



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)
ปริญญา

วิศวกรรมเกษตร

วิศวกรรมเกษตร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษากระบวนการทำแป้งจากกากงา

Study of Flour Processing from Sesame Cake

นามผู้วิจัย นายศิวะ วัฒนา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์มงคล กวางวโรภาส, Ph.D.)

กรรมการ

(อาจารย์ศิวลักษณ์ ประวีร์รัตน์, Ph.D.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชาว์ อินทร์ประสิทธิ์, D.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภรต กุญชร ณ อยุธยา, M.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อางคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 16 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2548

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษากระบวนการทำแป้งจากกากงา

Study of Flour Processing from Sesame Cake

โดย

นายศิระ วัฒนา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

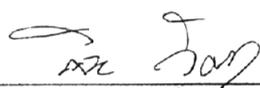
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

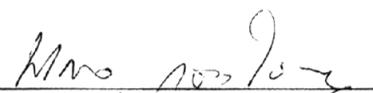
พ.ศ. 2548

ISBN 974-16-1029-7

สิวิะ วัฒนา 2548: การศึกษากระบวนการทำแป้งจากกกงา ปริญญาวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์มงคล กวางวโรภาส, Ph.D. 106 หน้า
ISBN 974-16-1029-7

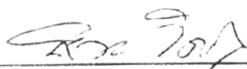
วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดน้ำมันที่ตกค้างในกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยวิธีการ
สกัดเย็นโดยใช้เครื่องสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง รวมทั้งได้ศึกษากระบวนการทำแป้งจากกกงา
รวมทั้งคุณค่าอาหารที่สำคัญในกากงา การดำเนินการประกอบด้วย การศึกษาการสกัดน้ำมันที่ตกค้างในกากงา
ด้วยวิธีการสกัดแบบตัวทำละลายโดยใช้เครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction และเครื่องสกัดแบบ Soxtec
apparatus รวมทั้งการสกัดน้ำมันที่ตกค้างในกากงาด้วยเครื่องสกัดแบบไฮดรอลิก โดยใช้เวลาสกัด 5 ชั่วโมง จาก
การทดลอง พบว่าสำหรับกากงาค่า การสกัดด้วยเครื่องสกัด Solid-Liquid Extraction จะได้น้ำมันที่ตกค้างใน
กากงาค่าเฉลี่ย 25.22 เปอร์เซ็นต์ และการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus จะได้น้ำมันที่ตกค้างใน
กากงาค่าเฉลี่ย 30.53 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการสกัดแบบไฮดรอลิกโดยใช้เวลาในการสกัด 5 ชั่วโมง จะได้น้ำมันที่
ตกค้างเฉลี่ย 21.78 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกากงาขาว การสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction จะให้
น้ำมันตกค้างเฉลี่ย 39.01 เปอร์เซ็นต์ และการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus จะได้น้ำมันที่ตกค้าง
เฉลี่ย 38.89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการสกัดแบบไฮดรอลิกที่ความดัน 12 บาร์ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะได้น้ำมันที่ตกค้าง
เฉลี่ย 27.05 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของการหาคคุณค่าของอาหารที่สำคัญในกากงา พบว่ากากที่ผ่านการสกัดด้วย
เครื่อง Solid-Liquid Extraction จะได้โปรตีนเฉลี่ยในกากงาค่าและกากงาขาว ที่ 36.55 เปอร์เซ็นต์ และ 38.06
เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus จะได้โปรตีนเฉลี่ยในกากงาค่าและ
กากงาขาวที่ 47.8 เปอร์เซ็นต์ และ 38.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับกากงาขาวที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องบด
อัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะให้โปรตีนเฉลี่ยที่ 49.01 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 10.74 เปอร์เซ็นต์
และเถ้า 5.10 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของกากงาค่าจะให้โปรตีนเฉลี่ย 38.98 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 30.42
เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 5.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในการทำแป้งจากกกงาโดยใช้เครื่องบดพบว่ากากงาที่ผ่านการสกัด
ด้วยตัวทำละลายในกากงาขาวจะให้แป้งจากกากงาขาวเฉลี่ยสูงสุดที่ 32.15 เปอร์เซ็นต์ และในกากงาค่าจะให้
แป้งจากกากงาค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 30.69 เปอร์เซ็นต์


ลายมือชื่อนิติศ

 30 / 11 / 48
ลายมือชื่อประธานกรรมการ

Siwa Wattana 2005: Study of Flour Processing from Sesame Cake .
Master of Engineering (Agricultural Engineering), Major Field: Agricultural
Engineering, Department of Agricultural Engineering. Thesis Advisor: Associate
Professor Mongkol Kwangwaropas, Ph.D. 106 pages.
ISBN 974-16-1029-7

Oil remaining in sesame cakes which were obtained from cold press process using a hydraulic extracting machine was studied. Sesame flours processing and their important nutritions were also studied. A Solid-Liquid Extraction apparatus and a Soxtec apparatus were used for extracting oil from sesame cakes. Further studied about oil remain in sesame cakes which were obtained from extra long, 5 hours cold press processing time using the same hydraulic extracting machine was also studied as well. Test result show that using a Solid-Liquid Extraction and a Soxtec apparatuses extracted black sesame cake could obtained oil 25.22 and 30.53 percents by weight respectively. Using these apparatuses extracted oil from black sesame cakes which were obtained from 5 hours cold press processing time showed that 21.78 percents of oil was obtained. This kind of test was also carried out with white sesame cake. Using the Solid-Liquid Extraction, the percentages of oil obtained were 39.01, 38.89, 27.05 percents respectively. Protein content in sesame cakes was also studied. Using Solid-Liquid Extraction, 36.55 and 38.06 percents of protein were found in black and white sesame cake respectively, another 47.8, 38.06 percents of protein were founded if a Soxtec apparatus was used. Further more, the 5 hour white sesame cake could yield protein 49.01 percents, carbohydrate 10.74 percents, ash 5.10 percents while the black sesame cake could yield 38.98, 30.42, 5.50 percents respectively. Sesame flour processing using blending machine were also studied. It was shown that 32.15 percents of sesame flour was obtained from white sesame cake which was remained from solvent extraction and 30.69 percents for black sesame. White and black sesame cake remained from 5 hours cold press process yielded 29.5 and 30.35 percents of sesame flour respectively.



Student's signature



Thesis Advisor's signature

30 / 11 / 48

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ รศ.ดร.มงคล กวางวโรภาส ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ ดร.ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ผศ.เชาว์ อินทร์ประสิทธิ์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ และ ผศ. อรรถนัย มงคลพร ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆ อันเป็นประโยชน์จนวิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิต ที่ได้อำนวยความสะดวกและได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆ ในระหว่างการดำเนินงานวิจัย ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตรที่เอื้ออำนวยความสะดวกและสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกคนที่ได้ช่วยเหลือในการทดลองจนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และน้องสาวของผู้เขียน ที่เข้าใจและเห็นถึงความสำคัญของการศึกษาในระดับปริญญาโท ทั้งให้กำลังใจและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ โดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ศิวะ วัฒนา
พฤศจิกายน 2548

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(4)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตการวิจัย	2
การตรวจเอกสาร	3
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงาน	3
พันธุ์งา	6
สถานะของของแข็งที่เป็นวัตถุดิบ	7
การสกัดน้ำมัน	7
การสกัดด้วยการบีบอัด (Mechanical pressing)	7
การสกัดด้วยการบีบน้ำมันออกและทำการสกัดด้วยสารเคมีอีกครั้ง	8
การสกัดด้วยสารทำละลาย (ตัวทำละลาย extraction)	9
แป้ง	16
ประวัติความเป็นมาของแป้ง	16
คุณสมบัติของแป้ง	17
ส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเม็ดแป้ง	22
อุปกรณ์และวิธีการ	32
ศึกษาน้ำมันที่ตกค้างในกากงา	35
อุปกรณ์ และวัตถุดิบ	35
ขั้นตอนการสกัดน้ำมัน	35
ขั้นตอนการสกัดน้ำมันด้วยเครื่อง Soxtec	40
ศึกษากระบวนการทำแป้งจากกากงา	44
การทำแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยวิธีตัวทำละลาย	44
การทำแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดโดยการบีบอัดจากเครื่องไฮดรอลิก	47

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ศึกษากระบวนการทดสอบคุณสมบัติของแป้งจากกางกา	47
การทดสอบสี	47
การทดสอบกลิ่น	47
การทดสอบสิ่งแปลกปลอม	47
การทดสอบความละเอียด	48
การทดสอบการละลายในน้ำ	48
การทดสอบการทำปฏิกิริยากับ ไอโอดีน	48
การทดสอบลักษณะของเมล็ดแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400x	49
การทดสอบการพองตัว และการละลาย	49
การทดสอบโปรตีน	49
การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการพองตัวของแป้งจากกากกับแป้งสาลี	50
ผลและวิจารณ์	51
ผลการทดลองการสกัดน้ำมันงาที่ตกค้างในกากงา	51
ผลการทดสอบน้ำมันที่ตกค้างในกากงา ที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิก ด้วยวิธีแบบตัวทำละลายโดยใช้เครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction	52
ผลการทดสอบน้ำมันที่ตกค้างในกากงาที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิก ด้วยวิธีแบบตัวทำละลายโดยใช้เครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus	58
ผลการวิเคราะห์คุณค่าอาหารในกากงาผ่านการสกัดด้วยเครื่องบีบอัด แบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง	63
ผลการทดสอบการทำแป้งจากกากงา	65
ผลการทดสอบแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย	65
ผลการทดสอบแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก	68
ผลการทดสอบคุณสมบัติของแป้งจากกากงา	73
ผลการทดสอบคุณสมบัติแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย	73
ผลการทดสอบแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก	78
ผลการทดลองระหว่างแป้งจากกากกับแป้งสาลีการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ	82

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การละลายน้ำและการพองตัวเมื่อผสมกับน้ำ	
ผลการทดสอบการนำแป้งจากงาผสมกับแป้งสาลีในอัตราส่วนต่างๆ กัน	83
สรุปและข้อเสนอแนะ	89
สรุป	89
ข้อเสนอแนะ	91
เอกสารอ้างอิง	92
ภาคผนวก	94
ภาคผนวก ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรม	94
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการทางเคมี	102

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงส่วนประกอบโดยประมาณของงาทั้งเมล็ด	4
2	แสดงองค์ประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก) ของพีชน้ำมันชนิดต่างๆ	4
3	แสดงคุณค่าของงา ทางโภชนาการของอาหารไทย	5
4	แสดงตัวอย่างวัตถุดิบ, ตัวทำละลาย และผลิตภัณฑ์ โดยวิธีตัวทำละลาย Extraction	9
5	คุณสมบัติในการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งแต่ละชนิดที่ 95°C	20
6	องค์ประกอบของแป้งชนิดต่างๆ	23
7	ปริมาณอะมิโลสและปริมาณไขมันในข้าวโพดพันธุ์ต่างๆ	24
8	องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวหัก	27
9	คุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้า	29
10	คุณสมบัติของแป้งมันเทศ	31
11	ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของเมล็ดงาที่ใช้ในการทดลองการสกัดน้ำมันงา ด้วยวิธีแบบตัวทำละลายด้วยเครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction	51
12	ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของเมล็ดงาที่อบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ก่อนทำการทดลองการสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction	52
13	ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก	52
14	ปริมาณน้ำมันในเมล็ดงาที่ใช้ในการทดลองการสกัดด้วยตัวทำละลาย	53
15	ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาดำที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก	53
16	ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาขาวที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก	54
17	ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกทำการสกัด เป็นเวลา 5 ชั่วโมง	55
18	ผลการวิเคราะห์ค่าโปรตีนในงาดำและกากงาดำหลังจากการสกัดด้วยเครื่องสกัด แบบ Solid-Liquid Extraction	56
19	ผลการวิเคราะห์ค่าโปรตีนในกากงาขาว	57
20	ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกากงาที่ใช้ในการทดลอง	58
21	ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
22	ปริมาณน้ำมันในกากงา	59
23	ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วนำมาสกัดซ้ำด้วยตัวทำละลาย	60
24	ผลการวิเคราะห์ค่าโปรตีนในกากงาดำหลังจากการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus	62
25	ผลการวิเคราะห์ค่าโปรตีนในกากงาขาวหลังจากการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus	62
26	คุณค่าอาหารในกากงาดำที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิก	64
27	คุณค่าอาหารในกากงาขาวที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิก	64
28	ปริมาณกากงาขาวที่คงเหลือในเครื่องบด	65
29	ปริมาณกากงาขาวที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร	65
30	ปริมาณกากงาดำที่คงเหลือในเครื่องบด	66
31	ปริมาณกากงาดำที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร	67
32	ปริมาณกากงาขาวที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก	68
33	ปริมาณกากงาขาวที่ถูกบดแล้วและค้างบนตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร	69
34	ปริมาณกากงาดำที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกแล้วนำไปบดด้วยเครื่องบด	71
35	ปริมาณกากงาดำที่ถูกบดแล้ว และค้างบนตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร	71
36	ลักษณะสีจากแป้งกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย	73
37	กลิ่นที่พบจากแป้งกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย	74
38	สิ่งแปลกปลอมที่พบจากแป้งกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย	74
39	ผลการทดสอบความละเอียดผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร	74
40	ผลการทดสอบการละลายน้ำของแป้งกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย	76
41	ผลการทดสอบการทำปฏิกิริยาของแป้งจากกากงากับไอโอดีน	76
42	ผลการทดสอบลักษณะของแป้งกากงากับกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400X	77
43	ผลการทดสอบการพองตัว และการละลายของแป้งกากงา	77
44	ลักษณะสีจากแป้งกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก	79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
45	กลิ่นที่พบจากแป้งกาंगाที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก	79
46	สิ่งแปลกปลอมที่พบจากแป้งกาंगाที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก	79
47	ผลการทดสอบความละเอียดผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร	80
48	ผลการทดสอบการละลายน้ำของแป้งกาंगाที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก	80
49	ผลการทดสอบการทำปฏิกิริยาของแป้งจากกาंगाกับไอโอดีน	80
50	ผลการทดสอบลักษณะของแป้งกาंगाกับกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400X	81
51	ผลการทดสอบการพองตัว และการละลายของแป้งกาंगा	81
52	ผลการพองตัวของกาंगा และแป้งสาลี	82
53	ผลการทดสอบการพองตัวของกาंगा และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1: 2	84
54	ผลการทดสอบการพองตัวของกาंगा และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1: 3	85
55	ผลการทดสอบการพองตัวของกาंगा และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1: 4	87
ตารางภาคผนวกที่		
ก1	แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและ ฉลาก (ข้อ 8.2.1)	100

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงลักษณะของต้นงา ฝัก และเมล็ดงาที่เก็บเกี่ยวแล้ว	6
2	แสดงเครื่องบีบแบบไฮดรอลิกที่ใช้งานอยู่ทั่วไป	8
3	แสดงเครื่องบีบแบบสกรู	8
4	ระบบการสกัดแบบ Hexane	13
5	ระบบการนำ Hexane กลับมาใช้	14
6	Vessel ในการ Recovery ตัวทำละลาย step ที่ 1 และ 2	16
7	แผนภาพกระบวนการผลิตแป้งสตาร์ชข้าวเจ้า	28
8	ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการหาเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่ตกค้างในกากงา	34
9	เครื่องสกัดน้ำมันงาดิบแบบไฮดรอลิก	35
10	เครื่องชั่งดิจิตอล	36
11	คู่มือแบบปรับอุณหภูมิ	36
12	ไดอะแกรมของเครื่องสกัด Solid – Liquid Extraction	37
13	การแยกระดับน้ำมัน	38
14	เครื่องสกัดแบบ Solid – Liquid Extraction	39
15	เครื่องสกัดน้ำมันแบบ Soxtec	40
16	ขณะทำการบด	40
17	ขณะทำการชั่ง	41
18	กากงาที่บรรจุในกระดวยกรอง	41
19	ขณะทำการบรรจุ	42
20	เติมตัวทำละลายลงในกระป๋อง	42
21	เครื่องขณะการทำ Boiling	43
22	เครื่องขณะทำการ Rinsing	43
23	เครื่องบดขณะบดกากงา	45
24	เครื่องแยกขนาดแป้งงา	46
25	ลักษณะแป้งงาที่ผ่านตะแกรงร่อน	46
26	งาขาวและงาดำขณะทำการทดสอบการละลายในน้ำ	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	ทำการทดสอบแป้งด้วยไอโอดีน	49
28	เครื่องทดสอบโปรตีน GERHERDT	50
29	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การสกัดน้ำมันงาด้วยวิธีการสกัดแบบตัวทำละลายด้วยเครื่อง Solid- Liquid Extraction	55
30	กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ตกค้างในกากงา	57
31	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การสกัดน้ำมันงาด้วยวิธีการสกัดแบบตัวทำละลายด้วยเครื่อง Soxtec apparatus	61
32	กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ตกค้างในกากงา	63
33	กราฟเปรียบเทียบกากงาขาวที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร	66
34	กราฟเปรียบเทียบกากงาดำที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร	67
35	กราฟเปรียบเทียบกากงาขาวที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร	70
36	กราฟเปรียบเทียบกากงาดำที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร	72
37	กากงาที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร	75
38	ลักษณะแป้งงาที่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร	75
39	การทดสอบการทำปฏิกิริยาของแป้งจากกากงาดำกับไอโอดีน	76
40	การทดสอบการทำปฏิกิริยาของแป้งจากกากงาขาวกับไอโอดีน	77
41	การพองตัวของแป้งสาลีลิ้วน	82
42	การพองตัวของแป้งจากกากงาขาว	83
43	การพองตัวของแป้งจากกากงาดำ	83
44	การพองตัวของกากงาขาว และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1: 2	84
45	การพองตัวของกากงาดำ และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1: 2	85
46	การพองตัวของกากงาขาว และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1: 3	86
47	การพองตัวของกากงาดำ และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1: 3	86
48	การพองตัวของกากงาขาว และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1: 4	87
49	การพองตัวของกากงาดำ และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1: 4	88

การศึกษากระบวนการทำแป้งจากกากงา

Study of Flour Processing from Sesame Cake

คำนำ

งา (Sesame) เป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งที่มนุษย์รู้จักกันมาช้านาน ใช้ประโยชน์ในการประกอบอาหาร ทำขนมและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ สก๊ตน้ำมัน เนยเทียม ใช้ทำเครื่องสำอาง และเวชภัณฑ์หลายประเภท เช่น น้ำมันใส่ผม สบู่ น้ำอบ น้ำหอม เพราะเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี สามารถเก็บไว้ได้นานที่อุณหภูมิปกติโดยไม่เป็นไขและไม่เหม็นหืน ปัจจุบันประชาชนได้ตื่นตัวทางด้าน การบริโภคเพื่อสุขภาพมากขึ้น ทำให้เมล็ดงาและน้ำมันงาเป็นที่สนใจและได้รับความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากการค้นพบว่า เมล็ดงาและน้ำมันงามีคุณค่าทางโภชนาการสูง ช่วยป้องกันโรคหัวใจ โรคไขมันอุดตันเส้นเลือด เพราะไขมันที่อยู่ในงา เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่ช่วยในการควบคุมคอเลสเตอรอล

ในการสกัดน้ำมันงาดิบนั้นมียุ่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การบีบอัดด้วยเครื่องอัดแบบสกรู การบีบอัดแบบไฮดรอลิก หรือ การบีบอัดร่วมกับการใช้สารทำลาย ซึ่งในการสกัดนั้นต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำมันดิบ และ คุณภาพของน้ำมันมากที่สุดในแต่ละวิธีนั้นนอกจากจะได้ปริมาณน้ำมันดิบที่แตกต่างกันแล้วยังมีกากงาดิบที่เหลือจากการสกัดอีกด้วย และในกากงานั้นมีคุณค่าทางอาหารมากมาย เช่น โปรตีน ไขมัน แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเยื่อใย เป็นต้น ซึ่งสารอาหารในกากงาทั้งหมดนี้มีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์มาก

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้จัดทำงานวิจัยนี้ขึ้น เพื่อนำกากงาที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดไฮดรอลิก และกากงาที่ได้หลังจากการสกัดซ้ำด้วยสารทำละลาย มาหากระบวนการทำแป้งจากกากงาขึ้นเพราะในกากงานั้นมีคุณค่าทางอาหารสูง คือ มีโปรตีน ซึ่งโปรตีนจากพืชนั้นเป็นอาหารที่ร่างกายย่อยได้ง่าย และมีคุณค่าอื่นๆ ทางโภชนาการ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการสกัดน้ำมันที่ตกค้างในกากงาดำ งามขาว และคุณค่าทางอาหาร ด้วยวิธีการสกัดแบบ ตัวทำละลาย
2. เพื่อศึกษากระบวนการทำแป้งจากกากงา และศึกษาคุณค่าทางอาหารที่สำคัญ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงา และคุณค่าทางอาหารที่ได้จากการสกัดด้วย ตัวทำละลาย
2. เปรียบเทียบเพื่อหากระบวนการทำแป้งจากงาหลังจากการสกัดแบบ ตัวทำละลาย และ การทำแป้งจากงาจากเครื่องบดไฮดรอลิก ตลอดจนศึกษาคุณค่าทางอาหารที่สำคัญ

ตรวจเอกสาร

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงา

งา (Sesame) เป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งที่มนุษย์รู้จักกันมาช้านาน ใช้ประโยชน์ในการทำขนมต่างๆ ประกอบอาหารและแปรรูป เช่น สก๊ตน้ำมัน เนยเทียม น้ำมันใส่ผม สบู่ น้ำอบ น้ำหอม และใช้ทำเครื่องสำอางและเวชภัณฑ์อีกหลายประเภท ปัจจุบันประชาชนได้ตื่นตัวทางด้านโภชนาการเพื่อสุขภาพมากขึ้น ทำให้เมล็ดงาและน้ำมันงาเป็นที่สนใจและได้รับความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากมีการค้นพบว่า เมล็ดงาและน้ำมันงามีคุณค่าทางโภชนาการสูง ช่วยป้องกันโรคหัวใจ โรคไขมันอุดตันเส้นเลือดเพราะไขมันที่อยู่ในงาเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่ช่วยในการควบคุมคอเลสเตอรอล โดยเฉพาะน้ำมันงาดิบที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนก่อนสกัด ทั้งยังสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เกิดกลิ่นหืนหรือจับตัวเป็นก้อนและสามารถป้องกันโรคมะเร็งได้ งายังอุดมไปด้วยสารอาหารและวิตามินต่างๆ อีกหลายชนิด ได้แก่ ธาตุเหล็กช่วยบำรุงเลือด ธาตุไอโอดีนป้องกันโรคคอพอก ธาตุสังกะสีช่วยบำรุงผิว มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสช่วยบำรุงกระดูกและฟัน ไม่ทำให้เป็นตะคริวง่าย งามีแคลเซียมและมีฟอสฟอรัสมากกว่าพืชผักอื่นๆ ถึง 40 เท่าและ 20 เท่า เมื่อบริโภคงาพร้อมกับถั่วเหลืองจะช่วยให้การดูดซึมแร่ธาตุทั้งสองชนิดได้ดี งามีวิตามินบี 1 บี 2 บี 3 บี 5 บี 6 บี 9 ไบโอดีน โคลีน ไอโนสิตอล กรดพาราอะมิโนเบนโซอิก ซึ่งเป็นวิตามินบีทั้งหมด (บรรณาธิการ เกษตรกรรมธรรมชาติ, 2545) นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ กรดไขมันชนิดอิ่มตัวประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นกรดพาล์มิติก 7.8-9.1 เปอร์เซ็นต์ กรดสเตียริก 3.6 - 4.7 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันงามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงถึง 85 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยกรดโอเลอิก 45.3 - 49.4 เปอร์เซ็นต์ ลิโนเลอิก 37.7 - 41.2 เปอร์เซ็นต์ (Salunkhe, 1992) โดยงามีส่วนประกอบทางเคมีที่มีคุณค่า ทางอาหาร (ค่าประมาณ) ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบโดยประมาณของงาทั้งเมล็ด

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (น้ำหนัก)
ความชื้น	5.4 เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	18.6 เปอร์เซ็นต์
ไขมัน	49.1 เปอร์เซ็นต์
คาร์โบไฮเดรต	21.6 เปอร์เซ็นต์
เถ้า	5.3 เปอร์เซ็นต์
พลังงาน	563 แคลอรี

ที่มา : บรรณาธิการเกษตรกรรมธรรมชาติ, 2545

เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของงากับถั่วเหลืองและถั่วลิสง (ส่วนที่รับประทานได้) ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมี (% โดยน้ำหนัก) ของพีชน้ำมันชนิดต่างๆ

องค์ประกอบ	ถั่วเหลือง	ถั่วลิสง	งา
โปรตีน	47.00	28.99	19.28
ไขมัน	21.22	43.54	45.63
แร่ธาตุ	5.00	2.06	5.48
เถ้า	4.03	3.37	3.06
คาร์โบไฮเดรต	22.74	22.04	26.55
แคลเซียม	0.26	0.05	1.53
ฟอสฟอรัส	0.75	0.72	0.60

ที่มา : บรรณาธิการเกษตรกรรมธรรมชาติ, 2545

ปริมาณองค์ประกอบของกรดไขมันเหล่านี้ยังแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์และสถานที่ปลูก น้ำมันงาเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณภาพดีเหมาะแก่การบริโภคเนื่องจากมีกรดไขมันอิ่มตัวอยู่

น้อย ซึ่งกรดไขมันชนิดนี้ไม่สามารถซึมผ่านผนังหลอดเลือดด้านในออกไปได้ ทำให้มีโอกาสเกาะติดกับผนังหลอดเลือดและเกิดเป็นโรคเส้นเลือดอุดตันได้ กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวซึ่งมีอยู่ปริมาณมากในน้ำมันงาเป็นกรดไขมันที่สำคัญและจำเป็นแก่ร่างกาย กรดโอเลอิกมีความคงตัวสูง แตกตัวเป็นฟรีแรดดิคัล(อนุมูลอิสระ)ได้ยาก สามารถอยู่ได้นานโดยไม่เหม็นหืน กรดไขมันลิโนเลอิกมีความคงตัวน้อยกว่ามีโอกาสแตกตัวเป็นฟรีแรดดิคัลได้ง่ายกว่าเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน) ทำให้เหม็นหืนและเกิดการรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้น เกิดการขึ้นเหนียว โดยทั่วไปเมื่อน้ำมันถูกความร้อนก็ยิ่งทำให้ไม่เสถียรมากขึ้นและยิ่งผลิตฟรีแรดดิคัลมาก การเกิดฟรีแรดดิคัลของร่างกายเป็นผลผลิตของขบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกาย หรืออาจมาจากแหล่งอื่น เช่น จากควันบุหรี่ น้ำมันพืชที่ทอด รั้งสี สารเคมี แอลกอฮอล์ หมอกและควันพิษ ความเครียด ทำให้เกิดความชรา การหลงลืม เพื่อ เกิดริ้วรอยบนใบหน้า กระแ่ และโรคติดต่อหลายชนิด การป้องกันการเกิดฟรีแรดดิคัลดังกล่าวทำได้โดย การรับประทานสารแอนติออกซิแดน เช่น ไวตามินเอ อี ซี และเกลือแร่ซีเรเนียม หรือน้ำมันพืชที่มีสารแอนติออกซิแดน ซึ่งมีอยู่ในเมล็ดและน้ำมันงานั่นเอง (บรรณาธิการเกษตรกรรมธรรมชาติ, 2545)

ตารางที่ 3 แสดงคุณค่าของงา ทางโภชนาการของอาหารไทย

	แคลเซียม (มิลลิกรัม)	เหล็ก (มิลลิกรัม)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	ไนอาซิน (มิลลิกรัม)
งาคั่ว	1452	22.0	23.3	52.1	0.97	1.11	1.5
งาขาวคั่ว	90	13.0	26.1	64.2	0.83	1.54	5.0
น้ำมันงา	10	0.1	0.2	99.7	0.01	0.07	0.1
นมวัว	118	0.1	3.4	3.2	0.04	0.16	0.1

ที่มา : บรรณาธิการเกษตรกรรมธรรมชาติ, 2545

1. พันธุ์งา

งาที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งตามสีของเมล็ดงาได้ 3 ชนิด ได้แก่ งาดำ งาขาว และงาดำแดง (สุวิทย์, 2526)

งาดำ ที่ใช้ปลูกกันทั่วไปมี 4 พันธุ์ คือ งาพันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ งาดำบุรีรัมย์ และงาดำ นครสวรรค์ ส่วนงาที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ ได้แก่ งาดำ มก. 18 และ งาดำ มข.2

งาขาว พันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ พันธุ์เมืองเลย เป็นพันธุ์ที่ตลาดต้องการเพราะนำไปสกัดน้ำมัน ได้น้ำมันที่มีกลิ่นหอม พันธุ์เชียงใหม่ ปลูกมากในจังหวัดเชียงใหม่และแม่ฮ่องสอน พันธุ์ชัยบาดาล หรือสมอทอด ส่วนงาที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ร้อยเอ็ด 1 พันธุ์ มข.1และพันธุ์ มหาสารคาม 60

งา ดำ - แดง หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า งาเกษตร ที่ปลูกกันมี 2 พันธุ์คือ พันธุ์พื้นเมือง พิษณุโลก และพันธุ์พื้นเมืองสุโขทัย พันธุ์ที่ปรับปรุง ได้แก่ พันธุ์งาแดงอุบลราชธานี 1 และงาแดง พันธุ์ มข. 3



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของต้นงา ฝัก และเมล็ดงาที่เก็บเกี่ยวแล้ว

ที่มา: www.oae.go.th/statistic/yearbook

2. สถานะของของแข็งที่เป็นวัตถุดิบ

งานเป็นพืชที่ปลูกได้ดีในดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำได้ดี และดินมีความสมบูรณ์พอสมควรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 5.5 – 6.5 และไม่ควรถูกงาดัดต่อกันในพื้นที่เดียวกันเป็นระยะเวลานานๆ เพราะจะทำให้ดินขาดความสมบูรณ์และทำให้เกิดโรคราบาดได้ง่าย (บรรณาธิการ เกษตรกรรมธรรมชาติ, 2545)

เมื่องาเจริญเติบโตจนเต็มที่แล้วให้สังเกตว่าสีของฝักจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ประมาณ 1 ใน 4 ของต้นการเก็บเกี่ยวจะถอนทั้งต้นหรือตัดเฉพาะฝักก็ได้จากนั้นนำต้นงา มาทำการบ่ม โดยนำมากองรวมกัน หันปลายยอดเข้าหากันวางซ้อนเป็นชั้นๆ ขึ้นไปเรื่อยๆ แล้วนำฟางข้าว ใบไม้หรือใบหญ้ามาปิดทับกองไว้ 5-7 วัน หลังการบ่ม ฝักจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือน้ำตาลปนดำ เสมอกันหมด ส่วนใบจะเปลี่ยนเป็นสีดำและหลุดร่วงไป จากนั้นจึงทำการมัด ตากและเคาะฝัก แยกเก็บเมล็ดงาเพื่อจำหน่ายหรือบริโภคต่อไป (บรรณาธิการ เกษตรกรรมธรรมชาติ, 2545)

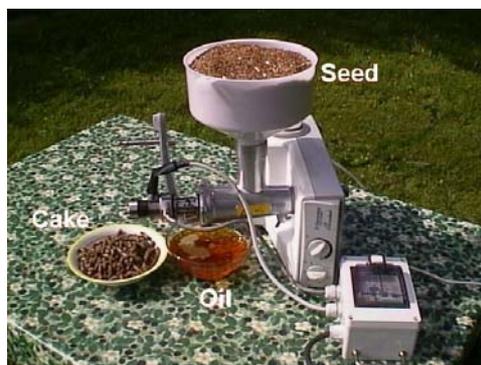
การสกัดน้ำมัน

การสกัดน้ำมันจากพืชน้ำมัน ทำได้ 3 วิธี คือ การบีบอัด การสกัดด้วยสารทำละลาย และการใช้การบีบอัดร่วมกับการใช้สารทำละลาย

1. การสกัดด้วยการบีบอัด (Mechanical pressing)

เป็นการบีบด้วยความดันสูงเพื่อให้เหลือปริมาณน้ำมันในกากน้อยที่สุด เรียกการบีบแบบนี้ว่า Full press (Bernadini , 1976 ; Ward , 1976) การบีบอัดใช้กับวัตถุดิบที่มีปริมาณน้ำมันสูง (มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์) ได้แก่ ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย งา และมะพร้าว เป็นต้น โดยเครื่องไฮดรอลิกหรือเครื่องบีบแบบสกรู เครื่องจักรนี้จะบีบน้ำมันออกจากวัตถุดิบโดยการเพิ่มความดัน โรงงานสกัดน้ำมันพืชส่วนใหญ่นิยมใช้เครื่องบีบแบบสกรูเนื่องจากการทำงานแบบต่อเนื่อง (Bredeson , 1977) นอกจากนี้การบีบด้วยเครื่องหีบแบบสกรูจะมีน้ำมันเหลือในกาก 4 - 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้เครื่องไฮดรอลิกมีน้ำมันเหลืออยู่ในกากสูง 6 – 10 เปอร์เซ็นต์ (Swen ,1982) แต่เครื่องบีบแบบสกรูก็มีราคาแพงกว่าและต้องการการบำรุงรักษามากกว่า

ประสิทธิภาพในการบีบน้ำมันขึ้นอยู่กับขนาด การปรับสภาวะในการบีบและการแยกของแข็งออกจาก น้ำมันดิบ (Ward , 1976 ; Bredeson , 1977) กล่าวว่าน้ำมันในเซลล์จะอยู่ในรูปของหยดน้ำมัน (Spherosome) หรือในท่อขนาดเล็ก (capillary) ภายหลังกการปรับสภาพเมื่อได้รับการบีบอัดด้วยความดันต่อเหล่านี้จะมีปริมาตรลดลง บีบให้น้ำมันไหลออกมา แต่เมื่อเพิ่มความดันมากขึ้นท่อจะแคบลงๆ ทำให้ผนังท่อทั้งสองข้างมาเชื่อมติดกัน ปิดทางไหลของน้ำมันทำให้บีบน้ำมันได้ไม่หมด จึงเป็นข้อจำกัดการทำงานของเครื่องมือเมื่อใช้ความดันสูง แม้ว่าจะมีการเตรียมวัสดุอย่างดีแล้วก็ตาม นอกจากนี้หากทำการบีบน้ำมันโดยไม่ให้ความร้อนแก่เมล็ดพืชน้ำมันก่อนและขณะทำการบีบสามารถควบคุมความร้อนที่เกิดขึ้นในขบวนการให้น้อยที่สุดได้ เราเรียกขบวนการบีบน้ำมันแบบนี้ว่าเป็นกระบวนการแบบบีบเย็น (Fist cool press process) (สติมา, 2533)



ภาพที่ 2 แสดงเครื่องบีบแบบไฮดรอลิกที่ใช้งานอยู่ทั่วไป **ภาพที่ 3** แสดงเครื่องบีบแบบสกรู
ที่มา: สำนักงานสถิติการเกษตร, 2004

2. การสกัดด้วยการบีบน้ำมันออกและทำการสกัดด้วยสารเคมีอีกครั้ง

เป็นการสกัดด้วยการบีบน้ำมันออกแบบ prepress ในขั้นตอนแรก เป็นการบีบน้ำมันด้วยความดันต่ำเพื่อแยกน้ำมันบางส่วนออกโดยไม่ทำให้โครงสร้างของท่อน้ำมันภายในเมล็ดเกิดการเสียหายมากเกินไป จากนั้นในขั้นตอนที่สองจะทำการสกัดน้ำมันที่เหลือในกากด้วยสารทำละลาย (Bernadini, 1973, Ward, 1976) หากบีบน้ำมันในขั้นตอนแรกด้วยความดันที่สูงเกินไปจนทำให้ท่อน้ำมันภายในเมล็ดเกิดการเสียหายมาก จะทำให้น้ำมันเกิดการคั่งค้างภายในเมล็ดและสารทำละลายจะไม่สามารถสัมผัสกับน้ำมันได้ดีในขั้นตอนที่สองเช่นกัน ทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันไม่ดีเท่าที่ควร (Ward, 1976) นอกจากนี้การสกัดน้ำมันด้วยวิธีการนี้ยังมีความยุ่งยากจากขั้นตอนการทำงานที่มากและสิ้นเปลืองกำลังงานมากอีกเช่นกัน

3. การสกัดด้วยสารทำละลาย (ตัวทำละลาย extraction)

เป็นการสกัดน้ำมันจากวัตถุดิบที่มีปริมาณน้ำมันต่ำ (น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์) เป็นกรรมวิธีที่ทันสมัยและมี ประสิทธิภาพสูง คือสามารถสกัดให้มีปริมาณน้ำมันเหลือในกากได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ (Bernadini,1973)เมื่อเทียบกับการสกัดน้ำมันจากถั่วเหลืองด้วยสารทำละลายกับการบีบด้วยเครื่องสกัดแบบสกรู พบว่า การใช้สารทำละลายสกัดน้ำมันได้มากกว่าโดยได้น้ำมันดิบเพิ่มขึ้น 12 เปอร์เซ็นต์ (Swern , 1982)

ตารางที่ 4 แสดงตัวอย่างวัตถุดิบ, ตัวทำละลาย และผลิตภัณฑ์ โดยวิธีตัวทำละลาย Extraction

Solid Feed	ตัวทำละลาย	Product
Sugar cane	Water	Cane Sugar (Sucrose)
Palm Kernels (oil – seed)	Hexane (Naptha fraction)	Palm Kernal oil (oil) Copper Sulphate
Roasted Copper (Sulphide) Ore	Water	Phosphoric Acid
	Sulphuric Acid	Fish liver oil
Rock Phosphate	Ether	Salt – free sand

ที่มา: อมร และรัชญา, 2540

จากตารางที่4 เห็นได้ว่า ตัวทำละลาย Extraction เป็นการสกัดวัตถุดิบที่อยู่ในรูปของแข็งด้วยสารละลายต่างๆ ทั้งนี้อาจเป็นสารละลายที่อาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (อมร และรัชญา, 2540) ดังนั้นการเลือกชนิดของตัวทำละลายเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ เพื่อความปลอดภัยต่ออุปกรณ์และตระหนักถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับมนุษย์

3.1 วิธีการสกัดด้วยสารละลาย

Solid – Liquid Extraction คือ กระบวนการสกัดสารที่เราต้องการออกจากวัตถุดิบซึ่งอยู่ในสถานะของแข็ง โดยการใช้ตัวทำละลายที่อยู่ในสถานะของเหลวที่เลือกไว้เข้าไปละลายเอาสิ่งที่เราต้องการออกมาจากวัตถุดิบ โดยทั่ว ๆ ไป กระบวนการสกัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1. เป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ โดยต้องทำการอบหรือตากแห้งเพื่อให้ได้ความชื้นในปริมาณที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ยังต้องควบคุมปริมาณวัตถุดิบที่จะใช้ในการสกัดแต่ละครั้งด้วยเพื่อให้อัตราส่วนในการสกัดเป็นอัตราส่วนที่แน่นอน

ขั้นที่ 2. ให้ตัวทำละลายที่เป็นของเหลวสัมผัสกับวัตถุดิบที่เป็นของแข็ง เพื่อให้ตัวทำละลายแพร่ผ่านผิวของวัตถุดิบ เข้าไปละลายตัวถูกละลายในวัตถุดิบจนกระทั่งถึงจุดสมดุลของการสกัด

ขั้นที่ 3. แยกเอาสารละลาย (ตัวทำละลาย + ตัวถูกละลาย) ออกจากกากของวัตถุดิบส่วนที่เหลืออยู่ (CTS 6 Solid / Liquid Extraction, Manual of the Corning Teaching System)

3.2 องค์ประกอบที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัด

องค์ประกอบโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น

3.2.1 คุณสมบัติของวัตถุที่ถูกปั่นเข้ามา

3.2.2 ธรรมชาติของ ตัวทำละลาย การเลือกตัวทำละลายในการสกัดควรพิจารณาถึงคุณสมบัติเหล่านี้ คือ

ก. ความสามารถในการละลาย สำหรับตัวทำละลายที่เราต้องการ (* ความสามารถในการละลาย หมายความว่า ปริมาตรของตัวทำละลายที่เราต้องใช้ ซึ่งมีผลต่อการปั่น คูดตัวทำละลาย และการกลั่นตัวทำละลาย

ข. ชนิดของตัวทำละลายที่สามารถดึงเอาตัวถูกละลายที่เราต้องการออกจากของผสมโดยใช้ตัวทำละลายที่ละลายได้ดีในส่วนประกอบใดส่วนหนึ่งในของผสมนั้น เช่น ใช้ตัวทำละลายที่มีขั้ว ละลายสารที่ไม่มีขั้วออกมาจากของผสมที่มีขั้วและไม่มีขั้ว

ค. ตัวทำละลายควรมีจุดเดือดที่ง่ายต่อการกลั่น ตัวทำละลายที่ดีควรมีจุดเดือดต่ำกว่าตัวถูกละลายมาก ๆ เพื่อความง่ายในการต้มกลั่น เพื่อนำเอาตัวทำละลาย (Purity) กลับมาใช้ใหม่

ง. ถ้าตัวทำละลายเป็นชนิดที่เป็นอันตรายควรติดตั้งอุปกรณ์ดักจับไอ ที่ระเหยออกมาและรั่วตามช่องเปิดต่าง ๆ เพื่อความปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงาน

จ. ตัวทำละลายที่ดีต้องไม่ติดไฟง่าย

ฉ. ไม่เป็นพิษ (Non toxic) และไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการจะสกัด

ช. ตัวทำละลายที่ดีไม่ควรมีการกัดกร่อนกับสิ่งรอบข้าง (Non corrosive)

ซ. ไม่ควรปนเปื้อนกับของแข็งที่ได้จากการสกัด

ฅ. ควรมีความหนืดต่ำ เพื่อใช้ปั๊ม หรือสามารถปล่อยให้ไหลภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกได้

ญ. ควรมีราคาถูก เพื่อลดต้นทุนในการสกัด

ที่มา: อมร วงษ์เวียงจันทร์, 2540, การศึกษาเครื่องสกัด รุ่น CTS 6, โครงการงานวิศวกรรมอาหาร

3.2.3 การออกแบบและขั้นตอนการปฏิบัติการของระบบ

3.3 สถานะของของแข็งที่เป็นวัตถุดิบ

สถานะของของแข็งที่นำมาสกัดสามารถแบ่งออกเป็น 3 สถานะ โดยจะอธิบายสถานะเหล่านี้ตามความสม่ำเสมอ และความไม่สม่ำเสมอ (Homogeneous, Heterogeneous)

Impermeable solid: สามารถสกัดสารได้เฉพาะผิวภายนอก (Outer Surface) ในกรณีนี้อุปสรรคในการสกัดของผิววัสดุ คือ การแพร่ของ Liquid Phase เพียงอย่างเดียว ฉะนั้นการสกัดจึงถึงจุดสมดุลอย่างรวดเร็ว ** (ถ้า Impermeable solid เป็น Homogeneous ฉะนั้นจะมีความเข้มข้นของ Solute ชนิดเดียวกันมาก ทำให้การแพร่ที่ผิวเกิดขึ้น ซึ่งสามารถทำได้โดยการบดวัสดุให้มีขนาดเล็กลงเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับ ตัวทำละลาย โดยตรง) ** (ที่มา: อมร วงษ์เวียงจันทร์, 2540., การศึกษาเครื่องสกัด รุ่น CTS 6, โครงการงานวิศวกรรมอาหาร)

Permeable solid: ของแข็งประเภทนี้สามารถสกัดสารออกมาได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีการแพร่ผ่าน และการละลายกันอย่างรวดเร็ว แต่ในปัจจุบันยังไม่มีทฤษฎีที่แน่นอนมาอธิบายปรากฏการณ์เหล่านี้ได้ แต่อย่างไรก็ตามอัตราการสกัดจะถูกจำกัดโดยการแพร่ของ Liquid Phase ของตัวถูกละลาย

Mixed solid: เช่น เกลือกับทรายสามารถนำมาสกัดโดยเอาส่วนที่ละลายได้ออกมาเพียงอย่างเดียว (D.C Eardley, 1981)

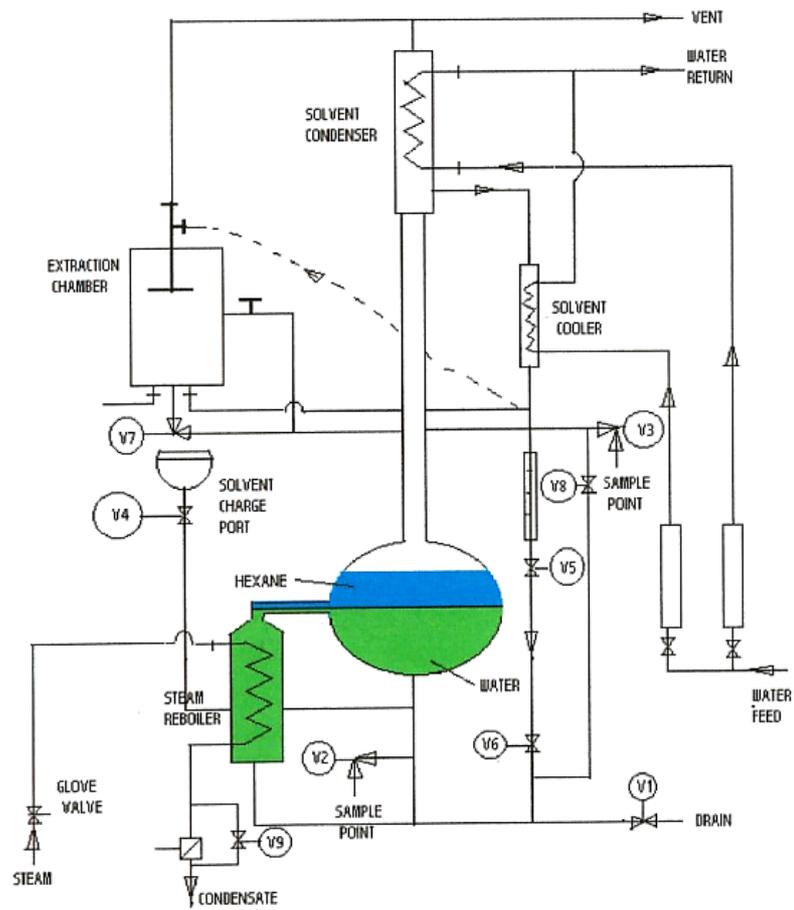
น้ำมันธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่ไม่มีขี้ในโมเลกุล ดังนั้นสารเคมีที่จะนำมาสกัดจึงจำเป็นต้องเป็นสารที่ไม่มีขี้ในโมเลกุลด้วยเช่นกัน จึงจะสามารถละลายปนกันได้ดีตัวทำละลายที่นิยมใช้ในทางอุตสาหกรรมได้แก่ Hexane, Ether เป็นต้น แต่ในการทดลองนี้จะเลือกใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย เนื่องจาก

จุดเดือดของ Hexane อยู่ในช่วง 60-69 °C ซึ่งมีค่าสูงกว่าของ Ether มากดังนั้นจึงสามารถเลือกอุณหภูมิที่จะทำการสกัดได้หลายค่า

มีอัตราเสี่ยงต่อการระเบิดน้อยกว่าสารจำพวก Ether เนื่องจากมีจุดที่สามารถติดไฟได้เองสูงถึง 240°C มีเสถียรภาพทางเคมีในสภาวะปกติ

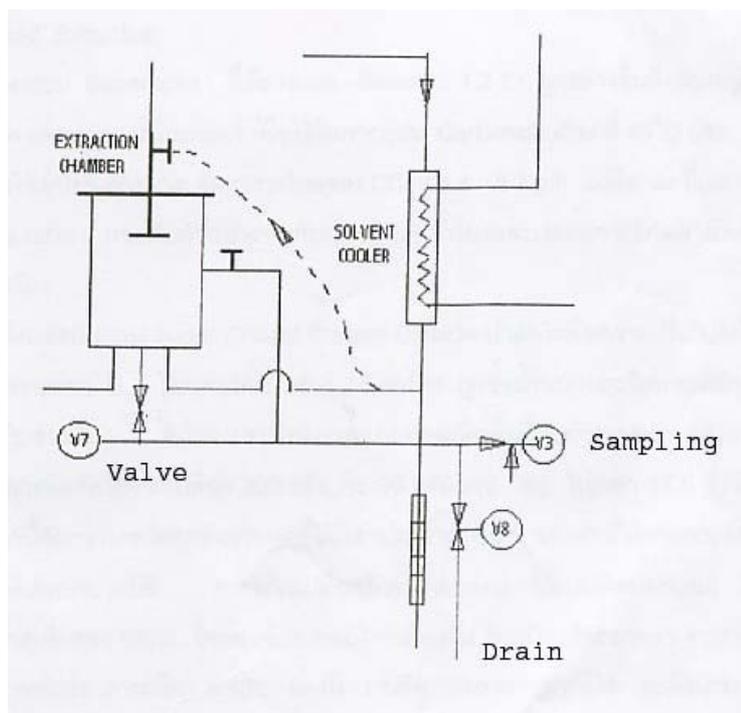
3.4 ระบบการสกัด

เป็นระบบการสกัดโดยการใช้ตัวทำละลายเป็น Hexane ล้วน เดิมเข้าไปใน Vessel จนกระทั่งได้ระบบที่สามารถทำการสกัดได้ จากนั้นจะควบคุมอุณหภูมิจากหม้อกำเนิดไอน้ำและ Steam ที่มาจากหม้อกำเนิดไอน้ำ โดย Steam ที่นำมาให้ความร้อนแก่ Hexane ควรมีความดันไม่เกิน 0.05 bar และไม่ควรให้หม้อกำเนิดไอน้ำผลิตเกิน 1.5 bar เพราะจะทำให้มีผลต่อปริมาณความร้อนที่ Hexane จะได้รับ ซึ่งถ้าสูงเกินไปอาจทำให้เกิดการระเหยอย่างรวดเร็วแล้วมีผลทำให้เกิดการรั่วของไฮโดรเจนซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานดังรูปที่ 4 แต่ส่วนที่เป็นของเหลวจะกลายเป็น Hexane ทั้งหมด



ภาพที่ 4 ระบบการสกัดแบบ Hexane

ที่มา: D.A.Phipps และ D.C Eardley, 1981



ภาพที่ 5 ระบบการนำ Hexane กลับมาใช้

ที่มา: D.A.Phipps และ D.C Eardley, 1981

3.4.1 ระบบการนำเอา Hexane กลับมาใช้

เมื่อทำการสกัดน้ำมันจากผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว เราจะได้สารละลายผสมซึ่งประกอบไปด้วย Hexane และน้ำมัน ดังนั้นจึงต้องทำการแยกเพื่อนำ Hexane กลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง โดยการใช้เครื่องสกัดแต่จะทำการตัดแปลงระบบการสกัดคือ จากเดิมระบบที่ทำการสกัดน้ำมันจะใช้ระบบ Multi - stage Extraction ซึ่งเริ่มต้นโดยให้ความร้อนแก่สารละลายผสมระหว่าง Hexane กับน้ำมัน เมื่อเข้าสู่ช่วงการผลิต Pore solvent แล้วให้ทำการปิดวาล์ว V8 และเปิดวาล์ว V3 ซึ่งมีรูปแบบของระบบการ Recycle ตัวทำละลาย ดังภาพที่ 5 (D.A.Phipps ,1981)

3.4.2 ส่วนของการแยกตัวทำละลายออกจากน้ำมันและการวิเคราะห์ผล

นำสารละลายที่ได้ไปทำการแยกระหว่าง Hexane กับ ตัวถูกทำละลาย โดยใช้เครื่อง Extraction ซึ่งทำการ Operate แบบ Single stage เริ่มต้นโดยเติมสารละลายผสมระหว่าง Hexane และตัวถูกทำละลาย ลงใน Reboiler vessel

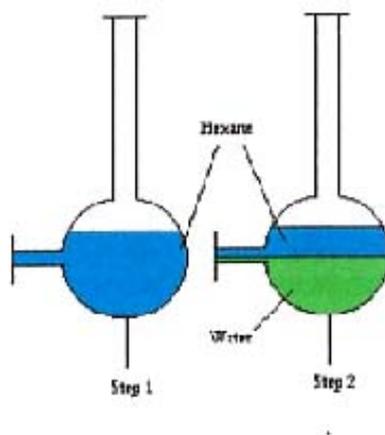
ก. เปิดไอน้ำให้เข้าสู่ระบบเพื่อให้ความร้อนให้แก่ Hexane ระวังอย่าให้ความดันไอน้ำสูงเกินกว่า 0.1 bar เพราะจะทำให้ Hexane เดือดเร็วเกินไปอาจจะเป็นอันตรายต่อผู้ที่กำลังปฏิบัติการอยู่ได้เพราะจะมีไอระเหยของ Hexane หลุดรอดออกมาเนื่องจากความแน่นไม่ทัน

ข. เมื่อระบบผลิต Pure solvent ได้แล้วปล่อยให้ Pure solvent ไหลเข้าสู่ Extraction Chamber (*ใน Extraction Chamber ต้องเป็น Chamber เปล่า) จากนั้นให้ทำการเก็บ Pure ตัวทำละลาย ที่ได้โดยการปิดเปิดวาล์วต่าง ๆ ตามตำแหน่งที่แสดงในรูปที่ 4 ควรเป็นไปดังนี้คือ

- เปิดวาล์ว V7
- ปิดวาล์ว V8
- เปิด Sampling วาล์ว V3

แล้วนำเอาสายยางมาต่อที่ Sampling V3 วาล์วเพื่อทำการเก็บ Pure solvent เอาไปใช้ใหม่อีกครั้งในการสกัดครั้งต่อไป

ค. ทำการผลิต Pure solvent ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง Hexane ระเหยออกมาจากสารละลายจนกระทั่งไม่สามารถที่ระเหยได้อีกแล้วเนื่องจากปริมาณสารละลายใน Vessel มีไม่เพียงพอ ให้รอสักพักจนกระทั่งอุณหภูมิของสารละลายผสมลดลงจนเหลือประมาณ 35 °C ให้ทำการเติมน้ำลงใน Vessel จนกระทั่งระดับน้ำดันสารละลายให้ขึ้นมาอยู่ในจุดที่จะระเหยได้อีก จากนั้นทำการระเหยสารละลายเพื่อเอา Hexane คืนอีกครั้ง



ภาพที่ 6 Vessel ในการ Recovery ตัวทำละลาย step ที่ 1 และ 2
ที่มา: D.A.Phipps และ D.C Eardley, 1981

แป้ง

1. ประวัติความเป็นมาของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชชั้นสูง พบในคลอโรพลาสต์ (ในใบ) และในส่วนที่พืชใช้เป็นแหล่งเก็บอาหาร เช่น เมล็ดและหัว มนุษย์ได้รับแป้งจากพืชแตกต่างกันตามภูมิภาคประเทศในโลก ทางด้านทวีปอเมริกาเหนือ/กลาง จะมีข้าวและมันสำปะหลัง เป็นต้น แต่ที่สำคัญมีการใช้กันทั่วโลก คือ แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวสาลีและแป้งมันสำปะหลัง แป้งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในโภชนาการของมนุษย์ อาหารทั้งหมดส่วนใหญ่จะมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักของทุกชนชาติ เช่น ข้าว ขนมปัง ก๋วยเตี๋ยว และพาสต้า เป็นต้น

ถึงแม้ว่าบทบาทที่สำคัญของแป้งคือใช้เป็นแหล่งอาหารพลังงานสูงของมนุษย์ นอกจากนี้แป้งยังมีคุณสมบัติเฉพาะบางอย่างจึงได้มีการนำแป้งมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของอาหาร เช่น ทำให้เกิดเจล ควบคุมความคงตัวและเนื้อสัมผัสของอาหารจำพวกซอส ชุปและน้ำปรุงรสอาหาร ป้องกันเนื้อสัมผัสของอาหารเสียรูปเนื่องจากกระบวนการแช่แข็งและคืนรูปจากเยือกแข็ง (freeze-thaw) สภาวะกรด การทำพาสเจอร์ไรเซชัน (pasteurization) และสเตอริไรเซชัน (sterilization) เป็นต้น นอกจากนี้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแล้ว ยังมีการนำแป้งมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมกาว และอุตสาหกรรมแป้งดัดแปร เป็นต้น

“แป้ง” ในการผลิตนั้น หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน-ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ มีสิ่งอื่นเจือปน เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ น้อยมาก ส่วนแป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่นๆ อยู่มาก จะเรียกว่า ฟลาวัวร์ (flour) ตัวอย่างเช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี ถ้ายังมีส่วนประกอบของโปรตีนสูง ก็จะจัดอยู่ในประเภทฟลาวัวร์ เรียกว่า corn flour, wheat flour, เช่นเดียวกันกับแป้งข้าวเจ้าที่ยังมีโปรตีน 7 ถึง 8% ก็เรียกว่า rice flour แต่เมื่อสิ่งเจือปนอันหมายถึงโปรตีน ไขมัน เกลือแร่อื่นๆ ถูกสกัดออกไป จนเหลือแป้ง บริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่จึงเรียกว่าเป็นแป้งสตาร์ช (starch) เช่น corn starch, wheat starch เป็นต้น สำหรับแป้งมันสำปะหลังที่ผลิตในประเทศไทย ปัจจุบันผลิตโดยกรรมวิธีทันสมัย มีความบริสุทธิ์ของแป้งสูง จัดเป็นแป้งสตาร์ช (cassava starch) และเนื่องจากแป้งสตาร์ชมีความบริสุทธิ์สูง แป้งสตาร์ชที่ยังไม่ได้ถูกทำการตัดแปรหรือแปรรูป นิยมเรียกว่าแป้งดิบ (raw starch หรือ native starch) ซึ่งจะตรงกันข้ามกับแป้งที่ถูกกักตัดแปรหรือแปรรูปแล้ว ที่เรียกว่าโมดิไฟด์สตาร์ช (modified starch) หรือแป้งคัดแปร (กล้าณรงค์, 2546)

2. คุณสมบัติของแป้ง

2.1 การดูดซับน้ำ การพองตัวและการละลาย

เมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำที่เดิมลงไป ภายใต้สภาวะบรรยากาศของห้องจนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเมล็ดแป้งกับน้ำที่เดิม ความชื้นในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แป้งส่วนใหญ่เมื่อเกิดสมดุลภายใต้บรรยากาศปกติจะมีความชื้น 10 ถึง 17% จากการทดลองของ Leach (1965) พบว่าแป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง และแป้งข้าวโพด ข้าวเหนียว สามารถดูดซึมน้ำได้ในปริมาณ 39.9, 42.9, 50.9 และ 51.4 กรัมต่อน้ำหนักแป้งแห้ง 100 กรัม ตามลำดับน้ำที่อยู่ในเมล็ดแป้งมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ น้ำในผลึก น้ำในรูปที่ไม่อิสระ (bound water) และน้ำในรูปอิสระ (free water) โดยมีการจับกับแป้งได้แน่นตามลำดับ และแป้งที่มีความชื้น 8 ถึง 10% สามารถจับกับน้ำได้แน่นกว่าแป้งที่มีความชื้นสูงกว่านี้ เนื่องจากการจับของน้ำกับหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ของกลูโคสแต่ละหน่วยของแป้ง จะได้สตาร์ชโมโนไฮเดรต [$n(C_6H_{10}O_5 \cdot H_2O)$] น้ำหรือของเหลวชนิดอื่นสามารถแพร่และผ่านเข้าไปในร่างแหของไมเซลล์ (micelles) ในเมล็ดแป้งได้อย่างอิสระ ทดสอบได้จากการแขวนลอยเมล็ดแป้งในสารละลายไอโอดีนเจือจาง จะเกิดสีขึ้นในเมล็ดแป้ง เมื่อใส่โซเดียมไทโอซัลเฟต (sodium thiosulfate) ลงไป พบว่าสีจะหายไปอย่างรวดเร็วและเมื่อนำมาต่อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่าเมล็ดแป้งประกอบด้วยรูพรุนจำนวนมากซึ่งจะทำ

หน้าที่เป็นตัวคัดขนาดโมเลกุล (molecular sieve) รูปทรงเหล่านี้อาจจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการทำแห้งในกระบวนการผลิตแป้ง หรืออาจจะมียู่แล้วในแป้งธรรมชาติแต่มีขนาดขยายใหญ่ขึ้น เนื่องจากขั้นตอนการทำแห้งในกระบวนการผลิตแป้งแป้งดิบจะไม่ละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลลาทีไนซ์ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ๆ กันเชื่อมต่อกันอยู่ แต่เมื่ออุณหภูมิของสารผสมน้ำแป้งเพิ่มสูงกว่าช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลลาทีไนซ์ พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดแป้งเกิดการพองตัว ทำให้การละลาย ความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น คุณสมบัติของการบิดระนาบแสงโพลาไรซ์ (birefringence) ในเม็ดแป้งจะหมดไปลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำในสารละลายแป้ง และการตัดแปรแป้งทางเคมี รูปแบบในการพองตัว และการละลายของเม็ดแป้งแต่ละชนิดจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันไปมากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ สำหรับความสามารถในการละลายแสดงเป็นน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายได้ ซึ่งคุณสมบัติทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กัน รูปแบบการพองตัวของแป้งกับอุณหภูมิ และรูปแบบการละลายของแป้งกับอุณหภูมิ ซึ่งมีความคล้ายกันมาก และเห็นความสัมพันธ์ได้เมื่อเขียนกราฟระหว่างกำลังการพองตัวและการละลายที่อุณหภูมิเดียวกันจะได้กราฟ เส้นตรง คุณสมบัติในการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งแต่ละชนิดที่ 95°C แสดงดังตารางที่ 5 (Leach, 1959)

2.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้ง
มีหลายประการได้แก่

ก) ชนิดของแป้ง แป้งแต่ละชนิดมีรูปแบบในการพองตัวและการละลายแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาตามความสามารถในการพองตัวและการละลายของแป้งแล้ว สามารถแบ่งแป้งออกเป็น 3 ชนิด คือแป้งจากธัญพืช แป้งจากส่วนราก และแป้งจากส่วนหัว

ข) แป้งจากธัญพืช มีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ชั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณเปลือก และบริเวณอณูพื้นฐานของเม็ดแป้ง แป้งจำพวกนี้มีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มีกำลังการพองตัวและการละลายต่ำสุดเนื่องจากมีปริมาณอะมิโลสสูง ซึ่งอะมิโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ

ค) แป้งจากส่วนรากหรือส่วนกลางลำต้น (pith) เช่น แป้งมันสำปะหลัง มีการพองตัวเพียงชั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า แป้งจากรากจะเกิดเจลลาทีไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากธัญพืช

ง) แป้งจากส่วนหัว เช่น แป้งมันฝรั่ง จะมีการพองตัวสูงเนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ นอกจากนี้หมู่ฟอสเฟตภายใต้แป้งมันฝรั่งยังทำให้เกิดการพองตัวสูงขึ้น เนื่องจากสามารถก่อให้เกิดแรงผลักดันทางไฟฟ้าได้ การพองตัวในแป้งจากส่วนหัวจะเกิดเพียงชั้นเดียว และเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ รูปแบบนี้จะเป็นลักษณะของแป้งที่เป็นพอลิอิเล็กโทรไลต์ (polyelectrolyte)

2.2 ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง หรืออีกนัยหนึ่งคือ จำนวนและชนิดของพันธะภายในเม็ดแป้ง ในระดับโมเลกุลมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจำนวนของพันธะ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง ส่วนประกอบ และการกระจายตัวของร่างแหภายในเม็ดแป้ง อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน น้ำหนักโมเลกุล การกระจายตัวของโมเลกุล จำนวนกิ่งก้านสาขาการจัดเรียงตัวและความยาวของสาขาในอะมิโลเพกทิน

ตารางที่ 5 คุณสมบัติในการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งแต่ละชนิดที่ 95°C

แป้ง	กำลังการพองตัว	การละลาย (%)
มันฝรั่ง	> 1,000	82
สาคุ	97	39
มันสำปะหลัง	71	48
พุทธรักษา (Canna)	72	37
ท้าวขามม่อม (Arrowroot)	54	28
มันเทศ	46	18
ข้าวโพด	24	25
ข้าวฟ่าง	22	22
ข้าวสาลี	21	41
ข้างเข้	19	18
ข้าวโพดข้าวเหนียว	64	23
ข้าวเจ้าข้าวเหนียว	56	13
ข้าวฟ่างข้าวเหนียว	49	19
ถั่ว (Wrinkled pea)	6	19
ข้าวโพดชนิดอะมิโลสสูง	6	12
ถั่วกัร์บาโซ (Garbanzo)	13	15

ที่มา: Leach, 1959

2.3 สิ่งเจือปนในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต สิ่งเจือปนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง เช่น แป้งข้าวโพดที่ถูกสกัดไขมันจะมีการพองตัวอย่างอิสระและเป็นรูปแบบเดียวกันดีกว่าแป้งข้าวโพดปกติ เนื่องจากกรดไขมันในธรรมชาติของแป้งข้าวโพดปกติจะยับยั้งการพองตัวของเม็ดแป้ง โดยเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอะมิโลส (lipid-amylose complex) นอกจากนี้การใส่สารลดแรงตึงผิวในแป้งจะมีผลต่อกำลังการพองตัวของแป้ง การใส่โพแทสเซียมปาล์มมิเตท (potassium palmitate) และสเตียเรต (stearate) จะลดกำลังการพองตัวของแป้งมันสำปะหลัง ในขณะที่การใส่โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate) และซีติลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (cetyl trimethyl ammonium bromide) จะเพิ่มกำลังการพองตัวของเม็ดแป้ง

2.4 คุณสมบัติหลังการตัดแปรทางเคมี คุณสมบัติการพองตัวและการละลายของแป้งจะเปลี่ยนไปเมื่อมีการตัดแปรทางเคมี การตัดแปรด้วยกรดหรือการเกิดออกซิเดชันด้วยเกลือไฮโปคลอไรต์ (hypochlorite) จะทำให้เกิดการแตกออกของพันธะภายในร่างแห ทำให้เม็ดแป้งกระจายออกเป็นชิ้นเล็กๆ การละลายและการพองตัวสูงขึ้น สำหรับการตัดแปรด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน หรืออีเทอร์ริฟิเคชัน จะเกิดการแทนที่ของหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลของแป้ง ทำให้พันธะภายในเม็ดแป้งอ่อนแอลง อุณหภูมิในการเกิดเจลที่ในระหว่างการพองตัวเพิ่มขึ้น ขอบเขตในการลดลงของอุณหภูมิเจลที่ในระหว่างการพองตัวที่เพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับจำนวนและธรรมชาติของหมู่ที่มาแทนที่ การทำครอสลิงก (cross linking) จะทำให้ความแข็งแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการพองตัวและการละลายจึงลดลง

2.5 ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในสถานะที่เกิดการพองตัว มีผลต่อการพองตัวและการละลาย สารละลายที่มีปริมาณแป้งต่ำกว่า 20% ค่าการละลายจะสูงกว่าเมื่อมีแป้งสูงกว่า 20% การพองตัวอย่างอิสระและการละลายที่สูงขึ้นจะถูกยับยั้งในสภาพที่สารละลายมีปริมาณน้ำน้อย สารประกอบอื่นๆ เช่น ซูโครส กลูโคส และสารอิเล็กโทรไลต์ (เช่น sodium chloride) มีผลกระทบต่อการพองตัวของแป้งพบว่าเมื่อความเข้มข้นของซูโครสลดลง และลดปริมาณแป้งลงทำให้แป้งสามารถละลายได้เพิ่มขึ้น

3. ส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเม็ดแป้ง

ส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเม็ดแป้ง แบ่งออกเป็น

3.1 ส่วนที่ไม่ใช่แป้งที่แยกได้จากแป้ง (particulate material) ได้แก่ โปรตีนที่ไม่ละลาย และผนังเซลล์ซึ่งจะมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตแป้ง

3.2 ส่วนที่ติดกับพื้นผิวของเม็ดแป้ง (surface material) สามารถสกัดออกได้โดยไม่ต้องทำลายเม็ดแป้ง เช่น เยื่อหุ้มอะมิโลพลาสต์

3.3 ส่วนที่ติดอยู่ภายในเม็ดแป้ง (internal components) สามารถแยกออกได้โดยการทำลายเม็ดแป้ง เช่น ไขมันในแป้งจากธัญพืช หมู่ฟอสเฟตในแป้งมันฝรั่ง และสารประกอบไนโตรเจนในแป้ง

ส่วนประกอบอื่นที่มีผลต่อลักษณะและคุณสมบัติของเม็ดแป้งที่สำคัญ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เถ้า และ ฟอสฟอรัส ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิดดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 องค์ประกอบของแป้งชนิดต่างๆ

ชนิดแป้ง	ความชื้น ^๑ 65% RH,20°C	% ไขมัน	% โปรตีน	% เถ้า	% ฟอสฟอรัส
แป้งข้าวโพด	13	0.6	0.35	0.1	0.015
แป้งมันฝรั่ง	19	0.05	0.06	0.4	0.08
แป้งสาลี	14	0.8	0.4	0.15	0.06
แป้งมันสำปะหลัง	13	0.1	0.1	0.2	0.01
แป้งข้าวโพดเหนียว	13	0.2	0.25	0.07	0.007
แป้งข้าวฟ่าง	13	0.7	0.3	0.08	ไม่มีรายงาน
แป้งข้าวเจ้า	ไม่มีรายงาน	0.8	0.45	0.5	0.1
แป้งสาเก	ไม่มีรายงาน	0.1	0.1	0.2	0.02
แป้งข้าวโพดอะมิโลเมส	13	0.4	ไม่มีรายงาน	0.2	0.07
แป้งมันเทศ	13	ไม่มีรายงาน	ไม่มีรายงาน	0.1	ไม่มีรายงาน

ที่มา: Swinkels, 1985b

3.3.1 ไขมัน

โดยส่วนใหญ่แป้งจะมีองค์ประกอบของไขมันอยู่ต่ำกว่า 1% ชนิดของไขมันที่มีอยู่ในแป้งมีผลต่อคุณสมบัติของแป้ง เช่น มีผลต่อความเหนียวของแป้ง ดังนั้นในการวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้งจะต้องกำจัดไขมันออกจากแป้งโดยสกัดด้วยตัวทำละลายหรือย่อยสลายโดยใช้น้ำย่อยไขมันภายในแป้งมีทั้งที่อยู่บริเวณพื้นผิวของเม็ดแป้ง ซึ่งประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) กลูโคลิพิด (glucolipids) ฟอสโฟลิพิด (phospholipids) และไขมันที่อยู่กระจายทั่วไปภายในเม็ดแป้ง โดยเชื่อมพันธะกับคาร์โบไฮเดรตอย่างหลวมๆ แป้งจากพืชหัวและจากถั่วไม่มีไขมันภายในเม็ดแป้ง สำหรับแป้งจากธัญพืช เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี มีไขมันภายในเม็ดแป้งซึ่งมีสมบัติและปริมาณของไขมันแตกต่างกัน ในแป้งข้าวโพดมีไขมัน 0.6 ถึง 0.8 ประกอบด้วยกรดไขมันอิสระ 62% และ ไลโซฟอสโฟลิพิด (lysophospholipid) 38% สำหรับแป้งสาลีมีไขมัน 0.8 ถึง 1.2% น้ำหนักแห้ง ประกอบด้วย โมโนเอ

ซิลและไลโซฟอสฟอลิพิด (monoacyl / lysophospholipids) 86 ถึง 94% กรดไขมันที่สำคัญของไลโซฟอสฟอลิพิด (lysophospholipid) คือ กรดไขมันอิ่มตัวคาร์บอน 16 อะตอม (กรดปาล์มมิก, palmitic acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวคาร์บอน 18 อะตอม (ลิโนลีนิก, linoleic acid) โมโนเอซิลลิพิดเหล่านี้สามารถจับตัวแข็งซ้อนกับอะมิโลสได้ ในขณะที่ไดเอซิลและไตรเอซิลลิพิด (diacyl และ triacyl lipid) ไม่สามารถจับตัวเช่นนี้ได้ ความสัมพันธ์ของปริมาณอะมิโลสกับปริมาณไขมันในข้าวโพดชนิดต่างๆ พบว่าข้าวโพดข้าวเหนียวซึ่งมีปริมาณอะมิโลสต่ำจะมีไขมันต่ำ สำหรับข้าวโพดที่มีปริมาณอะมิโลสสูงจะมีไขมันสูงกว่าปกติเช่นกัน (Galliard และ Bowler, 1987) ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณอะมิโลสและปริมาณไขมันในข้าวโพดพันธุ์ต่างๆ

	พันธุ์ข้าวโพด		
	พันธุ์ข้าวเหนียว	พันธุ์ปกติ	พันธุ์อะมิโลเมส
ปริมาณอะมิโลส (%)	0.2 – 1.5	27 – 31	40 – 47
ปริมาณไขมัน (มิลลิกรัม/กรัมแป้ง)			
กรดไขมันอิสระ	3 – 13	380 – 546	581 – 681
ไลโซฟอสฟอลิพิด (Lysophospholipid)	2 – 13	184 – 347	396 – 486

ที่มา: Galliard และ Bowler, 1987

ไขมันที่รวมอยู่ในเม็ดแป้งจะส่งผลกระทบต่อลักษณะและคุณสมบัติของแป้ง โดยจะลดความสามารถในการพองตัว การละลาย และการจับตัวกับน้ำของแป้ง เมื่อเกิดฟิล์มและแป้งเปียกหรือเพสต์ (paste) ไขมันจะรวมตัวกับอะมิโลสเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนเฉื่อย (inert complex) ทำให้ฟิล์มและแป้งเปียกมีลักษณะทึบแสงหรือขุ่น นอกจากนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งอยู่บริเวณพื้นผิวเม็ดแป้งจะทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่สำหรับไขมันที่รวมตัวแข็งซ้อนกับอะมิโลสจะไม่ก่อให้เกิดกลิ่น เนื่องจากสามารถต้านทานการเกิด

ออกซิเดชันได้ แปะงจากธัญพืช เช่น แปะงข้าวโพด แปะงข้าวสาลี มีกลิ่นแรงกว่าแปะงข้าวโพดข้าวเหนียว แปะงมันสำปะหลัง และแปะงมันฝรั่ง เนื่องจากมีองค์ประกอบของไขมันสูง

3.3.2 ไนโตรเจน (โปรตีน)

ภายในแปะงมีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่ต่ำกว่า 1% โดยโปรตีนจะเกาะอยู่บริเวณพื้นผิวของเมล็ดแปะง ทำให้เกิดผลกระทบต่อลักษณะของแปะง คือ ทำให้เกิดประจุบนพื้นผิวเมล็ดแปะง มีผลต่อการกระจายของเมล็ดแปะง ทำให้แปะงมีอัตราการดูดซับน้ำ อัตราการพองตัว และอัตราการเกิดเจลลาทีนส์เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดปฏิกิริยามเมลลาร์ด (maillard reaction) ระหว่างการทำปฏิกิริยาของกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซิง สีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไป (โดยส่วนใหญ่ปฏิกิริยาเช่นนี้เกิดขึ้นกับแปะงจากธัญพืช เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง)

3.3.3 เถ้า

แปะงโดยทั่วไปมีองค์ประกอบของสารอนินทรีย์ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม สามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้จากส่วนที่เหลือหรือเถ้าจากการเผาไหม้ โดยสมบูรณ์ปริมาณมากเถ้าในแปะงมันฝรั่งจะสัมพันธ์กับหมู่ฟอสฟอรัสในแปะง สำหรับเถ้าในแปะงจากธัญพืชจะสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอลิพิด (Swinkels, 1985b)

3.3.4 ฟอสฟอรัส

แปะงส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสอยู่น้อยกว่า 0.1% โดยแปะงจากธัญพืชมีฟอสฟอรัสอยู่ในรูปฟอสฟอลิพิด (phospholipid) ประมาณ 0.02 ถึง 0.06% และสำหรับแปะงจากพืชหัวและราก เช่น แปะงจากมันฝรั่ง มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสประมาณ 0.3 ถึง 0.4% ฟอสฟอรัสภายในแปะงอยู่ในรูปฟอสเฟตเชื่อมกับหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 และ 6 (C3 และ C6) ของหน่วยกลูโคส (Lineback, 1996) แปะงมันฝรั่งมีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสจึงทำให้มีประจุพื้นผิวเป็นลบ แรงผลักระหว่างประจุลบจะทำให้แปะงมันฝรั่งมีคุณสมบัติพองตัวง่าย และมีความหนืดสูงกว่าแปะงชนิดอื่นๆ (Galliard และ Bowler, 1987)

4. การผลิตแปะง

แป้งเป็นแหล่งอาหารคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ ได้มาจากพืชหลายชนิด ทั้งจากพืชหัว ราก หรือจากธัญพืชต่างๆ ซึ่งมีแหล่งปลูกกระจายทั่วไปตามลักษณะของพืชแต่ละชนิด กระบวนการผลิตแป้งมีหลักการคล้ายคลึงกัน คือ ทำความสะอาด ลดขนาดชิ้นส่วนของพืชให้เล็กลง แยกโปรตีน กลือแร่ออกโดยใช้น้ำ เหวี่ยงแยกแป้งออกจากสิ่งแปลกปลอมโดยใช้การเหวี่ยงความเร็วสูง ด้วยตัวกลางต่างๆ กัน ทำแห้ง ร่อนขนาด และบรรจุ โดยที่กระบวนการผลิตของแป้งแต่ละชนิดจะมีรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกันไป

4.1 กระบวนการผลิตแป้งข้าว

ข้าวเจ้าหรือ *Oryza sativa* L. มีต้นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีหลายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อินดิกา (*O. sativa indica*) ปลูกมากในแถบมรสุม ซึ่งมีฝนตกชุกและแสงแดดเพียงพอ และพันธุ์จาปอนิกา (*O. sativa japonica*) ปลูกในพื้นที่เขตอบอุ่น ข้าวที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะเป็นข้าวหักหรือข้าวเกรดสองที่ไม่เหมาะต่อการบริโภคโดยตรง ข้าวหักมีองค์ประกอบต่างๆ ดังตารางที่ 8 และภาพที่ 7 แป้งข้าวเจ้ามีการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ มากมาย ใช้เป็นส่วนประกอบของแป้งฝุ่นในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแป้งฝุ่นสำหรับเด็ก เนื่องจากแป้งข้าวไม่เป็นพิษและไม่มีสารระคายเคือง และใช้เป็นสารทำให้แข็ง (laundry stiffening agent) ในการซักผ้า

ในการผลิตแป้งข้าวเจ้าในประเทศไทยนั้น ถึงจะเป็นการไม่เปียก แต่โปรตีนและสิ่งแปลกปลอมส่วนใหญ่ยังคงติดอยู่กับแป้ง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้เป็นประเภทฟลาวัวร์ (rice flour) และนิยมใช้ข้าวประเภทที่มีอะมิโลสสูง ทั้งนี้เพราะเมื่อนำไปประกอบอาหาร เช่น ทอด จะให้ความกรอบแข็งหรือนำไปนึ่ง เมื่อเย็นลงจะเกิดแผ่นฟิล์ม (เช่น ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่) ข้าวหอมมะลิที่บริโภคไม่เหมาะสมใช้ผลิตฟลาวัวร์ เพราะมีปริมาณอะมิโลสต่ำ ส่วนการผลิตแป้ง สตาร์ช (rice starch) คือการสกัดเอาโปรตีนและสิ่งแปลกปลอมในแป้งฟลาวัวร์ออกจนเกือบหมด ปัจจุบันในประเทศไทยเริ่มมีการผลิตแป้งสตาร์ชจากข้าวกันบ้างแล้ว

ตารางที่ 8 องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวหัก

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น	12.0
แป้ง	79.2
โปรตีน	7.0
ไขมัน	0.4
เถ้า	0.5
ส่วนที่เหลือ	0.9

ที่มา: Knight, 1969

กระบวนการผลิต เริ่มจากนำข้าวเปลือกมาล้างทำความสะอาด แยกสิ่งแปลกปลอม (ถ้าเป็นข้าวเปลือก ต้องผ่านการสีก่อน) แช่วในสารละลายเบสพร้อมกับมีการกวนช้าๆ ทำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อแยกโปรตีนที่ติดอยู่กับเมล็ดข้าวเจ้าออก ปล่อยให้ข้าวตกตะกอน แยกส่วนใสที่มีโปรตีน (steep liquor) ออก ทำซ้ำขั้นตอนนี้จนกระทั่งเมล็ดข้าวนิ่ม แล้วนำเมล็ดข้าวมาบดเปียกด้วยสารละลายเบส ล้างน้ำ และเหวี่ยงแยกโปรตีนส่วนที่ติดอยู่ในสารแขวนลอยแป้งออก นำมาผ่านไฮโดรไซโคลอน กำจัดน้ำ แล้วทำให้แห้ง นำแป้งมาทำให้แห้ง ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแป้งข้าวเจ้า (Schooh,1967) ดังแสดงกระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าในภาพที่ 7

สำหรับ steep liquor ที่แยกได้ นำมาปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยกรด ทำให้โปรตีนตกตะกอน แล้วกรองออก ทำให้แห้ง ใช้เป็นอาหารสัตว์

ภาพที่ 7 แผนภาพกระบวนการผลิตแป้งสตาร์ชข้าวเจ้า

ที่มา: a Eliasson และ Gudmundsson, 1996

ในการผลิตแป้งสตาร์ชข้าวเจ้าสามารถทำจากแป้งฟลาวร์ก็ได้ โดยแป้งฟลาวร์มาแช่น้ำเบสอ่อน (0.3% NaOH) ในเวลา 24 ชั่วโมง สามารถละลายโปรตีนออกมาได้ 86% (Wansuksri และคณะ, 1999)

ตารางที่ 9 คุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้า

คุณสมบัติ	แป้งข้าวเจ้า
ขนาดเม็ดแป้ง (ไมครอน)	6.8
ปริมาณอะมิโลส (%)	18-27
ขนาดอะมิโลส (Degree of polymerization)	900-1,100
อุณหภูมิเริ่มต้นเกิดเจลที่ไนซ์ (Onset temperature, T_o , °C)	60
อุณหภูมิสูงสุดที่เกิดเจลที่ไนซ์ (Peak temperature, T_p , °C)	77

ที่มา: a Eliasson และ Gudmundsson, 1996

4.2 กระบวนการผลิตแป้งมันเทศ

มันเทศ (sweetpotato) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea batata* อยู่ในตระกูล Convolvulaceae เป็นพืชที่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตของหัวค่อนข้างสูงในสภาพดินฟ้าอากาศของประเทศไทยในหัวมันเทศมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง ในเกาะฟิลิปปินส์บางเกาะใช้มันเทศเป็นอาหารประจำวัน ชาวจีนใช้มันเทศทำเส้นก๋วยเตี๋ยว ใช้หุงต้มรวมกับข้าวซึ่งทำให้ข้าวมีรสดีขึ้นและใช้เลี้ยงสัตว์ ในหัวมันเทศมีแป้งอยู่ประมาณ 14-28% ขึ้นกับสายพันธุ์

การผลิตแป้งมันเทศในระดับอุตสาหกรรมมีวิธีการดังนี้ (Kerr, 1950) มันเทศที่เก็บเกี่ยวได้จะนำมาเก็บไว้ในถัง แล้วนำมาล้างในรางน้ำที่มีเกลียวหมุน ดินและโคลนจะถูกชะล้างออกไป นำหัวมันผ่านไปยัง rotary washer ซึ่งมี rotary drum ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ฟุต ความยาว 20 ฟุต และมีน้ำสเปรย์ผ่าน เพื่อชะล้างดินและสิ่งสกปรกออก แล้วผ่าน bucket elevator ไปยัง

hammer mill ออก นำไปบดด้วย hammer mill อีกครั้งหนึ่ง ล้างด้วยน้ำ ผ่านตะแกรง แยกกาก นำมาล้างน้ำ บด และกรองโดยใช้ filter drum และทำแห้งด้วย rotary dryer ใช้สำหรับทำอาหารสัตว์ สำหรับน้ำแป้งนำล้างแป้ง เมื่อแยกน้ำออกได้แป้งหมด ทำการอบแห้ง ร้อน และบรรจุถุง

สำหรับในประเทศจีนในตอนกลางของประเทศ มีการผลิตแป้งมันเทศมากที่สุดของโลก (ประมาณว่ามีการผลิตมากกว่า 1 ล้านตันแป้งต่อปี) แป้งที่ผลิตได้จะถูกนำมาผลิตเป็นเส้นเพื่อบริโภค กรรมวิธีการผลิตร้อยละ 90 ยังเป็นแบบตกตะกอนอยู่ กล่าวคือ หัวมันเทศเมื่อถูกเก็บเกี่ยวจะถูกทำความสะอาดพอสมควร นำมาส่งตามแหล่งผลิตเล็กๆ จะถูกกองรวมกัน (ภาพที่ 8 จากนั้นจะนำไปบดโม้โดย hammer mill พร้อมทั้งมีการหล่อน้ำระหว่างโม้ เมื่อน้ำโม้ผ่านตะแกรงจะถูกปล่อยลงบ่อพัก น้ำแป้งจากบ่อพักถูกสูบลงบ่อตกตะกอน ซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้กันมาดั้งเดิมคือ การนำน้ำแป้งเปรี้ยว (น้ำแป้งที่ถูกทิ้งไว้ให้เกิดการหมักธรรมชาติ มีปริมาณกรดและแลคติกสูง) เติมน้ำลงไปจนกระทั่งน้ำแป้งมี pH ประมาณ 3 ถึง 4 ซึ่งสังเกตจากการตกตะกอนของแป้ง น้ำใสส่วนบนจะถูกสูบออกไปทิ้งหรือไปใช้ในการเกษตร ส่วนหนึ่งของน้ำใสเก็บไว้เพื่อให้เกิดเป็นน้ำแป้งเปรี้ยวใสใช้ตกตะกอนแป้งต่อไป ส่วนตะกอนแป้งจะถูกนำออกมาใส่ผ้าและแขวนเพื่อให้น้ำใสแยกตัวออก และเนื่องจากเวลาที่ผลิตจะเป็นช่วงหลังเก็บเกี่ยวประมาณเดือนตุลาคมถึงธันวาคม อากาศหนาวเย็นและความชื้นในอากาศมีน้อยจึงเป็นการทำแห้งแป้งโดยอุณหภูมิต่ำ เมื่อแป้งแห้งดีแล้ว จะถูกนำออกมาวางเรียงเก็บไว้เพื่อใช้จำหน่ายให้โรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยวต่อไป

ปัจจุบันถือได้ว่าประเทศจีนเป็นผู้ผลิตแป้งมันเทศรายใหญ่ที่สุดของโลก ส่วนฟิลิปปินส์ก็มีการผลิตแป้งมันเทศในระดับอุตสาหกรรม สำหรับในประเทศไทยพันธุ์มันเทศที่มีเพาะปลูกกันอยู่ยังเป็นพันธุ์ที่มีเชื้อแป้งน้อย ไม่มีการผลิตแป้งมันเทศในระดับอุตสาหกรรม คุณสมบัติของแป้งมันเทศแสดงได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 คุณสมบัติของแป้งมันเทศ

คุณสมบัติ	แป้งข้าวเจ้า
ขนาดเม็ดแป้ง (ไมครอน)	9-15
ปริมาณอะมิโลส (%)	18-21
ขนาดอะมิโลส (Degree of polymerization)	4,100
อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting temperature, T_0 , °C)	380
ความหนืดสูงสุด (Peak viscosity, RVU)	380
ความหนืดสุดท้าย (Final viscosity, RVU)	230
ความหนืดต่ำสุด (Trough viscosity, RVU)	170
อุณหภูมิเริ่มต้นเกิดเจลลาทีไนซ์ (Onset temperature, T_0 , °C)	60-67
อุณหภูมิสูงสุดที่เกิดเจลลาทีไนซ์ (Peak temperature, T_p , °C)	70-77
เอนทาลปี (Enthalpy, H, J/g)	10-16

ที่มา: ลัดดาวัลย์, 254 b Eliasson และ Gudmundsson, c Collado, 1997

อุปกรณ์และวิธีการ

แบ่งการดำเนินงานออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ตามลำดับดังนี้

การทดลองส่วนที่ 1

ศึกษาน้ำมันที่ตกค้างในกากงา เพื่อหาปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง รวมถึงการศึกษาคุณค่าทางอาหารที่สำคัญในกากงา แบ่งเป็น

1. การหาน้ำมันที่ตกค้างในกากงา ที่ได้จากการสกัดเย็นด้วยเครื่องสกัดแบบไฮดรอลิกซึ่งแสดงดังภาพที่ 9 ด้วยวิธีแบบตัวทำละลาย โดยใช้เครื่องสกัด แบบ Solid – Liquid Extraction
2. การหาน้ำมันที่ตกค้างในกากงา ที่ได้จากการสกัดเย็นด้วยเครื่องสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ด้วยวิธีแบบตัวทำละลาย โดยใช้เครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus

การทดลองส่วนที่ 2

ศึกษากระบวนการทำแฉงจากกากงา เพื่อหาปริมาณการทำแฉงจากกากงาที่ผ่านการทดลองจากส่วนที่ 1 แบ่งเป็น

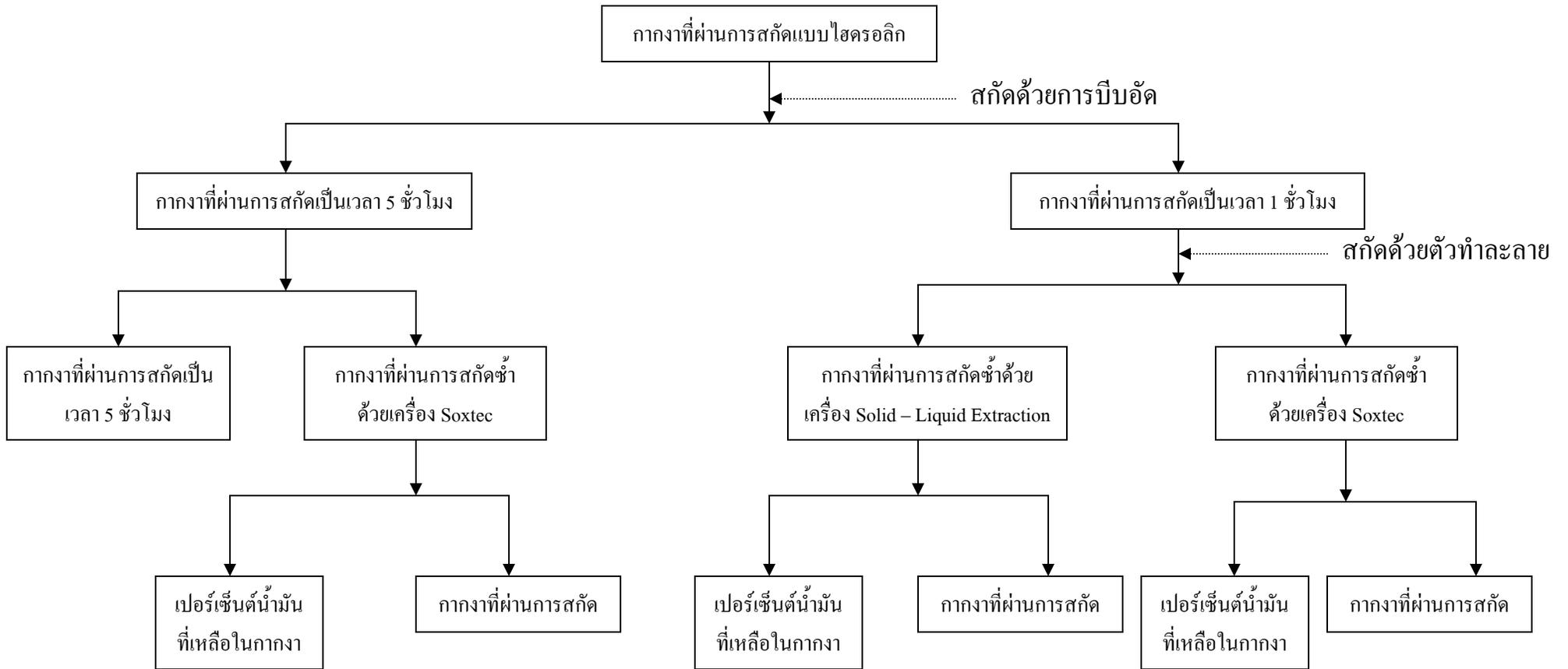
1. นำกากงาที่ผ่านการสกัดจากการทดลองส่วนที่ 1 มาทดลองหาการทำแฉงจากกากงา
2. นำกากงาที่ผ่านการสกัดเย็นด้วยเครื่องสกัดแบบไฮดรอลิกมาทดลองหากระบวนการทำแฉงจากกากงา

การทดลองส่วนที่ 3

การทดสอบแฉงจากกากงาที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 2 เพื่อหาคุณสมบัติของแฉงจากกากงาและความเหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์ แบ่งเป็น

1. แข่งกอล์ฟที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย
2. แข่งกอล์ฟที่ผ่านการสกัดเย็นด้วยเครื่องสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
3. แข่งกอล์ฟผสมกับแป้งสาลี

รายละเอียดการศึกษาของแต่ละการทดลองแสดงดังไดอะแกรม



ภาพที่ 8 ไคอะแกรมแสดงขั้นตอนการหาเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่ตกค้างในกากงา

รายละเอียดการศึกษาของแต่ละการทดลองแสดงดังนี้

การทดลองส่วนที่ 1

การหาน้ำมันที่ตกค้างในกากงา

- 1. การศึกษาการสกัดน้ำมัน** จากกากงาที่ได้จากการสกัดเย็นด้วยเครื่องสกัดแบบไฮดรอลิก ด้วยวิธีการแบบ ตัวทำละลายโดยใช้เครื่องสกัดแบบ Solid – Liquid Extraction



ภาพที่ 9 เครื่องสกัดน้ำมันงาดิบแบบไฮดรอลิก

1.1 อุปกรณ์และวัสดุดิบ ได้แก่ กากงาที่คัดเลือกตามขอบเขตของการวิจัยแล้ว, อุปกรณ์การทดสอบ ได้แก่ เครื่องสกัดแบบ Solid – Liquid Extraction และตู้อบ

1.2 ขั้นตอนการสกัดน้ำมัน

1.2.1 เตรียมตัวอย่างที่จะใช้ทดลอง 3 ชนิด คือ 1.งาดำเมล็ดเต็ม 2. กากงาอบ 3. กากงาดำไม่อบ ชนิดละ 500 กรัม

1.2.2 นำวัตถุบดทั้ง 3 แบบ มาทำการสกัดด้วยวิธี ตัวทำละลาย ดังนี้

ก. นำวัตถุบดมาชั่งน้ำหนักก่อนเข้าสู่ตู้อบ ดังภาพที่ 10 เพื่อไล่อเปอร์เซ็นต์ความชื้น บางส่วนออกจากวัตถุบด อบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 10 นาที ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 10 เครื่องชั่งดิจิทัล

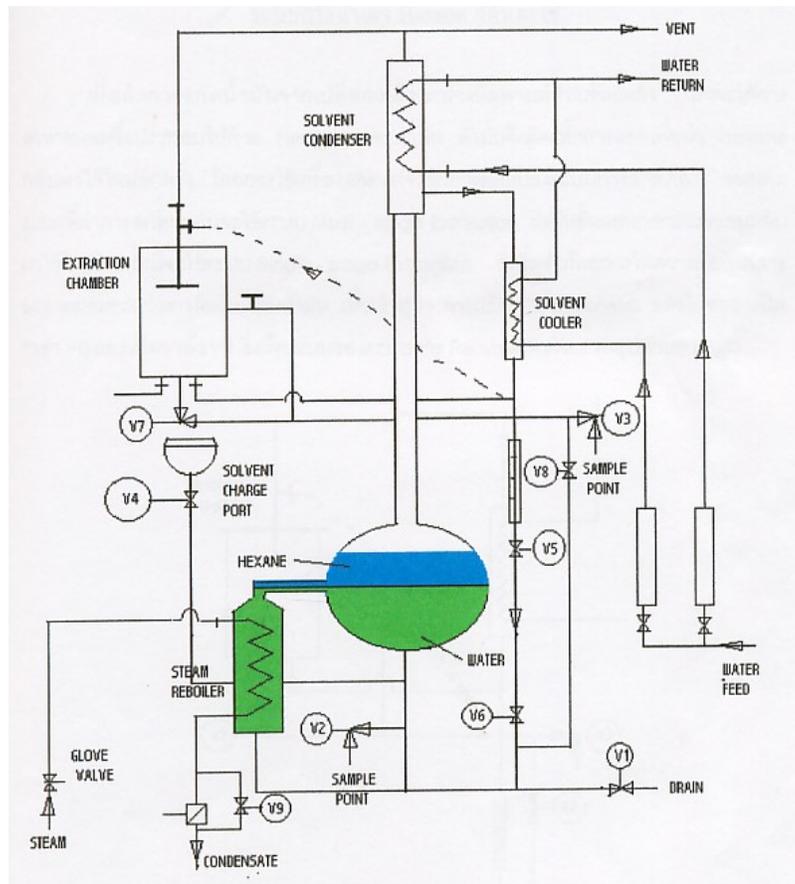


ภาพที่ 11 ตู้อบแบบปรับอุณหภูมิ

ข. นำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งแล้วคำนวณหาปริมาณความชื้นของวัตถุบดที่ลดลง

ค. นำวัตถุดิบใส่ถุงผ้าดิบเพื่อเตรียมเข้าสู่เครื่องสกัดโดยอัตราส่วนระหว่าง Hexane: วัตถุดิบ เป็น 8:1 โดยปริมาตร ใ้คอะแกรมการทำงานของเครื่องสกัดดังภาพที่ 12

ง. เติมตัวทำละลาย Hexane ลงทางด้าน ตัวทำละลาย change พร้อมทั้งใส่ถุงผ้าดิบที่บรรจุวัตถุดิบลงใน Extraction chamber



ภาพที่ 12 ใ้คอะแกรมของเครื่องสกัด Solid – Liquid Extraction

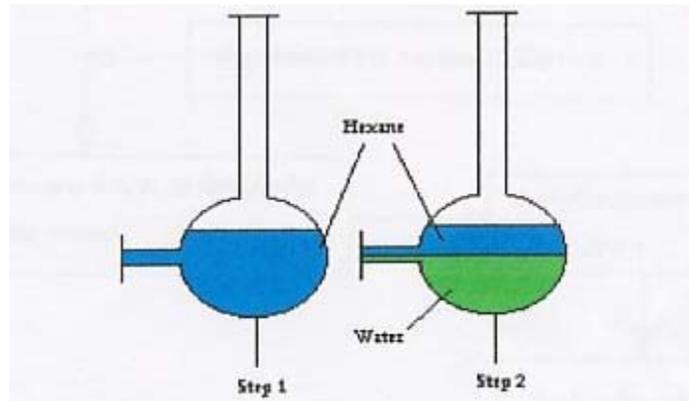
จ. ตรวจสอบสภาพความพร้อมของเครื่องสกัด เมื่อทุกอย่างพร้อมแล้วจึงเดินเครื่องสกัดคอย ควบคุมปริมาณไอน้ำที่ให้กับระบบ

ฉ. ตรวจสอบปริมาณน้ำมันที่ได้จากเครื่องสกัดพร้อมบันทึกผล

ข. ทำการแยกน้ำมันออกจากตัวทำละลาย Hexane โดยเพิ่มอุณหภูมิในการแยกตัวทำละลาย Hexane จนตัวทำละลายระเหยจนหมด

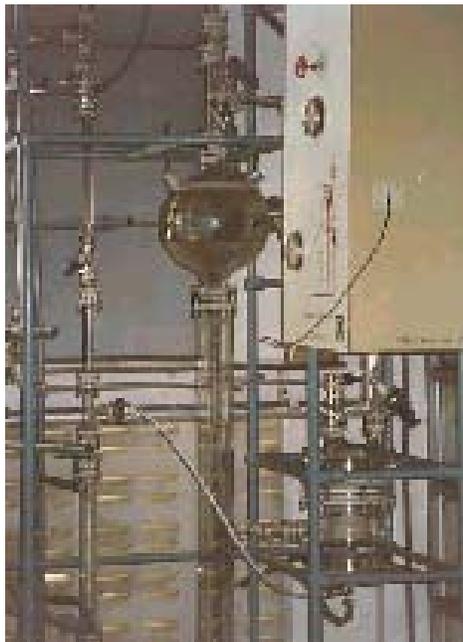
ข. ทำการแยกน้ำมันออกจากน้ำโดยใช้หลักการแบ่งชั้นระหว่างน้ำมันกับน้ำ ดัง

ภาพที่ 13



ภาพที่ 13 การแยกระดับน้ำมัน

ฉ. การทดลองซ้ำตามข้อ 2.1 - 2.8 แต่เปลี่ยนวัตถุดิบจากงาคำเป็นงาขาว โดยแบ่งเป็น 3 แบบ คือ งาขาวเม็ดเต็ม, กากงาขาวอบ และ กากงาขาวไม่อบนำเอากากที่ได้จากการทดลองไปทำแป้ง



ภาพที่ 14 เครื่องสกัดแบบ Solid – Liquid Extraction

2. การทดลองการสกัดน้ำมันงาด้วยวิธีการสกัดแบบตัวทำละลายด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec

2.1 อุปกรณ์ และวัสดุดิบ ได้แก่ กากงาที่คัดเลือกตามขอบเขตของการวิจัยแล้ว, อุปกรณ์การทดสอบ ได้แก่ เครื่องสกัดแบบ Soxtec

2.1.1 กากงาดำและงาขาวที่ระบุในขอบเขตการวิจัย

2.1.2 เครื่องสกัดแบบ Soxtec

2.1.3 ตู้อบปรับอุณหภูมิ ยี่ห้อ FUJISU รุ่น MEMMERT S50

2.1.4 เครื่องชั่งดิจิตอล ยี่ห้อ OHAUS PRECISION ADVANCE รุ่น GT4100

2.1.5 นาฬิกาจับเวลา

2.1.6 Boiler ไฟฟ้า (รุ่น Trevil, Geysler 160, Italy)

2.1.7 อุปกรณ์อื่น เช่น ถ้วยพลาสติก, กระดาษกรอง, ถ้วยอะลูมิเนียม ฯลฯ



ภาพที่ 15 เครื่องสกัดน้ำมันแบบ Soxtec

เครื่องสกัดด้วยตัวทำละลายแบบ Soxtec เป็นเครื่องมือการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการเพิ่มอุณหภูมิให้ถึงจุดเดือดและเกิดการควบแน่น โดยมี Boiler เป็นตัวให้พลังงานสามารถแยกน้ำมันและกากงาออกจากกันในการสกัดแต่ละครั้งจะใช้เวลาในการสกัดประมาณ 2 ชั่วโมงต่อครั้ง

2.2 ขั้นตอนการสกัดน้ำมันด้วยเครื่อง Soxtec มีดังนี้

2.2.1 เตรียมการงาคำมาทำการบดด้วยเครื่องปั่นจนละเอียด ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ขณะทำการบด

2.2.2 นำกากมาชั่งประมาณ 3 กรัม จำนวน 6 ตัวอย่าง (โดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในกระดาษกรองและห่อให้เรียบร้อย ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ขณะทำการชั่ง

2.2.3 บรรจุกากลงในกระดาษกรอง ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 กากงาที่บรรจุในกระดาษกรอง

2.2.4 นำกากบรรจุลงกระป๋อง (ที่ผ่านการอบแห้งและชั่งน้ำหนักแล้ว) โดยใช้ห้วงเหล็กใส่ไว้ที่ขอบบนของกระป๋อง จากนั้นนำไปประกอบเข้ากับชุดสกัด Soxtec ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 ขณะทำการบรรจุ

2.2.5 เติมตัวทำละลายในกระป๋องจนสั้นวัตถุคิบ ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 เติมตัวทำละลายลงในกระป๋อง

2.2.6 เช็กสภาพความพร้อมของเครื่อง เมื่อทุกอย่างพร้อมแล้วจึงเดินเครื่องโดยกดสวิตซ์ของเครื่องไปที่ตำแหน่ง Boiling เพื่อให้อุณหภูมิของตัวทำละลายถึงจุดเดือดเป็นเวลา 30 นาที ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 เครื่องขณะการทำ Boiling

2.2.7 กดสวิตซ์ของเครื่องไปตำแหน่ง Rinsing เพื่อทำการสกัดน้ำมันในตัวถูกละลายเป็นเวลา 30 นาที แสดงดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 เครื่องขณะทำการ Rinsing

2.2.8 กดสวิตซ์ของเครื่องไปตำแหน่ง Evaporation เป็นเวลา 30 นาที

2.2.9 กากงาและน้ำมันแยกออกจากกันและอบน้ำมันอีกครั้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้ตัวทำละลายที่ตกค้างอยู่

2.2.10 ทำการทดลองซ้ำจาก ข้อ 1 – 9 แต่เปลี่ยนวัตถุดิบจากงาคำเป็นงาขาว โดยแบ่งเป็น 3 ตัวอย่าง คือ งาขาวเต็มเม็ด กากงาอบ กากงาขาวไม่อบ

2.2.11 นำกากงาที่ได้จากการทดลองไปหาขั้นตอนการทำแป้ง

การทดลองส่วนที่ 2

เป็นการนำเอากากงาที่ผ่านการสกัดด้วยวิธี ตัวทำละลาย ที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 1 และกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยวิธีบีบอัดแบบไฮดรอลิกมาทดสอบหากระบวนการทำแป้งงา และศึกษาคุณค่าทางอาหารที่สำคัญ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนย่อยดังนี้

1. การทำแป้งงาจากกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยวิธีตัวทำละลาย

1.1 นำกากงาคำที่ได้จากการสกัดด้วยวิธี ตัวทำละลาย มาทำการอบเพื่อลดความชื้น จากนั้นทำการบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ เพื่อบดให้ละเอียดจากนั้นนำไปตรวจสอบเพื่อหาคุณค่าทางอาหารอีกครั้ง ด้วยการสกัดหาสารอาหาร

1.2 นำกากงาคำที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายมาทำการอบเพื่อลดความชื้น จากนั้นทำการลดขนาดด้วยเครื่องบด ดังภาพที่ 23 โดยแบ่งจำนวนบรรจุเป็น 3 ระดับ คือ

- ปริมาณ 50 กรัม ระยะเวลาในการบด 3 นาที และ 5 นาที ทำการบันทึกผล
- ปริมาณ 100 กรัม ระยะเวลาในการบด 3 นาที และ 5 นาที ทำการบันทึกผล
- ปริมาณ 150 กรัม ระยะเวลาในการบด 3 นาที และ 5 นาที ทำการบันทึกผล



ภาพที่ 23 เครื่องบดขณะบดกากงา

1.3 ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1.2 จำนวน 3 ครั้ง

1.4 นำกากงาที่ได้จากข้อ 1.3 มาทำการร่อนด้วยเครื่องตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร เป็นเวลา 5 นาที และทำการบันทึกผล ดังภาพที่ 24 และ 25



ภาพที่ 24 เครื่องแยกขนาดแป้งงา



ภาพที่ 25 ลักษณะแป้งงาที่ผ่านตะแกรงร่อน

1.5 เปลี่ยนวัตถุดิบจากกากงาคำเป็นกากงาขาว และทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1.1 ถึง 1.4
ในส่วนที่ 2

2 การทำเป็งจากกาองา โดยตรงที่ผ่านการสกัดโดยการบีบอัดจากเครื่องสกัดแบบไฮดรอลิก

2.1 นำกากงาดำและกากงาขาวที่ผ่านการบีบอัดด้วยเครื่องบดอัดแบบไฮดรอลิมาทำการอบ เพื่อลดความชื้น

2.2 แล้วทำการทดลองตามข้อ 1.2 – 1.4

การทดลองส่วนที่ 3

เป็นการทดสอบคุณสมบัติของเป็งกากงาตามมาตรฐานการทดสอบเป็งของ มอก.ซึ่งมี รายละเอียดการทดลองดังนี้

1. การทดสอบสี

นำเป็งกากงาที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 2 ประมาณ 10 – 15 กรัม ใส่ลงในกระจก แล้วประกบแผ่นกระจกเพื่อในแบนราบสม่ำเสมอ ตรวจสอบพิจารณาสี

2. การทดสอบกลิ่น

นำเป็งกากงาที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 2 ประมาณ 10 -15 กรัม ใส่บิกเกอร์ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตรเติมน้ำที่อุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส ลงไป ประมาณ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้เข้ากันอย่างรวดเร็ว และดมกลิ่นทันที

3. การทดสอบสิ่งแปลกปลอม

นำเป็งกากงาที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 2 ประมาณ 20 กรัม ใส่ลงบิกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที กรองผ่านตะแกรงร่อน 180 ไมโครเมตร ส่วนที่ค้างบนร่งถ่ายลงกระดาษกรอง และใช้น้ำกลั่นฉีดล้าง นำไปอบที่อุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส แล้วตรวจดูสิ่งแปลกปลอม

4. การทดสอบความละเอียด

นำแป้งกาองที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 2 ประมาณ 100 กรัม ใส่ในตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร จากนั้นทำการเขย่าด้วยเครื่องเขย่านาน 20-30 นาที ดังภาพที่ 25 ถ่ายส่วนที่ค้างทั้งหมดลงในภาชนะ ชั่งน้ำหนักส่วนที่ผ่านตะแกรงร่อนและถ่ายลงในภาชนะ ชั่งน้ำหนักและคำนวณส่วนที่ ค้างบนตะแกรงร่อน

5. การทดสอบการละลายในน้ำ

นำแป้งกาองที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 2 ประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วขนาด 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำที่อุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียสลงในบีกเกอร์ ทำการเขย่า 10 นาที ตรวจสอบฟิสิกส์ ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 งามาวและงาคำขณะทำการทดสอบการละลายในน้ำ

6. การทดสอบการทำปฏิกิริยากับไอโอดีน

นำแป้งกาองที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 2 ประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วขนาด 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำที่อุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส เขย่าทิ้งไว้ประมาณ 10-20 นาที หยดสารละลายไอโอดีนลงไปแล้วเขย่าตรวจสอบฟิสิกส์ ดังภาพที่ 27



ภาพที่ 27 ทำการทดสอบแป้งด้วยไอโอดีน

7. การทดสอบลักษณะของเมล็ดแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400x

8. การทดสอบการพองตัว และการละลาย

นำแป้งกาंगाที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 2 มาเติมน้ำที่อุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส จนเม็ดแป้งมีการพองตัวแทนปริมาณน้ำทั้งหมด แล้วใช้เครื่องเหวี่ยง นำส่วนตะกอนแป้งมาวัดระดับการพองตัว แบ่งการทดลองในส่วนนี้ออกเป็น

9. การทดสอบโปรตีน

ใช้การทดสอบด้วยเครื่อง ดังภาพที่ 28 ซึ่งใช้วิธีการทดสอบแบบ “KJELDAHL METHOD”



ภาพที่ 28 เครื่องทดสอบโปรตีน

10. การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการฟองตัวของแป้งกากกับแป้งสาลี

นำแป้งที่ได้จากการทดลองและแป้งสาลีมาเติมน้ำที่อุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส โดยแบ่งการทดลองในส่วนนี้ออกเป็น

- 10.1 กากงาคั่วที่ผ่านการสกัดเย็นด้วยเครื่องสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
- 10.2 กากงาขาวที่ผ่านการสกัดเย็นด้วยเครื่องสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
- 10.3 แป้งสาลีล้วน
- 10.4 กากงาคั่วผสมแป้งสาลีในอัตราส่วน 1:2, 1:3, และ 1:4 ตามลำดับ
- 10.5 กากงาขาวผสมแป้งสาลีในอัตราส่วน 1:2, 1:3, และ 1:4 ตามลำดับ

ผลและวิจารณ์

ผลการทดลองการสกัดน้ำมันงาที่ตกค้างในกากงา

มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการทดสอบน้ำมันที่ตกค้างในกากงาที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิกด้วยวิธีแบบตัวทำละลาย โดยใช้เครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction

ประกอบด้วย การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น, ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงา และโปรตีนในกากงาได้ผลดังนี้

ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของเมล็ดงาที่ใช้ในการทดลองได้ผลดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของเมล็ดงาที่ใช้ในการทดลองการสกัดน้ำมันงา ด้วยวิธีแบบตัวทำละลายด้วยเครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction

รายการ	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%wb)
เมล็ดงาคำ	4.41
เมล็ดงาขาว	2.94
กากงาคำ	6.55
กากงาขาว	4.90

หมายเหตุ กากงาคำได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิก 1 ชั่วโมง

กากงาขาวได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิก 1 ชั่วโมง

ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของเมล็ดงาและกากงาที่อบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ก่อนทำการทดลองการสกัดได้ผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของเมล็ดงาและกากงาที่เคยผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ก่อนทำการทดลองการสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction.

รายการ	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%wb)
เมล็ดงาคำ	4.06
เมล็ดงาขาว	2.73
กากงาคำ	6.25
กากงาขาว	4.85

หมายเหตุ กากงาคำได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิก 1 ชั่วโมง

กากงาขาวได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิก 1 ชั่วโมง

ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกได้ผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก

รายการ	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%wb)
กากงาคำ	6.25
กากงาขาว	4.85
กากงาคำ**	5.50
กากงาขาว**	4.57

หมายเหตุ กากงาคำ** คือ กากงาที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิกทำการสกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

กากงาขาว** คือ กากงาที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิกทำการสกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

จากผลการทดลองในตารางที่ 11,12 และ 13 จะพบว่าในเมล็ดงาคำมีความชื้นสูงกว่าเมล็ดงาขาวประมาณ 1.47 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11) และในกากงาคำมีความชื้นสูงกว่ากากงาขาวประมาณ 1.65 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11) ขณะเดียวกันการเตรียมกากงาด้วยการอบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ก่อนจะ

ทำการสกัดด้วยตัวทำละลายด้วยเครื่อง Solid-Liquid Extraction จะช่วยลดความชื้นของกากงาคำ และกากงาขาวได้ 0.3 เปอร์เซ็นต์ และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) ตามลำดับ และกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกที่เวลาในการทำการสกัดที่ 5 ชั่วโมง จะช่วยลดความชื้นกากงาคำและกากงาขาวได้ 0.75 เปอร์เซ็นต์ และ 0.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

1.1 ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงา

1.1.1 ปริมาณน้ำมันในเมล็ดงาที่ใช้ในการทดลองการสกัดด้วยตัวทำละลาย ด้วยเครื่อง Solid-Liquid Extraction ได้ผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ปริมาณน้ำมันในเมล็ดงาที่ใช้ในการทดลองการสกัดด้วยตัวทำละลาย

รายการ	ปริมาณน้ำมัน (%)
เมล็ดงาคำ	47.01
เมล็ดงาขาว	45.17

1.1.2 ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาคำที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก เปรียบเทียบกากงาที่อบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และไม้ออบ ได้ผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาคำที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก

รายการ	ปริมาณน้ำมัน (%)
กากงาคำอบ	22.57
กากงาคำไม่อบ	23.88

หมายเหตุ กากงาคำอบ คือ กากงาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ก่อนทำการสกัด

จากตารางที่ 15 พบว่าปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาดำที่ทำการอบและไม่อบหลังจากการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction มีค่า 22.57 เปอร์เซ็นต์ และ 23.88 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และในกากงาดำอบมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันตกค้างน้อยกว่าในกากงาดำไม่อบ 1.31เปอร์เซ็นต์

1.1.3 ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาขาวที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก เปรียบเทียบกากงาขาวที่อบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และไม่ได้อบ ได้ผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาขาวที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก

รายการ	ปริมาณน้ำมัน (%)
กากงาขาวอบ	33.69
กากงาขาวไม่อบ	40.52

หมายเหตุ กากงาขาวอบ หมายถึง กากงาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ก่อนทำการสกัด

จากตารางที่ 16 พบว่าปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาขาวที่ทำการอบและไม่อบหลังจากการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction มีค่า 33.69 เปอร์เซ็นต์ และ 40.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และในกากงาดำอบมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันตกค้างน้อยกว่าในกากงาดำไม่อบ 6.03เปอร์เซ็นต์

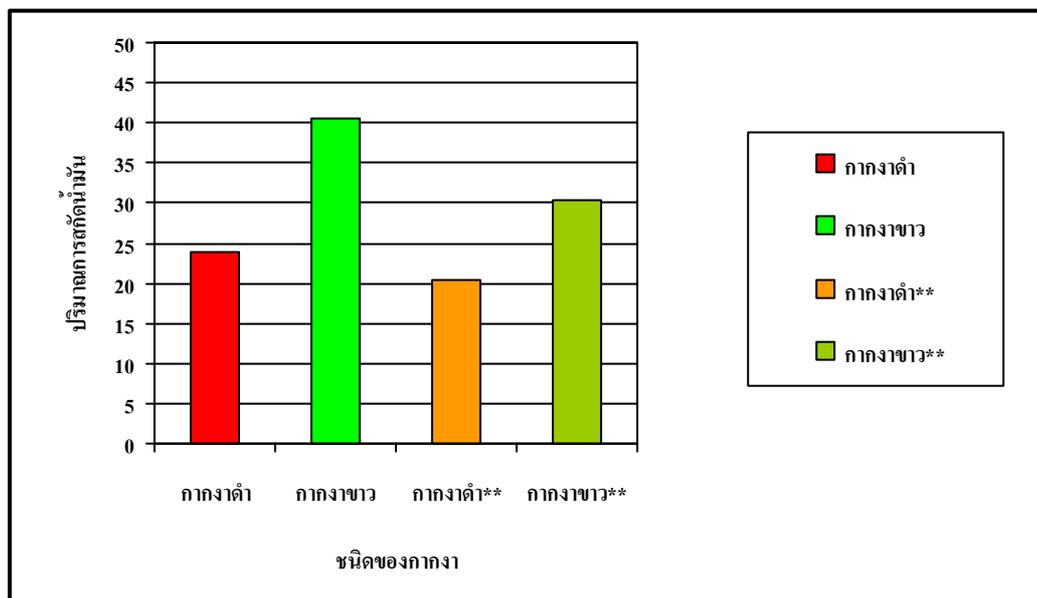
1.1.4 ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก ได้ผลดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกทำการสกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

รายการ	ปริมาณน้ำมัน (%)
กากงาดำ	23.88
กากงาขาว	40.52
กากงาดำ**	20.32
กากงาขาว**	30.32

หมายเหตุ กากงาดำ** คือ กากงาที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิกทำการสกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง
 กากงาขาว** คือ กากงาที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิกทำการสกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

จากข้อมูลตารางที่ 17 นำมาเขียนกราฟได้ดังนี้



ภาพที่ 29 กราฟแสดงปริมาณการสกัดน้ำมันงาด้วยวิธีการสกัดแบบตัวทำละลายด้วยเครื่อง Solid-Liquid Extraction

จากตารางที่ 17 และภาพที่ 29 พบว่าปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกใช้เวลาในการสกัด 5 ชั่วโมง จะได้น้ำมันตกค้างอยู่ในกากงาดำและกากงาขาวมีค่าน้อยกว่าที่ใช้เวลาในการสกัด 1 ชั่วโมง อยู่ 2.25 เปอร์เซ็นต์ และ 3.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการสกัดน้ำมันที่ตกค้างในกากงาด้วยวิธีการสกัดแบบตัวทำละลายด้วยเครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction (จากตารางที่ 11-17) เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดน้ำมัน จะเห็นว่าในกากงาขาวมีปริมาณน้ำมันที่ตกค้างมากกว่ากากงาดำทุกการทดลอง ทั้งในกากงาที่ไม่อบก่อนทำการสกัด และในการอบกากงาก่อนการสกัดจะให้ปริมาณน้ำมันน้อยกว่าการสกัดน้ำมันจากกากงาที่ไม่อบทั้งงาขาวและงาดำทุกการทดลองเช่นกัน จะเห็นว่าในการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมงจะให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันน้อยกว่าที่ใช้เวลาในการสกัด 1 ชั่วโมง อยู่ 3.56 เปอร์เซ็นต์ และ 10.2 เปอร์เซ็นต์ ทั้งกากงาดำและกากงาขาวตามลำดับ (ภาพที่ 29) แต่ในขณะเดียวกันจะพบว่าที่เปอร์เซ็นต์น้ำมันในกากงาดำได้น้อยกว่ากากงาขาวทุกการทดลองเพราะการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิกจะสกัดน้ำมันในงาดำได้มากกว่างาขาว (กระวี, 2547) ทำให้น้ำมันตกค้างในกากงาดำต้องน้อยกว่ากากงาขาว

1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารโปรตีนที่ตกค้างอยู่ในกากงาหลังจากการสกัดด้วยตัวทำละลายด้วยเครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction

1.2.1 ปริมาณโปรตีนที่พบในกากงาดำหลังการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ค่าโปรตีนในงาดำ และ กากงาดำหลังจากการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction

รายการ	ปริมาณโปรตีน (%)
เมล็ดงาดำ	23.78
กากงาดำอบ	36.94
กากงาดำไม่อบ	36.17

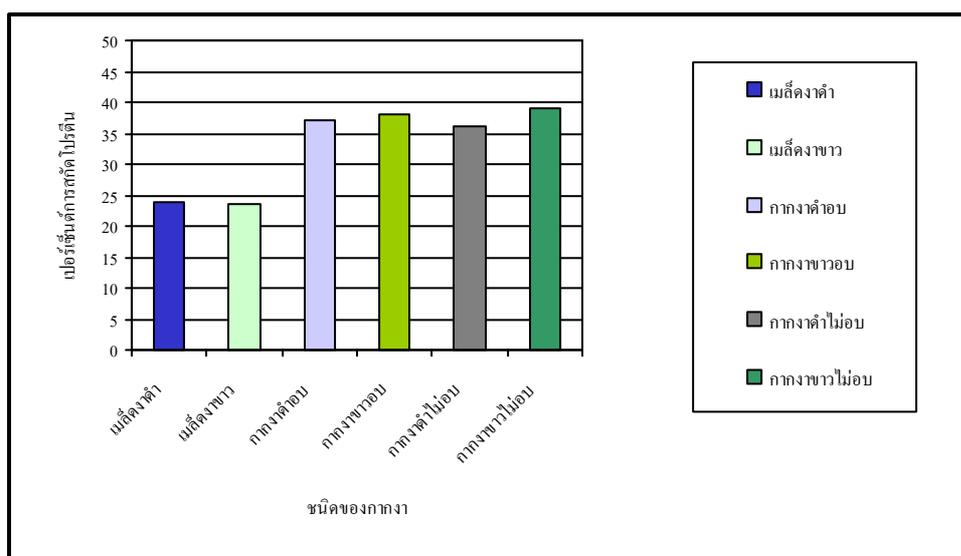
หมายเหตุ กากงาดำอบ คือ กากงาที่ทำกรอบที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ก่อนการสกัด

1.2.2 ปริมาณโปรตีนที่พบในงาขาว และ กากงาขาวหลังจากการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ค่าโปรตีนในกากงาขาว

รายการ	ปริมาณโปรตีน (%)
เมล็ดงาขาว	23.60
กากงาขาวอบ	38.07
กากงาขาวไม่อบ	39.14

จากข้อมูลตารางที่ 18 และตารางที่ 19 นำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบได้ดังนี้



ภาพที่ 30 กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ตกค้างในกากงา

จากตารางที่ 18 และ 19 (ภาพที่ 30) ค่าโปรตีนที่พบในกากงาดำ และกากงาขาวหลังจากการสกัดด้วยตัวทำละลายพบว่า ปริมาณโปรตีนในกากงามีค่ามากกว่าปริมาณโปรตีนในเมล็ดงาทั้งงาดำ งาขาว อนึ่งในการอบกากงาและไม้อบกากงา ก่อนทำการสกัด จะให้ปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกัน เนื่องจากในกากงามีโปรตีนมากกว่าในเมล็ดงานั้น เพราะมาจากสัดส่วนของเมล็ดงานั้นเพราะเป็นการเปรียบเทียบโดยน้ำหนัก เมล็ดงาย่อมมีน้ำหนักมากกว่ากากงา

2. ผลการทดสอบน้ำมันที่ตกค้างในกากงาที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิกด้วยวิธีแบบตัวทำละลายโดยใช้เครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus

การทดลองของส่วนนี้ประกอบด้วยการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น, ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงา และโปรตีนในกากงาได้ผลดังนี้

ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของกากงาที่ใช้ในการทดลองด้วยตัวทำละลายด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus แสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกากงาที่ใช้ในการทดลอง

รายการ	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%wb)
กากงาดำอบ	6.01
กากงาดำไม่อบ	6.21
กากงาขาวอบ	4.40
กากงาขาวไม่อบ	4.65

หมายเหตุ กากงาดำอบ คือ กากงาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ก่อนทำการสกัด

กากงาขาวอบ คือ กากงาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ก่อนทำการสกัด

ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกได้ผลดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก

รายการ	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%wb)
กากงาคั่ว	6.01
กากงาขาว	4.40
กากงาคั่ว**	4.85
กากงาขาว**	3.92

หมายเหตุ กากงาคั่ว** คือ กากงาที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิกทำการสกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

กากงาขาว** คือ กากงาที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิกทำการสกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

ตารางที่ 20 และ 21 พบว่า ความชื้นในกากงาที่ทำการอบก่อนการสกัดด้วยตัวทำละลายด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นน้อยกว่ากากงาที่ยังไม่ทำการอบทั้งกากงาคั่วและกากงาขาว และในกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะช่วยลดความชื้นในกากงาคั่วและกากงาขาวได้ 1.16 เปอร์เซ็นต์ และ 0.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.1 น้ำมันที่ตกค้างในกากงา

2.1.1 ปริมาณน้ำมันในกากงาที่ผ่านการสกัดแบบตัวทำละลายด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus

ตารางที่ 22 ปริมาณน้ำมันในกากงา

รายการ	ปริมาณน้ำมัน (%)
กากงาคั่วอบ	29.04
กากงาคั่วไม่อบ	32.02
กากงาขาวอบ	35.28
กากงาขาวไม่อบ	42.51

หมายเหตุ กากงาคั่วอบ คือ กากงาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ก่อนทำการสกัด

กากงาขาวอบ คือ กากงาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ก่อนทำการสกัด

จากตารางที่ 22 พบว่าปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาหลังจากการสกัดด้วยตัวทำละลาย ด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus จะได้ปริมาณน้ำมันตกค้างในกากงาที่ทำการอบมีค่าน้อยกว่า ในกากงาที่ไม่ผ่านการอบทั้งกากงาคำและกากงาขาว

2.1.2 ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วนำมาสกัดซ้ำด้วยตัวทำละลาย

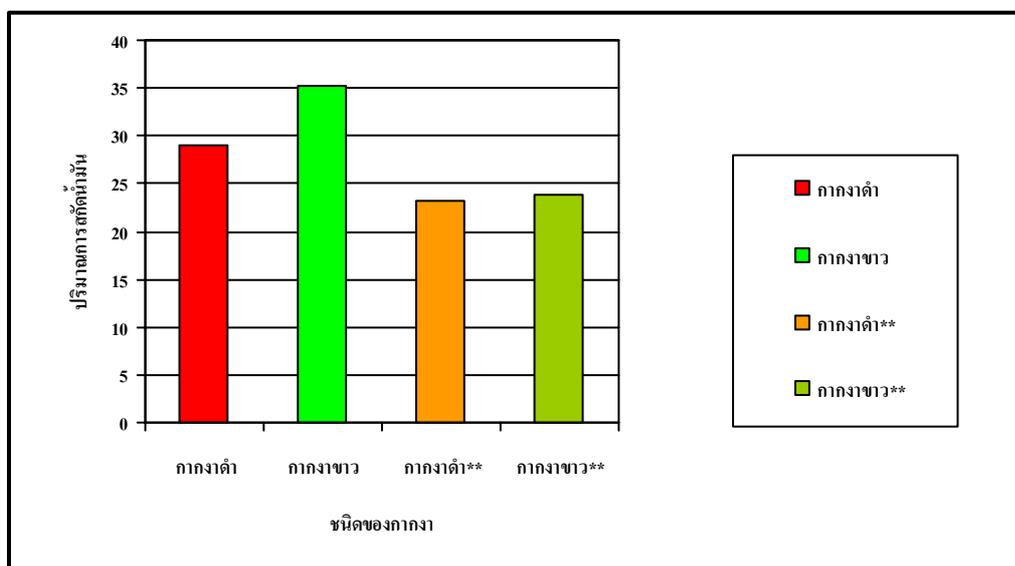
ตารางที่ 23 ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้ว นำมาสกัดซ้ำด้วยตัวทำละลาย

รายการ	ปริมาณน้ำมัน (%)
กากงาคำ	29.04
กากงาขาว	35.28
กากงาคำ**	23.23
กากงาขาว**	23.87

หมายเหตุ กากงาคำ** คือ กากงาที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิกทำการสกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

กากงาขาว** คือ กากงาที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิกทำการสกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

จากข้อมูลตารางที่ 23 นำมาเขียนกราฟได้ดังนี้



ภาพที่ 31 กราฟแสดงปริมาณการสกัดน้ำมันงาด้วยวิธีการสกัดแบบตัวทำละลายด้วยเครื่อง Soxtec apparatus

จากตารางที่ 23 และภาพที่ 31 พบว่ากากงาที่ผ่านการบีบอัดด้วยระบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะให้ปริมาณน้ำมันตกค้างอยู่ในกากงาดำและกากงาขาวน้อยกว่าที่ใช้เวลาในการสกัด 1 ชั่วโมง อยู่ 5.81 เปอร์เซ็นต์ และ 11.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการสกัดน้ำมันที่ตกค้างในกากงาด้วยวิธีการสกัดแบบตัวทำละลายด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus (จากตารางที่ 22-23) เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่สกัดได้ จะเห็นว่าในกากงาขาวมีปริมาณน้ำมันที่ตกค้างน้อยกว่ากากงาดำทุกการทดลอง ทั้งในกากงาที่ไม่อบและอบก่อนทำการสกัด ในการสกัดด้วยระบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันน้อยกว่าที่ใช้เวลาในการสกัด 1 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าในการสกัดด้วยตัวทำละลายโดยใช้เครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus จะให้ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างอยู่ในกากงาทั้งงาดำและงาขาวสูงกว่าการสกัดด้วยเครื่อง Solid-Liquid Extraction ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการสกัดด้วยเครื่อง Solid-Liquid Extraction ขั้นตอนการสกัดของแต่ละขั้นตอนต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการทำอาจมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ แต่ในการสกัดด้วยเครื่อง Soxtec apparatus ขั้นตอนการสกัดทั้งหมดจะใช้เครื่องสกัดทำงานทุกขั้นตอน ซึ่งตรงนี้จะได้ผลการสกัดที่แน่นอน และได้มาตรฐานดีกว่า ดังนั้นในการหาเปอร์เซ็นต์

น้ำมันที่ตกค้างในกากงาในการทดลองนี้จะใช้วิธีการสกัดด้วยเครื่อง Soxtec apparatus เป็นข้อมูลมาตรฐาน

2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารโปรตีนที่ตกค้างในกากงา หลังจากการสกัดด้วยตัวทำละลายด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus

2.2.1 ปริมาณโปรตีนที่พบในกากงาคำหลังจากการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus ได้ผลดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ค่าโปรตีนในกากงาคำหลังจากการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus

รายการ	ปริมาณโปรตีน (%)
เมล็ดงาคำ	23.78
กากงาคำอบ	59.01
กากงาคำไม่อบ	36.94

หมายเหตุ กากงาคำอบ คือ กากงาที่ทำการอบที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีก่อนการสกัด

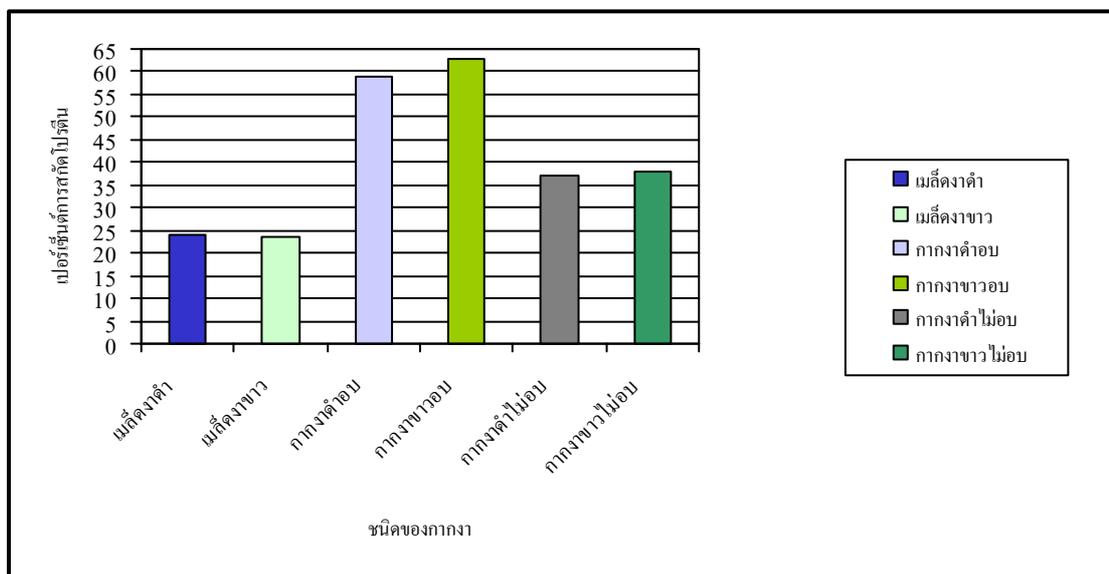
2.2.2 ปริมาณโปรตีนที่พบในกากงาขาวหลังจากการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus ได้ผลดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ค่าโปรตีนในกากงาขาวหลังจากการสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus

รายการ	ปริมาณโปรตีน (%)
เมล็ดงาขาว	23.60
กากงาขาวอบ	63.02
กากงาขาวไม่อบ	38.07

หมายเหตุ กากงาขาวอบ คือ กากงาที่ทำการอบที่ 60 องศาเป็นเวลา 10 นาที

จากข้อมูลตารางที่ 24 และตารางที่ 25 นำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบได้ดังนี้



ภาพที่ 32 กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ตกค้างในกากงา

จากการวิเคราะห์ค่าสารอาหาร โปรตีนในตารางที่ 24 และ 25 (ภาพที่ 32) พบว่าในกากงาที่ทำ การอบจะให้ค่าโปรตีนที่สูงกว่ากากงาที่ไม่ผ่านการอบทั้งกากงาคั่ว และกากงาขาว และในกากงามีโปรตีนสูงกว่าในเมล็ดงาเป็นเพราะสัดส่วนในเมล็ดงาซึ่งเมื่อทำการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดแล้ว และโปรตีนยังคงอยู่ทำให้สัดส่วนมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

3. ผลการวิเคราะห์คุณค่าอาหารในกากงาผ่านการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าอาหารในกากงาคั่วผ่านการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิก ได้ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 คุณค่าอาหารในกากงาดำที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิก

รายการ	ผลการวิเคราะห์คุณค่าอาหาร		
	ถั่ว	คาร์โบไฮเดรต	โปรตีน
งาดำ	4.41	19.50	23.78
กากงาดำ	5.20	29.04	36.94
กากงาดำ**	5.50	30.42	38.98

หมายเหตุ กากงาดำ** คือ กากงาดำที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิกทำการสกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

3.2 ผลการวิเคราะห์คุณค่าอาหารในกากงาขาวที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิก แสดงในตารางที่ 27

ตารางที่ 27 คุณค่าอาหารในกากงาขาวที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิก

รายการ	ผลการวิเคราะห์คุณค่าอาหาร		
	ถั่ว	คาร์โบไฮเดรต	โปรตีน
งาขาว	5.50	20.99	23.60
กากงาขาว	5.20	11.36	38.07
กากงาขาว**	5.10	10.74	49.01

หมายเหตุ กากงาขาว** คือ กากงาที่ได้จากการสกัดแบบไฮดรอลิกทำการสกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

จากผลการวิเคราะห์คุณค่าอาหารในกากงา (ตารางที่ 26 และ 27) พบว่าคุณค่าอาหารในกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิกที่ใช้เวลาการสกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะให้คาร์โบไฮเดรต และค่าโปรตีนมากกว่าในเมล็ดงาทั้งเมล็ด

ผลการทดสอบการทำแป้งจากกกงา

1. ผลการทดสอบแป้งจากกกงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย

1.1 ผลการทดสอบปริมาณกากงาขาวในเครื่องบดที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย ดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ปริมาณกากงาขาวในเครื่องบดที่ได้จากการบด

เวลา (นาที)	ปริมาณแป้งจากกกงาที่ได้หลังการบด											
	ปริมาณบรรจุ 50 กรัม				ปริมาณบรรจุ 100 กรัม				ปริมาณบรรจุ 150 กรัม			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
3	49.0	49.1	48.9	49.0	90.9	91.9	89.5	90.7	142.8	142.7	147.6	144.3
5	48.5	48.9	49.1	48.8	89.1	88.4	89.2	88.9	140.0	142.1	139.5	140.0

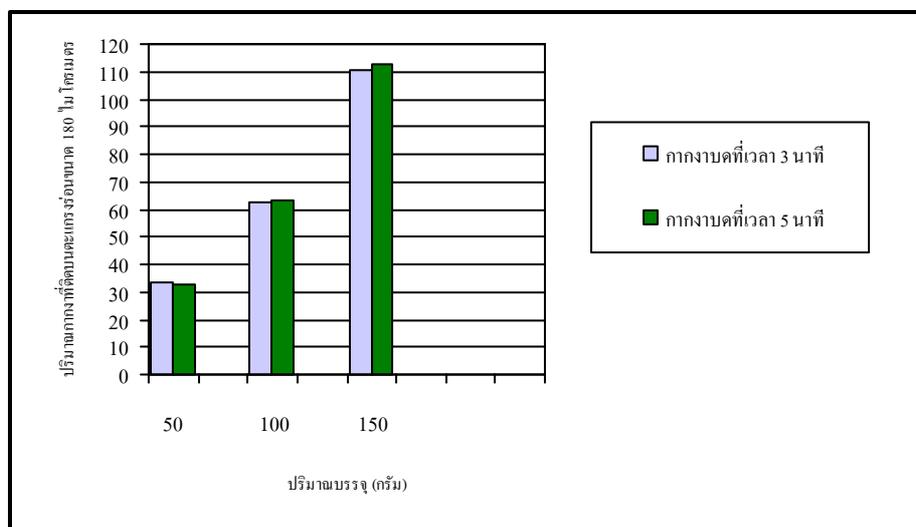
จากตารางที่ 28 พบว่าปริมาณกากงาขาวที่ขนาดบรรจุ 50 กรัม ใช้เวลาบด 3 นาที และ 5 นาที ได้ปริมาณคงเหลือ 98 เปอร์เซ็นต์ และ 97.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกากงาขาวที่ปริมาณบรรจุ 100 กรัม ใช้เวลาบด 3 นาที และ 5 นาที ได้ปริมาณคงเหลือ 90.7 เปอร์เซ็นต์ และ 88.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณกากงาขาวที่ขนาดบรรจุ 150 กรัม ที่เวลา 3 นาที และ 5 นาที ได้ปริมาณคงเหลือ 96.2 เปอร์เซ็นต์ และ 93.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

1.2 ผลการทดสอบปริมาณกากงาขาวที่บดแล้ว และค้ำบนตะแกรงในเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร แสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ปริมาณกากงาขาวที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาณแป้งจากกกงาค้ำบนตะแกรงในเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร											
	ปริมาณบรรจุ 50 กรัม				ปริมาณบรรจุ 100 กรัม				ปริมาณบรรจุ 150 กรัม			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
	33.2	35.2	32.8	33.7	64.9	61.5	62.4	62.9	112.4	102.7	117.6	110.9
5	34.5	33.5	29.1	32.6	64.1	63.1	62.2	63.1	110.2	113.4	114.5	112.7

จากข้อมูลตารางที่ 29 แสดงเป็นกราฟเปรียบเทียบได้ดังนี้



ภาพที่ 33 กราฟเปรียบเทียบกากงาขาวที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร

จากตารางที่ 29 และภาพที่ 33 พบว่าปริมาณกากงาที่ผ่านตะแกรงส่วนที่ขนาดบรรจุ 50 กรัม ใช้เวลาในการร่อน 5 นาที ได้กากงาขาว 15.3 กรัม และ 16.2 กรัม หรือ 31.2 เปอร์เซ็นต์ และ 33.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กากงาขาวที่ขนาดบรรจุ 100 กรัม ใช้เวลาในการร่อน 5 นาที ได้กากงาขาว 27.8 กรัม และ 25.8 กรัม หรือ 30.0 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกากงาขาวจากตารางที่ 28 ส่วนกากงาขาวที่ขนาดบรรจุ 150 กรัม ใช้เวลาในการร่อน 5 นาที มีกากงาขาวผ่านตะแกรงร่อน 33.4 กรัม และ 27.3 กรัม หรือ 23 เปอร์เซ็นต์ และ 19.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกากงาขาวจากตารางที่ 28

1.3 ผลการทดสอบปริมาณกากงาคั่วที่คงเหลือในเครื่องบดแสดงดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ปริมาณกากงาคั่วที่คงเหลือในเครื่องบด

เวลา (นาที)	ปริมาณแป้งกากงาที่ได้หลังจากการบด											
	ปริมาณบรรจุ 50 กรัม				ปริมาณบรรจุ 100 กรัม				ปริมาณบรรจุ 150 กรัม			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
3	49.1	48.9	48.7	48.9	90.9	94.6	95.1	93.5	143.6	142.6	147.5	144.5
5	48.6	48	48.8	48.4	89.9	93.6	94.9	92.8	145.6	141.1	140.3	142.3

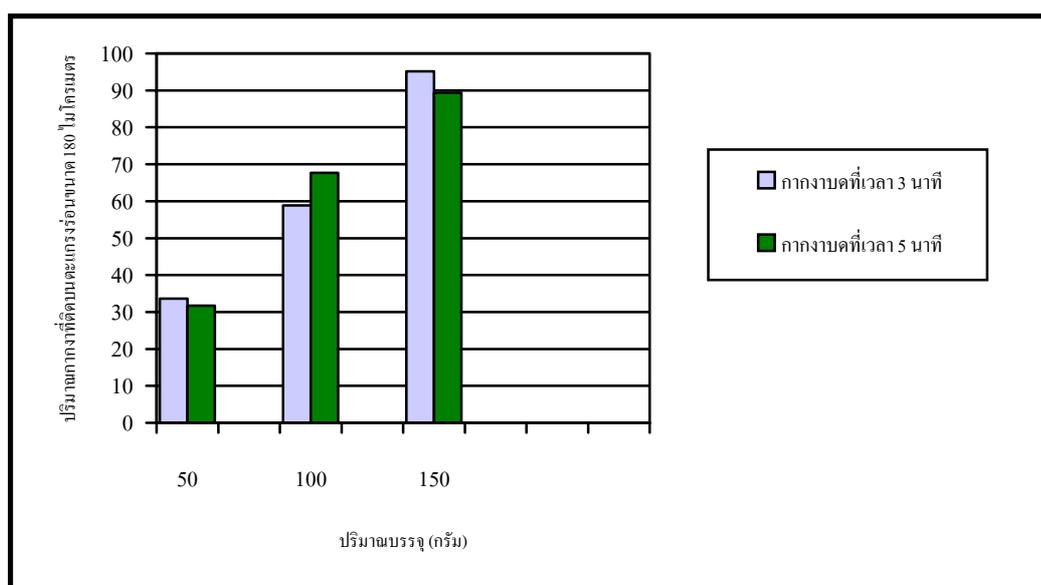
จากตารางที่ 30 พบว่าปริมาณกากงาคั่วที่ขนาดบรรจุ 50 กรัม บด 3 นาที และ 5 นาที ปริมาณคงเหลือ 97.8 เปอร์เซ็นต์ และ 96.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณกากงาคั่วที่ขนาดบรรจุ 100 กรัม ที่ 3 นาที และ 5 นาที ได้ปริมาณคงเหลือ 93.5 เปอร์เซ็นต์ และ 92.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณกากงาคั่วที่ขนาดบรรจุ 150 กรัม บด 3 นาที และ 5 นาที ได้ปริมาณคงเหลือ 96.3 เปอร์เซ็นต์ และ 94.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

1.4 ผลการทดสอบปริมาณกากงาคั่วบดที่ค้างในเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร ได้ผลดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ปริมาณกากงาคั่วที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาณแป้งกากงาคั่วที่ได้หลังจากการบด											
	ปริมาณบรรจุ 50 กรัม				ปริมาณบรรจุ 100 กรัม				ปริมาณบรรจุ 150 กรัม			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
5	32.4	34.3	34.2	33.6	60.1	55.2	61.6	58.9	90.1	101.2	94.3	95.2
	31.2	32.6	31.5	31.7	62.5	61.6	79.2	67.7	91.2	85.6	91.5	89.4

จากข้อมูลตารางที่ 31 แสดงเป็นกราฟเปรียบเทียบได้ดังนี้



ภาพที่ 34 กราฟเปรียบเทียบกากงาคั่วที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร

จากตารางที่ 31 และภาพที่ 34 พบว่าปริมาณกากงาคั่วที่ผ่านตะแกรงร้อนที่ขนาดบรรจุ 50 กรัม ที่เวลาในการบด 5 นาที ได้กากงาคั่ว 17.5 กรัม และ 5.9 กรัม หรือปริมาณผงเหลือ 35.7 เปอร์เซ็นต์ และ 12.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกากงาคั่วจากตารางที่ 20) ส่วนกากงาคั่วที่ขนาดบรรจุ 100 กรัม ที่เวลา 5 นาที มีกากงาคั่ว 27.7 กรัม และ 29.5 กรัม ได้ 29.6 เปอร์เซ็นต์ และ 31.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณกากงาคั่วที่ขนาดบรรจุ 150 กรัม ที่เวลา 5 นาที มีกากงาคั่ว 30.2 กรัม และ 23.4 กรัม หรือ 20.0 เปอร์เซ็นต์ และ 16.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลองทำแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย (ตารางที่ 28-31 และภาพที่ 33, 34) พบว่า ได้ปริมาณกากงาที่ผ่านเครื่องบดทั้งกากงาขาวและกากงาคั่ว กล่าวคือขณะทำการบด 3 นาที จะได้ปริมาณสูงสุดที่ 98.0 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดที่ 90.7 เปอร์เซ็นต์ และ ที่เวลาในการบด 5 นาที ได้ปริมาณสูงสุดที่ 97.6 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดที่ 88.9 เปอร์เซ็นต์ กากงาที่หายไปจะติดอยู่กับเครื่องบด 9.3 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาในการบด 3 นาที และ 11.1 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 5 นาที เกิดจากขณะทำการบดจะเกิดความร้อนเกิดขึ้นทำให้มีน้ำมันบางส่วนออกจากกากงา การบดจึงมีความชื้นเกิดขึ้นเป็นสาเหตุทำให้มีกากงาติดอยู่กับเครื่องบด และในการพิจารณาผลการทดลองของปริมาณกากงาที่ผ่านตะแกรงร้อนขนาด 180 ไมโครเมตร พบว่ากากงาขาวที่ขนาดบรรจุ 50 กรัม จะให้ปริมาณกากงาได้ดีที่สุด ขณะเดียวกันกากงาคั่วที่ขนาดบรรจุ 100 กรัม จะปริมาณกากงาคั่วที่ดีที่สุด ทั้งนี้กากงาขาวและกากงาคั่วที่ผ่านตะแกรงร้อนขนาด 180 ไมโครเมตร ได้ดำเนินการตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแป้ง คือ จัดว่าเป็นอนุภาคที่ละเอียดเท่ากับอนุภาคของแป้งได้

2. ผลการทดสอบแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก

2.1 ผลการทดสอบการบดกากงาขาวที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก แสดงในตารางที่ 32

ตารางที่ 32 ปริมาณกากงาขาวที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกแล้วนำไปบดด้วยเครื่องบด

เวลา (นาที)	ปริมาณแป้งกากงาที่ได้หลังจากการบด											
	ปริมาณบรรจุ 50 กรัม				ปริมาณบรรจุ 100 กรัม				ปริมาณบรรจุ 150 กรัม			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
3	48.2	49	48.1	48.4	87.8	90.3	88.6	89.9	130.3	135.3	136	133.8
5	48	47.5	48.3	47.9	88.3	89	87.6	88.3	134.2	123.6	129.4	129

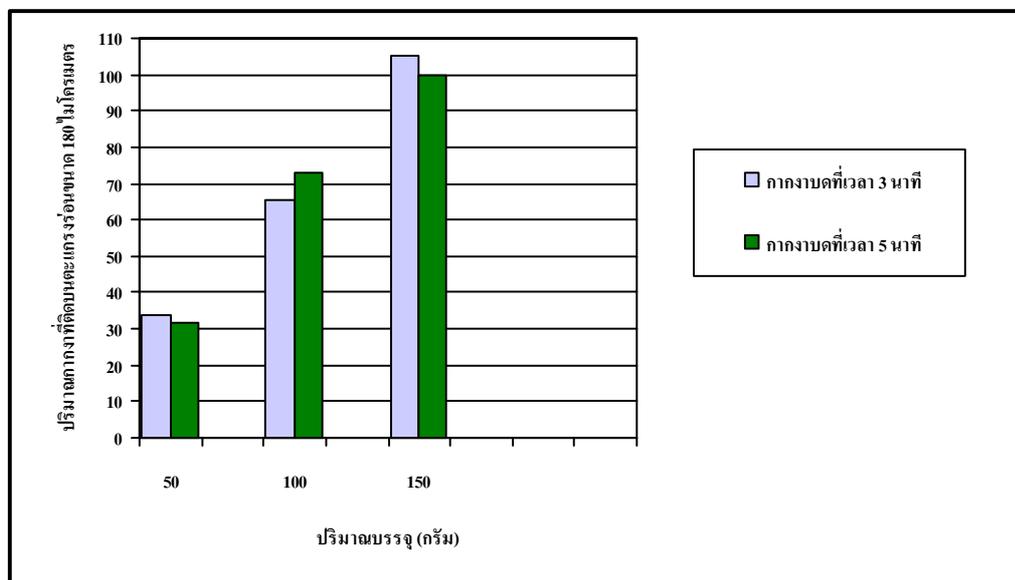
จากตารางที่ 32 พบว่าปริมาณกากงาขาวที่ขนาดบรรจุครั้งละ 50 กรัม ใช้เวลาในการบด 3 นาที และ 5 นาที จะได้ปริมาณกากงาเป็น 96.8 เปอร์เซ็นต์ และ 95.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณกากงาขาวที่ขนาดบรรจุครั้งละ 100 กรัม ใช้เวลาในการบด 3 นาที และ 5 นาที จะได้ปริมาณกากงาเป็น 89.9 เปอร์เซ็นต์ และ 88.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณกากงาขาวที่ขนาดบรรจุครั้งละ 150 กรัม ใช้เวลาในการบด 3 นาที และ 5 นาที จะได้ปริมาณ 89.2 เปอร์เซ็นต์ และ 86.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.2 ผลการทดลองร่อนกากงาขาวที่ผ่านการบดบนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร ได้ผลดังตารางที่ 33

ตารางที่ 33 ปริมาณกากงาขาวที่ถูกบดแล้วและค้างบนตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาณแป้งกากงาที่ค้างบนตะแกรง											
	ปริมาณบรรจุ 50 กรัม				ปริมาณบรรจุ 100 กรัม				ปริมาณบรรจุ 150 กรัม			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
5	33.4	34.1	32.3	33.2	64.2	66.2	65.2	65.2	100.3	103.4	112.2	105.3
	34.7	34	35.1	34.6	72.6	74.1	71.8	72.8	105.16	95.1	99.4	99.8

จากข้อมูลตารางที่ 33 แสดงเป็นกราฟเปรียบเทียบได้ดังนี้



ภาพที่ 35 กราฟเปรียบเทียบกากงาขาวที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร

จากตารางที่ 33 และภาพที่ 35 พบว่าปริมาณกากงาขาวที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาดบรรจุ 50 กรัม ใช้เวลาในการร่อน 5 นาที ได้กากงาขาว 15.2 กรัม และ 13.3 กรัม คิดเป็นปริมาณ 31.4 เปอร์เซ็นต์ และ 27.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกากงาขาวจากตารางที่ 32)

ส่วนปริมาณกากงาขาวที่ขนาดบรรจุ 100 กรัม มีกากงาขาวผ่านตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร อยู่ 24.7 กรัม และ 15.5 กรัม คิดเป็นปริมาณ 27.4 เปอร์เซ็นต์ และ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกากงาขาวจากตารางที่ 22) และปริมาณกากงาขาวที่ขนาดบรรจุ 150 กรัม มีกากงาขาวผ่านตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร 28.5 กรัม และ 29.2 กรัม คิดเป็นปริมาณกากงา 21.3 เปอร์เซ็นต์ และ 22.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกากงาขาวจากตารางที่ 32)

2.3 ผลการทดลองบดกากงาดำที่ผ่านการสกัดโดยเครื่องบีบอัดไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง แสดงผลในตารางที่ 34

ตารางที่ 34 ปริมาณกากงาดำที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกที่ใช้เวลา 5 ชั่วโมง แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบด

เวลา (นาที)	ปริมาณแป้งกากงาที่บดด้วยเครื่องบด											
	ปริมาณบรรจุ 50 กรัม				ปริมาณบรรจุ 100 กรัม				ปริมาณบรรจุ 150 กรัม			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
3	47.4	48.3	47.2	47.6	83.1	79.2	80.4	80.9	120.2	130	122.3	124.1
5	46.2	47	46.5	46.5	84.7	81.3	80.2	82	120.1	115.2	119.5	118.2

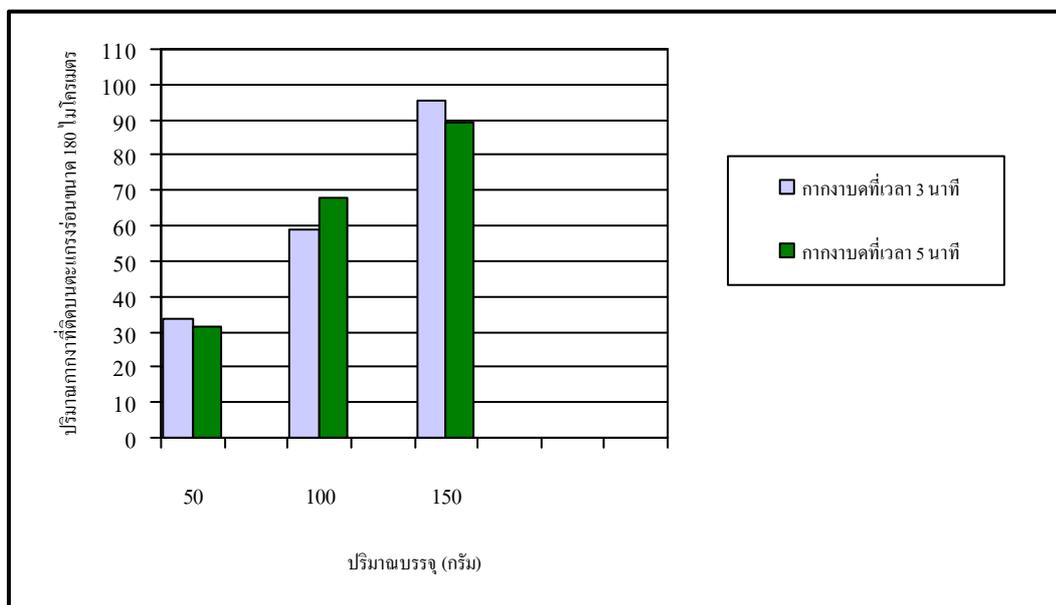
จากตารางที่ 34 พบว่าที่ขนาดบรรจุ 50 กรัม ใช้เวลาในการบด 3 นาที และ 5 นาที ให้ปริมาณกากงาดำ 95.2 เปอร์เซ็นต์ และ 93.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณกากงาดำที่ขนาดบรรจุ 100 กรัม ใช้เวลาในการบด 3 นาที และ 5 นาที ให้ปริมาณกากงาดำ 80.9 เปอร์เซ็นต์ และ 82.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปริมาณกากงาดำที่ขนาดบรรจุ 150 กรัม ใช้เวลาในการบด 3 นาที และ 5 นาที ให้ปริมาณกากงาดำ 82.7 เปอร์เซ็นต์ และ 78.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.4 ผลการทดสอบปริมาณกากงาดำที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกด้วยเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร ได้ผลดังตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ปริมาณกากงาดำที่ถูกบดแล้ว และ ค้างบนตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร

เวลา (นาที)	ปริมาณแป้งกากงาที่ค้างบนตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร											
	ปริมาณบรรจุ 50 กรัม				ปริมาณบรรจุ 100 กรัม				ปริมาณบรรจุ 150 กรัม			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
5	32.4	34.3	34.2	33.6	60.1	55.2	61.6	58.9	90.1	101.2	94.3	95.2
	31.2	32.6	31.5	31.7	62.5	61.6	79.2	67.7	91.2	85.6	91.5	89.4

จากข้อมูลตารางที่ 35 แสดงเป็นกราฟเปรียบเทียบได้ดังนี้



ภาพที่ 36 กราฟเปรียบเทียบกากงาคั่วที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร

จากตารางที่ 35 และภาพที่ 36 พบว่าปริมาณกากงาที่ผ่านตะแกรงขนาดบรรจุ 50 กรัม เวลาในการป่น 5 นาที มีกากงาคั่วอยู่ 14 กรัม และ 14.6 กรัม ได้ปริมาณกากงาคั่ว 29.4 เปอร์เซ็นต์ และ 31.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกากงาคั่วจากตารางที่ 34) ส่วนกากงาคั่วที่ขนาดบรรจุ 100 กรัม เวลาในการป่น 5 นาที มีกากงาคั่วอยู่ 22.3 กรัม และ 14.3 กรัม ได้ปริมาณกากงาคั่ว 27.0 เปอร์เซ็นต์ และ 17.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกากงาคั่วจากตารางที่ 34) และปริมาณกากงาคั่วที่ขนาดบรรจุ 150 กรัม เวลาในการป่น 5 นาที มีกากงาคั่วอยู่ 29 กรัม และ 28 กรัม ได้ปริมาณกากงาคั่ว 23.3 เปอร์เซ็นต์ และ 23.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกากงาคั่วจากตารางที่ 34)

จากผลการทดสอบแป้งจากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง (ตารางที่ 32-35) พบว่ากากงาที่ผ่านเครื่องบดในเวลา 3 นาที จะให้ปริมาณกากงาสูงสุด 96.8 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุด 80.9 เปอร์เซ็นต์ และกากงาที่ผ่านเครื่องบดในเวลา 5 นาที จะให้ปริมาณกากงาสูงสุด 95 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุด 78.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทั้งกากงาขาวและกากงาคั่วหลังจากผ่านเครื่องบดแล้ว พบว่าปริมาณกากงามีค่าน้อยกว่ากากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายเพราะว่ากากงาที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องไฮดรอลิกมีปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงาอยู่มาก และมีความชื้นสูง ทำให้ความ

ร้อนเกิดขึ้นในขณะบด มีน้ำมันจากกากบางส่วนไหลออกมาทำให้มีกากงาดูดอยู่ที่ใบมีดของเครื่องบดเกิดขึ้นง่ายกว่ากากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย และในการพิจารณาผลของปริมาณกากงาที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร ในกากงาขาว พบว่าที่กากงาขาวขนาดบรรจุ 50 กรัม จะให้ปริมาณกากงาขาวมากที่สุดขณะเดียวกันกากงาดำที่ขนาดบรรจุ 50 กรัม จะให้ปริมาณกากงาดำมากที่สุดเช่นกัน ทั้งนี้กากงาขาวและกากงาดำที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะได้ปริมาณกากงาน้อยกว่ากากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายเพราะในกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกยังมีน้ำมันตกค้างอยู่มาก เมื่อทำการร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร มีการอุดตันตามรูตะแกรงเกิดขึ้นมากส่งผลให้ได้กากงาที่ผ่านตะแกรงร่อนน้อยลงนั่นเอง

ผลการทดสอบคุณสมบัติของแป้งจากกากงา

1. ผลการทดสอบคุณสมบัติแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย มีรายละเอียดดังนี้

หัวข้อการทดสอบประกอบด้วย การทดสอบสีจากแป้งงา, กลิ่น, สิ่งแปลกปลอม, ความละเอียด, การละลายในน้ำ, การทำปฏิกิริยากับไอโอดีน, ลักษณะของเมล็ดแป้ง และการพองตัว ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ผลการทดสอบสีแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย ได้ผลดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ลักษณะสีจากแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย

ชนิดกากงา	ผลการทดสอบ
กากงาดำ	มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลดำ
กากงาขาว	มีลักษณะเป็นผงสีขาวขุ่น

1.2 ผลการทดสอบกลิ่นที่พบจากแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย ได้ผลดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 กลิ่นที่พบจากแป้งกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย

ชนิดกากงา	ผลการทดสอบ
กากงาคำ	ไม่พบกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์
กากงาขาว	ไม่พบกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์

1.3 ผลการทำสอบสิ่งแปลกปลอมที่พบจากแป้งกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย ได้ผลดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 สิ่งแปลกปลอมที่พบจากแป้งกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย

ชนิดกากงา	ผลการทดสอบ
กากงาคำ	พบปลอมปนคือ เปลือกงาคำ กรวด ทราย
กากงาขาว	พบปลอมปนคือ เปลือกงาขาว กรวด ทราย

1.4 ผลการทดสอบความละเอียดผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร ได้ผลดังตารางที่ 39

ตารางที่ 39 ผลการทดสอบความละเอียดผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร

ชนิดกากงา	ผลการทดสอบ
กากงาคำ	แป้งที่ค้างบนตะแกรงร่อน 180 ไมโครเมตร ประมาณ 29%
กากงาขาว	แป้งที่ค้างบนตะแกรงร่อน 180 ไมโครเมตร ประมาณ 25%



ภาพที่ 37 กากงาที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร



ภาพที่ 38 ลักษณะแป้งงาที่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร

1.5 ผลการทดสอบการละลายน้ำของแป้งกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย ได้ผลดังตารางที่ 40

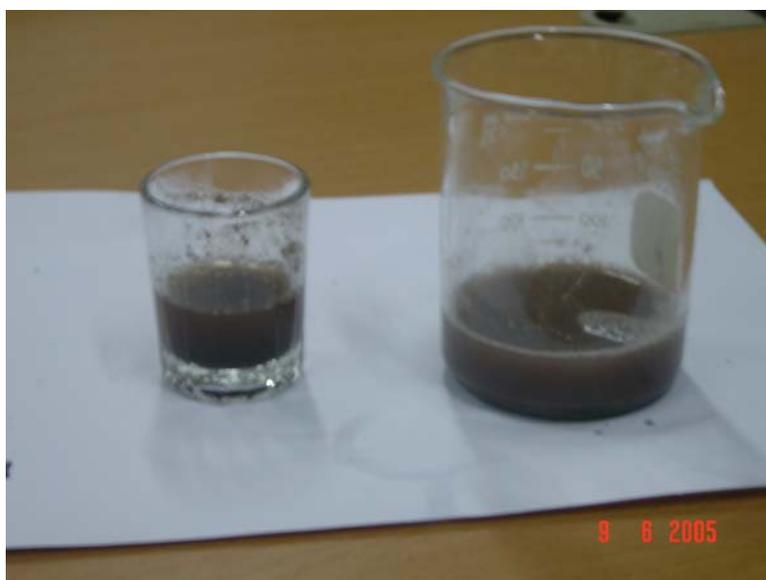
ตารางที่ 40 ผลการทดสอบการละลายน้ำของแป้งกาंगाที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย

ชนิดกาंगा	ผลการทดสอบ
กาंगाดำ	ละลายน้ำได้น้อย มีตะกอนเกิดขึ้น มีความหนืดน้อย
กาंगाขาว	ละลายน้ำได้น้อย มีตะกอนเกิดขึ้น มีความหนืดน้อย

1.6 ผลการทดสอบการทำปฏิกิริยาของแป้งจากกาंगाกับไอโอดีน ได้ผลดังตารางที่ 41

ตารางที่ 41 ผลการทดสอบการทำปฏิกิริยาของแป้งจากกาंगाกับไอโอดีน

ชนิดกาंगा	ผลการทดสอบ
กาंगाดำ	พบสีของตัวอย่างจากดำขุ่นเป็น น้ำตาล
กาंगाขาว	พบสีของตัวอย่างจากขาวขุ่นเป็น สีเหลืองอมน้ำตาล



ภาพที่ 39 การทดสอบการทำปฏิกิริยาของแป้งจากกาंगाดำกับไอโอดีน



ภาพที่ 40 การทดสอบการทำปฏิกิริยาของแป้งจากกากงาขาวกับ ไอโอดีน

1.7 ผลการทดสอบลักษณะของแป้งกากงากับกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400X ได้ผลดังตารางที่ 42

ตารางที่ 42 ผลการทดสอบลักษณะของแป้งกากงากับกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400X

ชนิดกากงา	ผลการทดสอบ
กากงาดำ	มีลักษณะเป็นเหลี่ยม โดยมีทั้งขนาดใหญ่ และเล็ก คละกัน
กากงาขาว	มีลักษณะเป็นเหลี่ยม โดยมีทั้งขนาดใหญ่ และเล็ก คละกัน

1.8 ผลการทดสอบการพองตัว และการละลายของแป้งกากงา ได้ผลดังตารางที่ 43

ตารางที่ 43 ผลการทดสอบการพองตัว และการละลายของแป้งกากงา

ชนิดกากงา	ผลการทดสอบ
กากงาดำ	ไม่พบการพองตัว
กากงาขาว	ไม่พบการพองตัว

เมื่อพิจารณาผลของการทดสอบคุณสมบัติของแป้งจากกาบงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายจากตารางที่ 36-43 พบว่าคุณสมบัติของสีในกากงาดำ (ตารางที่ 36) จะเป็นผงสีน้ำตาลดำ และกากงาขาวเป็นผงสีขาวขุ่น ซึ่งเป็นสีของเมล็ดงา ในการทดสอบกลิ่น (ตารางที่ 37) ทั้งกากงาดำ และกากงาขาวไม่พบกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ทั้งนี้เนื่องจากกาบงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายจะให้กากงาที่มีปริมาณน้ำมันอยู่ไม่เกิน 1% เพราะในน้ำมันในกากงาส่วนใหญ่จะเป็นน้ำมันที่ไม่อิ่มตัว ซึ่งอยู่ในภาวะปกติจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ได้ ในการทดสอบสิ่งแปลกปลอม (ตารางที่ 38) ทั้งกากงาดำ และกากงาขาวพบเป็นเปลือกงา กระจุก และทราย ในการทดสอบความละเอียด (ตารางที่ 39 และภาพที่ 37, 38) โดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร พบว่าในกากงาดำมีกากที่ติดอยู่บนตะแกรงร่อน 29% และกากงาขาวมีกากงาอยู่บนตะแกรงร่อน 25% เนื่องจากในกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายจะมีความชื้นและปริมาณน้ำมันอยู่น้อยมาก เมื่อทำการเขย่าเป็นเวลานานกากงาจะผ่านตะแกรงร่อนได้ดี ในการทดสอบการละลายน้ำ (ตารางที่ 40) พบว่าทั้งกากงาดำ และกากงาขาวจะละลายน้ำได้น้อยมีตะกอนเกิดขึ้น และมีความหนืดน้อยมาก ทั้งนี้เป็นเพราะกากงาเมื่อผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายจะมีค่าคาร์โบไฮเดรตน้อย ซึ่งไม่มากพอกับการละลายน้ำได้จึงเกิดตะกอนขึ้น ส่วนการทดสอบการทำปฏิกิริยาแป้งกากงากับไอโอดีน (ตารางที่ 41 และภาพที่ 39) พบว่าในกากงาดำจะเปลี่ยนสีจากสีดำขุ่นเป็นสีน้ำตาลดำ และในกากงาขาวจะเปลี่ยนสีจากขาวขุ่นเป็นสีเหลืองอมน้ำตาล ทั้งนี้เป็นเพราะกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย ปริมาณโปรตีนในกากงาทั้งกากงาดำ และกากงาขาว (ภาพที่ 40) มีมากกว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรต ทำให้เมื่อหยดสารละลายไอโอดีนในกากงาจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมน้ำตาลซึ่งเป็นสีของโปรตีน เมื่อทำปฏิกิริยากับไอโอดีน ส่วนในการทดสอบลักษณะของแป้งกากงา (ตารางที่ 42) ทั้งกากงาดำ และกากงาขาวมีลักษณะเป็นเหลี่ยม การทดสอบการพองตัวและการละลาย (ตารางที่ 43) พบว่าทั้งกากงาดำ และกากงาขาวไม่พบการพองตัวเกิดขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะในอนุภาคของกากงามีปริมาณโปรตีนอยู่สูง ทำให้โมเลกุลของกากงามีการจับรวมตัวกันหนาแน่นทำให้เกิดการพองตัวได้ยากทั้งกากงาดำ และกากงาขาว

2. ผลการทดสอบแป้งจากกาบงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก

ประกอบด้วย การทดสอบสีจากแป้งงา, กลิ่น, สิ่งแปลกปลอม, ความละเอียด, การละลายในน้ำ, การทำปฏิกิริยากับไอโอดีน, ลักษณะของเมล็ดแป้ง และการพองตัว

2.1 ผลการทดสอบสีจากแป้งจากกาบงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก ได้ผลดังตารางที่ 44

ตารางที่ 44 ลักษณะสีจากแป้งกาบงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก

ชนิดกาบงา	ผลการทดสอบ
กากงาดำ	มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลดำ
กากงาขาว	มีลักษณะเป็นผงสีขาวขุ่น

2.2 ผลการทำสอบกลิ่นที่พบจากแป้งกาบงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก ได้ผลดังตารางที่ 45

ตารางที่ 45 กลิ่นที่พบจากแป้งกาบงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก

ชนิดกาบงา	ผลการทดสอบ
กากงาดำ	พบกลิ่นเหม็นหืน
กากงาขาว	พบกลิ่นเหม็นหืน

2.3 ผลการทำสอบสิ่งแปลกปลอมที่พบจากแป้งกาบงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก ได้ผลดังตารางที่ 46

ตารางที่ 46 สิ่งแปลกปลอมที่พบจากแป้งกาบงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก

ชนิดกาบงา	ผลการทดสอบ
กากงาดำ	พบกรวด ทราย
กากงาขาว	พบกรวด ทราย

2.4 ผลการทดสอบความละเอียดผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร ได้ผลดังตารางที่ 47

ตารางที่ 47 ผลการทดสอบความละเอียดผ่านเครื่องร่อนตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร

ชนิดกากงา	ผลการทดสอบ
กากงาคำ	แป้งที่ค้างบนตะแกรงร่อน 180 ไมโครเมตร ประมาณ 40%
กากงาขาว	แป้งที่ค้างบนตะแกรงร่อน 180 ไมโครเมตร ประมาณ 35%

2.5 ผลการทดสอบการละลายน้ำของแป้งกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกได้ผลดังตารางที่ 48

ตารางที่ 48 ผลการทดสอบการละลายน้ำของแป้งกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก

ชนิดกากงา	ผลการทดสอบ
กากงาคำ	ละลายน้ำได้น้อย มีตะกอนเกิดขึ้น มีความหนืดน้อย และขุ่น
กากงาขาว	ละลายน้ำได้น้อย มีตะกอนเกิดขึ้น มีความหนืดน้อย และขุ่น

2.6 ผลการทดสอบการทำปฏิกิริยาของแป้งจากกากงากับไอโอดีน ได้ผลดังตารางที่ 49

ตารางที่ 49 ผลการทดสอบการทำปฏิกิริยาของแป้งจากกากงากับไอโอดีน

ชนิดกากงา	ผลการทดสอบ
กากงาคำ	พบสีของตัวอย่างจากคำขุ่นเป็น น้ำตาลเข้ม
กากงาขาว	พบสีของตัวอย่างจากขาวขุ่นเป็น สีเหลืองอมน้ำตาล

2.7 ผลการทดสอบลักษณะของแป้งกากงากับกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400X ได้ผลดังตารางที่ 50

ตารางที่ 50 ผลการทดสอบลักษณะของแป้งกากงากับกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400X

ชนิดกากงา	ผลการทดสอบ
กากงาดำ	มีลักษณะเป็นเหลี่ยม โดยมีขนาดใหญ่
กากงาขาว	ลักษณะเป็นเหลี่ยม โดยมีขนาดใหญ่

2.8 ผลการทดสอบการพองตัว และการละลายของแป้งกากงา ได้ผลดังตารางที่ 51

ตารางที่ 51 ผลการทดสอบการพองตัว และการละลายของแป้งกากงา

ชนิดกากงา	ผลการทดสอบ
กากงาดำ	ไม่พบการพองตัว
กากงาขาว	ไม่พบการพองตัว

จากผลการทดสอบคุณสมบัติของแป้งกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก (ตารางที่ 44-51) พบว่าในคุณสมบัติของสี (ตารางที่ 44) คุณสมบัติของสิ่งแปลกปลอม (ตารางที่ 46) คุณสมบัติของการละลายน้ำ (ตารางที่ 48) คุณสมบัติการทำปฏิกิริยากับไอโอดีน (ตารางที่ 49) ลักษณะของเมล็ดแป้ง (ตารางที่ 50) และคุณสมบัติของการพองตัว (ตารางที่ 51) ผลการทดสอบเหมือนกับคุณสมบัติของแป้งกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย คุณสมบัติของแป้งกากงาที่แตกต่างกัน คือ กลิ่นกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก พบว่าในกากงายังมีน้ำมันตกค้างอยู่สูงทำให้น้ำมันจากกากงาทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้มีกลิ่นเหม็นหืนเกิดขึ้นได้ และการทดสอบความละเอียดกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกในกากงายังมีน้ำมันตกค้างอยู่สูงทำให้รูของตะแกรงร้อนอุดตันได้ง่าย ทำให้มีกากงาติดอยู่กับตะแกรงร้อนสูงกว่ากากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย

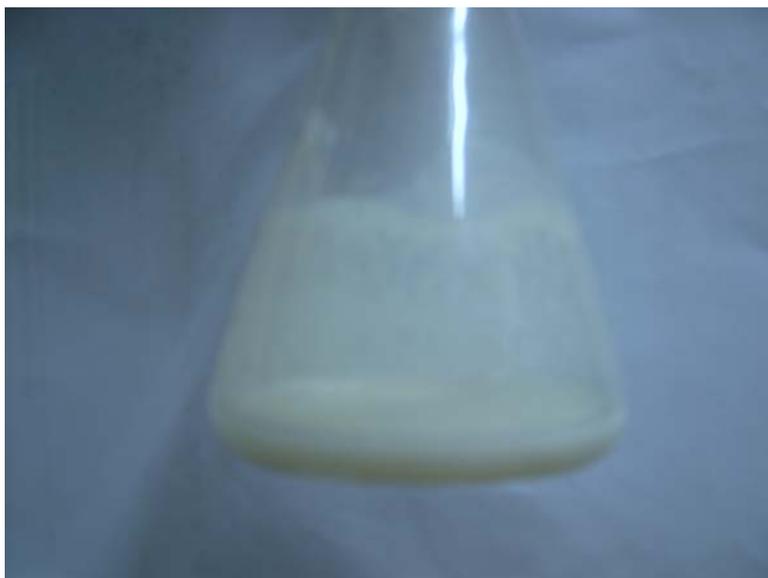
3. ผลการทดลองระหว่างแป้งกากงากับแป้งสาลีการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการละลายน้ำและการพองตัวเมื่อผสมกับน้ำ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 52

ตารางที่ 52 ผลการพองตัวของกากงา และแป้งสาลี

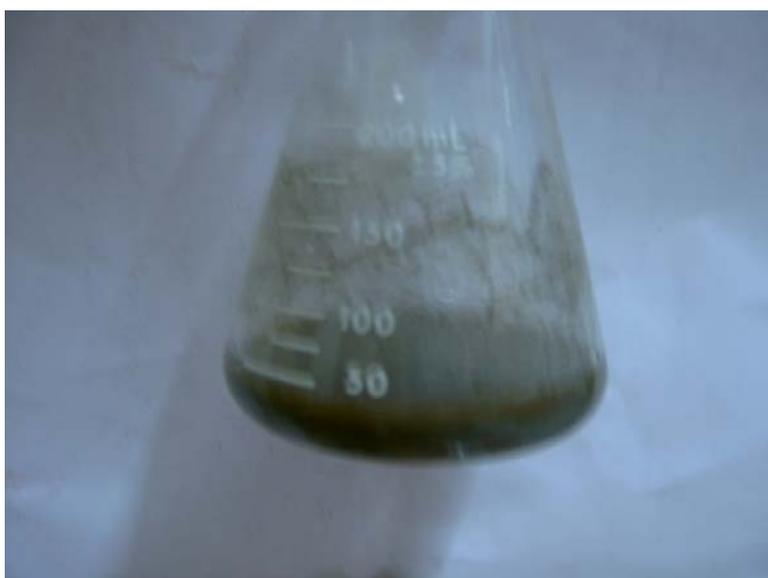
กากงาคำ	กากงาขาว	แป้งสาลี
- ละลายน้ำได้น้อย	- ละลายน้ำได้น้อย	- ละลายน้ำได้ดีมาก
- มีตะกอนเกิดขึ้น	- มีตะกอนเกิดขึ้น	- ไม่พบตะกอนเกิดขึ้น
- มีความหนืดน้อย และขุ่น	- มีความหนืดน้อย และขุ่น	- สีขาวขุ่น เหนียว และยืดหยุ่นดีมาก



ภาพที่ 41 การพองตัวของแป้งสาลีล้วน



ภาพที่ 42 การพองตัวของแป้งจากกากงาขาว



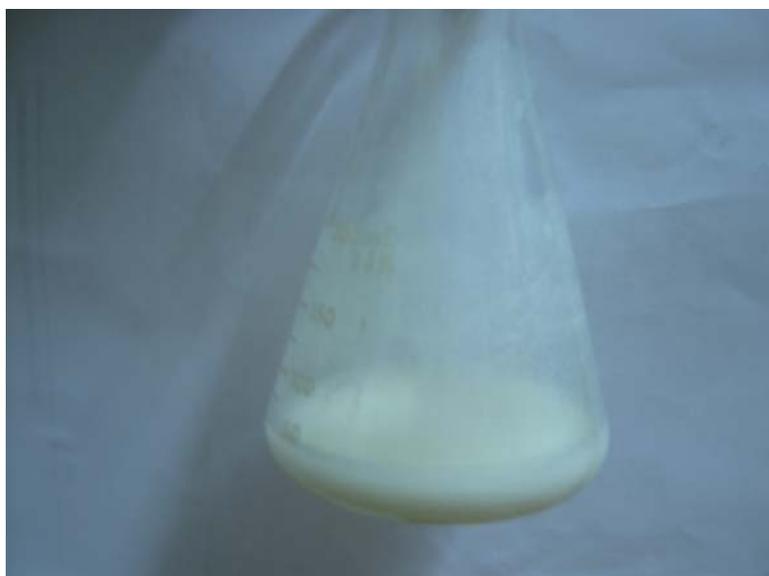
ภาพที่ 43 การพองตัวของแป้งจากกากงาดำ

4. ผลการทดสอบการนำแป้งกากงาผสมกับแป้งสาลีในอัตราส่วนต่างๆ กัน

4.1 การผสมกันอัตราส่วน 1:2 (กากงา 1 ส่วนแป้งสาลี 2 ส่วนโดยปริมาตร) แสดงในตารางที่ 53

ตารางที่ 53 ผลการทดสอบการฟองตัวของกากงา และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1:2

กากงาคั่ว:แป้งสาลี(1:2)	กากงาขาว:แป้งสาลี(1:2)
- ละลายน้ำได้ดี	- ละลายน้ำได้ดี
- มีตะกอนเกิดขึ้น	- มีตะกอนเกิดขึ้น
- มีความหนืดเกิดขึ้น เป็นของเหลว ข้นสีดำไหลได้	- มีความหนืดเกิดขึ้น เป็นของเหลวข้น สีขาวไหลได้



ภาพที่ 44 การฟองตัวของกากงาขาว และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1:2

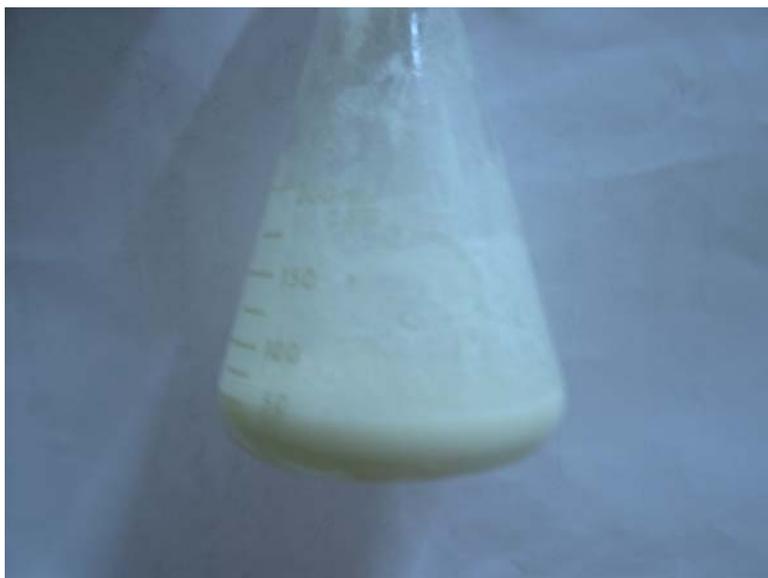


ภาพที่ 45 การพองตัวของกากงาดำ และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1:2

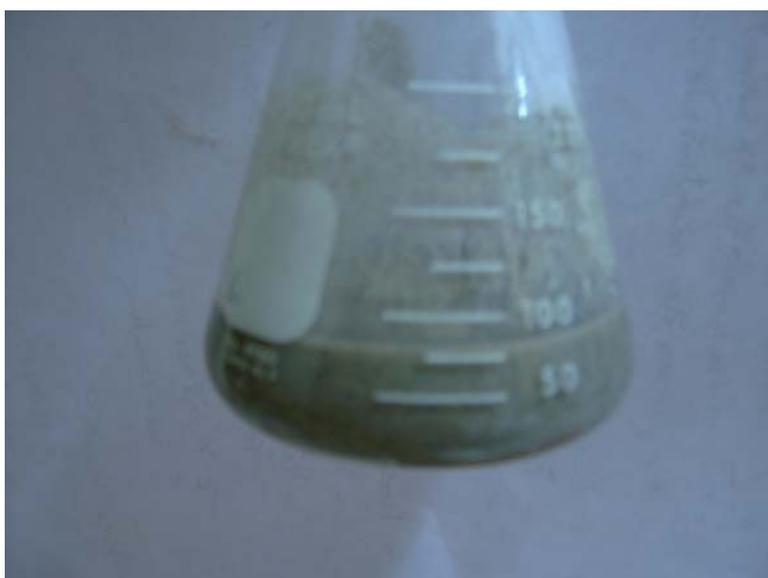
4.2 ผลการทดลองการพองตัวของกากงา และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1:3 คือ กากงา 1 ส่วนผสมกับแป้งสาลี 3 ส่วน ได้ผลดังตารางที่ 54

ตารางที่ 54 ผลการทดสอบการพองตัวของกากงา และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1:3

กากงาดำ:แป้งสาลี(1:3)	กากงาขาว:แป้งสาลี(1:3)
- ละลายน้ำได้ดี	- ละลายน้ำได้ดี
- ไม่พบตะกอนเกิดขึ้น	- ไม่พบตะกอนเกิดขึ้น
- มีความหนืดเกิดขึ้น เป็นของเหลว ข้นสีดำเหนียวยึดเป็นสาย	- มีความหนืดเกิดขึ้น เป็นของเหลวข้นสี ขาวเหนียวยึดเป็นสาย



ภาพที่ 46 การพองตัวของกากงาขาว และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1:3

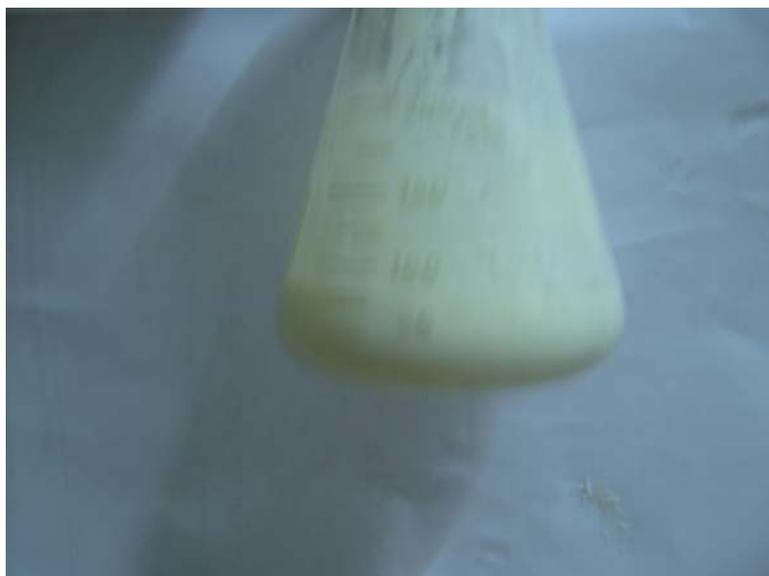


ภาพที่ 47 การพองตัวของกากงาดำ และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1:3

4.3 ผลการทดลองการพองตัวของกากงา และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1:4 คือ กากงา 1 ส่วนผสมกับแป้งสาลี 4 ส่วน ได้ผลดังตารางที่ 55

ตารางที่ 55 ผลการทดสอบการฟองตัวของกากงา และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1:4

กากงาดำ:แป้งสาลี(1:4)	กากงาขาว:แป้งสาลี(1:4)
<ul style="list-style-type: none"> - ละลายน้ำได้ดีมาก - ไม่พบตะกอนเกิดขึ้น - มีความหนืดเกิดขึ้นมาก เป็นของเหลวข้นสีน้ำตาลไหม้หนะหนะ ยืดเป็นสายยาว 	<ul style="list-style-type: none"> - ละลายน้ำได้ดีมาก - ไม่พบตะกอนเกิดขึ้น - มีความหนืดเกิดขึ้นมาก เป็นของเหลวข้นสีขาวหนะหนะหนะยืดเป็นสายยาว



ภาพที่ 48 การฟองตัวของกากงาขาว และแป้งสาลีผสมกันในอัตราส่วน 1:4



ภาพที่ 49 การพองตัวของกากงาดำ และแป้งสาธิตผสมกันในอัตราส่วน 1:4

จากตารางที่ 52-55 และภาพที่ 41-49 เป็นการทดสอบการพองตัวของแป้งกากงาดำที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกที่ใช้เวลาในการสกัด 5 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับแป้งสาธิต พบว่า จากตารางที่ 52 และภาพที่ 41-43 กากงาดำ และกากงาขาวมีการพองตัวเกิดขึ้นน้อยมาก แต่ในแป้งสาธิตจะเกิดการพองตัวได้ดีเป็นลักษณะเหนียว และยืดหยุ่นมาก ทั้งนี้เพราะในกากงาดำและกากงาขาวยังมีน้ำมันตกค้างอยู่มากทำให้มีความหนาแน่นสูงเมื่อถูกน้ำจะเกิดการจับตัวกันกับน้ำมันในกากงาจนไม่สามารถพองตัวได้ ส่วนในแป้งสาธิตล้วนมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตอยู่สูงซึ่งตัวคาร์โบไฮเดรตนี้เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของการพองตัว ผลการทดสอบจากตารางที่ 53 และภาพที่ 44, 45 พบว่าเมื่อนำแป้งกากงามาผสมกับแป้งสาธิตในอัตราส่วน 1:2 ทั้งแป้งกากงาดำและแป้งกากงาขาวจะทำให้การพองตัวดีขึ้น และจะมีความหนืดเกิดขึ้นเป็นลักษณะเหลวข้น เพราะในอัตราส่วน 1:2 คาร์โบไฮเดรตจากแป้งสาธิตจะเข้าไปผสมกับคาร์โบไฮเดรตของกากงาทำให้เกิดการพองตัวขึ้น และในผลการทดสอบจากตารางที่ 54 และภาพที่ 46, 47 พบว่าเมื่อนำกากงามาผสมในอัตราส่วน 1:3 คือ มีแป้งสาธิตเป็น 3 เท่าของกากงา การพองตัวในกากงาดำและกากงาขาวจึงมีความหนืดเกิดขึ้น และมีลักษณะเป็นของเหลว เหนียวยืดเป็นสาย เพราะคาร์โบไฮเดรตในแป้งสาธิตเข้าไปผสมจำนวนมากจึงเกิดการพองตัวที่ดี และเมื่อนำกากงามาผสมกับแป้งสาธิตในอัตราส่วน 1:4 (ภาพที่ 48, 49) พบว่าการพองตัวเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น ซึ่งมีลักษณะการพองตัวที่เหนียวเหนอะหนะ ยืดเป็นสายยาวเพราะคาร์โบไฮเดรตมีมากเป็น 4 เท่า จะทำให้น้ำมันที่ตกค้างในกากงามีสัดส่วนที่น้อยกว่าคาร์โบไฮเดรตจากแป้งสาธิตจำนวนมาก ดังนั้นการพองตัวจึงเกิดขึ้นได้ดี

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การสกัดน้ำมันที่ตกค้างในกากงา

1.1 ปริมาณน้ำมันที่ตกค้างในกากงา

ในการสกัดน้ำมันจากกากงาดำด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายโดยใช้เครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction ได้น้ำมันที่ตกค้างในกากงาดำอยู่ 22.57 เปอร์เซ็นต์ และ 27.88 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกากงาดำอบและกากงาดำไม่อบตามลำดับ ส่วนในกากงาดำที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อนำมาสกัดซ้ำด้วยเครื่องสกัด Solid-Liquid Extraction จะได้น้ำมันตกค้างอยู่ 20.32 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการสกัดน้ำมันจากกากงาดำด้วยวิธีการสกัดตัวทำละลายโดยใช้เครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus จะได้น้ำมันตกค้างในกากงาดำอยู่ 29.04 เปอร์เซ็นต์ และ 32.02 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกากงาดำอบและกากงาดำไม่อบตามลำดับ และในกากงาดำที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อนำมาสกัดซ้ำด้วยเครื่อง Soxtec apparatus จะได้น้ำมันตกค้าง 23.23 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกากงาขาวการสกัดน้ำมันจากกากงาขาวด้วยวิธีการสกัดตัวทำละลายโดยใช้เครื่องสกัดแบบ Solid-Liquid Extraction ได้น้ำมันที่ตกค้างในกากงาขาว 35.28 เปอร์เซ็นต์ และ 40.52 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกากงาขาวอบและกากงาขาวไม่อบตามลำดับ ส่วนในกากงาขาวที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อนำมาสกัดซ้ำด้วยเครื่องสกัด Solid-Liquid Extraction จะได้น้ำมันตกค้างอยู่ 30.32 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการสกัดน้ำมันจากกากงาขาวด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายโดยใช้เครื่องสกัดแบบ Soxtec apparatus จะได้น้ำมันตกค้างในกากงาขาว 37.69 เปอร์เซ็นต์ และ 42.51 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกากงาขาวอบและกากงาขาวไม่อบตามลำดับ และในกากงาขาวที่ทำการสกัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อนำมาสกัดซ้ำด้วยเครื่อง Soxtec apparatus จะได้น้ำมันตกค้างอยู่ 23.87 เปอร์เซ็นต์

1.2 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารในกากงา

สำหรับกากงาดำที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่อง Solid-Liquid Extraction จะมีโปรตีนในกากงา 36.94 เปอร์เซ็นต์ และ 36.17 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกากงาที่อบและไม่อบตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าในเมล็ดงาดำถึง 36.16 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกากงาดำที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่อง Soxtec apparatus จะมี

โปรตีนในกากงา 59.01 เปอร์เซ็นต์ และ 36.94 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกากงาดำอบและไม่อบตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าในเมล็ดงาถึง 35.23 เปอร์เซ็นต์ และในกากงาดำที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะให้คุณค่าทางอาหารที่สำคัญ คือ โปรตีน 38.93 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 30.42 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 5.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกากงาขาวที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่อง Solid-Liquid Extraction จะได้โปรตีนในกากงาขาวอยู่ 38.07 เปอร์เซ็นต์ และ 39.14 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกากงาที่อบและไม่อบตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าในเมล็ดงาขาวถึง 15.54 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกากงาขาวที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่อง Soxtec apparatus จะได้โปรตีนในกากงาขาว 63.02 เปอร์เซ็นต์ และ 38.07 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกากงาขาวอบและไม่อบตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าในเมล็ดงาถึง 39.42 เปอร์เซ็นต์ กากงาขาวที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะให้คุณค่าทางอาหารที่สำคัญ คือ โปรตีน 49.01 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 10.74 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 5.10 เปอร์เซ็นต์

2. การทำแป้งจากกากงา

กากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายเมื่อนำมาทดสอบการทำแป้งโดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร ในกากงาขาวที่ขนาดบรรจุ 50 กรัม จะได้แป้งจากกากงาขาว 33.1 เปอร์เซ็นต์ และในกากงาดำที่ขนาดบรรจุ 100 กรัม จะได้แป้งจากกากงาดำ 31.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกเมื่อนำมาทดสอบการทำแป้งโดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร พบว่า กากงาขาวที่ขนาดบรรจุ 50 กรัม จะได้แป้งจากกากงาขาว 31.4 เปอร์เซ็นต์ และในกากงาดำที่ขนาดบรรจุ 50 กรัม จะได้แป้งจากกากงาดำมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 31.3 เปอร์เซ็นต์

3. การทดสอบคุณสมบัติแป้งจากกากงา

ในการทดสอบคุณสมบัติแป้งจากกากงา แป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายและแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิก ผลการทดสอบทั้ง 2 แบบ มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งคุณสมบัติของแป้งกากงาที่แตกต่างกัน คือ การทดสอบกลิ่น แป้งจากกากงาที่ผ่านสกัดแบบไฮดรอลิกจะพบกลิ่นไม่พึงประสงค์เกิดขึ้น ส่วนในการทดสอบการพองตัวของแป้งจากกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกโดยใช้เวลาในการสกัด 5 ชั่วโมง เมื่อนำมาผสมกับแป้งสาลีในอัตราส่วน 1:2 ทั้งในกากงาดำและกากงาขาวจะมีการพองตัวเกิดขึ้นทำให้สามารถนำกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกโดยใช้เวลาในการสกัด 5 ชั่วโมง มาผสมกับแป้งสาลีในอัตราส่วนอย่างน้อย 1:2 จะสามารถนำไปประกอบอาหารได้

ข้อเสนอแนะ

การหาน้ำมันที่ตกค้างในกากงาพบว่าเมื่อนำกากงาที่ผ่านการสกัดแบบไฮดรอลิกมาสกัดซ้ำด้วยการสกัดแบบตัวทำละลายจะให้น้ำมันในการสกัดสูงแต่ปริมาณในการสกัดแต่ละครั้งจะได้จำนวนน้อยและค่าใช้จ่ายในการสกัดสูง ดังนั้นการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิกที่เวลา 5 ชั่วโมง จะช่วยให้น้ำมันที่ตกค้างในกากงาไหลออกที่ปริมาณมากพอที่จะทำกากงาที่ผ่านการสกัดนำไปทำแ่งจากกากงาได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กวี ตรีอำนรรค. 2547. การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันงาดิบด้วยวิธีการสกัดเย็น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บรรณาธิการ. 2545. มากคุณค่าน้ำมันงา. เกษตรกรรมธรรมชาติ1.
- ลัดดาวัลย์ เนียมพิก. 2542. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งมันเทศ. หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานสถิติการเกษตร. 2547. สถิติการเกษตรประเทศไทยปี 2545/2546 (งา). Available
Source: <http://www.oae.go.th/statistic/yearbook>, July 2, 2004.
- ลิตีมา จิตตินันท์. 2533. ผลของสภาวะการบีบน้ำมันก่อนสกัดต่อคุณภาพของน้ำมันและกากข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อมร วงษ์เวียงจันทร์ และ ชัชญา เลิศสิทธิศักดิ์. 2540. การศึกษาเครื่องสกัด รุ่น CTS 6 โครงการวิศวกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Bernadini, E. 1973. **The New Oil and Fat Technology**. Publishing House, Rome.
- D.K. Salunkhe. 1992. **World oilseeds Chemistry Technology and Utilization**. AVI Book, NewYork.
- Eliasson, A. and M. Gudmundsson. 1996. Starch: Physicochemical and functional aspects, Pp.431-503. In A. Eliasson, ed. **Carbohydrate in Food**. Marcel Dekker, Inc., New York.

- Hutchins, R.P. 1976. Continuous ต้มทำละลาย extraction of soybeans and cottonseeds. **J. Am. Oil Chem Soc.** 53(6): 278 – 282.
- Knight, J.W. 1969. The starch industry. **Pergamon Press**, Oxford. 1: 189.
- Phipps, D.A. and D.C. Eardley. 1981. **CTS 6 Solid/Liquid Extraction**. Manual of the Coming Teaching System, USA.
- Swern, D. 1982. **Bailey'Industrial Oil and Fat Products**. 4 th ed., John wiley &Son, Inc., New York.
- Wansuksri, R., S. Chotineeranat, K. Piyachomkwan and K. Sriroth. 1999. Protein in rice flour and its effect on rice starch hydrolysis. **In The Asia-Pacific Biochemical Engineering Conference 1999 and The Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology.**
- Ward, J.A. 1976. Processing high oil content seed in continuous screw presses. **J. Am. Oil Chem Soc.** 53(6): 261 – 264.

ภาคผนวก ก
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แป้งตัดแปรสำหรับอุตสาหกรรม

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด คุณลักษณะที่ต้องการ สารปนเปื้อน สารตกค้าง สุขลักษณะการบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบแป้งตัดแปรสำหรับอุตสาหกรรม

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 แป้งตัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการนำแป้ง (starch) เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี มาเปลี่ยนสมบัติทางเคมีและ / หรือทางฟิสิกส์จากเดิมด้วยความร้อนและ / หรือเอนไซม์ และ / หรือสารเคมีชนิดต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

2.2 สิ่งแปลกปลอม หมายถึง สิ่งที่ปะปนในแป้งตัดแปรสำหรับอุตสาหกรรม เช่น ชิ้นส่วนของพืช ดินทราย แมลง ชิ้นส่วนของแมลง ขนสัตว์ และสิ่งสกปรกอื่น ๆ ซึ่งตรวจได้โดยการตรวจพินิจ

2.3 จุดดำ (black speck) หมายถึง สิ่งที่เป็นสีดำหรือสีน้ำตาลไหม้ ปะปนอยู่ในแป้งตัดแปรสำหรับอุตสาหกรรม

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

- เป็นผงหรือเกล็ดสีขาวนวล หรือสีน้ำตาลอ่อน

- การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.2 สิ่งแปลกปลอม

- ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอม
- การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.1

3.3 จุดดำ

- ต้องไม่เกิน 70 จุด ต่อน้ำหนักแป้ง 50 กรัม
- การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.1

3.4 น้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการอบแห้ง

ต้องไม่เกินร้อยละ 14.0 ยกเว้นแป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมที่ทำจากแป้งมันฝรั่ง
ต้องไม่เกินร้อยละ 21.0 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 14.004

3.5 โพรตีน

- ต้องไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักอบแห้ง
- การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 14.067

3.6 เถ้าที่ไม่ละลายในกรด

- ต้องไม่เกินร้อยละ 0.05 ของน้ำหนักอบแห้ง
- การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 14.006 และข้อ 30.008

3.7 เกณฑ์ที่กำหนด และลักษณะสีของแป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหารแต่ละประเภทต้องเป็นไปตามตามรางที่ 1 และเอกสารกำกับผลิตภัณฑ์

การทดสอบเกณฑ์ที่กำหนด ให้ปฏิบัติตาม FAO Food and Nutrition Paper (34), JECFA, 1986 ยกเว้นการทดสอบคลอไรด์ ให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 6.129 และข้อ 6.131

4. สารปนเปื้อน

4.1 โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว) ไม่เกิน 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การทดสอบให้ปฏิบัติ ตาม Food chemical codex, 3rd edition, 1981 method IT

4.2 ตะกั่ว ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม Food chemical codex, 3rd edition, 1981

4.3 สารหนู ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม Food chemical codex, 3rd edition, 1981

4.4 โปรท ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 25.131 ถึงข้อ 25.133

4.5 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นบิสซัลไฟต์ที่ใช้แอมโมเนียม เพอร์ซัลเฟต และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นสารที่ใช้ทำปฏิกิริยาตามตารางที่ 1 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตกค้างต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม FAO Food and Nutrition Paper (34), JECFA, 1986

5. สุขลักษณะ

5.1 จุลินทรีย์ที่อาจมีในแป้งคัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ต่อไปนี้

5.1.1 จุลินทรีย์ทั้งหมด

ก. ไม่เกิน 5,000 โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง ในกรณีที่เป็นแป้งที่ละลายในน้ำ เย็น (อุณหภูมิต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส)

ข. ไม่เกิน 10,000 โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง ในกรณีที่เป็นแป้งที่ละลายในน้ำ ร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส)

5.1.2 ยีสต์และรา ไม่เกิน 100 โคโรนิต่อกรัมของตัวอย่าง

5.1.3 เอสเชอริเชีย โคลิ (Escherichia coli) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) น้อยกว่า 3 ใน ตัวอย่าง 1 กรัม

6. การบรรจุ

6.1 ให้บรรจุแป้งคัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหารในภาชนะบรรจุที่สะอาดแห้ง และปิดผนึกเรียบร้อย

6.2 นำหนักสุทธิของแป้งคัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหารต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่ภาชนะบรรจุแป้งคัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหารทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลขอักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

7.1.1 ชื่อผลิตภัณฑ์*

7.1.2 รหัสผลิตภัณฑ์ (ถ้ามี)

7.1.3 เดือน ปีที่ทำ หรือรหัสแสดงเดือนปีที่ทำ

7.1.4 ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

7.1.5 ประเทศที่ทำ

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น หมายเหตุ * หมายถึง ให้ระบุชื่อผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยชนิดของแป้งและชื่อแป้งคัดแปรตามตารางที่ 1 เช่น แป้งมันสำปะหลังคัดแปร-เดกซ์ทริน หรือ modified tapioca starch- dextrin

7.2 ผู้ทำต้องจัดให้มีเอกสารกำกับผลิตภัณฑ์ แสดงสารที่ใช้ทำปฏิกิริยาและรายละเอียดของสมบัติเฉพาะตามลักษณะซึ่งบ่งในตารางที่ 1 ด้วย เช่น เดกซ์ทริน ให้แสดงรายละเอียดว่าละลายน้ำได้ร้อยละเท่าไร

7.3 ผู้ทำผลิตอุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่น ในที่นี้หมายถึง แป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหารที่ทำจากวัตถุดิบอย่างเดียวกัน โดยกรรมวิธีเดียวกัน แสดงฉลากและเอกสารกำกับผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกัน บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดและขนาดเดียวกันที่ทำหรือซื้อขายหรือส่งมอบในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก

ก. ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 2 นำตัวอย่างทั้งหมดไปตรวจสอบเครื่องหมายและฉลาก เอกสารกำกับผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุ แล้วเปิดภาชนะบรรจุออกเพื่อตรวจสอบน้ำหนักสุทธิ และลักษณะทั่วไป

ข. จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 3.1 ข้อ 6. และข้อ 7. ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ 2 จึงจะถือว่าแป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหารรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ ๑1 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมาย และ ฉลาก (ข้อ 8.2.1)

ขนาดรุ่นหน่วยภาชนะบรรจุ	ขนาดตัวอย่างหน่วย ภาชนะบรรจุ	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 500	8	1
501 ถึง 3 200	13	2
3 201 ถึง 35 000	20	3
เกิน 35 000	32	5

8.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม จุดค่าน้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการอบแห้ง โปรตีน เถ้าที่ไม่ละลายในกรด เภสัชภัณฑ์ที่กำหนดและลักษณะชี้บ่ง และสารปนเปื้อน

ก. ให้ชักตัวอย่างที่เหลือจากข้อ 8.2.1.1 ภาชนะบรรจุเป็น 2 ส่วน บรรจุในภาชนะที่สะอาดแห้งรวมไม่น้อยกว่า 1,000 กรัม แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน บรรจุในภาชนะที่สะอาดแห้ง ปิดได้สนิทและกันความชื้นได้ ส่วนหนึ่งใช้ในการทดสอบ อีกส่วนเก็บไว้เป็นหลักฐาน

ข. ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.2 ถึงข้อ 3.7 และข้อ 4. จึงถือว่าแปดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหารรูนนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

8.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบจุลินทรีย์

ก. ให้ชักตัวอย่างทันทีในระหว่างการตรวจสอบน้ำหนักสุทธิ โดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสมและผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ชักตัวอย่างจากแต่ละภาชนะบรรจุในปริมาณเท่าๆ กัน ผสมรวมกันให้ได้น้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ส่วนหนึ่งใช้ในการทดสอบ อีกส่วนหนึ่งเก็บไว้เป็นหลักฐาน

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี

1. โปรตีน (มอก. 25-2521)

1.1 เครื่องมือ

- 1.1.1 เครื่องชั่งอย่างละเอียด
- 1.1.2 เครื่องย่อย (2006 Digestor Exhaust System)
- 1.1.3 เครื่องกลั่นไนโตรเจน (Soxtec System HT2 1045 Extraction unit)
- 1.1.4 ขวดแก้วเซดาห์ล (Kjeldahl flask)
- 1.1.5 บิวเรต
- 1.1.6 ตู้ดูดควัน
- 1.1.7 catalysts ($7\text{gK}_2\text{SO}_4 + 0.8\text{gCuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

1.2 สารเคมี

- 1.2.1 กรดซัลฟูริกเข้มข้นที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.84
- 1.2.2 สารละลายกรดบอริก ร้อยละ 4 ของน้ำหนัก
- 1.2.3 สารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
- 1.2.4 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 40 ของน้ำหนัก

1.3 วิธีวิเคราะห์

ซึ่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม (ขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในแป้ง) ใส่ลงในขวดแก้วเซดาห์ลระวังอย่าให้ติดข้างขวด จากนั้นใส่ catalyst ประมาณ 7 กรัม และเติมกรดซัลฟูริกประมาณ 15 มิลลิลิตร แล้วเขย่าเบาๆ วางขวดบนเครื่องย่อยในตู้ดูดควัน ต้มที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที จนกระทั่งได้สารละลายที่ใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำไปเข้าเครื่องกลั่นไนโตรเจน โดยเครื่องนี้ต่อท่อให้ปลายจุ่มในฟลาสขนาด 250 มิลลิลิตร ที่บรรจุกรดบอริก 4 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 25 มิลลิลิตร เพื่อเก็บไอของแอมโมเนียม กลั่นประมาณ 5 นาที แล้วนำไปไตเตรทต่อด้วยสารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีชมพูแล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน

1.4 การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์} = \frac{(S + B) \times N \times 1.401}{W}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 5.95$$

เมื่อ S = ปริมาตรไฮโดรคลอริกที่ไตเตรทสารตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรไฮโดรคลอริกที่ไตเตรทแบลнк (Blank)

N = นอร์มัลลิตีของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริก

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

$$\text{ร้อยละของประสิทธิภาพในการสกัด} = \frac{(\text{ปริมาณโปรตีนเริ่มต้น} - \text{ปริมาณโปรตีนที่เหลือ}) \times 100}{\text{ปริมาณโปรตีนเริ่มต้น}}$$

2. ไขมัน (มอก. 25-2521)

2.1 เครื่องมือ

2.1.1 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxtec System HT2; 1045 Extraction unit และ 1046 Service unit)

2.1.2 เครื่องทำความเย็น (CTL 911)

2.1.3 ถ้วยอลูมิเนียม (Extraction cup)

2.1.4 คีมสำหรับจับถ้วยอลูมิเนียม

2.1.5 ทิมเบิล (Thimbles)

2.2 สารเคมี

2.2.1 ปีโตรเลียมอีเทอร์

2.2.2 อะซิโตน

2.2.3 กระดาษกรองเบอร์ 1

2.3 วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม (W) บนกระดาษกรองและห่อให้มิดชิดจากนั้นนำมาใส่ลงในทิมเบล นำทิมเบลใส่ใน 1045 Extraction unit ซึ่งต่อเชื่อมอยู่กับ 1046 Service unit โดยใช้ Adapter แล้วนำ Extraction cups ไปอบแล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W_1) เติมตัวทำละลายประมาณ 50 มิลลิลิตร นำ Extraction cups เข้าไปใน Soxtec System HT2 1045 Extraction unit พร้อมทั้งเลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง boiling และสกดเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง rinsing ทำการ rinsing เป็นเวลา 45 นาที นำ Extraction cups ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้ง Extraction cups ให้เย็นในเดลิเกเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W_2) แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมัน

2.4 การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{W_1 - W}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของ Extraction cups เป็นกรัม

W_1 คือ น้ำหนักของ Extraction cups และตัวอย่างก่อนอบเป็นกรัม

W_2 คือ น้ำหนักของ Extraction cups และตัวอย่างหลังจากอบแล้วเป็นกรัม

3. ถ้ำ (มอก. 25-2516)

3.1 วิธีวิเคราะห์

นำตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ชั่งในจานกระเบื้องเคลือบ ที่เผาและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำไปเผาด้วยไฟอ่อนๆ จนหมดควัน แล้วนำไปเผาที่ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 600 + 20 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2-3 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือสีเทานำมาใส่ในเดลิเกเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เผาตัวอย่างซ้ำนานครั้ง 30 นาที จนได้น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ถือเป็นน้ำหนักของจานกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังจากเผาจนได้น้ำหนักคงที่

3.2 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{W_1 - W}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของงานกระเบื้องเคลือบเป็นกรัม

W_1 คือ น้ำหนักของงานกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างก่อนเผาเป็นกรัม

W_2 คือ น้ำหนักของงานกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังจากเผาจนได้น้ำหนักคงที่ แล้วเป็นกรัม