

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนากระบวนการผลิตอินนูลินจากหัวแค้นตะวัน โดยสามารถสรุปผลการวิจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามผลการศึกษาดังนี้ คือ (1) การศึกษาผลของวิธีการสกัดอินนูลินจากหัวแค้นตะวัน (2) การศึกษาผลของการทำบริสุทธิ์ของสารสกัดอินนูลิน และ (3) การศึกษาผลของวิธีการทำแห้งสารสกัดอินนูลิน

5.1 การศึกษาผลของวิธีการสกัดอินนูลินจากหัวแค้นตะวัน

5.1.1 การใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยในการสกัด (UAE-extraction) ที่อุณหภูมิ 80°C ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) สูงกว่าการสกัดที่ 60°C และ 70°C ขณะที่การสกัดด้วยน้ำร้อน (HW-extraction) ที่อุณหภูมิ 60°C ให้ค่า TSS สูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลานาน นอกจากนี้ HW-extraction ที่ 60°C ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 70 และ 80°C แต่ UAE-extraction ที่ 60°C ให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอื่น

5.1.2 การเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดจาก 60°C เป็น 70 และ 80°C ใน HW-extraction ส่งผลให้ปริมาณอินนูลิน ผลผลิตอินนูลิน และความสามารถในการสกัดอินนูลินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วน UAE-extraction ที่อุณหภูมิ 60°C การเพิ่มระยะเวลาการสกัดจาก 5 min เป็น 15 min มีผลทำให้ปริมาณอินนูลินในสารสกัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.3 สภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสกัดอินนูลินด้วย HW-extraction คือ อุณหภูมิ 60°C ระยะเวลาสกัดนาน 20 min โดยค่าความพึงพอใจโดยรวมเท่ากับ 0.8567 สำหรับการสกัดอินนูลินด้วย UAE-extraction สภาวะที่ดีที่สุดคือ อุณหภูมิ 60°C ระยะเวลาสกัดนาน 15 min โดยค่าความพึงพอใจโดยรวมเท่ากับ 0.6778 การสกัดด้วย HW-extraction อุณหภูมิเป็นตัวแปรต้นที่สำคัญในการสกัดอินนูลิน แต่ UAE-extraction ระยะเวลาเป็นตัวแปรต้นสำคัญต่อปริมาณอินนูลินที่สกัดได้

5.1.4 จากภาพถ่ายโครงสร้างระดับจุลภาค พบว่า หัวแค้นตะวันมีลักษณะผิวเรียบมากและไม่มีรูพรุน การใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยในการสกัด (UAE-extraction) มีผลทำให้พื้นผิวของหัวแค้นตะวันมีลักษณะเป็นพองฟูและมีรูพรุนเป็นจำนวนมาก ซึ่งมากกว่าพื้นผิวของหัวแค้นตะวันที่ผ่านการสกัดด้วยน้ำร้อน (HW-extraction) ที่อุณหภูมิเดียวกัน

5.2 การศึกษาผลของการทำบริสุทธิ์ของสารสกัดอินนูลิน

5.2.1 สารสกัดก่อนผ่านเรซิน H6020-U และ U6015-U มีค่าการนำไฟฟ้า 7.24 และ 7.14 mS/cm ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิด Strong acid cation ร่วมกับ Weak base anion พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัด H6020-SW และ U6015-SW ลดลงเหลือ 0.75 และ 0.96 mS/cm ตามลำดับ ซึ่งสามารถกำจัดแร่ธาตุในสารสกัด H6020-SW และ U6015-SW ได้ถึง 89.64% และ 86.55% ตามลำดับ

5.2.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) และปริมาณของแข็งของสารสกัดก่อนผ่านเรซิน H6020-U และ U6015-U มีค่า 15.08 และ 15.07°Brix และ 16.68 และ 16.15% ตามลำดับ เมื่อผ่านเรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิด Strong acid cation ร่วมกับ Weak base anion พบว่า TSS และปริมาณของแข็งของสารสกัด H6020-SW และ U6015-SW มีค่าลดลงเหลือ 1.49 และ 1.69°Brix และ 1.40 และ 1.50% ตามลำดับ

5.2.3 การใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิด Strong acid cation ร่วมกับ Weak base anion สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการใช้เพียงชนิดเดียว อัตราการกำจัดสีของสารสกัด H6020-SW และ U6015-SW เพิ่มขึ้นเป็น 50.96% และ 62.39% ตามลำดับ

5.2.4 ค่าความเป็นสื่อน้ำตาลของสารสกัดก่อนผ่านเรซิน H6020-U และ U6015-U อยู่ที่ 154.28 และ 161.29 ตามลำดับ หลังจากผ่านเรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิด Strong acid cation ร่วมกับ Weak base anion พบว่า ค่าความเป็นสื่อน้ำตาลของ H6020-SW และ U6015-SW ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยลดลงเหลือ 2.77 และ 2.84 ตามลำดับ

5.3 การศึกษาผลของวิธีการทำแห้งสารสกัดอินนูลิน

5.3.1 ผงอินนูลินที่ได้จากการทำแห้งทั้งแบบแช่เยือกแข็งและแบบพ่นฝอยมีความชื้นต่ำกว่า 10% และปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.3 ซึ่งบ่งชี้ว่ามีความปลอดภัยจากการเจริญของจุลินทรีย์และสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น

5.3.2 ผงอินนูลินจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีความหนาแน่นปรากฏและความหนาแน่นที่อัดตัวสูงกว่าจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ซึ่งแสดงถึงขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเสื่อมสภาพจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้มีความคงตัวในการเก็บรักษาดีกว่า และมีสีขาวมากกว่า

5.3.3 การสกัดอินนูลินด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงทำให้ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของผงลดลงเมื่อเทียบกับการสกัดด้วยน้ำร้อน แต่การกระจายขนาดอนุภาค (Span value) ของผงจากการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงกว้างกว่าผงจากการสกัดด้วยน้ำร้อน แสดงถึงความแตกต่างของขนาดอนุภาคที่มากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลต่อความสม่ำเสมอในการละลาย การกระจายตัว และคุณภาพของผง

5.3.4 ความสามารถในการละลายของผงอินนูลินที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและแบบพ่นฝอยไม่แตกต่างกัน แต่อัตราความสามารถในการดูดความชื้น (Hygroscopicity rate) ของผงอินนูลินที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งสูงกว่าผงอินนูลินที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอย

5.3.5 หลังจากทำบริสุทธิ์ด้วยเรซินแลกเปลี่ยนไอออนและการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและพ่นฝอย พบว่า ผงอินนูลิน FH6020-SW, FU6015-SW, SH6020-SW และ SU6015-SW มีปริมาณอินนูลินเพิ่มขึ้นเป็น 80.46%, 82.03%, 76.77% และ 78.86% ตามลำดับ โดยการทำแห้งทั้งสองวิธีไม่มีผลต่อปริมาณอินนูลิน แต่การทำบริสุทธิ์ด้วยเรซินช่วยเพิ่มปริมาณอินนูลินเป็น 42.66%, 40.40%, 36.11% และ 37.97% เมื่อเทียบกับปริมาณอินนูลินก่อนการทำบริสุทธิ์

5.3.6 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตทั้งหมด (6.38 – 6.87%) และปริมาณผลผลิตอินนูลินทั้งหมด (15.30 – 16.80%) สูงกว่าการทำแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งทำให้ได้ปริมาณผลผลิตทั้งหมด (2.89 – 3.18%) และปริมาณผลผลิตอินนูลินทั้งหมด (6.61 – 7.47%)

5.3.7 การสกัดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 20 min ตามด้วยการทำบริสุทธิ์ด้วยเรซินแลกเปลี่ยนไอออน และการทำแห้งแบบพ่นฝอย เป็นกระบวนการที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตผงอินนูลินจากหัวแค้นตะวัน ซึ่งทำให้ได้ผงอินนูลินที่มีคุณภาพและความคงตัวระหว่างเก็บรักษา

5.4 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาผลของการบริสุทธิ์ของสารสกัดอินนูลิน พบว่า การใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ Strong acid cation (Amberlite FPC22Na, DuPont™, Delaware, USA) สำหรับกำจัดไอออนบวก และ Weak base anion (Amberlite FPA51, DuPont™, Delaware, USA) สำหรับกำจัดไอออนลบ มีผลต่อการลดปริมาณผลผลิตอินนูลิน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงวิธีการทำบริสุทธิ์สาร สกัดอินนูลินด้วยวิธีอื่น ๆ ที่ไม่ซับซ้อน และต้นทุนในการดำเนินการไม่สูง เช่น การใช้ถ่านกัมมันต์ เป็นต้น

นอกจากนี้ การศึกษาวิธีการทำแห้งผงอินนูลินด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและแบบพ่นฝอย พบว่าผงอินนูลินมีความสามารถในการดูดความชื้นได้ดี ดังนั้นจึงควรศึกษาการเติมสารตัวพา (Carrier agent) เช่น มอลโทเดกซ์ทรีน เพื่อลดความสามารถในการดูดความชื้น รวมทั้งช่วยปรับปรุงคุณภาพของผงอินนูลิน