บทที่ 4

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการทดลอง

ผลการวิจัยตามขั้นตอนต่าง ๆ สรุปผลได้ดังนี้

การเลือกตราของแป้งข้าวเหนียวเพื่อใช้ในการทดลองโดยการหาปริมาณสปอร์ของเชื้อ thermophile พบว่าแป้งตราโม่เป็นแป้งที่มีคุณสมบัติดีในด้านความสะอาดเหมาะสมในการใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในอาหารเด็ก จากนั้นคัดเลือกชนิดของอาหารเด็กอ่อนจากตัวอย่างที่มีจำหน่ายในท้องตลาดได้ตัวอย่างอาหารคาว คือ Beef and Egg Noodles with Vegetables ส่วนอาหารหวาน คือ Orange Pudding จึงใช้เป็นต้นแบบในการหาสูตร และส่วนผสมที่เหมาะสมของอาหารคาวและหวานที่ได้ อาหารคาวใช้ linear programming ได้สูตร คือ เนื้อวัว 253.32 กรัม ,แครอท 26.35 กรัม , มะเขือเทศ 77.39 กรัม ,ถั่วลันเตา 43.30 กรัม ,ไข่ไก่ 16.14 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่ให้สารอาหารครบและเพียงพอ ใน 1 วัน สำหรับเด็กอายุ ต่ำกว่า 1 ปี โดยมีราคารวมเป็น 17.38 บาท ซึ่งพบว่าจะต้องใช้แป้งข้าวเหนียว 7 % จึงจะให้ความหนืดที่เหมาะสม อาหารหวานหาสูตรโดย sensory evaluation ได้สูตร คือ นมผงขาดมันเนย 8.75%, น้ำผลไม้ 17.62 % , น้ำ 52.86 % , ไข่แดง 2.19 % ,น้ำตาล 12.03 % และแป้งข้าวเหนียว 6.56% แล้วทดลองใช้แป้งแปรสภาพชนิด phosphate cross-linked และแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวกับแป้งแปรสภาพแทนการใช้แป้งข้าวเหนียว โดยกำหนดให้มีความหนืดในผลิตภัณฑ์ก่อนให้ความร้อนเท่ากัน แป้งที่ใช้ คือ แป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ อัตราส่วน 8:2, 6:4, 4:6, 2:8 และ 0:10 สำหรับอาหารคาวใช้แป้งผสมปริมาณ 6.59, 5.78, 5.68, 5.48 และ 4.74 % โดยน้ำหนักตามลำดับ ส่วนอาหารหวานใช้ปริมาณ 5.69, 4.89, 4.35, 4.24 และ 4.05 % โดยน้ำหนักตามลำดับ

จากนั้นทดลองหาเวลาที่ใช้ฆ่าเชื้ออาหารเด็กอ่อนชนิดเหลวบรรจุกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 121 °ซ ทั้งอาหารคาวและหวานโดยใช้ตัวอย่างที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียวอย่างเดียว อาหารคาวใช้เวลา 53 นาที อาหารหวานใช้เวลา 50 นาที ผลิตอาหารบรรจุกระป๋องแล้วทดสอบคุณสมบัติของอาหารกระป๋องที่ได้ พบว่าตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียว

มาก ความหนืดจะลดลงไปจากเดิมมากกว่า และอาหารหวานความหนืดจะลดลงมากกว่าอาหารคาว การที่ความหนืดลดลงไปมากในช่วงนี้เป็นเพราะอาหารต้องผ่านการให้ความร้อนหลายขั้นตอน โครงสร้างของแป้งจึงถูกทำลายไปบางส่วน กรณีนี้อาจแก้ไขได้โดยการกวนอาหารให้แป้งเกิด gelatinization เพียงบางส่วน เป็นการป้องกันไม่ให้อาหารเกิดการตกตะกอนระหว่างการฆ่าเชื้อ แต่ต้องมีการศึกษาเวลาที่ใช้ในการกวนที่เหมาะสมและเวลาในการฆ่าเชื้อใหม่ เพราะอาหารมีการเพิ่มความหนืดระหว่างการ sterilize การถ่ายเทความร้อนก็จะเปลี่ยนแปลงไป เมื่อเปรียบเทียบด้านการยอมรับ พบว่าตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของ แป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ = 4 : 6 ได้รับการยอมรับมากที่สุดทั้งอาหารคาว และอาหารหวาน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการใช้แป้งข้าวเหนียวเป็นสารให้ความหนืดในอาหารเด็ก อ่อน ไม่สามารถใช้แป้งข้าวเหนียวทั้ง 100% ได้ ควรใช้ในรูปทดแทนแป้งแปรสภาพชนิด phosphate cross-linked บางส่วน ซึ่งสามารถทดแทนได้ในปริมาณ 40 % ของแป้งที่ต้องใช้ทั้งหมด

จากการศึกษาอายุการเก็บ อาหารคาวที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง และ 10° ซ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อค่าต่าง ๆ ในการทดสอบคุณสมบัติในขณะเก็บและเมื่อเก็บอาหารไว้นานขึ้น อาหารที่ผสมด้วยแป้งแปรสภาพล้วน และ แป้งผสมซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ เป็น 2:8 จะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะของ retrogradation ในขณะเก็บ ส่วนอาหารที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียวล้วน และแป้งผสมอัตราส่วน 8:2 มีการแยกตัวของน้ำในลักษณะตกตะกอนและพบว่าอาหารชนิดที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียว : แป้งแปรสภาพ อัตราส่วน 6:4 และ 4:6 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าตัวอย่างหลัง คือ แป้งผสมอัตราส่วน 4:6 ได้รับการยอมรับมากที่สุด ส่วนอาหารหวานที่เก็บไว้ที่ทั้งสองอุณหภูมิ ให้ผลคล้ายกับอาหารคาว แตกต่างกันตรงที่ลักษณะปรากฏด้านการแยกตัวของน้ำ จากอาหารชนิดที่ผสมด้วยแป้งข้าวเหนียวล้วนเท่านั้นที่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง และจากลักษณะปรากฏ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าสีของอาหารซึ่งก่อนเก็บมีลักษณะของ browning อยู่บ้างแล้ว พบว่ามีการเกิด browning เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสีของอาหารเข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยที่อุณหภูมิห้องจะมีการเปลี่ยนแปลงไปมากกว่า ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยการใช้ continuous sterilizer (25) ซึ่งภายใน sterilizer จะมีน้ำเป็นตัวถ่ายเทความร้อน และมีการเคลื่อนที่ของภาชนะบรรจุอาหารอยู่ตลอดเวลา ทำให้ทุกส่วนของอาหารมีโอกาสได้รับการถ่ายเทความร้อนเท่าๆกัน วิธีนี้จะลดการเกิด browning เนื่องจาก polimerization ของน้ำตาลลงได้บางส่วน เพราะจะไม่มีอาหารส่วนหนึ่งส่วนใดได้รับความร้อนมากเกินไป

4.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่า ยังไม่สามารถใช้แป้งข้าวเหนียวเป็นสารให้ความข้นหนืดในอาหารเด็ก โดยลำพังได้ แต่สามารถใช้แป้งข้าวเหนียวทดแทนแป้งเชื่อมข้ามในอาหารเด็กได้ประมาณ 40 % เนื่องจากแป้งแปรสภาพที่ใช้ทำจากแป้งมันสำปะหลัง จึงยังมีคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังอยู่ ดังนั้น จึงน่าที่จะทดลองแปรสภาพแป้งข้าวเหนียวซึ่งมีคุณสมบัติด้านเสถียรภาพระหว่างการเก็บดีอยู่แล้ว ให้มีความทนทานต่อความร้อนเพิ่มขึ้น โดยการแปรสภาพแบบเชื่อมข้าม ซึ่งมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้งานได้ 2 ลักษณะ คือ

1. ทดแทนแป้งแปรสภาพชนิด esterified (หรือ etherified) ร่วมกับการเชื่อมข้าม (cross-linked) ในอาหารทั่ว ๆ ไป

2. ใช้ในอาหารเด็กอ่อน โดยให้มี degree ของการเชื่อมข้ามต่ำมาก ๆ และ/หรือ ผสมกับแป้งข้าวเหนียวที่ไม่ได้แปรสภาพ เป็นสารให้ความข้นหนืดในอาหารเด็กอ่อน

อย่างไรก็ดี การแปรสภาพแป้งข้าวเหนียวเป็นสิ่งที่ทำได้ไม่ง่ายนัก เนื่องจากในขั้นต้นต้องสกัดเอาโปรตีนที่เกาะติดอยู่กับเม็ดแป้งออกเสียก่อนซึ่งค่อนข้างทำได้ยาก (21) เนื่องจากโปรตีนในแป้งข้าวเหนียว เป็นตัวลดคุณสมบัติในการพองตัวของแป้งข้าวเหนียวลงไป (23) และอาจมีผลให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการแปรสภาพ เปลี่ยนแปลงไปด้วย

นอกจากนี้ ยังน่าที่จะทดลองศึกษาการใช้งานแป้งข้าวเหนียวที่ pH อื่น ๆ นอกเหนือจากที่ได้ทำการทดลองไปแล้ว กรณีนี้จะมีจุดที่น่าสนใจในแง่เสถียรภาพของแป้งข้าวเหนียว ที่ pH ต่ำ ซึ่งการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อจะน้อยลง อาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อจะมีคุณภาพที่ดีกว่า แต่ความเป็นกรดของอาหารก็อาจมีผลต่อเสถียรภาพในขณะเก็บและต่อการยอมรับของอาหารที่ได้ด้วย (24,37) หรือ อาจนำแป้งข้าวเหนียวไปใช้ในอาหารประเภทอื่น เช่น อาหารแช่แข็ง ซึ่งอาหารจะไม่ต้องผ่านความร้อนสูง และกรณีนี้จะสามารถใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวเหนียวได้เต็มที่

ขั้นตอนต่าง ๆ ในการทดลองที่ผ่านมา ตั้งแต่การหาสูตรอาหารเด็กอ่อนเริ่มต้นไปจนถึงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา และถึงแม้ในการทดลองจะพบว่าจะมีสารอาหารที่วิเคราะห์ได้โดยทางเคมีของอาหารคาวบางตัวที่ต่ำกว่ามาตรฐาน แต่ก็อาจแก้ไขได้โดยการวิเคราะห์หาสารอาหารที่มีอยู่ในวัตถุดิบจริง ๆ ด้วยวิธีการทางเคมีแทนการประมาณด้วยการเปิดจากตาราง เหล่านี้ แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการผลิตอาหารเด็กอ่อนเป็นสินค้าได้โดยจำหน่ายภายในประเทศ เพื่อลดการนำอาหารเด็กอ่อน

สำเร็จรูปเข้ามาในประเทศ และช่วยทำให้ผู้บริโภคซื้อได้ในราคาที่ถูกลง หรืออาจผลิตส่งออกต่างประเทศได้ เป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมทางการเกษตรได้ทางหนึ่ง อย่างไรก็ดี ในแง่ของภาชนะบรรจุ การใช้ขวดแก้วจะมีความเหมาะสมมากกว่า เพราะสามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ภายในขวดได้ทันที และการนำไปบริโภคก็มีความสะดวก สามารถเปิดฝาขวดรับประทานได้ทันที และยังสามารถเก็บไว้ได้ต่อไปในกรณีที่รับประทานไม่หมด รวมทั้งปัจจุบันนี้ ขวดแก้วก็มีราคาไม่แพง ฝาขวดที่ใช้ก็มี epoxy ที่ทนต่อความร้อนในระหว่างการ sterilize ได้ แต่การใช้ขวดแก้วเป็นภาชนะบรรจุนั้น จำเป็นต้องมี sterilizer ที่ใช้กับขวดแก้วโดยเฉพาะ และต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการบรรจุแบบสูญญากาศด้วย (25)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย