หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 น้ำมันเมล็ดยางพารา (Hevea-rubber seed oil) น้ำมันยางพารามีสีเหลืองอ่อน กลิ่นคล้ายน้ำมันลินสีด ถ้าหยดให้บาง ๆ แล้ววางทิ้งไว้จะแห้งเหมือนกัน

น้ำมันเมล็ดยางพารามีสมบัติทางเคมี และกายภาพดังนี้ (1)

Specific gravity	Saponification Value	Iodine Value	Observer
15°C-0.9320	206.1	128.3-127.7	Imperial Institute
20°C-0.9232	198.1	117.6	Schroeder
15°C-0.9239	185.6	113.3	Pickless and Hayworth
15°C-0.9245	192.3	139.3	B.J. Eaton

เรื่องน้ำมันเมล็ดยางนี้ที่อิมพีเรียล อินสติติวท์ (Imperial Institute) ได้สนใจนำไปทำการทดลองและรายงานในหนังสือ The Bulletin of the Imperial Institute ได้เปรียบเทียบกับน้ำมันลินสีดไว้ดังนี้

น้ำมันเมล็ดยางพารา

	I	II	III	IV	V	VI	VII	น้ำมันลินสีด
Specific gravity at 15°C	0.930	0.932	0.925	0.924	0.925	0.927	0.924	0.931-0.937
Acid Value	10.7	19.0	16.8	29.9	40.9	49	56.4	
Saponification Value	91.8	193.0	192.1	185.6	188.5	192.9	193.4	189-195
Iodine Value	128.3	121.2	131.4	133.3	143.3	136.5	135.0	175-200

I คือ น้ำมันเมล็ดยางพาราซึ่งสกัดจากเนื้อใน (kernel) ซึ่งส่งไปจากมาเลเซียทั้ง ๆ ที่ยังไม่ได้กระเทาะเปลือกนอก ปี 1903

II คือ น้ำมันเมล็ดยางพาราสกัดได้จากเมล็ดยางทั้งเนื้อและเปลือก ซึ่งส่งมาจากมาเลเซียในปี 1903

III คือ น้ำมันบีบจากเนื้อใน ทำการบีบในมาเลเซียเมื่อปี 1908

IV คือ น้ำมันซึ่งสกัดจากเนื้อในของเมล็ดยางพาราซึ่งส่งมาจากมาเลเซียทั้งที่ยังไม่ได้กระเทาะเปลือกแข็งในปี 1908

V น้ำมันสกัดจากเนื้อในของเมล็ดยางพาราซึ่งส่งมาจากซีลอนในปี 1909

VI น้ำมันซึ่งสกัดจากเมล็ดยางพาราทั้งเนื้อทั้งเปลือกส่งมาจากซีลอนในปี 1917

VII น้ำมันเมล็ดยางพาราส่งมาจากมาเลเซียในปี 1919

2.2 ลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบของเมล็ดยางพารา

ในประเทศไทยมีการปลูกยางพารามากในภาคใต้ ต้นยางพาราจะตกเมล็ดยางเป็นฤดูกาล เมล็ดยางพารามีเปลือกแข็งสีน้ำตาลดำ รูปร่างกลมรี ขนาดประมาณ 1X0.8 ตารางนิ้ว เปลือกในเป็นเยื่อบาง ๆ สีขาวส่วนเนื้อในนั้นมีลักษณะนิ่มกว่าเปลือก และมีสีเหลืองอ่อน เมล็ดยางพารามีส่วนประกอบที่เป็นเปลือกร้อยละ 42.8 และเนื้อในร้อยละ 58.2 เมล็ดในมีปริมาณน้ำมันร้อยละ 40-50 น้ำร้อยละ 18.8 น้ำตาลร้อยละ 11.2 โปรตีนร้อยละ 17.8 เส้นใยร้อยละ 4.3 แคลเซียมร้อยละ 0.201 ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.602 น้ำมันที่สกัดออกมาได้จะมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 13.9 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 80.5 ส่วนใหญ่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเป็นกรด linoleic ร้อยละ 40.8 linolenic ร้อยละ 14.3 และ oleic ร้อยละ 29.2 น้ำมันจึงมีสมบัติในด้านการนำไปทำน้ำมันผสมสี หรือน้ำมันชักเงาได้ดี นอกจากนี้ในน้ำมันยางยังมีสารประกอบรองอยู่ประมาณร้อยละ 1.1 เช่น พวก unsaponifiable matter มีส่วนประกอบของ sterol และ hydrocarbon ปนอยู่ในกากของเมล็ดยางที่สกัดน้ำมันแล้ว ส่วนใหญ่ของ sterol เป็นพวก B-sitosterol และมี chlolesterol อยู่เพียงร้อยละ 0.22 ส่วน hydrocarbon มีสาร squalene เป็นส่วนใหญ่ sterol เป็นสารสำคัญที่เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์วิตามิน D (6)

เนื้อในของเมล็ดยางจะมีเอนไซม์ซึ่งทำให้ปริมาณกรดเพิ่มขึ้น วิธีป้องกันคือทำการอบ

เมล็ดยางใหม่ ๆ ด้วยความร้อน 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จนเหลือความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 ปริมาณของกรดในน้ำมันจะไม่เพิ่มขึ้น

2.3 สมบัติของปิโตรเลียมอีเธอร์ (7,8)

หมายรวมถึงพวก petroleum spirit, light petroleum ประกอบด้วย normal saturated hydrocarbon หรือเป็นพวก benzinum, lightligroin, benzene

ลักษณะเป็นของเหลวไม่มีสีส่วนใหญ่ประกอบด้วย hexane สามารถละลายในอัลกอฮอล์ (alcohol) อีเธอร์ (ether) คลอโรฟอร์ม (chloroform) เบนซิน (benzene) และ volatile oils สามารถจะละลายพวก เซลลูโลสอีเธอร์บางชนิด น้ำมันขี้ผึ้ง (waxes) และ soft resins และใช้สำหรับสกัดพวก shellac-wax และน้ำมันระเหยแห้ง (volatile oil)

ปิโตรเลียมอีเธอร์มี	Boiling range	60-145°C
	Refractive index	1.365-1.376°C
	Specific gravity	0.7054
	Flash point	below-17.78°C
	Distillation range	30-60°C
	Viscosity	0.4129 Centipoise

2.4 กระบวนการผลิตน้ำมันพืชโดยทั่ว ๆ ไป แบ่งเป็น 5 ขั้น (4, 9,10, 11, 12, 13) คือ

1. การเตรียมวัตถุดิบ (pretreatment) ปกติวัตถุดิบที่ส่งเข้าโรงงานจะมีสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ ปนมาด้วยอยู่เสมอ เช่น เศษดิน ฝุ่น ก้อนอิฐ หรือเศษเหล็กต่าง ๆ สิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องกำจัดออกไปเสียก่อน ขั้นแรกดูดฝุ่นผงและแยกก้อนอิฐ ดินและวัตถุอื่น ๆ ออกโดยใช้พัดลม จากนั้นก็นำเข้าตะแกรงร่อนเพื่อแยกสิ่งที่ใหญ่หรือเล็กกว่าเมล็ดออกไป เหลือแต่เมล็ดส่งเข้าเครื่องบด ก่อนจะถึงเครื่องบดจะมีแม่เหล็กคอยดูดเอาเศษโลหะไว้มิให้ผ่านเข้าไปในเครื่องบด มิฉะนั้นเครื่องจะเสียหายและทำให้เปอร์เซนต์น้ำมันที่ได้มีค่าต่ำ

2. การบด (grinding and flaking) จุดประสงค์ของการบดก็เพื่อทำให้น้ำมันออกจากเมล็ดง่ายเข้า เพราะน้ำมันที่อยู่ในเมล็ดจะถูกล้อมรอบด้วยผนังของเซลในเมล็ด การบดทำให้ผนังของเซลแตกออก เมล็ดที่บดแล้วถูกบีบอัดด้วยความดันสูง น้ำมันจะออกมาง่ายเข้า สำหรับโรงงานที่บีบอัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืชแล้วส่งกากขายทำปุ๋ยหรืออาหารสัตว์เลยทีเดียว มิได้นำไปสกัดด้วยตัวทำละลายแล้วการบดยิ่งละเอียดเท่าไรก็ยิ่งจะมีผลดีเท่านั้น แต่ถ้าจะนำกากที่ได้ไปสกัดด้วยตัวทำละลายการบดให้ละเอียดมาก ๆ จะทำให้เกิดปัญหาติดตามมาภายหลัง กล่าวคือ ถ้าบดละเอียดเกินไป อนุภาคที่มีขนาดเล็ก ๆ จะไปอุดตันทางเดินของตัวทำละลายทำให้ตัวทำละลายไหลผ่านไม่สะดวก ดังนั้นจึงต้องบดให้ละเอียดพอประมาณ แล้วทำเป็นแผ่นบาง ๆ จะหนาหรือบางแค่ไหนแล้วแต่ชนิดของเมล็ดพืช (14) เช่น ถั่วเหลือง, นุ่น ให้ผ่านเข้าไปใน first cracker เพื่อขบให้แตกออกเป็น 2-4 เสี่ยงแล้วจึงผ่านเข้า second cracker เพื่อขบให้แตกเป็น 4-8 เสี่ยง จากนั้นจึงส่งผ่าน conveying system เข้าไปใน cooker นึ่งด้วย direct และ indirect steam เพื่อให้สภาพของเมล็ดพืชง่ายต่อการ flake จะต้องตั้ง flaker ให้ flake บาง 0.25-0.40 มม.

3. การนึ่ง (steaming) เป็นกระบวนการให้ความร้อนและความชื้นแก่เมล็ดพืชน้ำมันเพื่อลดความหนืดและทำให้น้ำมันไหลออกมาจากเซลได้ง่ายขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้โปรตีนในผนังเซลตกตะกอน และยอมให้น้ำมันไหลผ่านผนังเซลออกมาได้ การหกตะกอนของโปรตีนจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อได้รับความร้อนและมีความชื้นอยู่ด้วยเท่านั้น

ดังนั้นกระบวนการนึ่งนี้จึงต้องมีองค์ประกอบที่ควรพิจารณาคือ เวลา อุณหภูมิ ความชื้น ชนิดของเมล็ดพืช และเครื่องมือที่ใช้บีบอัดน้ำมัน เช่น เมล็ดฝ้ายต้องมีความชื้นร้อยละ 5-6 สำหรับเครื่องอัดแบบไฮโดรลิคจึงจะให้ผลดีที่สุด แต่สำหรับเครื่องอัดแบบสกรู (screw press) แล้วความชื้นเพียงร้อยละ 3 เหมาะสมที่สุด ถ้าความชื้นของเมล็ดพืชทุกชนิดเกินร้อยละ 4 จะทำให้น้ำมันตกค้างอยู่ในกากมาก (10)

ความร้อนทำให้เมล็ดมีลักษณะยืดหยุ่นได้ ซึ่งมีผลดีต่อการอัด นอกจากนี้ยังทำให้สารพวกฟอสฟาไทด์ (phosphatide) และสิ่งไม่พึงประสงค์อื่น ๆ ไม่ติดออกไปกับน้ำมัน ทำลายพวกเชื้อรา บักเตรีและยังทำลายสารมีพิษ เอนไซม์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเมล็ดพืชอีกด้วย ส่วนผลเสียถ้าความร้อนสูงเกินไป ทำให้สีของน้ำมันและกากเข้มกว่าปกติ ซึ่งไม่สามารถทำให้ใสขึ้นด้วยวิธี

กลั่นใส (refining) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการนึ่งมีความสำคัญอย่างมากในกระบวนการผลิตน้ำมัน

4. การอัด (mechanical press) (14) เครื่องจักรที่ใช้เรียกว่า expeller อาจจะเป็นแบบ machanical หรือ hydraulic ก็ได้ก่อนจะบีบต้องนำเมล็ดพืชมากระเทาะเปลือกและย่อยให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ต่อจากนั้นก็นำไปนึ่งให้ร้อนแล้วจึงนำเข้าเครื่องบีบ ก็จะได้น้ำมันดิบออกมา วิธีนี้เหมาะสำหรับเมล็ดพืชที่มี oil content สูง ๆ เกินกว่าร้อยละ 25 ขึ้นไป และจะมีน้ำมัน เหลือในกากสูงมากร้อยละ 8-10 เมล็ดพืชที่มีน้ำมันมาก ๆ ต้องอัด 2 ครั้ง เช่น (15) มะพร้าว (มีน้ำมันร้อยละ 50-70) และปาล์ม (มีน้ำมันร้อยละ 55-65) ส่วนพวกที่มีน้ำมันน้อยใช้วิธีอัดครั้งเดียว เช่น ฝ้าย (มีน้ำมันร้อยละ 16-18) นุ่น (มีน้ำมันร้อยละ 21-23) พวกที่มีน้ำมันน้อย บางทีใช้วิธีการสกัดโดยไม่ต้องอัดก่อน เช่น ถั่วเหลือง (มีน้ำมันร้อยละ 16-19)

5. การสกัด (extraction) นับว่าเป็นวิธีใหม่เมื่อแช่เมล็ดพืชด้วยตัวทำละลาย ตัวทำละลายจะละลายเอาน้ำมันออกจากเมล็ดพืช กรองแยกเอากากออกแล้วนำตัวทำละลายที่ผสมกับน้ำมัน (miscella) ไประเหยเอาตัวทำละลายออก ก็จะได้น้ำมันกลับคืนมา

2.5 การสกัดน้ำมันดิบ (4, 9, 10, 11, 12, 13) แบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ

2.5.1 การบีบน้ำมันจากเมล็ดพืช เป็นวิธีการผลิตที่ใช้เครื่องจักรบีบเอาน้ำมันออกจากเมล็ดพืชโดยตรง ลักษณะของการบีบแบ่งได้เป็น

1. การใช้เครื่องบีบอัดแบบเกลียว (expeller หรือ screw press) เป็นกระบวนการที่ต้องการกระทำต่อเนื่องตั้งแต่ขั้นตอนการบีบเมล็ดพืชให้แตกจนอัดน้ำมันออกมากากที่ได้จากการอัด จะมีน้ำมันเหลืออยู่เพียง ร้อยละ 3-9 ทั้งนี้ขึ้นกับความเร็วของการหมุนสกรู สกรูหมุนเร็วมากจะอัดเมล็ดพืชได้ปริมาณมาก น้ำมันก็ย่อมเหลือในกากมาก เป็นสัดส่วนกลับไปด้วย

2. การใช้เครื่องบีบแบบไฮโดรลิค (hydraulic press) วิธีนี้ใช้แรงงานมากในการป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องจักรตามขั้นตอน การบีบครั้งหนึ่งต้องเอากากออกทีหนึ่งซึ่งเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง

2.5.2 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย นับเป็นวิธีที่ทันสมัยที่สุดและมีประสิทธิภาพสูง การสกัดน้ำมันโดยวิธีนี้ใช้เคมีภัณฑ์จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม เช่น เฮกเซน ปิโตรเลียมอีเธอร์ ซึ่งมีประสิทธิภาพ ในการสกัดโดยตัวทำละลายมีหลายวิธีด้วยกันคือ

1. แบบแช่ (immersion) เป็นการสกัดโดยนำเมล็ดพืช ที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ แล้วแช่ในตัวทำละลายตามระยะเวลาที่กำหนด เมื่อน้ำมันถูกสกัดออกมาจะผสมอยู่กับตัวทำละลาย หลังจากนั้นก็ใช้ความร้อนทำให้ตัวทำละลายระเหยเหลือแต่น้ำมันดิบ

2. แบบซึมผ่าน (percolation) ใช้พ่นตัวทำละลายผ่านจนท่วมเมล็ดพืชแล้วปล่อยทิ้งไว้ตามกำหนดเวลาให้ซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อเมล็ดพืช เพื่อสกัดน้ำมันดิบออกมา

3. แบบผสมระหว่างการแช่และการซึมผ่าน (immersion percolation) คือการพ่นตัวทำละลายแล้วทิ้งเมล็ดพืชให้แช่อยู่ในตัวทำละลายตามกำหนดเวลาแล้วจึงแยกน้ำมันดิบออกด้วยวิธีระเหย โดยใช้ความร้อน

องค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพของการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายคือ

1. ปริมาณของตัวทำละลาย ถ้ามีปริมาณมากย่อมสกัดน้ำมันออกได้มากและเหลือน้ำมันอยู่ในกากน้อย แต่อย่างไรก็ตามถ้าใช้ในปริมาณมาก ก็ต้องใช้เวลาตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ในการแยกตัวทำละลายออกจากน้ำมันมาก และปริมาณการสูญเสียตัวทำละลาย เนื่องจากการระเหยออกมาย่อมสูงด้วย

2. ชนิดของตัวทำละลายมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป หลักในการเลือกชนิดของตัวทำละลายมีดังนี้ คือ

ก. จะต้องละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี

ข. ไม่ทำปฏิกริยากับสารที่ต้องการสกัด

ค. ไม่ละลายสิ่งปนหรือสารที่ไม่ต้องการ

ง. เมื่อสกัดแล้วควรแยกออกจากสารที่ถูกสกัดได้ง่าย

จ. ไม่เป็นพิษ และไม่ทำให้เกิดการกัดกร่อน

ฉ. ราคาถูกและหาได้ง่าย

นอกจากนี้การเลือกใช้ต้องให้เหมาะกับชนิดของเมล็ดพืช โดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้นอร์มอลเฮกเซน เพราะมีความเหมาะสมหลายประการ

3. อุณหภูมิในการสกัด ก่อนปล่อยตัวทำละลายไปแช่ต้องอุ่นให้ร้อน ความร้อนจะทำให้น้ำมันละลายในตัวทำละลายได้มากขึ้น อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เหมาะกับเมล็ดพืชเกือบทุกชนิด

4. ขนาดและความหนาของแผ่นเมล็ดพืช การบีบเมล็ดพืชให้แตกและอัดเป็นแผ่นจะทำให้ตัวทำละลายแทรกซึมไปสัมผัสได้อย่างทั่วถึง ถ้าเมล็ดพืชถูกอัดให้เป็นแผ่นแน่นเกินไปตัวทำละลายผ่านเข้าไม่ได้

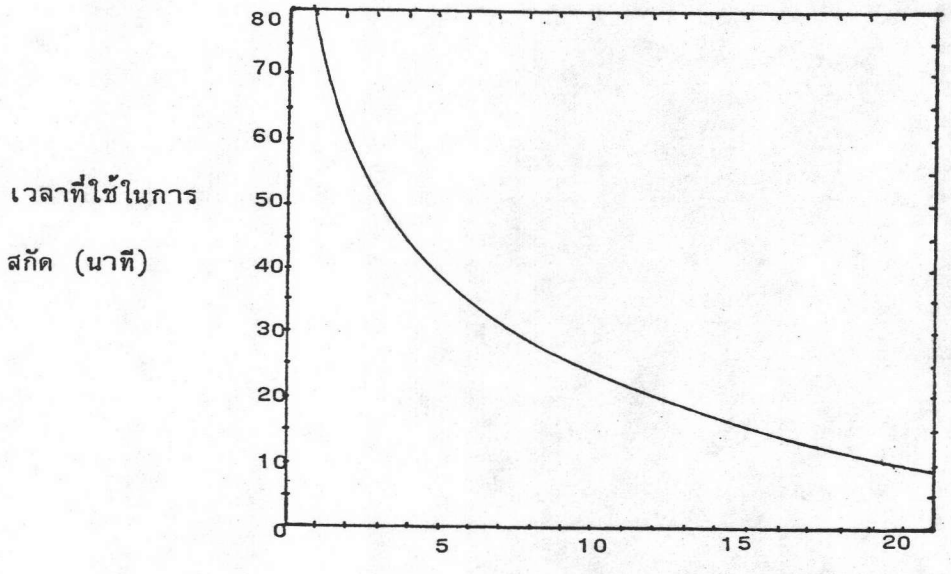
5. ความชื้นของเมล็ดพืช และตัวทำละลาย ปกติความชื้นของเมล็ดพืชไม่ควรเกินร้อยละ 10 และตัวทำละลายต้องไม่มีน้ำหรือความชื้นผสมอยู่

6. เวลาที่ใช้ในการสกัด ต้องใช้เวลาในการสกัดนานพอสมควรการสกัดจึงจะได้ผล

2.5.3 การสกัดโดยใช้เครื่องบีบและตัวทำละลาย (prepress-solvent extraction) เป็นการสกัดน้ำมันด้วยเครื่องบีบ แล้วนำกากที่เหลือไปสกัดด้วยตัวทำละลาย เพื่อเก็บน้ำมันที่เหลืออยู่กับกาก ปกติใช้กับน้ำมันพืชที่มีน้ำในปริมาณสูง

2.6 ประสิทธิภาพของการสกัดด้วยตัวทำละลาย (5) ขึ้นกับ

1. เวลาที่ใช้ในการสกัด (extraction time) เวลาที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อปริมาณของน้ำมันที่เหลือในกาก จากการทดลองพวกเมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน พวกนัท (nut) จะพบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้มากที่สุดในระหว่าง 30 นาทีแรก ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการสกัดกับปริมาณน้ำมันที่เหลือในเมล็ด

ส่วนน้ำมันรำข้าวจะสกัดได้ในระหว่าง 15-20 นาทีแรก (5) เมื่อเวลาผ่านไปมากขึ้น ปริมาณน้ำมัน (ความเข้มข้น) จะค่อนข้างคงที่ที่ค่าค่าหนึ่ง และเมื่อทำการสกัดน้ำมันไปเรื่อย ๆ พบว่าปริมาณน้ำมันจะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งเหลือปริมาณน้ำมันร้อยละ 1 ของน้ำมันเริ่มแรก

2. ปริมาณของสารละลาย (quantity of solvent) การสกัดน้ำมันจะสมบูรณ์ได้ขึ้นกับการใช้ อัตราส่วนระหว่างเมล็ดพืชน้ำมันกับตัวทำละลายที่ค่อนข้างสูง แต่การใช้อัตราส่วนระหว่างเมล็ดพืชกับตัวทำละลายสูง จะทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายมากและทำให้เกิดการสูญเสียตัวทำละลาย ดังนั้นจึงควรที่จะคำนึงถึงปริมาณของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันพืช

3. อุณหภูมิของตัวทำละลาย (solvent temperature) ได้มีการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อประสิทธิภาพของการสกัดด้วยตัวทำละลายในเมล็ดพืชบางชนิด เช่น เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน พวกนัท (nut) และเรพซีด (rape seed) พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของตัวทำละลายแล้วประสิทธิภาพของการสกัดน้ำมันก็จะดีขึ้น ดังตารางที่ 1 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบการสกัดด้วยวิธีบีบ กับการสกัดด้วยตัวทำละลายในเมล็ดที่มีน้ำมันมาก, ปานกลาง และต่ำ (4)

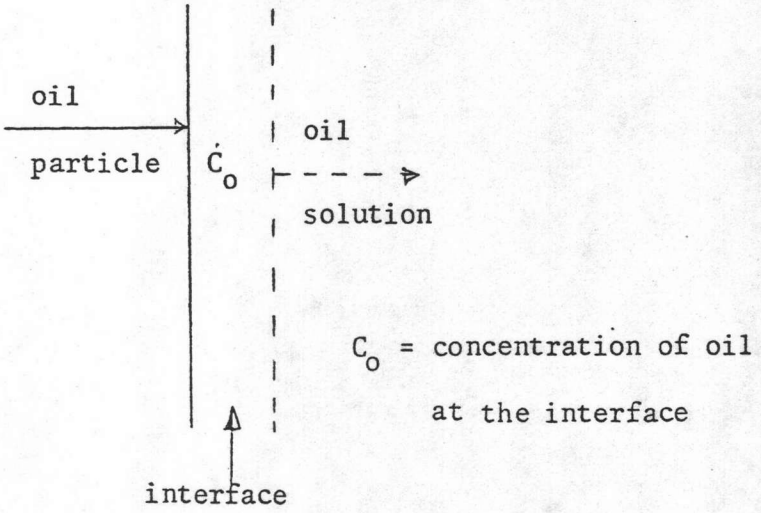
Oil seed		Soybean	Cotton -seed	Peanut
Oil content		low	medium	high
composition of flaked seed, (los/100 lbs seed)				
oil		18.6	32.5	50.0
solids		69.0	60.0	44.0
moisture		12.4	7.5	6.0
yields from processing, (lbs/100 lbs seed)				
- mechanical expression				
oil	: oil	15.0	29.8	48.0
cake or meal	: oil	3.6	2.7	2.0
	solids	69.0	60.0	44.0
	moisture	9.0	5.0	4.0
percent oil in cake		4.4	4.1	4.0
- solvent extraction (lbs/100 lbs seed)				
oil	: oil	18.0	32.0	49.65
cake or meal	: oil	0.6	0.5	0.35
	solids	69.0	60.0	44.0
	moisture	9.0	5.0	4.0
percent oil in cake		0.76	0.76	0.72
percent total oil recovered		96.7	98.5	99.3
- comparison of yields				
yield by mechanical expression lbs oil/100 lbs flaked seed		15.0	29.8	48.0
yield by solvent extraction lbs oil/100 lbs flaked seed		18.0	32.0	49.65
increase by solvent extraction, lbs		3.0	2.2	1.65
increase by solvent extraction, %		20.0	7.4	3.4

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการสกัดน้ำมัน (4) ด้วยวิธีการบีบและด้วยตัวทำละลายในเมล็ดที่มีปริมาณน้ำมันมาก, ปานกลาง และน้อย ตามลำดับ

2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสกัดด้วยตัวทำละลาย (5)

2.7.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสกัดด้วยตัวทำละลายและการถ่ายเทมวลระหว่าง 2 วัฏภาค (solvent extraction and mass transfer between two phases)

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชโดยใช้ตัวทำละลาย เกิดจากกระบวนการถ่ายเทมวลระหว่างสองวัฏภาค คือ น้ำมันซึ่งอยู่ในวัฏภาคของแข็ง (solid phase) ถูกสกัดและถ่ายเทสู่วัฏภาคของเหลว (liquid phase) โดยกระบวนการซึมผ่าน (diffusional process) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการแพร่ในการสกัดด้วยตัวทำละลาย

อัตราการถ่ายเทมวลเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ผิว (surface area) ของเมล็ด และความแตกต่างของความเข้มข้นของน้ำมัน (concentration difference) จากพื้นผิวของเมล็ดสู่บริเวณที่มีสารละลาย (bulk of the solution) ดังสมการ

$$Na = ka_p (C_o - C) \qquad (1)$$

เมื่อ Na = อัตราการถ่ายเทมวลต่อปริมาตรของเหลว (กรัมของน้ำมัน/กรัมของตัวทำละลาย-วินาที)

k = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล (mass transfer coefficient or dissolution rate coefficient) (ซม./วินาที)

a_p = พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างของแข็งและของเหลวต่อหน่วยปริมาตรของของผสม (ตร.ซม./ลบ.ซม.)

C = ความเข้มข้นของน้ำมันในสารละลาย (กรัมของน้ำมัน/กรัมของตัวทำละลาย)

สำหรับในกระบวนการที่ไม่ต่อเนื่อง มวลสมดุลย์ต่อหน่วยปริมาตรของวัฏภาคของเหลวสามารถเขียนได้ดังนี้ (5, 16)

$$Na = dc/dt \qquad (2)$$

แทน (2) ใน (1)

$$\frac{dc}{dt} = ka_p (C_o - C) \qquad (3)$$

ถ้ากำหนดให้ C_o คงที่ตลอดกระบวนการสกัด ฉะนั้นจาก (3) จึงสามารถอินทิเกรดได้คือ

$$C/C_o = 1 - e^{-t/\tau} \qquad (4)$$

เมื่อ $\tau = 1/ka_p$ = time constant

2.7.2 การถ่ายเทมวลในถังกวน (mass transfer in an agitated tank) (5)

การทดลองเพื่อสกัดน้ำมันเมล็ดยางพาราด้วยตัวทำละลายในถังกวน เป็นลักษณะไม่ต่อเนื่อง (batch operation) ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทมวล คือ ในกระบวนการสกัดโดยใช้วิธีแช่ ตัวทำละลายและเมล็ดสัมผัสกันในลักษณะนิ่ง ๆ ไม่มีการกวน ไม่ว่าเป็นแบบซึมผ่าน และแบบแช่ หรือทั้งสองอย่างร่วมกัน กระบวนการแบบซึมผ่าน คือการที่ตัวทำละลายจะเข้าไปสัมผัสกับเม็ดของแข็ง และจะเกิดฟิล์มของของเหลว (liquid film) ไหลผ่านอย่างรวดเร็วไปบนเม็ดของแข็ง สำหรับกระบวนการแบบแช่ เม็ดของแข็งจะสัมผัสกับตัวทำละลายในลักษณะนิ่ง ๆ แต่ในถังกวนมีการเกิดรูปแบบการไหล (flow pattern) ซึ่งทำให้มีการเพิ่มอัตราการถ่ายเทมวล รูปแบบการไหลของของไหล (fluid) หรือ slurry ของผสมในถังกวนขึ้นกับ

1. สมบัติทางกายภาพของของไหลหรือของผสม
2. ความเร็วของการกวน
3. รูปร่างทางเรขาคณิตและลักษณะโครงสร้างของใบพัด

จากการศึกษาเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลจะมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางกายภาพของของไหลและความเร็วของการไหล ดังสมการ (17, 18)

$$\frac{k_x d_p}{D_L} \propto \left(\frac{d_p v \rho}{\mu}\right)^{z_1} \propto \left(\frac{\mu}{\rho D_L}\right)^{z_2} \qquad (5)$$

$$N_{sh} \propto (N_{Re})^{\frac{z_1}{z_2}} \propto (N_{Sch})^{z_2}$$

เมื่อ k_x = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล (mass transfer coefficient)

d_p = เส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ด

D_L = สัมประสิทธิ์การแพร่ (diffusion coefficient)

μ = ความหนืดของวัฏภาคต่อเนื่อง (continuous phase)

ρ = ความหนาแน่นของวัฏภาคต่อเนื่อง (continuous phase)

v = ความเร็วของการเคลื่อนที่ของของไหล

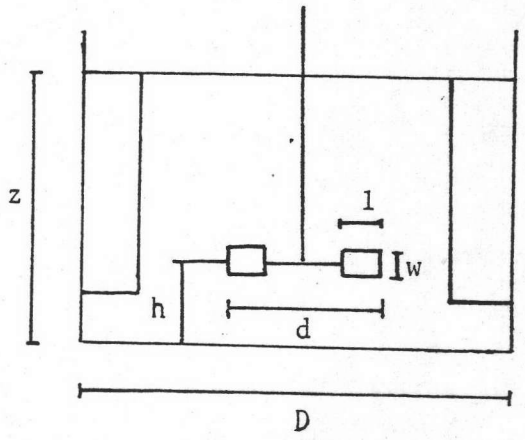
z_1, z_2 = ค่ายกกำลังของ N_{Re} และ N_{Sch} ตามลำดับ

N_{Sh} = Sherwood number = $\frac{k_x d_p}{D_L}$

N_{Re} = Reynolds number = $\frac{d_p V \rho}{\mu}$

N_{Sch} = Schmidt number = $\frac{\mu}{\rho D_L}$

รูปร่างทางเรขาคณิตของถังกวนและโครงสร้างของใบพัดจะมีอิทธิพลอย่างมากซึ่งเทอมเหล่านี้ คือ $\frac{d}{D}$, $\frac{h}{d}$, $\frac{d}{z}$, $\frac{d}{w}$, $\frac{d}{l}$ เป็นรูปร่างทางเรขาคณิต และจำนวน baffles คือ $\frac{n_1}{n_2}$ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขนาดโครงสร้างของถังกวนและใบพัด

จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{Rate} = f\left(Re, T, \frac{S}{L}, \frac{d}{D}, \frac{h}{d}, \frac{d}{z}, \frac{d}{w}, \frac{d}{l}, \frac{n_1}{n_2}\right) \quad (6)$$

$$\text{Yield} = f\left(Re, T, \frac{S}{L}, \frac{d}{D}, \frac{h}{d}, \frac{d}{z}, \frac{d}{w}, \frac{d}{l}, \frac{n_1}{n_2}\right) \quad (7)$$

Re = Reynold's number

T = อุณหภูมิ

S = ปริมาณของเมล็ดที่ใช้

L = ปริมาณของตัวทำละลายที่ใช้

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังกวน

h = ความสูงของใบพัดจากก้นถังกวน

w = ความกว้างของ blade

l = ความยาวของ blade

n_1, n_2 = จำนวน baffles

z = ความลึกของของเหลว

009008

2.8 การวิเคราะห์ผลการทดลองกับสมการหาผลที่ได้ของการสกัดน้ำมัน อิทธิพลที่มีต่อผลที่ได้จากการสกัด (yield) มีดังสมการ (17) คือ

$$Yield = f(Re, T, \frac{S}{L}, \frac{d}{D}, \frac{h}{D}, \frac{d}{z}, \frac{d}{w}, \frac{d}{l}, \frac{n_1}{n_2})$$ โดยมีรูปแบบของความสัมพันธ์ดังนี้ ซึ่ง yield ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ในถังกวน

$$Yield = K(Re)^a \left(\frac{S}{L}\right)^b \left(\frac{d}{D}\right)^c \left(\frac{h}{D}\right)^f \left(\frac{d}{z}\right)^g \left(\frac{d}{w}\right)^i \left(\frac{d}{l}\right)^j \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^o e^{m/T}$$

โดยค่า a,b,c,f,g,K,i,j,m,o เป็นค่าคงที่

e = exponential

T = อุณหภูมิ

จากการทดลองการแยกสกัดน้ำมันจากรำข้าวyield ที่ได้เขียนเป็นความสัมพันธ์คือ (5)

$$Yield = 3.19\ (Re)^{0.22} \left(\frac{S}{L}\right)^{-0.21} \left(\frac{d}{D}\right)^{-0.31} \left(\frac{h}{d}\right)^{0.13} e^{-1415.7/T}$$

จะเห็นว่าเทอม $\frac{d}{z}, \frac{d}{w}, \frac{d}{l}, \frac{n_1}{n_2}$ ไม่ปรากฏในสมการของน้ำมันรำข้าว เนื่องจากการทดลองนี้ไม่ได้ศึกษาอัตราส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ คือ อัตราส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดกับความสูงของสารละลายในถัง, อัตราส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดกับความกว้างของ blade, อัตราส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดกับความยาวของ blade และอัตราส่วนของจำนวน baffles

2.9 การวิเคราะห์ผลการทดลองกับสมการสัมประสิทธิการถ่ายเทมวล อิทธิพลที่มีต่อผลของการสกัดดังสมการ (17) คือ

$$Rate = f(Re, T, \frac{S}{L}, \frac{d}{D}, \frac{h}{D}, \frac{d}{z}, \frac{d}{w}, \frac{d}{l}, \frac{n_1}{n_2})$$ โดยมีรูปแบบของความสัมพันธ์เช่นเดียวกับสมการ yield ในข้อ 2.8

จากการทดลองการแยกสกัดน้ำมันจากรำข้าว Rate ที่ได้เขียนเป็นความสัมพันธ์คือ (5)

$$\text{Rate} = 23.68(\text{Re})^{-0.83} \left(\frac{d}{D}\right)^{1.52} \left(\frac{h}{d}\right)^{-0.41} e^{-351.5/T}$$