

บทที่ 4

ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

งานวิจัยเรื่อง การแปรรูปเซลลูโลสจากรูปภาชีในดินเค็มเพื่อผลิตภัณฑ์เส้นใยอาหารได้ผลการทดลองตามลำดับ ดังนี้

4.1 คุณค่าทางอาหารของต้นรูปภาชี และเซลลูโลสจากรูปภาชีที่ขึ้นบริเวณดินเค็ม หนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม

4.2 การสกัดเซลลูโลสจากรูปภาชี

4.3 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของเซลลูโลสที่สกัดจากรูปภาชี

4.4 ผลการแปรรูปเซลลูโลสจากรูปภาชีในผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ

4.1 คุณค่าทางอาหารของต้นรูปภาชีและเซลลูโลสจากรูปภาชีที่ขึ้นบริเวณดินเค็ม หนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม

จากการศึกษาคุณค่าทางอาหารของต้นรูปภาชีและเซลลูโลสจากรูปภาชี โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเยื่อใยหยาบ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณสารอินทรีย์ ปริมาณไฮโดรเซลลูโลส ปริมาณ α -cellulose และปริมาณลิกนิน ตามลำดับ ได้ผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

4.1.1 ความชื้น (AOAC, 2000)

ทำการวิเคราะห์ความชื้นในตัวอย่างรูปภาชีและความชื้นในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากรูปภาชีตามวิธี AOAC, 2000 ได้ผลดังตารางที่ 4.1.1

ตารางที่ 4.1.1 ปริมาณร้อยละของความชื้นในตัวอย่างรูปภาชีและเซลลูโลส

ตัวอย่าง	ร้อยละของความชื้น (%)	
	รูปภาชี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	80.25	3.31
โคนอ่อน	88.99	1.75
ใบแก่	78.59	2.90
โคนแก่	85.57	1.62

จากการศึกษาปริมาณความชื้นในตัวอย่างรูปถาษีและเซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆของรูปถาษีในส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่ารูปถาษีมีความชื้น 80.25% 88.99% 78.59% และ 85.57% ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างเซลลูโลสสกัดจากรูปถาษีมีความชื้น 3.31% 1.75% 2.90% และ 1.62% ตามลำดับ จากการศึกษพบว่า การสกัดเซลลูโลสที่มีขนาดอนุภาคในระดับไมโคร (Micro Crystalline Celluloses: MCC) มีความชื้น 1.6–10.9% (Changquan Calvin Sun, 2015) สอดคล้องกับความชื้นในเซลลูโลสที่สกัดจากรูปถาษีที่ได้ จากการศึกษพบว่า ส่วนโคนมีความชื้นสูงกว่าส่วนใบ เนื่องจากอวบน้ำมากกว่าส่วนใบ แต่เมื่อสกัดเซลลูโลสแล้ว จากการศึกษเซลลูโลสส่วนใบมีความชื้นสูงกว่า แสดงว่าเซลลูโลสที่สกัดจากใบมีความสามารถในการดูดความชื้นได้มากกว่าส่วนโคน

4.1.2. ปริมาณเถ้า (D 2866-94 Total Ash Content of Activated Carbon D 2867-95 Moisture in Activated Carbon)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในตัวอย่างรูปถาษีและปริมาณเถ้าในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากรูปถาษีตามวิธี D 2866-94 Total Ash Content of Activated Carbon D 2867-95 Moisture in Activated Carbon ได้ผลดังตารางที่ 4.1.2

ตารางที่ 4.1.2 ปริมาณร้อยละของปริมาณเถ้าในตัวอย่างรูปถาษีและเซลลูโลส

ตัวอย่าง	ร้อยละของเถ้า (%)	
	รูปถาษี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	7.43	1.57
โคนอ่อน	9.40	1.68
ใบแก่	7.57	1.76
โคนแก่	8.50	0.79

จากการศึกษาปริมาณเถ้าในตัวอย่างรูปถาษีและเซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆ ของรูปถาษีในส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่ารูปถาษีมีปริมาณเถ้า 7.43% 9.40% 7.57% และ 8.50% ตามลำดับ ในขณะที่เซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆ มีปริมาณเถ้า 1.57% 1.68% 1.76% และ 0.79% ตามลำดับ ตัวอย่างรูปถาษีส่วนใบแก่มีปริมาณเถ้ามากที่สุด โคนแก่มีปริมาณเถ้าน้อยที่สุด เซลลูโลสที่สกัดได้มีปริมาณเถ้าน้อยกว่าเซลลูโลสที่สกัดจากแกลบที่มีปริมาณเถ้า 16.52% และเซลลูโลสที่สกัดจากถั่วมีปริมาณเถ้า 3.36% (Abeer, 2010) ซึ่งอาหารที่ดีควรมีเถ้าน้อยที่สุด เพราะมีสารอนินทรีย์ต่ำ ถ้าปริมาณเถ้าสูงแสดงว่าอาจมีการปลอมปนสารอื่นเข้ามาในอาหารนั้น (อัจฉรินทร์สาจักร, 2554)

4.1.3. ปริมาณโปรตีน (Model Kjeltec System 1002, Tecator, Sweden)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างธัญพืชและปริมาณโปรตีนในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธัญพืชตามวิธี Model Kjeltec System 1002, Tecator, Sweden ได้ผลดังตารางที่ 4.1.3

ตารางที่ 4.1.3 ปริมาณร้อยละของปริมาณโปรตีนในตัวอย่างธัญพืช

ตัวอย่าง	ร้อยละของโปรตีน (%)	
	ธัญพืช	เซลลูโลส
ใบอ่อน	0.98	0.00
โคนอ่อน	0.45	0.00
ใบแก่	0.75	0.00
โคนแก่	0.29	0.00

จากการศึกษาปริมาณของโปรตีนในตัวอย่างธัญพืชและเซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆของธัญพืชในส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่าธัญพืชจากดินเค็มมีปริมาณโปรตีน 0.98% 0.45% 0.75% และ 0.29% ตามลำดับ ในขณะที่เซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆ มีปริมาณโปรตีนต่ำคือ 0.00% สอดคล้องกับผลการวิจัยการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกกล้วย ซึ่งมีปริมาณโปรตีน $1.65 \pm 0.01\%$ (เหรียญทอง สิ่งจามสูงค์และคณะ, 2554) ธัญพืชในดินเค็มมีปริมาณโปรตีนต่ำ และหลังจากสกัดเซลลูโลสพบว่าไม่พบปริมาณโปรตีนเหลืออยู่ แสดงว่าในกระบวนการสกัดเซลลูโลสสามารถกำจัดองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนได้หมด

4.1.4 ปริมาณไขมัน (Model TFE 2000, Leco, USA) โดยใช้เครื่อง buchi

ทำการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในตัวอย่างธัญพืชและปริมาณไขมันในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธัญพืชตามวิธี Model TFE 2000, Leco, USA โดยใช้เครื่อง buchi ได้ผลดังตารางที่ 4.1.4

ตารางที่ 4.1.4 ปริมาณร้อยละของไขมันในตัวอย่างธัญพืช

ตัวอย่าง	ร้อยละของไขมัน (%)	
	ธัญพืช	เซลลูโลส
ใบอ่อน	0.99	1.31
โคนอ่อน	1.32	1.99
ใบแก่	1.32	0.98
โคนแก่	1.32	1.98

ปริมาณไขมันในตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีในส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่าธูปฤาษีมีไขมัน 0.99% 1.32% 1.32% และ 1.32% ตามลำดับ ในขณะที่เซลลูโลสมีปริมาณไขมัน 1.31% 1.99% 0.98% และ 1.98% ตามลำดับ ในการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยพบว่าปริมาณไขมัน $2.57 \pm 0.10\%$ (เหรียญทอง สิ่งจามุรงค์ และคณะ, 2554) เห็นได้ว่าตัวอย่างธูปฤาษีส่วนโคนมีไขมันสูงกว่าส่วนใบเล็กน้อย เนื่องจากพืชส่วนโคนมีสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารอินทรีย์ สารที่เป็นสารเคลือบผิวของพืช ซึ่งมีปริมาณมากกว่าส่วนใบเล็กน้อย แต่เมื่อสกัดเซลลูโลส พบว่าเซลลูโลสส่วนโคนมีความสามารถในการกักเก็บไขมันได้มากกว่าส่วนใบ

4.1.5. ปริมาณเยื่อใยหยาบ (AOAC, 1990)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยหยาบในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณเยื่อใยหยาบในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี AOAC, 1990 ได้ผลดังตารางที่ 4.1.5

ตารางที่ 4.1.5 ปริมาณร้อยละของเยื่อใยหยาบในตัวอย่างธูปฤาษี

ตัวอย่าง	ร้อยละของเยื่อใยหยาบ (%)	
	ธูปฤาษี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	33.84	61.71
โคนอ่อน	33.69	65.35
ใบแก่	29.13	63.37
โคนแก่	36.61	67.09

จากการศึกษาปริมาณเยื่อใยหยาบในตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีในส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่าธูปฤาษีมีเยื่อใยหยาบ 33.84% 33.69% 29.13% และ 36.61% ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณเยื่อใยหยาบสอดคล้องกับผลการวิจัยการใช้ประโยชน์จากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นอาหารหยาบสำหรับโคขาวลำพูนที่ได้ปริมาณเยื่อใยในรูป NDF จากซึ่งข้าวโพดและเปลือกข้าวโพดเท่ากับ 69.26% และ 68.19% ตามลำดับ (เสาวลักษณ์ แยมหมื่นอาจ, 2554) ในขณะที่เซลลูโลสมีเยื่อใยหยาบ 61.71% 65.35% 63.37% และ 67.09% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตัวอย่างธูปฤาษีส่วนโคนมีเยื่อใยหยาบสูงกว่าส่วนใบ เนื่องจากมีปริมาณเส้นใยมากกว่าส่วนใบ ในขณะที่ธูปฤาษีอ่อนมีปริมาณเยื่อใยหยาบใกล้เคียงกัน และเมื่อสกัดเซลลูโลสแล้ว พบว่าเซลลูโลสส่วนโคนมีเยื่อใยหยาบสูงกว่า แสดงว่าเซลลูโลสที่สกัดจากโคนมีคุณสมบัติในการเป็นเส้นใยได้มากกว่าส่วนใบ

4.1.6. ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างธัญพืชและปริมาณคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธัญพืชตามวิธี AOAC, 1990 ได้ผลดังตารางที่ 4.1.6

ตารางที่ 4.1.6 ปริมาณร้อยละของคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างธัญพืช

ตัวอย่าง	ร้อยละของคาร์โบไฮเดรต (%)	
	ธัญพืช	เซลลูโลส
ใบบ่อน	58.70	66.89
โคนอ่อน	57.18	66.04
ใบแก่	59.90	68.04
โคนแก่	57.20	65.94

จากการศึกษาปริมาณคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างธัญพืช และเซลลูโลสที่สกัดจากธัญพืชในส่วนของใบบ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ พบว่าธัญพืชมีคาร์โบไฮเดรต 58.70% 57.18% 59.90% และ 57.20% ตามลำดับ ในขณะที่เซลลูโลสที่สกัดจากธัญพืชมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 66.89% 66.04% 68.04% และ 65.94% ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต $52.66 \pm 0.64\%$ ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์เป็นผงแปรรูปในผลิตภัณฑ์ขนมเค้กเนยสด (เหรียญทอง สิ่งจานุสงค์และคณะ, 2554) แสดงว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตในธัญพืชและเซลลูโลสจากธัญพืชเหมาะสมในการแปรรูปเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารได้ และตัวอย่างธัญพืชส่วนใบมีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าส่วนโคน เนื่องจากพืชมีการเปลี่ยนน้ำตาลให้กลายเป็นแป้งหรือการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นที่ใบทำให้ส่วนใบมีคาร์โบไฮเดรตมากกว่าส่วนโคน เมื่อสกัดเซลลูโลสแล้ว จึงทำให้เซลลูโลสจากส่วนใบมีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าเช่นกัน

4.1.7. ปริมาณสารอินทรีย์ (T 204 Om88)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างธัญพืชและปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธัญพืชตามวิธี T 204 Om88 ได้ผลดังตารางที่ 4.1.7

ตารางที่ 4.1.7 ปริมาณร้อยละของสารอินทรีย์ในตัวอย่างรูปถ่าย

ตัวอย่าง	ร้อยละของสารอินทรีย์ (%)	
	รูปถ่าย	เซลล์โลส
ใบอ่อน	17.81	1.97
โคนอ่อน	15.73	1.60
ใบแก่	13.86	1.61
โคนแก่	11.98	1.09

จากการศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างรูปถ่ายและเซลล์โลสที่สกัดจากรูปถ่ายในส่วน
ของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่ารูปถ่ายมีสารอินทรีย์ 17.81% 15.73% 13.86% และ
11.98% ตามลำดับ ในขณะที่เซลล์โลสที่สกัดจากรูปถ่ายมีสารอินทรีย์ 1.97% 1.60% 1.61% และ
1.09% ตามลำดับ ปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างของพืชแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน ขึ้นกับองค์ประกอบ
ของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน จากผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่าเซลล์โลสของรูปถ่าย ส่วนใบมี
ปริมาณสารอินทรีย์สูงกว่าส่วนโคน

4.1.8. ปริมาณไฮโดรเจนเซลลูโลส (T 204 Om88)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณไฮโดรเจนเซลลูโลสในตัวอย่างรูปถ่ายและปริมาณไฮโดรเจนเซลลูโลสใน
ตัวอย่างเซลล์โลสที่สกัดจากรูปถ่ายตามวิธี T 204 Om88 ได้ผลดังตารางที่ 4.1.8

ตารางที่ 4.1.8 ปริมาณร้อยละของไฮโดรเจนเซลลูโลสในตัวอย่างรูปถ่าย

ตัวอย่าง	ร้อยละของไฮโดรเจนเซลลูโลส (%)	
	รูปถ่าย	เซลล์โลส
ใบอ่อน	66.16	67.40
โคนอ่อน	57.82	57.11
ใบแก่	64.89	62.55
โคนแก่	52.52	54.61

จากการศึกษาปริมาณไฮโดรเจนเซลลูโลสในตัวอย่างรูปถ่ายและเซลล์โลสที่สกัดจากส่วนต่างๆ
ของรูปถ่ายคือใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่ารูปถ่ายมีไฮโดรเจนเซลลูโลส 66.16% 57.82%
64.89% และ 52.52% ตามลำดับ สำหรับเซลล์โลสที่สกัดจากรูปถ่ายมีไฮโดรเจนเซลลูโลส 67.40%
57.11% 62.55% และ 54.61% ตามลำดับ ไฮโดรเจนเซลลูโลสพบในเซลล์พืชโดยรวมอยู่กับสารอื่นๆ เช่น

ลิกนิน หรือเซลลูโลส ซึ่งเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ (จักรพงษ์ สังข์โชติและคณะ, 2555) พบว่าซังข้าวโพดและฟางข้าวมีปริมาณไฮโดรเซลลูโลส 22.90% และ 22.06% ตามลำดับ จากปริมาณไฮโดรเซลลูโลสของธูปฤาษีและเซลลูโลสจากธูปฤาษี แสดงว่าธูปฤาษีเป็นพืชที่มีปริมาณไฮโดรเซลลูโลสสูงมาก

4.1.9. ปริมาณ α -เซลลูโลส (Zobel et al., 1996)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณ α -เซลลูโลสในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณ α -เซลลูโลสในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี Zobel et al., 1996 ได้ผลดังตารางที่ 4.1.9

ตารางที่ 4.1.9 ปริมาณร้อยละของ α -เซลลูโลสในตัวอย่างธูปฤาษี

ตัวอย่าง	ร้อยละของ α -เซลลูโลส (%)	
	ธูปฤาษี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	77.82	60.18
โคนอ่อน	54.44	77.35
ใบแก่	38.01	42.61
โคนแก่	63.94	86.51

จากการศึกษาปริมาณ α -เซลลูโลสในตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีในส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่าธูปฤาษีมี α -เซลลูโลส 77.82% 54.44% 38.01% และ 63.94% ตามลำดับ ในขณะที่เซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีมี α -เซลลูโลส 60.18% 77.35% 42.61% และ 86.51% ตามลำดับ ซึ่งการศึกษาพืช ได้แก่ กัง แคม ธูปฤาษี เล่า ลำเอียง หญ้าจรรยาดอกเล็ก หญ้าคา และหญ้าเนเปียร์ จากการเปลี่ยนเชิงชีวภาพของ α -เซลลูโลสจากวัชพืชไปเป็นเอทานอล โดยอาศัยการย่อยด้วยกรดและด่าง พืชทั้งหมดมีปริมาณ α -เซลลูโลส อยู่ในช่วง 32.1–42.5% (ศรัณญา ยิ้มยอง, 2547) เห็นได้ว่าตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลสจากธูปฤาษีมีปริมาณ α -เซลลูโลสสูงกว่าพืชทั่วไปจึงเหมาะสมในการแปรรูปใช้ประโยชน์จากเส้นใยได้ดี

4.1.10. ปริมาณลิกนิน (T 204 Om88)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณลิกนินในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณลิกนินในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี T 204 Om88 ได้ผลดังตารางที่ 4.1.10

ตารางที่ 4.1.10 ปริมาณร้อยละของลิกนินในตัวอย่างรูปถาก

ตัวอย่าง	ร้อยละของลิกนิน (%)	
	รูปถาก	เซลลูโลส
ใบอ่อน	8.92	0.40
โคนอ่อน	14.54	0.04
ใบแก่	16.75	0.14
โคนแก่	11.42	0.65

จากการศึกษาปริมาณลิกนินในตัวอย่างรูปถากและเซลลูโลสที่สกัดจากจากรูปถากในส่วน
ของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่ารูปถากมีลิกนิน 8.92% 14.54% 6.75% และ
11.42% ตามลำดับ ซึ่งในไม้ใบแคบจะมีลิกนินประมาณ 25-30% (ปรีชา เกียรติกระจายและทรงกลด
จารุสมบัติ, 2528) ขณะที่เซลลูโลสที่สกัดจากรูปถากมีลิกนิน 0.40% 0.04% 0.14% และ 0.65%
ตามลำดับ เซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆ ของรูปถากมีปริมาณลิกนินต่ำจะส่งผลดีต่อร่างกาย
เนื่องจาก ถ้ำร่างกายมีปริมาณลิกนินมากเกินไป อาจมีผลชะลอการดูดซึมสารอาหารบางชนิดในลำไส้
เล็ก

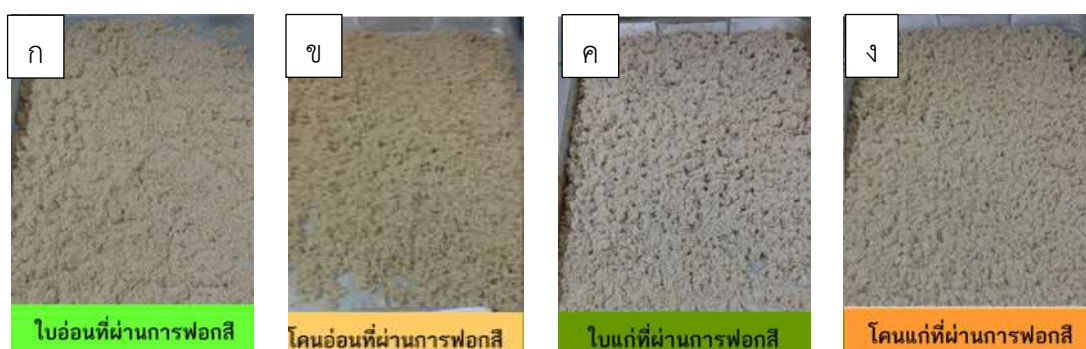
4.2 การสกัดเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษี

จากขั้นตอนการสกัดเซลลูโลสจากธูปฤาษี ในส่วนของ ใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ ตามลำดับ สามารถคิดเป็นร้อยละของผลผลิตที่สกัดได้ ดังตารางที่ 4.2.1

ตารางที่ 4.2.1 ปริมาณร้อยละของเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีในส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักเซลลูโลส(กรัม)				% cellulose
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	
ใบอ่อน	20	5.91	4.41	4.02	4.78	23.90
โคนอ่อน	20	5.17	4.90	5.47	5.18	25.90
ใบแก่	20	3.34	4.73	5.03	4.36	21.83
โคนแก่	20	5.74	4.49	5.70	5.31	26.55

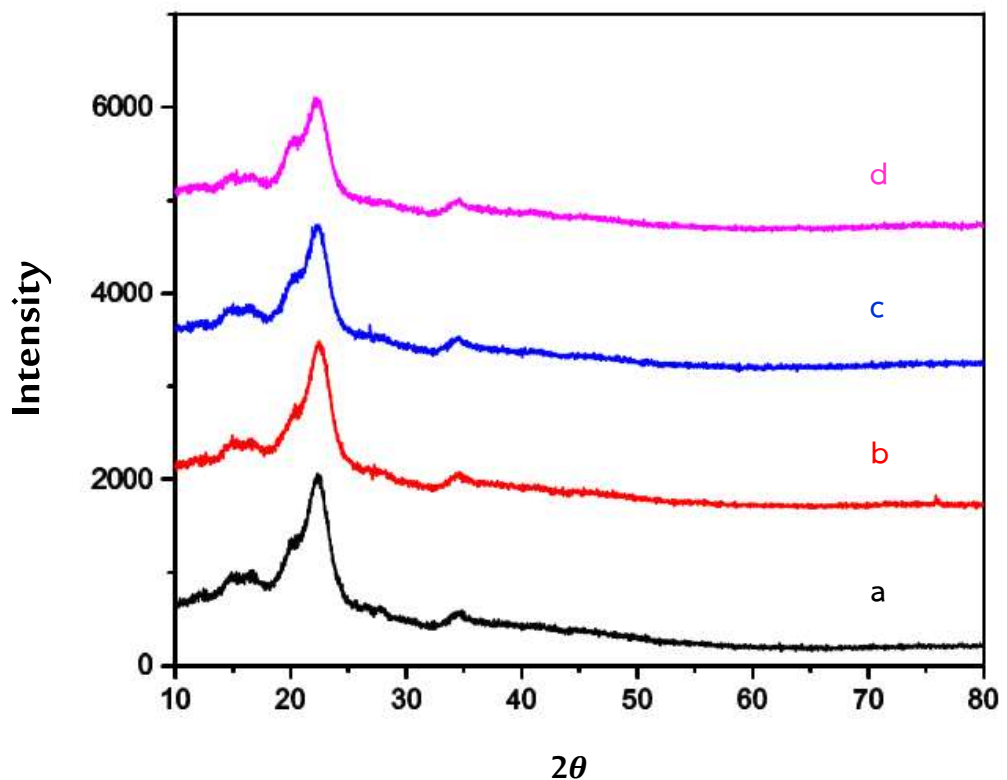
จากการศึกษาปริมาณการสกัดเซลลูโลสในตัวอย่างธูปฤาษี โดยตัวอย่างธูปฤาษีในส่วนของ ใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ ซึ่งทำการสกัดจำนวน 3 ซ้ำ โดยวิธีที่ทำการสกัด คือ ใช้เอทานอล 90% ตามด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% และฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 12% พบว่าทำให้ได้เซลลูโลสผงสีขาว คล้ายกับเซลลูโลสในท้องตลาด ดังภาพที่ 4.1 พบว่าเซลลูโลสที่สกัดได้มีปริมาณ 23.90% 25.90% 21.83% และ 26.55% ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.11 ซึ่งตัวอย่างธูปฤาษีสวนโคนสามารถเตรียมเซลลูโลสได้มากกว่าส่วนใบ



ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างธูปฤาษีที่ผ่านการฟอกสี ก) เซลลูโลสจากใบอ่อน ข) เซลลูโลสจากโคนอ่อน ค) เซลลูโลสจากใบแก่ และ ง) เซลลูโลสจากโคนแก่

4.3 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของเซลลูโลสที่ได้จากการสกัดจากรูปถาซี

จากการสกัดเซลลูโลสจากต้นรูปถาซีในส่วน ใบแก่ ใบอ่อน โคนแก่ และโคนอ่อน โดยนำเซลลูโลสที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค X-ray diffraction Analysis ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 X-ray diffraction analysis เซลลูโลสของต้นรูปถาซี
(a) เซลลูโลสจากใบแก่ (b) เซลลูโลสจากใบอ่อน (c) เซลลูโลสจากโคนแก่ (d) เซลลูโลสจากโคนอ่อน

จากภาพที่ 4.2 เซลลูโลสจากส่วนต่างๆของต้นรูปถาซี พบพีค 2-theta ที่ตำแหน่งเดียวกันคือ เท่ากับ 23° ซึ่งใกล้เคียงกับพีคของเซลลูโลสบริสุทธิ์ยืนยันได้ว่าสามารถสกัดเซลลูโลสได้จากส่วนต่างๆของต้นรูปถาซี (Ahmed and Jong, 2015)

4.4 ผลการการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ

จากการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในเต้าหอยนมสดโดยมีการประเมินความพึงพอใจทางด้านรสชาติของเต้าหอยนมสดและเนื้อสัมผัสของเส้นใยเซลลูโลสในเต้าหอยนมสด ซึ่งข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการประเมิน ดังนี้

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 11 คน ผู้หญิงจำนวน 6 คนและผู้ชายจำนวน 5 คน อายุต่ำกว่า 20 ปี จำนวน 2 คน และช่วงอายุ 20-30 ปี จำนวน 9 คน ระดับการศึกษา ต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 2 คน และระดับปริญญาตรี จำนวน 9 คน

ตารางที่ 4.4.1 ความพึงพอใจในระดับต่างๆ ด้านรสชาติของเต้าหอยนมสดที่เติมเซลลูโลสส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีปริมาณที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับเต้าหอยที่ไม่เติมเซลลูโลส

ความพึงพอใจของผู้บริโภคเต้าหอยนมสดจากการแปรรูปเซลลูโลสด้านรสชาติ	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ใบนอ่อนปริมาณ 1 g	4.00	1.78	มาก
2. ใบนอ่อนปริมาณ 2 g	2.63	1.51	ปานกลาง
3. ใบนอ่อนปริมาณ 3 g	2.90	0.83	ปานกลาง
4. โคนอ่อนปริมาณ 1 g	4.00	2.16	มาก
5. โคนอ่อนปริมาณ 2 g	4.09	3.34	มาก
6. โคนอ่อนปริมาณ 3 g	4.09	2.48	มาก
7. ใบนแก่ปริมาณ 1 g	4.54	3.34	มากที่สุด
8. ใบนแก่ปริมาณ 2 g	4.00	3.83	มาก
9. ใบนแก่ปริมาณ 3 g	4.36	2.77	มาก
10. โคนแก่ปริมาณ 1 g	3.36	1.78	ปานกลาง
11. โคนแก่ปริมาณ 2 g	3.18	1.14	ปานกลาง
12. โคนแก่ปริมาณ 3 g	2.72	0.83	ปานกลาง
13. ไม่เติมเซลลูโลส	3.36	1.48	ปานกลาง

ผลการแปรรูปเซลลูโลสจากธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารเต้าหู้ยูนวมสดโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ ทางด้านรสชาติที่ไม่เติมเซลลูโลสเปรียบเทียบกับส่วนที่เติมเซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีในอัตราส่วนปริมาณส่วนผสมทั้งหมด (มิลลิลิตร):เซลลูโลส (กรัม) คือ 1370:1 1370:2 และ 1370:3 พบว่าเต้าหู้ยูนวมสดที่ไม่เติมเซลลูโลสที่มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 3.36 มีความพึงพอใจระดับปานกลาง เต้าหู้ยูนวมสดที่เติมเซลลูโลสในปริมาณ 1 กรัม ส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ มีระดับความพึงพอใจในระดับ มาก มาก มากที่สุด และปานกลาง ตามลำดับ เต้าหู้ยูนวมสดที่เติมเซลลูโลสในปริมาณ 2 กรัม ส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ มีระดับความพึงพอใจระดับ ปานกลาง มาก มาก และ ปานกลาง ตามลำดับ ส่วนเต้าหู้ยูนวมสดที่เติมเซลลูโลสในปริมาณ 3 กรัม ส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ มีความพึงพอใจในระดับ ปานกลาง มาก มาก และ ปานกลาง ตามลำดับ โดยความพึงพอใจด้านรสชาติของเต้าหู้ยูนวมสด จากตารางที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเทียบความพึงพอใจกับเต้าหู้ยูนวมสดที่ไม่เติมเซลลูโลส พบว่า เซลลูโลสจากใบอ่อน เมื่อเติมปริมาณ 1 กรัม มีระดับความพึงพอใจสูงขึ้น เติมปริมาณ 2 และ 3 กรัม ความพึงพอใจคงเดิม เมื่อเติมเซลลูโลสจากส่วนของโคนอ่อนปริมาณ 1 2 และ 3 กรัม มีความพึงพอใจสูงขึ้น ส่วนใบแก่เมื่อเติมปริมาณ 1 กรัม มีระดับความพึงพอใจมีค่ามากที่สุด เติมปริมาณ 2 และ 3 กรัม มีระดับความพึงพอใจที่สูงขึ้น ในขณะที่เติมเซลลูโลสจากโคนแก่ไม่ทำให้ความพึงพอใจต่อเต้าหู้ยูนวมสดเปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่า การเติมเซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีปริมาณ 3 กรัม ยังทำให้ผู้รับประทานเกิดความพึงพอใจด้านรสชาติ โดยการเติมเซลลูโลสปริมาณ 1 กรัม ช่วยเพิ่มความพึงพอใจต่อรสชาติได้ดีที่สุด ดังนั้น ปริมาณการเติมจึงขึ้นกับความต้องการเซลลูโลสของผู้บริโภคความมุ่งหวังต่อรสชาติหรือการดูดซึมเพื่อลดน้ำหนัก

ตารางที่ 4.4.2 ความพึงพอใจในระดับต่างๆ ด้านเนื้อสัมผัสเส้นใยของเต้าหอยนมสดที่เติมเซลลูโลส ส่วนต่างๆ ของรูปถ่ายปริมาณที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับเต้าหอยนมสดที่ไม่เติมเซลลูโลส

ความพึงพอใจของผู้บริโภคเต้าหอยนมสดจากการแปรรูปเซลลูโลสด้านเนื้อสัมผัส	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ใบอ่อนปริมาณ 1 g	4.00	2.86	มาก
2. ใบอ่อนปริมาณ 2 g	4.00	2.86	มาก
3. ใบอ่อนปริมาณ 3 g	3.00	2.16	ปานกลาง
4. โคนอ่อนปริมาณ 1 g	4.36	2.77	มาก
5. โคนอ่อนปริมาณ 2 g	2.72	2.48	ปานกลาง
6. โคนอ่อนปริมาณ 3 g	2.18	2.28	น้อย
7. ใบแก่ปริมาณ 1 g	3.81	2.28	มาก
8. ใบแก่ปริมาณ 2 g	2.81	2.68	ปานกลาง
9. ใบแก่ปริมาณ 3 g	2.18	1.64	น้อย
10. โคนแก่ปริมาณ 1 g	3.09	2.77	ปานกลาง
11. โคนแก่ปริมาณ 2 g	4.09	4.38	มาก
12. โคนแก่ปริมาณ 3 g	3.09	1.30	ปานกลาง
13. ไม่เติมเซลลูโลส	3.81	3.89	มาก

ผลการแปรรูปเซลลูโลสจากรูปถ่ายในผลิตภัณฑ์อาหารเต้าหอยนมสดโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ ทางด้านเนื้อสัมผัสเส้นใยในเต้าหอยนมสด โดยเปรียบเทียบส่วนของเต้าหอยนมสดที่ไม่เติมเซลลูโลสกับส่วนที่เติมเซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของรูปถ่ายในอัตราส่วนปริมาณส่วนผสมทั้งหมด (มิลลิลิตร):เซลลูโลส (กรัม) คือ 1370:1 1370:2 และ 1370:3 พบว่าเต้าหอยนมสดที่ไม่เติมเซลลูโลสที่มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 3.81 มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก เต้าหอยนมสดที่เติมเซลลูโลสในปริมาณ 1 กรัม ในส่วนของ ใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ มีระดับความพึงพอใจในระดับ มาก มาก และ ปานกลาง ตามลำดับ เต้าหอยนมสดที่เติมเซลลูโลสในปริมาณ 2 กรัม ส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ มีระดับความพึงพอใจระดับ มาก ปานกลาง ปานกลาง และมาก ตามลำดับ ส่วนเต้าหอยที่เติมเซลลูโลสในปริมาณ 3 กรัม ใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ มีความพึงพอใจในระดับ ปานกลาง น้อย น้อย และปานกลาง ตามลำดับ โดยความพึงพอใจด้านเนื้อสัมผัส

ของเต้าหูนมสด จากตารางที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่า เซลลูโลสจากไบอ่อน เมื่อเติมปริมาณ 1 และ 2 กรัม มีระดับความพึงพอใจคงเดิม และเติมปริมาณ 3 กรัม มีระดับความพึงพอใจลดลง เมื่อเติมเซลลูโลสจากส่วนของโคนอ่อน และไบแก่ ปริมาณ 1 กรัม มีความพึงพอใจคงเดิม เมื่อเติมปริมาณ 2 และ 3 กรัม มีระดับความพึงพอใจลดลง ในขณะที่เมื่อเติมเซลลูโลสจากโคนแก่ปริมาณ 2 กรัม มีระดับความพึงพอใจคงเดิม เมื่อเติมปริมาณ 1 และ 3 กรัม มีระดับความพึงพอใจลดลง เมื่อเทียบกับเต้าหูนมสดที่ไม่ได้เติมเซลลูโลส จากความพึงพอใจด้านเนื้อสัมผัส แสดงให้เห็นว่าอายุของรูปถายี่ที่นำมาสกัดเซลลูโลสไม่มีผลต่อความพึงพอใจด้านเนื้อสัมผัส แต่ส่วนของรูปถายี่ที่ใช้ในการสกัดส่งผลต่อเนื้อสัมผัส โดยส่วนของไบทำให้ได้เซลลูโลสที่มีเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าและการเติมเซลลูโลสในอัตราส่วน 1370:2 ทำให้ความพึงพอใจทางด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสอยู่ในระดับมาก