**สารบัญภาพ**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **หน้า** |
| **บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | **3** |
| **ภาพที่ 2.1** ธูปฤาษี | 3 |
| **ภาพที่ 2.2** โครงสร้างเซลลูโลส | 6 |
| **ภาพที่ 2.3** ปฏิกิริยาการแยกสกัดเซลลูโลส | 9 |
| **บทที่ 4 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง** | 24 |
| **ภาพที่ 4.1** ตัวอย่างธูปฤาษีที่ผ่านการฟอกสี | 32 |
| **ภาพที่ 4.2** X-ray diffraction analysis เซลลูโลสของต้นธูปฤาษี | 33 |
| **ภาคผนวก** | **45** |
| **ภาพที่ 6.1** ตัวอย่างธูปฤาษีที่ผ่านการปั่นและการร่อน | 46 |
| **ภาพที่ 6.2** การนำตัวอย่างธูปฤาษีชั่งน้ำหนักทั้งหมด | 46 |
| **ภาพที่ 6.3** การแบ่งตัวอย่างธูปฤาษีมา และเติมเอทานอล 95% (v/v) นำไปอุ่นใน Water bath 24 ชั่วโมง | 47 |
| **ภาพที่ 6.4** การนำตัวอย่างธูปฤาษีไปอุ่นใน Water bath 24 ชั่วโมง | 47 |
| **ภาพที่ 6.5** ล้างเอทานอล 95% (v/v) โดยใช้เครื่อง Suction จนสะอาด pH = 7 | 48 |
| **ภาพที่ 6.6** การเติมสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ + สารละลายกรดอะซิตริก ในอัตราส่วน 1:1 ตั้งทิ้งไว้ คนและสังเกตสีของตัวอย่างธูปฤาษี ถ้าเปลี่ยนเป็นสีขาวนำไปล้างทันที | 48 |
| **ภาพที่ 6.7** การล้างสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ + สารละลายกรดอะซิตริก จนสะอาด pH = 7 | 49 |
| **ภาพที่ 6.8** การนำตัวอย่างธูปฤาษีใส่ถ้วยกระเบื้อง และเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิ 60  องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง | 49 |
| **ภาพที่ 6.9** การนำตัวอย่างธูปฤาษีที่อบมาชั่งน้ำหนัก | 50 |
| **ภาพที่ 6.10** การชั่งตัวอย่างธูปฤาษี อย่างละ 1 กรัม ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ใส่ในคูซิเบิลเผา | 50 |
| **ภาพที่ 6.11** การเผาตัวอย่างธูปฤาษีด้วย hot plate จนหมดควัน | 51 |
| **ภาพที่ 6.12** การนำตัวอย่างธูปฤาษีเข้าเตาเผา ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง | 51 |
| **ภาพที่ 6.13** การนำตัวอย่างธูปฤาษีหลังเผาเข้าโถดูดความชื้น เพื่อทิ้งไว้ให้เย็น | 52 |
| **ภาพที่ 6.14** การนำตัวอย่างธูปฤาษีที่ได้มาชั่งน้ำหนักหลังเผา | 52 |
| **ภาพที่ 6.15** ตัวอย่างธูปฤาษีส่วนขี้เถ้าที่เผาแล้ว | 53 |
| **ภาพที่ 6.16** การชั่งน้ำหนักตัวอย่างธูปฤาษีอย่างละ 8 กรัม | 53 |
| **ภาพที่ 6.17** การอบตัวอย่างธูปฤาษีที่ 60 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง | 54 |
| **สารบัญภาพ (ต่อ)** |  |
| **เรื่อง** | **หน้า** |
| **ภาคผนวก (ต่อ)** |  |
| **ภาพที่ 6.18** การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอล : เบนซีน ในอัตราส่วน 64:137 ระยะเวลา 6 ชั่วโมง | 54 |
| **ภาพที่ 6.19** การล้างตัวอย่างธูปฤาษีด้วย เอทานอล 100 มิลลิลิตรผ่านเครื่องกรองระบบสุญญากาศ | 55 |
| **ภาพที่ 6.20** การนำสารละลายแต่ละชนิดไปกลั่นระเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary Evaporator) | 55 |
| **ภาพที่ 6.21** การนำตัวอย่างธูปฤาษีเข้าอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง | 56 |
| **ภาพที่ 6.22** การล้างสารที่ได้ด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตรผ่านเครื่องกรองระบบสุญญากาศ | 56 |
| **ภาพที่ 6.23** การกรองผ่านเครื่องกรองระบบสุญญากาศและล้างสารที่ได้ด้วยน้ำร้อน 500 มิลลิลิตร | 57 |
| **ภาพที่ 6.24** การทำให้แห้งด้วยอากาศ และชั่งน้ำหนักสารที่ได้ | 57 |
| **ภาพที่ 6.25** การชั่งตัวอย่างธูปฤาษี 0.7 ± 0.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขวด 250 มิลลิลิตร | 58 |
| **ภาพที่ 6.26** การเติมกรดแอซิติกเข้มข้น 0.6% (w/v) 10 มิลลิลิตร และ สารละลายโซเดียม เข้มข้น 0.02% (w/v) 10 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 20% (w/v) 1 มิลลิลิตร | 58 |
| **ภาพที่ 6.27** การนำตัวอย่างธูปฤาษีอุ่นใน water bath อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสทุกๆ 1 ชั่วโมงให้เติมสารละลาย สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์อีก 1 มิลลิลิตร รวม 4 ชั่วโมง | 59 |
| **ภาพที่ 6.28** การนำขวดรูปชมพู่ออกมาวางในอ่างน้ำแข็งจนสารละลายอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส | 59 |
| **ภาพที่ 6.29** การวาง sinterglass crucible ลงใน dish ที่มีน้ำสูง 1 เซนติเมตร เติม สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 17.5% (w/v) หรือ 5.21 นอร์มอล 3 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้ว นาน 5 นาที | 60 |
| **ภาพที่ 6.30** การเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 17.5% (w/v) หรือ 5.21 นอร์มอล ทิ้งไว้ 35 นาที | 60 |
| **ภาพที่ 6.31** การเทสารละลายใส่บีกเกอร์ 1000 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่น 560 มิลลิลิตร | 61 |
| **ภาพที่ 6.32** การต้มตัวอย่างธูปฤาษีให้เดือดนาน 4 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง | 61 |
| **ภาพที่ 6.33** การชั่งน้ำหนักถ้วย + ตัวอย่างธูปฤาษี 1.00 กรัม | 62 |
| **สารบัญภาพ (ต่อ)** |  |
| **เรื่อง** | **หน้า** |
| **ภาคผนวก (ต่อ)** |  |
| **ภาพที่ 6.34** การชั่งตัวอย่างธูปฤาษี 0.5 0.1 กรัม เติมสารเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม + กรดซัลฟิวริก 15 มิลลิลิตร + สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 36% (v/v) 1 มิลลิลิตร | 62 |
| **ภาพที่ 6.35** การนำตัวอย่างธูปฤาษีเข้าเครื่องย่อย | 63 |
| **ภาพที่ 6.36** การย่อยจนสารละลายมีสีใสและไม่มีตะกอน | 63 |
| **ภาพที่ 6.37** การตั้งตัวอย่างธูปฤาษีทิ้งไว้ให้เย็น และเทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร | 64 |
| **ภาพที่ 6.38** การแช่ตัวอย่างธูปฤาษีในอ่างน้ำจนสารละลายเย็น | 64 |
| **ภาพที่ 6.39** สารตัวอย่างที่มีการปรับปริมาตรให้ถึง 100 มิลลิลิตร | 65 |
| **ภาพที่ 6.40** การใส่หลอดตัวอย่างธูปฤาษีที่ผ่านการย่อยเข้ากับเครื่องกลั่น + กรดบอริกความเข้มข้น 4% (v/v) ปริมาณ 25 - 30 มิลลิลิตร (หลอดแรกเป็นน้ำกลั่น และเรียงไปเรื่อยๆจนครบ 6 หลอด) | 65 |
| **ภาพที่ 6.41** สารละลายตัวอย่างที่ได้จากการกลั่นจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเขียว | 66 |
| **ภาพที่ 6.42** การไทเทรตหาไนโตรเจนด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก | 66 |
| **ภาพที่ 6.43** สารละลายที่ได้หลังการไทเทรตจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู | 67 |
| **ภาพที่ 6.44** การอบตัวอย่างธูปฤาษีที่ 105 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมง | 67 |
| **ภาพที่ 6.45** การชั่งตัวอย่างธูปฤาษี 1.00 กรัม ใส่กระดาษกรอง | 68 |
| **ภาพที่ 6.46** การนำ thimble ที่มีตัวอย่างธูปฤาษีประกอบในเครื่องB-811 | 68 |
| **ภาพที่ 6.47** การตั้งค่าระบบเครื่อง B-811 | 69 |
| **ภาพที่ 6.48** ไขมันที่ได้จากการสกัดตัวอย่างธูปฤาษี | 69 |
| **ภาพที่ 6.49** กากจากการสกัดไขมันตัวอย่างธูปฤาษี | 70 |
| **ภาพที่ 6.50** การชั่งน้ำหนักตัวอย่างธูปฤาษี | 70 |
| **ภาพที่ 6.51** การนำตัวอย่างธูปฤาษีเข้าเครื่องสกัดเยื่อใย | 71 |
| **ภาพที่ 6.52** การอบตัวอย่างหลังการสกัดเยื่อใยหยาบที่ 105 องศาเซลเซียส 16 -18 ชั่วโมง | 71 |
| **ภาพที่ 6.53** การชั่งน้ำหนัก crucible + ตัวอย่างธูปฤาษี หลังอบ | 72 |
| **ภาพที่ 6.54** การเผาตัวอย่างธูปฤาษีที่เตาเผา 550 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง | 72 |
| **ภาพที่ 6.55** การชั่งน้ำหนัก crucible + ตัวอย่างธูปฤาษีหลังเผา | 73 |
| **ภาพที่ 6.56** การต้มน้ำจนเดือด | 73 |
| **ภาพที่ 6.57** การเติมผงเต้าฮวย คนจนละลายหมด | 74 |
| **ภาพที่ 6.58** การเติมเซลลูโลสที่ได้จากการสกัดธูปฤาษีในเต้าฮวย | 74 |
| **ภาพที่ 6.59** การคนจนเซลลูโลสและผงเต้าฮวยละลายเข้ากัน | 75 |
| **ภาพที่ 6.60** การตั้งเต้าฮวยทิ้งไว้ให้เย็น แล้วตักใส่ภาชนะบรรจุ นำไปแช่ในตู้เย็น | 75 |
| **สารบัญภาพ (ต่อ)** |  |
| **เรื่อง** | **หน้า** |
| **ภาคผนวก (ต่อ)** |  |
| **ภาพที่ 6.61** การหั่นเงาะเป็นชิ้นพอประมาณเพื่อใส่ในเต้าฮวย | 76 |
| **ภาพที่ 6.62** การย่อยตัวอย่างธูปฤาษีจนสารละลายมีใสและไม่มีตะกอน | 76 |
| **ภาพที่ 6.63** การต้มนมข้นหวาน นมข้นจืด และนมจืดสด คนจนเข้ากันดี | 77 |
| **ภาพที่ 6.64** การเติมน้ำนมสำหรับราดใส่เต้าฮวยที่เตรียมไว้ | 77 |
| **ภาพที่ 6.65** กราฟมาตรฐานเซลลูโลส (Ahmed and Jong) | 78 |

**สารบัญตาราง**

|  |  |
| --- | --- |
| **เรื่อง** | **หน้า** |
| **บทที่ 4 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง** | 24 |
| **ตารางที่ 4.1.1** ปริมาณร้อยละของความชื้นในตัวอย่างธูปฤาษี | 24 |
| **ตารางที่ 4.1.2** ปริมาณร้อยละของปริมาณเถ้าในตัวอย่างธูปฤาษี | 25 |
| **ตารางที่ 4.1.3** ปริมาณร้อยละของปริมาณโปรตีนในตัวอย่างธูปฤาษี | 26 |
| **ตารางที่ 4.1.4** ปริมาณร้อยละของไขมันในตัวอย่างธูปฤาษี | 26 |
| **ตารางที่ 4.1.5** ปริมาณร้อยละของเยื่อใยในตัวอย่างธูปฤาษี | 27 |
| **ตารางที่ 4.1.6** ปริมาณร้อยละของคาร์โบรไฮเดรตในตัวอย่างธูปฤาษี | 28 |
| **ตารางที่ 4.1.7** ปริมาณร้อยละของปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างธูปฤาษี | 29 |
| **ตารางที่ 4.1.8** ปริมาณร้อยละของเฮมิเซลลูโลสในตัวอย่างธูปฤาษี | 29 |
| **ตารางที่ 4.1.9** ปริมาณร้อยละของ α-เซลลูโลสในตัวอย่างธูปฤาษี | 30 |
| **ตารางที่ 4.1.10** ปริมาณร้อยละของลิกนินในตัวอย่างธูปฤาษี | 31 |
| **ตารางที่ 4.2.1** ปริมาณเป็นร้อยละของเซลลูโลสที่สกัดจากธูปฤาษีส่วนต่างๆ | 32 |
| **ตารางที่ 4.4.1** ความพึงพอใจในระดับต่างๆ ด้านรสชาติของเต้าฮวยนมสดที่ เติมเซลลูโลสส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีปริมาณที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกับเต้าฮวยที่ไม่เติมเซลลูโลส | 34 |
| **ตารางที่ 4.4.2** ความพึงพอใจในระดับต่างๆ ด้านเนื้อสัมผัสเส้นใยของ เต้าฮวยนมสดที่เติมเซลลูโลสส่วนต่างๆ ของธูปฤาษีปริมาณที่ แตกต่างกันเปรียบเทียบกับเต้าฮวยนมสดที่ไม่เติมเซลลูโลส | 36 |
| **ภาคผนวก** |  |
| **ตารางที่ 6.1** ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนาการแปรรูปเซลลูโลส | 79 |
| **ตารางที่ 6.2** ความพึงพอใจของผู้บริโภคเต้าฮวยนมสดจากการแปรรูปเซลลูโลส | 81 |
| **ตารางที่ 6.3** การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต () และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) จากความพึงพอใจของผู้บริโภคเต้าฮวยนมสดทางด้านรสชาติ | 84 |
| **ตารางที่ 6.4** การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต () และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) จากความพึงพอใจของผู้บริโภคเต้าฮวยนมสดทางด้านเนื้อสัมผัส | 85 |