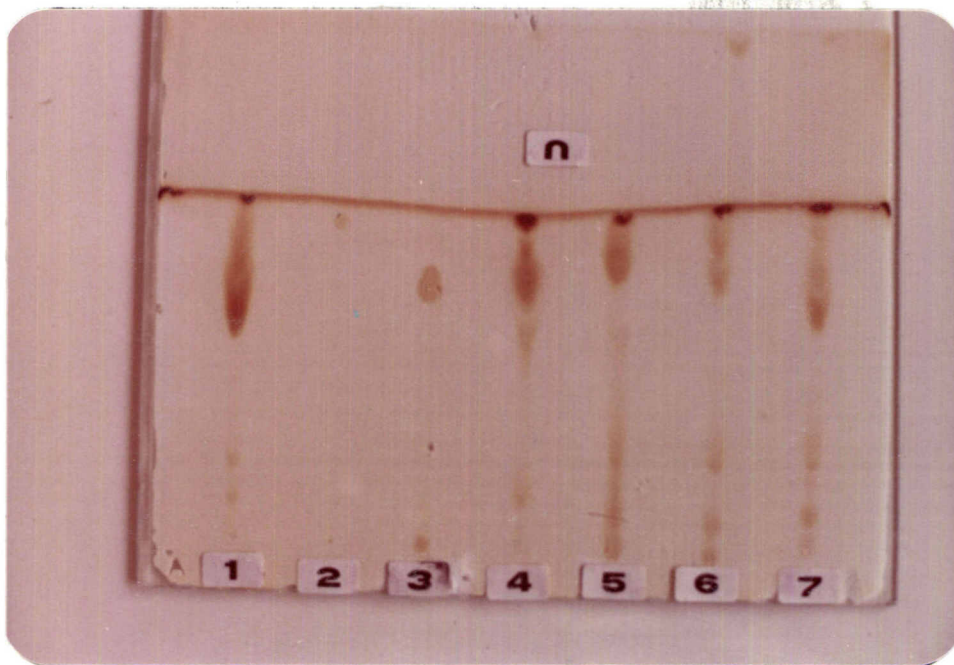


ภาพที่ ๑ น้ำมันถั่วเหลืองก่อนและหลังแยกเลวีน

- ๑ น้ำมันก่อน degumming
- ๒ ขณะ degumming
- ๓ น้ำมันหลัง degumming

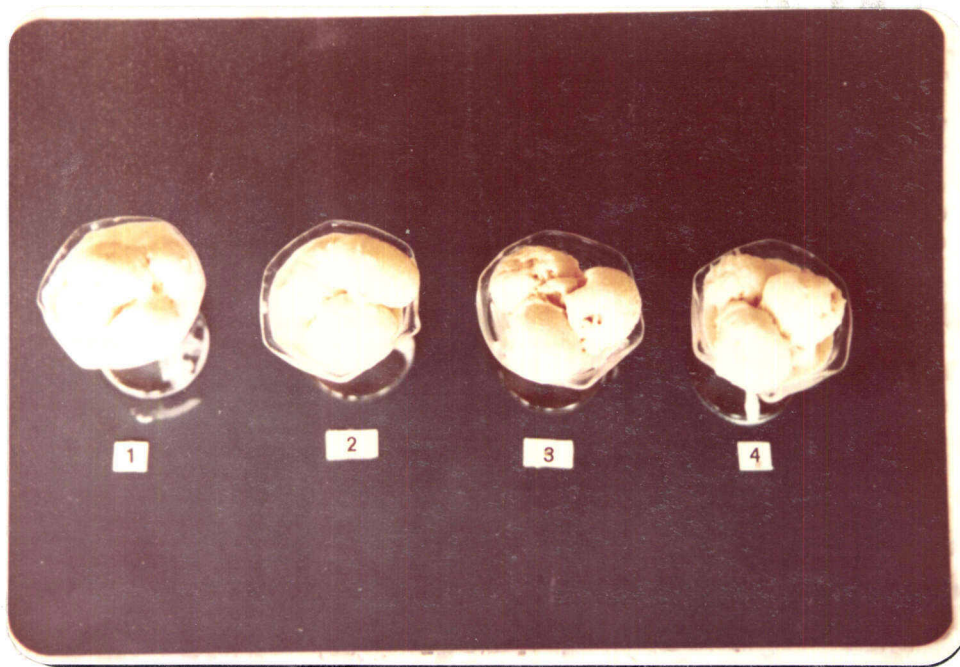


ภาพที่ ๒ ลักษณะของเลซิทีนขรุขระ (crude lecithin)



ภาพที่ ๕ ผลของการวิเคราะห์องค์ประกอบไขมันด้วยวิธี TLC

- ๑ = PC (1% chloroform), Standard
- ๒ = PE (1% chloroform), Standard
- ๓ = PI (1% chloroform), Standard
- ๔ = เลซิทีนธรรมชาติ (crude lecithin)
- ๕ = เลซิทีนส่วนที่ไม่ละลายในอะซิโตน (Acetone insoluble lecithin)
- ๖ = เลซิทีนส่วนที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (Alcohol insoluble lecithin)
- ๗ = เลซิทีนส่วนที่ละลายในแอลกอฮอล์ (Alcohol soluble lecithin)



ภาพที่ ๕ ลักษณะไข่และตัวอ่อนที่เจริญเติบโตในระยะเวลาต่างกัน

- ๑ = ไข่ที่ผ่านการเจริญเติบโต
- ๒ = ไข่ที่ผ่านการเจริญเติบโต ๑.๓ เปอร์เซ็นต์
- ๓ = ไข่ที่ผ่านการเจริญเติบโต ๑.๖ เปอร์เซ็นต์
- ๔ = ไข่ที่ผ่านการเจริญเติบโต ๑.๘ เปอร์เซ็นต์

ตารางแนวกที่ ๒      เปอร์เซ็นต์ **Overrun**      ของไอศกรีม

สูตรที่	% เติมน้ำ	ปริมาตรก่อนปั่น (นิ้ว <sup>๓</sup> )	ปริมาตรหลังปั่น (นิ้ว <sup>๓</sup> )	เวลาปั่น (ช.ม.)	% * Overrun
๑	๐	๓๓๒.๖	๕๒๒.๘	๑.๒	๕๗.๒
๒	๐.๓	๓๓๒.๖	๕๗๐.๒	๑	๗๑.๑
๓	๐.๖	๓๓๒.๖	๕๒๒.๘	๑.๒	๕๗.๒
๔	๑.๐	๓๓๒.๖	๕๒๒.๘	๑	๕๗.๒

\* % Overrun = 
$$\frac{\text{ปริมาตรหลังปั่น} - \text{ปริมาตรก่อนปั่น} \times 100}{\text{ปริมาตรก่อนปั่น}}$$

**แบบสอบถาม Hedonic Scale (Preference Test)**

วันที่.....

ชื่อผลิตภัณฑ์..... ผู้ชิม.....

ตัวอย่าง	คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ให้แสดงระดับ					หมายเหตุ
	ความคงตัว	ลักษณะเนื้อ	สี	กลิ่นรส	การยอมรับ	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	

ประเมินผลสิ่งเหล่านี้ของผลิตภัณฑ์ โดยเลือกให้ลําดับคะแนนของผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยใช้ตัวเลขดังนี้

- ๙ ชอบมากที่สุด
- ๘ ชอบปานกลาง
- ๖ ชอบเล็กน้อย
- ๕ ชอบหรือไม่ชอบ
- ๔ ไม่ชอบเล็กน้อย
- ๓ ไม่ชอบปานกลาง
- ๒ ไม่ชอบมาก
- ๑ ไม่ชอบมากที่สุด

แบบสอบถาม Triangle test (Difference Test)

วันที่.....

ชื่อผลิตภัณฑ์..... ผู้ชิม.....

เลขที่ตัวอย่าง	ตัวอย่างที่ต่างออกไป
—	—
—	—
—	—

ไอศกรีมทั้ง ๓ อย่างมีเหมือนกัน ๒ ตัวอย่าง อีกตัวอย่างแตกต่างออกไปให้  
ผู้ชิมเขียน ✓ ลงในช่องตัวอย่างที่แตกต่างไป

ตารางแนบที่ ๓ แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความคงตัวของ  
ไอศกรีมที่ไม่เค็มและเค็มชนิดอื่นร้อยละ ๐.๓, ๐.๖, ๑.๐

SOV	DF	SS	MS	F
Treatment	๓	๑๘.๘๘	๘.๘๖๓	NS ๑.๒๑๖
Error	๓๒	๑๓๐.๖๗	๔.๐๘๓	
Total	๓๕	๑๔๙.๕๖		

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ ๘ แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพทางค่านลักษณะเนื้อของ  
ไอศกรีมที่ไม่เติมและเติมเจลาตินร้อยละ ๐.๓, ๐.๖, ๑.๐

SOV	DF	SS	MS	F
Treatment	๓	๕๓.๕๕	๑๘.๑๘	๓.๖๖๑ **
Error	๓๒	๑๓๗.๕๕	๔.๓๒๓	
Total	๓๕	๑๙๑.๐๐		

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการชิมเรื่องลักษณะเนื้อของไอศกรีม โดยวิธีของ

Duncan's new multiple Range test

Treatment identification	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>
$\bar{X}$	๓.๖๓ a	๕ a	๕.๘๓ b	๖.๓๔ c

ตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ตัวอักษรต่างกันมี  
ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ ๕ แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพเรื่องผีของไอศกรีมที่ไม่เติม และเติมเจลาตินร้อยละ ๐.๓, ๐.๖, ๑.๐

SOV	DF	SS	MS	F
Treatment	๓	๑๘.๓๕	๘.๕๑๓	NS ๑.๘๕๘
Error	๓๒	๑๐๓.๘๕	๓.๒๓๑	
Total	๓๕	๑๒๒.๒๐		

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ๖ แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพค่าน้ำกลั่นรสของไอศกรีมและ  
เพิ่มเลวี่ที่ร้อยละ ๐.๓, ๐.๖, ๑.๐

SOV	DF	SS	MS	F
Treatment	๓	๐.๕๒๘	๐.๑๗๖	NS ๐.๐๓๕
Error	๓๒	๑๕๒.๒๒	๔.๗๕๖	
Total	๓๕	๑๕๒.๗๔๘		

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับการยอมรับของไอศกรีม  
ที่ไม่เค็มและเค็มเลซิทินร้อยละ 0.3, 0.6, 1.0

SOV	DF	SS	MS	F
Treatment	3	2.23	0.743	0.430 <sup>NS</sup>
Error	32	55.33	1.729	
Total	35	57.56		

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ