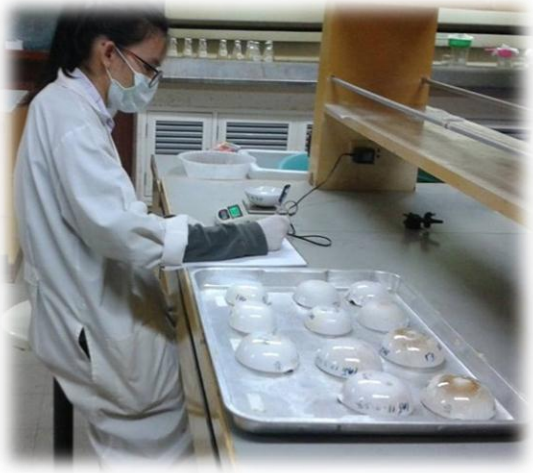
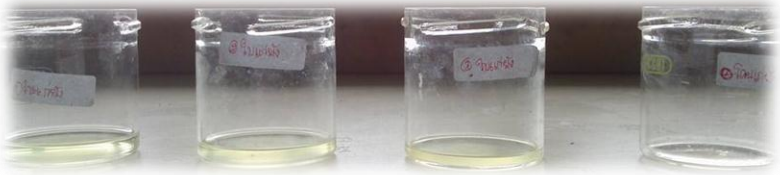
ศึกษาการแปรรูปเซลลูโลสจากธูปฤาษีในดินเค็ม เพื่อผลิตภัณฑ์เส้นใยอาหาร





อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย
ดร.พัชราภรณ์ พิมพ์จันทร์

คณะผู้จัดทำวิจัย

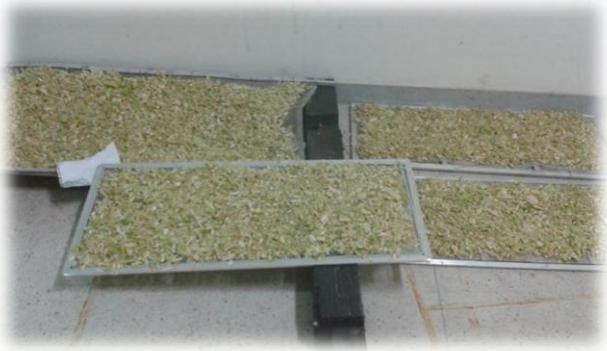
นางสาวสิริกานต์ ดวงดี

นางสาวสุรีย์รัตน์ อู่สูงเนิน

นางสาวแสงระวี บิดร

บทที่ 1 บทนำ

ที่มาและความสำคัญ



วัตถุประสงค์งานศึกษาวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณค่าทางอาหารของต้นธูปฤาษี จากบริเวณดินเค็ม หนองบ่อ ตำบลบรบือ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม
2. เพื่อศึกษาการสกัดเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษี
3. เพื่อศึกษาการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหาร

ขอบเขตงานวิจัย

เก็บตัวอย่างต้นธูปฤาษี จากบริเวณดินเค็ม หนองบ่อ ตำบลบรบือ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.ทราบคุณค่าทางอาหารของต้นธูปฤาษี จากดินเค็ม หนองบ่อ ตำบลบรบือ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม

2. ได้เซลลูโลสจากต้นธูปฤาษี

3. ได้สูตรอาหารเต้าฮวยนมสด

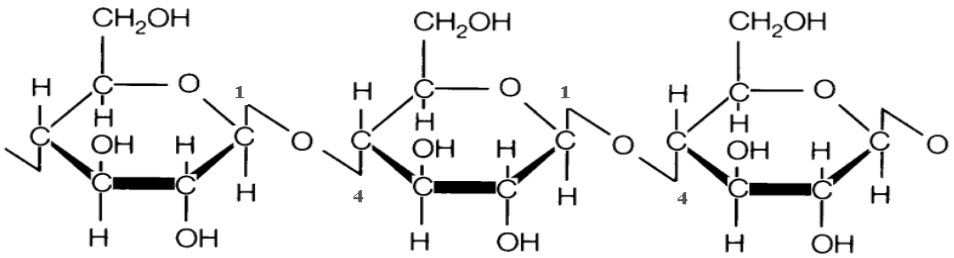
นิยามศัพท์

- ใบแก่ หมายถึง ส่วนของต้นธูปฤาษีที่อยู่เหนือน้ำมีสีเขียวเข้ม และสังเกตได้จากต้นธูปฤาษีที่มีดอกเป็นองค์ประกอบ
- ใบอ่อน หมายถึง ส่วนของต้นธูปฤาษีที่อยู่เหนือน้ำมีสีเขียว และสังเกตได้จากต้นธูปฤาษีที่ไม่มีดอกเกิดขึ้น
- โคนแก่ หมายถึง ส่วนของต้นธูปฤาษีที่บริเวณเหนือรากมีลักษณะสีขาวโดยสังเกตจากต้นที่มีดอกเป็นองค์ประกอบ
- โคนอ่อน หมายถึง ส่วนของต้นธูปฤาษีที่บริเวณเหนือรากมีลักษณะสีขาวโดยสังเกตจากต้นที่ไม่มีดอกเป็นองค์ประกอบ

บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

เซลลูโลส

เซลลูโลส (cellulose) เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ในพืช ซึ่งเป็นเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ โครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส (Glucose) ต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic Bond) ชนิด เบต้า - 1,4 เป็นสายยาวมากกว่า 2,000 หน่วย แต่ละสายของเซลลูโลสเรียงตัวขนานกัน จับกันอย่างหลวมๆ เซลลูโลสมีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารเป็นอย่างมาก เนื่องด้วยคุณสมบัติในการเป็นสารเพิ่มปริมาณ (Bulking agent) สารที่ทำให้คงตัว (Stabilizer) สารให้ความข้นหนืด (Thickener) และสารกันการรวมตัวเป็นก้อน (Anticaking agent) สามารถดูดซับน้ำหรือซับกับน้ำมันได้ดี ในอุตสาหกรรมอาหารมีการนำเซลลูโลสมาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในน้ำผลไม้ ช่วยลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด และช่วยเพิ่มการพองตัวในขนมขบเคี้ยว เป็นต้น (Ang& Miller, 1990)



โครงสร้างเซลลูโลส

เส้นใยอาหาร

เส้นใยอาหารหรือที่มักเรียกกันว่า ไฟเบอร์ (fiber) มี 2 กลุ่ม คือ เส้นใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำได้ (soluble fiber) เช่น เพคติน (pectin) มิวสิเลจ (mucilage) เมื่อละลายน้ำจะมีลักษณะคล้ายเจล เมื่อรับประทานเข้าไป ในทางเดินอาหาร เส้นใยอาหารชนิดนี้จะจับกับโมเลกุลของไขมันได้ จึงส่งผลให้สารอาหารต่างๆที่ละลายในน้ำและสารอาหารจำพวกไขมันไม่สามารถถูกย่อยและถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือดได้ ทำให้มีผลในการลดระดับคลอเลสเตอรอลและระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติได้ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) เช่น เซลลูโลส (cellulose) เมื่อรับประทานเข้าไปทำให้เกิดการพองตัว เป็นเสมือนกากอาหารที่ทำให้กระเพาะเต็มจึงเสมือนเป็นการรับประทานอาหารเท่าเดิม แต่อ้วนน้อยลง และทำให้อุจจาระมีการเคลื่อนที่ผ่านลำไส้ใหญ่ได้รวดเร็วขึ้น สามารถใช้แก้ไขภาวะท้องผูกได้

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฐิตา ฟูเผ่า และคณะ ศึกษาวิธีการสกัดเซลลูโลสจากเมล็ดมะรุม 2 วิธี ได้แก่ การสกัดเบื้องต้นด้วยน้ำร้อนหรือเอนไซม์ร่วมกับวิธีการสกัดด้วยด่าง ผลการศึกษาพบว่า องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดมะรุมประกอบด้วยปริมาณเส้นใยสูงถึง 31.03% โดยน้ำหนักแห้ง และวิธีการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมคือการสกัดเบื้องต้นด้วยน้ำร้อนร่วมกับวิธีการสกัดด้วยด่าง

เมล็ดมะรุม

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

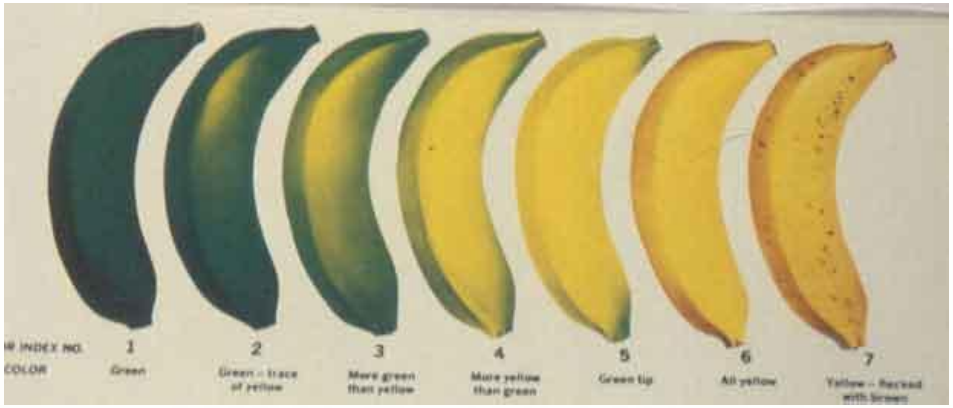
ดุษฎี สุริยพรรณพงศ์ ศึกษาหากระบวนการผลิตเซลลูโลสสำหรับใช้ทางเภสัชกรรมจากใบผักตบชวา ก้านผักตบชวา ใบธูปฤาษี และกากชานอ้อย โดยวิธีย่อยด้วยกรด และคุณสมบัติของเซลลูโลสที่ผลิตได้ พบว่า เมื่อพิจารณาถึงอัตราการพองตัว พบว่าผงเซลลูโลสที่ผลิตจากกากชานอ้อยมีการพองตัวที่ดีที่สุด รองลงมาคือเซลลูโลสที่ผลิตจากธูปฤาษี และชนิดที่มีการพองตัวต่ำที่สุดคือผงเซลลูโลสที่ได้จากทั้งส่วนใบและก้านของผักตบชวา

ต้นธูปฤาษี

ชานอ้อย

ผักตบชวา

เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และ จิราภรณ์ สอดจิตร ศึกษาการเพิ่มมูลค่าของเปลือกกล้วยโดยผลิตเป็นเซลลูโลส เปลือกกล้วยที่ใช้ในการทดลอง คือ เปลือกกล้วยระยะ 5 6 และ 7 เพื่อคัดระยะการสุกที่เหมาะสมในการผลิตเซลลูโลส พบว่าเปลือกกล้วยสุกระยะ 5 มีปริมาณเซลลูโลสสูงสุดและมากกว่าระยะ 6 และ 7



ระยะการสุก 7 ระยะของกล้วยจำแนกจากสีผิวภายนอก (ที่มา Dole, 1997)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

การเตรียมตัวอย่างธูปฤาษี

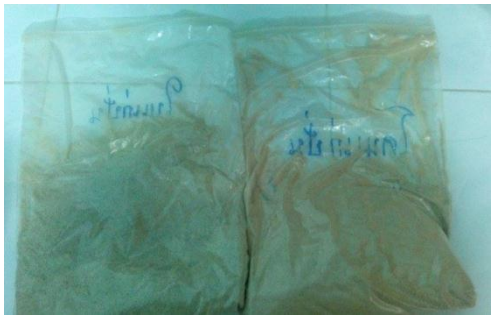
แบ่งธูปฤาษีออกเป็น 4 ส่วน นำไปล้างน้ำสะอาด

หั่นเป็นชิ้นขนาด 1x1 cm. ผึ่งลม 48 ชม.

อบที่ 60 °C จนแห้ง

ปั่นตัวอย่างให้ละเอียด

นำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 45 mesh



เก็บใส่ถุงซิปล็อค เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

การสกัดเซลลูโลส

นำตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างมา

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างธูปฤาษีแต่ละส่วน

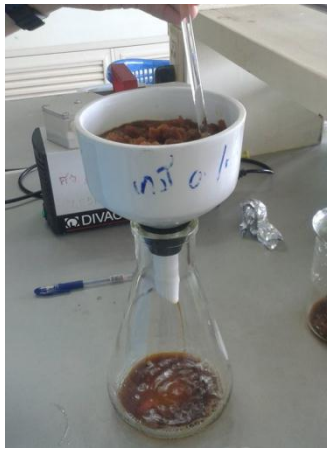
เติม เอทานอล 90% 100 ml

ควบคุมอุณหภูมิที่ 55-60 °C 24 ชม. กำจัดไขมัน

กรองและล้างด้วยน้ำกลั่น 300 ml 2 ครั้ง

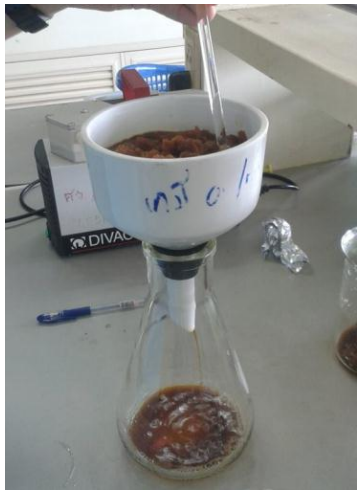
เติมครั้งที่ 1 NaOH 15%w/w 150 ml 55-60 °C 24 ชม. กำจัดโปรตีน

การสกัดเซลลูโลส(ต่อ)



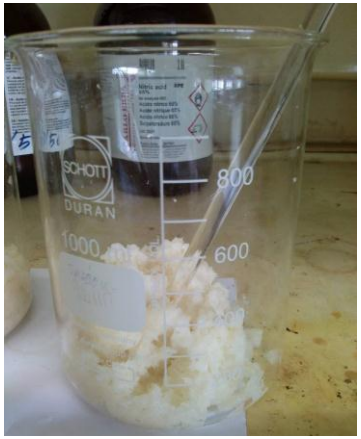
กรองและล้างด้วยน้ำกลั่น
จน pH ≈ 7

เติมครั้งที่ 2 NaOH 12%w/w
100 ml 55-60 °C 5 ชม.

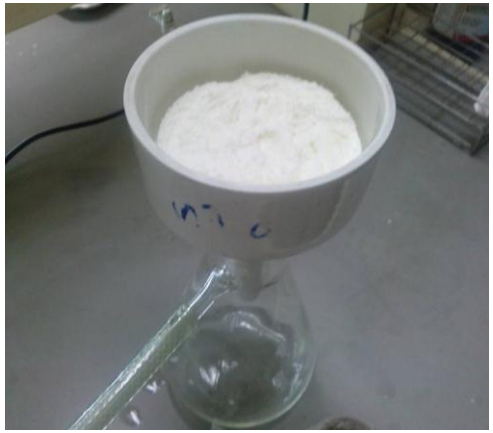


กรองและล้างด้วยน้ำกลั่น
จน pH ≈ 7

เติม โซเดียมไฮโปไลด์ 8-12%และ
กรดแอซิติกเข้มข้น อัตราส่วน 1:1



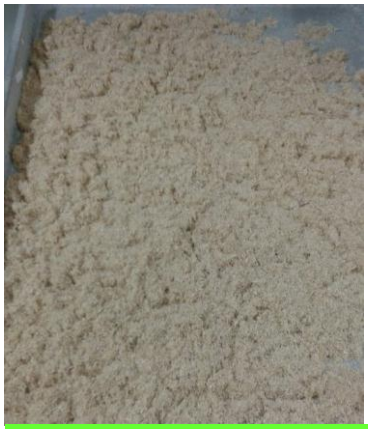
เวลา 45 นาที
เพื่อฟอกสี



กรองและล้างด้วยน้ำกลั่น
จน pH ≈ 7

การสกัดเซลลูโลส(ต่อ)

อบที่ 60 ^{o}C 5 ชม. จน
น้ำหนักคงที่



ใบอ่อนที่ผ่านการฟอกสี

ใบแก่ที่ผ่านการฟอกสี

โคนอ่อนที่ผ่านการฟอกสี

โคนแก่ที่ผ่านการฟอกสี

เก็บใส่ถุงซิปล็อคเพื่อนำไป
วิเคราะห์ในลำดับต่อไป

ข้อควรรู้ก่อนการทดลอง

ตัวอย่าง คือ

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมาจากธูปฤาษีในส่วนต่างๆมี ดังนี้

ตัวอย่างธูปฤาษี	ตัวอย่างเซลลูโลสธูปฤาษี
โคนแก่	โคนแก่
โคนอ่อน	โคนอ่อน
ใบแก่	ใบแก่
ใบอ่อน	ใบอ่อน
รวม 8 ตัวอย่าง	

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

- 1.การวิเคราะห์หาความชื้น
- 2.การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า
- 3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
- 4.การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน
- 5.การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใยหยาบ
- 6.การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต
- 7.การวิเคราะห์หาปริมาณปริมาณโฮโลเซลลูโลส
  - การวิเคราะห์หาปริมาณ α - cellulose
- 8. การวิเคราะห์หาปริมาณลิกนิน

การศึกษาความบริสุทธิ์ของเซลลูโลส

ศึกษาโครงสร้างผลึก

x-ray diffractrometer

การศึกษาสูตรอาหาร

วัตถุดิบและอัตราส่วนสำหรับการทำเต้าฮวยนมสด

1.การทำตัวเต้าฮวย

น้ำสะอาด 1 ถ้วยตวง
นมสดจืด 1 ถ้วยตวง
นมข้นจืด 1 ถ้วยตวง
นมข้นหวาน 7-8 ช้อนโต๊ะ
ผงวุ้น 1 ช้อนชา
ผงเซลลูโลสจากธูปฤาษีที่ได้จากการทดลอง

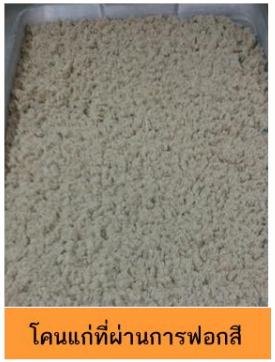
2.การทำน้ำราดเต้าฮวย

นมสดจืด 1/2 ถ้วยตวง
นมข้นจืด 1/2 ถ้วยตวง
นมข้นหวาน 1/2 ถ้วยตวง

ใบอ่อนที่ผ่านการฟอกสี

ใบแก่ที่ผ่านการฟอกสี

โคนอ่อนที่ผ่านการฟอกสี


โคนแก่ที่ผ่านการฟอกสี

การทำตัวเต้าฮวย

1. เติมน้ำ 1 ถ้วยตวงใส่หม้อไฟฟ้า

2. เติมนมจืด 1 ถ้วยตวง

3. เติมนมข้นจืด 1 ถ้วยตวง

4. เติมนมข้นหวาน 7-8 ช้อนโต๊ะ

5. เติมผงเซลลูโลสจากธูปฤาษีที่ฟอกสี

6. เติมผงวุ้น 1 ช้อนชา

7. กรองด้วยตะแกรงตาถี่

8. เทใส่ถ้วยพลาสติก

9. นำไปแช่เย็น 30 นาที

การทำน้ำราดเต้าฮวย

เติมนมจืด 1/2 ถ้วยตวง

เติมนมข้นหวาน 1/2 ถ้วยตวง

เติมนมข้นจืด 1/2 ถ้วยตวง

รวม ตัวเต้าฮวย + น้ำราดเต้าฮวย

เติมผลไม้ขนาดเท่าลูกเต๋า(เจาะกระป๋อง)

เติมน้ำราดเต้าฮวย

ปิดฝาถ้วยพลาสติก

นำเข้าแช่ตู้เย็นเพื่อการรับประทานต่อไป

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย และอภิปรายผลการวิจัย

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย

ตอนที่ 1 คุณค่าทางอาหารของต้นธูปฤาษี และเซลลูโลสจากธูปฤาษีที่ขึ้นบริเวณดินเค็ม หนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม

ตอนที่ 2 การสกัดเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษี

ตอนที่ 3 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษี

ตอนที่ 4 ผลการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ

ตอนที่ 1 คุณค่าทางอาหารของต้นธูปฤาษี และเซลลูโลสจากธูปฤาษีที่ขึ้นบริเวณดินเค็ม หนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม

1.ความชื้น (AOAC, 2000)

ทำการวิเคราะห์ความชื้นในตัวอย่างธูปฤาษีและความชื้นในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี AOAC, 2000

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณร้อยละของความชื้นในตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลส

ตัวอย่าง	ร้อยละของความชื้น(%)	
	ธูปฤาษี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	80.2512	3.3151
โคนอ่อน	88.9912	1.7594
ใบแก่	78.5960	2.9018
โคนแก่	85.5792	1.6257

จากการศึกษาพบว่าการสกัดเซลลูโลสที่ชนิดไมโครคริสตรอลลีน เซลลูโลส (microcrystalline celluloses : MCC) มีความชื้น 1.6 – 10.9% (Changquan Calvin Sun, 2015) สอดคล้องกับความชื้นในเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีที่ได้ พบว่าส่วนโคนมีความชื้นสูงกว่าส่วนใบ เนื่องจากอวบน้ำมากกว่าส่วนใบแต่เมื่อสกัดเซลลูโลสแล้วพบว่าเซลลูโลสส่วนใบมีความชื้นสูงกว่า แสดงว่าเซลลูโลสที่สกัดจากใบมีความสามารถในการดูดความชื้นได้มากกว่าส่วนโคน

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

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณร้อยละของปริมาณเถ้าในตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลส

ตัวอย่าง	ร้อยละของเถ้า(%)	
	ธูปฤาษี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	7.4363	1.5785
โคนอ่อน	9.4085	1.6889
ใบแก่	7.5771	1.7644
โคนแก่	8.5040	0.7967

เซลลูโลสที่สกัดได้มีปริมาณเถ้าน้อยกว่าเซลลูโลสที่สกัดจากแกลบที่มีปริมาณเถ้า 16.52% และเซลลูโลสที่สกัดจากถั่วมีปริมาณเถ้า 3.36% (Abeer M Adel, 2010) พบว่าตัวอย่างธูปฤาษีส่วนใบแก่มีปริมาณเถ้ามากที่สุด และโคนแก่มีปริมาณเถ้าน้อยที่สุด ดังนั้นอาหารที่ดีควรมีเถ้าน้อยที่สุด เพราะเป็นส่วนที่ไร้ประโยชน์ ถ้าปริมาณเถ้าสูงแสดงว่าอาจมีการปลอมปนสารอื่นเข้ามาในอาหารนั้น (อัจฉรินทร สาจักร์, 2554)

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

ทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณโปรตีนในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษี ตามวิธี Model Kjeltec System 1002, Tecator, Sweden

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณร้อยละของปริมาณโปรตีนในตัวอย่างธูปฤาษี

ตัวอย่าง	ร้อยละของโปรตีน(%)	
	ธูปฤาษี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	0.9850	0.0000
โคนอ่อน	0.4576	0.0000
ใบแก่	0.7570	0.0000
โคนแก่	0.2958	0.0000

สอดคล้องกับผลการวิจัยการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกกล้วย 1.65 ±0.01% (เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และคณะ,2554) พบว่าปริมาณโปรตีนที่ได้จากธูปฤาษีในดินเค็มมีปริมาณโปรตีนที่สูง แต่หลังจากสกัดเซลลูโลสพบว่าไม่พบปริมาณโปรตีนในเซลลูโลส แสดงว่าในกระบวนการสกัดเซลลูโลสสามารถกำจัดองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนได้หมด

4. ปริมาณไขมัน (Model TFE 2000, Leco, USA) โดยใช้เครื่อง buchi

ทำการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณไขมันในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษี ตามวิธี Model TFE 2000, Leco, USA โดยใช้เครื่อง buchi

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณร้อยละของไขมันในตัวอย่างธูปฤาษี

ตัวอย่าง	ร้อยละของไขมัน (%)	
	ธูปฤาษี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	0.9934	1.3104
โคนอ่อน	1.3202	1.9933
ใบแก่	1.3201	0.9836
โคนแก่	1.3267	1.9867

ในการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยพบว่ามีปริมาณไขมัน 2.57 ± 0.10% (เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และคณะ, 2554) เห็นได้ว่าตัวอย่างธูปฤาษีส่วนโคนมีไขมันสูงกว่าส่วนใบเล็กน้อย เนื่องจากพืชมีสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารอินทรีย์ที่ สารที่ถูกสกัดได้นอกจากไขมัน และยังมีสารที่เป็นสารเคลือบผิวของพืชมีประมาณมากกว่าส่วนใบเล็กน้อย แต่เมื่อสกัดเซลลูโลส พบว่าเซลลูโลสส่วนโคนมีความสามารถในการเก็บกักไขมันได้มากกว่าส่วนใบ

5. ปริมาณเยื่อใยหยาบ (AOAC, 1990)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยหยาบในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณเยื่อใยหยาบในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี AOAC,1990

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณร้อยละของเยื่อใยหยาบในตัวอย่างธูปฤาษี

ตัวอย่าง	ร้อยละของเยื่อใยหยาบ(%)	
	ธูปฤาษี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	33.8473	61.7120
โคนอ่อน	33.6915	65.3510
ใบแก่	29.1305	63.3781
โคนแก่	36.6170	67.0951

จะเห็นได้ว่าตัวอย่างธูปฤาษีส่วนโคนแก่มีเยื่อใยหยาบสูงกว่าส่วนใบ เนื่องจากมีปริมาณเส้นใยมากกว่าส่วนใบ ในขณะที่ธูปฤาษีอ่อนมีปริมาณเยื่อใยหยาบใกล้เคียงกัน และเมื่อสกัดเซลลูโลสแล้ว พบว่าเซลลูโลสส่วนโคนมีเยื่อใยหยาบสูงกว่า แสดงว่าเซลลูโลสที่สกัดจากโคนมีคุณสมบัติในการเป็นเส้นใยได้มากกว่าส่วนใบ

6. ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี AOAC,1990

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณร้อยละของคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างธูปฤาษี

ตัวอย่าง	ร้อยละของคาร์โบไฮเดรต (%)	
	ธูปฤาษี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	58.7006	66.8989
โคนอ่อน	57.1884	66.0401
ใบแก่	59.9066	68.0456
โคนแก่	57.2088	65.9428

จากการศึกษาพบว่าเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 52.66 ± 0.64% ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์เป็นผงแปรรูปในผลิตภัณฑ์ขนมเค้กเนยสด(เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์และคณะ, 2554) แสดงว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตในธูปฤาษีและเซลลูโลสจากธูปฤาษีเหมาะสมในการแปรรูปเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารได้ และตัวอย่างธูปฤาษีส่วนใบมีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าส่วนโคน เนื่องจากพืชมีการเปลี่ยนน้ำตาลให้กลายเป็นแป้งหรือการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นที่ใบทำให้ส่วนใบมีคาร์โบไฮเดรตมากกว่าส่วนโคน เมื่อสกัดเซลลูโลสแล้ว จึงทำให้เซลลูโลสจากส่วนใบมีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าเช่นกัน

7. ปริมาณสารอินทรีย์ (T 204 Om88)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี T 204 Om88

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณร้อยละของสารอินทรีย์ในตัวอย่างธูปฤาษี

ตัวอย่าง	ร้อยละของสารอินทรีย์ (%)	
	ธูปฤาษี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	17.8132	1.9753
โคนอ่อน	15.7344	1.6069
ใบแก่	13.8675	1.6109
โคนแก่	11.9866	1.0975

ปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างของพืชแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน ขึ้นกับองค์ประกอบของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน จากผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่าเซลลูโลสของธูปฤาษี ส่วนใบมีปริมาณสารอินทรีย์สูงกว่าส่วนโคน

8. ปริมาณโฮโลเซลลูโลส (T 204 Om88)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารโฮโลเซลลูโลสในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณโฮโลเซลลูโลสในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี T 204 Om88

ตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณร้อยละของโฮโลเซลลูโลสในตัวอย่างธูปฤาษี

ตัวอย่าง	ร้อยละของโฮโลเซลลูโลส (%)	
	ธูปฤาษี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	66.1635	67.4074
โคนอ่อน	57.8257	57.1110
ใบแก่	64.8935	62.5525
โคนแก่	52.5249	54.6117

โฮโลเซลลูโลสพบในเซลล์พืชโดยรวมอยู่กับสารอื่นๆ เช่น ลิกนิน หรือ เซลลูโลส ซึ่งเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ (จักรพงศ์ สัง-โชติ และคณะ, 2555) พบว่าซังข้าวโพดและฟางข้าวมีปริมาณโฮโลเซลลูโลส 22.90% และ 22.06% ตามลำดับ จากปริมาณโฮโลเซลลูโลสของธูปฤาษีในดินเค็มและธูปฤาษีหลังสกัด แสดงว่าธูปฤาษีเป็นพืชที่มีปริมาณโฮโลเซลลูโลสสูงมาก

9. ปริมาณ - เซลลูโลส (Zobel et al., 1996)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณ α- เซลลูโลสในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณ α- เซลลูโลสในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี Zobel et al., 1996 ได้ผลดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณร้อยละของ α-เซลลูโลสในตัวอย่างธูปฤาษี

ตัวอย่าง	ร้อยละของα-เซลลูโลส(%)	
	ธูปฤาษี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	77.8268	60.1872
โคนอ่อน	54.4400	77.3541
ใบแก่	38.0137	42.6151
โคนแก่	63.9456	86.5128

ซึ่งการศึกษาพืช ได้แก่ ก๋ง แขม ธูปฤาษี เลา ลำเอียก หญ้าขจรจบดอกเล็ก หญ้าคา และหญ้าเนเปียร์ จากการเปลี่ยนเชิงชีวภาพของ α-เซลลูโลสจากวัชพืชไปเป็นเอทานอล โดยอาศัยการย่อยด้วยกรดและด่าง พืชทั้งหมดมีปริมาณ α-เซลลูโลส อยู่ในช่วง 32.1 – 42.5% (ศรัญญา ยิ้มย่อง, 2547) เห็นได้ว่าตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลสจากธูปฤาษีมีปริมาณ α-เซลลูโลสสูงกว่าพืชทั่วไปจึงเหมาะสมในการแปรรูปใช้ประโยชน์จากเส้นใยได้ดี

10. ปริมาณลิกนิน (T 204 Om88)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณลิกนินในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณลิกนินในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษี ตามวิธี T 204 Om88

ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณร้อยละของลิกนินในตัวอย่างธูปฤาษี

ตัวอย่าง	ร้อยละของลิกนิน(%)	
	ธูปฤาษี	เซลลูโลส
ใบอ่อน	8.9214	0.4038
โคนอ่อน	14.5461	0.0421
ใบแก่	16.7516	0.1433
โคนแก่	11.4296	0.6528

ขณะที่เซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีมีลิกนิน 0.4038% 0.0421% 0.1433% และ 0.6528% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีมีปริมาณลิกนินต่ำจะส่งผลดี เนื่องจากร่างกายมีปริมาณลิกนินมากเกินไปอาจมีผลชะลอการดูดซึมสารอาหารบางชนิดในลำไส้เล็ก

ตอนที่ 2 การสกัดเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษี

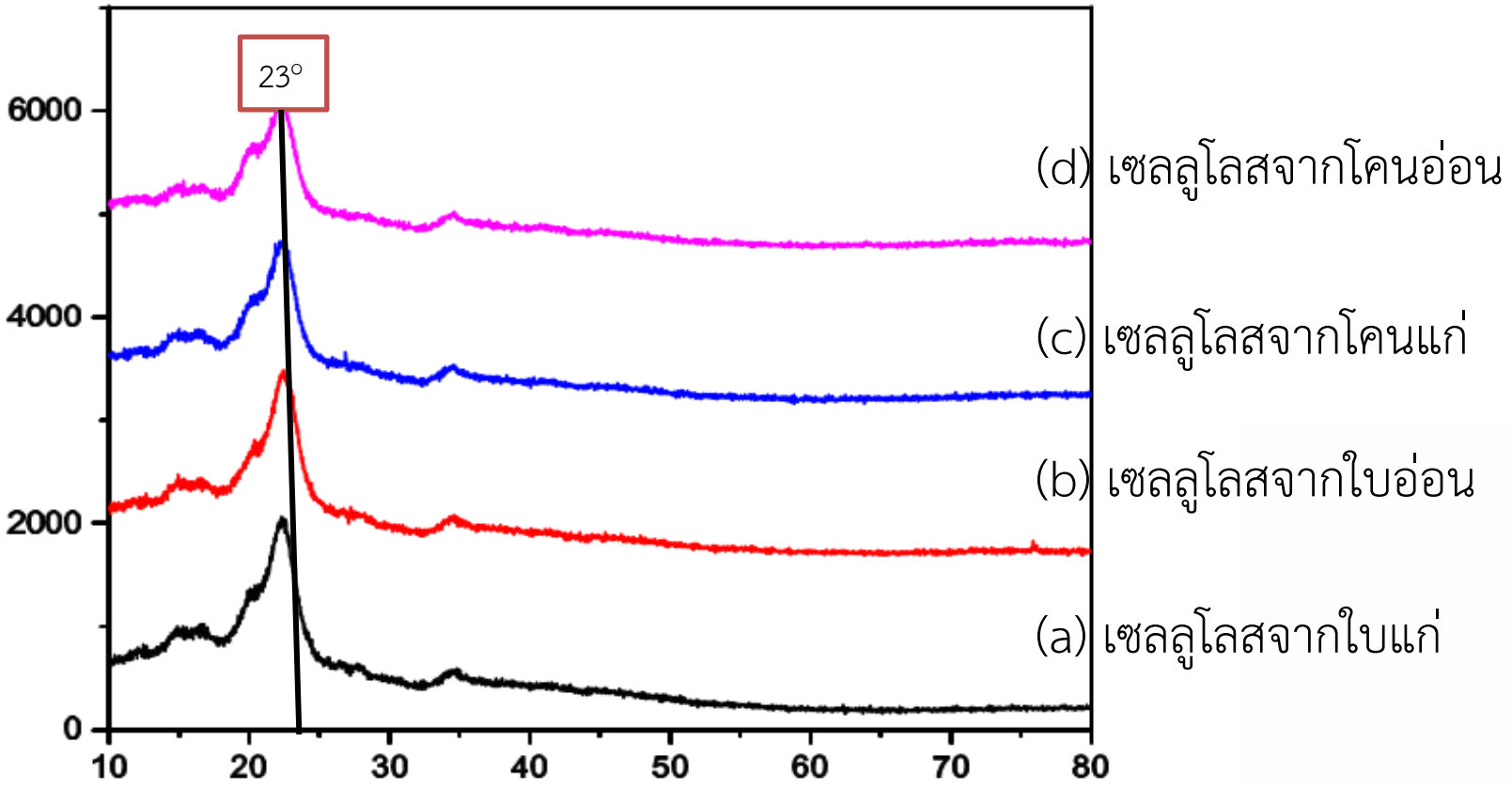
จากขั้นตอนการสกัดเซลลูโลสของส่วนต่างๆ ของธูปฤาษี ได้แก่ ใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่และ โคนแก่ ตามลำดับสามารถคิดเป็นร้อยละของผลผลิตที่สกัดได้

ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณเป็นร้อยละของเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีส่วนต่างๆ

ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	เซลลูโลสที่ได้จากการสกัด(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 โดยน้ำหนักของตัวอย่างธูปฤาษีคือ ใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ โดยทำการสกัดจำนวน 3 ซ้ำ ในแต่ละตัวอย่าง จากนั้นหาค่าเฉลี่ยและเทียบกับปริมาณเริ่มต้น 20 กรัม พบว่าเซลลูโลสที่สกัดได้มีปริมาณ 23.90% 25.90% 21.83% และ 26.55% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตัวอย่างธูปฤาษีส่วนโคนสามารถเตรียมเซลลูโลสได้มากกว่าส่วนใบ

ตอนที่ 3 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษี



ภาพที่ 4.1 X-ray diffraction patterns of เซลลูโลสของต้นธูปฤาษี

ตอนที่ 4 ผลการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ

ตารางที่ 4.12 แสดงความพึงพอใจในระดับต่างๆ ด้านรสชาติของเต้าฮวยนมสด

ความพึงพอใจของผู้บริโภคเต้าฮวยนมสดจากการแปรรูปเซลลูโลสด้านรสชาติ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ใบอ่อนปริมาณ 1 g	4.00	1.78	มาก
2. ใบอ่อนปริมาณ 2 g	2.63	1.51	ปานกลาง
3. ใบอ่อนปริมาณ 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. ใบแก่ปริมาณ 1 g	4.54	3.34	มากที่สุด
8. ใบแก่ปริมาณ 2 g	4.00	3.83	มาก
9. ใบแก่ปริมาณ 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

ตอนที่ 4 ผลการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ

ตารางที่ 4.12 แสดงความพึงพอใจในระดับต่างๆ ด้านรสชาติของเต้าฮวยนมสด

ความพึงพอใจของผู้บริโภคเต้าฮวยนมสดจากการแปรรูปเซลลูโลสด้านรสชาติ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ใบอ่อนปริมาณ 1 g	4.00	1.78	มาก
2. ใบอ่อนปริมาณ 2 g	2.63	1.51	ปานกลาง
3. ใบอ่อนปริมาณ 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. ใบแก่ปริมาณ 1 g	4.54	3.34	มากที่สุด
8. ใบแก่ปริมาณ 2 g	4.00	3.83	มาก
9. ใบแก่ปริมาณ 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

ตอนที่ 4 ผลการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ

ตารางที่ 4.12 แสดงความพึงพอใจในระดับต่างๆ ด้านรสชาติของเต้าฮวยนมสด

ความพึงพอใจของผู้บริโภคเต้าฮวยนมสดจากการแปรรูปเซลลูโลสด้านรสชาติ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ใบอ่อนปริมาณ 1 g	4.00	1.78	มาก
2. ใบอ่อนปริมาณ 2 g	2.63	1.51	ปานกลาง
3. ใบอ่อนปริมาณ 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. ใบแก่ปริมาณ 1 g	4.54	3.34	มากที่สุด
8. ใบแก่ปริมาณ 2 g	4.00	3.83	มาก
9. ใบแก่ปริมาณ 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

ตอนที่ 4 ผลการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ

ตารางที่ 4.13 แสดงความพึงพอใจในระดับต่างๆ ด้านเนื้อสัมผัสเส้นใย

ความพึงพอใจของผู้บริโภคเต้าฮวยนมสดจากการแปรรูปเซลลูโลสด้านเนื้อสัมผัส	$\bar{X}$	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

ตอนที่ 4 ผลการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ

ตารางที่ 4.13 แสดงความพึงพอใจในระดับต่างๆ ด้านเนื้อสัมผัสเส้นใย

ความพึงพอใจของผู้บริโภคเต้าฮวยนมสดจากการแปรรูปเซลลูโลสด้านเนื้อสัมผัส	$\bar{X}$	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

ตอนที่ 4 ผลการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ

ตารางที่ 4.13 แสดงความพึงพอใจในระดับต่างๆ ด้านเนื้อสัมผัสเส้นใย

ความพึงพอใจของผู้บริโภคเต้าฮวยนมสดจากการแปรรูปเซลลูโลสด้านเนื้อสัมผัส	$\bar{X}$	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

บทที่ 5 สรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงคุณค่าทางอาหารของเซลลูโลสจากธูปฤาษี

คุณค่าทางอาหาร	ตัวอย่างเซลลูโลสจากธูปฤาษี (%)			
	ใบอ่อน	โคนอ่อน	ใบแก่	โคนแก่
ความชื้น	3.3151	1.7594	2.9018	1.6257
เถ้า	1.5785	1.6889	1.7644	0.7967
โปรตีน	0	0	0	0
ไขมัน	1.3104	1.9933	0.9836	1.9867
เยื่อใยหยาบ	61.7120	65.3510	63.3781	67.0951
คาร์โบไฮเดรต	66.8989	66.0401	68.0456	65.9428
สารอินทรีย์	1.9753	1.6069	1.6109	1.0975
โฮโลเซลลูโลส	67.4074	57.1110	62.5525	54.6117
แอลฟาเซลลูโลส	60.1872	77.3541	42.6151	86.5128
ลิกนิน	0.4038	0.0421	0.1433	0.6528%

5.1 สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 2 การสกัดเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษี

ตัวอย่าง	น้ำหนักเริ่มต้น(กรัม)	เซลลูโลสที่ได้จากการสกัด(กรัม)				% cellulose ที่ได้จาก
		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

5.1 สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 3 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของเซลลูโลสที่ได้จากการสกัดจากธูปฤาษี

เซลลูโลสที่ได้จากการสกัดส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีในส่วนของ ใบแก่ ใบอ่อน โคนแก่ และโคนอ่อน มีการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเครื่อง X-ray diffraction พบพีคที่ 2-theta ที่ตำแหน่งเดียวกันคือ 23° ซึ่งตรงกับพีคของเซลลูโลสบริสุทธิ์ จึงยืนยันได้ว่าสามารถสกัดเซลลูโลสได้จากส่วนต่างๆของธูปฤาษี(Ahmed and Jong, 2015)

5.1 สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 4 ผลการการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ

การเติมเซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีปริมาณ 3 กรัม ยังทำให้ผู้รับประทานเกิดความพึงพอใจด้านรสชาติ โดยการเติมเซลลูโลสอัตราส่วน 1370:1 ช่วยเพิ่มความพึงพอใจต่อรสชาติได้ดีที่สุด และการเติมเซลลูโลสอัตราส่วน 1370:2 ทำให้ผู้รับประทานเกิดความพึงพอใจด้านเนื้อสัมผัสในระดับสูงกว่าไม่เติม ดังนั้นปริมาณการเติมจึงขึ้นกับความต้องการเซลลูโลสของผู้บริโภคว่ามุ่งหวังต่อรสชาติและเนื้อสัมผัสที่รับประทานง่าย หรือการดูดซึมเพื่อลดน้ำหนัก

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษาวิจัยเรื่องการแปรรูปเซลลูโลสจากธูปฤาษีในดินเค็มเพื่อผลิตภัณฑ์เส้นใยอาหาร มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. เต้าฮวยนมสดที่ผสมเซลลูโลสจากธูปฤาษี ส่วนใบแก่ให้รสชาติที่อร่อยลงตัว น่ารับประทานกว่า เต้าฮวยนมสดที่ผสมเซลลูโลสจากธูปฤาษี ส่วนใบอ่อน โคนอ่อน และโคนแก่

. เต้าฮวยนมสดที่ผสมเซลลูโลสปริมาณ 1 กรัมรับประทานง่าย ส่วนเต้าฮวยนมสดที่ผสมเซลลูโลสปริมาณ 2-3 กรัม รับประทานยาก

3. ควรเพิ่มสีสันของเต้าฮวยนมสดให้น่ารับประทาน

4. ควรเพิ่มรสชาติหวานให้ทานง่ายขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

1. ในขั้นตอนการล้างตัวอย่างด้วยผ้าขาวบาง จะทำให้มีการสูญเสียตัวอย่างในปริมาณมาก ในการทำจึงควรมีการระมัดวังให้มากขึ้น และควรใช้กระดาษกรองแทนเพื่อลดการสูญเสียสารตัวอย่าง

2. ในการสกัดเซลลูโลส ควรระมัดระวังเซลลูโลสที่ได้อาจจะมีสารที่ไม่ต้องการเจือปนอยู่สังเกตได้จากสี ถ้าเป็นเซลลูโลสจะได้สีขาว แต่ถ้าได้สีอื่น เช่น สีดำ น้ำตาล แสดงว่าอาจกำจัดลิกนินไม่หมด เมื่อนำมารับประทาน จะทำให้ท้องเสียได้

Thank You!