บทที่ 9

สรุปผล และเสนอแนะ

ได้ทดลองสกัดสาร สตีวิโอไซด์จากหญ้าหวานแห้งบดละเอียด โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ ไดอ๊อกเซน และน้ำ ในแต่ละกระบวนการมีกรรมวิธีในการสกัดต่าง ๆ กัน เช่น กระบวนการสกัดสตีวิโอไซด์ โดยใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะได้จากการตกผลึกด้วยเมธานอล ส่วนกระบวนการสกัดสตีวิโอไซด์โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะได้จากการทำให้แห้งด้วยเครื่อง Spray Dryer

กระบวนการสกัดด้วยไดอ๊อกเซน เริ่มโดยบดหญ้าหวานให้ละเอียดก่อน เพื่อเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทมวลสารของสตีวิโอไซด์สู่ตัวทำละลายมากขึ้น แล้วแยกสารจำพวก Non-Polar ด้วยคลอโรฟอร์ม ได้สิ่งที่สกัดด้วยคลอโรฟอร์ม ร้อยละ 8.75 ปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ เนื่องจากมีการสูญเสียคลอโรฟอร์ม ในการอบหญ้าหวานให้แห้ง ดังนั้นควรจะมีเครื่องอบหญ้าให้แห้งแล้วสามารถนำคลอโรฟอร์มที่ระเหยออกไปกลับมาใช้ใหม่ได้ เพื่อให้ประหยัดคลอโรฟอร์ม จากนั้นจึงนำมาสกัดด้วยไดอ๊อกเซน ได้สิ่งที่สกัดได้ ร้อยละ 27.96 ซึ่งมีสตีวิโอไซด์อยู่เพียงร้อยละ 10.5 แสดงว่ายังมีสตีวิโอไซด์หลงเหลืออยู่ในหญ้ายังสกัดออกได้ไม่หมด มีอยู่ประมาณร้อยละ 8.92 ปัญหาที่มีสตีวิโอไซด์หลงเหลืออยู่อาจจะแก้ปัญหา โดยนำหญ้าที่เหลือนำมาสกัดต่อด้วยถังกวนที่ทำด้วยเหล็กไร้สนิม ก็จะได้สตีวิโอไซด์เพิ่มขึ้น แยกสารละลายไดอ๊อกเซนมาเติมเมธานอลเกิดผลึกสตีวิโอไซด์ทันที จากการทดลองขนาดขยายส่วนใช้หญ้าหวาน 1 กิโลกรัม เมื่อผ่านกระบวนการต่าง ๆ แล้วได้ผลึกสตีวิโอไซด์ครั้งที่ 1 ร้อยละ 7.186 และตกผลึกครั้งที่ 2 ได้ ร้อยละ 6.79 ซึ่งมีสตีวิโอไซด์อยู่จริง ร้อยละ 6.32 ผลึกมีสีขาวนวล อบให้มีความชื้นร้อยละ 9.44 จะมีเสถียรภาพมาก

การที่ได้ปริมาณสตีวิโอไซด์ในผลึกเพียง 6.32 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่ามีหลงเหลืออยู่ในส่วนที่ไม่ตกผลึก (Mothor Liquor) อยู่ประมาณ 4.18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปริมาณที่มาก ปัญหาที่สตีวิโอไซด์ในส่วนนี้ไม่สามารถตกผลึกได้ เนื่องจากว่าสิ่งที่สกัดได้ด้วยไดอ๊อกเซนมีสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่มีผลต่อการตกผลึกที่เหลือ แต่ก็สามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยการนำส่วน Mothor

Liquor นี้ไปทำให้บริสุทธิ์ ด้วยขั้นตอนต่าง ๆ แล้วแยกผลึกสตีวิโอไซด์ออกให้มากขึ้น

สำหรับกระบวนการสกัดสตีวิโอไซด์ โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ขั้นตอนต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงไปจากกระบวนการสกัดด้วยไดอ๊อกเซน เพราะน้ำมี Polarity มากกว่าไดอ๊อกเซน จะสกัดสิ่งเจือปนออกเป็นจำนวนมาก จึงต้องมีกระบวนการทำสารละลายให้บริสุทธิ์ด้วย กระบวนการสกัดด้วยน้ำเป็นตัวทำละลายอัตราส่วนหญ้าหวานบดต่อน้ำที่เหมาะสม 1:8 ผสมลงในถังกวนทำด้วยเหล็กไร้สนิม ควบคุมอุณหภูมิที่ 50^0 เซลเซียส ใช้เวลาสกัด 4 ชั่วโมง สามารถแยกสารได้ถึงร้อยละ 83 โดยน้ำหนักที่มีอยู่ในหญ้าหวาน (เทียบจากปริมาณสตีวิโอไซด์ทั้งหมดที่มีอยู่ในหญ้าหวาน

และปัญหาที่เกิดขึ้นในการสกัด เนื่องจากถังกวนที่ใช้ในการสกัดมี Oil Bath ที่ให้ความร้อนอยู่บริเวณส่วนบนของถังกวน การปรับความร้อนเพื่อให้ได้อุณหภูมิ 50^0 เซลเซียส ความร้อนในบริเวณรอบ ๆ ถังจะร้อนช้ามาก ดังนั้นน้ำที่ใช้ในการสกัดจึงต้องอุ่นให้ความร้อนก่อนเพื่อให้อุณหภูมิเริ่มต้นในการสกัดเท่ากับ 50^0 เซลเซียส หลังจากที่สกัดได้ก็แยกสารละลายแล้วนำสารละลายมาทำให้ใสด้วยการตกตะกอนแคลเซียมฟอสเฟตที่ pH 6.8 เพื่อกำจัด Colloid แล้วใช้สารช่วยตกตะกอน (Flocculant) 7 ส่วนในล้านส่วน จะรวมตะกอน (Agglomerate) ให้ตกได้เร็วขึ้น ปัญหาในการทำให้ใส เนื่องจากว่าจะต้องใช้สารช่วยตกตะกอน (Flocculant) ซึ่งสารช่วยตกตะกอนนี้จะทำงานได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิสูง และจะต้องเตรียมสารช่วยตกตะกอนใหม่ทุกครั้งที่ใช้ เพราะสารช่วยตกตะกอนจะเตรียมใช้ได้ประมาณ 7 วันเท่านั้นก็ไม่สามารถใช้ในการรวมตัวกับตะกอนได้อีก สารละลายโดยทั่วไปก็ยังมีสีอยู่ จึงนำมาฟอกสีด้วยการเติมแคทไอโอนิคฟลอคคิวแลนท์ ที่ความเข้มข้น 2912 ส่วนในล้านส่วน มีอัตราลดลงของสีประมาณ 32-33 เปอร์เซนต์ ลักษณะการฟอกสีด้วยแคทไอโอนิคฟลอคคิวแลนท์ จะเป็น ปฏิกิริยาการดูดซับ แล้วก็ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เนื่องจากแคทไอโอนิคฟลอคคิวแลนท์ ในการฟอกสีปริมาณค่อนข้างสูง ทำให้เกิดตะกอนที่แขวนลอยอยู่เต็มสารละลาย ปริมาณสารช่วยตกตะกอน 7 ส่วนในล้านส่วน สามารถรวมตะกอนได้หมด แต่อัตราเร็วของการตกตะกอนช้ามาก ซึ่งจะแก้ไขโดยเปลี่ยนชนิดของแคทไอโอนิคฟลอคคิวแลนท์ใหม่ ให้ใช้ปริมาณน้อยลง หรือใช้สารช่วยตกตะกอนปริมาณมากขึ้น สารละลายที่ได้ผ่านเรซินชนิดแอนไอออน สีของสารละลายลดลงร้อยละ 92.5 ซึ่งการทำงานของเรซินชนิดแอนไอออน เป็นแบบ Physical Adsorption เป็นปฏิกิริยาย้อนกลับ (Reversible Reaction) ดังนั้นเรซินจึงมีขีดจำกัดของการจับ Anion แล้ว

Regenerate กลับมาใช้ใหม่ได้ สารละลายที่ผ่านเรซิน จะมีสตีวีโอไซด์หลงเหลืออยู่ ซึ่งจะแก้ปัญหาได้โดยใช้น้ำอุ่นผ่านเรซิน เพื่อละลายสตีวีโอไซด์ที่มีอยู่ในเรซินให้ได้มากที่สุด ต่อมาทำสารละลายให้เข้มข้นเพื่อฉีดพ่นในเครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจาย ที่มีอุณหภูมิภายใน 170^{0} เซลเซียส อุณหภูมิร้อนที่ทางออก 115^{0} เซลเซียส ได้ผงสตีวีโอไซด์ที่มีความชื้นร้อยละ 18-19 โดยน้ำหนัก ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากการสกัดด้วยน้ำมีสิ่งเจือปนอยู่มากที่ยังหลงเหลืออยู่ เมื่อได้ผลิตภัณฑ์จะดูดความชื้นในอากาศได้ดีมาก โดยจะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 45 (Wet Basis) ในเวลา 30 วินาที ด้วยคุณสมบัตินี้ แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มี Hygroscopic สูง ๆ มาก จะต้องบรรจุผลิตภัณฑ์ไว้ในภาชนะพลาสติก (Polystyrene) ปิดอย่างดี หรือในภาชนะอลูมิเนียมเคลือบพลาสติกปิดอย่างดี เพื่อป้องกันไม่ให้ดูดความชื้นในอากาศได้ สรุปแล้วกระบวนการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายขนาดขยายส่วน ใช้หญ้าหวาน 1 กิโลกรัม ทำการสกัดและผ่านกระบวนการต่าง ๆ แล้วนำมาทำให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง ได้ผลิตภัณฑ์ปริมาณ 86 กรัม มีสตีวีโอไซด์ 69 กรัม คิดเป็นร้อยละ 6.9 ผลิตภัณฑ์มีความบริสุทธิ์ ร้อยละ 80.23 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 19.27

จากกระบวนการสกัดสตีวีโอไซด์ โดยใช้ไดอ๊อกเซนและน้ำเป็นตัวทำละลาย ต่างก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน สำหรับกระบวนการที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการที่ใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลายจะมีข้อดีข้อเสียดังนี้

<u>ข้อดี</u> สำหรับกระบวนการสกัดสตีวีโอไซด์ โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

1. น้ำเป็นตัวทำละลายหาง่าย ราคาถูก และปลอดภัยกว่า

2. ความสามารถในการสกัดสตีวีโอไซด์ มีมากกว่าไดอ๊อกเซนในแง่ของการละลาย

<u>ข้อเสีย</u> สำหรับกระบวนการสกัดสตีวีโอไซด์ โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

1. น้ำมี Polarity สูงจะสกัดสตีวีโอไซด์ และสิ่งเจือปนออกมามาก ซึ่งสิ่งเจือปนเหล่านี้ จะมีผลต่อการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี Hygroscopic สูง เมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศจะดูดความชื้นเป็นลักษณะเหนียวเยิ้มทันที

2. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเสถียรภาพต่ำมาก ตั้งทิ้งไว้ในอากาศไม่ได้

3. ขั้นตอนในกระบวนการมีมากกว่าที่ใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย ทำให้มีการสูญเสียสตีวีโอไซด์ในแต่ละขั้นตอนมาก

4. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการ Spray Dryer จะมีคุณภาพและความบริสุทธิ์น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตกผลึกในกระบวนการที่ใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย

<u>ข้อดี</u> สำหรับกระบวนการสกัดสตีวีโอไซด์ โดยใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย

1. ขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการมีน้อยกว่า ทำให้มีการสูญเสียสตีวีโอไซด์ในแต่ละขั้นตอนมีน้อย

2. ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลายที่มี Polarity น้อยกว่าน้ำ ดังนั้นสิ่งเจือปนที่สกัดได้ จึงไม่มีผลต่อการตกผลึกในตอนแรก ขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์จึงไม่ซับซ้อนหรือมากกว่าใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

3. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี Hygroscopic ต่ำมาก ดังนั้นจึงเสถียรภาพ สามารถตั้งทิ้งไว้ในอากาศได้

4. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพ และความบริสุทธิ์มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำ

<u>ข้อเสีย</u> สำหรับกระบวนการสกัดสตีวีโอไซด์ โดยใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย

1. ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย ราคาแพงกว่าใช้น้ำทำให้ต้นทุนในการสกัดสูง

2. ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลายที่ Toxic ไม่ปลอดภัย

3. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตกผลึก อาจจะมีไดอ๊อกเซนหลงเหลืออยู่ ซึ่งจะเป็นอันตราย ถ้ามีผู้บริโภคเข้าไป

<u>ข้อเสนอแนะ ในการทำงานวิจัยครั้งต่อไป</u>

1. ปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสตีวีโอไซด์ เนื่องจากสตีวีโอไซด์เป็นสารที่มีอยู่ในหญ้าหวาน ในสารละลาย และในผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนเล็กน้อย การวิเคราะห์หาปริมาณของสตีวีโอไซด์ ในสารประกอบดังกล่าวจึงต้องใช้ความละเอียดรอบคอบมาก ในงานวิจัยนี้ ใช้วิธีการวิเคราะห์ โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography ซึ่งใช้เวลาในการทำงานมาก และค่าที่ได้มีความผิดพลาดพอสมควร ดังนั้นสมควรที่จะมีการปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์หา

ปริมาณสตีวิโอไซด์ที่ใช้เวลาในการทำงานน้อย และให้ความผิดพลาดในการวัดต่ำ โดยการใช้เครื่อง HPLC ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสตีวิโอไซด์ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วที่สุด

2. การสกัดสตีวิโอไซด์โดยใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี Hygroscopic ต่ำ มีเสถียรภาพสูง สามารถตั้งทิ้งไว้ในอากาศได้ แต่เกรงว่าจะมีปัญหาเกิดขึ้น เนื่องจากอาจจะมีไดอ๊อกเซนหลงเหลืออยู่ ซึ่งจะเป็นปัญหาเรื่อง Toxic ดังนั้นเมื่อตกผลึกสตีวิโอไซด์ครั้งที่ 1 ได้แล้ว นำมาสกัดด้วยน้ำ แล้วฟอกสีด้วย Anion Exchange Resin แล้วจึงนำไป Spray Dryer ซึ่งคาดว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีขาวเป็นผงละเอียด และมี Hygroscopic ต่ำ และจะเป็นการขจัดปัญหาเรื่อง Toxic ของไดอ๊อกเซนที่หลงเหลืออยู่

3. วิธีการสกัดสตีวิโอไซด์ด้วยไดอ๊อกเซน ถ้าหากใช้หญ้าหวานปริมาณมาก การใช้ถังกวนแบบ Close System เพื่อป้องกันไม่ให้มีการระเหยของไดอ๊อกเซนในขณะสกัด ซึ่งคิดว่าน่าจะเหมาะสมกว่าใช้ Soxhlet

4. ส่วนที่เหลือจากการตกผลึก นำไปสกัดโดยใช้น้ำ และทำให้บริสุทธิ์ โดยใช้ Cationic Flocculant และ Anion Exchange Resin นำไปทำให้แห้งด้วย Spray Dryer อาจจะได้ผลิตภัณฑ์สตีวิโอไซด์เพิ่มขึ้น

5. ในการสกัดสตีวิโอไซด์ โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี Hygroscopic สูงมีเสถียรภาพต่ำ ดูดความชื้นในอากาศได้ดีมาก ดังนั้นจะต้องเพิ่มขั้นตอนในการกำจัดสิ่งเจือปนที่มี Polarity สูงกว่าสตีวิโอไซด์ ซึ่งจะมีผลต่อการดูดความชื้น จึงควรนำสิ่งที่สกัดได้ด้วยน้ำ นำมาสกัดแยกส่วนที่เป็น Polarity ออกทีละขั้นตอน โดยใช้ตัวทำละลายที่มี Polarity น้อยกว่านี้ตามลำดับ ดังนี้ เมธานอล, ไดอ๊อกเซน หลังจากนั้นจึงค่อยนำมาฟอกสีด้วย Anion Exchange Resin จะทำให้เรซินมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะสิ่งเจือปนในสิ่งที่สกัดได้มีน้อยลง และผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจจะมี Hygroscopic ต่ำลงก็ได้

6. ขั้นตอนในการทำสารละลายให้บริสุทธิ์นอกจากจะใช้ Cationic Flocculant และ Anion exchange resin แล้วก็มีวิธีการต่าง ๆ ได้หลายวิธี ซึ่งน่าจะลองศึกษาวิธีการทำสารละลายให้บริสุทธิ์โดยใช้ Electrolysis หรือ Ultra Filtration ซึ่งจะช่วยกำจัดสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออกได้ ซึ่งทั้ง 2 ระบบนี้ก็มีใช้อยู่ในกระบวนการในอุตสาหกรรมจำนวนมาก

โดยเฉพาะในต่างประเทศการทำสารละลายให้ใสของน้ำอ้อยในโรงงานน้ำตาล ได้มีการศึกษาโดยใช้วิธี Ultrafiltration จำนวนมากพอสมควร ซึ่งคิดว่าจะเป็นวิธีที่อาจจะใช้พัฒนาในกระบวนการสกัดสตีวิโอไซด์ โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายก็ได้