บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาไดอะแกรมสถานะของข้าวเหนียวและข้าวเจ้าที่มีการผลิตและแปรรูปมากในพื้นที่ภาคเหนือ ได้แก่ ข้าวเหนียวพันธุ์สันปาตอง และข้าวเจ้าพันธุ์พิษณุโลก 2 โดยทำการศึกษาในสภาพข้าวเปลือก ทำการปรับความชื้นของข้าวทั้งสองพันธุ์ให้อยู่ในช่วงร้อยละ 10 ถึง 90 จากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลจุดเยือกแข็งและกลาสทรานซิชันโดยใช้เครื่อง DSC นำข้อมูลกราฟจุดเยือกแข็งและกราฟอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน มาจัดทำเป็นไดอะแกรมสถานะเมื่อได้ไดอะแกรมสถานะแล้วจึงกำหนดจุดที่จะเก็บรักษาข้าวเปลือก 2 จุด คือ ต่ำกว่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน และสูงกว่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน จากนั้นศึกษาผลของการจัดเก็บข้าวทั้งสองพันธุ์ในสภาวะต่างๆ ดังกล่าวต่อคุณภาพการสี โดยดูจากปริมาณข้าวต้นเป็นหลัก

ผลการทดสอบหาจุดเยือกแข็งของตัวอย่างทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวโดยใช้เครื่อง DSC วัดค่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานแบบ total heat flow จะได้จุดเยือกแข็งเมื่อพิจารณาจาก T_f จะอยู่ในช่วง -7 ถึง 0 องศาเซลเซียส โดยเมื่อสัดส่วนของแข็งเพิ่มมากขึ้น จุดเยือกแข็งจะลดลง ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของจุดเยือกแข็งนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คืออุณหภูมิจุดเยือกแข็งมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณสัดส่วนของแข็งเพิ่มมากขึ้น หรือตัวอย่างมีค่าความชื้นลดลง

ในส่วนของการวัดอุณหภูมิกลาสทรานซิชันจะใช้ตัวอย่างข้าวที่มีความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 20 โดยน้ำหนักเปียก โดยงานวิจัยนี้พบว่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชันที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันทั้งในส่วนของตัวอย่างข้าวเหนียว และข้าวเจ้า ในภาพรวมจะพบว่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชันเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของแข็งเพิ่มขึ้น (หรือค่าความชื้นลดลง) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิกลาสทรานซิชันเกิดจากอิทธิพลของปริมาณน้ำที่มีสมบัติการเป็นพลาสติไซเซอร์ในระบบ อุณหภูมิกลาสทรานซิชันของอาหารสามารถพบได้ในช่วงอุณหภูมิกว้าง โดยอาจกว้างได้ถึงประมาณ 50 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากอาหารมีองค์ประกอบที่ซับซ้อนมากกว่าโพลิเมอร์ทั่วไป ดังนั้นการรายงานค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชันของอาหารจึงนิยมรายงานให้ครบทั้ง 3 จุด คือ ตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปจนถึงจุดสิ้นสุด โดยในงานวิจัยนี้พบว่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชันของข้าวเหนียว และข้าวเจ้าอยู่ในช่วง 27 ถึง 35 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิเริ่มต้น 27 ถึง 36 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิจุดกลาง และ 31 ถึง 38 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิจุดสิ้นสุด

เมื่อนำกราฟจุดเยือกแข็ง และกราฟอุณหภูมิกลาสทรานซิชันที่ได้มาจัดทำเป็นไดอะแกรมสถานะของข้าวทั้งสองพันธุ์ จะพบว่า ไดอะแกรมสถานะของตัวอย่างข้าวเหนียวและข้าวเจ้ามีลักษณะคล้ายกัน และผลที่ได้สอดคล้องกับไดอะแกรมสถานะของข้าวพันธุ์อื่น ๆ ที่มีการรายงานไว้ในวารสารวิชาการต่าง ๆ

จากไดอะแกรมสถานะที่สร้างขึ้น ทำการเก็บรักษาข้าวเปลือก (ความชื้นร้อยละ 10 น้ำหนักเปียก) ในสภาวะอุณหภูมิต่ำกว่าเส้นกราฟทรานซิชัน (สถานะคล้ายแก้ว) โดยเลือกเก็บ 2 อุณหภูมิ ได้แก่ 5 และ 25 องศาเซลเซียส และสภาวะอุณหภูมิสูงกว่าเส้นกราฟทรานซิชัน (สถานะคล้ายยาง) เลือกเก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส จากนั้นสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกมาทำการสีด้วยเครื่องสีขนาดเล็กที่สามารถควบคุมสภาวะการสีที่เหมือนกันตลอดการทดลอง และวัดปริมาณข้าวต้นทุกสัปดาห์ตั้งแต่ 0 และ 8 สัปดาห์ ผลพบว่า ปริมาณข้าวต้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยปริมาณข้าวต้นที่เพิ่มขึ้น จะเพิ่มขึ้นในทุกๆ สภาวะการเก็บรักษา ทั้งในส่วนของอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงต่ำกว่ากลาสทรานซิชัน (5 และ 25 องศาเซลเซียส) และช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่ากลาสทรานซิชัน (35 และ 45 องศาเซลเซียส) โดยที่อุณหภูมิที่สูงกว่ากลาสทรานซิชัน อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณข้าวต้นจะมีมากกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม

งานวิจัยนี้จึงมีข้อแนะนำสำหรับอุตสาหกรรมการสีข้าว หากต้องการปรับสภาพข้าวที่มีคุณภาพการสีต่ำ เช่น ข้าวที่ผ่านการอบแห้งในสภาวะที่ไม่เหมาะสม หรือข้าวที่ผ่านสภาพการเก็บเกี่ยวไม่เหมาะสม มีความแตกต่างของความชื้นภายในเมล็ดข้าวสูง หากนำมาสีจะทำให้อัตราการแตกหักสูง หากต้องการคืนสภาพ ปรับปรุงคุณภาพการสี ควรนำมาบ่มเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์โดยหากสามารถเก็บรักษาในสภาวะที่อุณหภูมิสูงกว่ากลาสทรานซิชันได้จะช่วยเร่งการคืนสภาพของเมล็ดข้าวได้เร็วขึ้น โดยสภาวะที่แนะนำจากผลการวิจัยนี้ คือ อยู่ในช่วง 30 ถึง 45 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมหรือผู้ใช้ต้องคำนึงถึงอุปกรณ์ และเครื่องจักรที่มีอยู่ด้วย การเก็บรักษาที่อุณหภูมิดังกล่าวอาจใช้ลมร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ในบางพื้นที่ โดยต้องออกแบบไซโลเก็บรักษาให้สามารถเก็บรักษาความร้อนในระดับดังกล่าวได้ตลอดเวลา โดยเฉพาะช่วงเวลากลางคืนที่อุณหภูมิลดลง เนื่องจากหากใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากแหล่งอื่นอาจทำให้สิ้นเปลืองได้ เพราะการบ่มต้องใช้ระยะเวลายาวนาน

อีกประเด็นที่ต้องคำนึง คือ สภาวะการบ่ม ข้าวที่จะนำมาบ่มต้องมีความชื้นที่เหมาะสมตามที่แนะนำคือไม่เกินร้อยละ 10 ถึง 13 (น้ำหนักเปียก) หากข้าวมีความชื้นมากกว่านี้จะทำให้เกิดการเน่าเสียได้ระหว่างการบ่ม และสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในไซโลเพื่อบ่มข้าวก็ต้องมีสภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ หากมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ข้าวซึ่งเป็นวัสดุที่ดูดความชื้นได้ดี จะดูดความชื้น

จากสภาพบรรยากาศภายนอก และทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวสูงขึ้น ก็จะเกิดการเน่าเสียได้ระหว่างการบ่ม

5.2.2 ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้ไดอะแกรมสถานะในการปรับปรุงคุณภาพการสีของข้าว ให้มีคุณภาพการสีที่ดีขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไดอะแกรมสถานะของอาหารมีประโยชน์ในการช่วยปรับปรุงออกแบบกระบวนการผลิตอาหาร รวมถึงมีประโยชน์ในการใช้เพื่อศึกษาคุณภาพอาหารระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ ดังนั้นควรมีการศึกษาวิจัย และพัฒนาไดอะแกรมสถานะสำหรับอาหารชนิดอื่น ๆ และนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการปรับปรุงคุณภาพอาหารนั้น ๆ