ถุงดูดซับธรรมชาติจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์ เพื่อดูดซับคราบน้ำมันปนเปื้อน

Natural Absorbent Product from Spent Coffee Grounds Fermented with Water Kefir for Oil Decontamination

อจลญา ทองอำไพ
ณปภัสรา ขาวเจริญ
พรสุดา โฉมกระโทก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญานิพนธ์ ถุงดูดซับน้ำมันธรรมชาติจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์เพื่อดูดซับคราบน้ำมันปนเปื้อน

ชื่อ นามสกุล อจลญา ทองอำไพ
ณปภัสรา ขาวเจริญ
พรสุดา โฉมกระโทก

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ดวงฤทัย นิคมรัฐ

คณะกรรมการสอบได้ให้ความเห็นชอบปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ)

.....กรรมการ
(ผศ.ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.ดวงฤทัย นิคมรัฐ)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อปริญญานิพนธ์ ถุงดูดซับธรรมชาติจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์เพื่อดูดซับคราบน้ำมันปนเปื้อน

ชื่อ นามสกุล อจญญา ทองอำไพ
ณปภัสรา ขาวเจริญ
พรสุดา โฉมกระโทก

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

คราบน้ำมันปนเปื้อนในทุกครัวเรือนที่เกิดจากการประกอบอาหาร พบว่าถูกกำจัดได้ยากเมื่อเกิดการสะสมเป็นเวลานาน ในการศึกษานี้ทีมผู้วิจัยต้องการกำจัดคราบน้ำมันในครัวเรือนด้วยการใช้กากกาแฟที่เหลือทิ้ง กากกาแฟ 2 ชนิดที่ได้จากแหล่งการผลิตกาแฟที่ต่างกัน คือ A และ B พบว่ากากกาแฟชนิด A มีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำมันพืชเนื่องจากสามารถดูดซับน้ำมันได้ดีกว่ากากกาแฟชนิด B เมื่อนำมากากกาแฟมากำจัดไขมันด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0.5 1 3 33 50 80 และ 100 (ปริมาตร/ ปริมาตร) เป็นเวลานาน 30 นาที พบว่าตัวอย่างกากกาแฟที่แช่ใน H_2O_2 ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 80 (ปริมาตร/ ปริมาตร) มีประสิทธิภาพสูงสุดในการดูดซับน้ำมัน เมื่อกากกาแฟชนิด A แช่ด้วยน้ำหมักจากคีเฟอร์น้ำสับปะรดสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายของกากกาแฟให้ดีขึ้นร้อยละ 52 ถุงดูดซับธรรมชาติทำจากเยื่อกระดาษที่ใส่กากกาแฟดังกล่าว มีประสิทธิภาพในการดูดน้ำมันพืชได้ร้อยละ 51.07 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุม คือถุงลำลีและถุงกากกาแฟ ที่ดูดซับน้ำมันได้ร้อยละ 73.85 และ 30.04 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันดังกล่าวสามารถทิ้งลงสู่ดินและถูกย่อยสลายในธรรมชาติได้มากกว่าร้อยละ 52 ภายใน 1 เดือน จากผลการศึกษาดังกล่าว เห็นได้ว่ากากกาแฟหมักด้วยคีเฟอร์ที่มีคุณสมบัติเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและต่อมนุษย์ มีราคาย่อมเยา เหมาะสมในการพัฒนาเพื่อกำจัดน้ำมัน และสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ดูดซับน้ำมันที่สัมผัสกับผิวมนุษย์ได้ต่อไป

คำสำคัญ : กากกาแฟ คีเฟอร์ คราบน้ำมัน ถุงดูดซับ

Thesis title Natural Absorbent Product from Spent Coffee Grounds Fermented with Water Kefir for Oil Decontamination

Author Ajaraya Tongampai

Napaphatsara Khokcharoen

Pornsuda Chomgkrathok

Degree Bachelor of Science

Major propram Environmental Science and Natural Resources

Faculty of Science and Technology

Academic Year 2019

ABSTRACT

Oil spills in every household caused by cooking are difficult to eliminate when accumulating for a long time. In this study, the researchers aimed to develop the remaining coffee grounds for oil absorption. From 2 coffee ground samples, types A and B obtained from different coffee shop &, coffee grounds type A demonstrated more effective in absorbing vegetable oil. The sample A was thus treated with hydrogen peroxide (H_2O_2) solution at the concentration of 0.5, 1, 3, 33, 50, 80 and 100 percentages for 30 minutes and determined for the efficiency in oil elimination. The sample with at least 80 % (v/v) H_2O_2 showed the most effectiveness in absorbing oil. The coffee grounds that were later treated with pineapple juice fermented Kefir could help increase coffee ground degradation at 51.07 percentages. The Kefir treated coffee grounds packed in an absorbent bag revealed higher effectiveness in oil absorption at least 51.07 percentages compared to the controls that were cotton bag and coffee a harboring at the percentages of 73.85 and 30.04, respectively. This coffee ground bag after thrown into the ground could be decomposed in nature for 52 percentages within 1 month. Due to the oil elimination properties of the coffee grounds that are environmentally and human friendly as well as low cost, it is possible to develop the kefir treated coffee grounds for being oil-absorbing products that can come in contact with human skin.

Key words: Coffee grounds, Kefir, Oil removal, Absorbent bags

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาของคณาจารย์หลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.ดวงฤทัย นิคมรัฐ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ ประธานสอบปริญญานิพนธ์ และผศ.ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำ ตลอดจนคำปรึกษาและช่วยแก้ไขข้อบกพร่องปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณอาจารย์มาโนช หลักฐานดี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ และคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ทำวิจัย ตลอดจนให้ความรู้ทางวิชาการและวิชาชีพแก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ ทุนสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ที่สนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดา มารดา ที่อบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน รวมถึงขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกายและกำลังใจในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

อจลญา ทองอำไพ
ณปภัสรา ขาวเจริญ
พรสุดา โฉมกระโทก

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 กรอบแนวคิด	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.6 นิยามศัพท์	5
1.7 คำสำคัญ	5
1.8 ระยะเวลาการดำเนินงาน	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 กาแฟ	7
2.2 คีเฟอร์	14
2.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 การดูดซับ	19
2.5 น้ำมันพืช	24
2.6 ถุงกากกาแฟ	25
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	28
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	28
3.2 ขั้นตอนการศึกษา	29
3.3 วิธีการเตรียมคีเฟอร์น้ำสับปะรด	29
3.4 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกากกาแฟ	30
3.5 การศึกษาคุณลักษณะของกากกาแฟที่ผ่านการกำจัดไขมัน	31
3.6 การเพิ่มประสิทธิภาพของกากกาแฟในการดูดซับน้ำมันและการย่อยสลายด้วยการผสมคีเฟอร์น้ำสับปะรด	33
3.7 การศึกษาคุณสมบัติการดูดซับของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน	34
3.8 การศึกษาการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน	35
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	37
4.1 คีเฟอร์น้ำสับปะรด	37
4.2 คุณสมบัติทางกายภาพของกากกาแฟ	39
4.3 การกำจัดไขมันด้วยสายละลาย H_2O_2	41
4.4 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันและย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน	45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	49
5.1 สรุปผล	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	50
เอกสารอ้างอิง	51
ประวัติผู้วิจัย	54

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
4.1 ความหนาแน่นของกากกาแฟชนิด A และ B	39
4.2 ทดสอบการดูดซับน้ำของกากกาแฟชนิด A และ B	40
4.3 ทดสอบการดูดซับน้ำมันของกากกาแฟชนิด A และ B	40
4.4 ประสิทธิภาพการอุ้มน้ำมันของกากกาแฟ ชนิด A	43
4.5 ประสิทธิภาพการอุ้มน้ำมันของกากกาแฟ ชนิด B	44

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 ลักษณะของอราบิก้า	8
2.2 ลักษณะของโรบัสต้า	8
2.3 กาแฟลิเบอริก้า	9
2.4 กาแฟพันธุ์เอ็กซ์เซลซ่า	10
2.5 ลักษณะของคีเฟอร์นม	15
2.6 ลักษณะของคีเฟอร์น้ำ	15
2.7 ประเภทไอโซเทอมการดูดซับทั้ง 5 แบบ	22
2.8 สูตรทั่วไปของน้ำมันพืช	25
3.1 ขั้นตอนการเลี้ยงคีเฟอร์น้ำสับปะรด	29
3.2 ขั้นตอนการเตรียมกากกาแฟ	30
3.3 ขั้นตอนการกำจัดไขมันออกจากกากกาแฟโดยสายละลาย H_2O_2	32
3.4 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติการอุ้มน้ำมันของกากกาแฟ	32
3.5 ขั้นตอนการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายด้วยน้ำคีเฟอร์สับปะรด	33
3.6 ขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมัน	34
3.7 ขั้นตอนศึกษาการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับน้ำมัน	36
4.1 ลักษณะคีเฟอร์น้ำสับปะรด	37
4.2 ลักษณะจุลินทรีย์ในคีเฟอร์น้ำสับปะรด	38
4.3 ลักษณะทางกายภาพของกากกาแฟ ชนิด A (ซ้าย) และ B (ขวา)	39
4.4 การกำจัดไขมันจากกากกาแฟชนิด A ด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	41

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ **หน้า**

4.5 การกำจัดไขมันจากกากกาแฟชนิด B ด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ 42

4.6 ประสิทธิภาพการอุ้มน้ำมันของกากกาแฟ ชนิด A และ B 45

4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ดูดซับน้ำมัน 46

4.8 การย่อยสลายผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันที่ฝังลงในดินในระยะเวลาต่าง ๆ 47

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันปัญหาคราบสกปรกจากไอน้ำมันที่เกิดจากการทำอาหารมักกระจายอยู่ในห้องครัว ก่อให้เกิดรอยเปื้อนทำให้ห้องครัวดูสกปรกและยังเป็นแหล่งสะสมเชื้อโรค และอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ โดยเฉพาะคราบน้ำมันที่อยู่บนพื้น ซึ่งบางครั้งหากปล่อยทิ้งไว้นานอาจกลายเป็นคราบมันที่ฝังแน่นและทำความสะอาดได้ยาก การทำความสะอาดในปัจจุบันมักใช้สารเคมีในการขจัดคราบน้ำมัน ที่อาจเจือปนในแหล่งน้ำที่ใช้สำหรับการอุปโภคบริโภคของมนุษย์ ซึ่งไม่เป็นมิตรต่อผู้ใช้และก่อเกิดพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ การกำจัดคราบน้ำมันในปัจจุบัน เลือกใช้วิธี เช่น การใช้สำลีหรือกระดาษทิชชูเพื่อการทำความสะอาด แล้วทิ้งไปด้วยมีคุณสมบัติการดูดซับน้ำมันได้โดยเฉพาะ และมีราคาถูก แต่ข้อเสีย คือ หลังจากการทำความสะอาดคราบน้ำมันแล้ววัสดุเหล่านี้จะถูกนำไปทิ้งโดยไม่มีการกำจัดคราบน้ำมันที่ดูดซับ ทำให้น้ำมันดังกล่าวตกค้างปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

กาแฟสดถือได้ว่าเป็นสินค้าบริโภคที่มีการซื้อขายมาก ซึ่งหลังจากกระบวนการสกัดน้ำกาแฟจะเหลือเพียงส่วนของกากกาแฟที่ไม่สามารถนำมาชงได้อีก ร้านกาแฟสดส่วนใหญ่จะทิ้งลงขยะและถ้าหากทิ้งลงสู่แหล่งน้ำจะส่งผลให้ค่า Biochemical Oxygen Demand (BOD) ในน้ำมีปริมาณสูงขึ้น หากมีการจัดการกากกาแฟไม่ถูกต้องจะส่งผลให้เป็นแหล่งสะสมของเชื้อรา และแบคทีเรียต่าง ๆ ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้ (รพีพรรณ, 2560) ดังนั้นจึงพบว่ากากกาแฟเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนานำกากกาแฟมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น นำไปใช้ทำปุ๋ยเพื่อปลูกต้นไม้ เนื่องจากมี ธาตุไนโตรเจนสูง ซึ่งไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญ ซึ่งพืชต้องนำไปใช้ในการเจริญเติบโต กากกาแฟยังมีโพแทสเซียม ฟอสฟอรัสและสารอื่น ๆ อีกเล็กน้อย ที่ช่วยเพิ่มพัฒนาการเจริญเติบโตของพืช และได้มีการนำไปใช้กำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นในตู้เย็น ด้วยมีคุณสมบัติใน การดูดซับกลิ่นได้ดี สารสำคัญที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในกากกาแฟ ประกอบด้วย โพลิแซคคาไรด์ กรดไขมัน โปรตีน คาเฟอีน สารประกอบฟีนอล และแร่ธาตุต่าง ๆ โดยสารเหล่านี้อาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของกาแฟ แหล่งปลูก ขั้นตอนการผลิต และวิธีการสกัด เป็นต้น (รพีพรรณ, 2560) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากากกาแฟเหลือทิ้งสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มมูลค่าได้หลากหลาย

คีเฟอร์เป็นนมหมักกับหัวเชื้อจุลินทรีย์ ที่ให้รสชาติคล้ายโยเกิร์ตแต่เข้มข้นกว่า คีเฟอร์เป็นที่นิยมในกลุ่มของคนรักสุขภาพ เนื่องจากอุดมด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ 2 กลุ่ม ได้แก่ ยีสต์ *Saccharomyces exiguus* หรือ *S. kefir* และกลุ่มแบคทีเรียแลคติค (Lactic acid bacteria) ที่อยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน (Symbiosis) และยึดเกาะกันด้วยสารที่มี

ลักษณะเป็นเมือกเหนียวประเภทพอลีแซคคาไรด์ ส่วนกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก เช่น กรดแลคติก กรดอะเซติก กรดกลูโคนิก กรดมาลิก กรดออกซาลิก กรดนิวคลีอิก กรดอะมิโน กรดกลูคูโรนิก เป็นต้น การหมักด้วยยีสต์ทำให้มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ด้วย อาหารที่ใช้เลี้ยงคีเฟอร์อาจเป็นนมวัว หรือนมแพะ แต่บางครั้งอาจเพาะเลี้ยงในน้ำนมถั่วเหลือง น้ำผลไม้ หรือน้ำมะพร้าว เม็ดคีเฟอร์ที่เลี้ยงในน้ำผสมน้ำตาลเรียกว่า “คีเฟอร์น้ำ (Water kefir)” ด้วยคีเฟอร์มีคุณสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคบางชนิด ช่วยลดการอักเสบ ซ่อมแซมเนื้อเยื่อสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นเห็นได้ว่าสามารถพัฒนากากกาแฟมาใช้กำจัดคราบน้ำมันที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยทีมผู้วิจัยเล็งเห็นว่า ในการดูดซับน้ำมันสามารถใช้กากกาแฟที่เหลือทิ้งจากกระบวนการสกัดน้ำกาแฟที่ยังคงสารอาหารที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะไขมัน น้ำตาล แร่ธาตุ และวิตามิน ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่อยู่ในคีเฟอร์ได้ ดังนั้นเมื่อหมักกากกาแฟด้วยน้ำคีเฟอร์จะสามารถนำมากำจัดคราบน้ำมันที่เกิดในครัวเรือน โดยไม่ก่อให้เกิดความระคายเคืองหากสัมผัสกับผิวกายอันเนื่องจากเป็นที่ทราบถึงประโยชน์ของกากกาแฟ และคีเฟอร์ด้วยหลักการดังกล่าวจึงเป็นแนวทางหนึ่งของการลดการใช้สารเคมี ลดปัญหาของคราบน้ำมันและลดปริมาณขยะของกากกาแฟที่ทิ้งไปเป็นการเพิ่มมูลค่ามากกว่าการเลือกนำกากกาแฟมาทำเป็นปุ๋ย ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ถุงกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์ งานวิจัยได้ทำการทดสอบศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติการดูดซับน้ำ คุณสมบัติการดูดซับน้ำมัน ศึกษาการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมันจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์ที่ได้จะเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการกำจัดคราบน้ำมัน และทดแทนการใช้สารเคมีต่าง ๆ ได้ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์ในการกำจัดคราบน้ำมัน

1.2.2 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันธรรมชาติจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์

1.2.3 เพื่อศึกษาการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 วัตถุดิบ

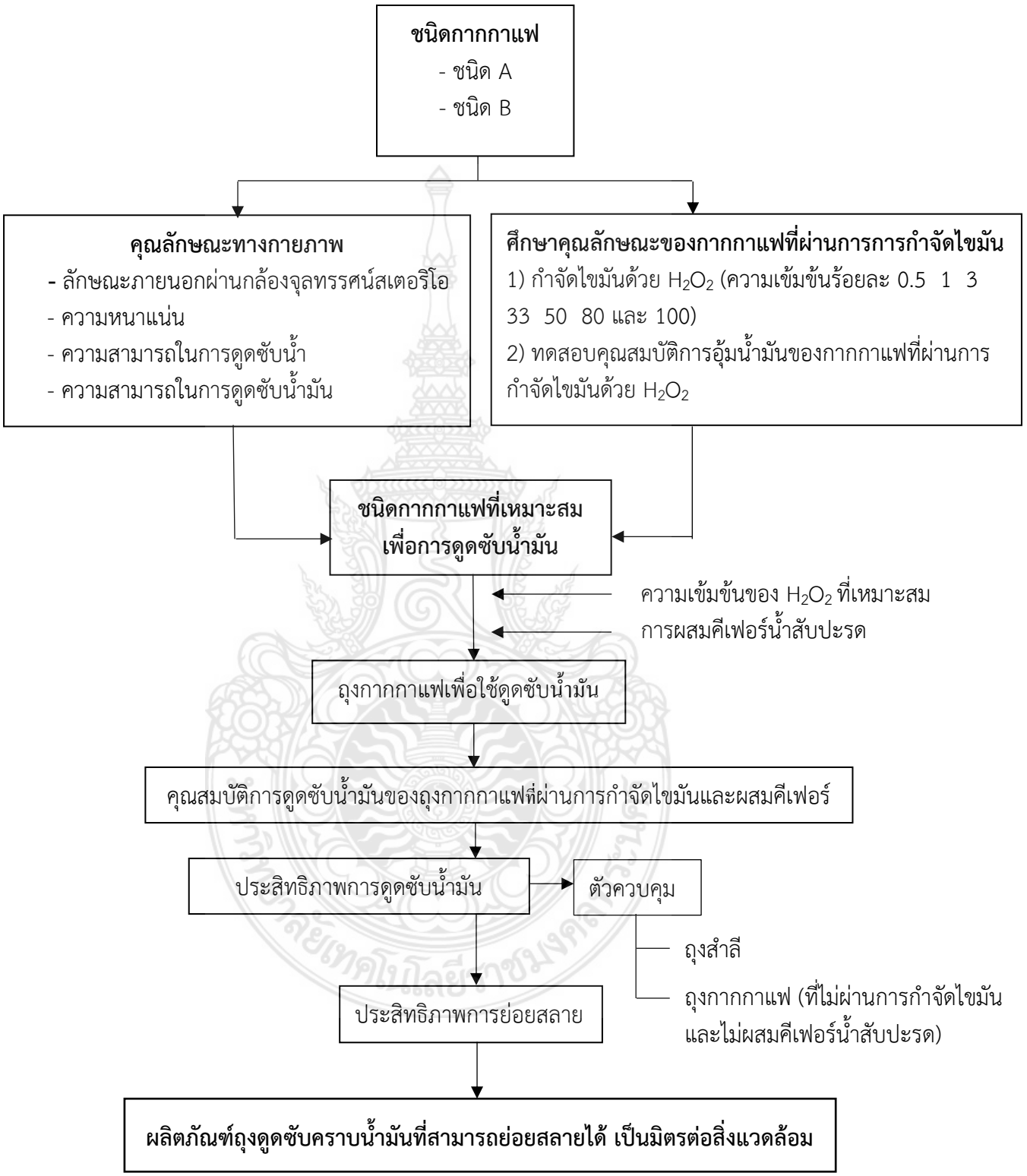
1) กากกาแฟ ดังนี้ กากกาแฟชนิด A
กากกาแฟชนิด B

2) คีเฟอร์ : คีเฟอร์น้ำ เลี้ยงด้วยน้ำสับปะรด

1.3.2 สถานที่ปฏิบัติการทดลอง

ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

1.4 กรอบแนวคิด



1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกากกาแฟที่เหลือทิ้ง

1.5.2 ได้ผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันเปื้อนที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลาย

1.6 นิยามศัพท์

1.6.1 กากกาแฟ คือ กากกาแฟที่ใช้แล้ว เป็นขยะที่เหลือทิ้งจากร้านกาแฟสดทั่วไป

1.6.2 กากกาแฟชนิด A คือ กากกาแฟที่มีความชื้นต่ำ และมีลักษณะละเอียด ความหนาแน่นน้อย

1.6.3 กากกาแฟชนิด B คือ กากกาแฟที่มีความชื้นสูง และมีลักษณะหยาบ ความหนาแน่นมาก

16.4 คีเฟอร์น้ำสับปะรด คือ เม็ดคีเฟอร์ที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยน้ำสับปะรดและน้ำตาลทรายแดง

1.6.5 ผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน คือ กากกาแฟที่ผ่านกระบวนการกำจัดไขมันด้วย H_2O_2 และผสมคีเฟอร์น้ำสับปะรด

1.6.6 ถุงชา หรือ ถุงกากกาแฟ คือ ถุงชาที่นำมาใช้บรรจุกากกาแฟสำหรับดูดซับน้ำมัน

1.7 คำสำคัญ

ภาษาไทย : กากกาแฟ คีเฟอร์ คราบน้ำมัน ถุงดูดซับ

English : Coffee grounds, Kefir, Oil stains, Absorbing bag

1.8 ตารางเวลาในการดำเนินโครงการ

แผนการดำเนินงาน	2562			2563	
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. เตรียมหาข้อมูล สรุปหัวข้อที่ต้องการ	← →				
2. รวบรวมข้อมูลที่ต้องการ	←	→			
3. ศึกษาวิธีการ และ ทดลองเลี้ยงคีเฟอร์		← →			
4. ทดลองการหมักกากกาแฟกับคีเฟอร์		←	→		
5. เก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง			←	→	
6 ทำผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน			←	→	
7. สรุปผลการทดลอง				← →	
8. จัดทำเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์ และเผยแพร่					← →

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำงานวิจัยเรื่องถุงดูดซับธรรมชาติจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์เพื่อดูดซับคราบน้ำมันปนเปื้อน คณะผู้จัดทำได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงได้ดังต่อไปนี้

2.1 กาแฟ

2.2 คีเฟอร์

2.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

2.4 การดูดซับ

2.5 น้ำมันพืช

2.6 ถุงกากกาแฟ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กาแฟ

กาแฟมีหลากหลายพันธุ์แต่ชนิดที่ถูกนิยมนำมาบริโภคมี 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เอ็กซ์เซลซ่า (Excelsa), พันธุ์ลิเบอริก้า (Liberica), พันธุ์อราบิก้า (Arabica), พันธุ์โรบัสต้า (Robusta) 2 สายพันธุ์แรกไม่เป็นที่นิยมในการนำมาปลูก ด้วยเหตุที่มีความด้อยเรื่องของกลิ่นและรสชาติ แต่ 2 สายพันธุ์หลังนั้นเป็นที่ชื่นชอบของผู้ที่ทานกาแฟมากที่สุด จึงถูกปลูกและนิยมนำมาขายในเชิงพาณิชย์เป็นจำนวนมาก

2.1.1 ชนิดของกาแฟ

อราบิก้า (Arabica) คือ พันธุ์กาแฟที่ถูกค้นพบและมีการปลูกมาอย่างเก่าแก่มาก ลักษณะของเมล็ดจะเป็นเมล็ดที่ค่อนข้างเรียวและส่วนผ่าตรงกลางนั้นจะเป็นเหมือนรูปตัว S (ภาพ 2.1) พื้นที่ที่ใช้ปลูกอราบิก้าให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพควรเป็นที่สูง อากาศเย็น จำเป็นต้องปลูกบนพื้นที่ที่อยู่เหนือขึ้นไปจากระดับของน้ำทะเลประมาณ 800 – 1,000 เมตร หรือ 1,000 เมตร ขึ้นไป จึงทำให้สามารถปลูกอราบิก้าได้ และปลูกมากที่สุดในแถบจังหวัดภาคเหนือของไทย เช่น เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง เป็นต้น ด้วยเอกลักษณ์ของกลิ่นที่หอมอย่างพอดี พร้อมกับรสชาติที่กลมกล่อมนุ่มนวล อีกทั้งยังมีปริมาณของคาเฟอีนร้อยละ 2 ที่ส่งผลให้สายพันธุ์กาแฟอราบิก้าเป็นที่นิยมและขายได้มากที่สุดในโลก โดยเฉลี่ยถึงร้อยละ 80

(ก) (ข)

ภาพ 2.1 ลักษณะของอราบิก้า
ที่มา : Suzuki Coffee Thailand (ม.ป.ป.)

โรบัสต้า (Robusta) เป็นพันธุ์กาแฟที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 20 ทั่วโลก รองลงมาจากอราบิก้า มีลักษณะของเมล็ดจะอวบอ้วนและส่วนผ่าตรงกลางนั้นจะเป็นเส้นตรง (ภาพ 2.2) โรบัสต้าปลูกในพื้นที่ต่างกับอราบิก้าโดยสิ้นเชิง คือปลูกในพื้นที่ต่ำให้มีความสูงจากระดับน้ำทะเลเพียง 500 – 600 เมตรเท่านั้น เพราะพันธุ์นี้ได้คุณภาพที่ดีต้องปลูกในพื้นที่อากาศชุ่มชื้น จึงพบว่านิยมปลูกในจังหวัดแถบภาคใต้ เช่น ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี เป็นต้น ส่วนกลิ่นของสายพันธุ์กาแฟโรบัสต้าค่อนข้างออกไปทางฉุน รสชาติเข้มข้นและขมกว่า ส่วนมากถูกนำไปทำเป็นกาแฟสำเร็จรูป เพราะปริมาณคาเฟอีนที่มีมากถึงร้อยละ 2 ขึ้นไป (Suzuki Coffee Thailand, ม.ป.ป.)

(ก) (ข)

ภาพ 2.2 ลักษณะของโรบัสต้า
ที่มา : Suzuki Coffee Thailand (ม.ป.ป.)

ลิเบอริก้า (Liberica) มีถิ่นกำเนิดเป็นไม้พื้นเมืองใกล้มอนโรเวียในลิเบอเรีย และถูกตั้งชื่อตามประเทศ ถูกนำไปปลูกแพร่หลายในที่นี้และในแอฟริกาตะวันตกเข้าสู่ซีลอนและชวาในปีค.ศ.1873 และมาลายาในปีค.ศ. 1975 ใช้ปลูกแทนที่กาแฟอราบิก้าซึ่งถูกทำลายโดยเชื้อราสนิมในที่ระดับต่ำ และต่อมาปลูกแทนด้วยพันธุ์ลูกผสมข้ามธรรมชาติระหว่าง *C. liberica* X C. *arabica* ซึ่งถูกพบครั้งแรกในปีค.ศ.1885 และต่อมาถูกแทนที่ด้วยกาแฟโรบัสต้าซึ่งถูกนำเข้ามาในปีค.ศ.1900

กาแฟลิเบอริก้าได้ถูกนำไปปลูกอย่างกว้างขวางทั่ว แต่ไม่มีที่ใดที่มีความสำคัญอย่างจริงจัง เพราะคุณภาพไม่สูงเท่ามาตรฐาน มีรสขมกว่า เป็นที่ชื่นชอบในมาลายาและในทางตะวันออก ใช้เป็นตัวผสมในกาแฟชนิดอื่น ๆ สำหรับในจังหวัดเชียงใหม่มีปลูกมากที่หมู่บ้านมูเซอร์ ห้วยตาด เขตนิคมเชียงดาว

กาแฟลิเบอริก้าเป็นพันธุ์ไม้ป่าที่ต่ำ เขตร้อนชื้น ต้องการปริมาณน้ำฝนมากและอุณหภูมิสูง ต้องการร่มเงาเล็กน้อย ปลูกได้ในดินชนิดต่าง ๆ จากดินร่วนจนถึงดินเหนียวลักษณะของกาแฟลิเบอริก้าเป็นไม้พุ่มหรือเป็นต้นแข็งแรงเขียวตลอดปีสูง 5 - 17 เมตร การแตกกิ่งแบบเดียวกับกาแฟอราบิก้า ใบใหญ่ เหนียวนุ่ม ลักษณะคล้ายหนัง สีเขียวเป็นมันขนาด 15 - 30 เซนติเมตร ดอกมีสีขาว คล้ายดาว กลิ่นหอม ดอกเกิดในระดับเดียวกัน และบานในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน ทำให้ผลสุกไม่พร้อมกันใช้เวลา 1 ปี หลังจากออกดอกจนถึงผลสุก เมื่อสุกผลไม่ร่วง สีแดงมีขีดเมื่อแห้งเป็นสีดำ (ภาพ 2.3) ผลเป็นรูปไข่ ขนาด 2 - 3 เซนติเมตร เปลือกแข็ง ทำให้มีความต้านทานต่อแมลงที่มาเจาะผลได้ดี ขนาดเมล็ดยาวประมาณ 1.3 เซนติเมตร ดอกและผลใหญ่ที่สุดในบรรดากาแฟที่ปลูกกันเป็นการค้า อัตราส่วนผลสุก : สารกาแฟ = 10 : 1 การผสมเกสรต้องผสมข้าม ผสมตัวเองเป็นหมัน การเพาะปลูกนั้นปลูกจากเมล็ดในเรือนเพาะชำ ชอบมีร่มเงารำไร ในฟิลิปปินส์ปลูกในไร่มะพร้าว อาจปลูกให้มีลำต้นเดียวหรือหลายลำต้นได้ในมาลายาปลูกแบบให้มีลำต้นเดียว และติดยอดให้สูง 1.50 – 1.80 เมตร และกิ่งแขนงชุดที่ 2 ที่เกินความต้องการจะถูกตัดออก ผลสุกจะถูกปล่อยให้แห้งบนต้นก่อนเก็บเกี่ยวการผลิตสารกาแฟใช้วิธีตากแห้งทั้งผล (อนันต์ อิสระเสนีย์, 2556)

ภาพ 2.3 กาแฟลิเบอริก้า
ที่มา : อนันต์ อิสระเสนีย์ (2556)

นอกจากนี้ยังมีกาแฟอีกประเภทหนึ่งเรียกว่า เบลนด์ (Blend) คือการนำกาแฟทั้ง 2 สายพันธุ์มาผสมกันเพื่อให้เกิดกลิ่นและรสชาติหรือสีที่แตกต่างออกไป เช่น นำอราบิก้าผสมกับโรบัสต้า หรือใช้อราบิก้า 2 สายพันธุ์ผสมกันการเก็บเมล็ดกาแฟนั้นในทางภาคเหนือเก็บในช่วงปลายปีราวเดือนธันวาคมถึงต้นปีช่วงเดือนมกราคมหรือปลายเดือนกุมภาพันธ์ กาแฟสุกมีสีแดงเต็มต้น การเก็บกาแฟที่ดีต้องมีความระมัดระวังในการเก็บ โดยการใช้มือคัดเก็บเฉพาะเม็ดสีแดงสุกเท่านั้น หากใช้วิธีรุนแรง เช่น รูดทั้งพวงก็จะเป็นการทำร้ายกิ่งกาแฟไปด้วย แต่หากเป็นกาแฟโรบัสต้าทางภาคใต้อาจรูดได้ทั้งพวง เพราะมีความทนทานมากกว่ากัน

เอ็กเซลซ่า (Coffea Exelsa) เป็นพันธุ์กาแฟอีกประเภท ที่มีลักษณะลำต้นกาแฟสูงใหญ่ใบด้าน (ภาพ 2.4) เป็นกาแฟที่ไม่ดีต่อการค้ามาก เพราะเป็นพันธุ์กาแฟอีกประเภทที่มีกลิ่นเหม็นเขียว แต่ทนทานต่อสภาพอากาศได้ดีมาก มักจะมีประโยชน์ด้านการบำรุงสายพันธุ์ นิยมบริโภคภายในประเทศพบมากในประเทศและพบมากในประเทศแอฟริกา (สายพันธุ์กาแฟ, 2557)

ภาพ 2.4 กาแฟพันธุ์เอ็กซ์เซลซ่า
ที่มา : Suzuki Coffee Thailand, (ม.ป.ป.)

2.1.2 กากกาแฟ

กากกาแฟ คือ ส่วนที่เหลือของกาแฟหลังจากการชง จากขั้นตอนการชงที่นำกาแฟคั่วบดลงไปในด้ามอัดกาแฟแล้วชงกับน้ำร้อนด้วยเครื่องชงกาแฟ เมื่อได้น้ำกาแฟเข้มข้นเพื่อเอาไปผสมกับส่วนผสมอื่น ที่เหลือคือกากกาแฟเคาะทิ้งลงไปในภาชนะเตรียมไว้รอเอาไปทิ้ง จำหน่ายต่อหรือนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป (Tipza, ม.ป.ป.)

ปัจจุบันพบว่ามีการประกอบธุรกิจขายกาแฟสดอยู่เป็นจำนวนมากตามแหล่งชุมชนต่าง ๆ และเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ หลังจากการชงกาแฟแต่ละครั้งจะเหลือกากกาแฟจำนวนหนึ่ง ซึ่งผู้ประกอบการส่วนใหญ่ไม่เห็นประโยชน์และความสำคัญของกากกาแฟ จึงทำให้มีปริมาณกากกาแฟเหลือทิ้งเพิ่มมากขึ้นกากกาแฟเหล่านี้จะถูกทิ้งไปโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์เท่าที่ควร และถ้าไม่มี

วิธีการกำจัดที่ถูกต้องอย่างเหมาะสมก็จะกลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคได้ จากการศึกษาองค์ประกอบของกากกาแฟ พบว่ากากกาแฟมีส่วนประกอบหลักต่าง ๆ มากมาย เช่น ความชื้นร้อยละ 5.36 ปริมาณเถ้าร้อยละ 3.16 สารสกัดได้ร้อยละ 22.17 ลิกนินร้อยละ 8.78 เซลลูโลสร้อยละ 25.39 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 37.33 โดยน้ำหนักแห้งซึ่งกากกาแฟเหลือทิ้งสามารถนำกลับมาเป็นปุ๋ย ผลิตภัณฑ์เสริมความงามใช้สำหรับผสมในการย้อมสีผ้า หรือวาดรูปงานศิลปะ และผลิตถ่านกัมมันต์ เป็นต้น (สุพัตรา รักษาพรต และคณะ, 2561)

2.1.3 สารสำคัญในกากกาแฟ

จากการวิเคราะห์สารสำคัญที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในกากกาแฟ พบว่าประกอบไปด้วยสารสำคัญหลายกลุ่ม เช่น โพลิแซคคาไรด์ กรดไขมัน โปรตีน คาเฟอีน สารประกอบฟีนอล และแร่ธาตุต่าง ๆ โดยสารเหล่านี้อาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของกาแฟ แหล่งปลูกขั้นตอนการผลิต และวิธีการสกัด เป็นต้น

1) โพลีแซคคาไรด์

โพลีแซคคาไรด์เป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งในโมเลกุลประกอบด้วยมอโนแซ็กคาไรด์ที่เป็นชนิดเดียวกัน เช่น เซลลูโลสหรือต่างชนิดกันหรือเฮมิเซลลูโลส เช่น กาแล็กโทแมนแนน และอราบิโนกาแล็กแทน เป็นต้น โดยในกากกาแฟประกอบไปด้วยโพลีแซคคาไรด์ทั้ง 2 ประเภท ประมาณร้อยละ 50 ต่อน้ำหนักแห้งกากกาแฟ ซึ่งพบว่ากาแล็กโทแมนแนนมากที่สุด การสกัดโพลีแซคคาไรด์จากกากกาแฟใช้วิธีการไฮโดรไลซีสด้วยกรดตัวอย่างเช่น การใช้กรดซัลฟูริกร้อยละ 72 ของน้ำหนักสารละลายทั้งหมด อัตราส่วนสารละลายกรดต่อกากกาแฟ 5 มิลลิลิตรต่อกรัม อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลาสกัด 7 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไปเพื่อเจือจางสารละลายให้เหลือกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 นอร์มอล และบ่มตัวอย่างต่อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที เมื่อนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารผสมที่อยู่ในสภาวะของเหลว ซึ่งอาศัยความแตกต่างของอัตราการเคลื่อนที่ของสารประกอบ พบว่าในกากกาแฟประกอบไปด้วยเซลลูโลสร้อยละ 8.6 ของน้ำหนักสารละลายทั้งหมด เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 36.7 ของน้ำหนักสารละลายทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยแมนโนสกาแล็กโตส และอราบิโนสร้อยละ 21.2, 13.8 และ 1.7 ของน้ำหนักสารละลายทั้งหมดตามลำดับ หรือการไฮโดรไลด์ด้วยด่าง (4 โมล NaOH) โดยการนำกากกาแฟมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 160-220 องศาเซลเซียส และนำไปสกัดทันทีที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งการให้ความร้อนกากกาแฟก่อนการสกัดนี้ ช่วยให้ได้ร้อยละของโพลิแซคคาไรด์เพิ่มขึ้นจากเดิมถึงร้อยละ 15 ในปัจจุบันเทคนิคการสกัดได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเรื่อย ๆ โดยมีการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย เช่น การใช้เทคนิคการสกัดด้วยไมโครเวฟ (Microwave assisted extraction) โดยมีน้ำและอุณหภูมิเป็นตัวเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดแทนการใช้สารละลายกรดและด่าง พบว่าได้ร้อยละผลผลิตของกาแล็กโทส

และแมนโนสสูงถึงร้อยละ 74 และ 66 ของน้ำหนักสารละลายทั้งหมด ตามลำดับ และเมื่อสกัดอย่างต่อเนื่อง พบว่าได้ปริมาณเซลลูโลสมากถึงร้อยละ 84 เป็นต้น

2) โปรตีน

โปรตีนในกากกาแฟมีปริมาณเฉลี่ยร้อยละ 13.6 ของน้ำหนักสารละลายทั้งหมด จากการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl ซึ่งเป็นวิธีคำนวณจากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่าในกากกาแฟยังมีโปรตีนเหลืออยู่ร้อยละ 13.6 ต่อน้ำหนักกากกาแฟแห้ง ทั้งนี้ค่าที่ได้อาจมากกว่าความเป็นจริงเล็กน้อย จากปริมาณไนโตรเจนที่มาจากส่วนของคาเฟอีน ไตรโกเนลลีน เอมีนอิสระ และกรดอะมิโน นอกจากโปรตีนแล้วในกากกาแฟยังมีกรดอะมิโนอีกหลายชนิด จากรายงานพบมากถึง 17 ชนิดโดยที่ลิวซีน วาลีน และฟีนิลอะลานีน จะพบปริมาณมากสุด ค่าเฉลี่ยอยู่ประมาณร้อยละ 10.6-10.9, 6.0-6.8 และ 0.5-6.7 ของโปรตีน ตามลำดับ ซึ่งบางชนิดยังพบมากกว่าในถั่วเหลือง เป็นต้น (รพีพรรณ กองตูม, 2560)

3) ไขมัน

ปริมาณน้ำมันที่มีในกากกาแฟอยู่ในช่วงร้อยละ 11-20 ของน้ำหนักสารละลายทั้งหมด โดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณร้อยละ 15 ของน้ำหนักสารละลายทั้งหมด การสกัดน้ำมันจากกากกาแฟเริ่มต้นด้วยการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เฮกเซน อีเทอร์ ไดคลอโรมีเทน โดยวิธีการรีฟลักซ์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในอัตราส่วน กากกาแฟ : ตัวทำละลาย 100 กรัม : 300 มิลลิลิตร พบว่าร้อยละของน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยเฮกเซน อีเทอร์ และไดคลอโรมีเทน เท่ากับร้อยละ 13.4, 14.6, และ 15.2 ของน้ำหนักสารละลายทั้งหมด โดยพีเอชของน้ำมันที่ได้เท่ากับ 6.8, 4.7 และ 4.5 ตามลำดับ ดังนั้นเฮกเซนจึงเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่าพีเอชของน้ำมันที่สกัดได้เป็นกลางเหมาะกับการนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ มากที่สุด การสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์อาจส่งผลกระทบต่อทั้งคุณภาพของน้ำมัน และที่สำคัญส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในปัจจุบันมีการใช้ตัวทำละลายที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของไหลโดยควบคุมความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัด เช่น ที่ความดัน 25 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 323 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ได้น้ำมันสูงสุดร้อยละ 15.4 ของน้ำหนักสารละลายทั้งหมด และหากใช้ร่วมกันกับเอทานอลพบว่าร้อยละของน้ำมันสูงสุดถึงร้อยละ 19 ของน้ำหนักสารละลายทั้งหมด โดยที่สามารถลดเวลาในการสกัดลงได้ถึง 3 เท่า เป็นต้น (รพีพรรณ กองตูม, 2560)

4) สารประกอบฟีนอล

สารประกอบฟีนอลเป็นสารที่พบตามธรรมชาติในพืชหลากหลายชนิด โดยที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ การวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลทั่วไปจะคำนวณจากน้ำหนักกรัมสมมูลของกรดแกลลิก ซึ่งในกากกาแฟพบสารประกอบฟีนอลประมาณร้อยละ 1- 4

ของน้ำหนักสารละลายทั้งหมด หลังจากที่สกัดด้วยตัวทำละลาย เช่น เอทานอล น้ำ หรือสารละลายด่าง (ร้อยละ 1 NaOH) และนำไปวัดปริมาณโดยเทคนิคสเปคโตรโฟโตเมทรี สารประกอบฟีนอลที่พบมากที่สุดคือกรดคลอโรจีปัจจุบันจะใช้วิธีการสกัดโดยวิธีการแยกสลายด้วยน้ำ โดยใช้น้ำเป็นตัวสกัดในอัตราส่วน 15 มิลลิลิตรต่อกรัมกากกาแฟ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เวลา 50 นาที พบว่าได้สารประกอบฟีนอลเท่ากับ 40.36 มิลลิกรัมกากกาแฟ และเมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการต่าง ๆ พบว่ามีค่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระดังนี้ คือ FRAP = 69.5 มิลลิกรัม, DPPH = 28.15 มิลลิกรัม, ABTS = 31.46 มิลลิกรัม และTAA = 66.21 มิลลิกรัม (รพีพรรณ กองตูม, 2560)

5) คาเฟอีน

คาเฟอีนเป็นสารสำคัญที่สำคัญและเป็นเอกลักษณ์ของกาแฟ โดยในกากกาแฟพบปริมาณคาเฟอีนเหลืออยู่ในช่วง 0.73-41.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมกากกาแฟ สามารถสกัดได้ด้วยตัวทำละลาย เช่น เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทานอล โดยเทคนิค Ultrasound และ Soxhlet ปัจจุบันมีการใช้เทคนิคขั้นสูงในการสกัดหรือสกัดเช่นเดียวกันกับน้ำมัน คือ การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของไหลที่ความดัน 300 บาร์ อุณหภูมิ 58.5 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ปริมาณคาเฟอีน 41.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมกากกาแฟ มากกว่าการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์อุตสาหกรรมผลิตกาแฟจึงนิยมใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของไหลในกระบวนการ Decaffeinate ในการผลิตกาแฟที่ปราศจากคาเฟอีน เป็นต้น (รพีพรรณ กองตูม, 2560)

6) แร่ธาตุ

แร่ธาตุในกากกาแฟประกอบไปด้วยแร่ธาตุหลายชนิด จากการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค ICP-AES พบว่ากากกาแฟประกอบไปด้วยธาตุ K, P, Mg, Ca, Al, Fe, Mn, Cu, Zn, S, Cr โดยที่ K จะพบมากที่สุด 3549.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมกากกาแฟ นอกจากนี้ในกากกาแฟยังมีปริมาณเถ้าโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 0.4-1.6 การที่ปริมาณเถ้ามีน้อยนั้นก็หมายความว่าในกากกาแฟนั้นอุดมไปด้วยคาร์บอน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในประโยชน์ในด้านพลังงานและการเกษตร เป็นต้น (รพีพรรณ กองตูม, 2560)

2.1.4 การนำกากกาแฟไปใช้ประโยชน์

ปัจจุบันกาแฟเป็นเครื่องดื่มที่ผู้คนรู้จักกันอย่างแพร่หลาย การดื่มกาแฟกลายเป็นที่นิยมซึ่งเห็นได้จากร้านกาแฟที่เกิดขึ้นมากมาย และมีความใส่ใจรวมถึงรายละเอียดในการชงกาแฟมากขึ้น นั้นมีสาเหตุมาจากผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับการดื่มกาแฟมากขึ้น เมื่อกาแฟที่ผ่านการสกัดน้ำก็จะเหลือทิ้งเป็นกากกาแฟ ซึ่งกากกาแฟส่วนใหญ่นั้นไม่ได้รับความสนใจและความสำคัญมากนักจึงต้องทิ้งไปอย่างไร้ค่า เพราะผู้ประกอบการไม่ทราบว่ากากกาแฟนั้นมีประโยชน์มากมาย ซึ่งในต่างประเทศได้มีการนำกากกาแฟมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) การทำการเกษตร ในกากกาแฟนั้นมีแร่ธาตุอย่างไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัสซึ่งช่วยในการเติบโตของพืช จึงสามารถใช้เป็นส่วนผสมของปุ๋ยหมักได้ เพียงแค่นำกากกาแฟไปหมักกับเศษผลไม้ เศษอาหาร เศษใบไม้ หรือน้ำหมักชีวภาพ นอกจากนี้การนำกากกาแฟโรยไว้รอบ ๆ แปลงเพาะปลูกสามารถช่วยไล่แมลงศัตรูพืชและหอยทากที่เข้ามาในพื้นที่เพาะปลูกได้ เพราะกากกาแฟนั้นมีความขมอ่อน ๆ และมีความเป็นกรด ทำให้หอยทากและแมลงศัตรูพืชไม่ชอบ

2) ในการดับกลิ่น ประโยชน์อีกอย่างของกากกาแฟคือสามารถดูดซับกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นเหม็นอับของตู้เสื้อผ้าหรือตู้เย็นโดยเราสามารถนำกากกาแฟใส่ถ้วยวางไว้ตามซอกของตู้ต่าง ๆ ก็จะช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นได้ หรือแม้แต่การช่วยดับกลิ่นอับภายในรองเท้าโดยการนำกากกาแฟวางบนผ้าแล้วมัด และนำไปวางในรองเท้า

3) ในการเป็นผลิตภัณฑ์ขัดผิวและบำรุงผิว กากกาแฟมีคุณสมบัติที่ช่วยขจัดเซลล์ผิวที่ตายแล้วและกระตุ้นการสร้างเซลล์ผิวใหม่ขึ้นมาทำให้หน้ากระจ่างใสขึ้น และกากกาแฟเมื่อผสมกับนมโยเกิร์ต และน้ำผึ้งสามารถมามาส์กหน้าเพื่อความผ่อนคลายได้อีกด้วย เพราะกากกาแฟสามารถดูดซับเอาสิ่งสกปรกภายในหน้าออกมา ช่วยให้ผิวเรียบเนียนและลดริ้วรอยจุดด่างดำเหมือนทำดีทอกซ์ให้กับผิว

4) ในการแปรรูปเป็นภาชนะ จากบริษัท Kaffeeform ได้ผลิตภาชนะจากกากกาแฟ (ร้อยละ40) ที่ผสมกับเส้นใยธรรมชาติ เช่น เศษไม้ และไบโอโพลิเมอร์ แล้วขึ้นรูปด้วยความร้อน ภาชนะทำให้ได้มีข้อดีคือ น้ำหนักเบา ทนทาน สามารถใช้กับเครื่องล้างจานได้ และสามารถย่อยสลายได้ซึ่งส่งเสริมการนำเอาขยะมารีไซเคิลให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ตัวอย่างเช่น แก้วเอสเปรสโซ่ แก้วคาปูชิโน่ และแก้วแบบ Take away โดยมีวางขายในเบอร์ลิน ลอนดอน ปารีส และประเทศอื่น ๆ ในยุโรป ในการสกัดน้ำมัน ตัวอย่าง เช่น ได้ทดลองนำกากกาแฟมาสกัดน้ำมัน เพื่อการนำไปใช้ประกอบอาหาร ทำเครื่องดื่มใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางและเวชภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมีเป้าหมายคือพัฒนาน้ำมันจากกากกาแฟให้สามารถใช้ทดแทนน้ำมันปาล์มได้ เพื่อให้เป็นพลังงานทางเลือกที่ยั่งยืนและลดการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อใช้ปลูกต้นปาล์ม (GlobalLinker Staff, 2562)

2.2 คีเฟอร์

คีเฟอร์ (Kefir) หมายถึง นมที่ผลิตได้จากการหมัก น้ำนมวัว น้ำนมควาย หรือน้ำนมแพะด้วยแบคทีเรีย และยีสต์ ทำให้ได้ทั้งกรดและแอลกอฮอล์นิยมบริโภคในแถบตะวันออกกลางและรัสเซียจุลินทรีย์ที่ใช้หมักคีเฟอร์ ได้แก่ แล็กโทบาซิลลัส เคฟิไร (*Lactobacillus kefiri)* หรือแล็กโทค็อกคัส (*Lactococcus*) และแอซีโตแบกเตอร์ (*Acetobacter*) และไคลเวอโรไมซีส มาร์เซียนัส (*Kluyveromyces marxianus*) และแซ็กคาโรไมซีส ยูนิสปอรัส (*Saccharomyces*

unisporus) หรือแซ็กคาโรไมซีส เซรีวิซิอี (*Saccharomyces cerevisiae)* หรือแซ็กคาโรไมซีสแอซิกูอัส (*Saccharomyces exiguus*) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป.)

2.2.1 ชนิดของคีเฟอร์

คีเฟอร์มี 2 ชนิด จำแนกตามวิธีการเลี้ยง ได้แก่ คีเฟอร์นม (ภาพ 2.5) และคีเฟอร์น้ำ (ภาพ 2.6)

ภาพ 2.5 ลักษณะของคีเฟอร์นม
ที่มา : คีเฟอร์ (นม), (2556)

ภาพ 2.6 ลักษณะของคีเฟอร์น้ำ

คีเฟอร์น้ำ Tibicos หรือ Water kefir สีน้ำตาลอ่อน - เข้ม ใส ๆ คีเฟอร์น้ำนั้นอาจมีประโยชน์ไม่มากเท่าคีเฟอร์นม แต่ทานง่ายกว่า เลี้ยงง่ายกว่าและมีสูตรมากมาย และยังโตเร็วกว่า Tibicos หรือที่รู้จักกันในชื่อว่า Water kefir และอาจมีชื่อเรียกอื่น ๆ อีก เช่น Tibi, Japaness watercrystals, California bees เป็นต้น Tibicos มีลักษณะเป็นเม็ดใสคล้ายเม็ดสาคู หรือที่เรียกว่า Grains ซึ่งเกิดจากการอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัย (Symbiotic) ของแบคทีเรียและยีสต์ แบคทีเรียที่พบนั้นจะเป็นพวกกลุ่มของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกได้ เช่น *Lactobacillus Streptococcus, Pediococcus Leuconostoc* ซึ่งแบคทีเรียพวกนี้จะอยู่รวมกันกับยีสต์พันธุ์ *Saccharomyces Candida, Kloeckera* (Chenkaratline *et.al.*, 2562)

2.2.2 ประโยชน์ของคีเฟอร์

คีเฟอร์มีความเป็นกรดและกลิ่นเปรี้ยวจากกระบวนการหมักกรดแลคติก และกรดอะซีติก ซึ่งเป็นผลจากกิจกรรมทางเมตาบอลิซึมของแบคทีเรียมีกลิ่นแอลกอฮอล์ และความซ่าแบคทีเรีย กรดแลคติก และยีสต์ที่เป็นองค์ประกอบในเม็ดคีเฟอร์บางสายพันธุ์จัดเป็นจุลินทรีย์โพรไบโอติก หมายถึงจุลินทรีย์ที่มีชีวิตซึ่งเมื่อผู้บริโภคได้รับจุลินทรีย์นี้เข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่เพียงพอ จะทำให้เกิดผลที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ปรับให้เกิดสภาวะสมดุลในระบบลำไส้ ลดความเสี่ยงในการติดเชื้อจากจุลินทรีย์ก่อโรค อาการท้องเสีย และมะเร็งลำไส้ ลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดช่วยสร้างเสริมระบบภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย เป็นต้น จากเหตุผลดังกล่าวคีเฟอร์จึงถูกจัดให้เป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอาหารเชิงหน้าที่ซึ่งให้ประโยชน์หรือคุณสมบัติอื่น ๆ ในด้านการส่งเสริมสุขภาพนอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการขั้นพื้นฐาน นอกจากนี้มีรายงานว่าแบคทีเรียกรดแลคติกในเม็ดคีเฟอร์บางสายพันธุ์สามารถสร้างสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค *เช่น Bacillus cereus, Escherichia coli, Listeria* spp., *Salmonella* spp. *และ Staphylococcus* spp. ในอาหารได้ (วารสารเทคโนโลยีการอาหาร, 2561)

2.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) สูตรโมเลกุลคือ H_2O_2 เป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (สารที่ประกอบด้วยออกซิเจนสองตัวและเชื่อมกันด้วยพันธะเดี่ยว) จึงมีสภาพเป็นของเหลวใส และมีลักษณะหนืดกว่าน้ำเล็กน้อย มีรสขมไม่อยู่ตัว ซึ่งสามารถสลายตัวเป็นออกซิเจนกับน้ำเมื่อเจือจางสารละลายไม่มีสี เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถสลายตัวเป็นน้ำได้เมื่อถูกแสงและความร้อน จึงควรเก็บรักษาสารชนิดนี้ไว้ในภาชนะทึบแสง ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ยังเป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่เป็นกรดแก่ และจัดเป็นสารออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ถูกใช้ประโยชน์อย่างมากในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมฟอกย้อม อุตสาหกรรมอาหาร และอื่น ๆ รวมถึงใช้ในทางการแพทย์ และระบบบำบัดน้ำเสีย

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงของจรวด และตอปิโดในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งพบได้ทั้งในมนุษย์ สัตว์ พืช จุลินทรีย์ รา ในน้ำ ดิน และอากาศ แต่สามารถสลายตัวได้เร็วหากได้รับความร้อนจนอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่า 80 องศาเซลเซียส (กุลฤดี แสงสีทอง, ม.ป.ป.)

2.3.1 การผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

การผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่จำหน่ายในปัจจุบัน ไม่นิยมผลิตออกมาในรูปของของเหลวบริสุทธิ์ เนื่องจากมักสลายตัวเร็วและเกิดก๊าซไวไฟของไฮโดรเจน จึงนิยมผลิตออกมาในรูปของสารละลายร้อยละ 3-90 เพราะมีความเป็นอันตรายน้อย และไม่สลายตัวง่ายกระบวนการผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เรียกว่า AO หรือ Antraquinone ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1) 2-alkyl-9,10-anthraquinones ทำปฏิกิริยากับ H_2O_2 ในที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาได้ผลิตภัณฑ์เป็นไดไฮโดรคิวโนน ดังสมการ (1)

$$C_{14}H_8O + H_2O_2 \longrightarrow C_{14}H_{10}O_2 \qquad (1)$$

2) ไฮโดรควิโนนจะถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนได้ผลิตภัณฑ์เป็น Anthraquinone และกรดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ดังสมการ (2)

$$C_{14}H_{10}O_2 + O_2 \longrightarrow C_{14}H_8O + H_2O_2 \qquad (2)$$

2.3.2 ปฏิกิริยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

เมื่อสัมผัสกับแสงและความร้อนเกิดการสลายตัว แต่เป็นสารที่สลายตัวได้ช้า แต่หากสัมผัสกับโลหะจะสลายตัวได้เร็วเมื่อสลายตัวจะให้น้ำ (H_2O) และออกซิเจน (O_2) ดังสมการ (3)

$$2H_2O_2\,(aq) \longrightarrow 2H_2O\,(l) + O_2\,(g) \qquad (3)$$

1) ปฏิกิริยาออกซิเดชันกับโลหะหรือสารต่าง ๆ

1.1) ไซยาไนด์

ปฏิกิริยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ออกซิเดชันกับไซยาไนด์ ได้เป็นไซยาเนต ดังสมการ (4)

$$CN^- + H_2O_2 \longrightarrow CNO^- + H_2O \qquad (4)$$

ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นที่พีเอชในช่วง 10-11 ซึ่งระหว่างการเกิดปฏิกิริยาจะไม่ทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ที่เป็นพิษ และความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 3-6 โมลต่อไซยาไนด์ 1 โมล โดยจะใช้ทองแดงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
(ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, 2563)

2.3.3 ประโยชน์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

1) กระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม ได้แก่

1.1) ใช้ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมการฟอกย้อม ฟอกสี อุตสาหกรรมผลิตหนังเทียม อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ เป็นต้น

1.2) ใช้เป็นสารออกซิไดส์ชิงเอเจนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นที่นิยม เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารที่ไม่มีพิษและราคาถูก เมื่อเทียบกับสารออกซิไดส์ชิงเอเจนต์อื่น ๆ ในด้านสารเสพติดมีการใช้เป็นสารออกซิไดส์ในการผลิตโคเคน

1.3) ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารฟอกสีอาหาร และมีการใช้เป็นสารฆ่าเชื้อหรือทำความสะอาดภาชนะ อุปกรณ์ และเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตอาหาร

1.4) ใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หลายชนิด ได้แก่ ส่วนผสมในน้ำยาย้อมผม (ใช้ผสมได้สูงสุดไม่เกินร้อยละ 12) น้ำยาล้างเล็บ (ใช้ผสมได้สูงสุดไม่เกินร้อยละ 2) และน้ำยาบ้วนปาก (ใช้ผสมได้สูงสุดไม่เกินร้อยละ 0.1) เป็นต้น

1.5) ในอุตสาหกรรมอวกาศมีการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ90 เป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิงขับเคลื่อนจรวด

2) ทางการแพทย์

1.1) ใช้เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อโรค หรือในครัวเรือนจะใช้เป็นน้ำยาล้างแผลที่เป็นสารละลายความเข้มข้นร้อยละ 3 หรือร้อยละ 6 สามารถหาซื้อในร้านขายยาทั่วไป

1.2) ใช้เป็นส่วนผสมของสารฟอกสีฟันในงานด้านทันตกรรม โดยใช้ได้สูงสุดที่ความเข้มข้นร้อยละ 6

1.3) ในทางทันตกรรม ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นถูกใช้เป็นสารปรับสภาพพื้นผิวของเดือยฟัน

3) การเกษตร

1.1) ใช้เป็นสารล้างทำความสะอาดผลผลิต เพื่อฆ่าเชื้อก่อนบรรจุหรือจัดเก็บ

1.2) ใช้เติมลงในน้ำนมดิบ เพื่อป้องกันไม่ให้นมเน่าเสียในระหว่างการพักเก็บหรือการขนส่ง

4) ครัวเรือน

1.1) ใช้เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อ หรือน้ำยาล้างแผล

1.2) ใช้เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อหรือทำความสะอาดภาชนะต่าง ๆ

1.3) ใช้เป็นสารปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง เลี้ยงปลาหรือการประมงทุกชนิดเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ และลดกลิ่นเหม็นอีกทั้งไม่เกิดสารพิษตกค้าง และไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, 2563)

2.3.4 คุณสมบัติการยับยั้งและทำลายเชื้อแบคทีเรีย

ในการยับยั้งและทำลายเชื้อแบคทีเรียของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เนื่องจากเป็นตัวออกซิไดซ์ (Oxidizes) ที่มีความสามารถในการชิงอิเล็กตรอนได้เก่ง จึงเกิดเป็นสารอนุมูลอิสระ เช่น O_2^- (Superoxide) และ OH^- (Hydroxyl radical) จึงมีฤทธิ์รุนแรงต่อเซลล์ของแบคทีเรีย โดยจะออกซิไดซ์หมู่ซัลฟไฮดริล HS^- (Sulfhydryl) ของแบคทีเรียที่เยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เกิดการเสียสภาพของโปรตีนในเซลล์ และมีผลต่อไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์โดยทำให้เกิดภาวะ Lipid peroxidation คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่ออนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัวในผนังเซลล์เกิดขึ้นในผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดภาวะการยอมให้สารซึมผ่านได้สูงขึ้น ซึ่งส่งผลต่อระบบความสามารถในการยอมให้สารซึมผ่านเข้าออกจากเยื่อหุ้มเซลล์เสียจึงเกิดการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์และโครงสร้างโมเลกุลโปรตีนภายในเซลล์ (กุลฤดี แสงสีทอง, ม.ป.ป.)

2.4 การดูดซับ

การดูดซับ (Adsorption) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารที่พื้นผิวของสารถูกดูดซับ (Adsorbate) ที่สัมผัสโดยตรงกับสารดูดซับ (Adsorbent) โดยสารที่มีพลังงานอิสระที่ผิวต่ำจะถูกดูดซับได้ แต่สารที่มีพลังงานอิสระที่ผิวสูงจะไม่ถูกดูดซับ กระบวนการดูดซับเกิดขึ้นเมื่อมีการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างสารถูกดูดซับกับสารดูดซับ ปริมาณการดูดซับขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ธรรมชาติของสารถูกดูดซับกับสารดูดซับ พื้นที่ผิวของตัวดูดซับ พลังงานกระตุ้นของตัวดูดซับ และสภาวะการดูดซับ เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้น ความดัน และพลังงานศักย์ของปฏิกิริยากิริยาระหว่างสารที่ถูกดูดซับ (อาจเป็นของแข็งของเหลวหรือแก๊ส) กับสารดูดซับ (ซึ่งอาจเป็นของเหลวหรือของแข็ง) ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันหรือความเข้มข้นและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้ปริมาณการดูดซับเปลี่ยนแปลง

การดูดซับเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณผิวสัมผัส โดยที่มีวัฏภาคหนึ่งเป็นของแข็งเสมอ และเป็นวัฏภาคคายความร้อนโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับ เกาะอยู่บนผิวหน้าของของแข็งของสารดูดซับ ดังนั้นการดูดซับด้วยของแข็งจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัสของสารดูดซับ การดูดซับจะเกิดขึ้นเนื่องจากแรงดึงดูดที่พื้นผิวของของแข็ง ซึ่งเป็นสารดูดซับมีค่ามากกว่าค่าพลังงานจลน์ของโมเลกุลของของเหลวนั้น การดูดซับบนผิวของแข็งแบ่งออกได้ตามแรงที่ดูดซับระหว่างพื้นผิวโมเลกุลเป็น 2 ชนิดคือการดูดซับทางกายภาพ และการดูดซับทางเคมี (วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ, 2558)

2.4.1 ชนิดของการดูดซับ

1) การดูดซับทางกายภาพ

การดูดซับทางกายภาพเป็นการดูดซับที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลอย่างอ่อนคือ แรงแวนเดอร์วาลส์ (Vander Waals Forces) ซึ่งเกิดจากการรวมของแรง 2 ชนิดคือ แรงกระจาย (London dispersion force) และแรงไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic force) การดึงดูดด้วยแรงที่อ่อนทำให้การดูดซับประเภทนี้มีพลังงานการคายความร้อนค่อนข้างน้อย คือ ต่ำกว่า 20 กิโลจูลต่อโมล และสามารถเกิดการผันกลับของกระบวนการได้ง่าย ซึ่งเป็นข้อดีเพราะสามารถฟื้นฟูสภาพของตัวดูดซับได้ง่าย ด้วยสารที่ถูกดูดซับสามารถเกาะอยู่รอบ ๆ ผิวของสารดูดซับได้หลายชั้นหรือในแต่ละชั้นของโมเลกุลสารถูกดูดซับจะติดอยู่กับชั้นของโมเลกุลของสารถูกดูดซับในชั้นก่อนหน้านี้ โดยจำนวนชั้นจะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ และเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายในสารละลาย (วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ, 2558)

2) การดูดซับทางเคมี

การดูดซับทางเคมีการดูดซับที่เกิดขึ้นเมื่อตัวถูกดูดซับกับตัวดูดซับทำปฏิกิริยาเคมีกัน ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของตัวถูกดูดซับเดิม คือมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือกลุ่มอะตอมเดิมแล้วมีการจัดเรียงอะตอมไปเป็นสารประกอบใหม่ขึ้น โดยมีพันธะเคมีซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรง มีพลังงานกระตุ้นเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ความร้อนของการดูดซับมีค่าสูงประมาณ 50-400 กิโลจูลต่อโมล หมายความว่าการกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากผิวตัวดูดซับจะทำได้ยาก คือ ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ และการดูดซับประเภทนี้จะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียวเท่านั้น ซึ่งการดูดซับทางกายภาพและทางเคมีมีข้อแตกต่างกันหลายอย่าง (วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ, 2558)

2.4.2 การดูดซับน้ำมันและไขมัน

การดูดซับน้ำมันและไขมันมีวิธีการที่ใช้ในการกำจัดคราบน้ำมันในแหล่งธรรมชาติมีด้วยกัน 4 วิธีคือการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือกลในการเก็บกวาดคราบน้ำมัน วิธีการทางกายภาพ วิธีการทางเคมี และวิธีการทางกายชีวภาพ

1) การใช้อุปกรณ์เครื่องมือกลในการเก็บกวาดคราบน้ำมัน เป็นที่นิยมใช้ในการเก็บกวาดและกำจัดคราบน้ำมันในทะเล เช่น

1.1) Sorbents เป็นการดูดซับน้ำมันโดยใช้วัสดุดูดซับต่าง ๆ ที่บรรจุในถุงและผูกต่อกันเป็นสายยาวเป็นทุ่นลอยล้อมรอบวงของคราบน้ำมัน หรือมีการทำออกมาในลักษณะเป็นแผ่นบางคล้ายวิธีการนี้เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถใช้ในการเก็บกวาดคราบน้ำมันบนผิวน้ำที่มีวงขนาดเล็ก มีการปนเปื้อนน้อยจนไปถึงขนาดใหญ่และมีวงกว้าง นอกจากนั้นวิธีนี้จะถูกนำมาใช้ในกรณีที่เครื่องมือหรืออุปกรณ์อื่น ๆ ไม่สามารถให้ผลในการเก็บกวาดกำจัดคราบน้ำมัน

2) วิธีการทางกายภาพ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแต่มีข้อจำกัดในการใช้เนื่องจากสามารถส่งกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และอาจก่อให้อันตรายถ้าไม่สามารถควบคุมได้ เช่น การเผาคราบน้ำมัน การเผาคราบน้ำมันสามารถกำจัดคราบน้ำมันได้ เกือบร้อยละ 98 ของคราบน้ำมันทั้งหมดแต่วิธีการนี้มีข้อจำกัดคือต้องเป็นน้ำมันที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำใหม่ๆและมีความหนาของคราบน้ำมันไม่ต่ำกว่าประมาณ 3 มิลลิเมตร นอกจากนั้นการเผาจะต้องควบคุมการเผาไหม้ให้อยู่ในบริเวณที่ต้องการ รวมทั้งต้องตระหนักถึงการปลดปล่อยกาซที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันสู่บรรยากาศ

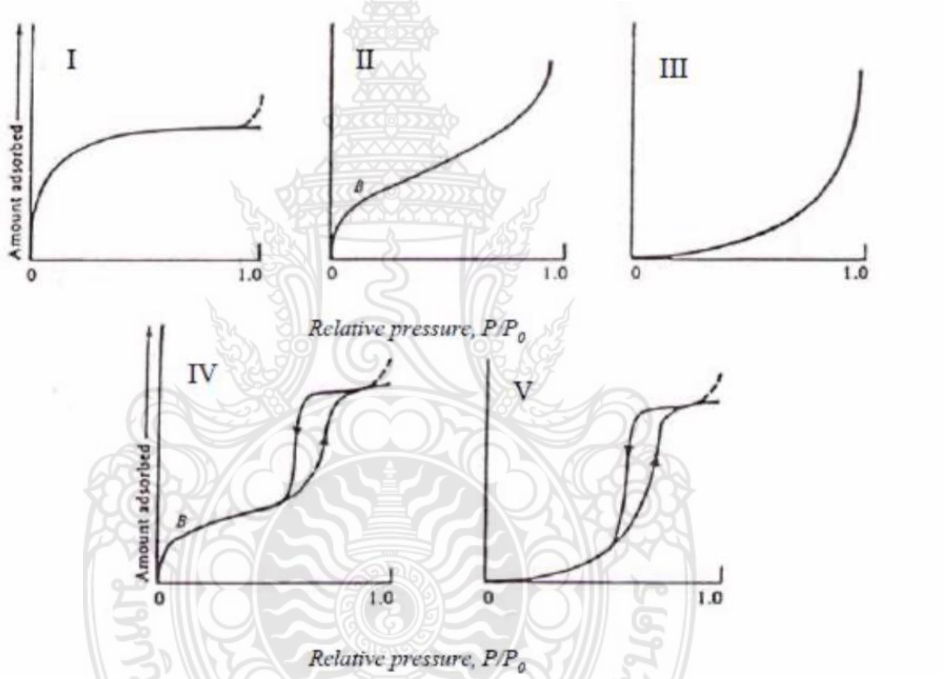
3) วิธีทางเคมี นั้นเป็นการใช้สารเคมีในการกำจัดน้ำมันโดยการนำสารเคมีไปฉีดในบริเวณที่มีการปนเปื้อน เพื่อให้แรงตึงผิวของน้ำมันลดลงจนน้ำมันแตกตัวและแพร่กระจายในน้ำ ซึ่งสารเคมีที่ใช้นี้เป็นสารเคมีที่ประกอบด้วยสารประกอบหลัก คือ สารไฮโดรคาร์บอน ดังนั้นวิธีนี้จึงมีส่วนทำให้เกิดความเป็นพิษหลงเหลืออยู่ในสิ่งแวดล้อมต่อไปอีก

4) วิธีทางชีวภาพ เป็นการย่อยสลายน้ำมันหรือสารปิโตรเลียมโดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ โดยเฉพาะในบริเวณที่มีการปนเปื้อนปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนมักจะมีความสามารถในการย่อยสลายน้ำมันได้ ในการย่อยสลายตามธรรมชาติมักเกิดได้ค่อนข้างช้า ในปัจจุบันจึงได้มีการกระตุ้นหรือการเร่งเพื่อช่วยให้ขบวนการย่อยสลายเกิดได้เร็วขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นการย่อยสลายโดยวิธีเร่งธรรมชาติ กระทำได้โดยการเติมธาตุอาหาร (Organic หรือ Inorganic nutrient) หรือตัวกระตุ้นเพื่อช่วยในการย่อยสลายสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยจุลินทรีย์ธาตุอาหารที่มีรายงานวิจัยว่ามีส่วนช่วยเร่งการย่อยสลาย ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (ประสมสงค์ ปุณยอุปพันธ์, 2551)

2.4.3 สมดุลการดูดซับ

สมดุลของการดูดซับอาศัยความสัมพันธ์ที่สภาวะสมดุลของสมดุลของมวลสาร ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับ ในวัฏภาคของเหลวกับความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับบนวัฏภาคของแข็งกระบวนการดูดซับเกิดขึ้นต่อไปเรื่อย ๆ โดยสารที่ถูกดูดซับและมีการคายการดูดซับไปพร้อมกัน ซึ่งสมดุลจะเกิดขึ้นเมื่ออัตราการดูดซับและการคายการดูดซับเท่ากัน การวัดปริมาณสารที่ถูกดูดซับที่อุณหภูมิคงที่หนึ่ง ๆ โดยการแสดงด้วยรูปกราฟ เรียกว่าไอโซเทอมการดูดซับ ซึ่งเป็นตัวแทนในการอธิบายการกระจายตัวของตัวถูกดูดซับ ระหว่างวัฏภาคของเหลวและของแข็ง โดยอัตราการกระจายตัวนี้สามารถวัดได้ที่จุดสมดุล และจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับหรือคุณสมบัติของตัวถูกดูดซับ เมื่อเกิดการดูดซับขึ้นโมเลกุลของตัวที่ถูกดูดซับจะเข้าครอบครองทุกตำแหน่งที่สามารถจะเกิดการดูดซับจนเต็มทุกตำแหน่ง และจะทำให้แรงดึงดูดของผิวตัวดูดซับอ่อนลงเนื่องจากตำแหน่งพื้นผิวมีน้อยลง แต่อาจยังคงสามารถดูดซับโมเลกุลตัวถูกดูดซับได้

โดยทำให้เกิดเป็นการดูดซับชั้นที่สองหรือชั้นที่สามเกิดขึ้น ซึ่งอาจเกิดการดูดซับชั้นที่สอง ก่อนที่ชั้นแรกจะเต็มทุกตำแหน่งและในบางตำแหน่งอาจจะดูดซับต่อหลายชั้นซ้อนสูงขึ้น รูปร่างของไอโซเทอมการดูดซับจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการดูดซับ และปริมาณของสารถูกดูดซับบนพื้นผิวตัวดูดซับ ไอโซเทอมการดูดซับมีหลายแบบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสารดูดซับ ชนิดสารที่ถูกดูดซับและปฏิกิริยากิริยาระหว่างโมเลกุลกับพื้นผิวของสารดูดซับในปีค.ศ.1940 ได้มีการจำแนกไอโซเทอมการดูดซับของสมดุลวัฏภาคแก๊สกับของแข็งขึ้นโดย Brunauer, Deming, Deming และ Teller เรียกว่า BDDT ได้แบ่งลักษณะไอโซเทอมการดูดซับออกเป็น 5 แบบ (ภาพ 2.7) (วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ, 2558)



ภาพ 2.7 ประเภทไอโซเทอมการดูดซับทั้ง 5 แบบ
ที่มา : วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ, (2558)

2.4.4 ตัวดูดซับ

ตัวดูดซับ คือ สารที่มีความสามารถในการดูดซับมีหลายชนิด อาจแบ่งได้เป็น 5 ประเภท คือ

1) สารอินทรีย์ เช่น ดินเหนียวต่าง ๆ ซิลิกากัมมันต์ ถ่านกระดูก หรือสินแร่จำพวกอลูมิเนียม ตัวดูดซับสารอินทรีย์มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50-200 ตารางเมตรต่อกรัม และดูดซับโมเลกุลสารเพียงไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับจากสารอินทรีย์มีขีดจำกัด

2) ถ่านกัมมันต์ มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 500-1,400 ตารางเมตรต่อกรัม เป็น ตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพ และมีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางในด้านต่าง ๆ เช่น ฟอกสีกำจัดกลิ่น การกำจัดตะกอนในโรงเบียร์

3) สารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารแลกเปลี่ยนไอออน (เรซิน) ชนิดพิเศษที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่าง ๆ สารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50-200ตารางเมตรต่อกรัม

4) วัสดุชีวภาพ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นของเหลือใช้ทางด้านการเกษตร เช่น ขี้เลื่อย ไคโตซาน กากกาแฟ กากชา กากถั่วเหลือง และเถ้าแกลบดำ

5) สารดูดซับชีวภาพ ได้แก่ เอนไซม์ต่าง ๆ เซลล์แบคทีเรีย และโลหะหนัก (นิสาพร มูหะมัด และคณะ, 2559)

2.4.5 ตัวถูกดูดซับ

ตัวถูกดูดซับ คือ กระบวนการที่ทำให้อะตอมหรือโมเลกุลหรือไอออน ต่าง ๆ ถูกดูดยึดไว้ที่ผิวของวัสดุด้วยแรงทางเคมีหรือทางฟิสิกส์ สารแขวนลอยขนาดเล็กซึ่งละลายอยู่ในน้ำให้อยู่บนผิวของสารอีกชนิดหนึ่ง โดยที่สารละลายหรือสารแขวนลอย ขนาดเล็กนี้เรียกว่า Adsorbate ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของสารที่ถูกดูดติดเรียกว่า Adsorbent การดูดติดผิวนี้จะเป็นการดูดติดแบบระหว่างสถานะต่าง ๆ ทั้ง 3 สถานะ คือ ของเหลว ก๊าซ และของแข็ง ซึ่งมีได้ทั้งแบบของเหลว- ของเหลว ก๊าซ-ของเหลว ก๊าซ-ของแข็ง และของเหลว-ของแข็ง โดยในที่นี้เมื่อพิจารณาถึงเฉพาะแบบ ของเหลว-ของแข็ง ในการดูดติดผิวโมเลกุลของสารละลายหรือสารแขวนลอยจะถูกกำจัดออกจากน้ำและไปเกาะติดอยู่บนตัวดูดซับ โมเลกุลของสารส่วนใหญ่จะเกาะจับอยู่กับผิวภายในโพรงของตัวดูดซับและมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เกาะอยู่ที่ผิวภายนอก การถ่ายเทโมเลกุลจากน้ำไปหาตัวดูดซับเกิดขึ้นได้จนถึงสมดุลจึงหยุด ณ จุดสมดุล ความเข้มข้นของโมเลกุลในน้ำจะเหลือน้อยเพราะโมเลกุลส่วนใหญ่เคลื่อนที่ไปเกาะจับอยู่กับตัวดูดซับโดยในการเกาะติดจะมี Driving Force อยู่ (Pradthana, 2551)

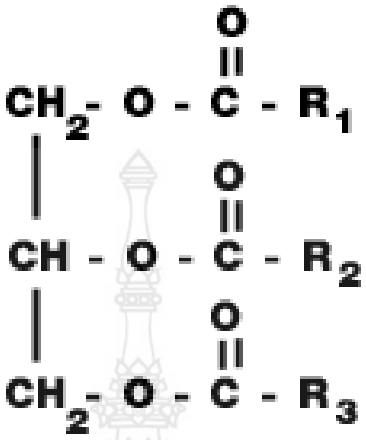
2.5 น้ำมันพืช

น้ำมันพืชเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันที่สกัดได้จากพืช วัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำมันพืชในประเทศไทยมีหลายชนิด ได้แก่ ถั่วเหลืองปาล์มน้ำมันรำข้าว ข้าวโพด และเมล็ดทานตะวันน้ำมันพืชบริโภคทั่ว ๆ ไปประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ประมาณร้อยละ 95-98 และสารประกอบอื่น ๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในน้ำมันแต่ละชนิดทั้งในแง่ของปริมาณและคุณภาพ ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของสารประกอบ ได้แก่ ชนิดของพืช การเพาะปลูก และการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาก่อนที่จะนำไปสกัดน้ำมัน สารปนเปื้อนที่สำคัญในน้ำมันพืชคือกรดไขมันอิสระ ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการไฮโดรไลซิสไตรกลีเซอไรด์ โดยมีไดกลีเซอไรด์ และโมโนกลีเซอไรด์อิสระสูงจะทำให้เกิดกลิ่นหืนได้ง่าย เนื่องจากกรดไขมันในรูปอิสระสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ได้ง่ายกว่ารูปเอสเทอร์ของไตรกลีเซอไรด์ (คณิศา กิตติรัตนไพบูลย์ และคณะ, 2552)

2.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืช

น้ำมันพืชประกอบด้วย Tocopherol ซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชั่นที่ช่วยจับ Hydroperoxide และยับยั้ง Autoxidation chain reaction ดังนั้นปริมาณของ Tocopherol ในน้ำมันพืชจึงมีความสำคัญต่อสุขภาพร่างกาย Tocopherol และ Tocotrienol เรียกรวมกันว่า Tocol หรือวิตามินอีจัดเป็นสารต้านนออกซิเดชั่นที่ละลายในไขมันมีโครงสร้างทางเคมีที่ประกอบด้วย Chromanol ring และ Side chain ที่ไม่ชอบน้ำเช่น Phytyl ที่พบใน Tocopherol และ Isoprenyl ที่พบใน Tocotrienol ซึ่งการเรียกชื่อไอโซเมอร์ต่าง ๆ ของ Tocopherol และ Tocotrienol ว่าเป็น α-, β-, γ- หรือ δ- Tocopherols จะแตกต่างกันไปตามจำนวนและตำแหน่งของหมู่เมธิลซึ่งเป็นหมู่แทนที่บนวงแหวนฟนอลของ Chromanol ring ในน้ำมันพืชมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชั่นจึงลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด (ชุติมา ลิ้มมัทวาภิรัด์ และคณะ, 2555)

น้ำมันพืชมีสูตรทั่วไปดังนี้ (ภาพ 2.8)



ภาพ 2.8 สูตรทั่วไปของน้ำมันพืช
ที่มา : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ม.ป.ป.)

2.6 ถุงกากกาแฟ

ถุงที่นำมาบรรจุกากกาแฟนั้นดัดแปลงมาจากถุงชาที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ในปัจจุบันนิยมผลิตมาจากเส้นใยพลาสติกโพลีเอธิลีน โพลีโพรพิลิน ไนลอน หรือผสมพลาสติกกับกระดาษกรองเพื่อเพิ่มความแข็งแรงเนื่องจากมีความเหนียว ไม่ฉีกง่ายในน้ำร้อน และยังสามารถซีลปิดถุงด้วยความร้อนหลังจากบรรจุใบชาลงถุงได้อีกด้วย ถุงชาที่นิยมใช้ในปัจจุบันนั้นมีส่วนผสมของพลาสติก Hernandez พบว่าการชงชาทำให้พลาสติกจากถุงชากระจายออกมาในน้ำชาได้จำนวนมาก ไมโครพลาสติกที่ผสมอยู่ในถุงชาอาจจะเป็นพิษโดยตรงต่อร่างกาย และสิ่งที่น่ากังวลคือขยะพลาสติกจากถุงชาซึ่งย่อยสลายยาก สามารถปล่อยไมโครพลาสติกออกสู่สิ่งแวดล้อม ด้วยปัญหาของพลาสติกดังกล่าวทำให้มีความสนใจกันมากในการผลิตถุงชาจากวัสดุธรรมชาติและย่อยสลายได้ และผู้ประกอบการเริ่มเปลี่ยนวัสดุถุงชาที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Hernandez *et al*., 2018)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พงษ์ธิพันธ์ ผึ่งผาย และ อำนวย วัฒนกรสิร (ม.ป.ป.) ได้ทำการศึกษาการดูดซับคราบน้ำมันด้วยวัสดุที่มีรูพรุนนาโนธรรมชาติเป็นการนำชีวมวลหรือวัสดุที่มี รูพรุนนาโนธรรมชาติได้แก่ ฟางข้าว

กาบมะพร้าว และผักตบชวาแบบสดและแบบแห้ง ประสิทธิภาพการดูดซับคราบน้ำมันโดยการจุ่มวัสดุดูดซับลงในน้ำมัน 5 ชนิด คือ น้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ น้ำมันดีเซล น้ำมันหล่อลื่นที่ยังไม่ใช้งาน และน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานแล้ว ผลการวิจัยพบว่า วัสดุที่มีรูพรุน นาโนธรรมชาติที่สามารถดูดซับคราบน้ำมันทุกประเภทได้เป็นอย่างดี คือ กาบมะพร้าว และผักตบชวา

ศรัณย์ จิตตวนิชประภา (2554) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมในการดูดซับยาปฏิชีวนะ ciprofloxacin ของถ่าน 4 ชนิด ที่เตรียมจากกากกาแฟโดยกระบวนการที่ต่างกัน ได้แก่ ถ่านที่เตรียมจากกากกาแฟเผาที่ 350 และ 500 องศาเซลเซียส (CG350 และ CG500) และถ่านที่เตรียมจากกากกาแฟที่ผ่านการสกัดไขมันด้วยเมทธานอลก่อนเผาที่ 350 และ 500 องศาเซลเซียส (CGM350 และ CGM500) ผลการทดลองพบว่า ถ่านที่เตรียมในอุณหภูมิที่สูงกว่าจะดูดซับยา ciprofloxacin ciprofloxacin ได้ดีกว่า และการสกัดไขมันก่อนเผาจะส่งผลเสียต่อลักษณะทางกายภาพ ทำให้การดูดซับยาของถ่านลดลง

รุ่งโรจน์ ศรีรักษา (ม.ป.ป.) ศึกษาคุณสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคของหัวเชื้อคีเฟอร์ โดยใช้วิธี Swab-paper disk พบว่าคีเฟอร์ทั้ง 5 ชนิด คือ Kefir BT 1, Kefir BT 2, Kefir BT 3, Kefir BT 4 และ Kefir BT 5 สามารถยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคได้ 4 ชนิดได้แก่ *Bacillus subtilis, Escherichia coli, Pseudomonas fluoresens* และ *Staphylococcus aureus* โดย Kefir BT 4 มีกิจกรรมการยับยั้งเชื้อ *P. fluoresens* สูงสุดที่ 16.3 ± 0.58 มิลลิเมตร เมื่อนำสารสกัดส่วนใสปราศจากเซลล์เซลล์ (Cell free supernatant) ของเชื้อคีเฟอร์ทั้ง 5 ชนิด ไปทดสอบคุณสมบัติ พบว่าสามารถทนความร้อนสูงได้ที่ร้อยละ 100 เป็นเวลานาน 10 นาที แต่ไม่สามารถทนความร้อนได้ที่ร้อยละ 121 เป็นเวลา 15 นาที

พรผจง เลาหวิเชียร (2555) ได้ทำการศึกษานมคีเฟอร์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีกรดและแอลกลฮอล์เล็กน้อย และกรดแลคติค ทำให้เกิดความเปรี้ยว คือ การรวมกลุ่มของจุลินทรีย์หลายชนิดประกอบด้วยแลคติกแอซิคแบคทีเรีย, แลกโตคอกไค, ลิวโคนอสตอกส์ และยีสต์ หลากหลายชนิด ลักษณะเม็ดคีเฟอร์ มีสีขาวเหมือนดอกกะหล่ำ จุลินทร์เหล่านี้มาเกาะกลุ่มรวมกันแบบเอื้อประโยชน์แก่กันเป็นความสัมพันธ์แบบพึ่งพาสร้างสารอาหารที่มีประโยชน์

จงกร มหาดเล็ก (2553) ได้ทำการวิจัยการดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำทิ้งโรงอาหาร ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยธูปฤาษีใบแคบ โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันและไขมัน พบว่าธูปฤาษี 0.5 กรัม และกกกลม 1 กรัม มีสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับที่ความเป็นกรดด่าง 7 ความเร็วรอบการเขย่า 150 และ 100 รอบต่อนาที ระยะเวลาเขย่า 30 นาที ได้มีการทดลองแบบแบตช์การดูดซับเท่ากับร้อยละ 32 และร้อยละ 44 ตามลำดับ สำหรับการประยุกต์ใช้งานจริง พบว่าธูปฤาษี 140 กรัม และกกกลม 80 กรัม สามารถบำบัดน้ำเสียและไขมันในน้ำทิ้งโรงอาหาร

10 ลิตร ได้การดูเท่ากับร้อยละ 50 และร้อยละ 86 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าธูปฤาษี และกกกลม สามารถบำบัดมลสารอื่นได้แก่ ของแข็งแขวนลอย

นิสาพร มูหะมัด และคณะ (2559) ได้ศึกษาความสามารถในการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูของกากชาที่เหลือใช้ โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ คือ ปริมาณกากชาที่เหมาะสม (0.1-1.6 กรัม) ความเข้มข้นที่เหมาะสมของสีย้อม (6.5-65 มิลลิกรัมต่อลิตร) ความเป็นกรดเบสของสีย้อม (pH 3-11) และศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการดูดซับ (25-95 องศาเซลเซียส) โดยการตรวจวัดค่าดูดกลืนแสงของสีเมทิลีนบลูด้วยเทคนิคสเปคโตรสโกปีที่ความยาวคลื่น 667 นาโนเมตร พร้อมทั้ง ศึกษาสภาพพื้นผิวก่อนและหลังการดูดซับสีย้อมของกากชาโดย SEM ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูความเข้มข้น 13 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยกากชาปริมาณ 0.1 กรัม มีค่าประมาณ 12.70 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่ pH 8 และกากชาสามารถดูดซับสีย้อมได้ดีที่อุณหภูมิตั้งแต่ 70 องศาเซลเซียส โดยมีค่าการดูดซับประมาณ 12.60 มิลลิกรัมต่อกรัม

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาเรื่อง ถุงดูดซับธรรมชาติจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์เพื่อดูดซับคราบน้ำมันปนเปื้อนผู้วิจัยได้จัดทำรูปแบบวิจัย แบบทดลอง โดย มีวิธีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 วัตถุดิบและสารเคมี

1) กากกาแฟชนิด A
2) กากกาแฟชนิด B
3) คีเฟอร์น้ำ
4) น้ำตาลทรายแดง
5) น้ำสับปะรดสด
6) น้ำดื่มสะอาด
7) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์

1) เครื่องชั่งสาร
2) ตู้อบลมร้อน (Oven)
3) บีกเกอร์
4) แท่งแก้วคนสาร
5) กระบอกตวง
6) กระชอนตาข่าย
7) ถุงชา/ถุงกากกาแฟ
8) ผ้าขาวบาง
9) กระดาษกรอง

3.2 ขั้นตอนการศึกษา

3.2.1 การเตรียมคีเฟอร์น้ำสับปะรด

3.2.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกากกาแฟ

3.2.3 การศึกษาคุณลักษณะของกากกาแฟที่ผ่านการการกำจัดไขมัน

3.2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพของกากกาแฟเพื่อดูดซับน้ำมันและการย่อยสลายด้วยคีเฟอร์น้ำสับปะรด

3.2.5 การศึกษาคุณสมบัติการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน

3.2.6 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน

3.3 วิธีการเตรียมคีเฟอร์น้ำสับปะรด

3.3.1 ปริมาณที่ใช้

1) เม็ดคีเฟอร์ 50 กรัม

2) น้ำดื่มสะอาด 200-250 มิลลิลิตร

3) น้ำตาลทรายแดง 12 กรัม

3.3.2 วิธีทำ

1) ล้างเม็ดคีเฟอร์ด้วยน้ำดื่มสะอาด (ภาพ 3.1 ก)

2) เตรียมเม็ดคีเฟอร์ปริมาณ 50 กรัม ลงในสารละลายน้ำสับปะรด ปริมาตร 200 มิลลิลิตร และน้ำตาลทรายแดง ปริมาณ 12 กรัม (ภาพ 3.1 ข)

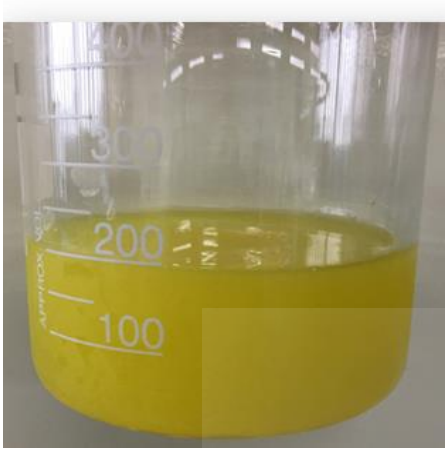
3) หมักน้ำคีเฟอร์สับปะรดใส่ในภาชนะ และปิดฝาหมักทิ้งไว้ 4 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (ภาพ 3.1 ค)

4) กรองน้ำคีเฟอร์ แล้วนำน้ำที่กรองใส่ภาชนะเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (ภาพ 3.1 ง)

ก) ล้างเม็ดคีเฟอร์ด้วยน้ำดื่มสะอาด

ข) นำเม็ดคีเฟอร์ลงไปเลี้ยงในน้ำสับปะรด

ภาพ 3.1 ขั้นตอนการเลี้ยงคีเฟอร์น้ำสับปะรด



ค) หมักคีเฟอร์ด้วยน้ำสับปะรด ง) กรองน้ำคีเฟอร์เพื่อนำไปใช้ในการหมักกากกาแฟ

ภาพ 3.1 ขั้นตอนการเลี้ยงคีเฟอร์น้ำสับปะรด (ต่อ)

3.4 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของกากกาแฟ

3.4.1 การร่อนกากกาแฟเป็นผงละเอียด ไม่จับตัวกันเป็นก้อน และตากแดดเพื่อให้แห้ง (ภาพ 3.2 ก)

3.4.2 การอบกากกาแฟไล่ความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (ภาพ 3.2 ข)

ก) ร่อนกากกาแฟ ข) วางกากกาแฟที่ผ่านการอบไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ภาพ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมกากกาแฟ

3.4.3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพ ดังต่อไปนี้

1) ศึกษาลักษณะกากกาแฟด้วยกล้องสเตอริโอ เพื่อศึกษาลักษณะความแตกต่างของกากกาแฟชนิด A และ B

2) ศึกษาความหนาแน่นของกากกาแฟโดยการอัดกากกาแฟลงในหลอดทดลองปริมาณ 10 มิลลิลิตร และนำกากกาแฟออกมาชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาความหนาแน่นโดยการใช้สูตร

ความหนาแน่น = มวล/ปริมาตร (กรัม/มิลลิลิตร)

3) ทดสอบการดูดซับน้ำ โดยการหยดน้ำในปริมาณ 1 มิลลิลิตร และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของกากกาแฟชนิด A และ B แล้วบันทึกผล

4) ทดสอบการดูดซับน้ำมันกากกาแฟชนิด A และ B โดยการหยดน้ำมัน จนกระทั่งกากกาแฟไม่สามารถอุ้มน้ำมัน และไหลผ่านกากกาแฟลงบีกเกอร์ จึงหยุดการหยดน้ำมัน แล้วบันทึกผล

3.5 การศึกษาคุณลักษณะของกากกาแฟที่ผ่านการการกำจัดไขมัน

3.5.1 การกำจัดไขมันจากกากกาแฟด้วย H_2O_2

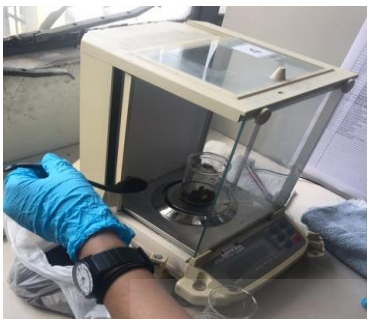
1) ชั่งกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการอบไล่ความชื้น ปริมาณ 20 กรัม (ภาพ 3.3 ก)

2) ผสมกากกาแฟและสารละลาย H_2O_2 ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1, 3, 33, 50, 80 และ 100 เข้าด้วยกัน มีน้ำกลั่นเป็นตัวควบคุม ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที เพื่อดูการแยกชั้นของน้ำมันและกากกาแฟ (เรียงจากซ้ายไปขวา ภาพ 3.3 ข)

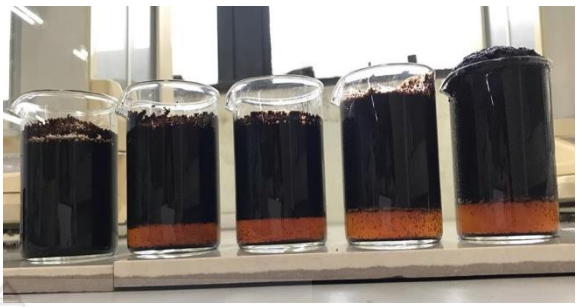
3) กรองน้ำที่แยกชั้นออกมาด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (ภาพ 3.3 ค)

4) นำกากกาแฟที่ผ่านการกรองเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (ภาพ 3.3 ง)

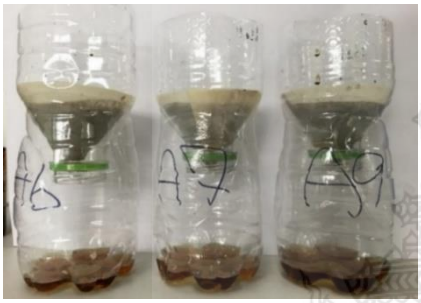
5) วางกากกาแฟไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้อุณหภูมิคงที่ และนำไปทดสอบขั้นตอนต่อไป



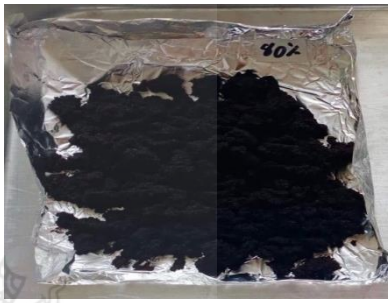
ก) ชั่งกากกาแฟ



ข) วางทิ้งไว้ให้กากกาแฟแยกชั้นจากสารละลาย H_2O_2



ค) กรองกากกาแฟออกจากสารละลาย H_2O_2



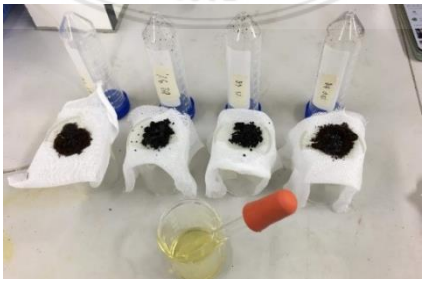
ง) อบกากกาแฟที่ผ่านการกรอง

ภาพ 3.3 ขั้นตอนการกำจัดไขมันออกจากกากกาแฟโดยสารละลาย H_2O_2

3.5.2 การทดสอบคุณสมบัติการอุ้มน้ำมันของกากกาแฟที่ผ่านการกำจัดไขมันด้วย H_2O_2

1) นำกากกาแฟที่เตรียมไว้ที่อุณหภูมิห้องมาทดสอบการอุ้มน้ำมันโดยการนำกากกาแฟไปชั่งตัวอย่างละ 1 กรัม มาทดสอบโดยการหยดน้ำมันพืชจนกระทั่งกากกาแฟไม่สามารถอุ้มน้ำมันพืชได้ และไหลลงด้านล่างบีกเกอร์ (ภาพ 3.4)

2) เลือกชนิดกากกาแฟ และความเข้มข้นสารละลาย H_2O_2 ที่เหมาะสมจากการทดสอบคุณสมบัติการอุ้มน้ำมันใน ข้อ 1) โดยเลือกจากกากกาแฟที่สามารถอุ้มน้ำมันได้ดีที่สุด



ภาพ 3.4 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติการอุ้มน้ำมันของกากกาแฟ

3.6 การเพิ่มประสิทธิภาพของกากกาแฟในการดูดซับน้ำมันและการย่อยสลายด้วยการผสมคีเฟอร์น้ำสับปะรด

3.6.1 นำกากกาแฟมาผสมด้วยคีเฟอร์น้ำสับปะรดปริมาณ 10 มิลลิลิตร/ กากกาแฟ 20 กรัม (ภาพ 3.5 ก)

3.6.2 ตากกากกาแฟที่ผสมด้วยคีเฟอร์น้ำสับปะรดให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ภาพ 3.5 ข)

3.6.3 นำกากกาแฟที่ผสมด้วยคีเฟอร์น้ำสับปะรดมาบรรจุใส่ถุงชา ถุงละ 10 กรัม เป็นผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน (ภาพ 3.5 ค)

ก) ผสมคีเฟอร์น้ำสับปะรด

ข) ตากกากกาแฟที่อุณหภูมิห้อง

ค) ผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมัน

ภาพ 3.5 ขั้นตอนการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายด้วยน้ำคีเฟอร์สับปะรด

3.7 การศึกษาคุณสมบัติการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน

3.7.1 ชั่งน้ำมันพืช 39 กรัม (40 ml) เติมลงในบีกเกอร์ (ภาพ 3.6 ก)

3.7.2 เตรียมตัวควบคุม คือ สำลีบรรจุใส่ถุง กากกาแฟที่ไม่ผ่านการกำจัดน้ำมันด้วย H_2O_2 และไม่ผสมคีเฟอร์น้ำสับปะรด และผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน (ภาพ 3.6 ข)

3.7.3 นำตัวควบคุม (ถุงสำลี, ถุงกากกาแฟ) และผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน แช่ลงในบีกเกอร์นาน 20 นาที แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาตรของน้ำมันพืชที่ถูกดูดซับ (ภาพ 3.6 ค)

ก) ชั่งน้ำมันพืช

ถุงสำลี (ตัวควบคุม) ถุงกากกาแฟ (ตัวควบคุม) ผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมัน

ข) ตัวควบคุม และผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมัน

ภาพ 3.6 ขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับน้ำมัน

ค) แช่ตัวควบคุม และผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน ลงในบีกเกอร์

ภาพ 3.6 ขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับน้ำมัน (ต่อ)

3.8 การศึกษาการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน

3.8.1 นำผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันที่ผ่านการทดสอบการดูดซับน้ำมันฝังลงในดิน ศึกษาการย่อยสลาย ทุก 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 1 เดือน (ภาพ 3.7 ก)

3.8.2 นำผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันขึ้นมาเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงโดยการบันทึกภาพ ทุก 1 สัปดาห์

3.8.3 หลังจากครบระยะเวลา 1 เดือน นำกากกาแฟเทออกจากถุงแล้วตากให้แห้ง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ภาพ 3.7 ข)

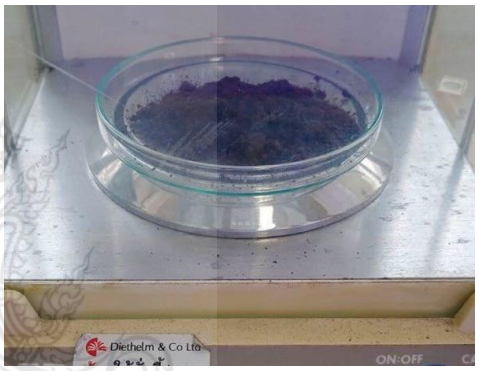
3.8.4 ชั่งกากกาแฟ บันทึกผล และ คำนวณหาปริมาณของกากกาแฟที่ย่อยสลายไปในดิน (ภาพ 3.7 ค) จาก

ปริมาณของกากกาแฟที่ย่อยสลายในดิน =

น้ำหนักกากกาแฟก่อนดูดซับน้ำมัน – น้ำหนักกากกาแฟหลังย่อยสลายไป 1 เดือน

ก) ฝังผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันที่ผ่านการทดสอบการดูดซับน้ำมันลงดิน

ข) ตากกากกาแฟที่เหลือในถุงที่อยู่ในดิน ให้แห้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง



ค) ชั่งกากกาแฟที่เหลือจากการย่อยสลาย เพื่อบ่งบอกประสิทธิภาพการย่อยสลาย ผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน

ภาพ 3.7 ขั้นตอนศึกษาการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับน้ำมัน

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง ถุงดูดซับธรรมชาติจากกากกาแฟหมักด้วยคีเฟอร์น้ำสับปะรดเพื่อดูดซับคราบน้ำมันปนเปื้อน ด้วยความต้องการให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของกากกาแฟ กำจัดไขมันด้วยสารละลาย H_2O_2 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันของกากกาแฟ 2 ชนิด เพื่อเลือกชนิดกากกาแฟที่มีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันได้ดีที่สุดมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับธรรมชาติ แล้วทำการหมักด้วยคีเฟอร์น้ำสับปะรดเพื่อช่วยในการย่อยสลายกากกาแฟ และคราบน้ำมันในกากกาแฟ ได้ผลการทดลองและการวิเคราะห์ดังนี้

4.1 คีเฟอร์น้ำสับปะรด

4.1.1 การเลี้ยงคีเฟอร์น้ำสับปะรด

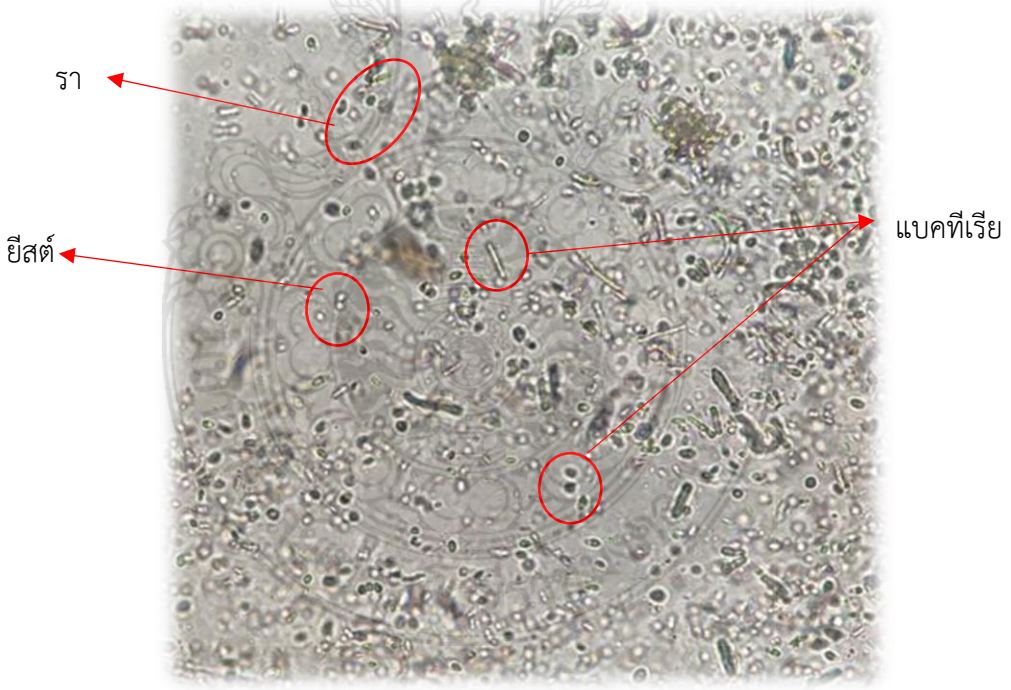
จากการนำคีเฟอร์มาเลี้ยงด้วยน้ำสับปะรดเป็นเวลา 4 วัน พบว่า จำนวนเม็ดคีเฟอร์มีการเจริญเติบโตและจำนวนเพิ่มขึ้น มีลักษณะคล้ายเม็ดสาคู เป็นเมือกเหนียว และมีพีเอชอยู่ที่ 4-5 (ภาพ 4.1) มีกลิ่นของแอลกอฮอล์

ก) เม็ดคีเฟอร์น้ำ ข) น้ำสับปะรดที่แยกจากเม็ดคีเฟอร์

ภาพ 4.1 ลักษณะคีเฟอร์น้ำสับปะรด

4.1.2 การศึกษาจุลินทรีย์ในคีเฟอร์น้ำสับปะรดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ผลจากการศึกษาจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตในคีเฟอร์น้ำสับปะรด ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100X พบจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น ยีสต์ มีลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลม แบคทีเรีย มีลักษณะรูปร่างกลม (coccus) และรูปแท่ง (bacillus), รา มีลักษณะเป็นสาย (hypha) (ภาพ 4.2) โดยจุลินทรีย์นี้อาศัยอยู่รวมกันแบบพึ่งพาอาศัย ได้รับประโยชน์แบบเกื้อกูลกัน โดยอยู่ในตัวกลางที่ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน และน้ำตาล จุลินทรีย์เหล่านี้เจริญเติบโตเพิ่มขึ้นสร้างเอนไซน์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการหมักซึ่งรวมถึงการใช้สารอาหารที่มีอยู่ในกากกาแฟ นอกจากนี้สัดส่วนของเชื้อจุลินทรีย์พบว่ามีความแตกต่างกันไปบ้างเล็กน้อย มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมและอาหารที่ใช้เลี้ยง ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้ออื่น ๆ ในกระบวนการเลี้ยง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในคีเฟอร์ยังคงมีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการย่อยสลาย ผู้วิจัยจึงได้นำคีเฟอร์น้ำสับปะรดมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงน้ำคีเฟอร์ที่ได้จากน้ำสับปะรด มาแช่กากกาแฟเพื่อให้กากกาแฟมีคุณสมบัติในการย่อยสลายที่ดีขึ้น ช่วยให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดไขมันได้ดียิ่งขึ้น



ภาพ 4.2 ลักษณะจุลินทรีย์ในคีเฟอร์น้ำสับปะรด

4.2 คุณสมบัติทางกายภาพของกากกาแฟ

4.2.1 ในการศึกษาลักษณะของกากกาแฟภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของกากกาแฟ ผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอที่กำลังขยาย 100X พบว่า กากกาแฟชนิด A (ด้านซ้าย) มีลักษณะละเอียด และสีอ่อน และไม่จับกันเป็นก้อน แต่กากกาแฟชนิด B (ด้านขวา) มีลักษณะหยาบ สีเข้ม และจับกันเป็นก้อน (ภาพ 4.3)

ลักษณะของกากกาแฟ ทั้ง 2 ชนิดนี้แตกต่างกันซึ่งอาจเป็นเพราะมาจากแหล่งที่มาแตกต่างกัน และการสกัดน้ำผ่านเครื่องทำกาแฟที่มีความดันไอน้ำที่ไม่เท่ากัน จึงทำให้ลักษณะของกากกาแฟแตกต่างกันออกไป

ภาพ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของกากกาแฟ ชนิด A (ซ้าย) และ B (ขวา)

4.2.2 ความหนาแน่นของกากกาแฟ

จากการทดสอบโดยการอัดกากกาแฟลงในหลอดทดลองปริมาตร 10 มิลลิลิตร และนำกากกาแฟออกมาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาความหนาแน่น ดังตาราง 4.1 พบว่า กากกาแฟชนิด A มีความหนาแน่นน้อยกว่ากากกาแฟชนิด B แสดงให้เห็นว่ากากกาแฟชนิด A มีพื้นที่สามารถดูดซับน้ำมันได้มากกว่ากากกาแฟชนิด B

ตาราง 4.1 ความหนาแน่นของกากกาแฟชนิด A และ B

ชนิดกากกาแฟ	ปริมาตร (cm^3)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
A	10	12.91	0.12
B	10	13.36	0.13

หมายเหตุ ความหนาแน่น = มวล/ปริมาตร

4.2.3 คุณสมบัติการดูดซับน้ำของกากกาแฟ

จากการนำกากกาแฟ 1 กรัม ทดลองหยดน้ำในปริมาณ 1 มิลลิลิตร และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของกากกาแฟชนิด A และ B พบว่า กากกาแฟชนิด A มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำได้ดีเนื่องจากมีลักษณะข้นและจับตัวเป็นก้อนได้ดีกว่ากากกาแฟชนิด B ซึ่งมีลักษณะเหลว ละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ ดังตาราง 4.2

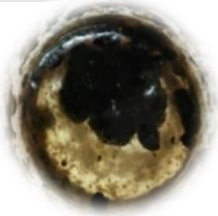
ตาราง 4.2 การทดสอบการดูดซับน้ำของกากกาแฟชนิด A และ B

ชนิดของกากกาแฟ	A	B
ภาพของกากกาแฟที่หยดน้ำ		
ปริมาณของน้ำ (ml)	1	1

4.2.4 คุณสมบัติการดูดซับน้ำมันของกากกาแฟ

จากการนำกากกาแฟ 1 กรัม ทดลองหยดน้ำมัน และสังเกตการเปลี่ยนแปลง พบว่า กากกาแฟชนิด A เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อหยดน้ำมันปริมาตร 3.6 มิลลิลิตร มีลักษณะจับตัวกับน้ำมันเป็นก้อนและลอยบนผิวน้ำ ซึ่งกากกาแฟชนิด B เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อหยดน้ำมันปริมาตรเพียง 3.1 มิลลิลิตร มีลักษณะแยกชั้น กากกาแฟตกตะกอนอยู่ด้านล่าง และไม่จับตัวเป็นก้อน ดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 การทดสอบการดูดซับน้ำมันของกากกาแฟชนิด A และ B

ชนิดของกากกาแฟ	A	B
ภาพของกากกาแฟที่หยดน้ำมัน		
ปริมาณของน้ำมัน (ml)	3.6	3.1

4.3 การกำจัดไขมันด้วยสารละลาย H_2O_2

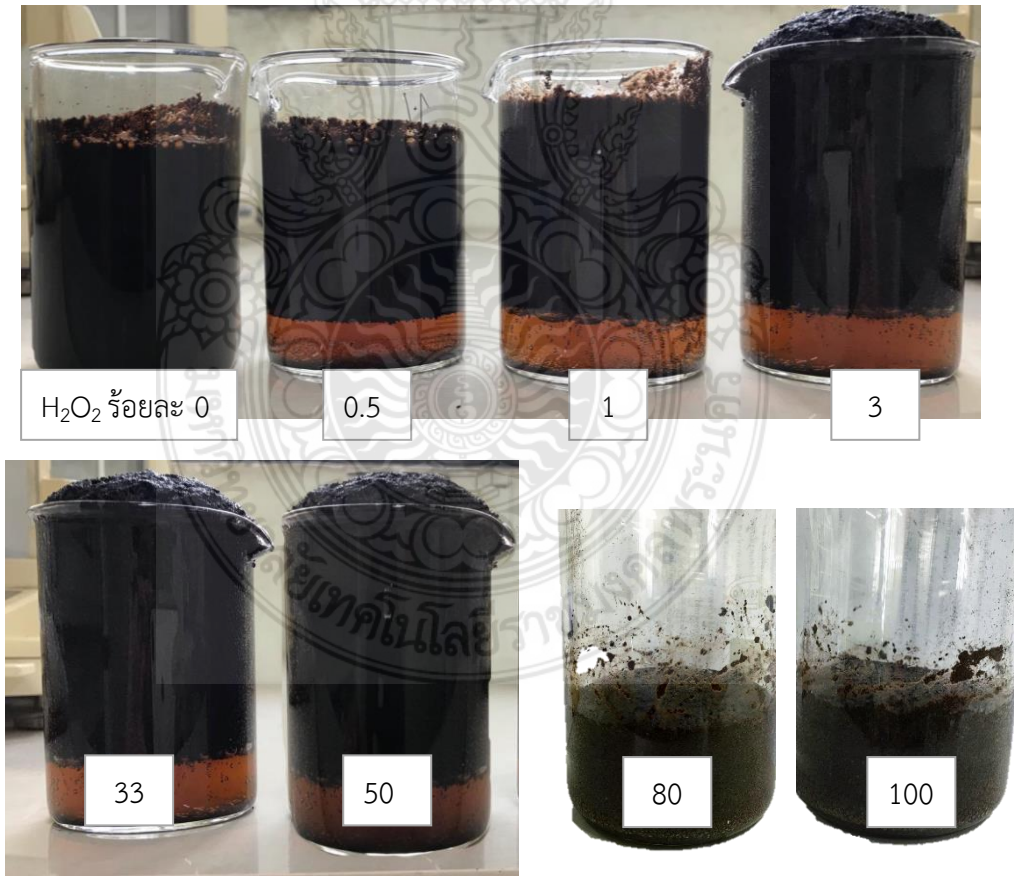
4.3.1 การกำจัดไขมันออกจากกากกาแฟ

1) การกำจัดไขมันของกากกาแฟชนิด A

จากการทดสอบการกำจัดไขมันจากกากกาแฟด้วยสารละลาย H_2O_2 โดยนำกากกาแฟมาปริมาณ 20 กรัม ผสมสารละลาย H_2O_2 ปริมาตร 60 มิลลิลิตร โดยมีความเข้มข้นต่างกันตั้งแต่ ร้อยละ 0.5, 1, 3, 33, 50, 80 และ 100 ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที พบว่า กากกาแฟ ชนิด A ที่มีตัวควบคุม คือ H_2O_2 ร้อยละ 0 (น้ำกลั่น) พบว่า ตัวควบคุมมีการแยกชั้นเล็กน้อย ไม่มีคราบไขมัน แต่กากกาแฟที่ผสมสารละลาย H_2O_2 ที่มีความเข้มข้นต่างกันตั้งแต่ร้อยละ 0.5, 1, 3, 33, 50, 80 และ 100 ดังภาพ 4.3 ก โดยเรียงจากซ้ายไปขวา จะเห็นได้ว่าเกิดปฏิกิริยา

$$2H_2O_2\,(aq) \rightleftharpoons 2H_2O\,(l) + O_2\,(g)$$

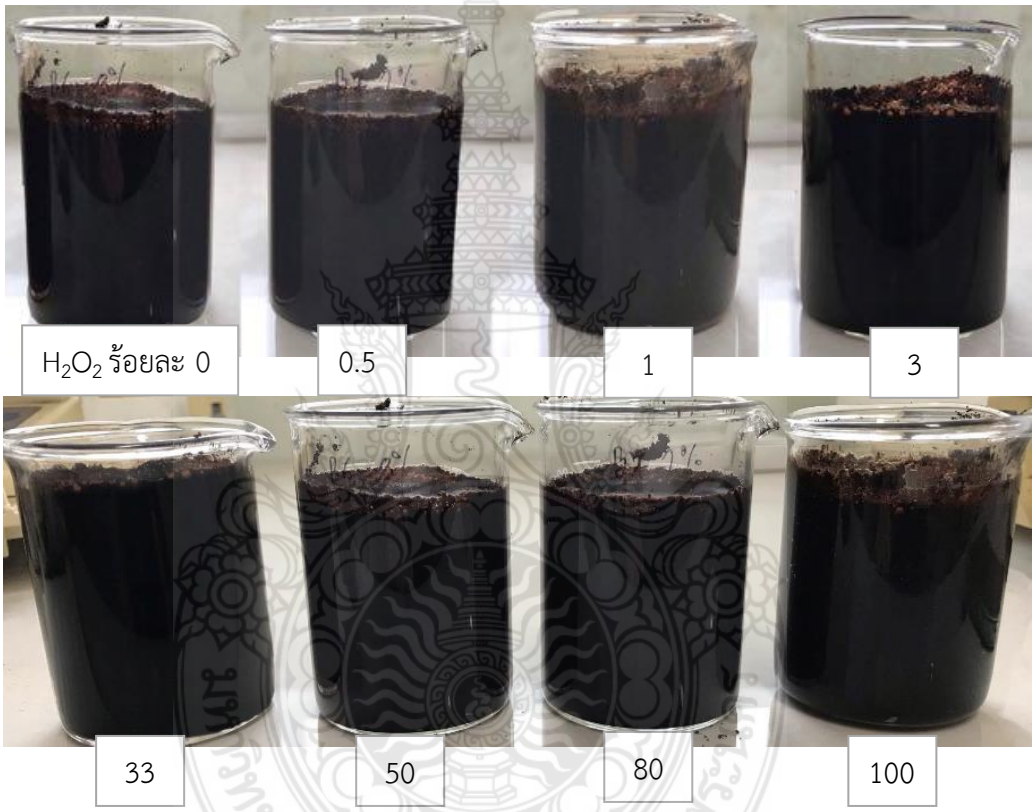
จึงทำให้กากกาแฟฟูขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้น และมีการแยกชั้นระหว่างกากกาแฟและน้ำอย่างชัดเจน มีคราบน้ำมันบนผิวน้ำมากขึ้นด้วย (ภาพ 4.4)



ภาพ 4.4 การกำจัดไขน้ำจากกากกาแฟชนิด A ด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

2) การกำจัดไขมันของกากกาแฟชนิด B

จากการทดสอบการกำจัดไขมันจากกากกาแฟด้วยสารละลาย H_2O_2 โดยนำกากกาแฟมาปริมาณ 20 กรัม ผสมสารละลาย H_2O_2 ปริมาตร 60 มิลลิลิตร โดยมีความเข้มข้นต่างกันตั้งแต่ ร้อยละ 0.5, 1, 3, 33, 50, 80 และ 100 ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที พบว่า กากกาแฟชนิด B ที่มีตัวควบคุม คือ น้ำกลั่น ปริมาตร 60 มิลลิลิตร พบว่า ตัวควบคุม และกากกาแฟที่ผสมสารละลาย H_2O_2 ทั้ง 7 ความเข้มข้นนั้นไม่มีการแยกชั้น ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (ภาพ 4.5)



ภาพ 4.5 การกำจัดไขมันจากกากกาแฟชนิด B ด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ในการกำจัดไขมันของกากกาแฟด้วยสารละลาย H_2O_2 แสดงให้เห็นว่า H_2O_2 ทำปฏิกิริยากับกากกาแฟชนิด A ทำให้ไขมันที่อยู่ในกากกาแฟลดน้อยลงและสามารถดูดซับน้ำมันได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยา $2H_2O_2(aq) \rightleftarrows 2H_2O(l) + O_2(g)$ แต่ในส่วนของกากกาแฟชนิด B เกิดการเปลี่ยนแปลงได้น้อยกว่า คาดว่าจึงทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันไม่ดีเท่ากากกาแฟชนิด A

4.3.2 การทดสอบคุณสมบัติการอุ้มน้ำมันที่ผ่านการกำจัดไขมันด้วย H_2O_2

1) การอุ้มน้ำมันของกากกาแฟชนิด A

เมื่อทำการกำจัดไขมันออกจากกากกาแฟชนิด A แล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำมัน โดยการหยดน้ำมัน พบว่ากากกาแฟชนิด A สามารถอุ้มน้ำมันได้ดีขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลาย H_2O_2 ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับตั้งแต่ร้อยละ 0.5, 1, 3, 33, 50, 80 และ 100 ดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ประสิทธิภาพการอุ้มน้ำมันของกากกาแฟ ชนิด A

H_2O_2 (% V/ V)	ค่าเฉลี่ย
	ปริมาณน้ำมัน (cm^3)
0	35.7 ± 1.2
0.5	38.3 ± 2.9
1	41.7 ± 2.4
3	43.3 ± 2.9
33	60.3 ± 4.2
50	66.7 ± 2.9
80	80.0 ± 5
100	81.7 ± 2.9

2) การอุ้มน้ำมันของกากกาแฟชนิด B

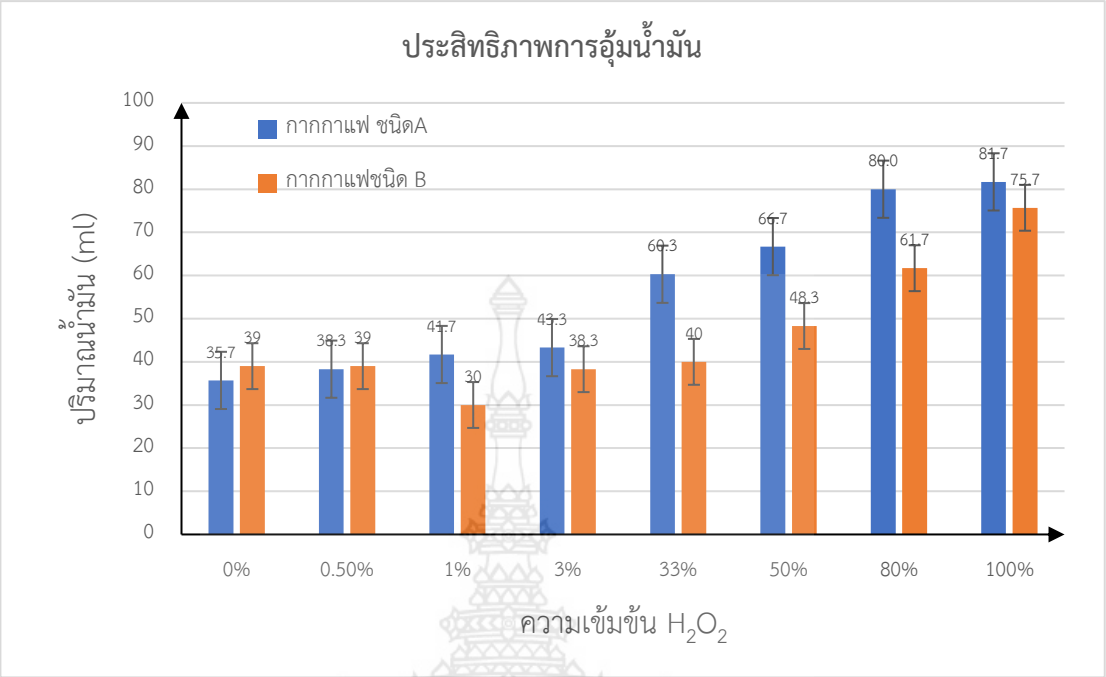
จากการทดสอบการกำจัดไขมันออกจากการกากกาแฟชนิด B แล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำมัน โดยการหยดน้ำมัน พบว่า กากกาแฟชนิด B ไม่สามารถอุ้มน้ำมันได้ดีและยังมีประสิทธิภาพการอุ้มน้ำมันไม่คงที่ ดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ประสิทธิภาพการอุ้มน้ำมันของกากกาแฟ ชนิด B

H_2O_2 (% V/V)	ค่าเฉลี่ย
	ปริมาณน้ำมัน (cm^3)
0	39.0 ± 1.7
0.5	39.0 ± 5.3
1	30.0 ± 5.0
3	38.3 ± 7.6
33	40.0 ± 8.7
50	48.3 ± 7.6
80	61.7 ± 2.9
100	75.7 ± 1.2

จากตารางข้างต้นจะเห็นได้ว่าการกำจัดไขมันด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่เกิดปฏิกิริยา $2H_2O_2\,(aq) \rightleftarrows 2H_2O\,(l) + O_2\,(g)$ ทำให้โครงสร้างของกากกาแฟเปลี่ยนไปจากเดิมโดยอาจมีรูพรุนที่เกิดจากการปฏิกิริยาข้างต้น และทำให้ไขมันที่อยู่ในกากกาแฟมีปริมาณลดน้อยลง

กากกาแฟชนิด A ที่กำจัดไขมันด้วยสารละลาย H_2O_2 มีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำมันได้ดีกว่ากากกาแฟชนิด B (ภาพ 4.8) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 80 จะเห็นได้ว่า กากกาแฟชนิด B เมื่อนำมากำจัดไขมันด้วยสารละลาย H_2O_2 แล้วเกิดปฏิกิริยาน้อย และมีประสิทธิภาพการอุ้มน้ำมันไม่คงที่ ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกกากกาแฟชนิด A ที่ความเข้มข้นสารละลาย H_2O_2 ร้อยละ 80 เพราะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุด เพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันในขั้นตอนต่อไป



ภาพ 4.6 ประสิทธิภาพการอุ้มน้ำมันของกากกาแฟชนิด A และ B

4.4 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันและย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน

4.4.1 การผสมคีเฟอร์น้ำสับปะรดหลังการกำจัดไขมันด้วยสารละลาย H_2O_2

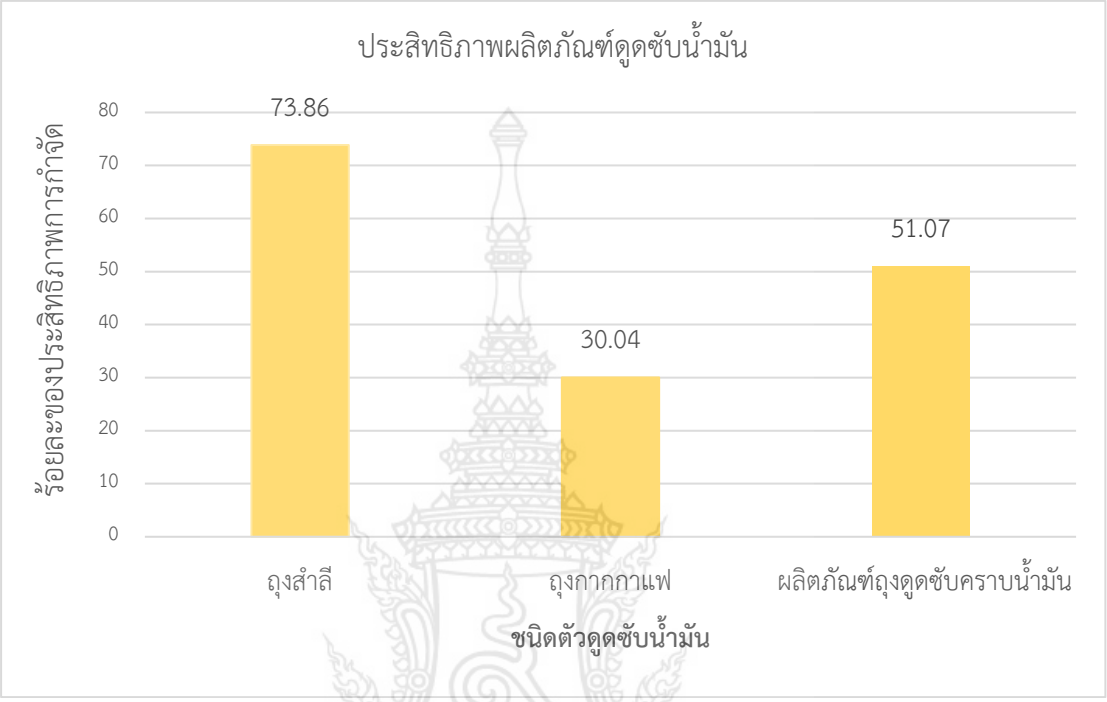
1) ผสมคีเฟอร์

หลังจากแยกเม็ดคีเฟอร์ออกจากน้ำคีเฟอร์สับปะรด นำน้ำคีเฟอร์สับปะรดมาใส่ในกากกาแฟที่ผ่านการกำจัดไขมันออกแล้ว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกากกาแฟ พบว่ากากกาแฟสามารถย่อยสลายได้ดีเมื่อนำไปฝังลงในดิน

2) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน

จากการทดสอบการอุ้มน้ำมัน พบว่ากากกาแฟชนิด A มีคุณสมบัติเหมาะสมในการใช้เพื่อดูดซับคราบน้ำมัน ผู้วิจัยจึงนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมัน โดยมีตัวควบคุม คือ ถุงสำลี และถุงกากกาแฟ (กากกาแฟที่ไม่ผ่านการกำจัดไขมันและไม่ผสมคีเฟอร์น้ำสับปะรด) จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อนำตัวควบคุมทั้ง 3 ชนิด แช่น้ำมันพืชเป็นเวลา 30 นาที สำลีมีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันพืชได้ดีที่สุด ถึงร้อยละ 73.85 และผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมัน มีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันได้ดีรองลงมา ถึงร้อยละ 51.07 เมื่อเปรียบเทียบกับถุงกากกาแฟที่มีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันได้ ร้อยละ 30.04

แสดงให้เห็นว่า สารละลาย H_2O_2 และคีเฟอร์น้ำสับปะรดสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูบซับน้ำมันให้กากกาแฟชนิด A ได้ดี (ภาพ 4.7)



ภาพ 4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน

4.4.2 การย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน

จากผลการทดลอง เมื่อนำผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันแช่น้ำมันพืชเป็นเวลานาน 30 นาที และฝังลงในดินแล้วทำการรดน้ำลงดินทุกวันในปริมาณที่เท่ากัน พบว่า สัปดาห์ที่ 1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน แต่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่ากากกาแฟภายในถุงผลิตภัณฑ์มีปริมาณลดน้อยลงตามลำดับ เนื่องจากรดน้ำลงดินที่มีผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันฝังอยู่ ส่งเสริมให้เกิดการย่อยสลายของกากกาแฟ ทำให้ถุงผลิตภัณฑ์กากกาแฟเสื่อมประสิทธิภาพ และมีกากกาแฟภายในผลิตภัณฑ์เล็ดลอดออกจากผลิตภัณฑ์ทำให้มีปริมาณกากกาแฟลดน้อยลง กากกาแฟที่มีน้ำมันกักเก็บไว้ไม่ส่งผลกระทบต่อดิน เนื่องจากการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยคีเฟอร์น้ำสับปะรดช่วยย่อยสลายน้ำมันในกากกาแฟ ทำให้ช่วยลดการที่น้ำมันตกค้างปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม และพบว่าบรรจุภัณฑ์ภายนอกไม่มีการย่อยสลาย แต่กากกาแฟภายในผลิตภัณฑ์มีปริมาณลดน้อยลงตามลำดับ ภายใน 1 เดือน (ภาพ 4.8) คำนวนหาค่าการย่อยสลายของกากกาแฟดังสูตร

$$\text{ร้อยละการย่อยสลาย} = \frac{(\text{น้ำหนักกากกาแฟก่อนฝังลงดิน} - \text{น้ำหนักกากกาแฟที่ฝังลงดินเป็นเวลานาน } 1 \text{ เดือน})}{\text{น้ำหนักกากกาแฟก่อนฝังลงดิน}} \times 100$$

หลังจากนำผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมันฝังลงในดิน พบว่ากากกาแฟภายในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสลายไปร้อยละ 52

ก) สัปดาห์ที่ 1

ข) สัปดาห์ที่ 2

ค) สัปดาห์ที่ 3

ง) สัปดาห์ที่ 4

ภาพ 4.8 การย่อยสลายผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันที่ฝังในดินในระยะเวลาต่าง ๆ

จากผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ว่า กากกาแฟชนิด A มีลักษณะละเอียด ความหนาแน่นน้อย ทำให้กากกาแฟชนิด A มีพื้นที่ดูดซับน้ำมันได้ดี และเมื่อนำมาทดสอบการดูดซับน้ำและน้ำมัน พบว่ากากกาแฟชนิด A มีการจับตัวกันเป็นก้อน และสามารถอุ้มน้ำและน้ำมันได้ดี เมื่อนำกากกาแฟชนิด A ไปกำจัดไขมันด้วย H_2O_2 เกิดปฏิกิริยา $2H_2O_2\,(aq) \rightleftharpoons 2H_2O\,(l) + O_2\,(g)$ ทำให้โครงสร้าง

ทางกายภาพและเคมีเปลี่ยนไป และมีการฟูขึ้นของกากกาแฟที่มาจากปฏิกิริยาสร้างก๊าซออกซิเจน สามารถดูดซับน้ำมันดีขึ้น เมื่อนำไปเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายน้ำมันด้วยการผสมคีเฟอร์น้ำสับปะรด และนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน แล้วเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมัน พบว่ามีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันร้อยละ 51.07 เมื่อนำผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันไปศึกษาดูประสิทธิภาพการย่อยสลาย โดยการฝังลงดินเป็นเวลา 1 เดือน แล้วรดน้ำทุกวัน พบว่า กากกาแฟย่อยสลายไปร้อยละ 52 จากการศึกษาดังกล่าวจึงเห็นได้ว่า ในการพัฒนาการใช้คีเฟอร์หมักกากกาแฟที่ผ่านการกำจัดไขมันด้วย H_2O_2 ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลานาน 30 นาที ทำให้มีคุณสมบัติเพมาะสมในการนำไปกำจัดไขมัน สามารถพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมดูซับน้ำมัน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมก่อเกิดการใช้ประโยชน์จากกากกาแฟได้อย่างดี สามารถใช้กับมนุษย์ได้อย่างปลอดภัย

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์ ทีมผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกชนิดกากกาแฟที่มีความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ดูดซับด้วยคุณสมบัติทางกายภาพ คุณลักษณะความสามารถในการดูดซับน้ำมัน แล้วทำการกำจัดไขมันด้วย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม แล้วเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันและการย่อยสลายหลังจากการใช้งานให้ดียิ่งขึ้นด้วยจุลินทรีย์ที่มาจากคีเฟอร์น้ำสับปะรด ซึ่งสามารถสรุปงานวิจัยดังกล่าวได้ ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับธรรมชาติจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์เพื่อดูดซับคราบน้ำมันปนเปื้อนจะเห็นได้ว่าการกำจัดน้ำมันจากกากกาแฟด้วยสารละลาย H_2O_2 พบว่ากากกาแฟชนิด A มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันดีได้กว่าชนิด B เมื่อแช่ในสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0.5, 1, 3, 33, 50, 80 และ 100 เป็นเวลานาน 30 นาที และสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 80 มีประสิทธิภาพสูงสุดเพียงพอในการนำไปใช้ในการกำจัดไขมันทำให้กากกาแฟชนิด A มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมัน

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันจากกากกาแฟ กับตัวควบคุมทั้ง 3 ชนิด ถุงสำลี ถุงกากกาแฟ ผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคาบน้ำมัน มาแช่น้ำมันพืชเป็นเวลา 30 นาที สำลีมีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันพืชได้ดีที่สุดร้อยละ 73.85 และผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมัน มีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันได้ดีรองลงมาร้อยละ 51.07 เมื่อเปรียบเทียบกับถุงกากกาแฟที่ไม่มีการใส่น้ำคีเฟอร์ มีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันได้เพียงน้อยคือร้อยละ 30.04 แสดงให้เห็นว่าสารละลาย H_2O_2 และคีเฟอร์น้ำสับปะรดสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูบซับน้ำมันให้กากกาแฟชนิด A

ในการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันโดยการฝังลงในดิน พบว่า จากสัปดาห์ที่ 1-4 มีการเปลี่ยนแปลงของกากกาแฟ เมื่อถูกน้ำเกิดการย่อยสลาย ถุงไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่กากกาแฟภายในผลิตภัณฑ์มีปริมาณลดลง จากการรดน้ำลงดินทำให้กากกาแฟภายในผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันหลุดออกมา และสามารถย่อยสลายในดินได้ดีขึ้น ซึ่งเห็นได้จากการย่อยสลายไปอย่างน้อยร้อยละ 52 จากปริมาณกากกาแฟในถุงเริ่มต้นที่ฝังลงดิน มีการสลายหายไปถึงร้อยละ 52

การศึกษาผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน ด้วยการเลือกใช้การหมักด้วยน้ำคีเฟอร์สับปะรด เป็นวิธีการที่ทำได้ง่ายและการเลือกใช้กากกาแฟเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า อีกทั้งยังได้ผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับน้ำมันที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดมลพิษ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการช่วยย่อยสลายน้ำมัน เพราะ จุลินทรีย์บางตัวมีคุณสมบัติที่ช่วยในเรื่องของการย่อยสลายน้ำมัน

5.2.2 ควรเลือกพัฒนาศึกษาใช้วัสดุบรรจุกากกาแฟที่เป็นธรรมชาติและย่อยสลายง่าย เพราะวัสดุที่ย่อยสลายง่ายจะช่วยเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

2.2.3 ควรเพิ่มขนาดของผลิตภัณฑ์ดูดซับน้ำมันให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพราะสะดวกต่อการนำไปใช้ประโยชน์ที่มากขึ้น

5.2.4 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันด้วยการเลือกใช้จุลินทรีย์ที่มีสามารถในการกำจัดคราบน้ำมัน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

กุลฤดี แสงสีทอง. ม.ป.ป. **การศึกษาบทบาทของสภาวะในการผลิตต่อสมบัติของแป้งออกซิไดซ์ที่ผลิตจากสารออกซิไดซ์ต่างชนิดกัน.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://www.solvayinterox.com. 4 ธันวาคม 2562.

คณิศา กิตติรัตนไพบูลย์ และคณะ. 2552. **น้ำมันพืช.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : file:///C:/Users/user/Desktop/kmuttv32n2_4.pdf. 4 ธันวาคม 2562.

คีเฟอร์ (นม). 2556. **ลักษณะของคีเฟอร์นม.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://rismabusiness.blogspot.com/. 4 ธันวาคม 2562.

จงกร มหาดเล็ก. 2553. **การวิจัยการดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำทิ้งโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยธูปฤาษีใบแคบ.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : https://dric.nrct.go.th/. 4 ธันวาคม 2562.

ชุติมา ลิ้มมัทวาภิรัดิ์ และคณะ, 2555. **องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืช.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://www.prachanath.su.ac.th/tbps/tbps2012_1/tbps2012_1_89-106.pdf. 4 ธันวาคม 2562.

ศรัณย์ จิตตวนิชประภา. 2554. **การดูดซับยาปฏิชีวนะ ciprofloxacin ด้วยถ่านที่เตรียมจากกากกาแฟ.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://www.thapra.lib.su.ac.th/. 4 ธันวาคม 2562.

นิสาพร มูหะมัดและคณะ. 2559. **ตัวดูดซับ.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://wb.yru.ac.th/bitstream/yru/. 4 ธันวาคม 2562.

ประสมสงค์ ปุณยอุปพันธ์. 2551. **การดูดซับน้ำมันและไขมัน.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://www.esanpedia.oar.ubu.ac.th/. 6 ธันวาคม 2562.

พงษ์ธิพันธ์ ผึ่งผาย และอำนวย วัฒนกรสิร. ม.ป.ป. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับคราบน้ำมันโดยใช้วัสดุที่มีรูพรุนนาโนเทคโนโลยีธรรมชาติ**. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : https://science.srru.ac.th/. 6 ธันวาคม 2562.

พรผจง เลาหวิเชียร. 2555. **นมหมักคีเฟอร์ผลิตจากการหมักนมกับเม็ดคีเฟอร์.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : https://dhammadathailand.wordpress.com/. 6 ธันวาคม 2562.

รพีพรรณ กองตูม. 2560. **กากกาแฟ:มูลค่าเพิ่มและการใช้ประโยชน์.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://www.research-system.siam.edu/. 6 ธันวาคม 2562.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. ม.ป.ป. **คีเฟอร์.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://www.foodnetworksolution.com/. 6 ธันวาคม 2562.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

รุ่งโรจน์ ศรีรักษา. ม.ป.ป. **ฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรีย และคุณสมบัติการทนความร้อนของแบคเทอริโอซินที่ผลิตจากคีเฟอร์.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : https://www.tci-thaijo.org/. 4 ธันวาคม 2562.

วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ. 2558. **การดูดซับ.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : https://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/1958/SCI_59_08.pdf?sequence=1. 4 ธันวาคม 2562.

วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 2561. **ประโยชน์ของคีเฟอร์.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : file:///C:/Users/user/Desktop/106806-Article%20Text- 271852-1-10-20171226%20(1).pdf. 4 ธันวาคม 2562.

สายพันธุ์กาแฟ. 2557. **กาแฟเอ็กเซลซ่า.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://www.montorecoffee.com. 4 ธันวาคม 2562.

สุพัตรา รักษาพรต และคณะ. 2561. **กากกาแฟ.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://scijournal.kku.ac.th/files/Vol_46_No_1_P_38-43.pdf. 4 ธันวาคม 2562.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ป. **สูตรทั่วไปของน้ำมันพืช.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet5/topic8/fat.html**.** 4 ธันวาคม 2562.

อนันต์ อิสระเสนีย์. 2556. **กาแฟลิเบอริก้า.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : https://www.thaikasetsart.com. 4 ธันวาคม 2562.

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์. ม.ป.ป. **ประโยชน์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : จาก https://siamroommate.com/. 10 กุมภาพันธ์ 2562.

Chenkaratline et al. 2562. **คีเฟอร์น้ำ.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : https://kombuchadiy.com/kefir/what-is-tibicos-or-water-kefir. 10 กุมภาพันธ์ 2562.

GlobalLinker Staff. 2562. **การนำกากกาแฟไปใช้ประโยชน์.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : https://businesslinx.globallinker.com/bizforum/article/. 4 ธันวาคม 2562.

Hernandez etal. 2561. **ถุงกากกาแฟ.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : https://pubs.acs.org/doi/. 4 มกราคม 2563.

Pradthana. 2008. **กระบวนการดูดซับ.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : https://pradthana.wordpress.com/2008/04/13/adsorption-process/. 4 ธันวาคม 2562.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Tipza. ม.ป.ป. **กากกาแฟ.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : https://www.tipsza.com/. 4 ธันวาคม 2562.

Suzuki Coffee Thailand. ม.ป.ป. **ลักษณะกาแฟอราบิก้า,โรบัสต้า.** [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://suzuki-coffee.com/. 4 ธันวาคม 2562.

ไม่มีเนื้อหาจากต้นฉบับ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นางสาวอจลญา ทองอำไพ
วัน เดือน ปีเกิด 12 กันยายน พ.ศ. 2539
ภูมิลำเนา กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีการศึกษา**
วท.บ.	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร	พ.ศ. 2562
มัธยมศึกษา	โรงเรียนวัดราชาธิวาส กรุงเทพมหานคร	พ.ศ. 2558
ประถมศึกษา	วัดสร้อยทอง กรุงเทพมหานคร	พ.ศ. 2552

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นางสาวณปภัสรา ขาวเจริญ
วัน เดือน ปีเกิด 9 เมษายน พ.ศ. 2540
ภูมิลำเนา สมุทรสาคร

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีการศึกษา**
วท.บ.	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร	พ.ศ. 2562
มัธยมศึกษา	โรงเรียนสมุทรสาครวุฒิชัย สมุทรสาคร	พ.ศ. 2558
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านยกกระบัตร สมุทรสาคร	พ.ศ. 2552

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นางสาวพรสุดา โฉมกระโทก
วัน เดือน ปีเกิด 18 เมษายน พ.ศ. 2540
ภูมิลำเนา กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีการศึกษา**
วท.บ.	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร	พ.ศ. 2562
มัธยมศึกษา	โรงเรียนอุบลรัตนราชกัญญาราชวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร	พ.ศ. 2558
ประถมศึกษา	วัดวิจิตรการนิมิตร กรุงเทพมหานคร	พ.ศ. 2552

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร