**บทที่ 4**

**ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง**

งานวิจัยเรื่อง การแปรรูปเซลลูโลสจากธูปฤาษีในดินเค็มเพื่อผลิตภัณฑ์เส้นใยอาหารได้ผลการทดลองตามลำดับ ดังนี้

4.1 คุณค่าทางอาหารของต้นธูปฤาษี และเซลลูโลสจากธูปฤาษีที่ขึ้นบริเวณดินเค็ม หนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม

4.2การสกัดเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษี

4.3การพิสูจน์เอกลักษณ์ของเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษี

4.4ผลการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ

 **4.1 คุณค่าทางอาหารของต้นธูปฤาษีและเซลลูโลสจากธูปฤาษีที่ขึ้นบริเวณดินเค็ม หนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม**

จากการศึกษาคุณค่าทางอาหารของต้นธูปฤาษีและเซลลูโลสจากธูปฤาษี โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเยื่อใยหยาบ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณสารอินทรีย์ ปริมาณโฮโลเซลลูโลส ปริมาณ α–cellulose และปริมาณลิกนิน ตามลำดับ ได้ผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

**4.1.1 ความชื้น** (AOAC, 2000)

ทำการวิเคราะห์ความชื้นในตัวอย่างธูปฤาษีและความชื้นในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี AOAC, 2000 ได้ผลดังตารางที่ 4.1.1

**ตารางที่ 4.1.1** ปริมาณร้อยละของความชื้นในตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลส

|  |  |
| --- | --- |
| **ตัวอย่าง** | **ร้อยละของความชื้น (%)** |
| **ธูปฤาษี** | **เซลลูโลส** |
| ใบอ่อน | 80.25 | 3.31 |
| โคนอ่อน | 88.99 | 1.75 |
| ใบแก่ | 78.59 | 2.90 |
| โคนแก่ | 85.57 | 1.62 |

 จากการศึกษาปริมาณความชื้นในตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆของธูปฤาษีในส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่าธูปฤาษีมีความชื้น 80.25% 88.99% 78.59% และ 85.57% ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างเซลลูโลสสกัดจากธูปฤาษีมีความชื้น 3.31% 1.75% 2.90% และ 1.62% ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าการสกัดเซลลูโลสที่มีขนาดอนุภาคในระดับไมโคร (Micro Crystalline Celluloses: MCC) มีความชื้น 1.6–10.9% (Changquan Calvin Sun, 2015) สอดคล้องกับความชื้นในเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีที่ได้ จากการศึกษาพบว่าส่วนโคนมีความชื้นสูงกว่าส่วนใบ เนื่องจากอวบน้ำมากกว่าส่วนใบแต่เมื่อสกัดเซลลูโลสแล้ว จากการศึกษาเซลลูโลสส่วนใบมีความชื้นสูงกว่า แสดงว่าเซลลูโลสที่สกัดจากใบมีความสามารถในการดูดความชื้นได้มากกว่าส่วนโคน

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

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

**ตารางที่ 4.1.2** ปริมาณร้อยละของปริมาณเถ้าในตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลส

|  |  |
| --- | --- |
| **ตัวอย่าง** | **ร้อยละของเถ้า (%)** |
| **ธูปฤาษี** | **เซลลูโลส** |
| ใบอ่อน | 7.43 | 1.57 |
| โคนอ่อน | 9.40 | 1.68 |
| ใบแก่ | 7.57 | 1.76 |
| โคนแก่ | 8.50 | 0.79 |

จากการศึกษาปริมาณเถ้าในตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีในส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่าธูปฤาษีมีปริมาณเถ้า 7.43% 9.40% 7.57% และ 8.50% ตามลำดับ ในขณะที่เซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆ มีปริมาณเถ้า 1.57% 1.68% 1.76% และ 0.79% ตามลำดับ ตัวอย่างธูปฤาษีส่วนใบแก่มีปริมาณเถ้ามากที่สุด โคนแก่มีปริมาณเถ้าน้อยที่สุดเซลลูโลสที่สกัดได้มีปริมาณเถ้าน้อยกว่าเซลลูโลสที่สกัดจากแกลบที่มีปริมาณเถ้า 16.52% และเซลลูโลสที่สกัดจากถั่วมีปริมาณเถ้า 3.36% (Abeer, 2010) ซึ่งอาหารที่ดีควรมีเถ้าน้อยที่สุด เพราะมีสารอนินทรีย์ต่ำ ถ้าปริมาณเถ้าสูงแสดงว่าอาจมีการปลอมปนสารอื่นเข้ามาในอาหารนั้น (อัจฉรินทร สาจักร์, 2554)

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

ทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณโปรตีนในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี Model Kjeltec System 1002, Tecator, Sweden ได้ผลดังตารางที่ 4.1.3

**ตารางที่ 4.1.3** ปริมาณร้อยละของปริมาณโปรตีนในตัวอย่างธูปฤาษี

|  |  |
| --- | --- |
| **ตัวอย่าง** | **ร้อยละของโปรตีน (%)** |
| **ธูปฤาษี** | **เซลลูโลส** |
| ใบอ่อน | 0.98 | 0.00 |
| โคนอ่อน | 0.45 | 0.00 |
| ใบแก่ | 0.75 | 0.00 |
| โคนแก่ | 0.29 | 0.00 |

จากการศึกษาปริมาณของโปรตีนในตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆของธูปฤาษีในส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่าธูปฤาษีจากดินเค็มมีปริมาณโปรตีน0.98% 0.45% 0.75% และ 0.29% ตามลำดับ ในขณะที่เซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆ มีปริมาณโปรตีนต่ำคือ 0.00% สอดคล้องกับผลการวิจัยการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกกล้วย ซึ่งมีปริมาณโปรตีน 1.65±0.01% (เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์และคณะ, 2554) ธูปฤาษีในดินเค็มมีปริมาณโปรตีนต่ำ และหลังจากสกัดเซลลูโลสพบว่าไม่พบปริมาณโปรตีนเหลืออยู่ แสดงว่าในกระบวนการสกัดเซลลูโลสสามารถกำจัดองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนได้หมด

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

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

**ตารางที่ 4.1.4** ปริมาณร้อยละของไขมันในตัวอย่างธูปฤาษี

|  |  |
| --- | --- |
| **ตัวอย่าง** | **ร้อยละของไขมัน (%)** |
| **ธูปฤาษี** | **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 ในการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยพบว่ามีปริมาณไขมัน 2.57±0.10% (เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และคณะ, 2554) เห็นได้ว่าตัวอย่างธูปฤาษีส่วนโคนมีไขมันสูงกว่าส่วนใบเล็กน้อย เนื่องจากพืชส่วนโคนมีสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารอินทรีย์ สารที่เป็นสารเคลือบผิวของพืช ซึ่งมีประมาณมากกว่าส่วนใบเล็กน้อย 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 จากซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพดเท่ากับ 69.26% และ 68.19% ตามลำดับ (เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ, 2554) ในขณะที่เซลลูโลสมีเยื่อใยหยาบ 61.71% 65.35% 63.37% และ 67.09% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตัวอย่างธูปฤาษีส่วนโคนแก่มีเยื่อใยหยาบสูงกว่าส่วนใบ เนื่องจากมีปริมาณเส้นใยมากกว่าส่วนใบ ในขณะที่ธูปฤาษีอ่อนมีปริมาณเยื่อใยหยาบใกล้เคียงกัน และเมื่อสกัดเซลลูโลสแล้ว พบว่าเซลลูโลสส่วนโคนมีเยื่อใยหยาบสูงกว่า แสดงว่าเซลลูโลสที่สกัดจากโคนมีคุณสมบัติในการเป็นเส้นใยได้มากกว่าส่วนใบ

**4.1.6. ปริมาณคาร์โบไฮเดรต** (AOAC, 1990)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี AOAC, 1990 ได้ผลดังตารางที่ 4.1.6

**ตารางที่ 4.1.6** ปริมาณร้อยละของคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างธูปฤาษี

|  |  |
| --- | --- |
| **ตัวอย่าง** | **ร้อยละของคาร์โบไฮเดรต (%)** |
| **ธูปฤาษี** | **เซลลูโลส** |
| ใบอ่อน | 58.70 | 66.89 |
| โคนอ่อน | 57.18 | 66.04 |
| ใบแก่ | 59.90 | 68.04 |
| โคนแก่ | 57.20 | 65.94 |

จากการศึกษาปริมาณคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างธูปฤาษี และเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีในส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ พบว่าธูปฤาษีมีคาร์โบไฮเดรต 58.70% 57.18% 59.90% และ 57.20% ตามลำดับ ในขณะที่เซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 66.89% 66.04% 68.04% และ 65.94% ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 52.66±0.64% ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์เป็นผงแปรรูปในผลิตภัณฑ์ขนมเค้กเนยสด (เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์และคณะ, 2554) แสดงว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตในธูปฤาษีและเซลลูโลสจากธูปฤาษีเหมาะสมในการแปรรูปเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารได้ และตัวอย่างธูปฤาษีส่วนใบมีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าส่วนโคน เนื่องจากพืชมีการเปลี่ยนน้ำตาลให้กลายเป็นแป้งหรือการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นที่ใบทำให้ส่วนใบมีคาร์โบไฮเดรตมากกว่าส่วนโคน เมื่อสกัดเซลลูโลสแล้ว จึงทำให้เซลลูโลสจากส่วนใบมีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าเช่นกัน

**4.1.7. ปริมาณสารอินทรีย์** (T 204 Om88)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี T 204 Om88 ได้ผลดังตารางที่ 4.1.7

**ตารางที่ 4.1.7** ปริมาณร้อยละของสารอินทรีย์ในตัวอย่างธูปฤาษี

|  |  |
| --- | --- |
| **ตัวอย่าง** | **ร้อยละของสารอินทรีย์ (%)** |
| **ธูปฤาษี** | **เซลลูโลส** |
| ใบอ่อน | 17.81 | 1.97 |
| โคนอ่อน | 15.73 | 1.60 |
| ใบแก่ | 13.86 | 1.61 |
| โคนแก่ | 11.98 | 1.09 |

จากการศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีในส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่าธูปฤาษีมีสารอินทรีย์ 17.81% 15.73% 13.86% และ 11.98% ตามลำดับ ในขณะที่เซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีมีสารอินทรีย์ 1.97% 1.60% 1.61% และ 1.09% ตามลำดับ ปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างของพืชแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน ขึ้นกับองค์ประกอบของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน จากผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่าเซลลูโลสของธูปฤาษี ส่วนใบมีปริมาณสารอินทรีย์สูงกว่าส่วนโคน

**4.1.8. ปริมาณโฮโลเซลลูโลส** (T 204 Om88)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณโฮโลเซลลูโลสในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณโฮโลเซลลูโลสในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี T 204 Om88 ได้ผลดังตารางที่ 4.1.8

**ตารางที่ 4.1.8** ปริมาณร้อยละของโฮโลเซลลูโลสในตัวอย่างธูปฤาษี

|  |  |
| --- | --- |
| **ตัวอย่าง** | **ร้อยละของโฮโลเซลลูโลส (%)** |
| **ธูปฤาษี** | **เซลลูโลส** |
| ใบอ่อน | 66.16 | 67.40 |
| โคนอ่อน | 57.82 | 57.11 |
| ใบแก่ | 64.89 | 62.55 |
| โคนแก่ | 52.52 | 54.61 |

จากการศึกษาปริมาณโฮโลเซลลูโลสในตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีคือใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่าธูปฤาษีมีโฮโลเซลลูโลส 66.16% 57.82% 64.89% และ 52.52% ตามลำดับ สำหรับเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีมีโฮโลเซลลูโลส 67.40% 57.11% 62.55% และ 54.61% ตามลำดับ โฮโลเซลลูโลสพบในเซลล์พืชโดยรวมอยู่กับสารอื่นๆ เช่น ลิกนิน หรือเซลลูโลส ซึ่งเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ (จักรพงศ์ สังโชติและคณะ, 2555) พบว่าซังข้าวโพดและฟางข้าวมีปริมาณโฮโลเซลลูโลส 22.90% และ 22.06% ตามลำดับ จากปริมาณโฮโลเซลลูโลสของธูปฤาษีและเซลลูโลสจากธูปฤาษี แสดงว่าธูปฤาษีเป็นพืชที่มีปริมาณโฮโลเซลลูโลสสูงมาก

**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** | **ร้อยละของα-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 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

**4.1.10. ปริมาณลิกนิน** (T 204 Om88)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณลิกนินในตัวอย่างธูปฤาษีและปริมาณลิกนินในตัวอย่างเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีตามวิธี T 204 Om88 ได้ผลดังตารางที่ 4.1.10

**ตารางที่ 4.1.10** ปริมาณร้อยละของลิกนินในตัวอย่างธูปฤาษี

|  |  |
| --- | --- |
| **ตัวอย่าง** | **ร้อยละของลิกนิน (%)** |
| **ธูปฤาษี** | **เซลลูโลส** |
| ใบอ่อน | 8.92 | 0.40 |
| โคนอ่อน | 14.54 | 0.04 |
| ใบแก่ | 16.75 | 0.14 |
| โคนแก่ | 11.42 | 0.65 |

จากการศึกษาปริมาณลิกนินในตัวอย่างธูปฤาษีและเซลลูโลสที่สกัดจากจากธูปฤาษีในส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ พบว่าธูปฤาษีมีลิกนิน 8.92% 14.54% 6.75% และ 11.42% ตามลำดับ ซึ่งในไม้ใบแคบจะมีลิกนินประมาณ 25-30% (ปรีชา เกียรติกระจายและทรงกลด จารุสมบัติ, 2528) ขณะที่เซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีมีลิกนิน 0.40% 0.04% 0.14% และ 0.65% ตามลำดับ เซลลูโลสที่สกัดจากส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีมีปริมาณลิกนินต่ำจะส่งผลดีต่อร่างกาย เนื่องจาก ถ้าร่างกายมีปริมาณลิกนินมากเกินไป อาจมีผลชะลอการดูดซึมสารอาหารบางชนิดในลำไส้เล็ก

**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 ซึ่งตัวอย่างธูปฤาษีส่วนโคนสามารถเตรียมเซลลูโลสได้มากกว่าส่วนใบ

ค

ง

ข

**ภาพที่ 4.1** ตัวอย่างธูปฤาษีที่ผ่านการฟอกสีก) เซลลูโลสจากใบอ่อน ข) เซลลูโลสจากโคนอ่อน

ก

ค) เซลลูโลสจากใบแก่ และ ง) เซลลูโลสจากโคนแก่

**4.3 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของเซลลูโลสที่ได้จากการสกัดจากธูปฤาษี**

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



**Intensity**

**d**

**c**

**b**

**a**

**2**$θ$

**ภาพที่ 4.2** X-ray diffraction analysis เซลลูโลสของต้นธูปฤาษี

(a) เซลลูโลสจากใบแก่ (b) เซลลูโลสจากใบอ่อน (c) เซลลูโลสจากโคนแก่ (d) เซลลูโลสจากโคนอ่อน

จากภาพที่ 4.2 เซลลูโลสจากส่วนต่างๆของต้นธูปฤาษี พบพีค 2-theta ที่ตำแหน่งเดียวกันคือ เท่ากับ 23o ซึ่งใกล้เคียงกับพีคของเซลลูโลสบริสุทธิ์ยืนยันได้ว่าสามารถสกัดเซลลูโลสได้จากส่วนต่างๆของต้นธูปฤาษี (Ahmed and Jong, 2015)

**4.4 ผลการการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ**

จากการแปรรูปเซลลูโลสจากต้นธูปฤาษีในเต้าฮวยนมสดโดยมีการประเมินความพึงพอใจทางด้านรสชาติของเต้าฮวยนมสดและเนื้อสัมผัสของเส้นใยเซลลูโลสในเต้าฮวยนมสด ซึ่งข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการประเมิน ดังนี้

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

**ตารางที่ 4.4.1** ความพึงพอใจในระดับต่างๆ ด้านรสชาติของเต้าฮวยนมสดที่เติมเซลลูโลสส่วนต่างๆ

 ของธูปฤาษีปริมาณที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับเต้าฮวยที่ไม่เติมเซลลูโลส

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ความพึงพอใจของผู้บริโภคเต้าฮวยนมสดจากการแปรรูปเซลลูโลสด้านรสชาติ** | $$\overbar{X}$$ | **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 |

ผลการแปรรูปเซลลูโลสจากธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารเต้าฮวยนมสดโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ ทางด้านรสชาติที่ไม่เติมเซลลูโลสเปรียบเทียบกับส่วนที่เติมเซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีในอัตราส่วนปริมาณส่วนผสมทั้งหมด (มิลลิลิตร):เซลลูโลส (กรัม) คือ 1370:1 1370:2 และ 1370:3 พบว่าเต้าฮวยนมสดที่ไม่เติมเซลลูโลสที่มีค่าเฉลี่ย ($\overbar{X}$) เท่ากับ 3.36 มีความพึงพอใจระดับปานกลาง เต้าฮวยนมสดที่เติมเซลลูโลสในปริมาณ 1 กรัม ส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ มีระดับความพึงพอใจในระดับ มาก มาก มากที่สุด และปานกลาง ตามลำดับ เต้าฮวยนมสดที่เติมเซลลูโลสในปริมาณ 2 กรัม ส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ มีระดับความพึงพอใจระดับ ปานกลาง มาก มาก และ ปานกลาง ตามลำดับ ส่วนเต้าฮวยที่เติมเซลลูโลสในปริมาณ 3 กรัม ส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ มีความพึงพอใจในระดับ ปานกลาง มาก มาก และ ปานกลาง ตามลำดับ โดยความพึงพอด้านรสชาติของเต้าฮวยนมสด จากตารางที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเทียบความพึงพอใจกับเต้าฮวยนมสดที่ไปเติมเซลลูโลส 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 ในขณะที่เติมเซลลูโลสจากโคนแก่ ไม่ทำให้ความพึงพอใจต่อเต้าฮวยนมสดเปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่า การเติมเซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีปริมาณ 3 กรัม ยังทำให้ผู้รับประทานเกิดความพึงพอใจด้านรสชาติ โดยการเติมเซลลูโลสปริมาณ 1 กรัม ช่วยเพิ่มความพึงพอใจต่อรสชาติได้ดีที่สุด ดังนั้น ปริมาณการเติมจึงขึ้นกับความต้องการเซลลูโลสของผู้บริโภคว่ามุ่งหวังต่อรสชาติหรือการดูดซึมเพื่อลดน้ำหนัก

**ตารางที่ 4.4.2** ความพึงพอใจในระดับต่างๆ ด้านเนื้อสัมผัสเส้นใยของเต้าฮวยนมสดที่เติมเซลลูโลส

ส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีปริมาณที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับเต้าฮวยนมสดที่ไม่เติม

 เซลลูโลส

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ความพึงพอใจของผู้บริโภคเต้าฮวยนมสดจากการแปรรูปเซลลูโลสด้านเนื้อสัมผัส** | $$\overbar{X}$$ | **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 |

ผลการแปรรูปเซลลูโลสจากธูปฤาษีในผลิตภัณฑ์อาหารเต้าฮวยนมสดโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ ทางด้านเนื้อสัมผัสเส้นใยในเต้าฮวยนมสด โดยเปรียบเทียบส่วนของเต้าฮวยนมสดที่ไม่เติมเซลลูโลสกับส่วนที่เติมเซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีในอัตราส่วนปริมาณส่วนผสมทั้งหมด (มิลลิลิตร):เซลลูโลส (กรัม) คือ 1370:1 1370:2 และ 1370:3 พบว่าเต้าฮวยนมสดที่ไม่เติมเซลลูโลสที่มีค่าเฉลี่ย ($\overbar{X}$) เท่ากับ 3.81 มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก เต้าฮวยนมสดที่เติมเซลลูโลสในปริมาณ 1 กรัม ในส่วนของ ใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ มีระดับความพึงพอใจในระดับ มาก มาก มาก และ ปานกลาง ตามลำดับ เต้าฮวยนมสดที่เติมเซลลูโลสในปริมาณ 2 กรัม ส่วนของใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และโคนแก่ มีระดับความพึงพอใจระดับ มาก ปานกลาง ปานกลาง และมาก ตามลำดับ ส่วนเต้าฮวยที่เติมเซลลูโลสในปริมาณ 3 กรัม ใบอ่อน โคนอ่อน ใบแก่ และ โคนแก่ มีความพึงพอใจในระดับ ปานกลาง น้อย น้อย และปานกลาง ตามลำดับ โดยความพึงพอใจด้านเนื้อสัมผัสของเต้าฮวยนมสด จากตารางที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่า เซลลูโลสจากใบอ่อน เมื่อเติมปริมาณ 1 และ 2 กรัม มีระดับความพึงพอใจคงเดิม และเติมปริมาณ 3 กรัม มีระดับความพึงพอใจลดลง เมื่อเติมเซลลูโลสจากส่วนของโคนอ่อน และใบแก่ ปริมาณ 1 กรัม มีความพึงพอใจคงเดิม เมื่อเติมปริมาณ 2 และ 3 กรัม มีระดับความพึงพอใจลดลง ในขณะที่เมื่อเติมเซลลูโลสจากโคนแก่ปริมาณ 2 กรัม มีระดับความพึงพอใจคงเดิม เมื่อเติมปริมาณ 1 และ 3 กรัม มีระดับความพึงพอใจลดลง เมื่อเทียบกับเต้าฮวยนมสดที่ไม่ได้เติมเซลลูโลส จากความพึงพอใจด้านเนื้อสัมผัส แสดงให้เห็นว่าอายุของธูปฤาษีที่นำมาสกัดเซลลูโลสไม่มีผลต่อความพึงพอใจด้านเนื้อสัมผัส แต่ส่วนของธูปฤาษีที่ใช้ในการสกัดส่งผลต่อเนื้อสัมผัส โดยส่วนของใบทำให้ได้เซลลูโลสที่มีเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าและการเติมเซลลูโลสในอัตราส่วน 1370:2 ทำให้ความพึงพอใจทางด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสอยู่ในระดับมาก