

KNOWLEDGE MANAGEMENT

**หลักสูตรทักษะการสร้างนวัตกรรมอาหาร
เพื่อสุขภาพด้วยเทคนิคการสกัดสารด้วย
ของไหลวิกฤตยิ่งยวด**

**(Supercritical Fluid Extraction Skill
for Innovation Food)**

ภายใต้แผนงานพัฒนาความสามารถทางเทคโนโลยีของบุคลากร
ภาคอุตสาหกรรม

โครงการสร้างกำลังคนและทักษะแห่งอนาคตในภูมิภาคเพื่อตอบโจทย์
การพัฒนานวัตกรรมของประเทศ ประจำปีงบประมาณ 2563



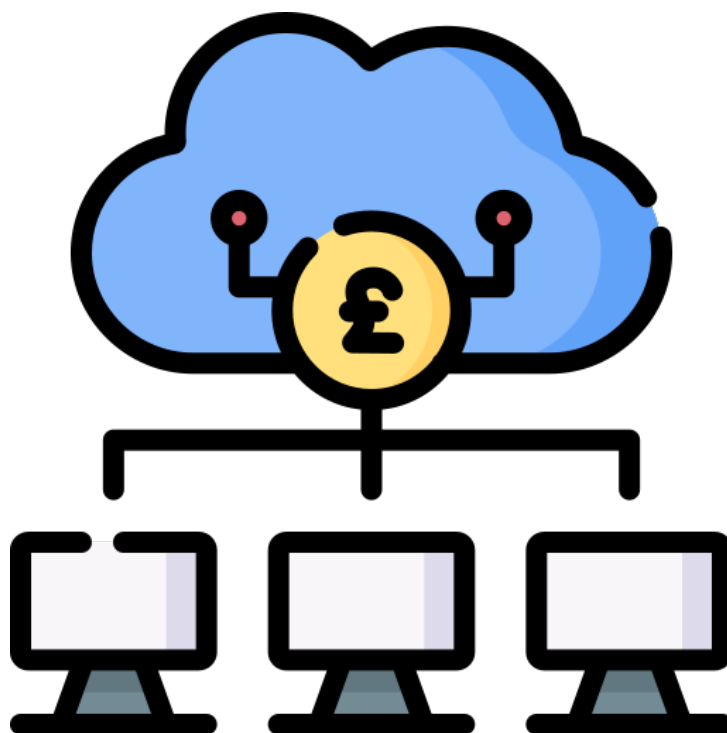
สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 : คำอธิบายโครงการ และหลักสูตร	1
1.1 แนะนำโครงการ	2
1.2 คำอธิบายหลักสูตร	8
บทที่ 2 : แบบทดสอบและประเมินผลก่อนเรียน	13
2.1 แบบทดสอบก่อนพัฒนากทักษะ (Pre-Test)	14
2.2 แบบประเมินทักษะก่อนการพัฒนากทักษะ (Pre-Embedded Skill)	18
บทที่ 3 : การพัฒนากทักษะ	20
3.1 บทที่ 1 : สถานการณ์การขับเคลื่อนตลาดสารสกัดของประเทศไทย	21
3.2 บทที่ 2 : การสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด Supercritical Fluid Extraction (SFE)	36
3.3 บทที่ 3 : การวิเคราะห์และทดสอบสารสำคัญเป้าหมายเพื่อการต่อยอด สู่เชิงพาณิชย์	76
3.4 บทที่ 4 : หลักการทำงานของเครื่องจักรสำหรับสกัด	83
บทที่ 4 : แบบทดสอบและประเมินผลหลังเรียน	116
4.1 แบบทดสอบหลังพัฒนากทักษะ (Post-Test)	117
4.2 แบบประเมินทักษะหลังการพัฒนากทักษะ (Post-Embedded Skill)	121
4.3 เฉลยแบบทดสอบก่อน-หลังพัฒนากทักษะ	123
บทที่ 5 : แผนงาน (Action Plan)	127
5.1 แบบฟอร์มแผนงาน (Action Plan)	128

บทที่ 1 : คำอธิบายโครงการ และหลักสูตร



1.1 แนะนำโครงการ



BRAIN POWER SKILL UP

ภายใต้

แผนงานการพัฒนาความสามารถทางเทคโนโลยีของบุคลากร

ภาคอุตสาหกรรม

โครงการสร้างกำลังคนและทักษะแห่งอนาคตในภูมิภาคเพื่อตอบโจทย์

การพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ

สร้างทักษะกำลังคนขั้นสูง
เพื่อรับมือความเปลี่ยนแปลง
วางแผนขับเคลื่อนธุรกิจสู่อนาคต



1 ภาพรวมแผนงาน “การพัฒนาความสามารถทางเทคโนโลยีของบุคลากรภาคอุตสาหกรรม (Brain Power Skill Up)”

รายละเอียด

หลักสูตรพัฒนาทักษะสำหรับภาคอุตสาหกรรม (upskill for future technology) จำนวน 20 หลักสูตร เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลง (transform) เทคโนโลยีของบริษัท เช่น AI, Data science, Big Data เป็นต้น



กลุ่มเป้าหมาย

บุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างกำลังคนและทักษะแห่งอนาคตในภูมิภาค ให้ตอบโจทย์การพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ
2. เพื่อสร้างระบบนิเวศเทคโนโลยีและนวัตกรรมในสถาบันการศึกษา

อุตสาหกรรมเป้าหมาย

อุตสาหกรรมเดิมที่มีศักยภาพในการต่อยอด



ยานยนต์สมัยใหม่



อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ



ท่องเที่ยวกลุ่มรายได้ดีและการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ



การเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ



การแปรรูปอาหาร

อุตสาหกรรมอนาคต



หุ่นยนต์เพื่ออุตสาหกรรม



การบินและโลจิสติกส์



เชื้อเพลิงชีวภาพและเคมีชีวภาพ



ดิจิทัล



การแพทย์ครบวงจร

อุตสาหกรรมที่มีศักยภาพในภาคเหนือ



การแปรรูปอาหาร



การเกษตร



กาแฟ



Herb & Cosmetics



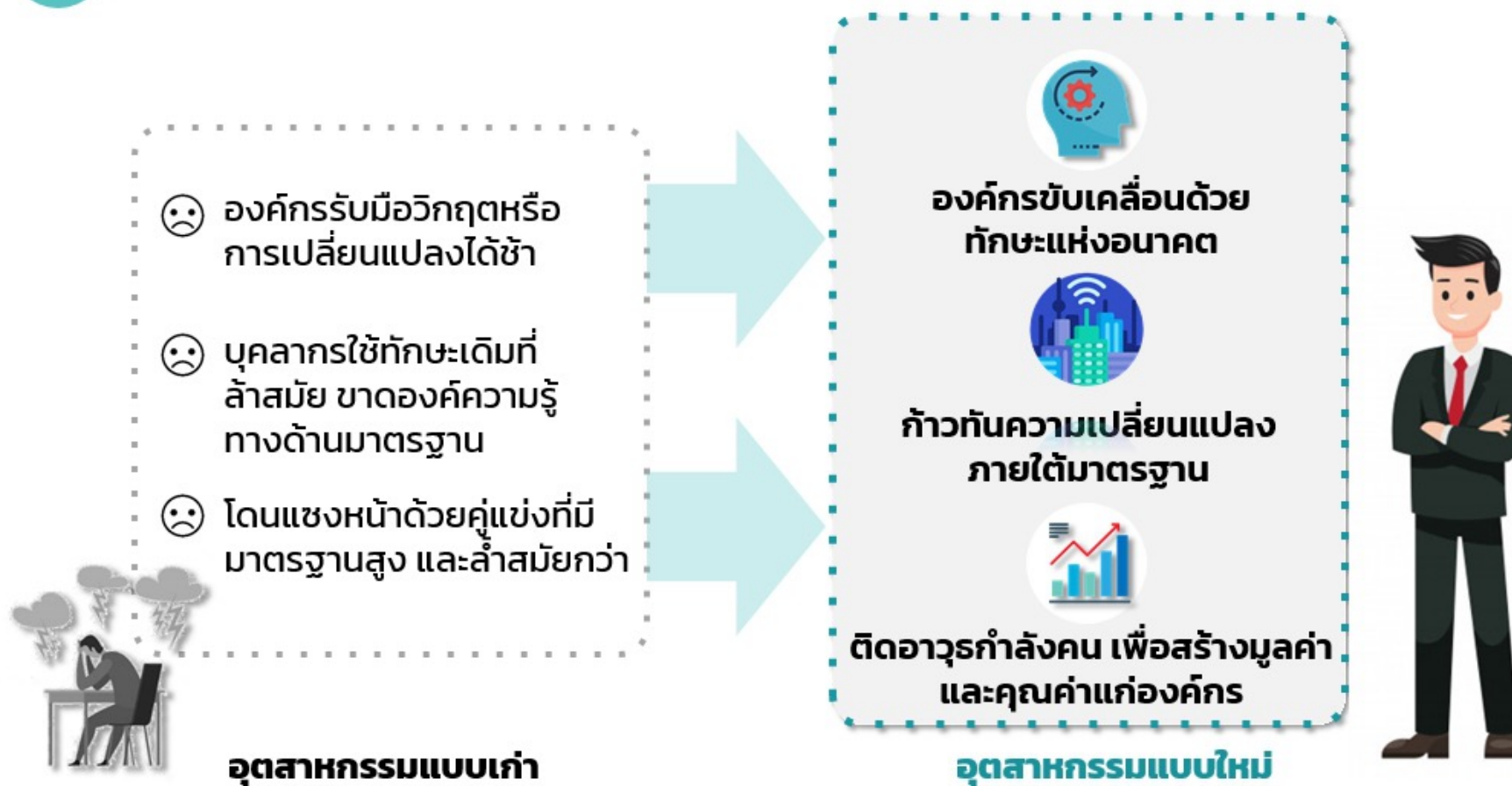
Fashion & Jewelry



Gift & Lifestyle

2

หลักการและความสำคัญ



3 กลไกการสร้างทักษะ (10 ขั้นตอน)



- 1 **แนะนำโครงการ และ กิจกรรมสร้างเครือข่าย**
(Networking Workshop)
- 2 **แบบทดสอบก่อนพัฒนาทักษะ (Pre-Test)**
แบบประเมินทักษะก่อนเรียน (Pre-Embedded Skill Evaluation)
- 3 **เรียนภาคทฤษฎี (Lecture)**
- 4 **การอบรมเชิงปฏิบัติการ**
(Case-Studies & Workshop)
- 5 **เรียนภาคปฏิบัติ (Hands-On)**
- 6 **การเขียนแผนงาน ทุกวันหลังเลิกเรียน**
(Assignment – Action Plan)
- 7 **การให้คำปรึกษาแผนงานโดยผู้เชี่ยวชาญ (Feedback)**
ทุกวันหลังเลิกเรียน
- 8 **บันทึกความก้าวหน้าการพัฒนาทักษะ: Learning Curve Record**
ทุกวันหลังเลิกเรียน
- 9 **แบบทดสอบหลังพัฒนาทักษะ (Post-Test)**
แบบประเมินทักษะหลังเรียน (Post-Embedded Skill Evaluation)
- 10 **ผู้เรียนนำเสนอแผนงาน Action Plan**

4

ผลลัพธ์ทักษะ (Learning Output)



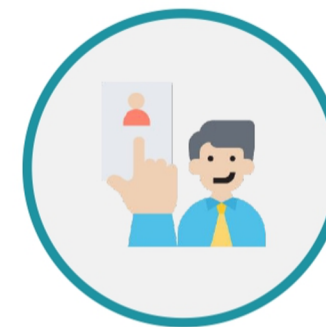
ผู้เรียนได้ทดสอบ
องค์ความรู้
ผ่าน **Pre-Test**
และ **Post-Test**



ผู้เรียนบันทึกและวางแผนการ
พัฒนาทักษะของตนเอง ผ่าน
Learning Curve Record

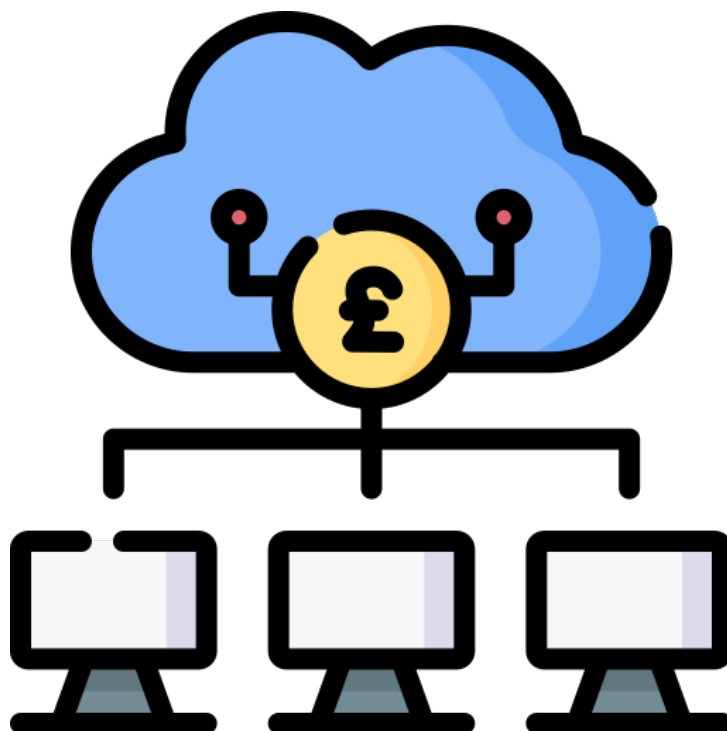


ผู้เรียนได้แผน
Action Plan
รายคน



ผู้เรียนได้รับการวัดผลสำเร็จ
การพัฒนาทักษะ ก่อนและหลัง
**(Pre-Post Embedded Skill
Evaluation)**
โดยวัดผลลัพธ์ 5 ทักษะ
เพื่อนำมาทำ Radar Chart

1.2 คำอธิบายหลักสูตร



ประเภท 2

การพัฒนาทักษะความสามารถทางเทคโนโลยีของบุคลากรขั้นสูง

หลักสูตรที่ 3 | ทักษะการสร้างนวัตกรรมอาหารเพื่อสุขภาพด้วยเทคนิคการสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด (Supercritical Fluid Extraction)
Supercritical Fluid Extraction Skill for Innovative Food

คำอธิบาย : สร้างทักษะการนำเทคนิคการสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด มาประยุกต์ใช้ในการแปรรูปอาหาร เพื่อมุ่งเน้นการสร้างผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปที่ดีต่อสุขภาพ

วัตถุประสงค์ : 1. เพื่อสร้างทักษะในกระบวนการแปรรูปอาหารนวัตกรรม (Food Innovation)

โดยใช้เทคโนโลยี Supercritical Fluid Extraction

2. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมหลักสูตรสามารถลงมือปฏิบัติ และนำเทคนิคไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการของสถานประกอบการได้จริง

ผลลัพธ์ทักษะ : 1. ทักษะการเตรียมวัตถุดิบ เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบระหว่างกระบวนการ

2. ทักษะการใช้เครื่องสกัดอย่างมีประสิทธิภาพ

3. ทักษะการวิเคราะห์ และจัดการปัญหา (Solution Management)

4. ทักษะการบริหารจัดการ คำนวณต้นทุน และระยะเวลาดำเนินการ

5. ทักษะการบำรุงรักษา และทำความสะอาดเครื่องจักร

อุตสาหกรรมเป้าหมาย : อุตสาหกรรมอาหารแปรรูป (Food for the Future)

กลุ่มเป้าหมาย : หัวหน้างาน พนักงาน

วิทยากร :

ลำดับ	ชื่อ-นามสกุล	หน่วยงาน	ความเชี่ยวชาญ	รูปภาพ
1	รศ.ดร.ยุทธนา พิมลศิริผล	ผู้อำนวยการ ศูนย์นวัตกรรม อาหารและบรรจุ ภัณฑ์มหาวิทยาลัย เชียงใหม่	เทคโนโลยีการ พัฒนาผลิตภัณฑ์	
2	ดร.วิญญู ศักดิ์การ	รองผู้อำนวยการ ศูนย์นวัตกรรม อาหารและบรรจุ ภัณฑ์มหาวิทยาลัย เชียงใหม่	เทคโนโลยีการ พัฒนาผลิตภัณฑ์	
3	รศ.ดร.ภก.สุพล นรกิจกุล	รองศาสตราจารย์ และนายกสมาคมนัก เคมีเครื่องสำอาง แห่งประเทศไทย ภาควิชาวิทยาศาสตร์ เภสัชกรรมคณะ เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ด้านการแปรรูปและ เทคโนโลยีการผลิต อาหาร การพัฒนา ผลิตภัณฑ์	
4	ดร.ธงชัย กูปโคกกรวด	นักวิจัย ศูนย์นาโนเทคโนโลยี แห่งชาติ	ด้านการแปรรูปและ เทคโนโลยีการผลิต อาหาร การพัฒนา ผลิตภัณฑ์	
5	อาจารย์ ดร.พงษ์ สวัสดิ์ เปรมเพ็ชร	อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงใหม่	ด้านการแปรรูปและ เทคโนโลยีการผลิต อาหาร การพัฒนา ผลิตภัณฑ์	

ลำดับ	ชื่อ-นามสกุล	หน่วยงาน	ความเชี่ยวชาญ	รูปภาพ
6	นางสาววรรณิภา สมพุด	เจ้าหน้าที่ชำนาญการพิเศษ ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ศูนย์นวัตกรรมอาหารและบรรจุภัณฑ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ด้านการแปรรูปและเทคโนโลยีการผลิตอาหาร การพัฒนาผลิตภัณฑ์	
7	นางสาวกมลพร สิกิริไตรย์	เจ้าหน้าที่ชำนาญการฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ศูนย์นวัตกรรมอาหารและบรรจุภัณฑ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ด้านการแปรรูปและเทคโนโลยีการผลิตอาหาร การพัฒนาผลิตภัณฑ์	
8	นางสาวศิริินภา ทาสัก	เจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ศูนย์นวัตกรรมอาหารและบรรจุภัณฑ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ด้านการแปรรูปและเทคโนโลยีการผลิตอาหาร การพัฒนาผลิตภัณฑ์	
9	คุณบุญชู มหาผล	Application บริษัท แสงวิทย์ 2000 จำกัด	ด้านการแปรรูปและเทคโนโลยีการผลิตอาหาร การพัฒนาผลิตภัณฑ์	

เนื้อหาที่เรียน :

ลำดับที่	เนื้อหาที่เรียน	ระยะเวลา (ชั่วโมง)
Pre - Test		0.25
1	หัวข้อ "การสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด Supercritical Fluid Extraction (SFE)"	4
2	หัวข้อ "การวิเคราะห์และทดสอบสารสำคัญเป้าหมายเพื่อการต่อยอดสู่เชิงพาณิชย์"	1
3	หัวข้อ "สถานการณ์การขับเคลื่อนตลาดสารสกัดของประเทศไทย"	2.5
Case Studies สาริตการแปรรูปต้นแบบ		-
Practical workshop กิจกรรมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาทักษะ		27.25
Assignment & Feedback		4.25
Post - Test		0.25
การวัดผลประเมินผล		0.5
รวม (ชั่วโมง)		40

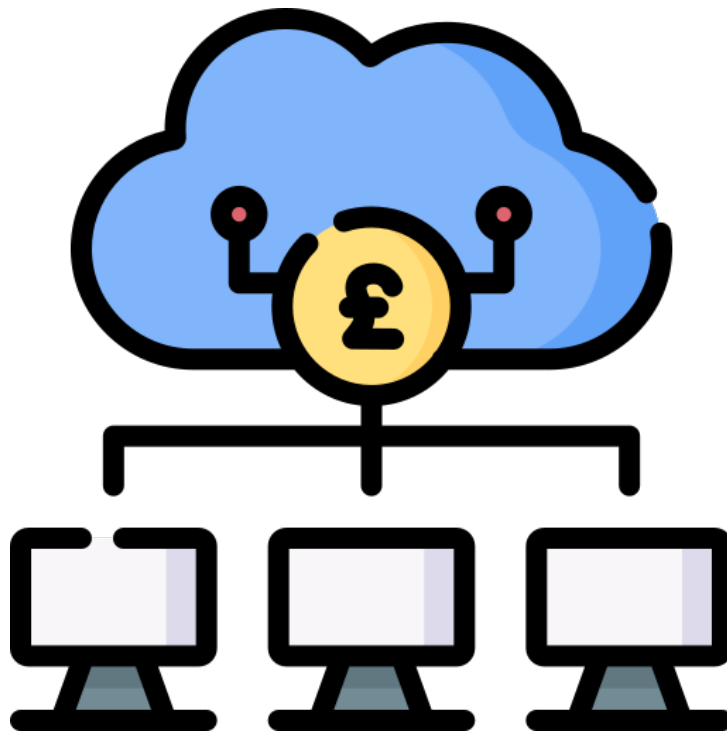
วิธีการเรียน :

1. แนะนำโครงการ Brain Power Skill Up
2. แบบทดสอบก่อนพัฒนาทักษะ (Pre-Test)/แบบประเมินทักษะก่อนเรียน (Pre-Embedded Skill Evaluation)
3. เรียนภาคทฤษฎี (Lecture)
4. การเขียนแผนงาน ทุกวันหลังเลิกเรียน (Assignment – Action Plan)
5. บันทึกความก้าวหน้าการพัฒนาทักษะ Learning Curve Record ทุกวันหลังเลิกเรียน
6. แบบทดสอบหลังพัฒนาทักษะ (Post-Test)/แบบประเมินทักษะหลังเรียน (Post-Embedded Skill Evaluation)

บทที่ 2 : แบบทดสอบและ ประเมินผลก่อนเรียน



2.1 แบบทดสอบก่อน พัฒนาทักษะ (Pre-Test)



ส่วนที่ 1 ลงทะเบียน

1. กรุณากรอกชื่อ-นามสกุล.....
2. สถานประกอบการ.....
3. Email.....
4. เบอร์โทร.....

ส่วนที่ 2 แบบทดสอบก่อนพัฒนานักทักษะ (Pre-Test)

- คำชี้แจง 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ 10 คะแนน
2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การสกัด (extraction) หมายถึงข้อใด

- ☐ กระบวนการแยก (separation) โดยใช้ความร้อนเป็นตัวทำละลาย
- ☐ กระบวนการแยก (separation) โดยใช้ของเหลวอีกรชนิดหนึ่งเป็นตัวทำละลาย
- ☐ กระบวนการแยก (separation) โดยใช้ไอน้ำเป็นตัวทำละลาย
- ☐ ไม่มีข้อใดถูก

2. วิธีการใดต่อไปนี้นี้มักใช้ในการแยกสาร (separation)

- ☐ การกลั่น
- ☐ การตกตะกอน
- ☐ การสกัดด้วยตัวทำละลาย
- ☐ ถูกทุกข้อ

3. ข้อใดต่อไปนี่ที่ทำให้การสกัดโดยใช้ Supercritical CO₂ แตกต่างจากการสกัดด้วยวิธีอื่น ๆ

- ☐ การสกัดโดยใช้ supercritical CO₂ มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าการสกัดวิธีอื่น
- ☐ การสกัดโดยใช้ supercritical CO₂ มีความสะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีอื่น
- ☐ สารสกัดที่ได้จากวิธีนี้ มีปริมาณมากกว่าวิธีอื่น
- ☐ สารสกัดที่ได้จากวิธีนี้ มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภคมากกว่าวิธีอื่น

4. ข้อใดคือผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระบวนการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ สารสำคัญ เช่น คาเฟอีน
- ☐ น้ำมันหอมระเหย
- ☐ น้ำมัน
- ☐ ถูกทุกข้อ

5. คาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสกัดแบบ Supercritical CO₂ อยู่ในสถานะใด

- ☐ ของแข็ง และของเหลว
- ☐ ของเหลว และแก๊ส
- ☐ แก๊ส และของแข็ง
- ☐ ถูกทุกข้อ

6. ข้อใดคือข้อดีของการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ ประสิทธิภาพในการสกัดสูง
- ☐ การปนเปื้อนต่ำ
- ☐ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- ☐ ถูกทุกข้อ

7. ข้อใดคือข้อจำกัดของสภาวะกระบวนการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ ต้องทำภายใต้สภาวะความดันต่ำ
- ☐ ต้องทำภายใต้สภาวะความดันสูง
- ☐ ต้องทำภายใต้สภาวะสุญญากาศ
- ☐ ต้องทำที่อุณหภูมิห้อง

8. ข้อใดคือข้อจำกัดของกระบวนการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ ต้องใช้เครื่องสกัดเฉพาะ
- ☐ ต้องควบคุมอุณหภูมิและความดันให้คงที่
- ☐ ต้นทุนในการสกัดสูงกว่าการสกัดแบบกลั่น
- ☐ ถูกทุกข้อ

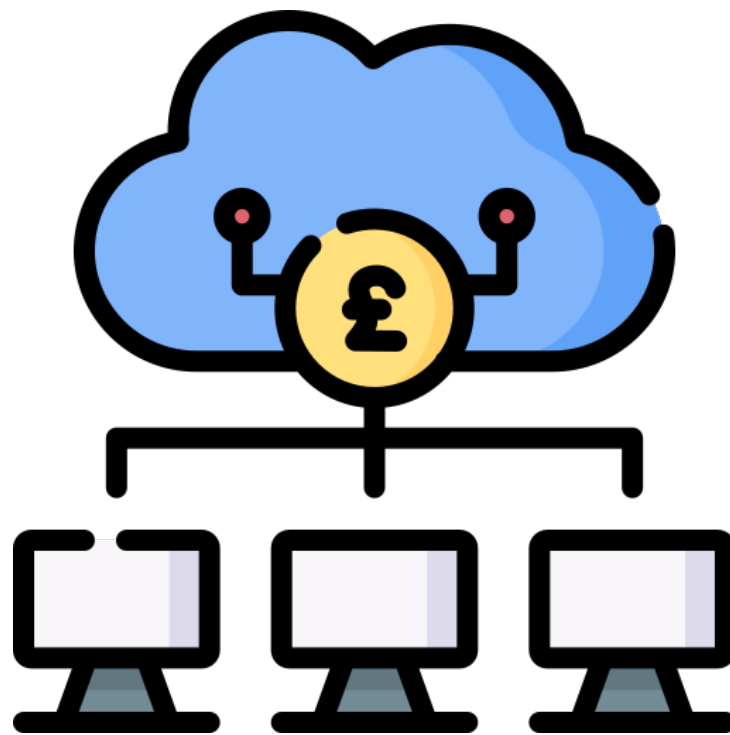
9. ข้อใดไม่ใช่การเตรียมตัวอย่างก่อนสกัด

- ☐ ตัวอย่างต้องนำมาผ่านการทำให้แห้งก่อนสกัด
- ☐ ตัวอย่างต้องผ่านการ บด หั่นให้ละเอียดก่อนสกัด
- ☐ ตัวอย่างต้องผ่านการทำให้แห้งก่อนสกัด
- ☐ ต้องบรรจุตัวอย่าง อย่างน้อย ¾ ของถังExtractor

10. ข้อใดเป็นปัจจัยพื้นฐานในการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ อัตราการไหล
- ☐ ระยะเวลาการสกัด
- ☐ ความดันและอุณหภูมิ
- ☐ ถูกทุกข้อ

2.2 แบบประเมินทักษะก่อนการพัฒนาทักษะ (Pre-Embedded Skill)



ส่วนที่ 1 สำหรับ ผู้เรียน
ข้อมูลทั่วไป

ชื่อ-นามสกุล

ชื่อสถานประกอบการ

ส่วนที่ 2 สำหรับ เจ้าของกิจการ หรือ หัวหน้างาน
2.1 การประเมินผู้เรียน
ความหมายระดับคะแนน

0 = Beginner	ไม่มีความรู้ ไม่มีทักษะ
1 = Learner	มีความเข้าใจในทฤษฎีเบื้องต้น
2 = Practitioner	มีความเข้าใจในทฤษฎีอย่างเต็มที่ มีความรู้ด้านปฏิบัติเล็กน้อย สามารถตอบคำถามหรือ แก้ไขปัญหาที่ไม่ซับซ้อนได้
3 = Experienced	มีความเข้าใจในทฤษฎีและปฏิบัติอย่างเต็มที่ สามารถประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ไขปัญหา ซับซ้อนปานกลางได้
4 = Embedded	เกิดทักษะติดตัว สามารถเชื่อมโยงความรู้ในการแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนมากได้ และ สามารถกำหนดแผนเพื่อปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานในองค์กรได้และ นำไปสู่การต่อยอดเพื่อลงมือทำจริง
5 = Broaden	เกิดทักษะอย่างทอ่งแท้ในระดับผู้เชี่ยวชาญ และสามารถถ่ายทอดทักษะให้แก่ผู้อื่นได้

กรรณ (✓) ในช่องระดับคะแนน

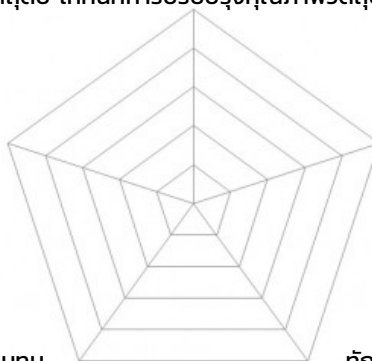
ผลลัพธ์ทักษะ	ระดับคะแนน					
	0	1	2	3	4	5
1. ทักษะการเตรียมวัตถุดิบ เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบระหว่างกระบวนการ						
2. ทักษะการใช้เครื่องสกัดอย่างมีประสิทธิภาพ						
3. ทักษะการวิเคราะห์ และจัดการปัญหา (Solution Management)						
4. ทักษะการบริหารจัดการ คำนวณต้นทุน และระยะเวลาต้นทุน						
5. ทักษะการบำรุงรักษา และทำความสะอาดเครื่องจักร						

การวิเคราะห์ผลการพัฒนาทักษะด้วยกราฟเรดาร์ (Radar Chart)

ทักษะการเตรียมวัตถุดิบ เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบระหว่างกระบวนการ

ทักษะการบำรุงรักษา และทำความสะอาดเครื่องจักร

ทักษะการใช้เครื่องสกัดอย่างมีประสิทธิภาพ



ทักษะการบริหารจัดการ คำนวณต้นทุน และระยะเวลาต้นทุน

ทักษะการวิเคราะห์ และจัดการปัญหา (Solution Management)

บทที่ 3 : การพัฒนาทักษะ



3.1 บทที่ 1 : สถานการณ์การ ขับเคลื่อนตลาดสารสกัดของ ประเทศไทย







การสกัดด้วย การบอนไดออกไซด์ยิ่งยวด Supercritical Fluid Extraction (SPE)

ดร.รังชัย กบโคกกรวด
ศรณยานวัตกรรมเทคโนโลยีแห่งชาติ

1











Copyright © 2018 NANOTEC

2

Thai Herbal Industry and Innovative Applications

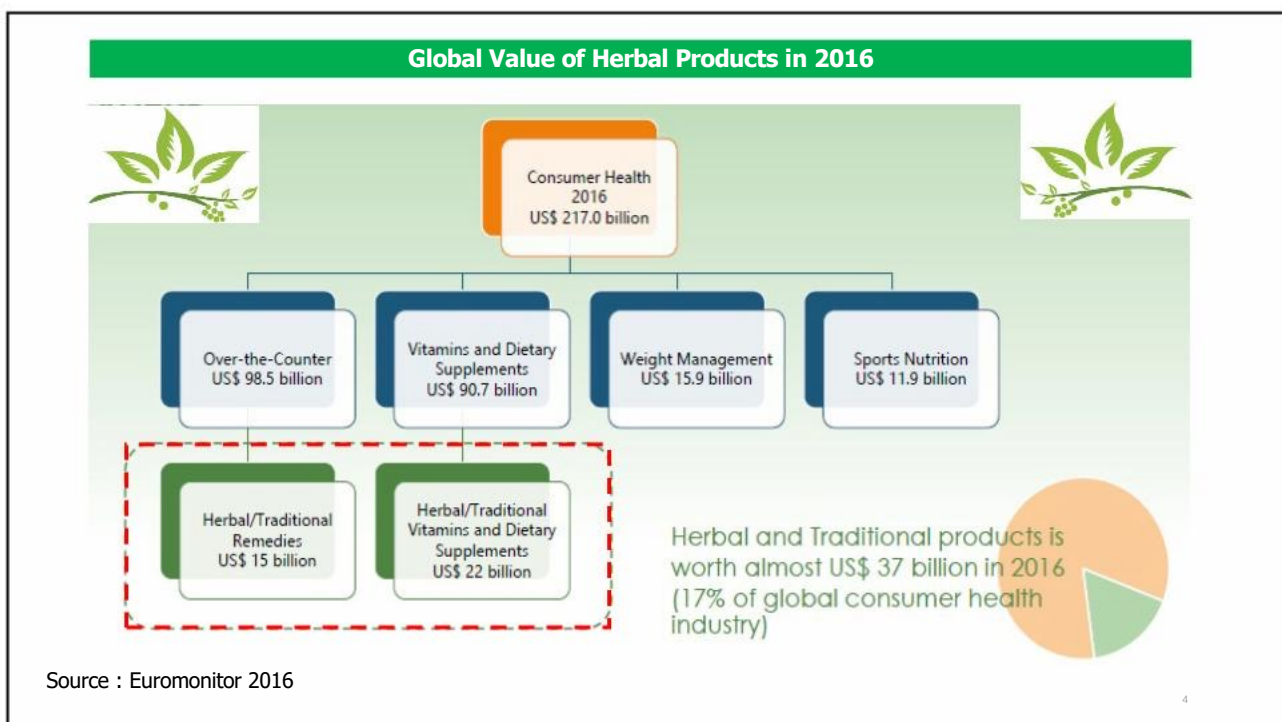
by Green Extraction & Nano-Encapsulation Technology



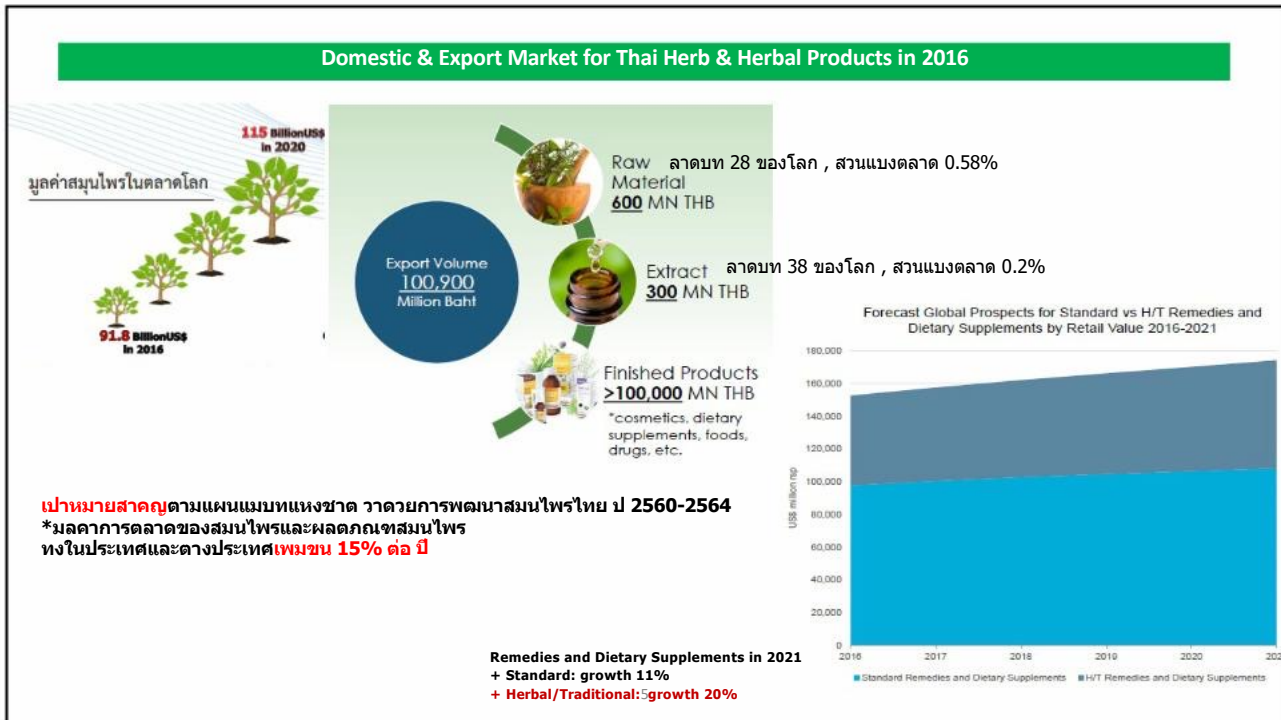




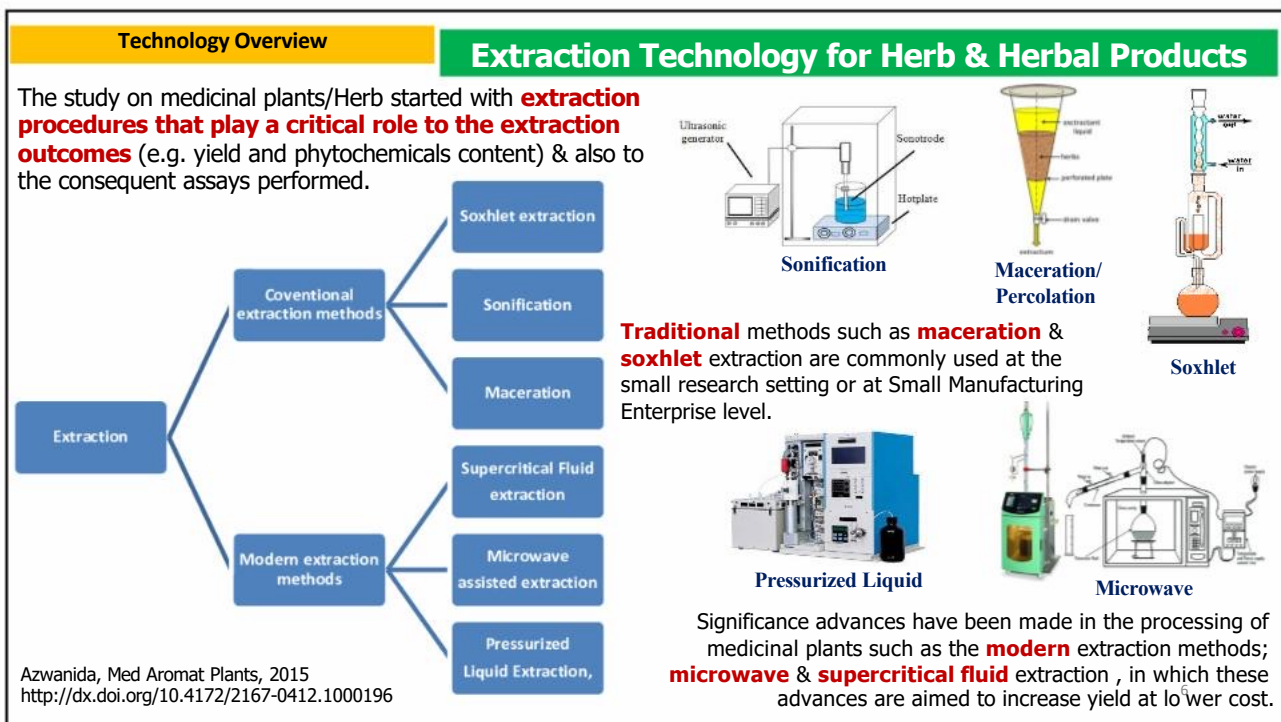
3



4



5



6

Conventional (Solvent) Extraction Method (Thailand Service Provider)

TCFF Thai - China Flavours & Fragrances Industry Co., Ltd.

Extraction Service



Natural Products



*** Large-Scale Industrial Solvent Extraction Apparatuses (Hexane, Ethyl Alcohol, Ethyl Acetate) that Can Produce Crude Extract Products in the forms of Both Liquid and Viscous.**

* <http://tcff-thailand.com/index.php>

Specialty Natural Product Co., Ltd.

Herbal Extract



Extraction Service



****Operate Manufacturing Facilities With Accepted GMP, ISO9001:2008, HALAL, HACCP Operating Standard. As consumers need to be extracted will be used to develop a product based on.**

** <http://www.snpthai.com/en/about/snp>

7

Technology Trend

Green extraction

- Innovation by selection of varieties and use of renewable plant resources
- Use of alternative solvents (water and biorenewable solvents)
- Reduced energy consumption
- Generation of co-products instead of waste in biorefining approach
- Reduced unit operations in safe, robust and controlled processes
- Production of non denatured biodegradable extracts free of contaminants

• Searching for Green Solvents

According to the definition of Green Chemistry, the term "Green Extraction" could be analogously defined as

"the discovery and design of extraction processes which will reduce energy consumption, allow use of alternative solvents and renewable natural products, and ensure a safe and high quality extract/product" (Chemat et al., 2012).

"Green Extraction"

L. Moity et al.



Fig.1.4 The seven classes of solvents generally claimed as "green" solvents [26] (EHS Environment, Human, Safety)

8

Green Extraction

The Advantages & Disadvantages of The Aqueous-Based Extraction Techniques

Extraction Technology	Advantages	Disadvantages	Extraction Technology	Advantages	Disadvantages
Conventional	Simplicity	Low yield and selectivity Long extraction time High temperatures High energy consumption Generation of impurities	HVED	Low operation temperature and time Low degradation of thermosensitive compounds	Production of very small particles make solid-liquid separation difficult
Pressurized hot water	Increased solubility and higher yield Selective solubilization of components by controlling severity Hydrolysis of polymeric fractions Lower extraction time	Cost of equipment Degradation of susceptible components	PEF	Mild temperature Energy saving Avoid purification steps Low degradation of thermosensitive compounds	Nonuniform distribution of field strength Restricted to materials without air bubbles and low electrical conductivity
UAE	Low cost Simplicity Selectivity Effective mixing Fast start-up and response Low operation temperature and time Reproducibility	Lack of uniformity in the vessel Localized heating and need to cool Radical species formation Noise pollution	NPCE	Energy efficient Low cost Simplicity Low degradation of thermosensitive and oxidizable compounds	Temperature increase Scale-up applications not tested
MAE	Fast and uniform heating Compact equipments Fast start-up Short time Less solvent and energy	High energy consumption Thermal degradation of some components			

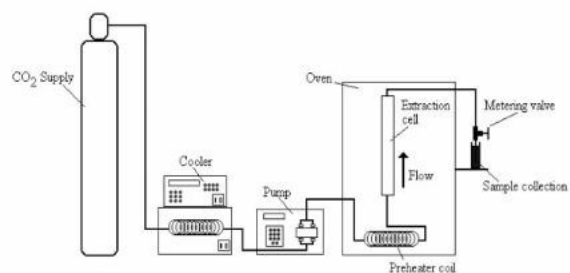
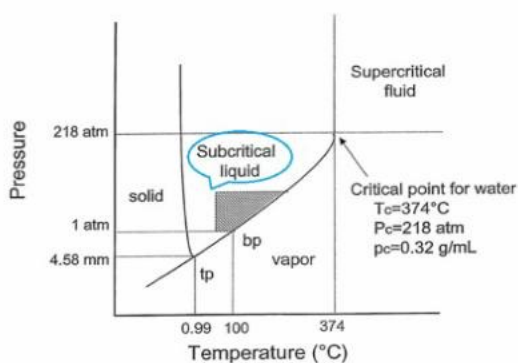
Note: EAE : Enzyme Assisted Extraction UAE : Ultrasound Assisted Extraction
 HVED : High Voltage Electrical Discharge PEF : Pulsed Electric Field
 NPCE : Negative Pressure Cavitation MAE : Microwave Assisted Extraction

9

Green Extraction

Solvent Less or Green Solvent

"Subcritical water extraction (SWE) & Supercritical fluid extraction (SFE)"



Schematic diagram of SFE apparatus

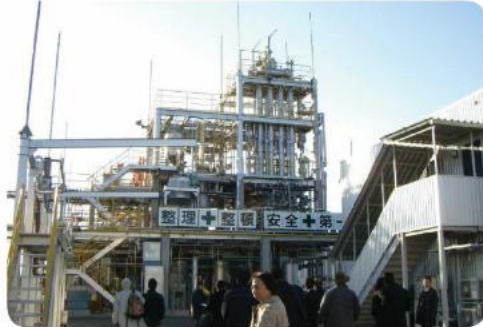
SWE, an extraction using water at temperature higher than 100°C under pressurized condition as solvent. Water displays some unique physical properties namely its disproportionately high boiling point for its mass, a high dielectric constant, and high polarity. (King et al., 2007)

SFE is the process of separating one component from another using supercritical fluids as the extracting solvent. Extraction is usually from a solid matrix, but can also be from liquids. SFE can be used as a sample preparation step for analytical purposes, or on a larger scale to either strip unwanted material from a product. (Int. J. Chem. Sci.: 8(2), 2010, 72:9-743)

10

Green Extraction

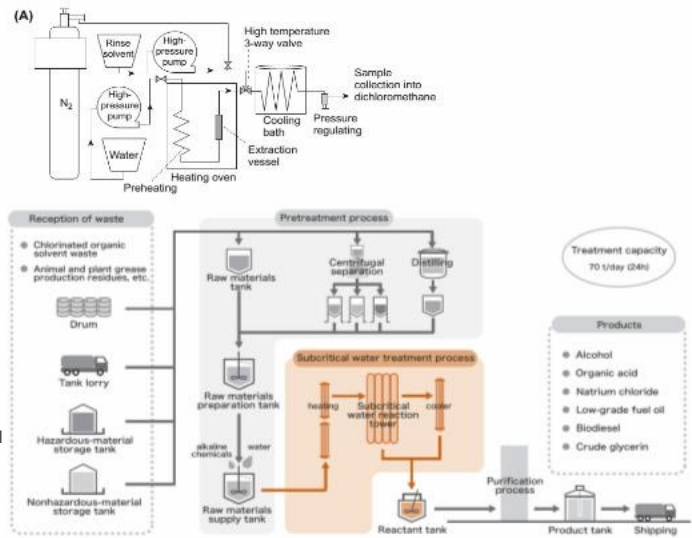
Application of **Subcritical Water Extraction** technology opens a new way to the future of industrial waste recycling business



REMATEC Corp. Sakai SC Factory, Japan

REMATEC Corp. is known as the company which recycles wastes into reclaiming fuel (RF), and sells it to cement plants and others. REMATEC had an interest in "Study on waste recycling with subcritical water reaction field" carried out by professor Yoshida at Osaka Prefecture University as a new business following RF business; under his advice, REMATEC has worked for the development of a practical application, and succeeded in its commercialization as a part of Osaka eco-town project.

Source: http://www.jwnet.or.jp/en/iwc/5_0810.html

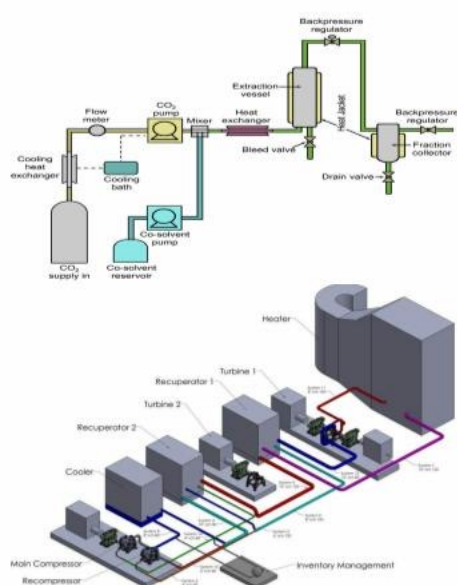


11

11

Green Extraction

Application of **Supercritical CO₂ Fluid Extraction Plant**



Source: <http://www.power-eng.com/articles/2016/10/supercritical-co2-power-plant-granted-80m-from-doe.html>



The U.S. Department of Energy has award \$80 million to a team with plans to design, build and operate a 10-MW supercritical CO₂ power plant at Southwest Research Institute's San Antonio, Texas campus.

12

12

Green Extraction

Microwave Assisted Extraction (MAE)

MAE is a relatively new extraction technique that combines microwave and traditional solvent extraction. Application of microwaves for heating the solvents and plant tissues in extraction process, which increases the kinetic of extraction, is called microwave-assisted extraction.



Source: Petigny et al., 2014

13

13

Green Extraction Method (Thailand Service Provider)



I-SCI

กองพัฒนายาแผนไทยและสมุนไพร
กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก
กระทรวงสาธารณสุข
Thailand Science Park, จ.ปทุมธานี

ศูนย์พัฒนาระบบการผลิตเภสัชภัณฑ์และสมุนไพร
ศูนย์นวัตกรรมอาหาร ผลิตเภสัชภัณฑ์
และเภสัชกรรมวงจร จ.พิจิตรกรมมหาวิทยาลัย
อ.แก่งคอย จ.สระบุรี



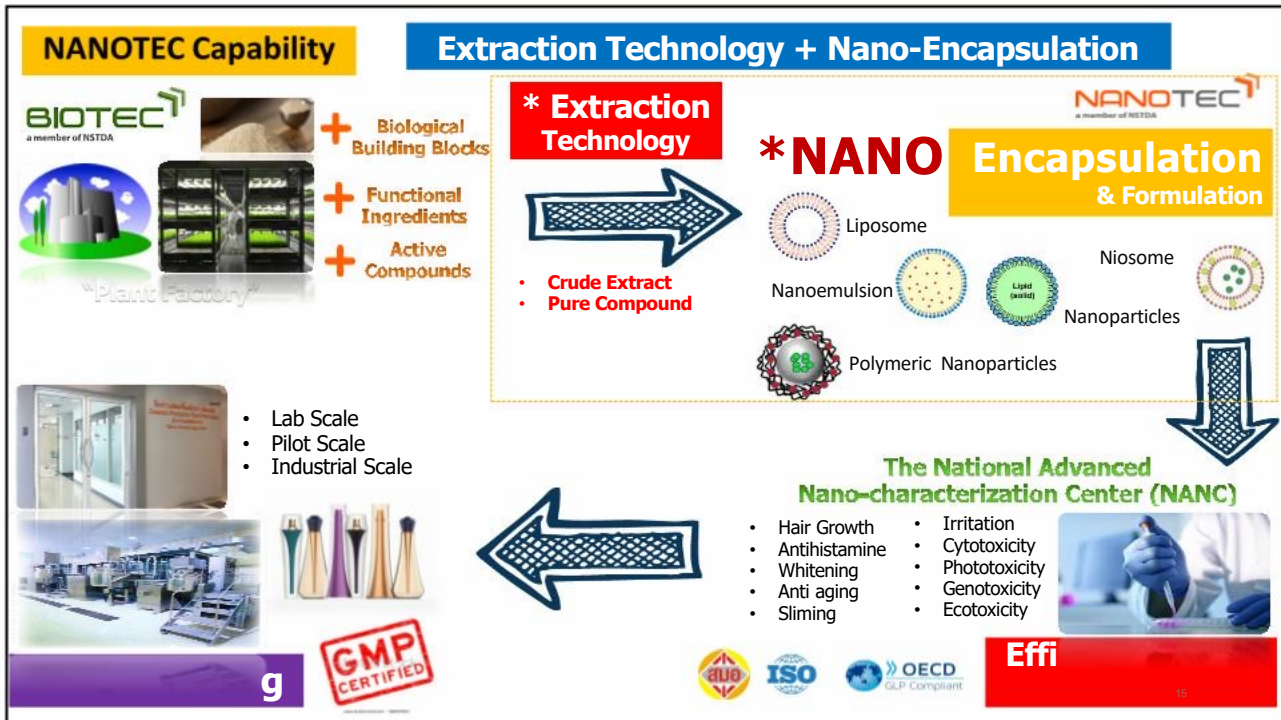
***Supercritical Fluid CO₂ Extraction
(Semi-Pilot) ; Capacity 20 L**

*<http://tdc-herbarium.dtam.moph.go.th/index.html>

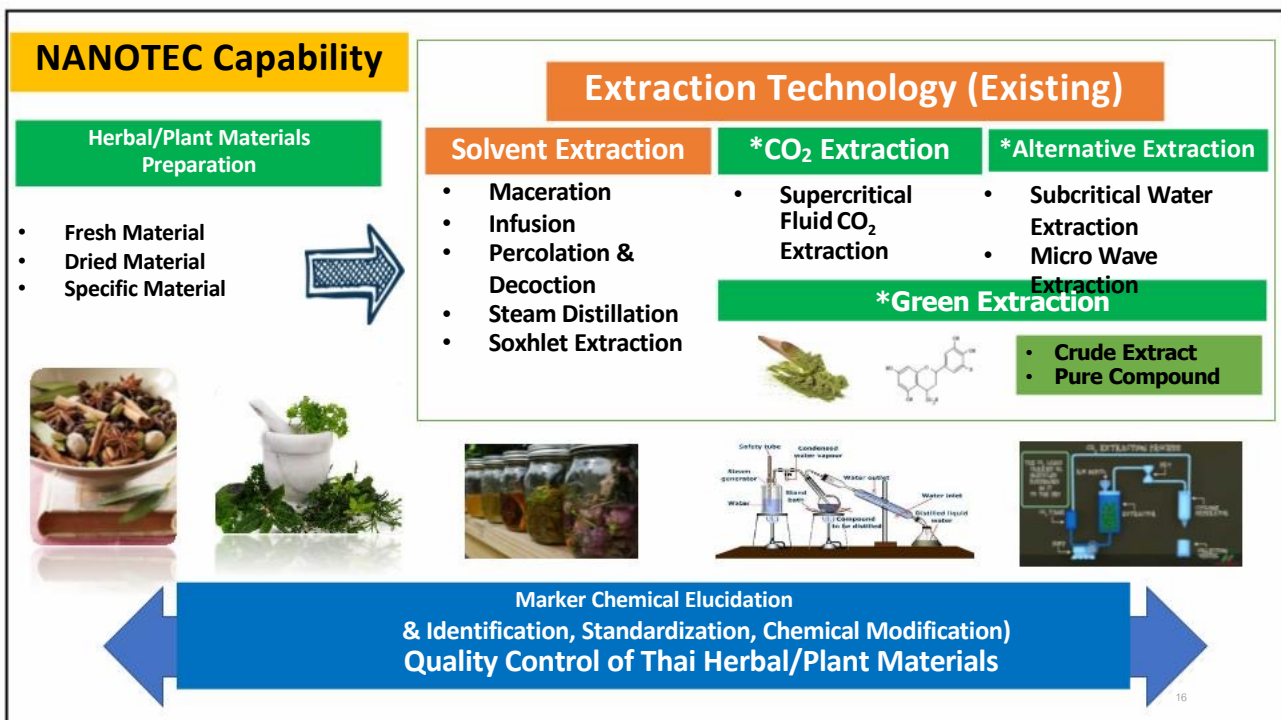


**http://www.iscisaraburee.sc.chula.ac.th/?pag14e_id=127

14



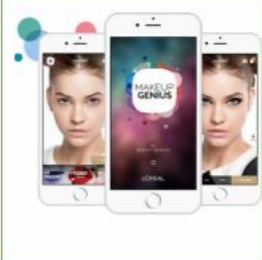
15



16

KEY TRENDS GLOBAL BEAUTY AND PERSONAL CARE

1. Integration of technology to help in promotion



2. The growth of online store channels



3. The growth of branded stores in Western Europe



4. The growth of products with natural ingredients



Insights: Consumers tend to be more interested in products with more natural ingredients. Which consumers expect the product to reduce chemical and toxic ingredients which may be harmful to the skin. However, even though consumers are interested in natural ingredients But the price will still be the most important criteria in the purchasing decision process.

17

KEY TRENDS GLOBAL SKINCARE

1. Growth of the cosmeceutical products market



2. Growing natural skin care products



3. The growth of many useful products



4. Growth of skin care products for men



5. Growth of facial mask products



6. Technology helps promote the sale of skin care products.

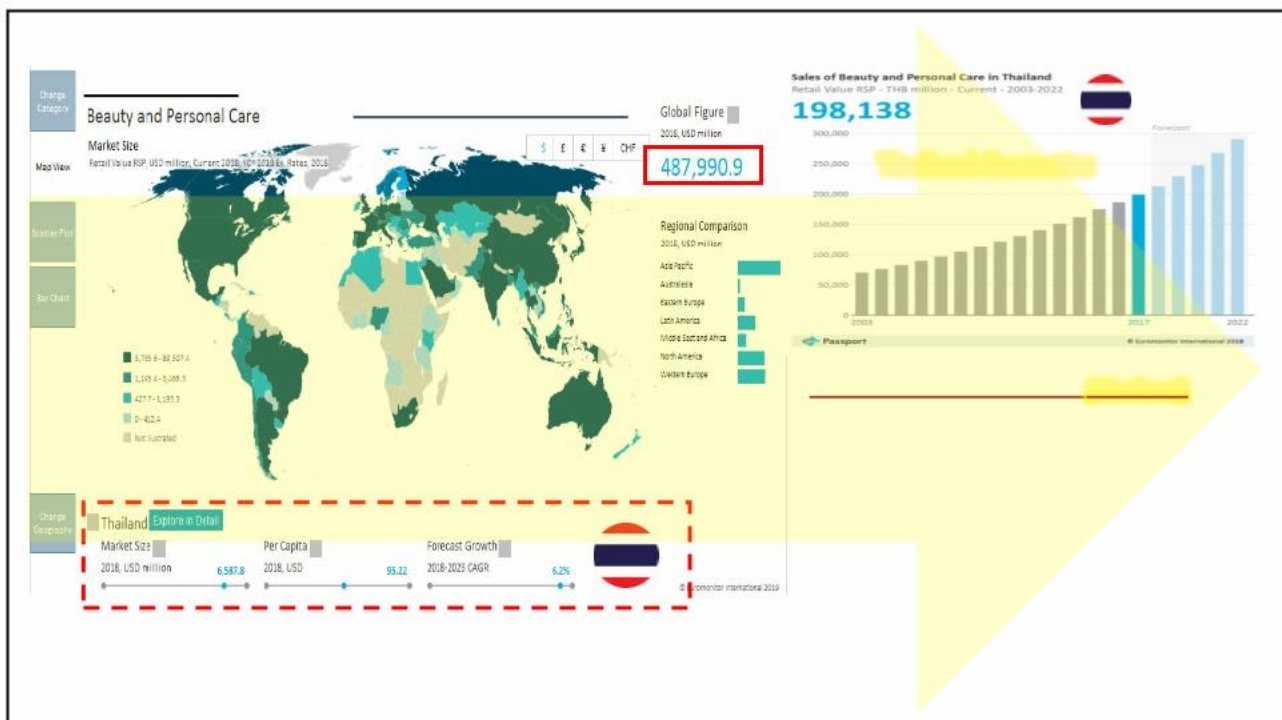


Insights: There is a tendency to rebirth of cross-group products such as Body Care + Anti-Ageing, Skin Care + Fragrance, Hand Care + Ageing Hand Care Sun Protection.

18



19

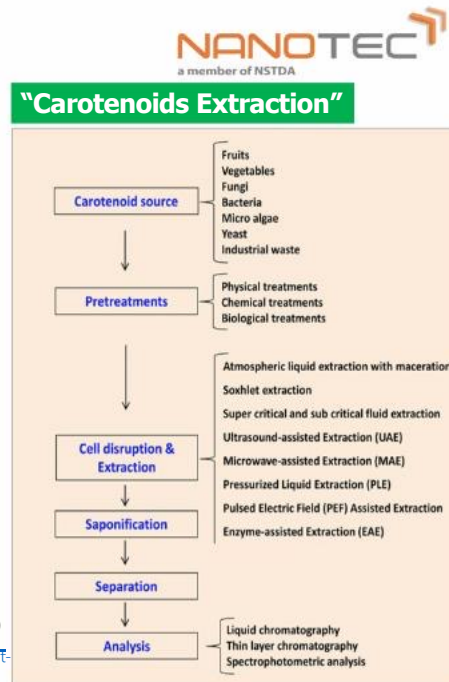
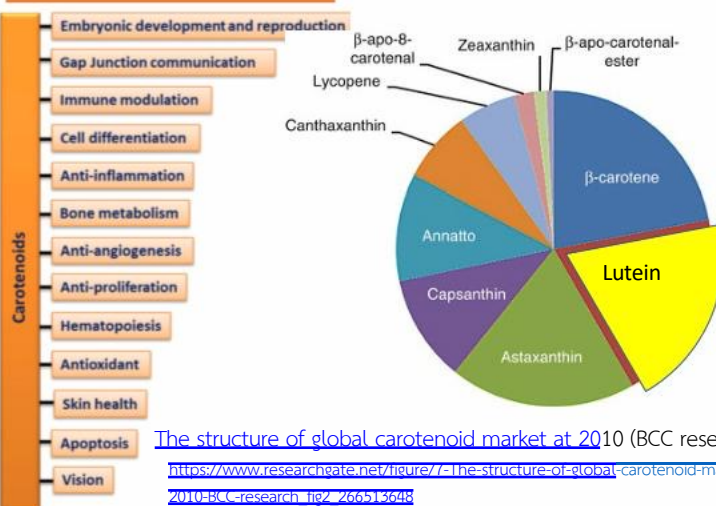


20

Report Highlights

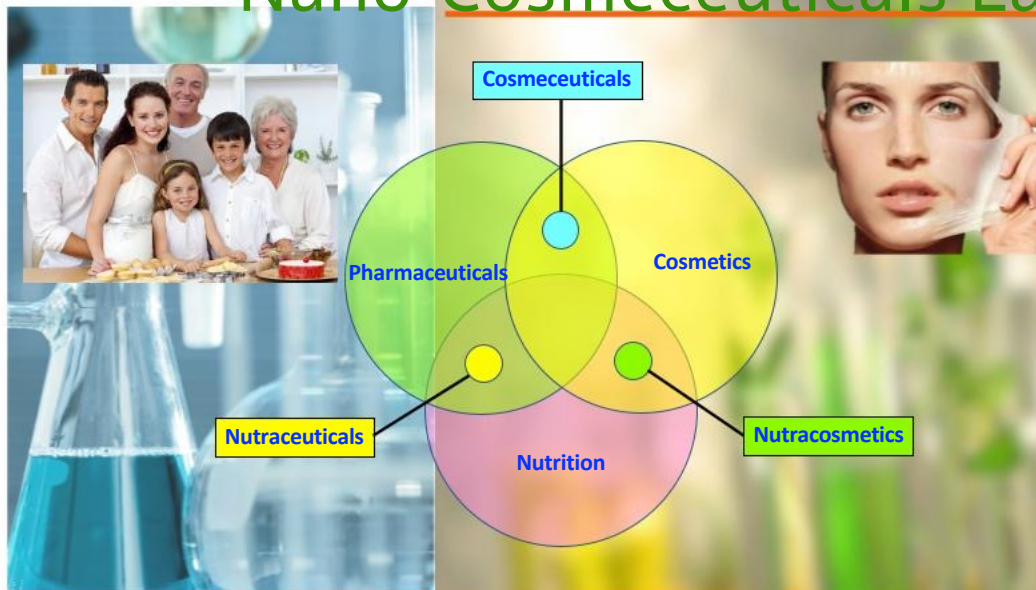
The global carotenoid market value was \$1.5 billion in 2014. This market is expected to reach nearly \$1.8 billion in 2019, with a compound annual growth rate (CAGR) of 3.9%.

"Carotenoids Activities"



21

Nano-Cosmeceuticals Lab



22

Momordica cochinchinensis Spreng Extract for cosmetic and health care product

Report Highlights
 The global carotenoid market value was \$1.5 billion in 2014. This market is expected to reach nearly \$1.8 billion in 2019, with a compound annual growth rate (CAGR) of 3.9%.



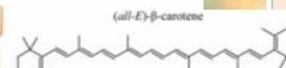
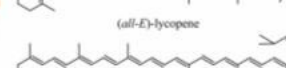
Table 1*
 Carotenoid content in arii oil and seed oil from different extracts.

Solvents	Lycopene (mg/g)		Beta-carotene (mg/g)	
	Arii	Seed	Arii	Seed
Fresh	0.45 ± 0.01 ^{1b}	ND	0.009 ± 0.001 ^{1c}	ND
Chloroform	0.40 ± 0.05 ^{1d}	0.02 ± 0.001 ^{1e}	1.18 ± 0.09 ^{1f}	0.09 ± 0.001 ^{1g}
Methanol (2:1)	0.30 ± 0.04 ^{1h}	0.02 ± 0.001 ¹ⁱ	0.14 ± 0.04 ^{1j}	ND
Petroleum ether	0.21 ± 0.01 ^{1k}	0.01 ± 0.001 ^{1l}	0.12 ± 0.03 ^{1m}	ND

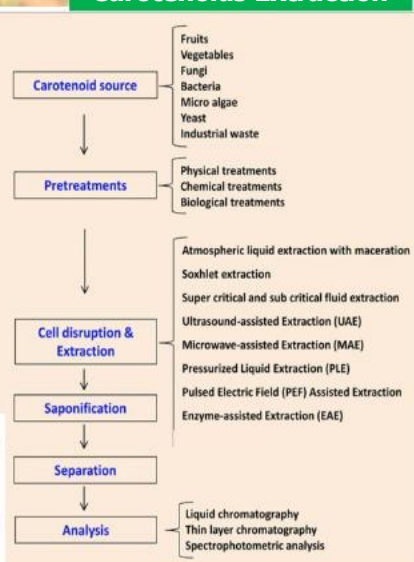
Values are expressed as mean ± SD of triplicate measurement. Numbers on the same column with differing superscripts are significantly different at p < 0.05. nd = not detected.
*Food Research International 50 (2013) 664–669

"Carotenoids Activities"

- Embryonic development and reproduction
- Gap Junction communication
- Immune modulation
- Cell differentiation
- Anti-inflammation
- Bone metabolism
- Anti-angiogenesis
- Anti-proliferation
- Hematopoiesis
- Antioxidant
- Skin health
- Apoptosis
- Vision

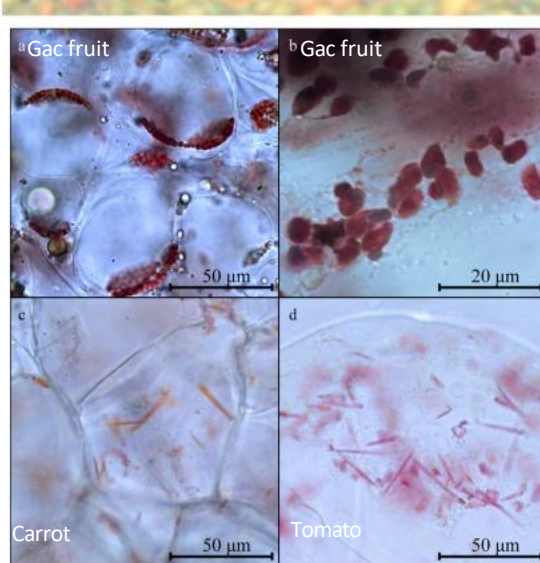



"Carotenoids Extraction"



23

Momordica cochinchinensis Spreng Extract for cosmetic and health care product



*Food Research International 50 (2013) 664–669



24



16 NANO VATION
MOVE FORWARD TO BETTER FUTURE

NANOTEC

Supercritical CO₂ extraction Lab scale

Green Extraction Method

(Thailand Service Provider)

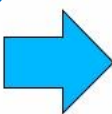








Key Partner



กองพัฒนายาแผนไทยและสมุนไพร
กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก
กระทรวงสาธารณสุข
Thailand Science Park, จ.ปทุมธานี

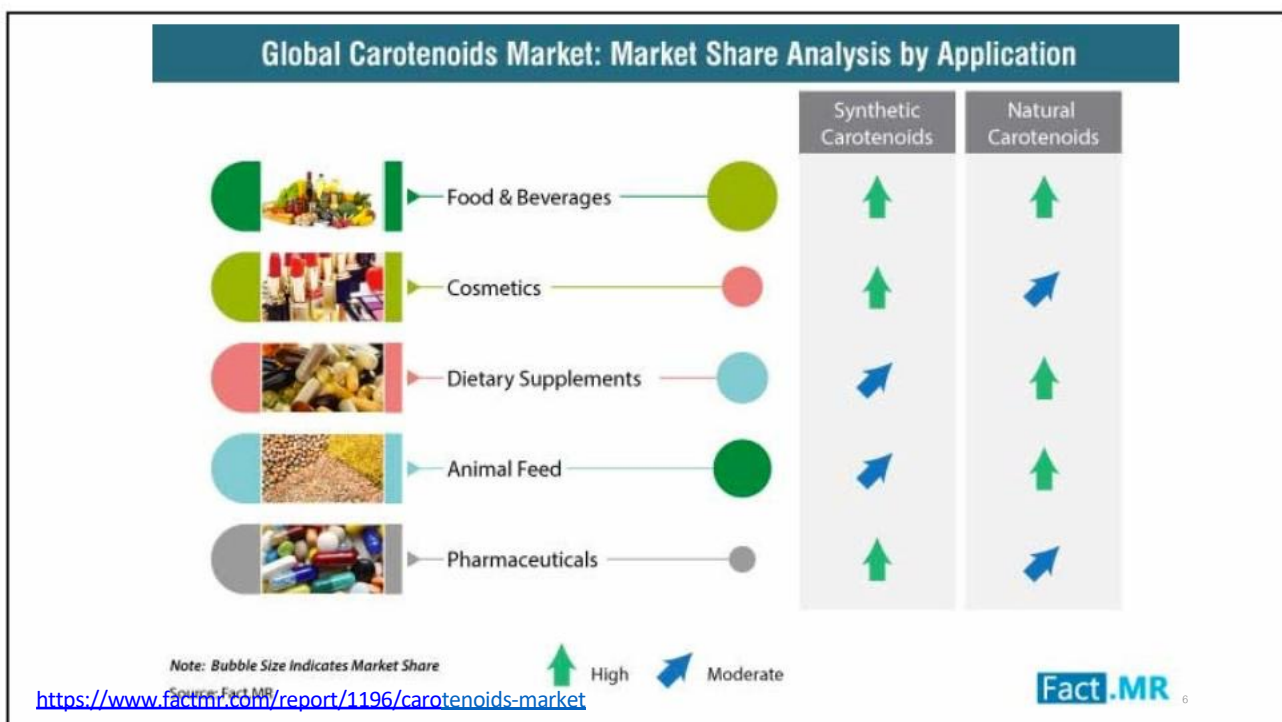


***Supercritical Fluid CO₂ Extraction (Semi-Pilot) ; Capacity 20 L**

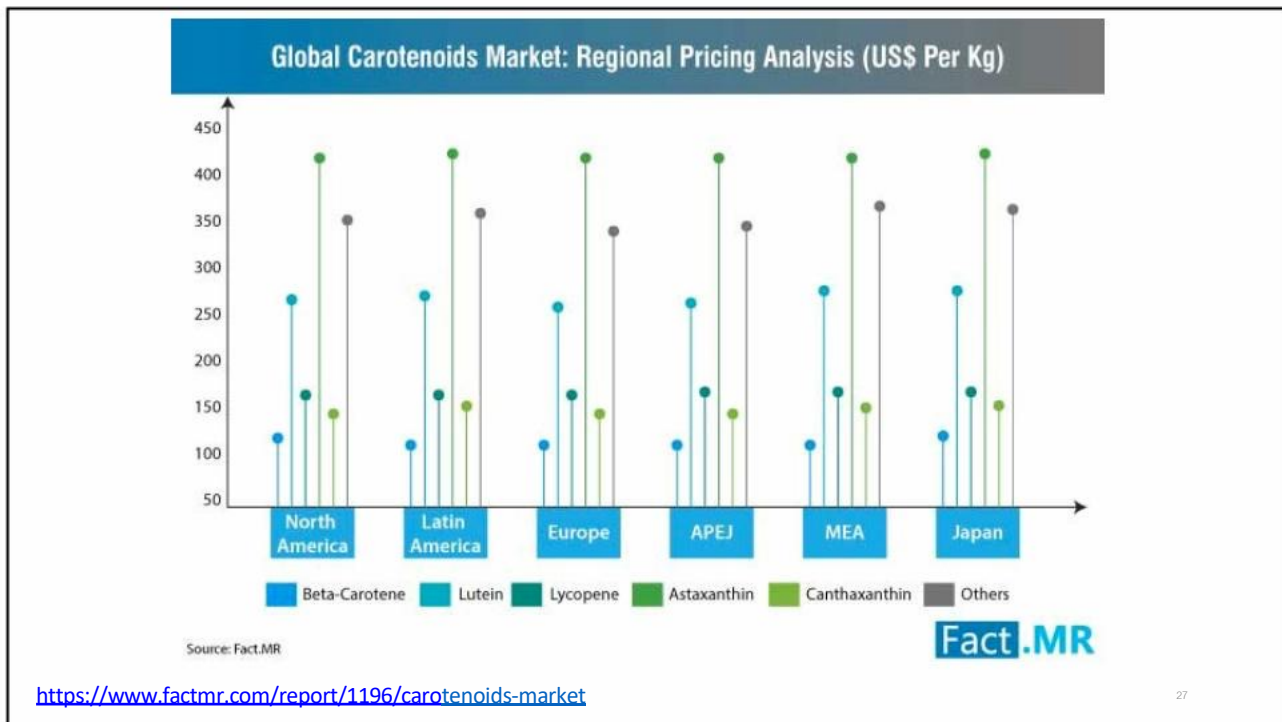
*<http://tdc-herbarium.dtam.moph.go.th/index.html>

25

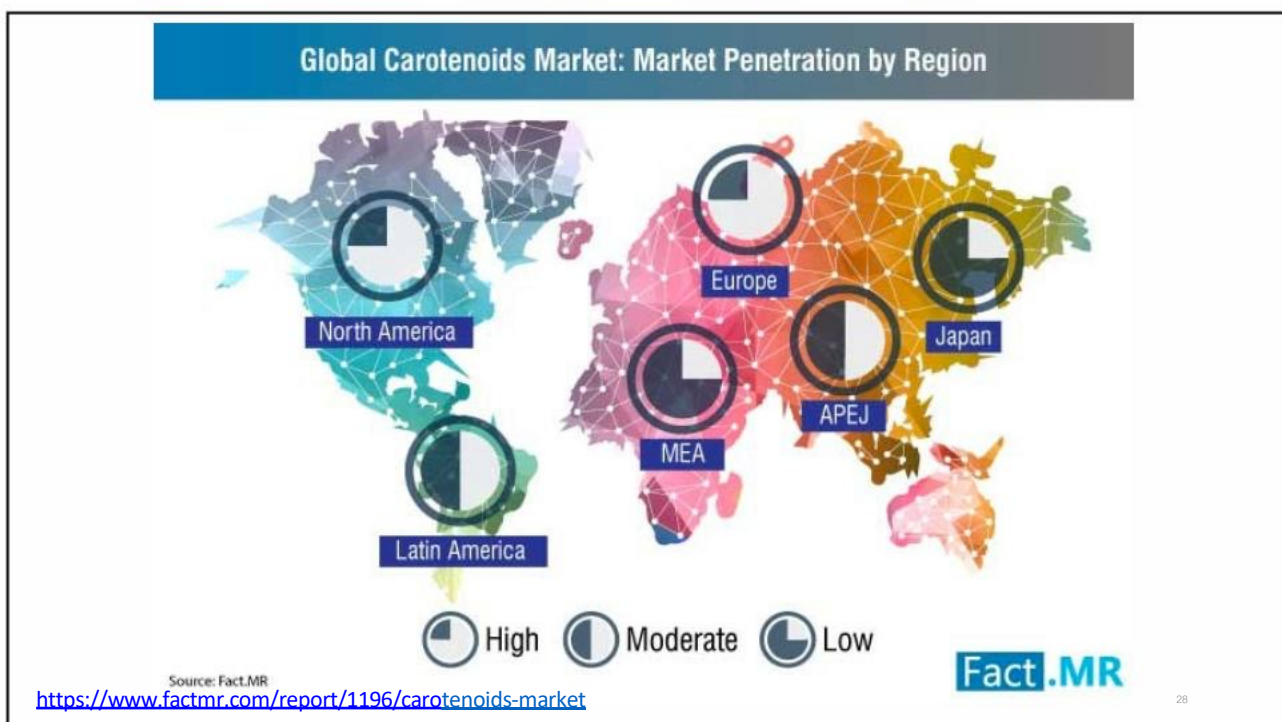
25



26



27



28

3.2 บทที่ 2 : การสกัดด้วย ของไหลวิกฤตยิ่งยวด Supercritical Fluid Extraction (SFE)



การสกัดด้วยการบอนไดออกไซด์ยิ่งยวด Supercritical Fluid Extraction (SPE)

ความรพนฐานเกี่ยวกับการสกัด



ดร.รงชัย กบโคกกรวด
 ศนยนานโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

29

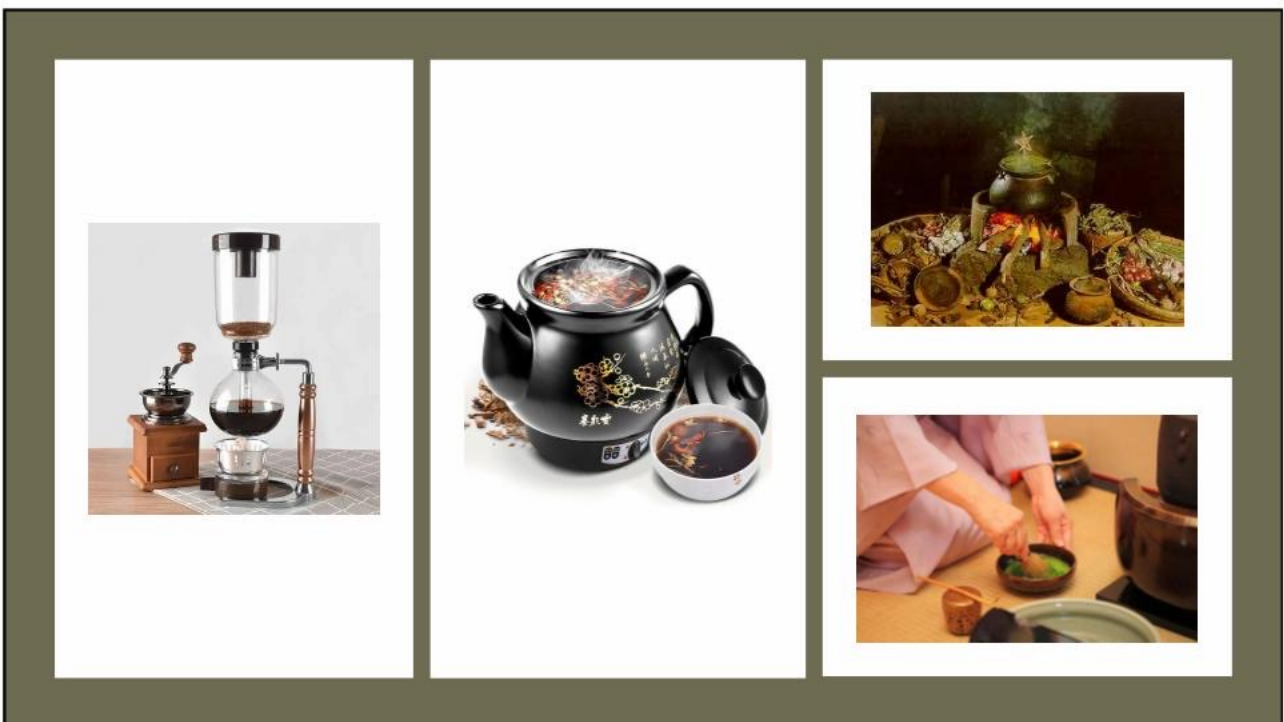


ธัญยธรณ นาราทมทรพย, 2564
 ตมย่ำก่งความอรอยจากสำรบลงวฒนธรรม

30



31



32



33



34



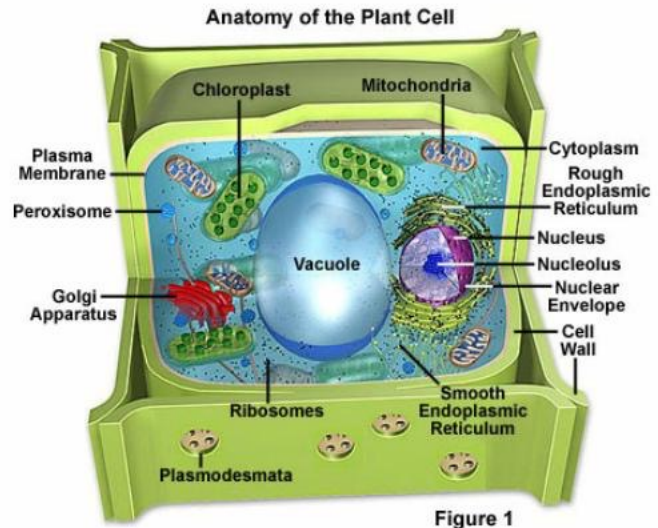
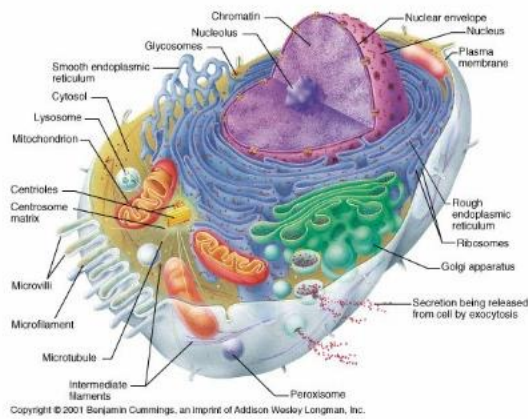
การเตรียมสารบanamnไฟล

35



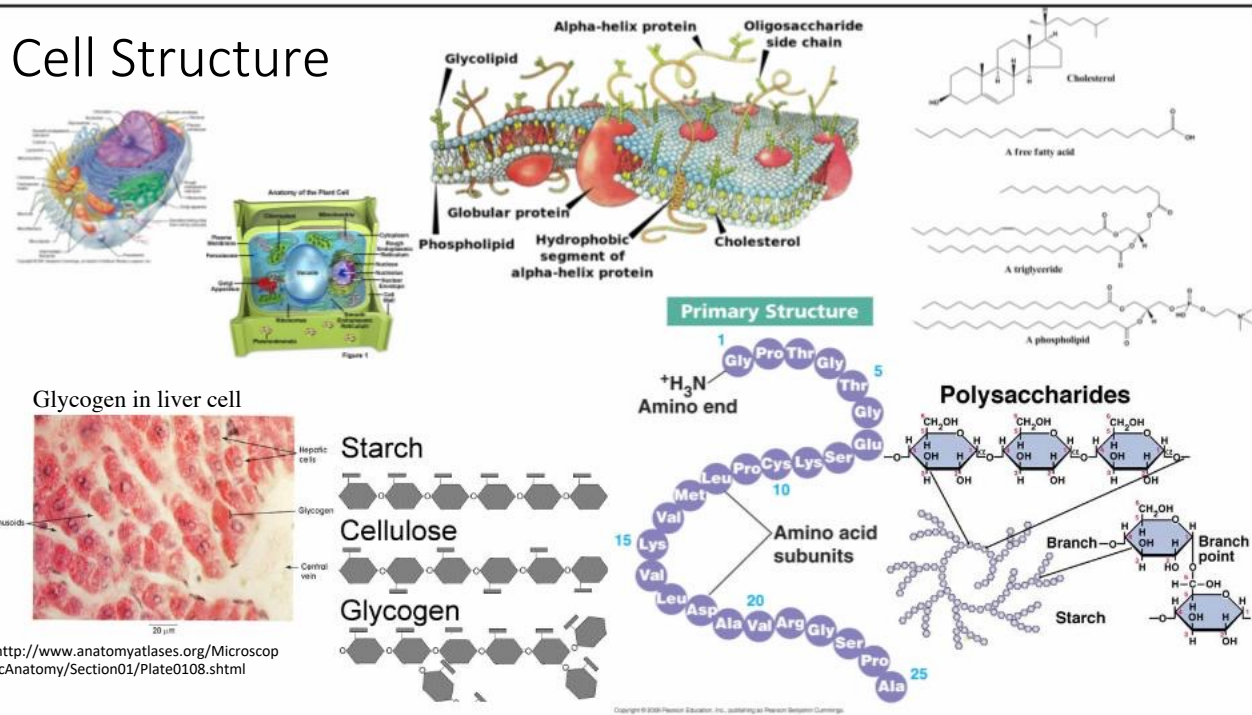
36

Animal Cell and Plant Cell

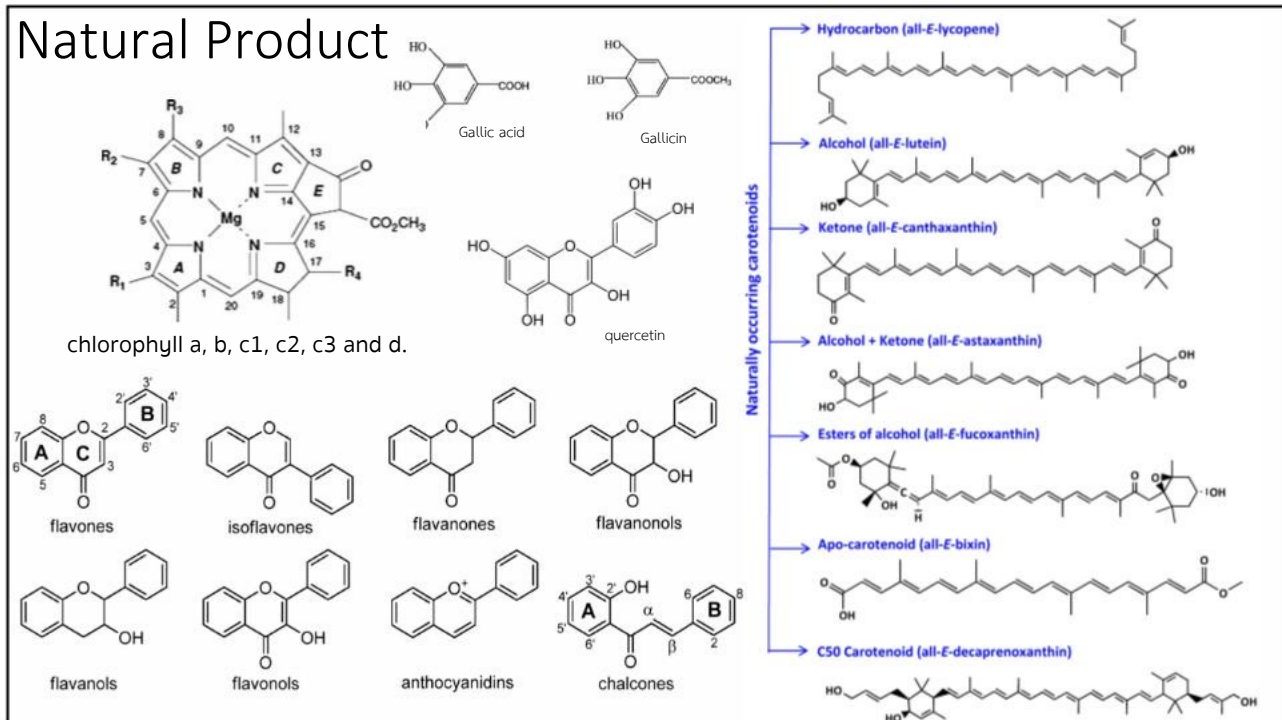


37

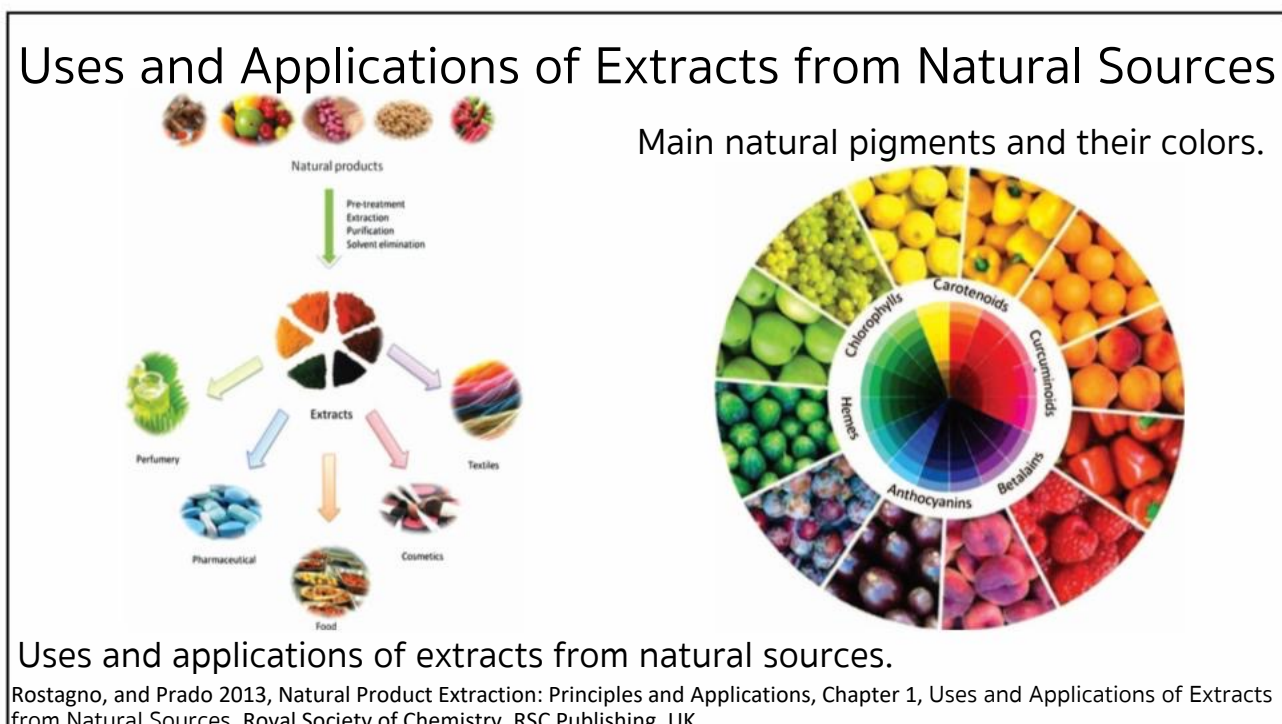
Cell Structure



38

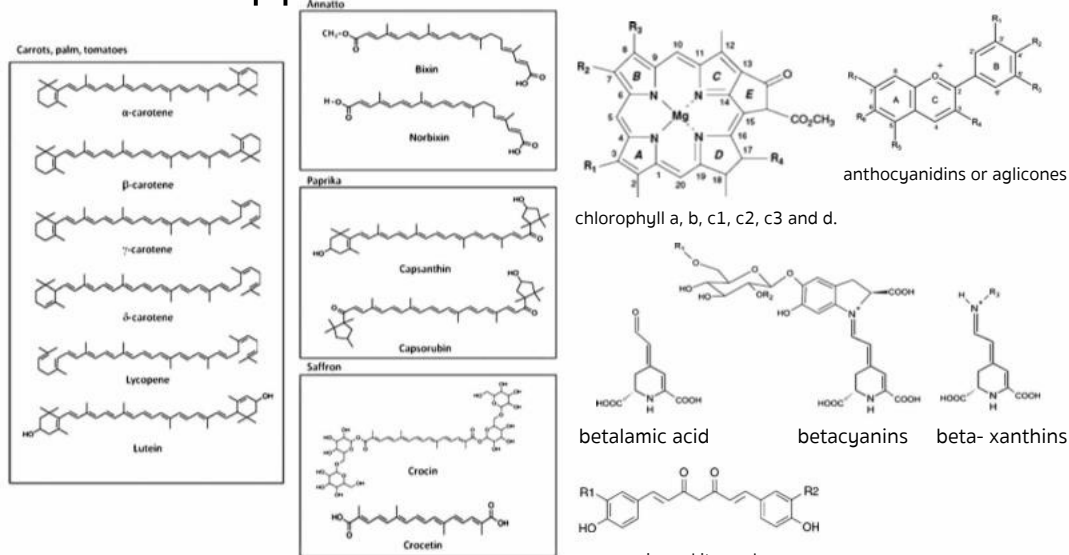


39



40

Uses and Applications of Extracts from Natural Sources

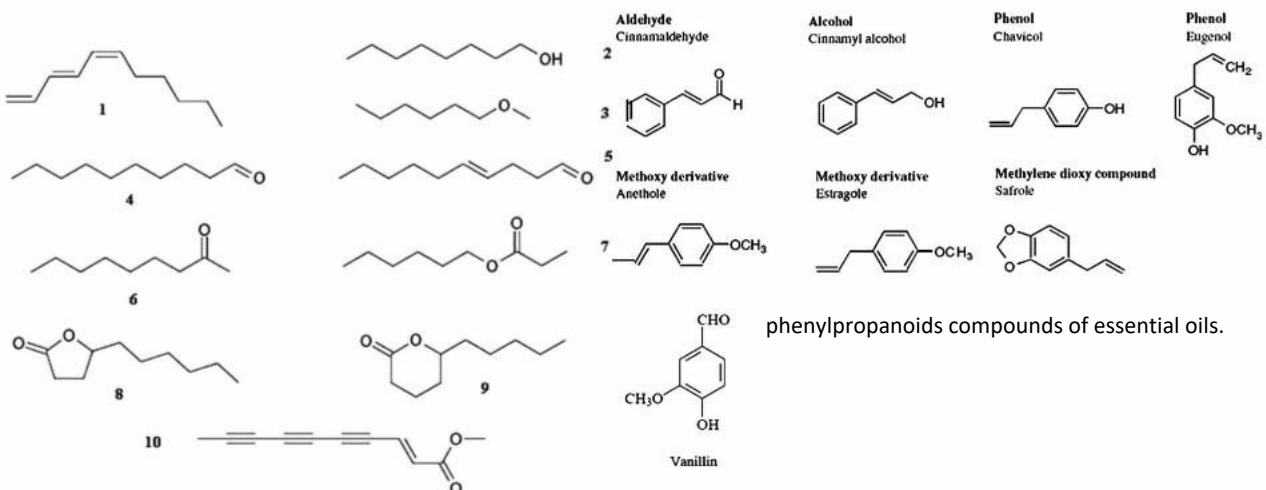


Chemical structure of main carotenoids.

Rostagno, and Prado 2013, Natural Product Extraction: Principles and Applications, Chapter 1, Uses and Applications of Extracts from Natural Sources, Royal Society of Chemistry, RSC Publishing, UK

41

Uses and Applications of Extracts from Natural Sources

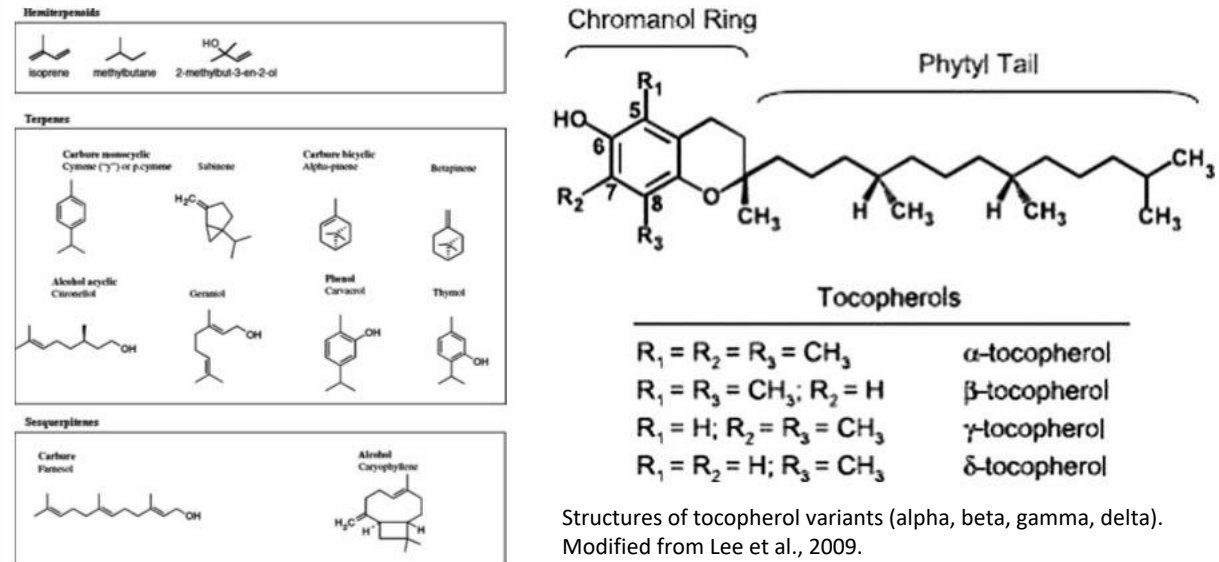


Some lipid-derived components of essential oils.

Rostagno, and Prado 2013, Natural Product Extraction: Principles and Applications, Chapter 1, Uses and Applications of Extracts from Natural Sources, Royal Society of Chemistry, RSC Publishing, UK

42

Uses and Applications of Extracts from Natural Sources

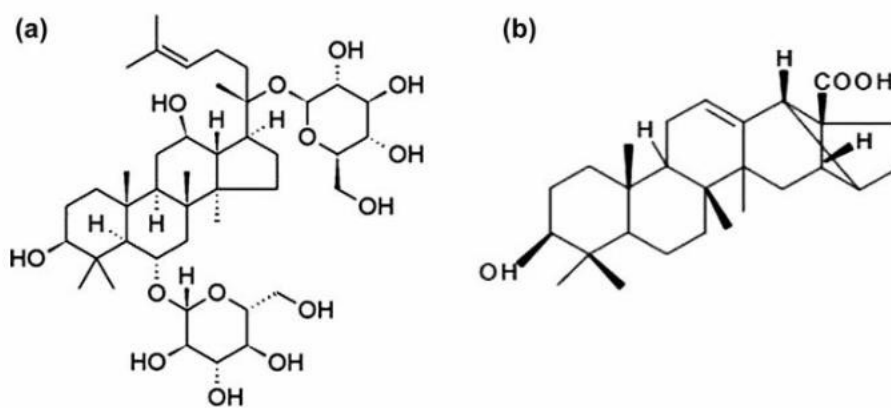


Chemical structures of some terpenoids compounds of essential oils.

Rostagno, and Prado 2013, Natural Product Extraction: Principles and Applications, Chapter 1, Uses and Applications of Extracts from Natural Sources, Royal Society of Chemistry, RSC Publishing, UK

43

Uses and Applications of Extracts from Natural Sources

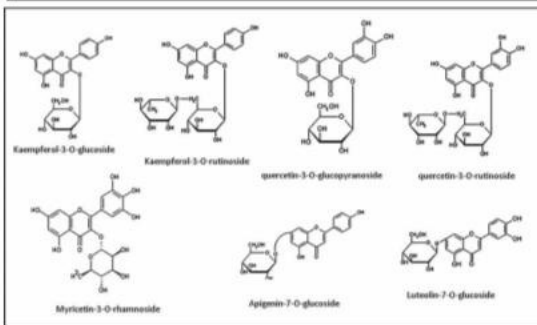
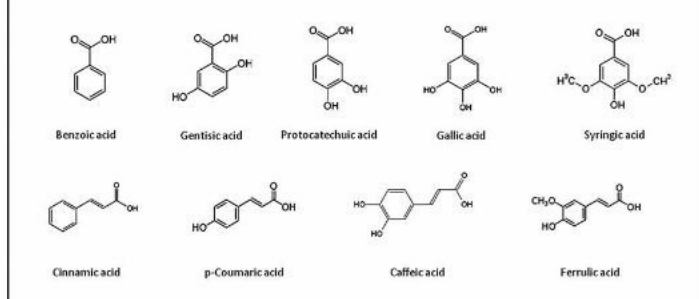
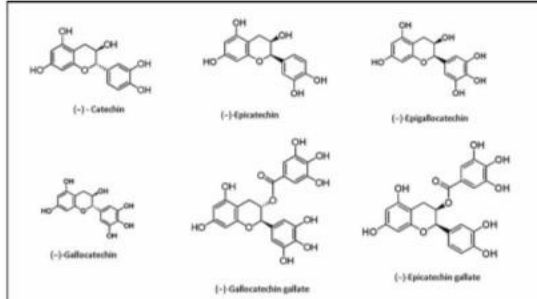


Chemical structure of (a) ginsenoside and (b) pfaffic acid.

Rostagno, and Prado 2013, Natural Product Extraction: Principles and Applications, Chapter 1, Uses and Applications of Extracts from Natural Sources, Royal Society of Chemistry, RSC Publishing, UK

44

Uses and Applications of Extracts from Natural Sources

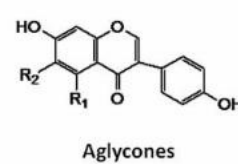
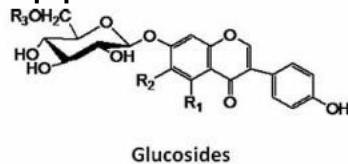


Chemical structure of main phenolic compounds.

Rostagno, and Prado 2013, Natural Product Extraction: Principles and Applications, Chapter 1, Uses and Applications of Extracts from Natural Sources, Royal Society of Chemistry, RSC Publishing, UK

45

Uses and Applications of Extracts from Natural Sources



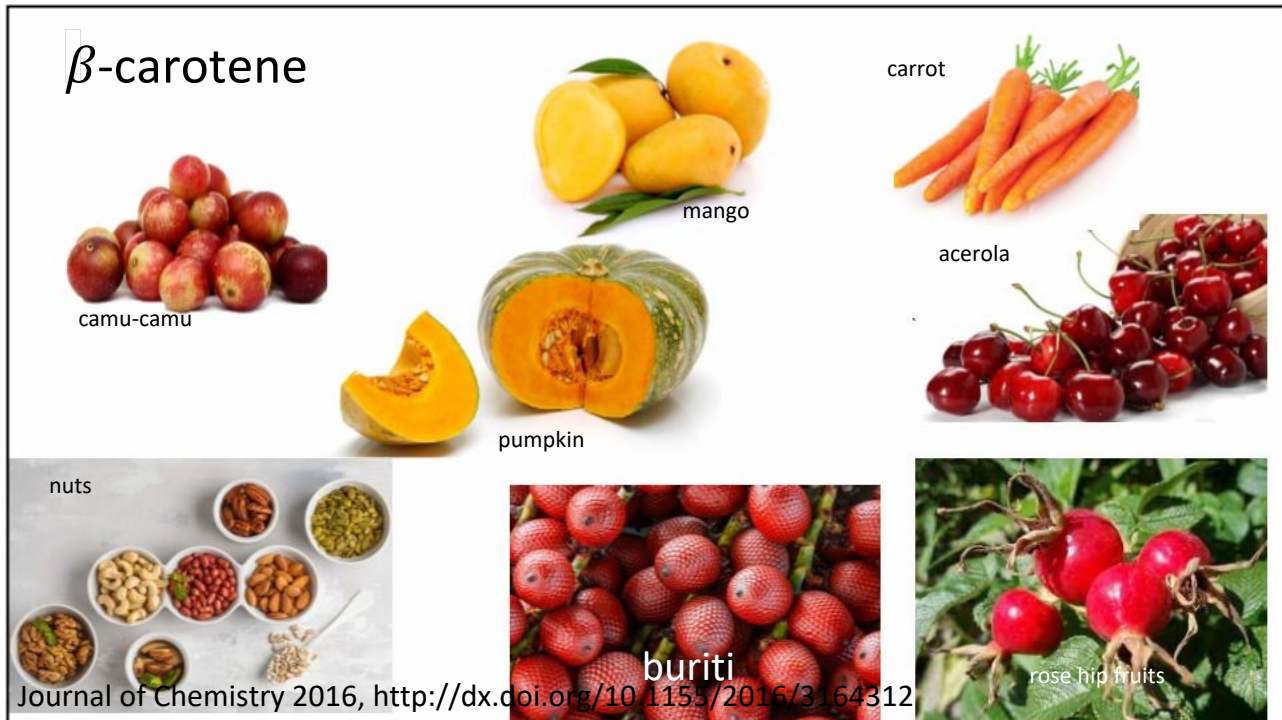
Isoflavone	Abbrev.	R1	R2	R3
Malonyl Daidzin	MDi	H	H	COCH ₂ COOH
Malonyl Glycitin	MGly	H	OCH ₃	COCH ₂ COOH
Malonyl Genistin	MGi	OH	H	COCH ₂ COOH
Acetyl Daidzin	ADi	H	H	COCH ₃
Acetyl Glycitin	AGly	H	OCH ₃	COCH ₃
Acetyl Genistin	AGe	OH	H	COCH ₃
Daidzin	Di	H	H	H
Glycitin	Gly	H	OCH ₃	H
Genistin	Gi	OH	H	H

Isoflavone	Abbrev.	R1	R2
Daidzein	De	H	H
Glycitein	Gle	H	OCH ₃
Genistein	Ge	OH	H

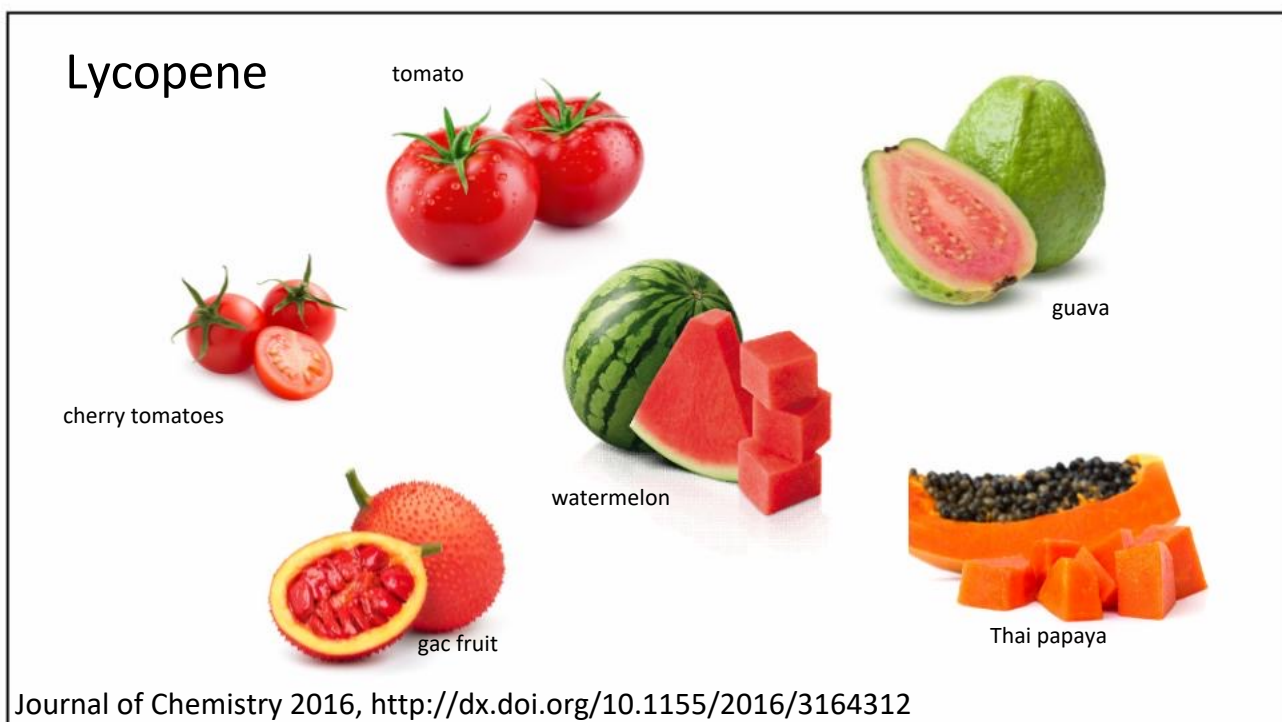
Factors that may be involved in the reduction of cardiovascular disease risk by consumption of soybeans isoflavones.

Rostagno, and Prado 2013, Natural Product Extraction: Principles and Applications, Chapter 1, Uses and Applications of Extracts from Natural Sources, Royal Society of Chemistry, RSC Publishing, UK

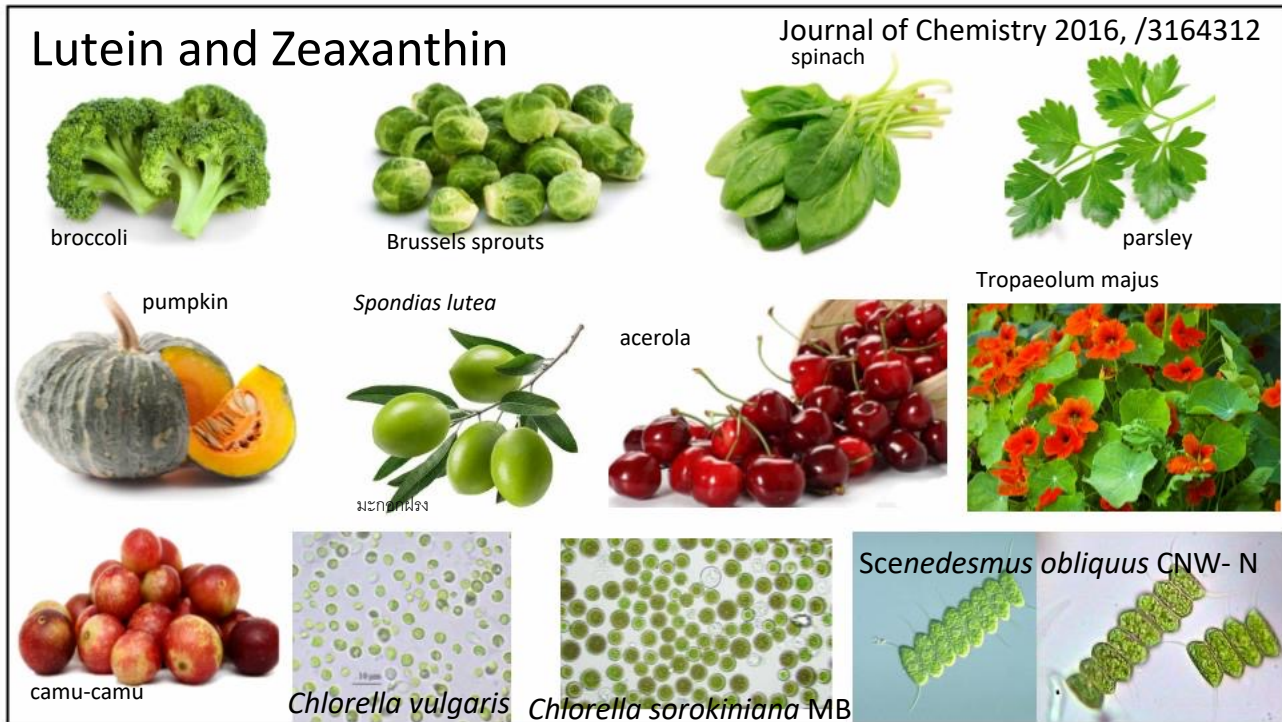
46



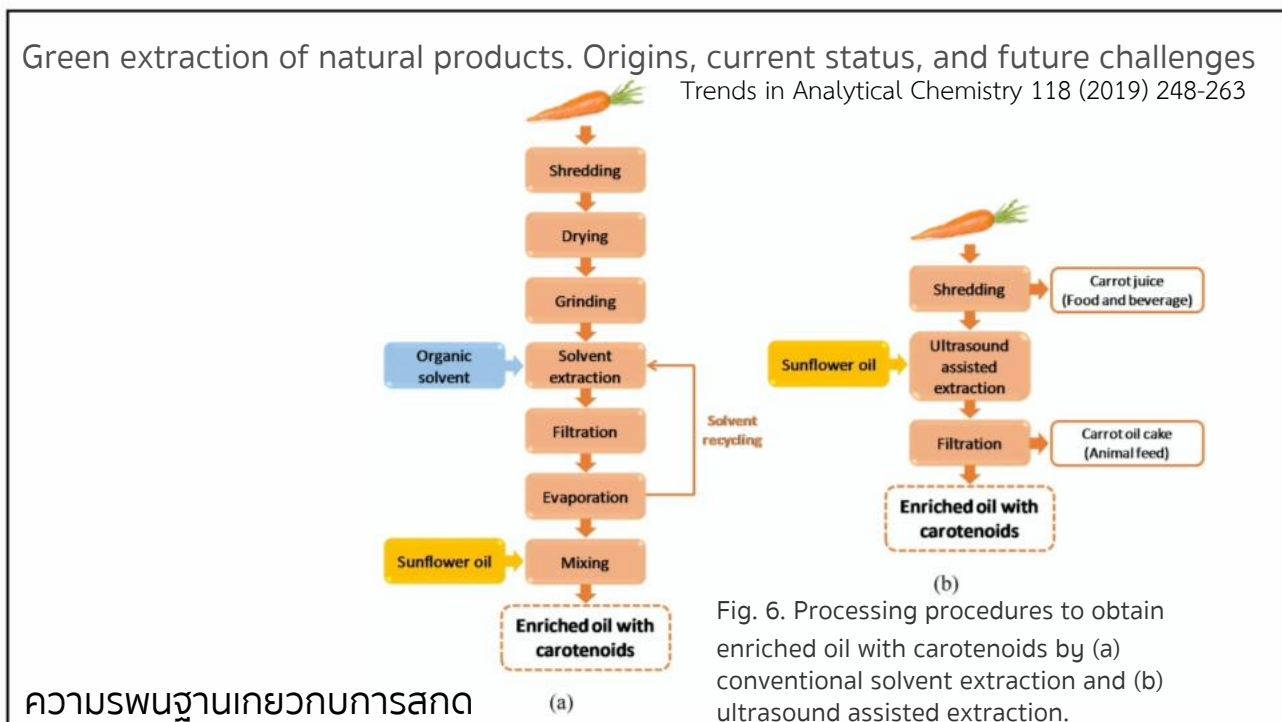
47



48

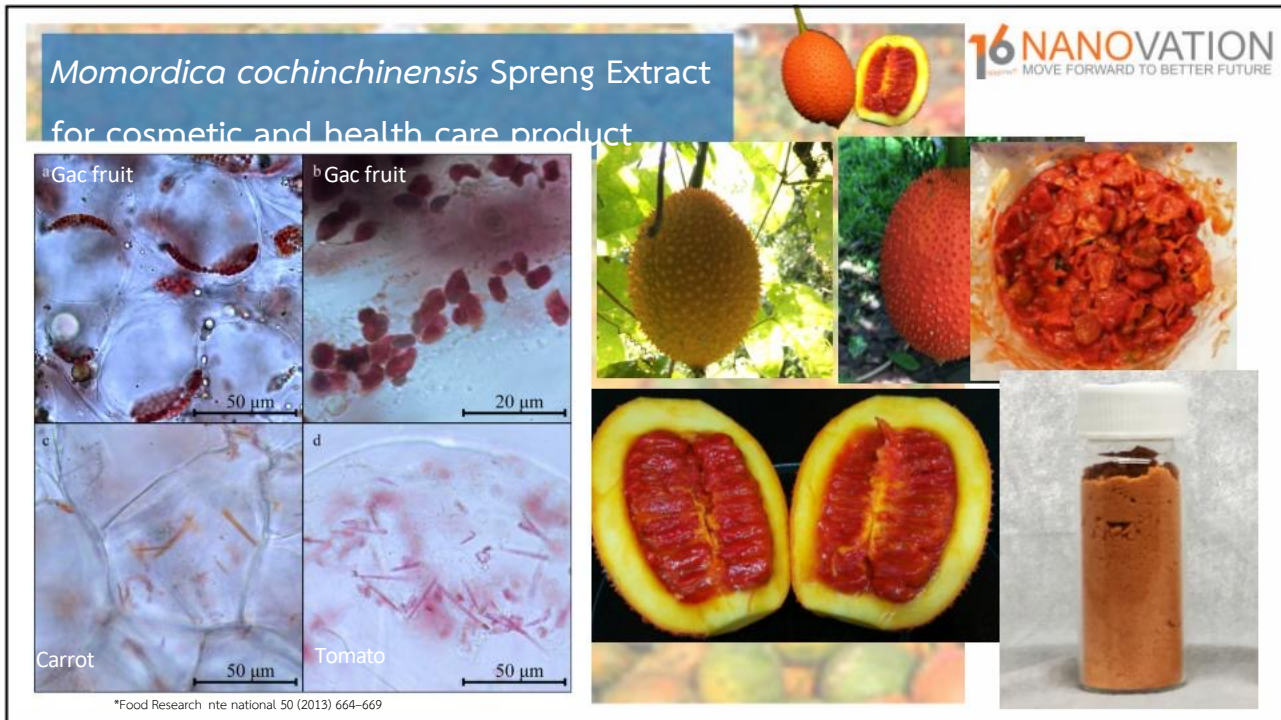


49



ความพรุนฐานเกี่ยวกับการสกัด

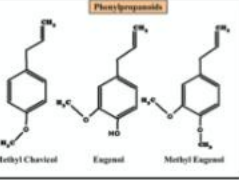
50



51

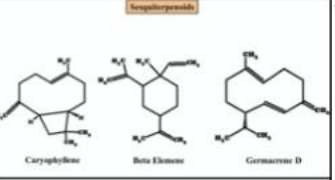
Phytomicrography of basil leaves in the essential oil extract

Phenylpropanoids



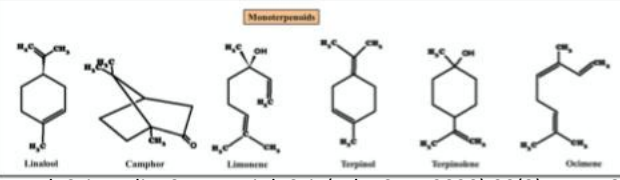
Methyl Chavicol Eugenol Methyl Eugenol

Terpenoids



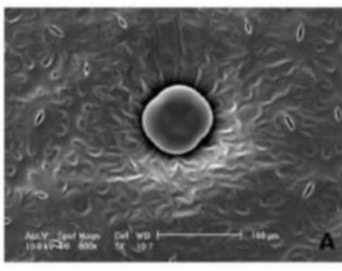
Caryophyllene Beta Elemene Germacrene D

Monoterpenoids

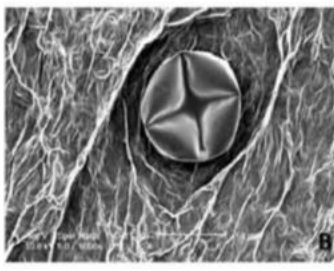


Linalool Camphor Limonene Terpinol Terpinolene Ocimene

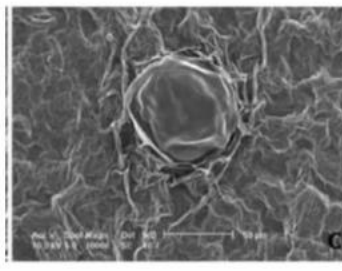
Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. B Biol. Sci. (July–Sept 2020) 90(3):577–583



Intect cell and essential oil glands



Essential oil glands after conventional maceration

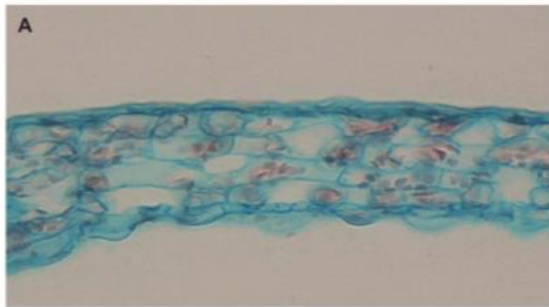


Essential oil glands after ultrasound-assisted extract

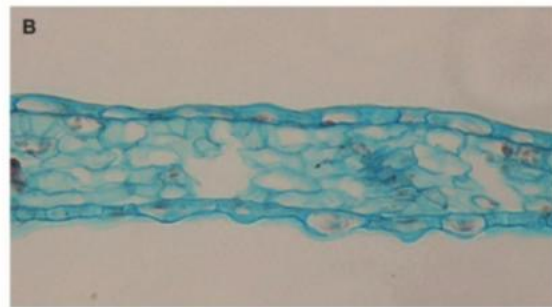
Rostagno, and Prado 2013, Natural Product Extraction: Principles and Applications, Chapter 1, Uses and Applications of Extracts from Natural Sources, Royal Society of Chemistry, RSC Publishing, UK

52

Light micrographs of Epimedium leaf samples



Untreated Leaf



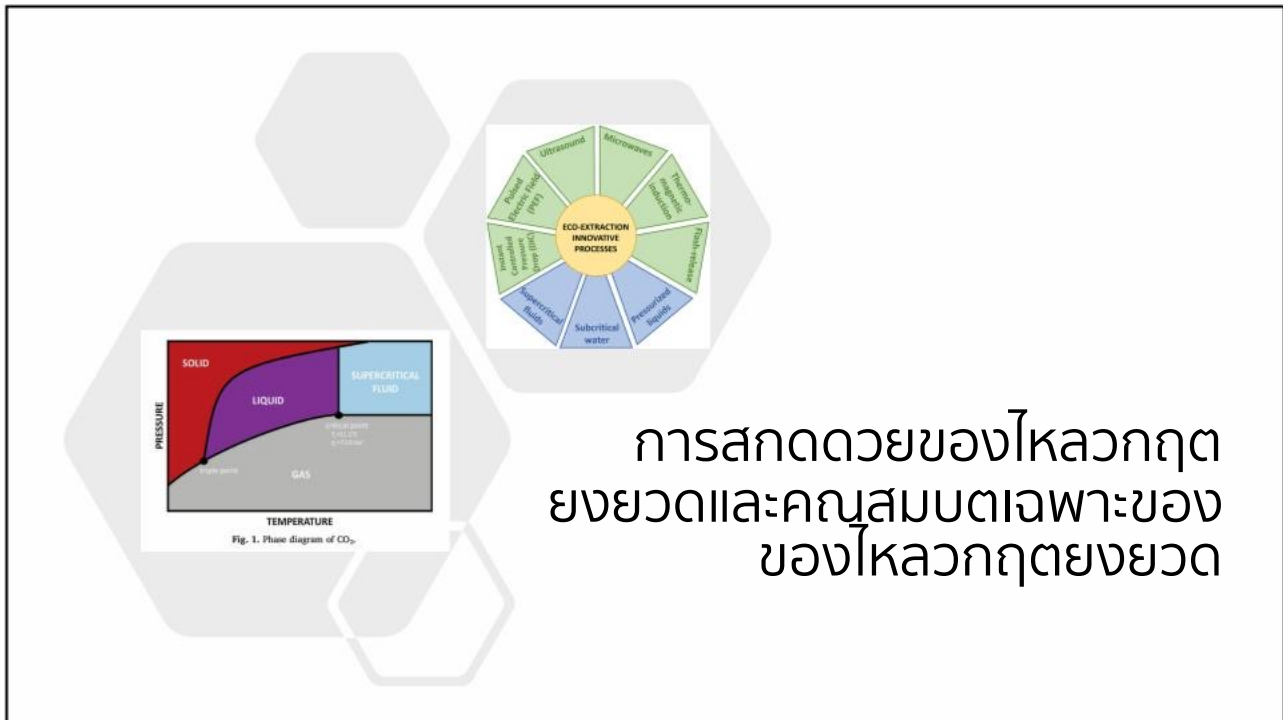
Leaf sample after microwave irradiation

H.-F. Zhang et al. / Trends in Food Science & Technology 22 (2011) 672-688

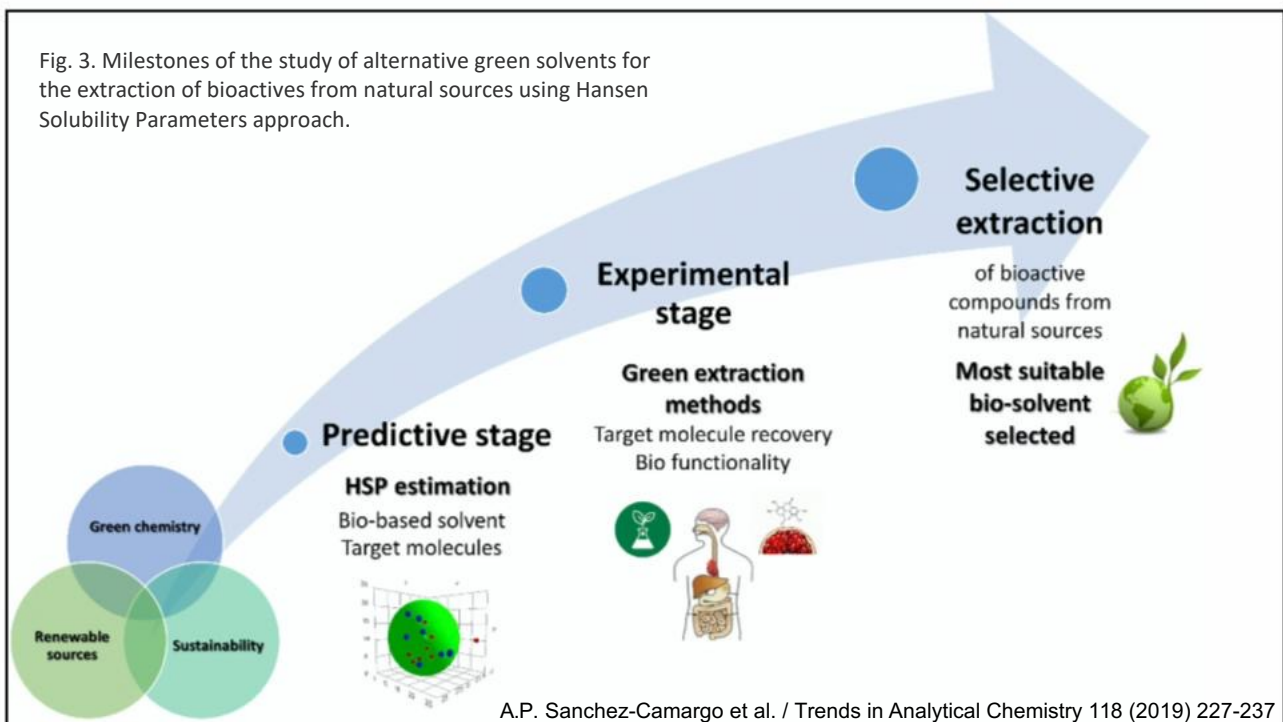
53



54



55



56

Green extraction of natural products. Origins, current status, and future challenges



Fig. 7. Examples of labels with naturalness values.

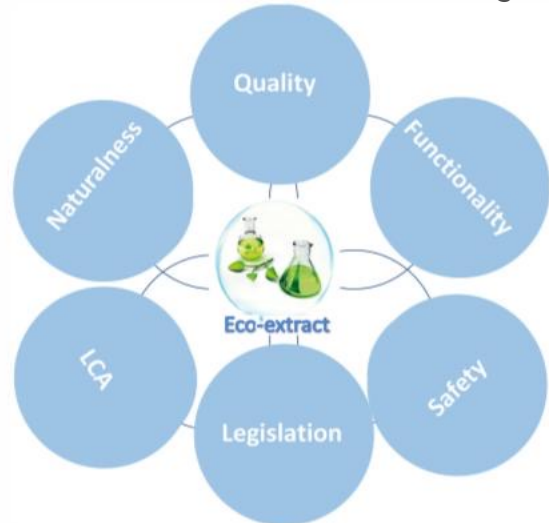
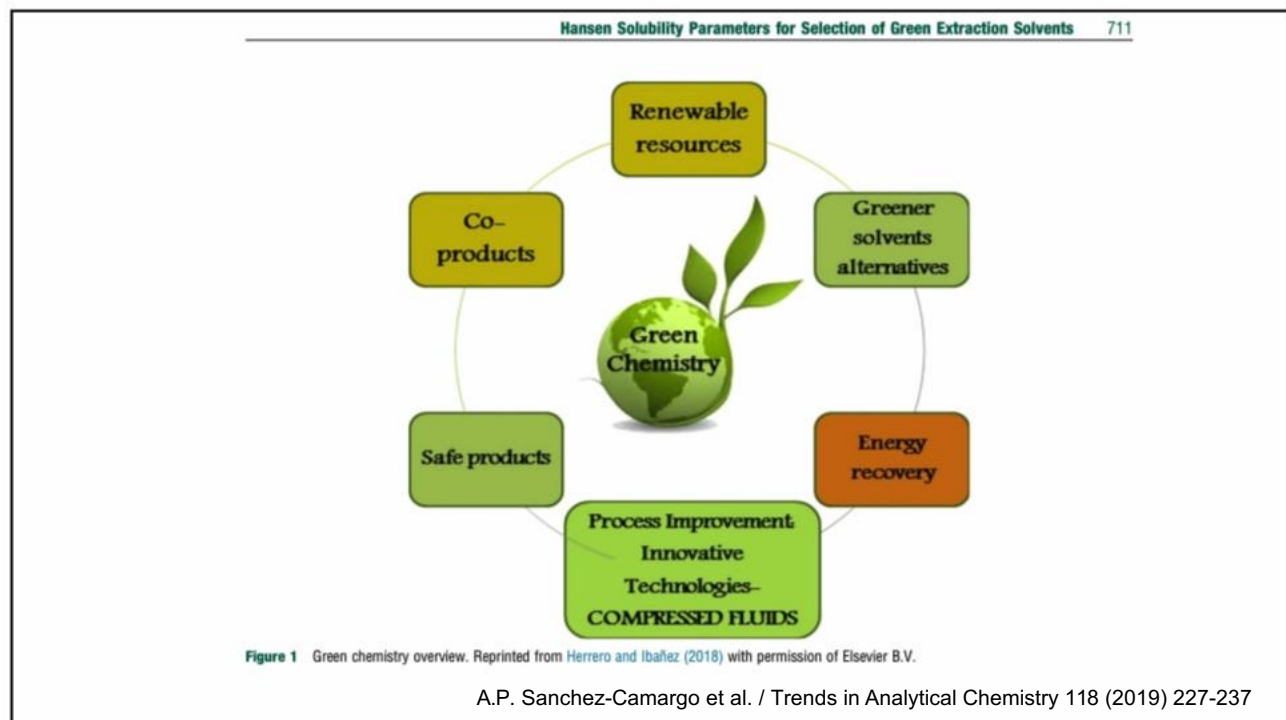


Fig. 8. Characteristics defining an "eco-extract".

ความพรพฐานเกววกบการสกด

Trends in Analytical Chemistry 118 (2019) 248-263

57



58

Green extraction of natural products. Origins, current status, and future challenges

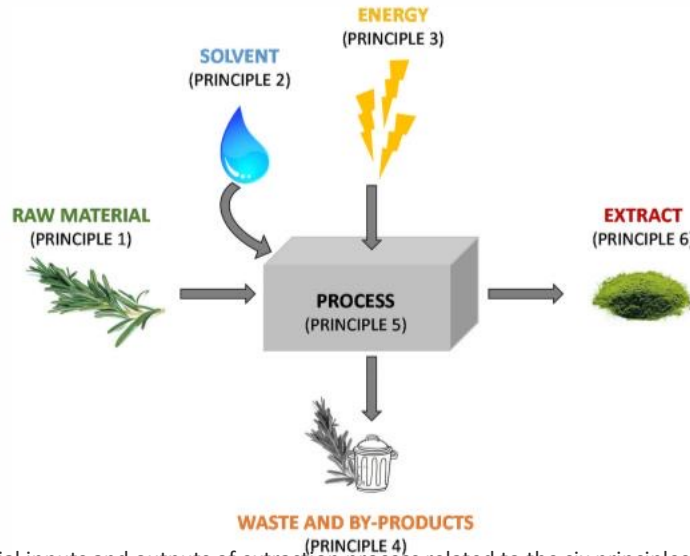


Fig. 1. Essential inputs and outputs of extraction process related to the six principles of green extraction.

ความพรพฐานเกวบกการสกด

Trends in Analytical Chemistry 118 (2019) 248-263

59

Green extraction of natural products. Origins, current status, and future challenges

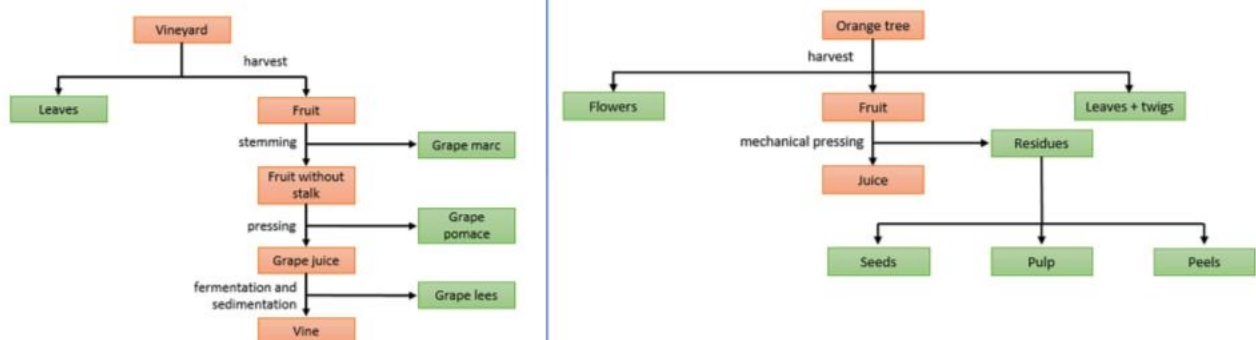


Fig. 4. Simplified scheme of by-products generated during wine and orange fruit processing.

ความพรพฐานเกวบกการสกด

Trends in Analytical Chemistry 118 (2019) 248-263

60

Green extraction of natural products. Origins, current status, and future challenges

Trends in Analytical Chemistry 118 (2019) 248-263

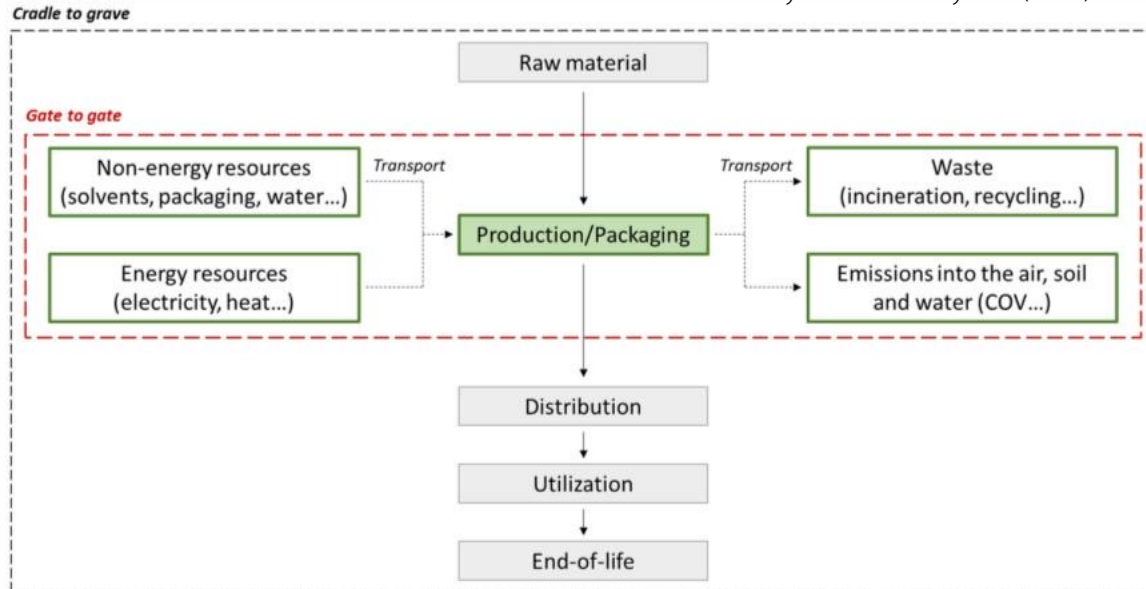


Fig. 9. "Gate to gate" approach in Life Cycle Assessment methodology.

61

Green extraction of natural products. Origins, current status, and future challenges

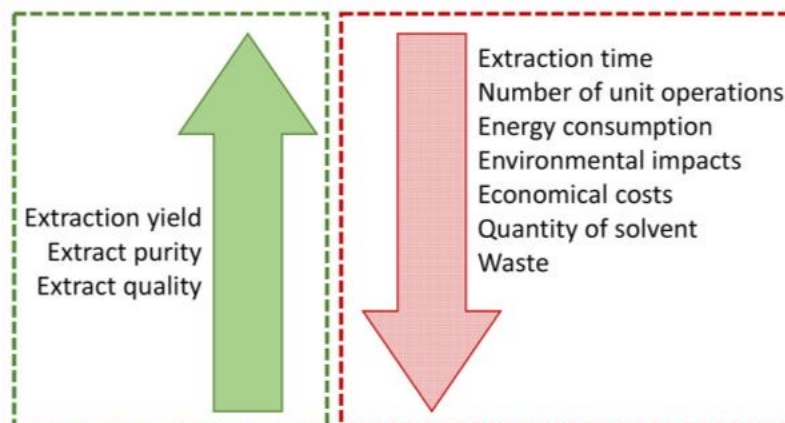


Fig. 5. Principle of intensification of extraction process.

ความรพพฐาานเกยวทบการสกด

Trends in Analytical Chemistry 118 (2019) 248-263

62

Green extraction of natural products. Origins, current status, and future challenges

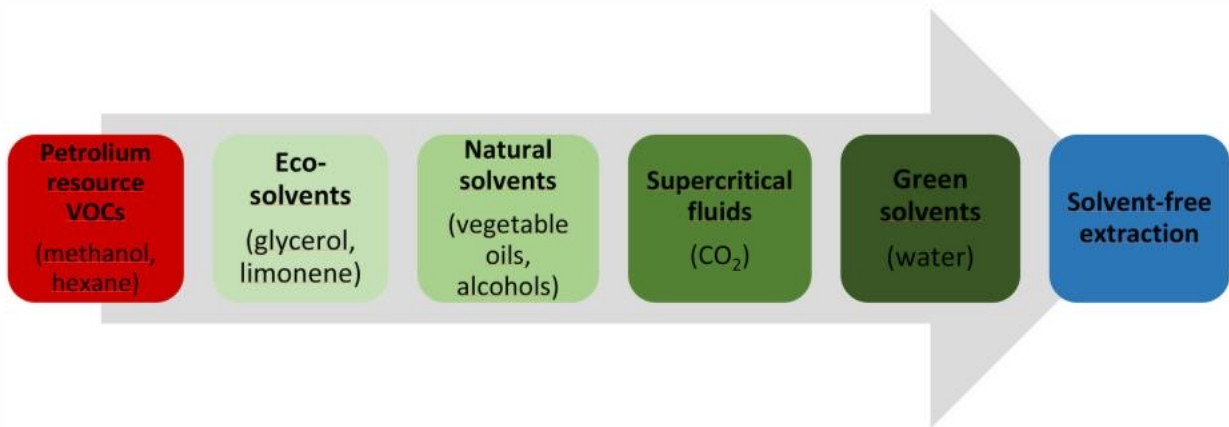


Fig. 2. From petroleum to alternative and green solvents.

ความรพฐานเกยวกับการสกด

Trends in Analytical Chemistry 118 (2019) 248-263

63



European Commission Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs Sectors

Cosmetics CosIng

Ingredient : TAGETES ERECTA FLOWER EXTRACT

#	INCI Name/Substance Name	CAS No.	EC No.	Total # Restriction Annex II/II
1	Tagetes erecta flower extract, Tagetes erecta flower extract, Tagetes erecta flower extract			
2	Tagetes erecta flower extract, Tagetes erecta flower extract, Tagetes erecta flower extract			
3	Tagetes erecta flower extract, Tagetes erecta flower extract, Tagetes erecta flower extract			
4	Tagetes erecta flower extract, Tagetes erecta flower extract, Tagetes erecta flower extract			
5	Tagetes erecta flower extract, Tagetes erecta flower extract, Tagetes erecta flower extract			
6	Tagetes erecta flower extract, Tagetes erecta flower extract, Tagetes erecta flower extract			



INCI Name	TAGETES ERECTA FLOWER EXTRACT
Description	Tagetes Erecta Flower extract is the extract obtained from the flowers of the Aztec Marigold, Tagetes erecta L., Asteraceae
CAS #	90131-43-4
EC #	290-353-9
Cosmetics Regulation provisions 	
Functions	• PERFUMING • SKIN CONDITIONING
SCCS opinions	• 0869/05 - Opinion on Tagetes erecta, T. minuta and T. patula Extracts and Oils (phototoxicity only)
Identified INGREDIENTS or substances e.g.	

64

ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
เรื่อง รายชื่อพืชที่ใช้ได้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

เพื่อเป็นการให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์และอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการขออนุญาตผลิต
หรือนำเข้า เพื่อจำหน่ายซึ่งผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ที่มีการใช้พืชเป็นส่วนประกอบ สำนักงานคณะกรรมการ
อาหารและยาจึงออกประกาศกำหนดรายละเอียดและเงื่อนไขการใช้ไว้ ดังนี้

ที่	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ		ส่วนที่ใช้	สารสำคัญ	กรรมวิธีการผลิต/ สารละลายที่ใช้ใน กระบวนการสกัด	เงื่อนไข
		ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ				
๑๙๑	<i>Togetes erecta</i> L.	ดาวเรือง	Marigold	ดอก	แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ได้แก่ ลูทีน (Lutein) ซีแซนทีน (Zeaxanthin)	สกัดด้วยน้ำ / สกัด ด้วยน้ำและเอทานอล / สกัดด้วยเฮกเซน	๑. ปริมาณลูทีนรวม ซีแซนทีน ไม่เกิน ๒๐ มิลลิกรัมต่อวัน ๒. สารละลายตกค้าง ของเฮกเซน ไม่เกิน ๐.๑ มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม (ppm)

ประกาศ ณ วันที่ ๗ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๐
วันชัย สัตยาวิมพงศ์
เลขาธิการคณะกรรมการอาหารและยา

65

ค่าปัจจัยทางชีวภาพ (BEI)

ประเทศ	ชนิดตัวอย่าง	ค่าที่วัด	BEI	ช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง
ญี่ปุ่น	urine	2,5-Hexanedione	3 mg/g Cr (after acid hydrolysis)	End of shift at end of work- week
ไทย	urine	2,5 - Hexanedione	0.4 mg/L	End of shift at end of work- week
ญี่ปุ่น	urine	2,5-Hexanedione	0.3 mg/g Cr (without acid hydrolysis)	End of shift at end of work- week

- [n-Hexane](#)
- [โรคเกาต์ของ:](#) -
- [กระบวนการผลิตของ:](#) การทำงานกบแก้วและสารยดเคาะ
- [ค่าพารามิเตอร์:](#) [Thai BEIs](#) : 2,5 - เฮกเซนไดโอน 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร (2,5 - Hexanedione in urine 0.4 mg/L) เก็บ
ภายหลังของการเลิกการทำงานตลอดสัปดาห์ (End of shift at
end of workweek)

n-hexane

ข้อมูลตามใบข้อมูลความปลอดภัย: [การจำแนกประเภทตาม GHS](#)

คำสัญญาณ (Signal Word)	อันตราย (Danger)
อันตราย (Danger)	

รหัสอันตราย (Hazard Code)	ข้อความตามใบข้อมูลความปลอดภัย (Hazard Statement)
H225	ของเหลวติดไฟได้สูง (Highly flammable liquid and vapor)
H361Df	มีผลต่อความสามารถในการเจริญพันธุ์ (Suspected of damaging fertility)
H304	อาจเป็นอันตรายได้ เมื่อกลืนกินและเข้าสู่ทางเดินหายใจ (May be fatal if swallowed and enters airways)
H373	อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบสืบพันธุ์ (May cause damage to organs through prolonged or repeated exposure)
H315	ระคายเคืองผิวหนัง (Causes skin irritation)
H336	อาจทำให้เวียนศีรษะ (May cause dizziness or drowsiness)
H411	เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (Toxic to aquatic life with long lasting effects)

H411: เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (Toxic to aquatic life with long lasting effects)
 ** ข้อมูลจากใบข้อมูลความปลอดภัย (SDS) นี้จัดทำขึ้นโดยอิงตามข้อมูลจากเอกสาร
 GHS/44/EC, the classifications have been translated only for those effects classifications have been translated only for those effects
 01/11/2018

66

Green extraction of natural products. Origins, current status, and future challenges

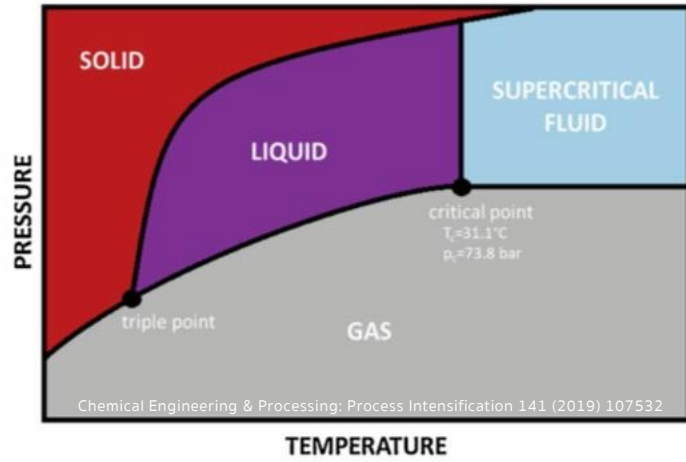


Fig. 1. Phase diagram of CO₂.

Fig. 3. Assessment of available innovative processes for green extraction.

Trends in Analytical Chemistry 118 (2019) 248-263

67

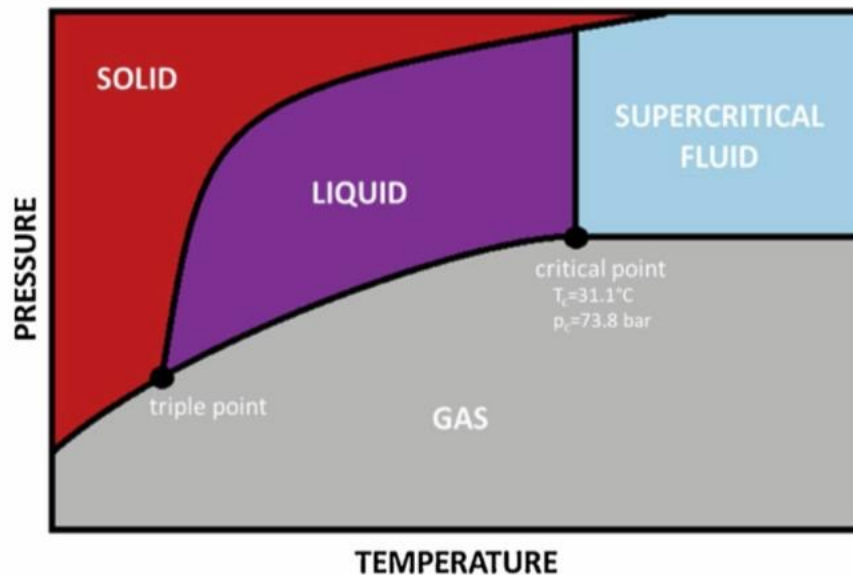


Fig. 1. Phase diagram of CO₂.

Chemical Engineering & Processing: Process Intensification 141 (2019) 107532

68

Table 1
Physicochemical properties of some SCFs [4].

Supercritical fluid	Name	T_c^a (°C)	p_c^b (bar)	μ^c (Debye)
Ar	Argon	-122.5	48.6	0
CO ₂	Carbon dioxide	31.1	73.8	0
H ₂ O	Water	374.0	220.6	1.85
SF ₆	Sulphur hexafluoride	45.5	37.6	0
Xe	Xenon	16.6	58.3	0
CHF ₃	fluoroform	25.9	48.2	1.65
CH ₂ F ₂	difluoromethane	78.1	57.8	1.97
C ₂ H ₆ O	dimethyl ether	126.9	54.0	1.30
C ₃ H ₈	propane	96.7	42.5	0.084

^a critical temperature.

^b critical pressure.

^c electric dipole moment.

Chemical Engineering & Processing: Process Intensification 141 (2019) 107532

69

Table 1 Some physical properties involved in the HSP estimation of CO₂, ethyl lactate, ethanol, and water

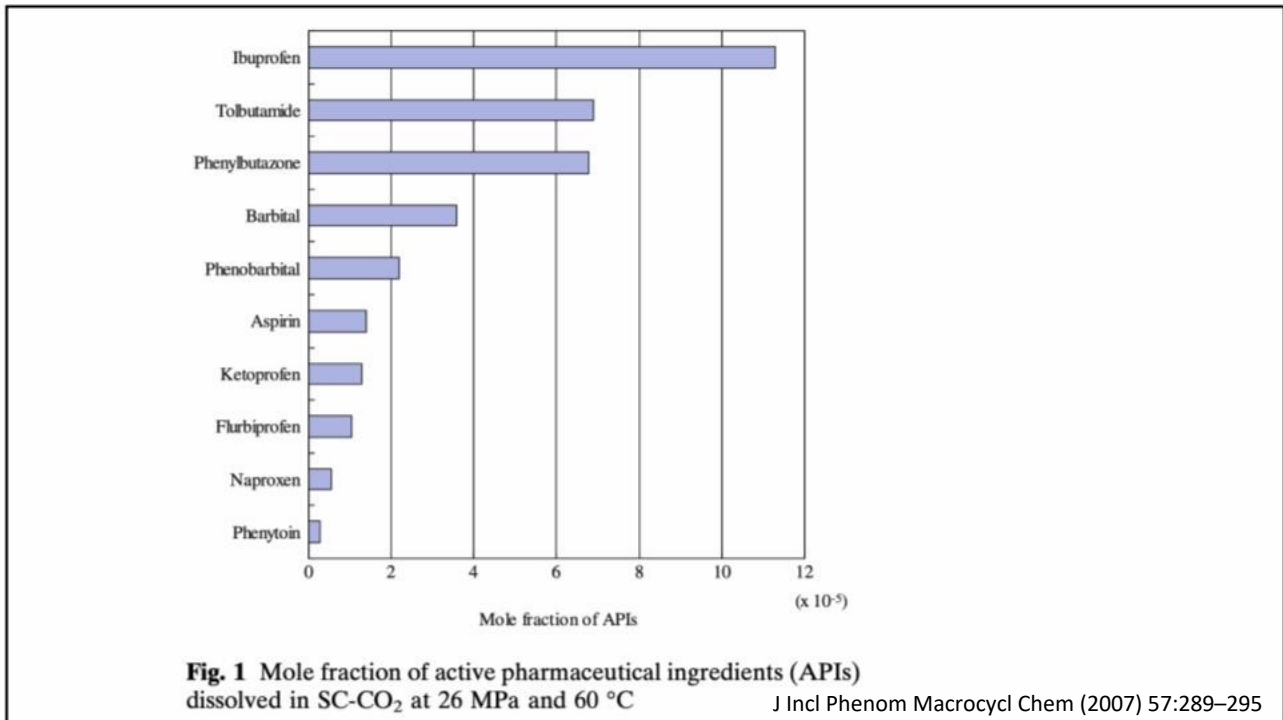
Green solvent	CO ₂	Ethyl lactate	Ethanol	Water
Critical temperature – T _c (°C) ^a	31.06	314.85	243.10	373.98
Critical pressure – P _c (MPa) ^a	7.38	3.86	6.38	22.12
Molar volume - V (cm ³ mol ⁻¹) ^b	38.0	115.0	58.5	18.0
δ_D (MPa ^{1/2}) ^b	15.3	16.0	15.8	15.5
δ_P (MPa ^{1/2}) ^b	6.9	7.6	8.8	16.0
δ_H (MPa ^{1/2}) ^b	4.1	12.5	19.4	42.3

^aYaws (1998).

^bHansen (2002).

A.P. Sanchez-Camargo et al. / Trends in Analytical Chemistry 118 (2019) 227-237

70



71

Why Supercritical Fluid Extraction with CO₂

- CO₂ is inexpensive, not combustible, not explosive, germicidal, free of bacteria, selective and mobile
- Heat sensitive materials are gently treated
- Products and residues are solvent-free
- Fragrances and aromas remain unchanged
- An excellent flavour profile can be achieved for oils
- Pure extracts are produced with few process steps
- The solvating power can be changed (conditions, or the use of modifiers)
- Selective extraction and fractionated separation is possible
- CO₂ is recycled within the plant, is physiologically harmless and does not cause environmental problems like some conventional solvents

<https://www.natex.at/co2-technology/supercritical-co2-extraction>

72

Solubility of Substances in CO₂

In general the more volatile a compound the higher its solubility in CO₂ (supercritical and fluid) and the easier the supercritical fluid extraction process. Therefore the below mentioned list serves as first indication. The properties of CO₂ and the solubilities of the compounds can be modified by injection of co-solvents and varying temperature and pressure.

Easy soluble	Soluble	Unsoluble
•Esters, Alcohols	•Edible oils from Oilseeds	•Sugars
•Aldehydes, Ketones	•Waxes	•Fruit acids
•Volatile Oils	•Polyphenols	•Starch
•Aromas		•Proteins
•Mono- and Sesquiterpenes		•Mineral salt
		•Glycosides

<https://www.natex.at/co2-technology/supercritical-co2-extraction>

73

Applications of Supercritical CO₂

Food industry

- Decaffeination of coffee & tea
- Extraction of hops, herbs & spices
- Recovery of flavours, antioxidants
- Extraction of special oils
- Deoiling of press cakes
- Cleaning rice

<https://www.natex.at/co2-technology/supercritical-co2-extraction>

74

Applications of Supercritical CO₂

- Pharmaceutical industry
 - Extraction of herbal medicines
 - Refining of pharmaceuticals
- Cosmetic industry
 - Active ingredients for cosmeceutical applications
 - Fragrances

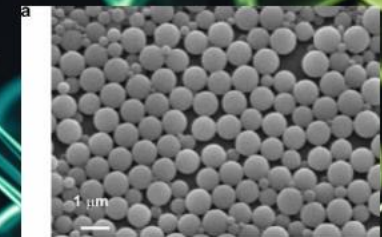
<https://www.natex.at/co2-technology/supercritical-co2-extraction>

75

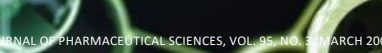
Applications of Supercritical CO₂

- Other applications
 - Cleaning of cork
 - Impregnation of wood
 - Chemical reactions
 - Particle formation
 - Cleaning
 - Sterilization

(a) PLGA microparticles (VMD 1/4 1.1 mm) obtained from an emulsion dispersed at 5000 rpm for 3 min



(b) PLGA nanoparticles (VMD 1/4 180 nm) obtained from an emulsion homogenized at 15 K psi (three passes)



<https://www.natex.at/co2-technology/supercritical-co2-extraction>

JOURNAL OF PHARMACEUTICAL SCIENCES, VOL. 95, NO. 3, MARCH 2006

76



77



78

องค์ประกอบและกลไกการทำงานของเครื่องสกัดด้วยของไหลยิ่งยวด

The system features:

- temperatures to 240°C*
- pressure up to 10,000 psi (690 BAR)
- pump: up to 400mL/min flow rate**
- independent control of flow rates to each vessel
- vessels from 5mL to 1 liter
- fully-adjustable, non-clogging, variable restrictors
- parallel processing capabilities of between 1 to 4 vessels depending upon the model
- collection into SPE cartridges or standard glassware
- in-line trapping capabilities
- modifier addition capability
- multiple flow path capability
- extract directly from liquid samples

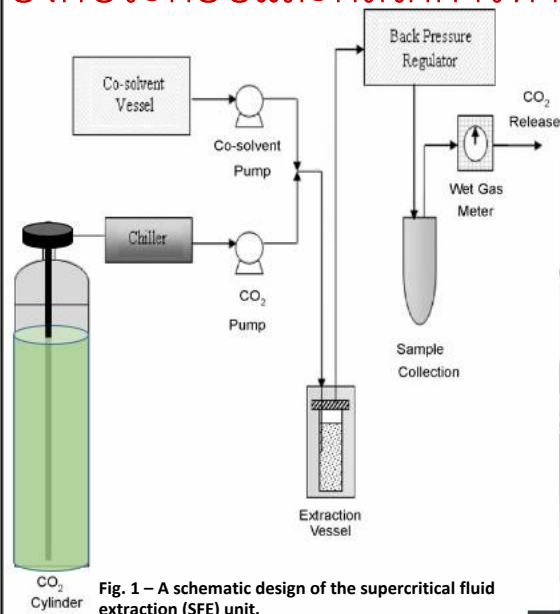
Spe-ed SFE-2 Supercritical System



79

องค์ประกอบและกลไกการทำงานของเครื่องสกัดด้วยของไหลยิ่งยวด

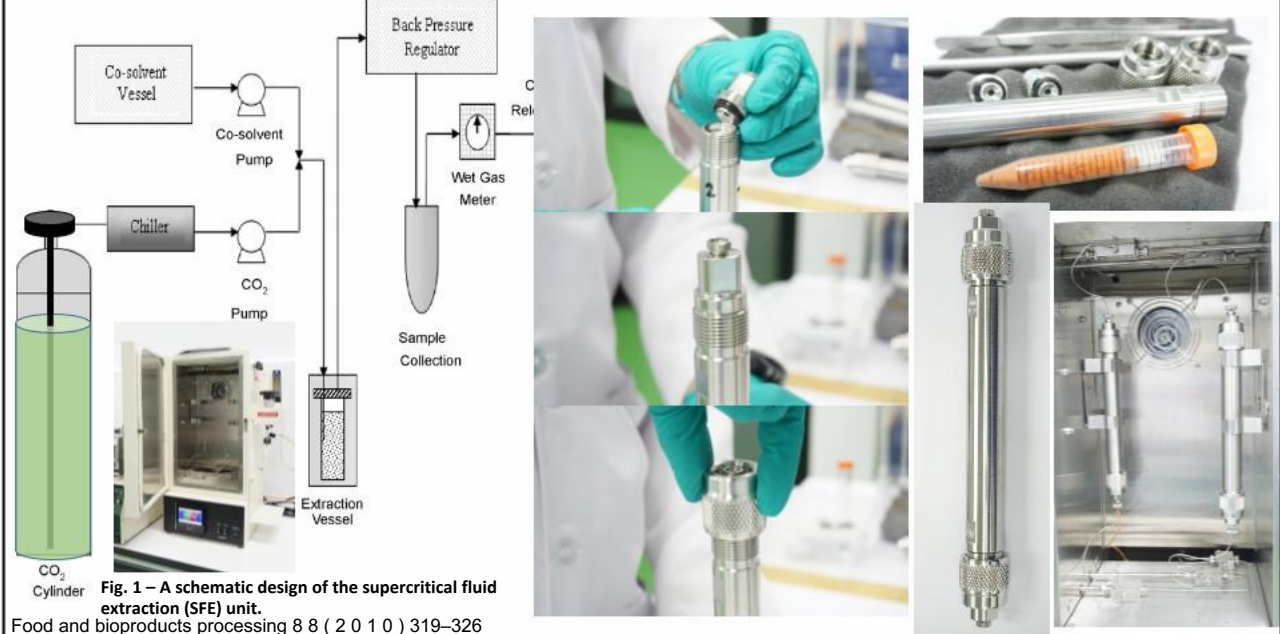
Spe-ed SFE-2 Supercritical System



Food and bioproducts processing 8 8 (2 0 1 0) 319–326

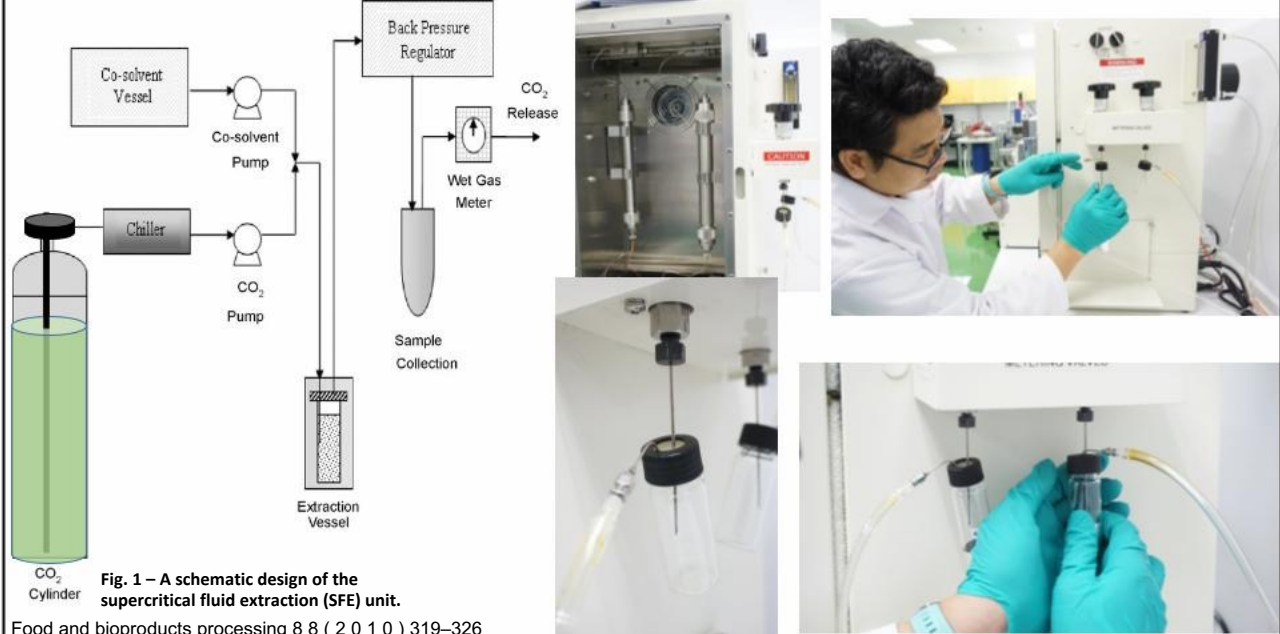
80

องค์ประกอบและกลไกการทำงานของเครื่องสกัดด้วยของไหลยิ่งยวด



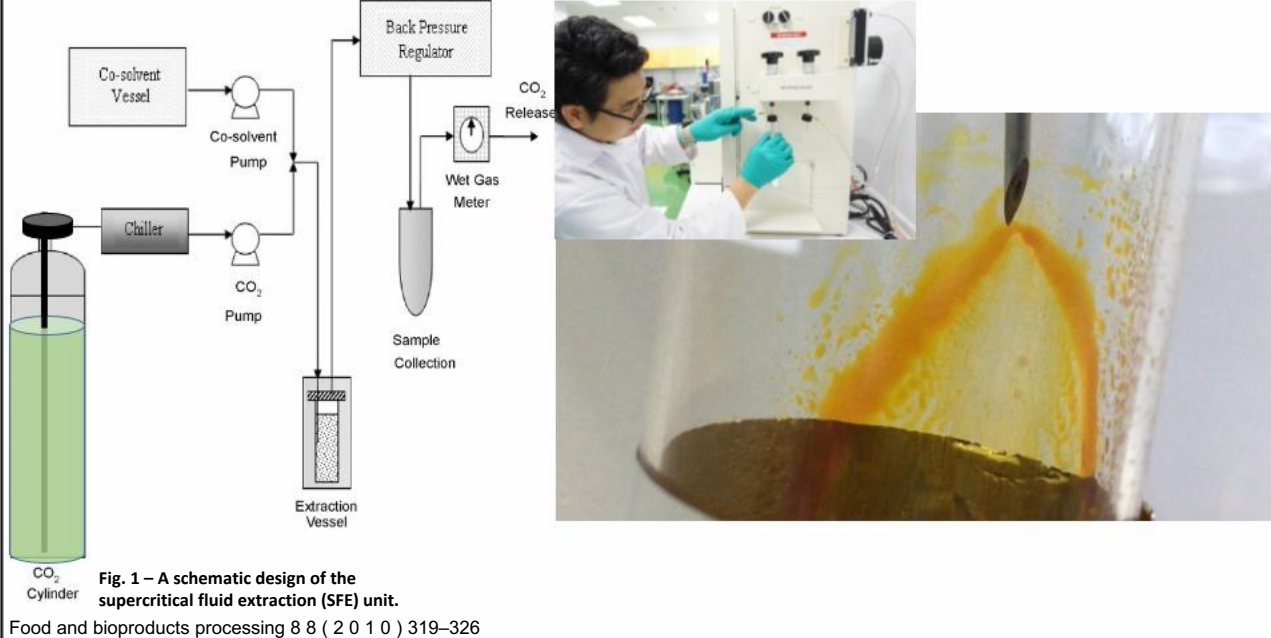
81

องค์ประกอบและกลไกการทำงานของเครื่องสกัดด้วยของไหลยิ่งยวด



82

องค์ประกอบและกลไกการทำงานของเครื่องสกัดด้วยของไหลยิ่งยวด

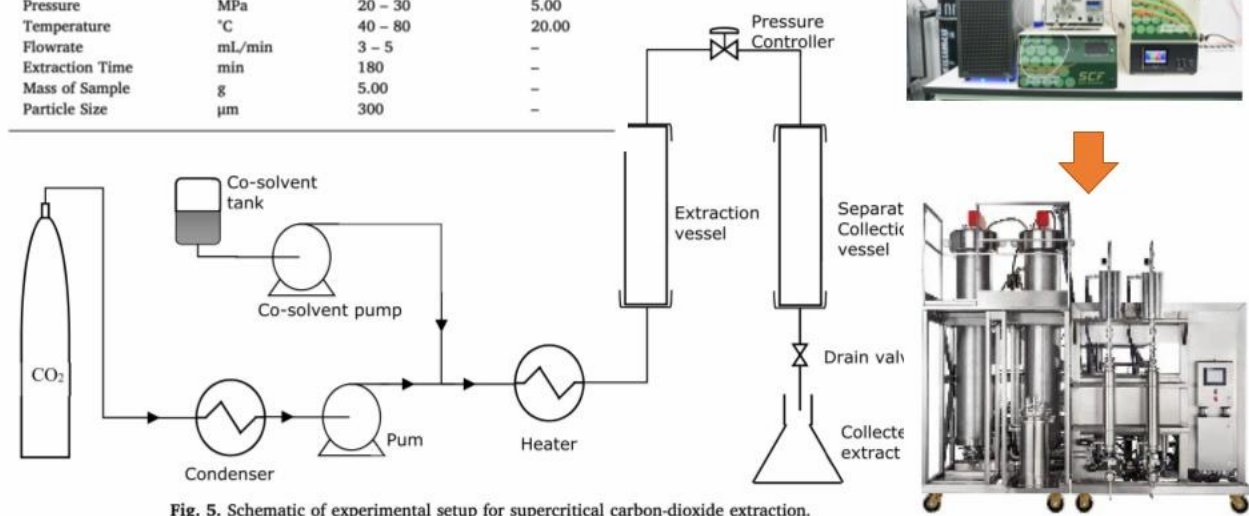


83

Concept & Scope of Research

Parameters applied in supercritical carbon dioxide extraction.

Parameters	Unit	Range/Value	Increment
Pressure	MPa	20 – 30	5.00
Temperature	°C	40 – 80	20.00
Flowrate	mL/min	3 – 5	–
Extraction Time	min	180	–
Mass of Sample	g	5.00	–
Particle Size	µm	300	–



84

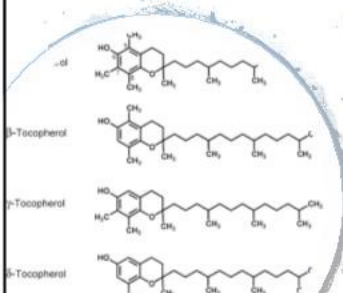
การสกัดด้วยการบอนด์ออกไซด์ยิ่งยวด Supercritical Fluid Extraction (SPE)

- ปัจจัยพื้นฐานในการสกัดและการคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อวัตถุดิบและสารสกัด เป้าหมาย
- การเพิ่มประสิทธิภาพพารามเตอร์เครื่องมือ
- กระบวนการเตรียมตัวอย่างเพื่อการสกัดอย่างมีประสิทธิภาพ



85

กรณีศึกษา การสกัดโทโคเฟอรอลจากเมล็ด กระเจียบแดงด้วยการบอนด์ออกไซด์ยิ่งยวด



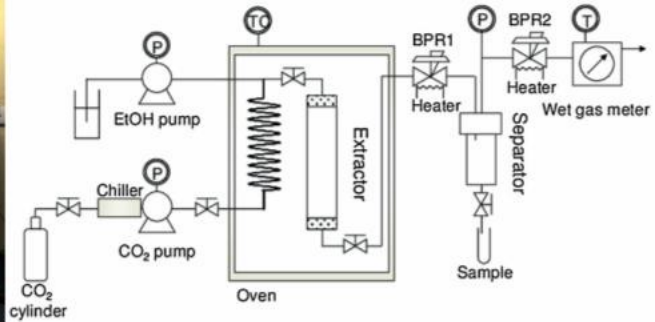
Wong Lee Peng et al., 2020. Optimization of process variables using response surface methodology for tocopherol extraction from Roselle seed oil by supercritical carbon dioxide Industrial Crops & Products 143 (2020) 111886

86

Optimization of process variables using response surface methodology for tocopherol extraction from Roselle seed oil by supercritical carbon dioxide



a)



b)

Fig. 1. a) Supercritical Carbon Dioxide (SC-CO₂) extraction system b) A schematic diagram of process flow of supercritical carbon dioxide extraction.

Industrial Crops & Products 143 (2020) 111886

87

Optimization of process variables using response surface methodology for tocopherol extraction from Roselle seed oil by supercritical carbon dioxide

Table
1. Parameters
applied in
supercritical
carbon
dioxide
extraction.

Parameters	Unit	Range/Value	Increment
Pressure	MPa	20 – 30	5.00
Temperature	°C	40 – 80	20.00
Flowrate	mL/min	3 – 5	–
Extraction Time	min	180	–
Mass of Sample	g	5.00	–
Particle Size	µm	300	–

Industrial Crops & Products 143 (2020) 111886

88

Optimization of process variables using response surface methodology for tocopherol extraction from Roselle seed oil by supercritical carbon dioxide

Table 2. Independent variables for factorial design.

Independent Variables	Coded Levels		
	-1.0	0	+1.0
Temperature (°C)	40	60	80
Pressure (MPa)	20	25	30

Industrial Crops & Products 143 (2020) 111886

89

Optimization of process variables using response surface methodology for tocopherol extraction from Roselle seed oil by supercritical carbon dioxide

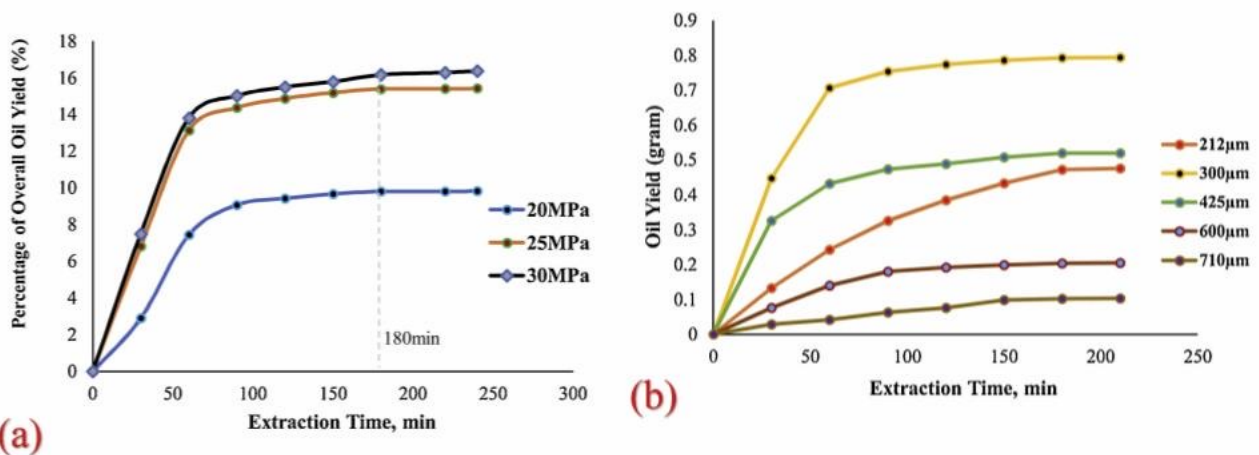


Fig. 2. a) The effect of extraction time on extraction yield at pressure 20, 25, 30MPa at the temperature of 40 °C, 5 ml/min flow rate of carbon dioxide b) The effect of particle size on extraction yield at temperature 40 °C, pressure of 30MPa and 5 ml/min flow rate of carbon dioxide.

Industrial Crops & Products 143 (2020) 111886

90

Optimization of process variables using response surface methodology for tocopherol extraction from Roselle seed oil by supercritical carbon dioxide

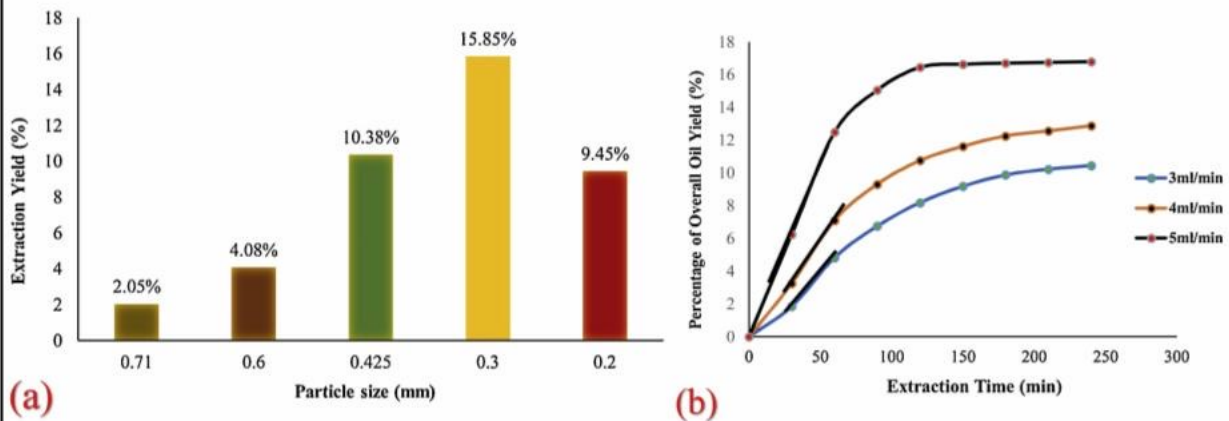


Fig. 3. **a)** The percentage of yield varied using different particle size of Roselle seed **b)** The effect of SC-CO₂ flow rate on extraction yield at temperature of 80 °C and pressure 30 MPa.

Industrial Crops & Products 143 (2020) 111886

91

Optimization of process variables using response surface methodology for tocopherol extraction from Roselle seed oil by supercritical carbon dioxide

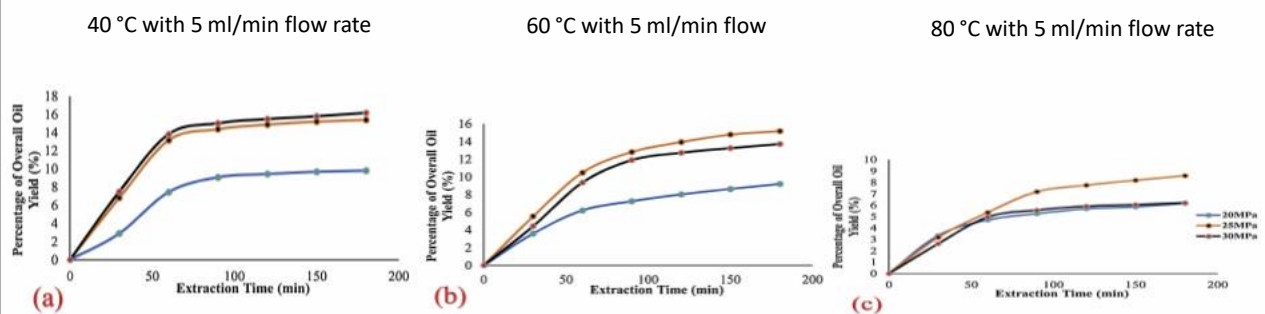
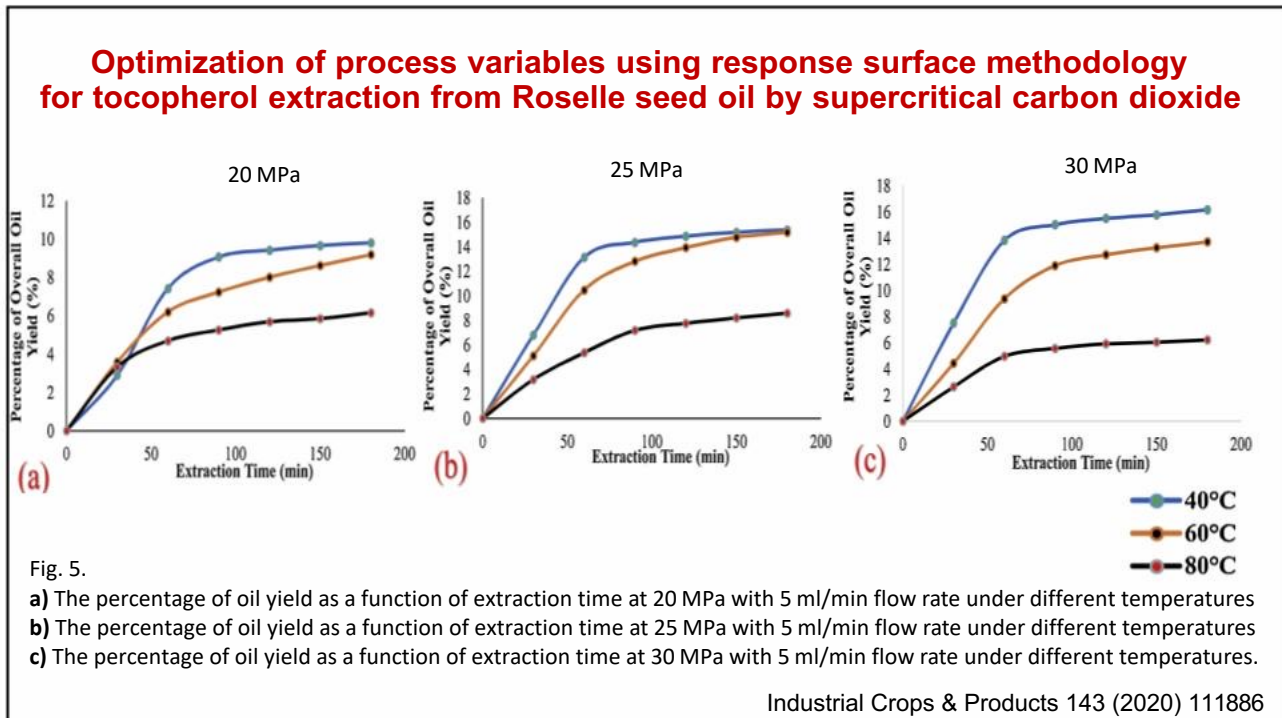


Fig. 4. **a)** The percentage of oil yield as a function of extraction time at 40 °C with 5 ml/min flow rate under different pressures **b)** The percentage of oil yield as a function of extraction time at 60 °C with 5 ml/min flow rate under different pressures **c)** The percentage of oil yield as a function of extraction time at 80 °C with 5 ml/min flow rate under different pressures.

Industrial Crops & Products 143 (2020) 111886

92



93

Optimization of process variables using response surface methodology for tocopherol extraction from Roselle seed oil by supercritical carbon dioxide

Table 3. The experimental solubility data of Roselle seed oil in SC-CO₂.

Temperature (°C)	Pressure (MPa)	SC-CO ₂ Density (kg/m ³)	Solubility (g/kg CO ₂)
40	20	839.9	0.65
	25	879.6	0.97
	30	910	0.99
60	20	723.8	0.80
	25	786.8	1.07
	30	830	0.92
80	20	594.1	0.58
	25	686.6	0.69
	30	746	0.59

Industrial Crops & Products 143 (2020) 111886

94

Optimization of process variables using response surface methodology for tocopherol extraction from Roselle seed oil by supercritical carbon dioxide

Table 4. The Roselle seed oil yield and gamma tocopherol content in oil extracted under different conditions.

Pressure (MPa)	Temperature (°C)	The peak area (mAU)	Gamma tocopherol content (mg/100 g)
20	40	66.19	5.6
	60	60.29	2.7
	80	61.76	1.6
25	40	51.93	4.4
	60	47.02	1.7
	80	50.95	2.1
30	40	46.52	4.7
	60	48.98	2.5
	80	49.97	2.3

Industrial Crops & Products 143 (2020) 111886

95

Optimization of process variables using response surface methodology for tocopherol extraction from Roselle seed oil by supercritical carbon dioxide

Table 5. Comparison of extraction performance between SC-CO₂ and Soxhlet method.

Extraction method	SC-CO ₂ Extraction	Soxhlet Extraction
Solvent used for extraction	Carbon dioxide	Light petroleum ether
Weight of seed used for extraction	5g	15 g
Extraction time	180 min (3 h)	480 min (8 h)
Particle size of seed used for extraction	300 µm	300 µm
Solvent flow rate	5 mL/min	–
Temperature	40 °C	60 °C
Pressure	30 MPa	0.1
Extraction Yield	16.17%	23.8%
Gamma tocopherol content	4.74 mg/100 g oil	1.32 mg/100 g oil

Industrial Crops & Products 143 (2020) 111886

96

Optimization of process variables using response surface methodology for tocopherol extraction from Roselle seed oil by supercritical carbon dioxide

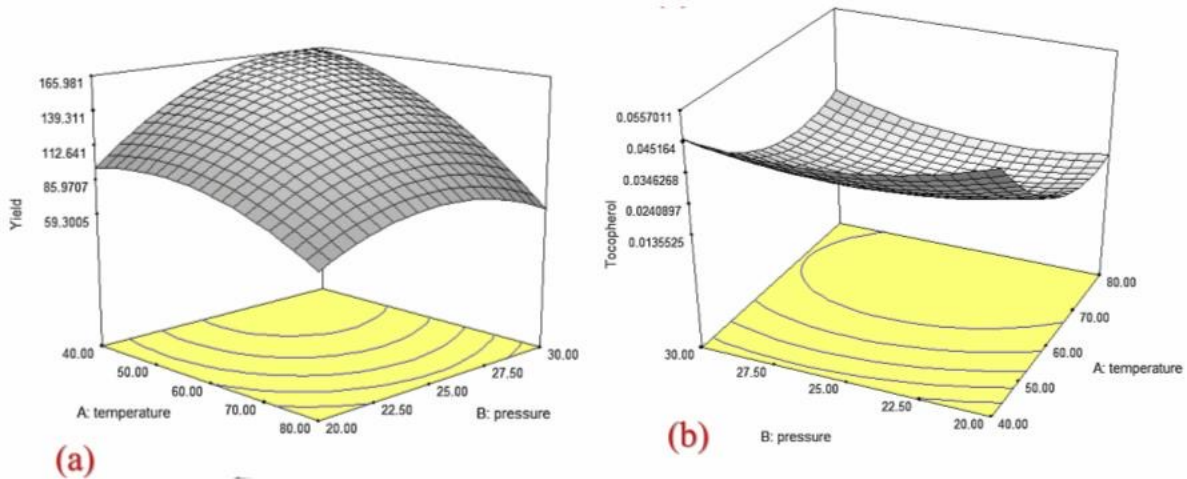


Fig. 7. a) Response surface of the oil yield expressed as the function of pressure and temperature b) Response surface of the gamma tocopherol concentration expressed as the function of pressure and temperature.

Industrial Crops & Products 143 (2020) 111886

97

Optimization of process variables using response surface methodology for tocopherol extraction from Roselle seed oil by supercritical carbon dioxide

Conclusion

The Roselle seed used for extraction contained approximately 8.03% moisture.

The 300 μm particle size was found to have the highest yield.

The optimum extraction time is 180 min for complete oil extraction, and 5 mL/min of SC- CO_2 flow rate was determined to give the highest extraction oil yield.

The extraction of Roselle seed oil using SC- CO_2 was carried out, and it was shown that the highest extraction oil yield obtained was at 30 MPa and 40 $^{\circ}\text{C}$ while the lowest was at 30 MPa and 80 $^{\circ}\text{C}$.

The obtained oil yields were in the range 6.22–16.17%.

The overall extraction oil yield using SC- CO_2 increased as the pressure increased at lower temperature.

The gamma tocopherol content obtained were in the range of 1.6–5.6 mg per 100 g of oil.

The gamma tocopherol concentration is much higher in oil extracted using SC- CO_2 extraction (4.7%) compared to the Roselle seed oil extracted using Soxhlet method (1.32%).

This result has proven the selective nature of SC- CO_2 extraction and that it is a good choice for extraction of a high nutritive value plant. The experimental data of SC- CO_2 extraction obtained were fitted to a second order polynomial model.

The coefficient of determination values for Roselle seed oil yield and gamma tocopherol concentration were 0.9723 and 0.9754, respectively.

In addition the F-value calculated using data was higher than the tabulated F-value which shows the experimental data were well fitted against the model.

Industrial Crops & Products 143 (2020) 111886

98



Scale-up & Overview of industrial extraction

99

Concept & Scope of Research

Parameters applied in supercritical carbon dioxide extraction.

Parameters	Unit	Range/Value	Increment
Pressure	MPa	20 – 30	5.00
Temperature	°C	40 – 80	20.00
Flowrate	mL/min	3 – 5	–
Extraction Time	min	180	–
Mass of Sample	g	5.00	–
Particle Size	µm	300	–

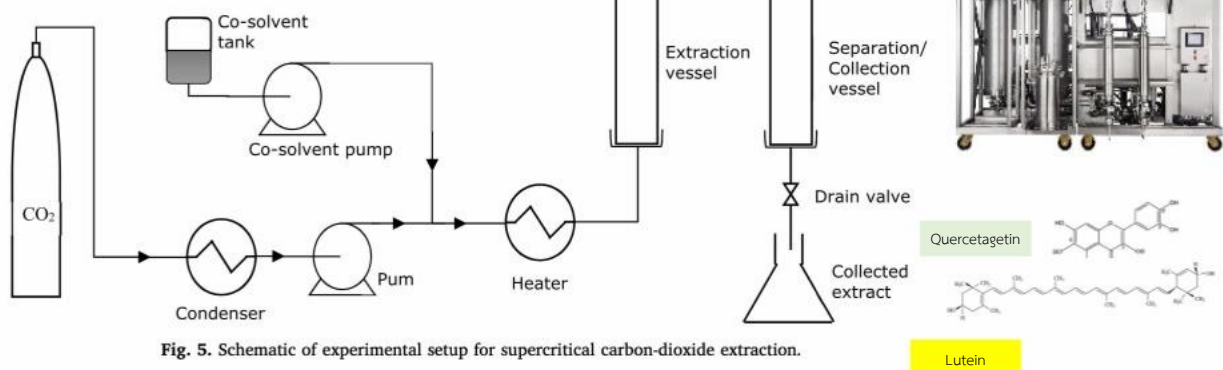
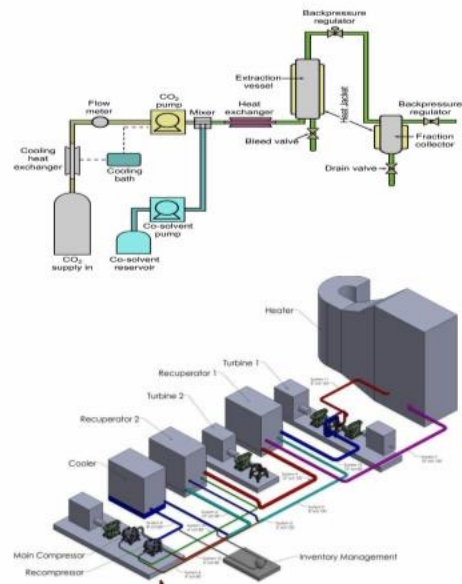


Fig. 5. Schematic of experimental setup for supercritical carbon-dioxide extraction.

100

Green Extraction



Source: <http://www.power-eng.com/articles/2016/10/supercritical-co2-power-plant-granted-80m-from-doe.html>

Application of Supercritical CO₂ Fluid Extraction Plant



The U.S. Department of Energy has award \$80 million to a team with plans to design, build and operate a 10-MW supercritical CO₂ power plant at Southwest Research Institute's San Antonio, Texas campus.

101

101



Green Extraction Method
(Thailand Service Provider)

กองพัฒนายาแผนไทยและสมุนไพร
กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก
กระทรวงสาธารณสุข
Thailand Science Park, จ.ปทุมธานี

ศูนย์พัฒนากระบวนการผลิตเภสัชภัณฑ์และสมุนไพร
ศูนย์นวัตกรรมอาหาร ผลิตภัณฑ์สุขภาพ
และเกษตรครบวงจร จ.พิจิตร กรมมหาวิทยาลัย
อ.แก่งคอย จ.สระบุรี



***Supercritical Fluid CO₂ Extraction (Semi-Pilot) ; Capacity 20 L**
[*http://tdc-herbarium.dtam.moph.go.th/index.html](http://tdc-herbarium.dtam.moph.go.th/index.html)



****http://www.iscisaraburee.sc.chula.ac.th/?page_id=127**

102

102



103



104



105



106

3.3 บทที่ 3 : การวิเคราะห์และ ทดสอบสารสำคัญเป้าหมาย เพื่อการต่อยอดสู่เชิงพาณิชย์

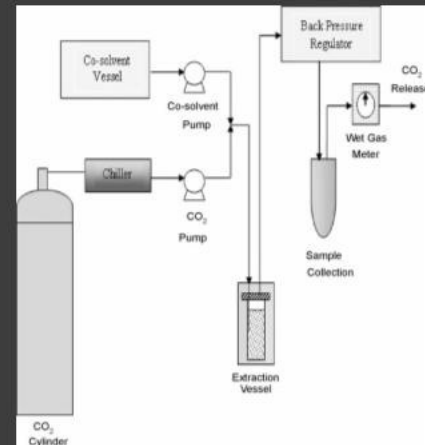




“การวิเคราะห์
และทดสอบสารสำคัญเป้าหมาย”

ใบหนฟ้าแลบ

Supercritical carbon dioxide extraction of bioactive flavonoid from *Strobilanthes crispus* (Pecah Kaca)



Food and bioproducts processing 8 8 (2 0 1 0) 319–326

107

Supercritical carbon dioxide extraction of bioactive flavonoid from *Strobilanthes crispus* (Pecah Kaca)

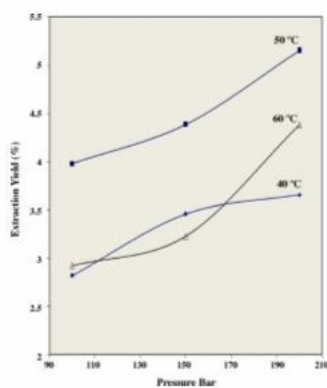


Fig. 3 – The effect of pressure on extraction yield (%) at constant temperature (°C).

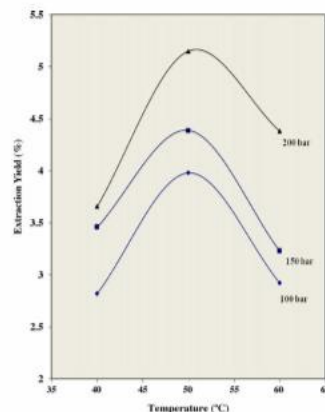


Fig. 4 – The effect of temperature on extraction yield (%) at constant pressure (bar).

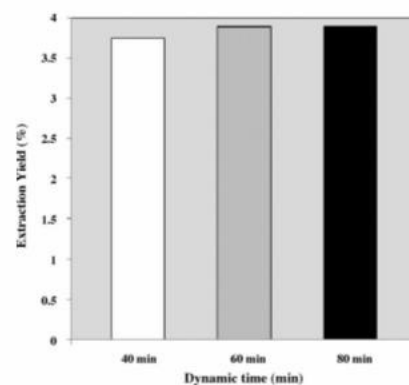


Fig. 5 – The effect of dynamic time (min) on the extraction yield.

Food and bioproducts processing 8 8 (2 0 1 0) 319–326

108

Supercritical carbon dioxide extraction of bioactive flavonoid from *Strobilanthes crispus* (Pecah Kaca)

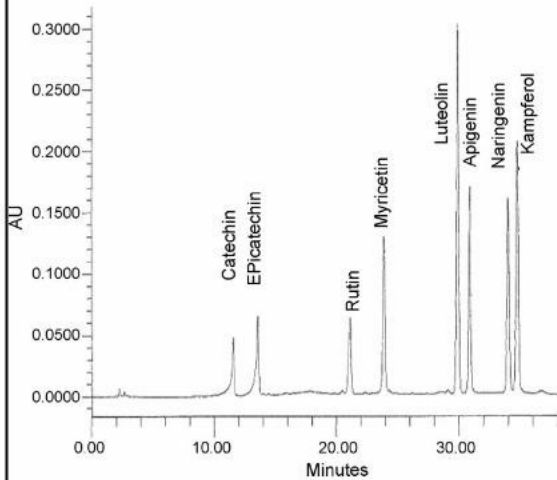


Table 3 – Regression equations and correlation coefficient for the eight flavonoid compounds of *S. crispus*.

Compound	Regression equation	r-seq (R^2)
(+)-Catechin	$y = 92411x + 12043$	$R^2 = 0.980$
(-)-Epicatechin	$y = 74400x + 11614$	$R^2 = 0.981$
Rutin	$y = 83102x + 10989$	$R^2 = 0.971$
Myricetin	$y = 60710x + 40411$	$R^2 = 0.991$
Luteolin	$y = 89534x + 13740$	$R^2 = 0.984$
Apigenin	$y = 99158x + 39264$	$R^2 = 0.975$
Naringenin	$y = 59479x + 44661$	$R^2 = 0.991$
Kamferol	$y = 72453x + 64850$	$R^2 = 0.998$

y: Peak area, x: content of each compound (ppm), r-seq: correlation coefficient.

Fig. 6 – HPLC flavonoid compounds chromatogram with retention time, catechin ($t_r = 11.38$), epicatechin ($t_r = 13.47$), rutin ($t_r = 20.60$), myricetin ($t_r = 23.84$), luteolin ($t_r = 29.98$), apigenin ($t_r = 30.88$), naringenin ($t_r = 33.73$) and kamferol ($t_r = 34.47$).

Food and bioproducts processing 88 (2010) 319–326

109

Supercritical carbon dioxide extraction of bioactive flavonoid from *Strobilanthes crispus* (Pecah Kaca)

Fig. 7 – HPLC chromatogram of SC-CO₂ extraction at minimum 100 bar, 40 °C and 40 min.

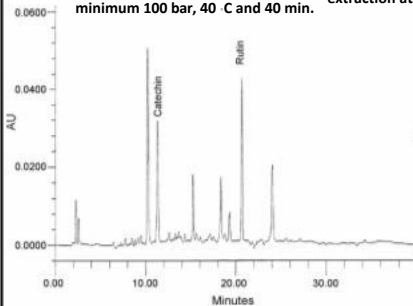


Fig. 8 – HPLC chromatogram SC-CO₂ extraction at optimization 200 bar, 50 °C and 60 min.

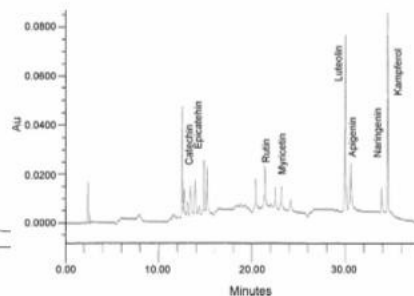


Fig. 9 – HPLC chromatogram of SC-CO₂ extraction at maximum 200 bar, 60 °C and 80 min.

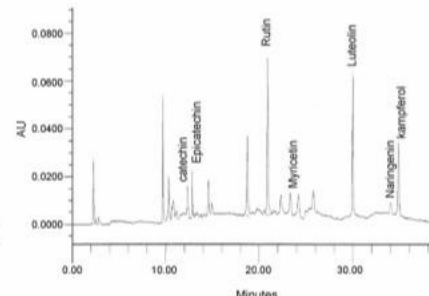


Table 4 – Identification and quantification of the flavonoid compounds extract from *S. crispus* by SC-CO₂ extraction under different conditions.

Pecah Kaca (<i>S. crispus</i>) extraction mode	Extraction yield (%)	Flavonoid content ^d (%)	Contents of flavonoid (mg/g)							
			Catechin (mg/g)	Epicatechin (mg/g)	Rutin (mg/g)	Myricetin (mg/g)	Luteolin (mg/g)	Apigenin (mg/g)	Naringenin (mg/g)	Kamferol (mg/g)
Minimum ^a	2.37	3.24	9.52	–	13.55	–	–	–	–	–
Optimum ^b	5.17	3.98	4.83	4.55	8.47	4.10	12.52	3.75	3.63	19.45
Maximum ^c	4.38	3.53	4.64	5.64	14.14	3.01	12.32	–	2.44	4.19

Flavonoid content (%) = [the amount of total flavonoids (mg)/the amount of crude extracts (mg)] × 100.

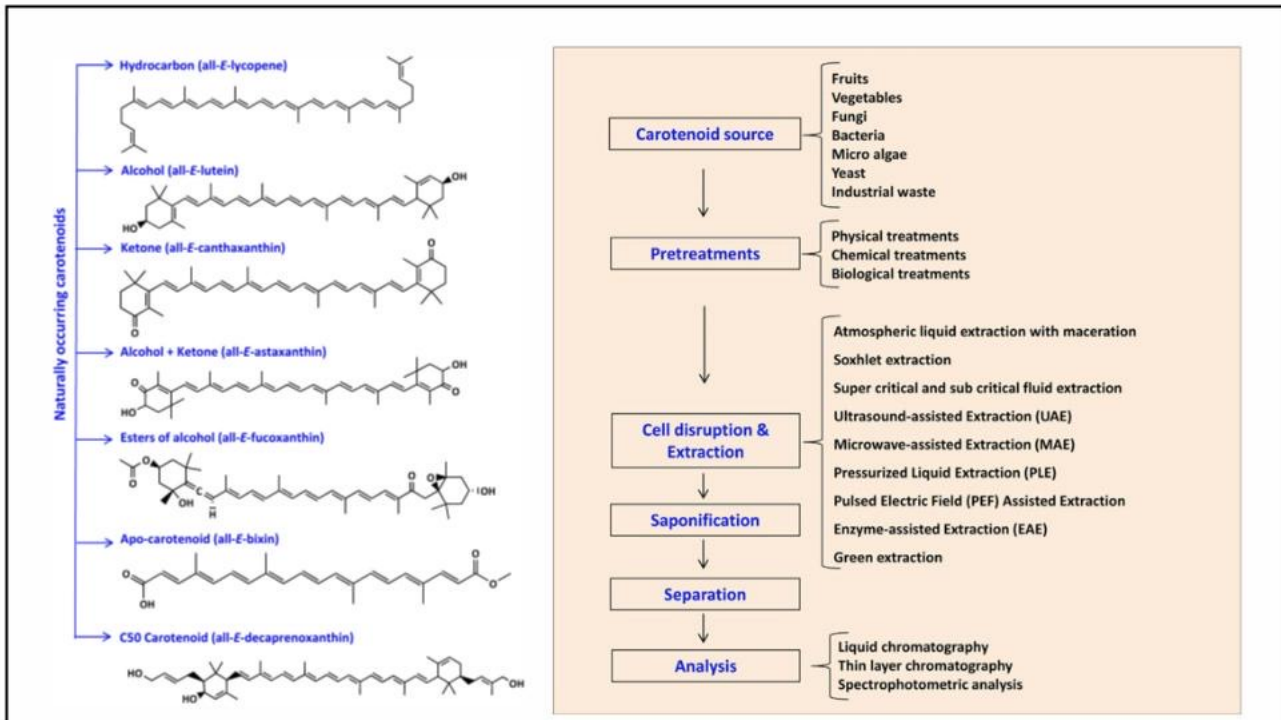
^a Minimum level of each studied parameter (100 bar, 40 °C and 40 min).

^b Optimum level of each studied parameter (200 bar, 50 °C and 60 min).

^c Maximum level of each studied parameter (200 bar, 60 °C and 80 min).

Food and bioproducts processing 88 (2010) 319–326

110



111

		SFE conditions				
Carotenoid class	Source	Pressure (MPa)	Temperature (°C)	Flow rate (mL/min)	Pretreatment/modifier (%)	Yield (%)
Carotenoids ^a	Lycopene	25	80	500		0.64
		4.47	86	2.5		38.0
		44.6	62	3.5		33.2
		40	100	1.5	Ethanol (14)	31.25 µg/g
		35	55	10 kg/h	Ultra sound	690 mg/100 g
	Lutein	46.8 MPa	65.9°C	10 kg/h	Co-solvent (1.5% of low chain glyceride)	1263.62 mg/100
		35.5	58.7	19.9 L/h	co-solvent (7.0% soybean oil)	1039.7 mg lutein /100 g
		40 MPa	60	—	Co-solvent (10% palm oil)	87.2 ± 4.4% total xanthophylls
	Canthaxanthin & Astaxanthin	40	70	3 mL/min	co-solvent (10% soybean or olive oil)	40%
		22–55	80	2–4 mL/min	co-solvent (7.5% Ethanol)	80.2%
Flavonoids ^{b,c,d}	Astaxanthin	19–32	313–333	—	co-solvent (4.10 mmol/mol triolein)	5.27 µmol/mol
	Fucoaxanthin	20	100	2.5 mL/min	co-solvents methanol, acetonitrile, ethyl-acetate	1–2 µg/100 g
	Apo-carotenoid	20–50	40–55	—	—	0.26 mg/g CO ₂
	Quercetin & Rutin	33.2	50	—	Co-solvent - 15% v/v Methanol	92% Quercetin 76% Rutin
	flavonol content	10–30	40–60	2 L/min	60%–90%, ethanol:water 0.4 mL/min	41.96 mg/g
Total flavonoids	Abelmoschus manihot (L.)	33.4	46	20 L/h	85% aqueous ethanol	15.17 ± 0.69 mg/g

^aGreen Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817388-6.00017-9>

^bJournal Of Liquid Chromatography & Related Technologies 26(15):2517–2533, 2003, ^cMolecules 2016, 21, 810, ^dFood and bioproducts processing 90(2012):579–587

112


 US 20050266132A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication** (10) **Pub. No.: US 2005/0266132 A1**

Temelli et al. (43) **Pub. Date: Dec. 1, 2005**

(54) **SUPERCRITICAL CARBON DIOXIDE EXTRACTION OF CAROTENOIDS FROM NATURAL MATERIALS USING A CONTINUOUS CO-SOLVENT**

(76) Inventors: **Feral Temelli, Edmonton (CA); Mei Sun, Edmonton (CA)**

Correspondence Address:
GARDNER GROFF, P.C.
2018 POWERS FERRY ROAD
SUITE 800

Related U.S. Application Data

(60) Provisional application No. 60/575,380, filed on Jun. 1, 2004.

Publication Classification

(51) **Int. Cl.⁷** **A23L 1/27**
 (52) **U.S. Cl.** **426/478**

(57) **ABSTRACT**

A method for separating carotenoids from carotenoid-containing material comprising sizing a carotenoid-containing

113


 US 20140035180A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication** (10) **Pub. No.: US 2014/0035180 A1**

Bhartia et al. (43) **Pub. Date: Feb. 6, 2014**

(54) **SINGLE STAGE LUTEIN ESTER EXTRACTION FROM TAGETES SPECIES-MARIGOLD FLOWER MEAL**

(75) Inventors: **Uma Shankar Bhartia, New Delhi (IN); Gopu Bala Show Reddy, Noida (IN)**

(73) Assignee: **India Glycols Limited, Udham Singh Nagar (IN)**

(21) Appl. No.: **13/979,972**

(22) PCT Filed: **Jan. 12, 2012**

(86) PCT No.: **PCT/IN2012/000033**
 § 371 (c)(1),
 (2), (4) Date: **Sep. 27, 2013**

(30) **Foreign Application Priority Data**

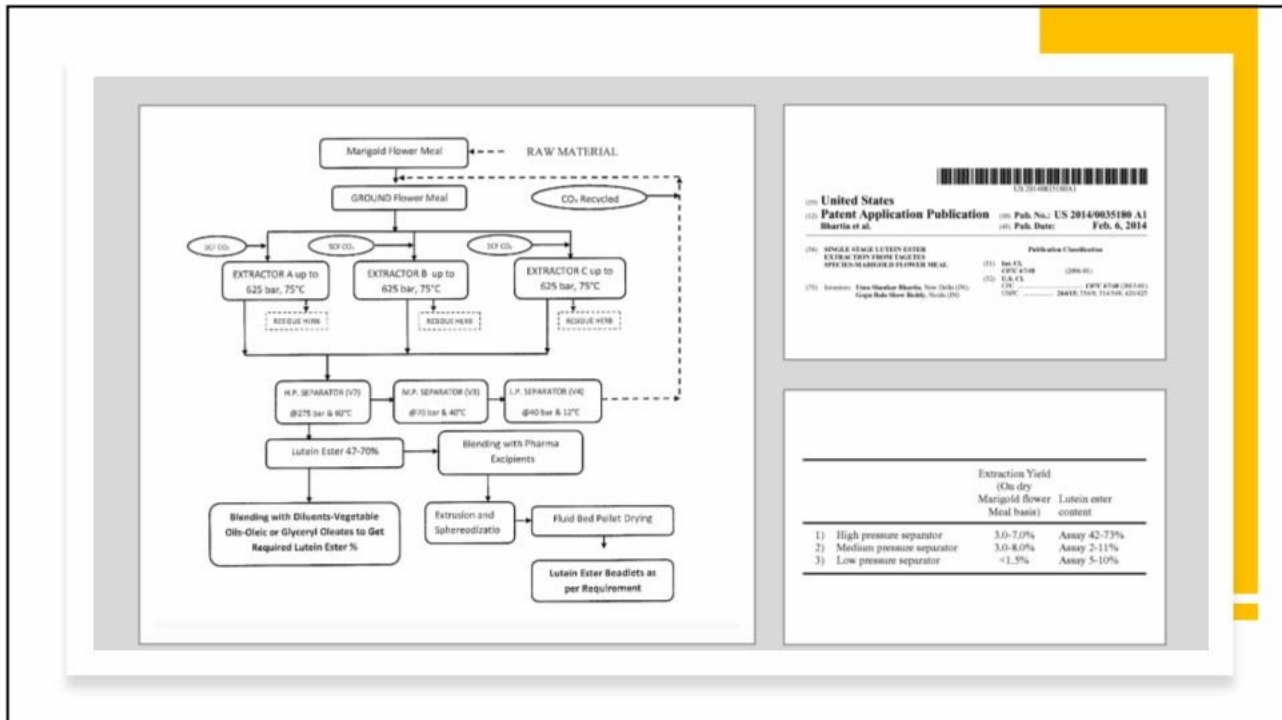
Publication Classification

(51) **Int. Cl.** **C07C 67/48** (2006.01)
 (52) **U.S. Cl.** **C07C 67/48** (2013.01)
 CPC **264/15; 554/8; 514/548; 426/425**
 USPC

(57) **ABSTRACT**

A single stage straight forward process for extraction and isolation of lutein ester from the dried petals of marigold flowers Tagetes species using the carbondioxide as the supercritical fluid was developed. The pressure maintained for the extraction was up to 625 bar and at temperature up to 750 Centigrade. Lutein ester of high strength and purity up to 70% was achieved for the first time in single stage from the dried petals of marigold flowers-Tagetes species while enrichment of the lutein ester content up to 98% was achieved by crystallization of the lutein ester obtained from supercritical carbon dioxide extract (SCFE). The high strength and purified lutein ester isolated by supercritical fluid-single stage extraction process are free from saturated fat, oil, waxy impurities

114



115

(12) **United States Patent**
Prasitchoke et al.

(10) **Patent No.:** **US 9,012,698 B2**
(45) **Date of Patent:** **Apr. 21, 2015**

(54) **METHOD OF EXTRACTING LUTEIN/XANTHOPHYLLS FROM NATURAL MATERIALS AND HIGHLY PURIFIED LUTEIN/XANTHOPHYLLS OBTAINED FROM THE METHOD THEREOF**

(75) **Inventors:** **Phatthanon Prasitchoke**, Bangkok (TH); **Chaya Chandavas**, Bangkok (TH); **Artiwan Shotipruk**, Bangkok (TH); **Panatpong Boonnoun**, Bangkok (TH)

(73) **Assignees:** **PTT Global Chemical Public Company Limited**, Bangkok (TH); **Chulalongkorn University**, Bangkok (TH)

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

4,466,923 A	8/1984	Friedrich
5,120,558 A	6/1992	Nguyen et al.
5,780,693 A	7/1998	Bernhard et al.
5,932,101 A	8/1999	Kanel et al.
6,262,284 B1	7/2001	Khachik
6,350,890 B1	2/2002	Kiy et al.
6,689,400 B2	2/2004	Majeed
6,737,552 B1	5/2004	Crombie
7,214,379 B2	5/2007	Sadano et al.
7,351,424 B2	4/2008	Ornelas-Cravioto et al.
2004/0267033 A1	12/2004	Rao et al.

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

CN	1364831	8/2002
WO	2004018417	3/2004
WO	2005068409	7/2005

116

Aromatic mediterranean herbs/spices

Rosemary (*Rosmarinus officinalis*)



Extraction method

at 150 bar using 6.6% ethanol (as modifier) and 400 bar with neat CO₂. In both cases, the extraction temperature was 40 °C.

Main BACs

Carnosol, carnosic acid, rosmadial, rosmanol, genkwanin, homoplantagin, scutellarein, cirsimaritin and rosmarinic acid (determined 59 compounds)

Method analysis

HPLC–DAD–ESI–TOF–MS (negative and positive mode)



Food Research International 113 (2018) 245–262

117



118

3.4 บทที่ 4 : หลักการทำงานของเครื่องจักร สำหรับสกัด

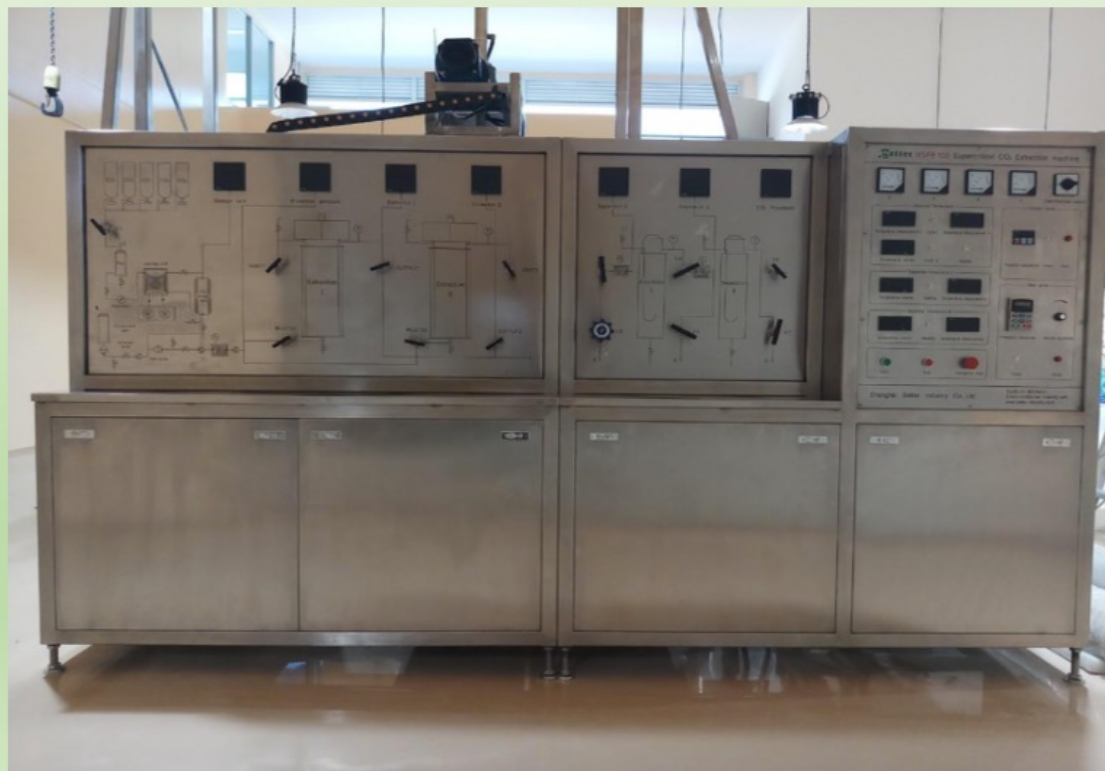


Better

上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd



Supercritical Fluid Extraction HSFE 100

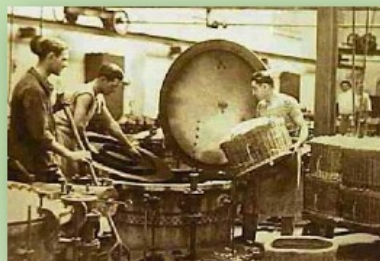


84

Better 上海煜达实业有限公司
 Shanghai Better Industry Co.,Ltd



Extraction Technology

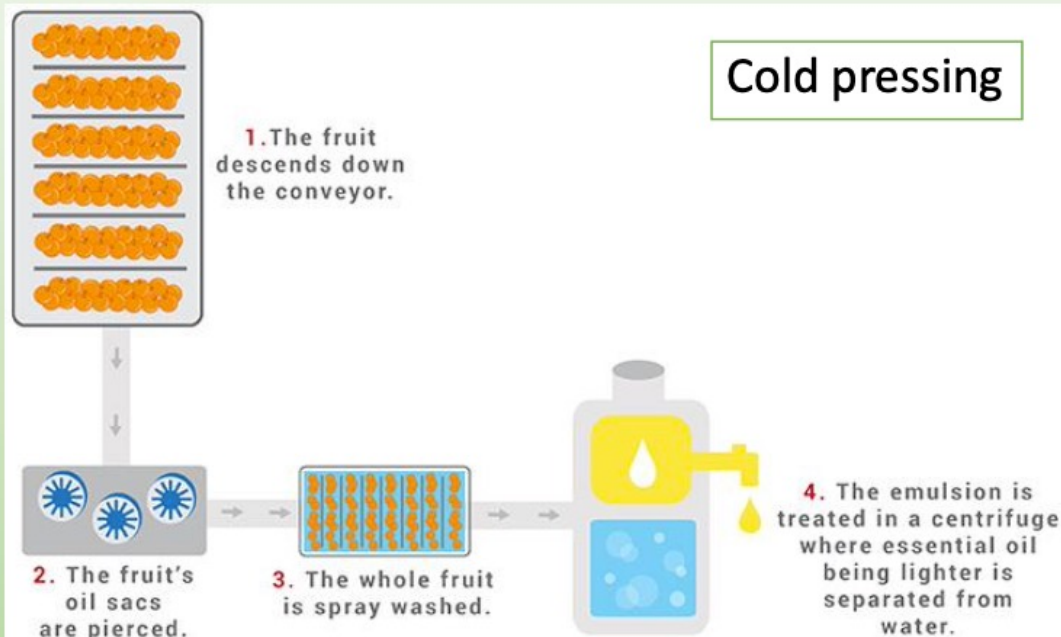


<https://essentialoils.co.za/>
https://jxysy.en.alibaba.com/?spm=a2700.md_th_TH.cordpanyb.2.55d81012YD8vfu

Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co.,Ltd



Expression extraction



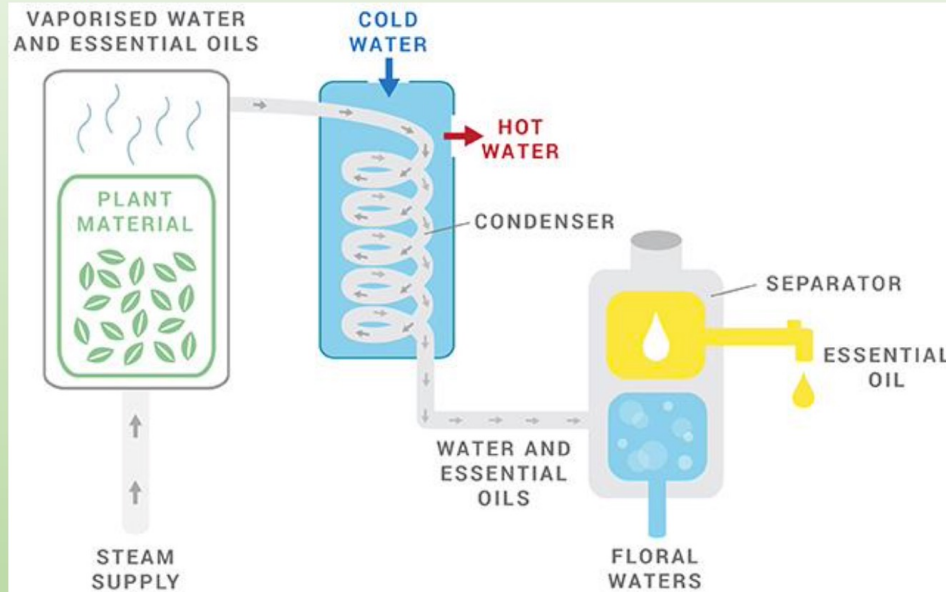
- Expression is most commonly used to obtain oils from citrus fruits
- No solvent residue in the extract
- Safe for thermal sensitive compound



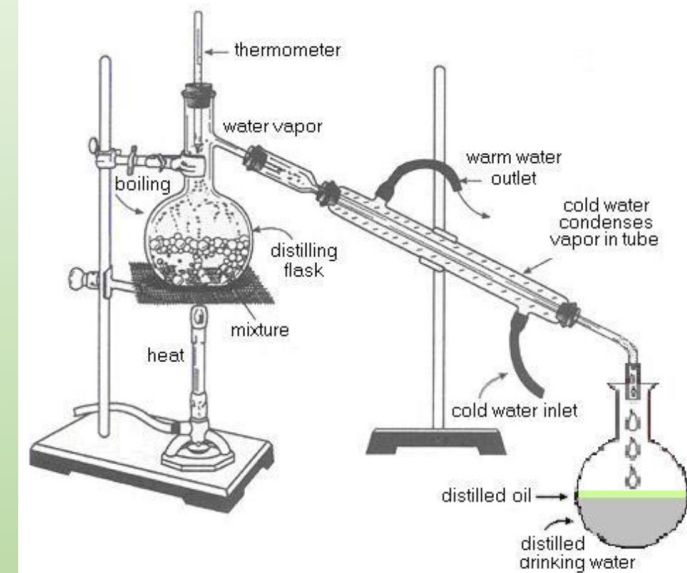
- The oil yield is not high.
- Most of the raw materials are not suitable.
- Impurity product

<https://www.newdirectionsaromatics.com/blog/articles/how-essential-oils-are-made.html>

Steam Distillation and Water Extraction



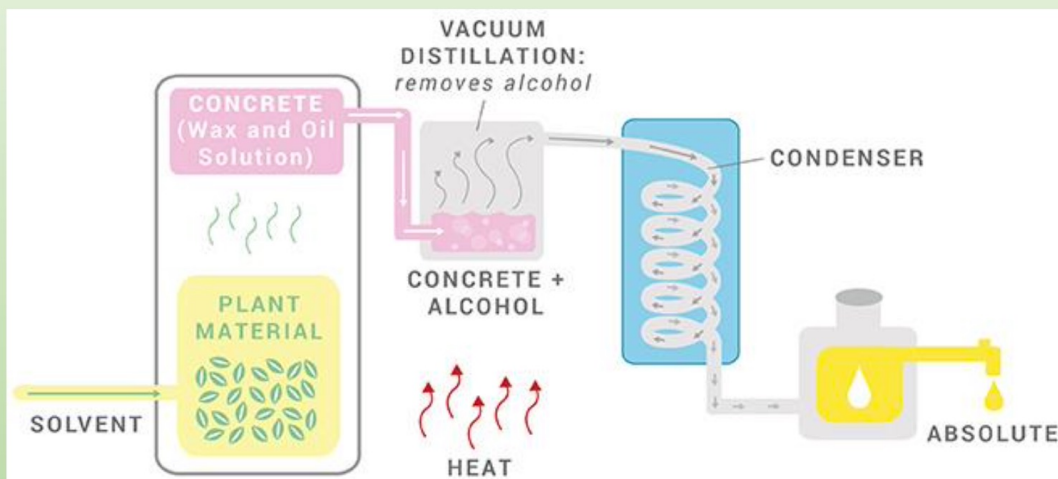
- Popular method for obtaining essential oils from medicinal and aromatic herbs
- Good for water-soluble plant compounds such as Juniper berry, Almond seed and Cedar wood



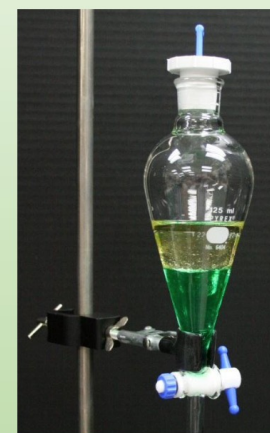
- Only suitable for the extraction of high temperature stable compound
- Take long times for extract and separate water from product

<https://www.newdirectionsaromatics.com/blog/articles/how-essential-oils-are-made.html>

Solvent Extraction



- Simple, easy method and Inexpensive
- Specific solvent for selective compound
- High performance extraction



Liquid-liquid Extractor

Pressurized Solvent Extractor



- Uses large amounts of solvent
- Thermal decomposition of heat sensitive compound
- Residue solvent after processed

<https://www.newdirectionsaromatics.com/blog/articles/how-essential-oils-are-made.html>

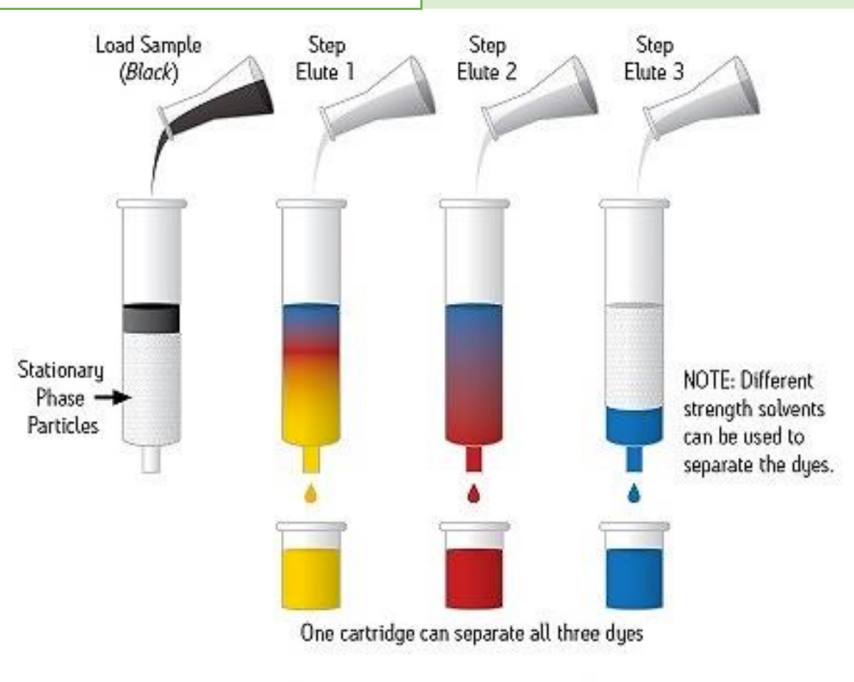
Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd



89

Adsorption Extraction

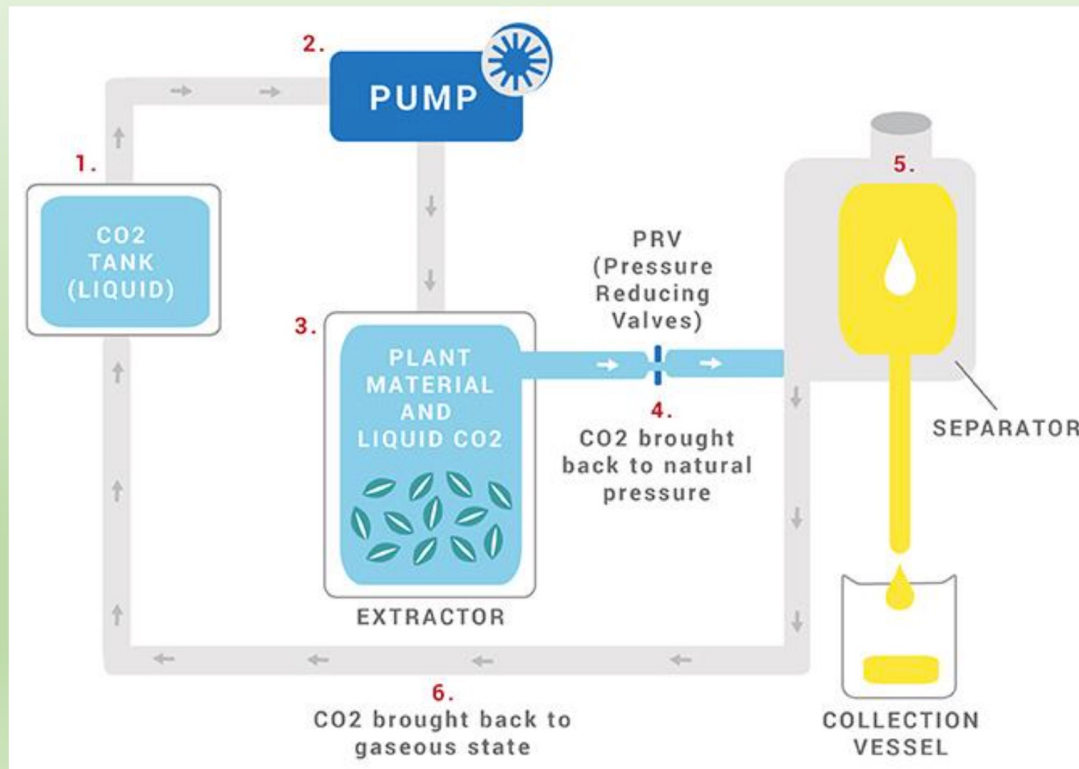
Solid Phase Extraction



- Specific solvent for selective compound
- High Purity compound
- Low solvent used per batch

- Many consumable used
- Yield per batch is not high
- Residue solvent after processed

Supercritical CO₂ Extraction



- Fast Extraction and high yield per batch
- No solvent residue in the extract
- Continuous process after extracted
- Low temp. extraction which safe for thermal sensitive compound
- CO₂ Tunable

<https://www.newdirectionsaromatics.com/blog/articles/how-essential-oils-are-made.html>

Better

上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd



91

What is a Supercritical Fluid





上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd



Supercritical Fluid (SCF)

Not a gas...

Not a liquid...

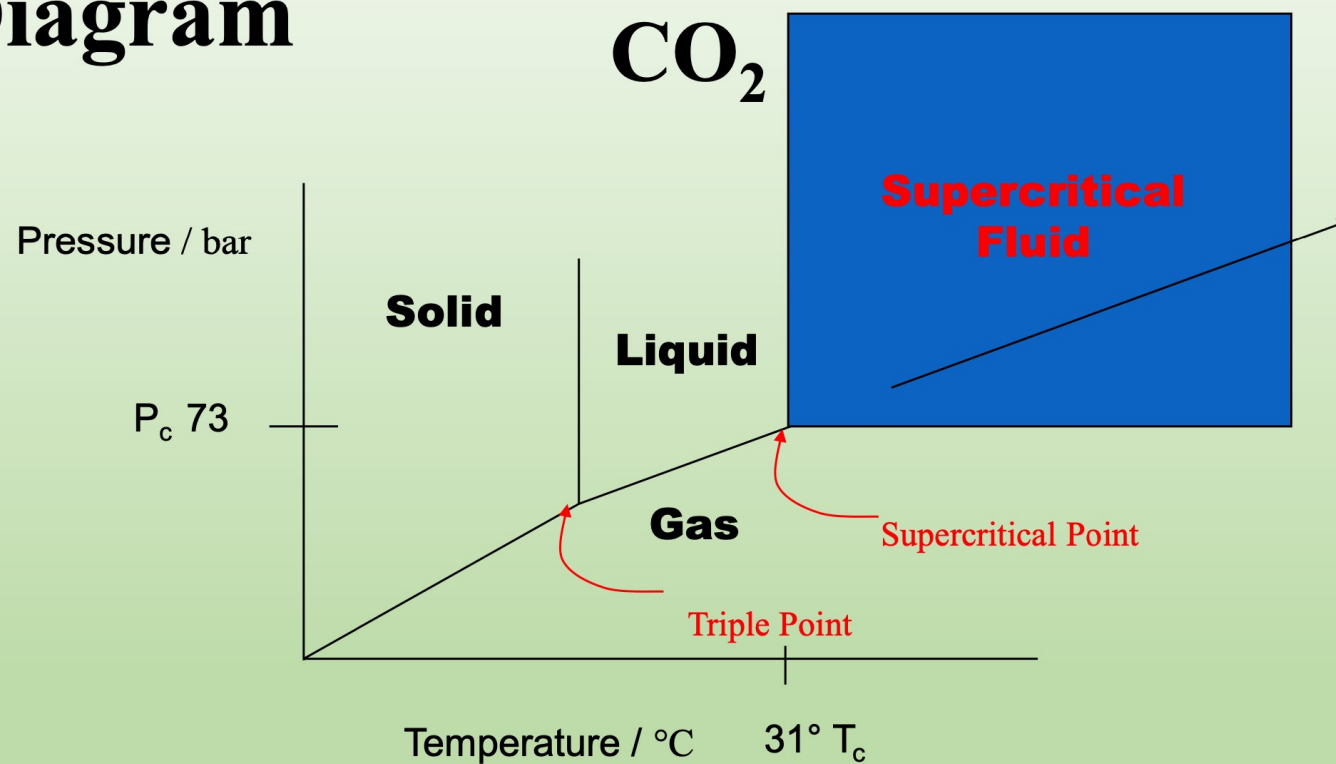
But with the advantages of both!

- Density to dissolve
- Permeability

Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd



Phase Diagram



93

Critical Conditions of Various Solvents

Solvent	Critical Temperature (°C)	Critical Pressure (BAR)
Carbon Dioxide	31.1	73.8
Chlorotrifluoromethane	28.9	39.2
Propane	96.7	42.5
Cyclohexane	280.3	40.7
Isopropanol	235.2	47.6
Ethanol	243.4	72
Toluene	318.6	41.1
Water	374.2	220.5

Carbon Dioxide

CO_2 is the gas most commonly used as a supercritical fluid.

CO_2 is:

- Safe, environmentally friendly
- Inexpensive, readily available
- No residue
- Mild Conditions
- Tunable

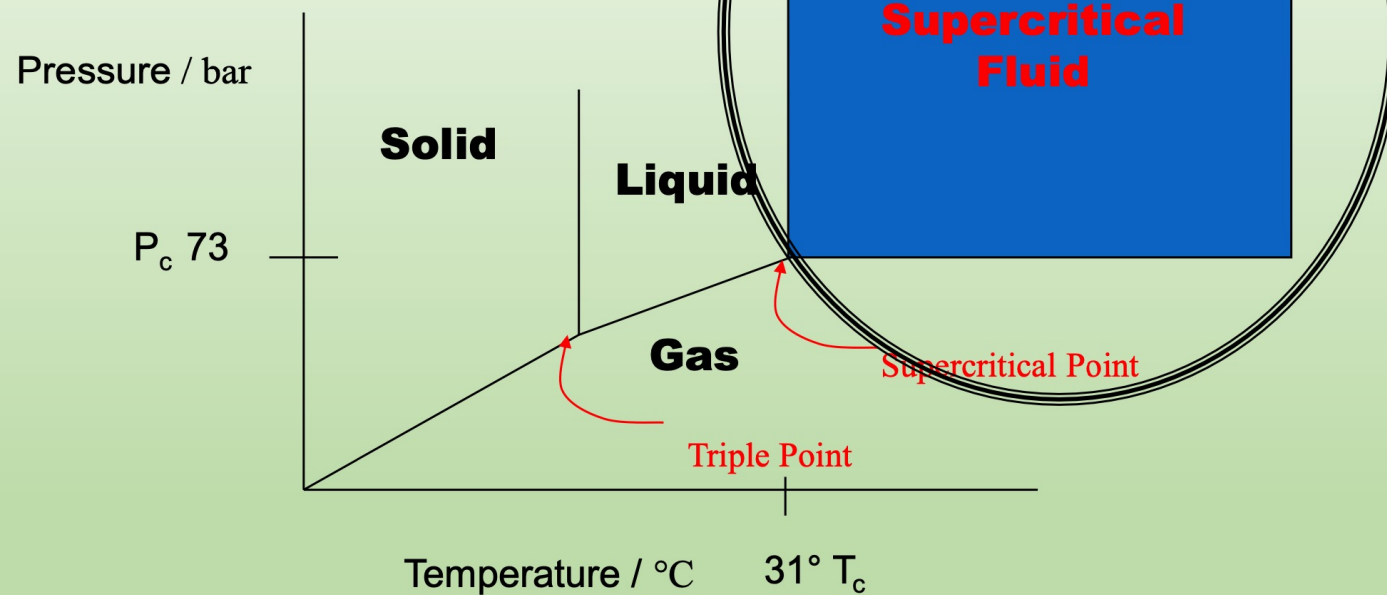
Tunable

?

Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd



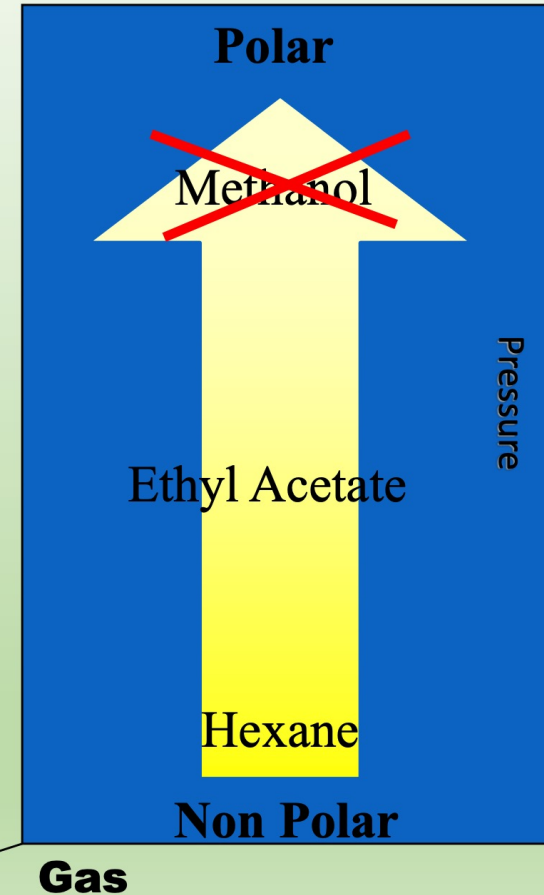
Phase Diagram



96

Carbon Dioxide a Tunable Solvent

Increasing the pressure
increases the density
and makes the
supercritical CO₂
simulate greater polarity.



Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd



Supercritical Fluid Extraction Se-ed SFE 2



**Applied
Separations**

Supercritical Fluid Extraction Se-ed SFE 2



**Applied
Separations**

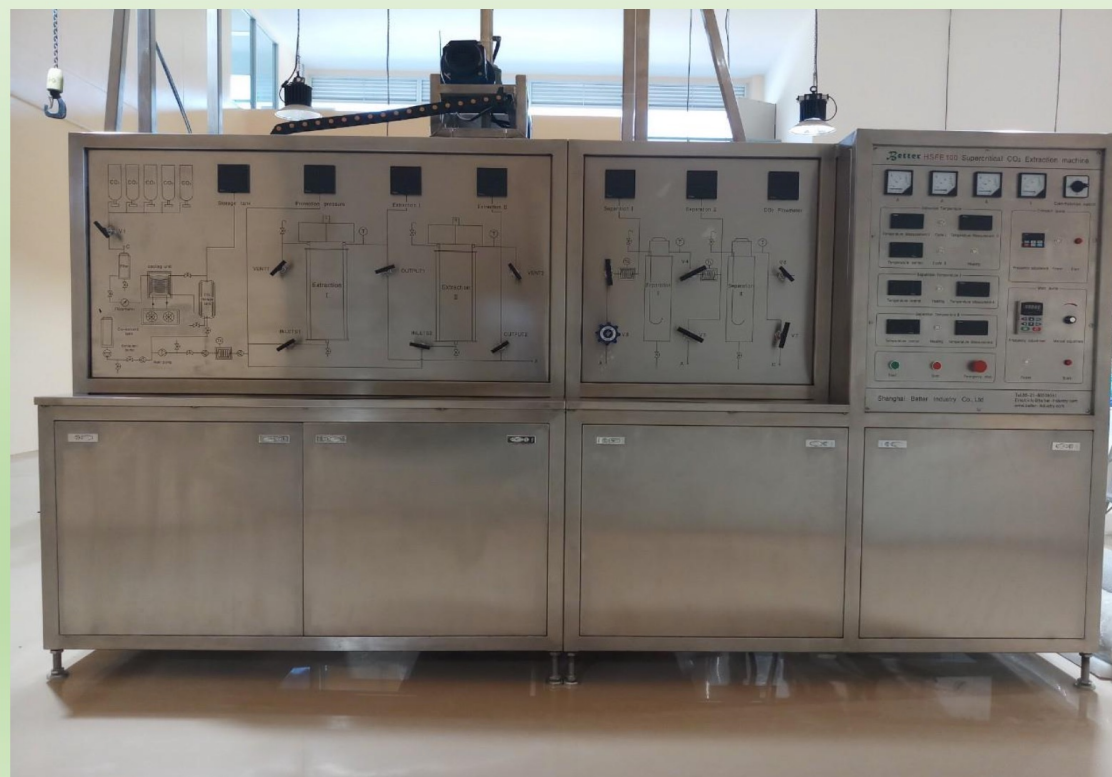


Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd



99

Supercritical Fluid Extraction HSFE 100



Better

上海煜达实业有限公司

Shanghai Better Industry Co., Ltd



Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co.,Ltd



Our Story



Shanghai Better Industry Co.,LTD (HK) was founded

Our Story



Shanghai Better Industry Co.,LTD (SHanghai) was founded

Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co.,Ltd



102



Supercritical CO2 Extractor Unit



Supercritical CO2 Cinnamon Oil
Extraction Machine



48L Supercritical CO2 Oil Extraction
Machine/Equipment



Small CO2 Extraction Machine



Supercritical CO2 Neem Oil Extraction
Machine



Supercritical CO2
Density, Cycle, Properties Machinery



50Lx6 Supercritical CO2 CBD Extraction
Equipment

Better 上海煜达实业有限公司
 Shanghai Better Industry Co.,Ltd



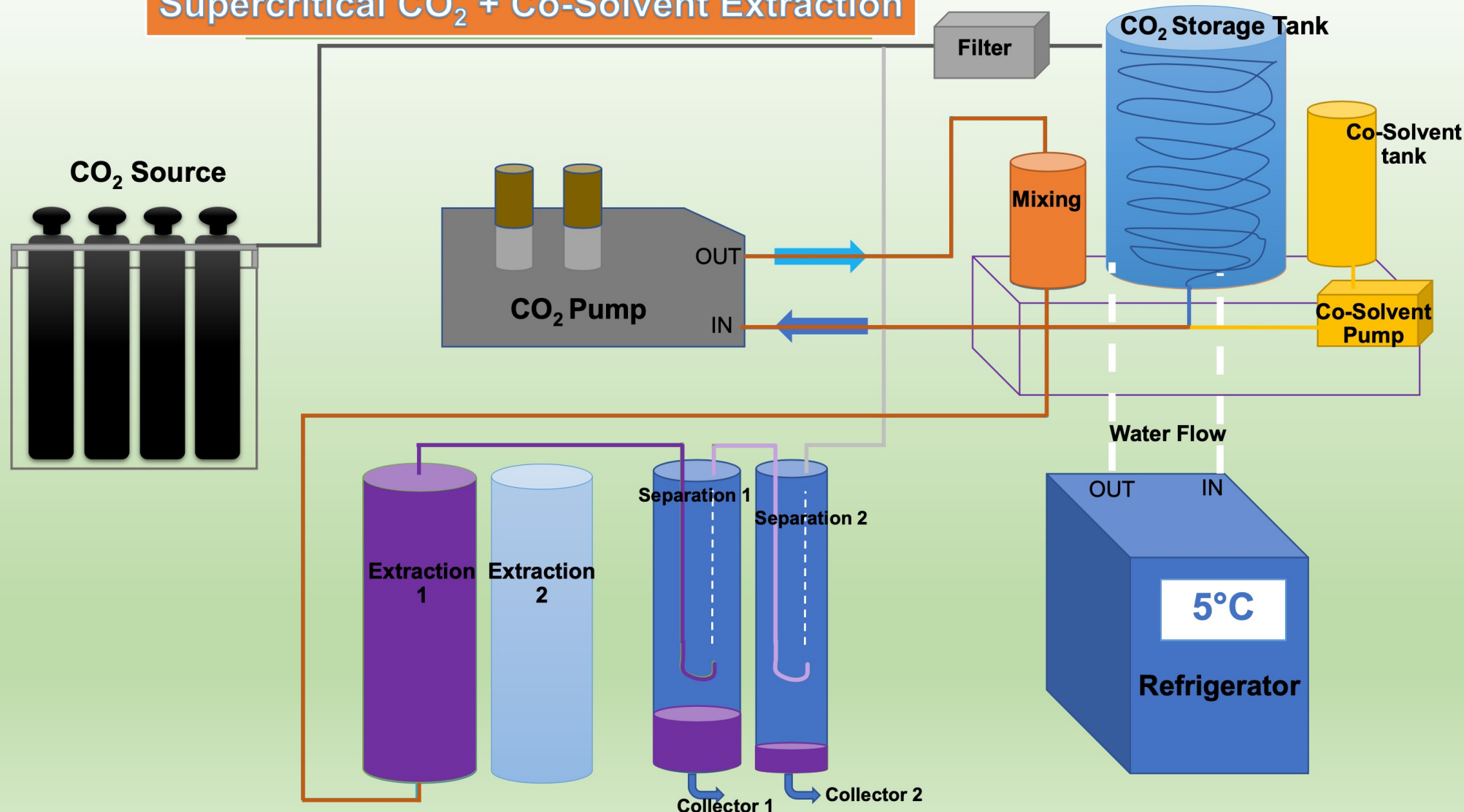
Our Story



Shanghai Better Industry Co.,LTD (SHanghai) was founded



Supercritical CO₂ + Co-Solvent Extraction



104

Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co.,Ltd



CO₂ Tank



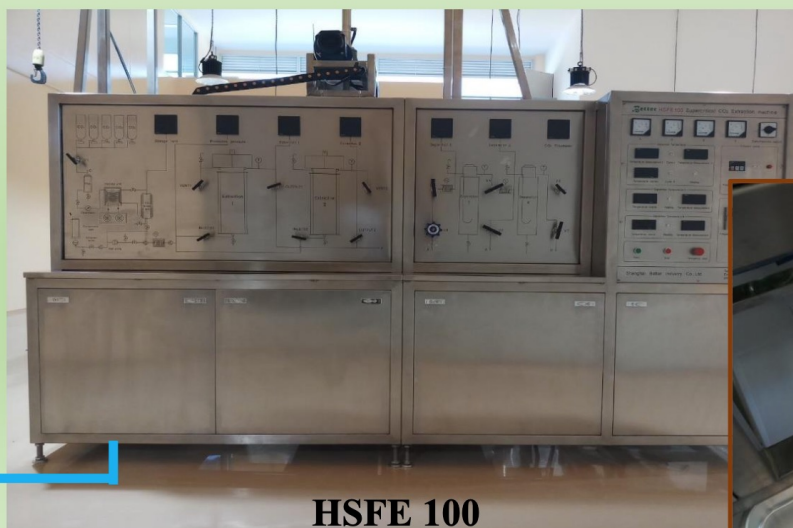
**CO₂ Pump,
Main pump**



CO₂ storage tank



**Co-solvent pump,
Entrainer pump**



HSFE 100



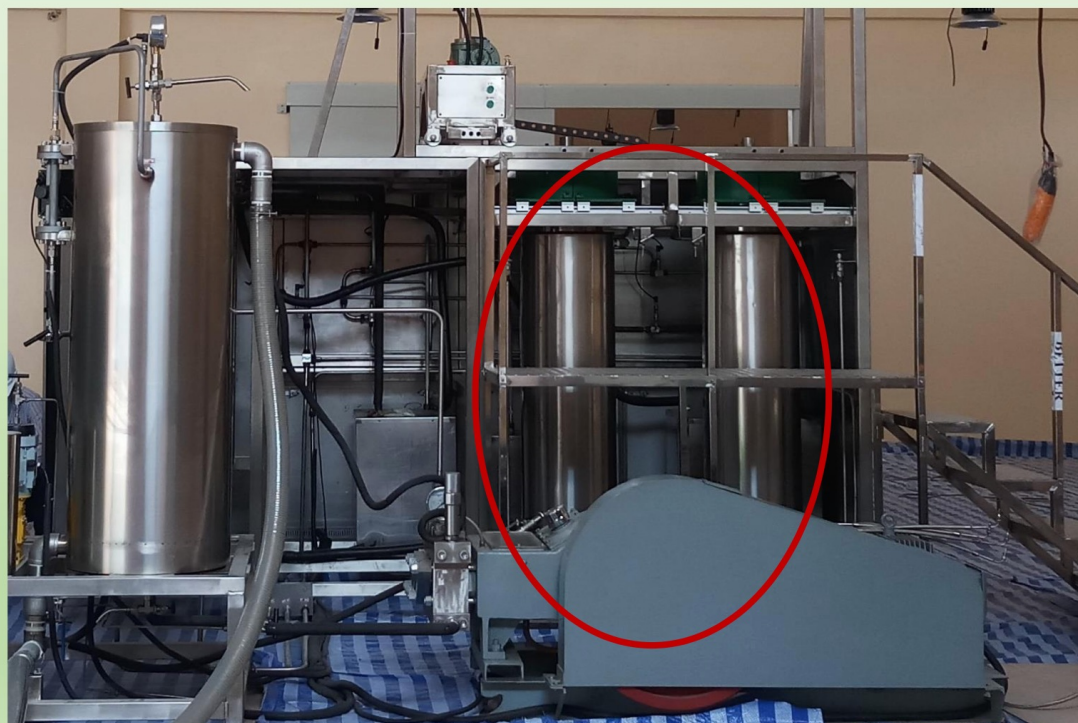
Chiller

Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co.,Ltd



106

Extraction I,II



Extractor

Better

上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd



107

การเตรียมตัวอย่างก่อนสกัด

- ตัวอย่างที่นำมาสกัดต้องมีความชื้นน้อยกว่า 10 %
หรือ ผ่านการ ตากแห้ง oven, Vacuum oven, Freeze dry
- ตัวอย่างต้องผ่านการ บด หั่น ให้ละเอียด เพื่อช่วยให้สกัดได้ดี
- การ pack ตัวอย่างต้องใส่เต็ม หรืออย่างน้อย $\frac{3}{4}$ ของ Extractor

Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd



108

ตัวอย่าง รำข้าว
ประมาณ 18 กิโลกรัม



Pack ตัวอย่างลง 50L Extractor



Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd



นำ Extractor เข้าเครื่อง



ควรเช็ด ทำความสะอาด
ไม่ให้มีเศษตัวอย่างติดที่ Extractor



ควรระวังไม่ให้ Extractor เอียง
เพราะ seal อาจเสียสภาพได้เร็วขึ้น

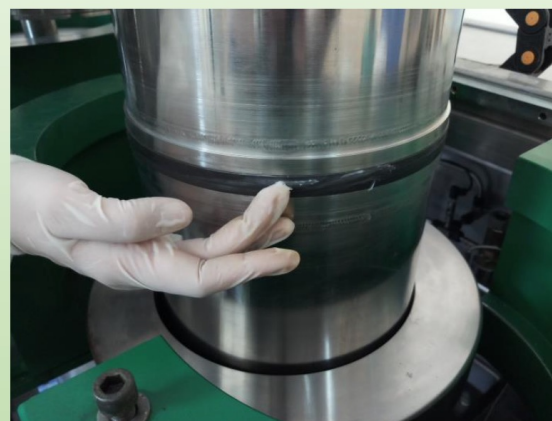
Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co.,Ltd



นำ **Extractor** เข้าเครื่อง



ค่อยๆ ใส่ **Extractor** ลงไป



Seal บริเวณ **Extractor**



Seal บริเวณ **Cover**

ควรใช้ **grease** ทาบริเวณ **seal**

- เพื่อป้องกันไม่ให้ **leak** และ
- ไม่ติดเวลานำ **Extractor** ออกจากเครื่อง

Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co.,Ltd



นำ Extractor เข้าเครื่อง



กดปุ่มควบคุมการปิด Cover
ระวังให้ปิดลงมาตรง ๆ ไม่เอียง



Lock บริเวณ Cover
ให้เรียบร้อย

Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd

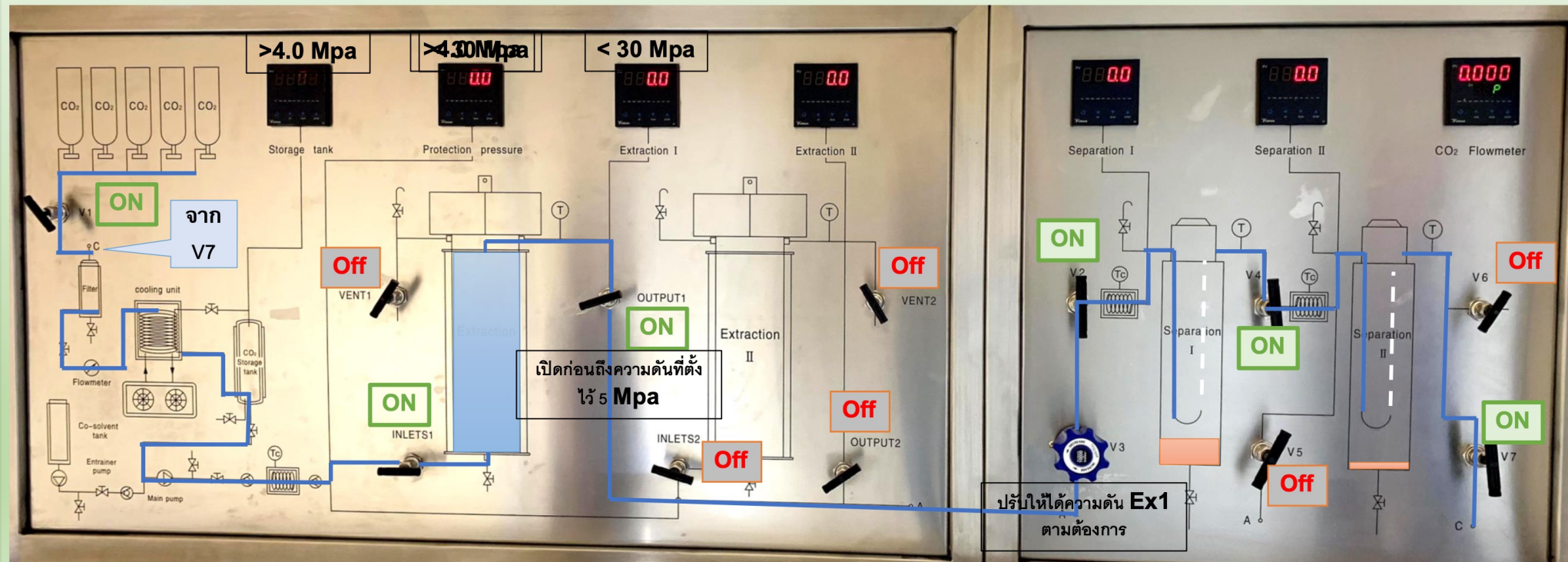


ขั้นตอนการเริ่มสกัด Extraction 1

112

Main pump

Main pump



Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd



**Extraction ตาม
condition ที่เหมาะสม**



ควรขอให้สภาวะการสกัดนิ่งคงที่



ไม่ควรทิ้งเครื่องไปนาน ๆ ควร
ประเมินเวลาการเก็บสารสกัด



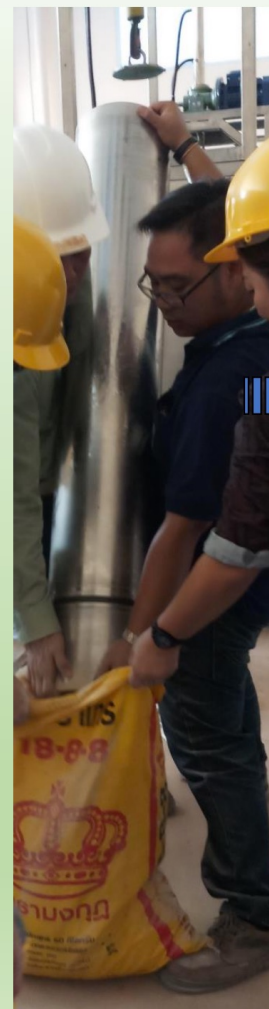
Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co., Ltd



Cleaning CIP/COP



ใส่ **Ethanol**
ปริมาตร 5 ลิตร



Cleaning with detergent or ethanol

Better 上海煜达实业有限公司
Shanghai Better Industry Co.,Ltd



ตัวอย่างการสกัดด้วยเทคนิค Supercritical Fluid Extraction



Extractor ขนาด 5L



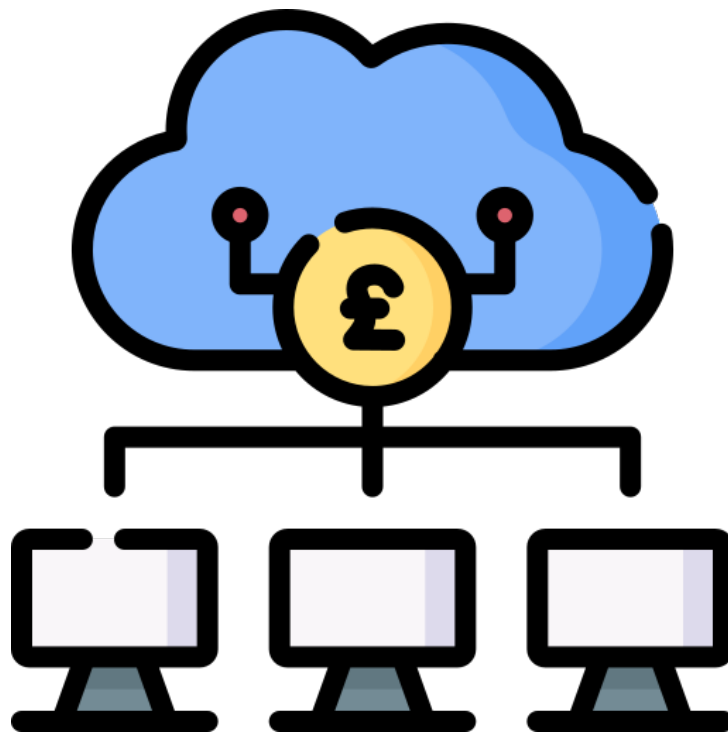
ตัวอย่างใบชา



บทที่ 4 : แบบทดสอบและ ประเมินผลหลังเรียน



4.1 แบบทดสอบหลัง พัฒนาทักษะ (Post-Test)



ส่วนที่ 1 ลงทะเบียน

1. กรุณารกรอกชื่อ-นามสกุล.....
2. สถานประกอบการ.....
3. Email.....
4. เบอร์โทร.....

ส่วนที่ 2 แบบทดสอบหลังพัฒนากั๊กะ (Post-Test)

- คำชี้แจง 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ 10 คะแนน
2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การสกัด (extraction) หมายถึงข้อใด

- ☐ กระบวนการแยก (separation) โดยใช้ความร้อนเป็นตัวทำละลาย
- ☐ กระบวนการแยก (separation) โดยใช้ของเหลวอีกรชนิดหนึ่งเป็นตัวทำละลาย
- ☐ กระบวนการแยก (separation) โดยใช้ไอน้ำเป็นตัวทำละลาย
- ☐ ไม่มีข้อใดถูก

2. วิธีการใดต่อไปนี้นักใช้ในการแยกสาร (separation)

- ☐ การกลั่น
- ☐ การตกตะกอน
- ☐ การสกัดด้วยตัวทำละลาย
- ☐ ถูกทุกข้อ

3. ข้อใดต่อไปนี่ที่ทำให้การสกัดโดยใช้ Supercritical CO₂ แตกต่างจากการสกัดด้วยวิธีอื่น ๆ

- ☐ การสกัดโดยใช้ supercritical CO₂ มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าการสกัดวิธีอื่น
- ☐ การสกัดโดยใช้ supercritical CO₂ มีความสะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีอื่น
- ☐ สารสกัดที่ได้จากวิธีนี้ มีปริมาณมากกว่าวิธีอื่น
- ☐ สารสกัดที่ได้จากวิธีนี้ มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภคมากกว่าวิธีอื่น

4. ข้อใดคือผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระบวนการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ สารสำคัญ เช่น คาเฟอีน
- ☐ น้ำมันหอมระเหย
- ☐ น้ำมัน
- ☐ ถูกทุกข้อ

5. คาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสกัดแบบ Supercritical CO₂ อยู่ในสถานะใด

- ☐ ของแข็ง และของเหลว
- ☐ ของเหลว และแก๊ส
- ☐ แก๊ส และของแข็ง
- ☐ ถูกทุกข้อ

6. ข้อใดคือข้อดีของการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ ประสิทธิภาพในการสกัดสูง
- ☐ การปนเปื้อนต่ำ
- ☐ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- ☐ ถูกทุกข้อ

7. ข้อใดคือข้อจำกัดของสภาวะกระบวนการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ ต้องทำภายใต้สภาวะความดันต่ำ
- ☐ ต้องทำภายใต้สภาวะความดันสูง
- ☐ ต้องทำภายใต้สภาวะสุญญากาศ
- ☐ ต้องทำที่อุณหภูมิห้อง

8. ข้อใดคือข้อจำกัดของกระบวนการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ ต้องใช้เครื่องสกัดเฉพาะ
- ☐ ต้องควบคุมอุณหภูมิและความดันให้คงที่
- ☐ ต้นทุนในการสกัดสูงกว่าการสกัดแบบกลั่น
- ☐ ถูกทุกข้อ

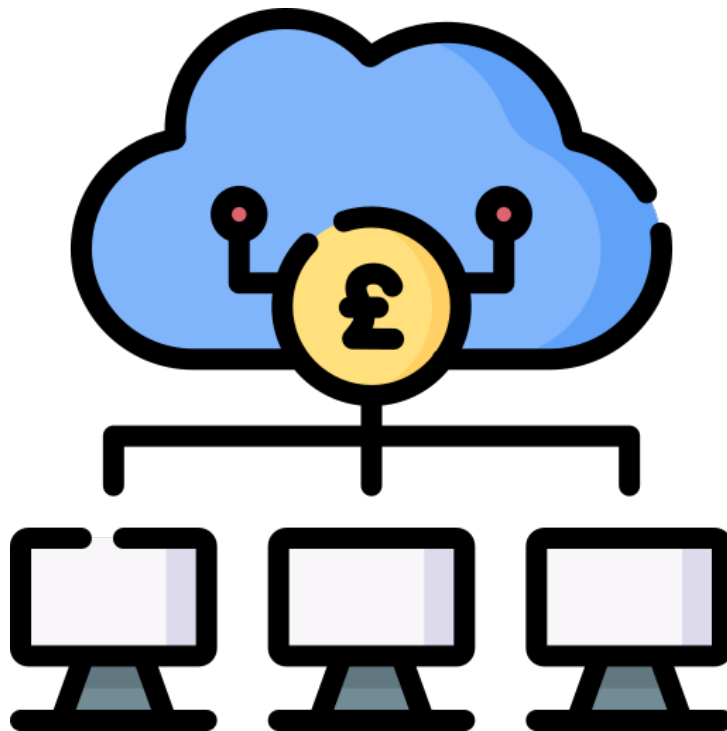
9. ข้อใดไม่ใช่การเตรียมตัวอย่างก่อนสกัด

- ☐ ตัวอย่างต้องนำมาผ่านการทำให้แห้งก่อนสกัด
- ☐ ตัวอย่างต้องผ่านการ บด หั่นให้ละเอียดก่อนสกัด
- ☐ ตัวอย่างต้องผ่านการทำให้แห้งก่อนสกัด
- ☐ ต้องบรรจุตัวอย่าง อย่างน้อย ¼ ของถังExtractor

10. ข้อใดเป็นปัจจัยพื้นฐานในการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ อัตราการไหล
- ☐ ระยะเวลาการสกัด
- ☐ ความดันและอุณหภูมิ
- ☐ ถูกทุกข้อ

4.2 แบบประเมินทักษะหลังการพัฒนา ทักษะ (Post-Embedded Skill)



ส่วนที่ 1 สำหรับ ผู้เรียน
1.1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อ-นามสกุล

ชื่อสถานประกอบการ

1.2 เปรียบเทียบความรู้และทักษะที่ได้รับหลังเข้าร่วมพัฒนาทักษะ กับ พื้นฐานความรู้เดิม

() ได้พัฒนาทักษะใหม่ที่เพิ่มเติมและเป็นประโยชน์ มากกว่าความรู้เดิม () ไม่ได้รับการพัฒนาทักษะ

1.3 ความพึงพอใจต่อหลักสูตรพัฒนาทักษะ:

() พึงพอใจมากที่สุด () พึงพอใจมาก () พึงพอใจปานกลาง () พึงพอใจน้อย

ส่วนที่ 2 สำหรับ เจ้าของกิจการ หรือ หัวหน้างาน
2.1 การประเมินผู้เรียน
ความหมายระดับคะแนน

0 = Beginner	ไม่มีความรู้ ไม่มีทักษะ
1 = Learner	มีความเข้าใจในทฤษฎีเบื้องต้น
2 = Practitioner	มีความเข้าใจในทฤษฎีอย่างเต็มที่ มีความรู้ด้านปฏิบัติเล็กน้อย สามารถตอบคำถามหรือ แก้ไขปัญหาที่ไม่ซับซ้อนได้
3 = Experienced	มีความเข้าใจในทฤษฎีและปฏิบัติอย่างเต็มที่ สามารถประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ไขปัญหา ซับซ้อนปานกลางได้
4 = Embedded	เกิดทักษะติดตัว สามารถเชื่อมโยงความรู้ในการแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนมากได้ และ สามารถกำหนดแผนเพื่อปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานในองค์กรได้และ นำไปสู่การต่อยอดเพื่อลงมือทำจริง
5 = Broaden	เกิดทักษะอย่างทอ่งแท้ในระดับผู้เชี่ยวชาญ และสามารถถ่ายทอดทักษะให้แก่ผู้อื่นได้

กรรณ (✓) ในช่องระดับคะแนน

ผลลัพธ์ทักษะ:	ระดับคะแนน					
	0	1	2	3	4	5
1. ทักษะการเตรียมวัตถุดิบ เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบระหว่างกระบวนการ						
2. ทักษะการใช้เครื่องสกัดอย่างมีประสิทธิภาพ						
3. ทักษะการวิเคราะห์ และจัดการปัญหา (Solution Management)						
4. ทักษะการบริหารจัดการ คำนวณต้นทุน และระยะเวลาต้นทุน						
5. ทักษะการบำรุงรักษา และทำความสะอาดเครื่องจักร						

การวิเคราะห์ผลการพัฒนาทักษะด้วยกราฟเรดาร์ (Radar Chart)

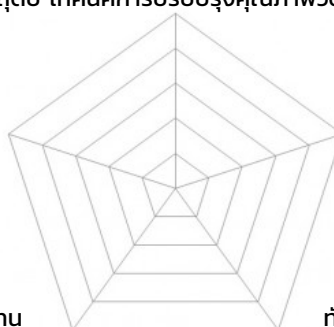
ทักษะการเตรียมวัตถุดิบ เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบระหว่างกระบวนการ

ทักษะการบำรุงรักษา และทำความสะอาดเครื่องจักร

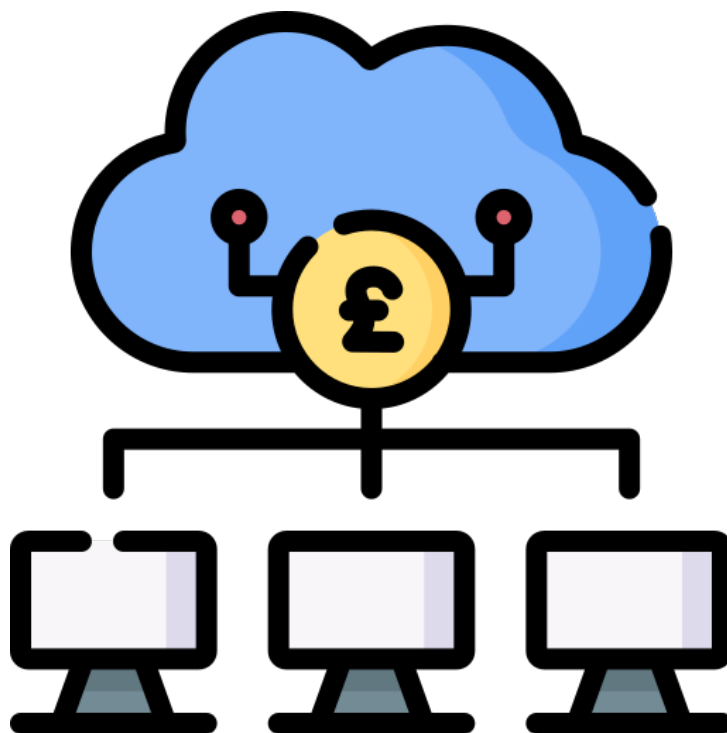
ทักษะการใช้เครื่องสกัดอย่างมีประสิทธิภาพ

ทักษะการบริหารจัดการ คำนวณต้นทุน และระยะเวลาต้นทุน

ทักษะการวิเคราะห์ และจัดการปัญหา (Solution Management)



4.3 เจลแบบทดสอบ ก่อน-หลังพัฒนาทักษะ



ส่วนที่ 1 เฉลยแบบทดสอบพัฒนาทักษะ

1. การสกัด (extraction) หมายถึงข้อใด

- ☐ กระบวนการแยก (separation) โดยใช้ความร้อนเป็นตัวทำละลาย
- ☒ กระบวนการแยก (separation) โดยใช้ของเหลวอีชนิดหนึ่งเป็นตัวทำละลาย
- ☐ กระบวนการแยก (separation) โดยใช้ไอน้ำเป็นตัวทำละลาย
- ☐ ไม่มีข้อใดถูก

2. วิธีการใดต่อไปนี้นี้มักใช้ในการแยกสาร (separation)

- ☐ การกลั่น
- ☐ การตกตะกอน
- ☐ การสกัดด้วยตัวทำละลาย
- ☒ ถูกทุกข้อ

3. ข้อใดต่อไปนี่ที่ทำให้การสกัดโดยใช้ Supercritical CO₂ แตกต่างจากการสกัดด้วยวิธีอื่น ๆ

- ☐ การสกัดโดยใช้ supercritical CO₂ มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าการสกัดวิธีอื่น
- ☐ การสกัดโดยใช้ supercritical CO₂ มีความสะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีอื่น
- ☐ สารสกัดที่ได้จากวิธีนี้ มีปริมาณมากกว่าวิธีอื่น
- ☒ สารสกัดที่ได้จากวิธีนี้ มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภคมากกว่าวิธีอื่น

4. ข้อใดคือผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระบวนการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ สารสำคัญ เช่น คาเฟอีน
- ☐ น้ำมันหอมระเหย
- ☐ น้ำมัน
- ☒ ถูกทุกข้อ

5. คาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสกัดแบบ Supercritical CO₂ อยู่ในสถานะใด

- ☐ ของแข็ง และของเหลว
- ☒ ของเหลว และแก๊ส
- ☐ แก๊ส และของแข็ง
- ☐ ถูกทุกข้อ

6. ข้อใดคือข้อดีของการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ ประสิทธิภาพในการสกัดสูง
- ☐ การปนเปื้อนต่ำ
- ☐ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- ☒ ถูกทุกข้อ

7. ข้อใดคือข้อจำกัดของสภาวะกระบวนการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ ต้องทำภายใต้สภาวะความดันต่ำ
- ☒ ต้องทำภายใต้สภาวะความดันสูง
- ☐ ต้องทำภายใต้สภาวะสุญญากาศ
- ☐ ต้องทำที่อุณหภูมิห้อง

8. ข้อใดคือข้อจำกัดของกระบวนการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ ต้องใช้เครื่องสกัดเฉพาะ
- ☐ ต้องควบคุมอุณหภูมิและความดันให้คงที่
- ☐ ต้นทุนในการสกัดสูงกว่าการสกัดแบบกลั่น
- ☒ ถูกทุกข้อ

9. ข้อใดไม่ใช่การเตรียมตัวอย่างก่อนสกัด

- ☒ ตัวอย่างต้องนำมาผ่านการทำให้ชื้นก่อนสกัด
- ☐ ตัวอย่างต้องผ่านการ บด หั่นให้ละเอียดก่อนสกัด
- ☐ ตัวอย่างต้องผ่านการทำให้แห้งก่อนสกัด
- ☐ ต้องบรรจุตัวอย่าง อย่างน้อย ¾ ของถังExtractor

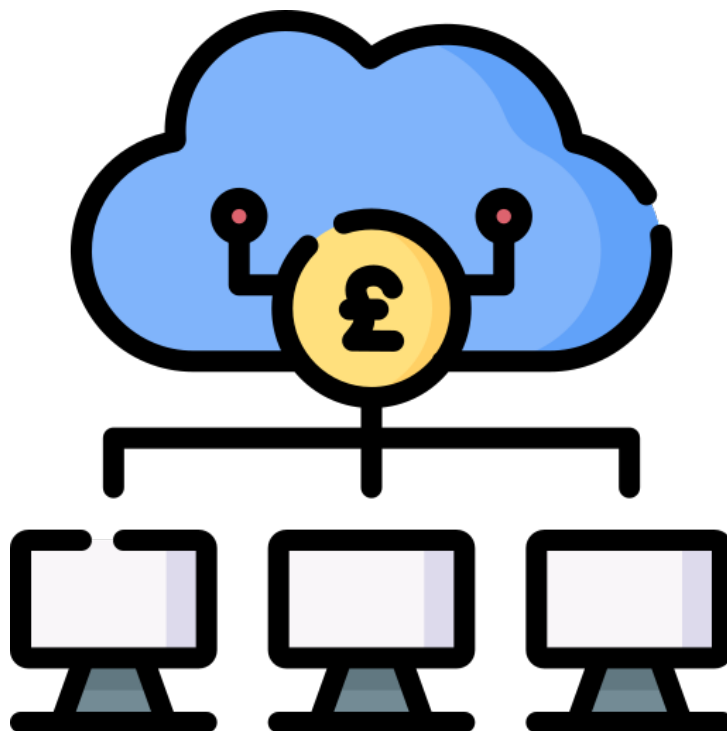
10. ข้อใดเป็นปัจจัยพื้นฐานในการสกัดแบบ Supercritical CO₂

- ☐ อัตราการไหล
- ☐ ระยะเวลาการสกัด
- ☐ ความดันและอุณหภูมิ
- ☒ ถูกทุกข้อ

บทที่ 5 : แผนงาน (Action Plan)



5.1 แบบฟอร์มแผนงาน (Action Plan)



ส่วนที่ 1 สำหรับผู้เข้าร่วมพัฒนากิจกรรม

ชื่อ-นามสกุล..... ชื่อสถานประกอบการ.....

ชื่อแผนงาน / ความต้องการ.....

วัตถุประสงค์.....

ที่	เป้าหมาย/ความต้องการ/ปัญหา	กลยุทธ์/แนวทางการแก้ไข	วิธีการดำเนินงาน (ระบุอย่างละเอียด)	ตัวชี้วัด	ระยะเวลา	ทรัพยากรที่มี
						งบประมาณ

ส่วนที่ 2 สำหรับหัวหน้างาน หรือ เจ้าของกิจการ
พิจารณาแผนที่ผู้เรียนนำเสนอ

.....

.....

.....

.....

แผนการต่อยอดหรือลงทุนจากทักษะที่ได้รับ

ที่	รายการ	พร้อมดำเนินงานทันที	มีแผนการดำเนินงานในอนาคต	โปรดอธิบายเพิ่มเติม	หมายเหตุ
1	ทำสนใจลงทุนใน เครื่องจักร	☐	☐		
2	ทำสนใจลงทุนใน กำลังคน เช่น มีการจ้างงานเพิ่มขึ้นเพื่อควบคุมเครื่องจักรที่ได้ลงทุนเพิ่ม	☐	☐		
3	ทำสนใจต่อยอดและลงทุน ในด้านอื่น ๆ โปรดระบุ.....	☐	☐		

ความพึงพอใจต่อหลักสูตรพัฒนาทักษะ

() พึงพอใจมากที่สุด () พึงพอใจมาก () พึงพอใจปานกลาง () พึงพอใจน้อย

KNOWLEDGE MANAGEMENT

หลักสูตรทักษะการสร้าง
นวัตกรรมอาหารเพื่อ
สุขภาพด้วยเทคนิคการ
สกัดสารด้วยของไหล
วิกฤตยิ่งยวด

(Supercritical Fluid
Extraction Skill for
Innovation Food)

ภายใต้แผนงานพัฒนาความสามารถทางเทคโนโลยีของ
บุคลากรภาคอุตสาหกรรม
โครงการสร้างกำลังคนและทักษะแห่งอนาคตในภูมิภาคเพื่อ
ตอบโจทย์การพัฒนาของประเทศไทย
ประจำปีงบประมาณ 2563

จัดทำโดย
อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ

