บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้ถั่วเหลืองเพาะงอกซึ่งมีสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้สูงอายุ ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ระยะเวลาการเพาะงอกเมล็ดถั่วเหลืองที่เหมาะสม คือ การแช่น้ำเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วทำการเพาะงอกเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะได้เมล็ดถั่วเหลืองเพาะงอกที่มีปริมาณความชื้น เท่ากับ 50.89±0.95 เปอร์เซนต์น้ำหนักเปียก ปริมาณโปรตีน เท่ากับ 39.54±0.18 เปอร์เซนต์น้ำหนักแห้ง และปริมาณ GABA เท่ากับ 1,355.42±11.74 mg/kg

5.1.2 สูตรที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีส่วนผสมของเมล็ดถั่วเหลือง 22 เปอร์เซนต์ น้ำตาล 2 เปอร์เซนต์ น้ำมันรำข้าว 1 เปอร์เซนต์ คาราจีแนน 0.6 เปอร์เซนต์ และน้ำสะอาด 74.4 เปอร์เซนต์ จะได้เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ ที่มีลักษณะปรากฏเป็นวุ้นอ่อน คงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ สีครีม เนื้อสัมผัสนุ่มและหยุ่นตัว เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด เท่ากับ 6.50±0.71°Brix ค่าการแยกตัวของน้ำ เท่ากับ 6.00±0.99 เปอร์เซ็นต์ ค่า Hardness เท่ากับ 709.00±5.66 g force ค่า Adhesiveness เท่ากับ 71.32±3.75 g force·sec ค่า Cohesiveness เท่ากับ 83.13±0.08 เปอร์เซนต์ ค่า Gumminess เท่ากับ 589.50±4.95 g force มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสเฉลี่ย ด้านสี เท่ากับ 7.90±0.81 ด้านกลิ่นรส เท่ากับ 6.68±0.92 ด้านความนุ่ม เท่ากับ 7.13±0.82 และด้านความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.90±0.84

5.1.3 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ พบว่า ค่าสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 73.03±0.20 -1.05±0.02 และ 6.28±0.06 ตามลำดับ ค่า water activity เท่ากับ 0.964±0.01 และความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 8.76±0.04 มีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ ปริมาณความชื้น เท่ากับ 90.97±0.13 เปอร์เซนต์น้ำหนักเปียก เถ้า เท่ากับ 0.41±0.05 เปอร์เซนต์น้ำหนักเปียก ไขมัน เท่ากับ 2.23±0.26 เปอร์เซนต์น้ำหนักเปียก โปรตีน เท่ากับ 4.06±0.21 เปอร์เซนต์น้ำหนักเปียก และกากใย 1.28±0.29 เปอร์เซนต์น้ำหนักเปียก คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 2.33±0.04 เปอร์เซนต์น้ำหนักเปียก มีค่าพลังงานเท่ากับ 45.68±1.78 กิโลแคลอรี ผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เนื่องจากมีคุณภาพด้านปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา สตาฟิโลค็อกคัสออเรียส และ เอสเชอริเชียโคไล เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.519/2547 เยลลี่อ่อน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

5.1.4 ผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ จัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากมีสารประกอบฟีนอลิก 1.84±0.19 mg GAE/g และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 9.14±0.05 µmol Trolox equivalents/g

5.1.5 การดำเนินงานถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีผู้เข้าร่วมการอบรมจำนวน 23 คน และมีผลการประเมินความพึงพอใจโดยภาพรวมต่อการจัดอบรมครั้งนี้ในระดับมากที่สุด

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 การศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำที่ระยะเวลาต่าง ๆ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดถั่วเหลือง โดยถั่วเหลืองจะมีการขยายขนาดเมล็ดเนื่องจากมีการดูดน้ำเข้าไป โดยน้ำจะทำให้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองอ่อนนุ่มและเมล็ดมีการขยายขนาดใหญ่ขึ้น (จารุวรรณ บัวทอง, 2552) ค่าปริมาณความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองจึงมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการแช่น้ำ ซึ่งระยะเวลาแช่น้ำมีความสำคัญ หากแช่ในระยะเวลาสั้นน้ำจะซึมผ่านเข้าในเมล็ดน้อย ทำให้กระบวนการต่าง ๆ ภายในเมล็ดเกิดขึ้นไม่มากหรือเกิดช้า เมื่อนำเมล็ดไปเพาะจะทำให้งอกช้าหรือไม่งอก แต่ถ้าแช่น้ำนานเกินไปอาจทำให้เมล็ดช็อกน้ำทำให้เนื้อเยื่อภายในเมล็ดบวมมากจนฉีกขาดเกิดการรั่วไหลของสารอาหารจากภายในเมล็ดออกสู่ภายนอกเมื่อนำไปเพาะเมล็ดจะไม่งอก (จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529) ระยะเวลาการแช่น้ำที่ 4 ชั่วโมงจึงเหมาะสม เนื่องจากใช้ระยะเวลาการแช่น้ำที่สั้นที่สุด แต่ทำให้เมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณความชื้นมากกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ซึ่งปริมาณความชื้นดังกล่าว เพียงพอต่อการใช้สำหรับกระบวนการงอกของเมล็ดถั่วเหลือง (จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529)

5.2.2 การศึกษาผลของระยะเวลาการเพาะงอกต่อปริมาณโปรตีนและ GABA ในเมล็ดถั่วเหลือง แสดงให้เห็นว่า เมล็ดถั่วเหลืองเมื่อจะมีการงอกของรากอ่อน (redicle) แทงทะลุโผล่ออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดทางไมโครไพล์ (micropyle) (จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529) กระบวนการงอกดังกล่าว จะเกิดขึ้นเมื่อเมล็ดพืชได้รับปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกอย่างเหมาะสม ได้แก่ น้ำ ออกซิเจน และอุณหภูมิ ทำให้เกิดการชักนำการทำกิจกรรมของเอนไซม์ การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอ็นไซม์ และการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบต่าง ๆ ของเมล็ดในระหว่างการงอกกระบวนการงอก ทำให้เมล็ดมีการดูดซึมน้ำเข้าไปในเมล็ด เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเกิดกระบวนการเมแทบอลิก (metabolic) การเปลี่ยนแปลงนี้มีผลให้ในเมล็ดที่เพาะงอกจะพบสารอาหาร และสารที่มีบทบาททางชีวภาพสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเพาะงอก เช่น พบกรดแกมมา-อะมิโนบิวทิริก (γ-aminobutyric acid) หรือกาบ้า (GABA) ซึ่งเป็นสารที่สังเคราะห์ในระหว่างการงอกของเมล็ด (Cho and Lim, 2016) ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมล็ดถั่วเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาของการเพาะงอก ปริมาณโปรตีนจะค่อย ๆ เพิ่มตามระยะเวลาการเพาะงอก ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ (ชญาดา หลาวทอง, 2555; พอฤทัย ช้างบุญมี; 2556 และ Kayembe and Rensburg, 2013) การเพาะงอกยังทำให้มีการเพิ่มปริมาณของ GABA ด้วยเช่นกัน โดยเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่น้ำเพื่อกระตุ้นการงอกนั้น เมล็ดจะรับน้ำเข้าไปจะทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนนุ่ม ส่งผลให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ต่าง ๆ ภายในเซลล์และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระหว่างการงอก เช่น การสังเคราะห์สารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต เกิดการย่อยสลาย

สารอาหารที่สะสมในเมล็ดพืช ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ระหว่างกระบวนการงอกจะมีการทำงานของเอนไซม์ การทำงานของเอนไซม์จะทำให้เกิดการเผาผลาญสารอาหารจำพวกโปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรต เพื่อใช้เป็นพลังงานระหว่างกระบวนการงอก (Evelyn and Juliano, 1972) โดยกระบวนการเพาะงอก มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ GABA โดยสาร GABA เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีเมื่อน้ำได้แทรกเข้าไปในเมล็ดน้ำจะกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดเกิดการทำงานเมื่อเมล็ดเริ่มงอก (malting) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดจะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการทางชีวเคมีทำให้สารคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดมีโมเลกุลเล็กลง (oligosaccharide) โปรตีนภายในเมล็ดถูกย่อยให้เกิดเป็นกรดแอมิโนและเปปไทด์ รวมทั้งยังพบการสะสมสาร GABA เพิ่มขึ้น (สุนัน และจตุรงค์, 2556; สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, 2555)

5.2.3 การศึกษาผลของปริมาณคาราจีแนนต่อคุณภาพทางกายภาพของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก พบว่าปริมาณคาราจีแนนมีผลต่อลักษณะปรากฏของเยลลี่แตกต่างกัน โดยเมื่อเพิ่มปริมาณคาราจีแนน เยลลี่ที่ได้จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็ง และคงรูปได้ดี และทำให้ค่าการแยกตัวของน้ำน้อยลง เนื่องจากเจลที่เกิดขึ้นในระบบจะเกิดจากการรวมตัวกันระหว่างพันธะคู่ (double helices) ของคาราจีแนน ส่งผลให้พันธะคู่ที่ได้มีความแข็งแรงมากขึ้น ดังนั้น เมื่อเพิ่มปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลในการเตรียมผลิตภัณฑ์ จึงทำให้พันธะคู่ที่เกิดขึ้นในระบบมีปริมาณมากขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้โครงร่างตาข่ายของเจลมีความแข็งแรง และมีความคงตัวมากขึ้น ในขณะที่ค่าการแยกตัวของน้ำลดลง เนื่องจากเจลที่มีความแข็งแรงสูงจะสามารถกักเก็บน้ำไว้ภายในเจลได้ดีจึงทำให้เกิดการแยกตัวของน้ำน้อยลง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545; กุสุมา ทินกร ณ อยุธยา และ นัทมน พุฒดวง, 2559) ส่งผลทำให้ลักษณะปรากฏของเยลลี่ที่ได้มีลักษณะการคงรูปที่ดีกว่า นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณสารทำให้เกิดเจลยังมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเยลลี่เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Texture analyzer โดยเมื่อความเข้มข้นของคาราจีแนนมากขึ้น ค่าความแข็ง (hardness) การยึดเกาะติดกัน (adhesiveness) และค่าความเหนียว (gumminess) ของเนื้อเยลลี่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นด้วย

5.2.4 การศึกษาผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ จะเห็นได้ว่าเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ ในทุกสิ่งทดลองจะมีคะแนนการยอมรับด้านสีมาก อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีขาวครีม ดูน่ารับประทาน ในขณะที่คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของแต่ละสิ่งทดลอง ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณของถั่วเหลืองซึ่งเป็นส่วนผสมหลักที่มีผลต่อกลิ่นรสของเยลลี่ ใส่ในปริมาณที่เท่ากันในทุกสูตร แต่เมื่อพิจารณาที่ความนุ่มจะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในแต่ละสิ่งทดลอง สิ่งทดลองที่ 3 ซึ่งมีปริมาณคาราจีแนน 0.6 เปอร์เซนต์ ได้รับคะแนนยอมรับสูงที่สุด อาจเนื่องมาจาก มีความนุ่มอยู่ในระดับที่พอดีเมื่อเทียบกับสูตรอื่น ๆ โดยเมื่อพิจารณาค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่ทดสอบด้วยเครื่อง Texture analyzer จะพบว่า สิ่งทดลองที่ 2 และ 4 มีค่าความแข็ง (hardness) และ ค่าความเหนียว (gumminess) สูงกว่าสิ่งทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจมีผลทำให้ความนุ่มของเยลลี่ในสิ่งทดลองที่ 2 และ 4 ลดลง ผู้ทดสอบชิมจึงให้คะแนนการยอมรับเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสิ่งทดลองที่ 3 มากกว่า

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์

(ก) งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์เยลลี่สำหรับผู้สูงอายุให้มีความหลากหลายมากขึ้น โดยการเสริมธัญพืชหรือผลไม้ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มรสชาติและกลิ่นรสที่ดีของเยลลี่

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

(ก) ควรมีการศึกษากระบวนการผลิตให้เหมาะสมสำหรับการผลิตในระดับ OTOP หรือสินค้าชุมชน เช่น การศึกษาการลดระยะเวลาการเพาะงอก การศึกษาสูตรเยลลี่จากธัญพืชเพาะงอกอื่น ๆ เพื่อเพิ่มความหลากหลายให้แก่ผลิตภัณฑ์

(ข) ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก และการเปลี่ยนแปลงสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี