บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยประเภทการพัฒนาทดลอง (experimental development) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ โดยทำการศึกษาระยะเวลาการเพาะงอกถั่วเหลืองที่เหมาะสม การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตให้แก่ผู้สนใจ ซึ่งได้ผลการศึกษา ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาระยะเวลาการเพาะงอกถั่วเหลืองที่เหมาะสม

ในการศึกษาระยะเวลาการเพาะงอกถั่วเหลืองที่เหมาะสม เพื่อนำไปพัฒนาเยลลี่จากถั่วเหลืองเพาะงอก โดยศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำต่อปริมาณความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองและผลของระยะเวลาการเพาะงอกต่อปริมาณโปรตีนและ GABA ในเมล็ดถั่วเหลือง

4.1.1 ผลของระยะเวลาการแช่น้ำต่อปริมาณความชื้นในเมล็ดถั่วเหลือง

การศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำต่อปริมาณความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองจัดสิ่งทดลองออกเป็น 6 สิ่งทดลอง ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 ถั่วเหลืองแช่น้ำเป็นเวลา 4 ชั่วโมง
สิ่งทดลองที่ 2 ถั่วเหลืองแช่น้ำเป็นเวลา 8 ชั่วโมง
สิ่งทดลองที่ 3 ถั่วเหลืองแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง
สิ่งทดลองที่ 4 ถั่วเหลืองแช่น้ำเป็นเวลา 16 ชั่วโมง
สิ่งทดลองที่ 5 ถั่วเหลืองแช่น้ำเป็นเวลา 20 ชั่วโมง
สิ่งทดลองที่ 6 ถั่วเหลืองแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำที่เวลา 4 8 12 16 20 และ 24 ชั่วโมง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดถั่วเหลืองโดยสามารถสังเกตได้จากลักษณะทางกายภาพของถั่วเหลืองที่มีการขยายขนาดเมล็ดเนื่องจากมีการดูดน้ำเข้าไป แสดงดังภาพที่ 4.1

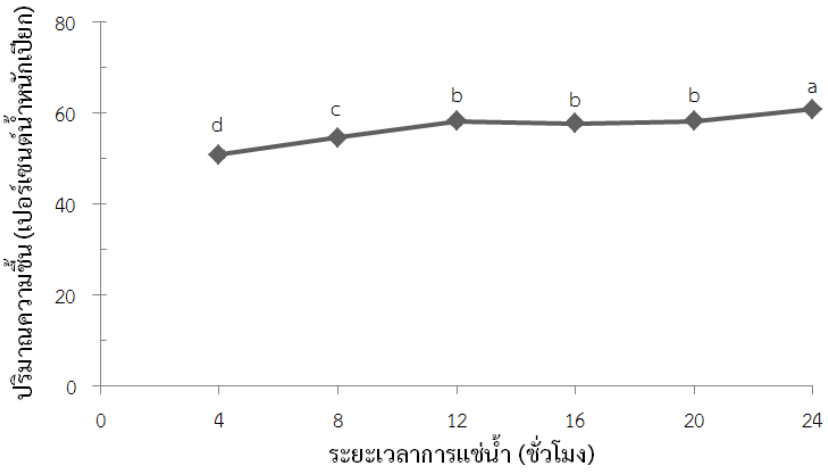
(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดถั่วเหลืองที่แช่น้ำที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง (ก) 8 ชั่วโมง (ข) 12 ชั่วโมง (ค) 16 ชั่วโมง (ง) 20 ชั่วโมง (จ) และ 24 ชั่วโมง (ฉ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

เมื่อนำเมล็ดถั่วเหลืองที่แช่น้ำที่ระยะเวลาต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่าระยะเวลาในการแช่น้ำมีผลต่อการปริมาณความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อผ่านการแช่น้ำที่ระยะเวลาต่าง ๆ สิ่งทดลองที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 50.89±0.95 54.62±0.44 58.20±0.85 57.69±0.69 58.22±0.50 และ 60.88±0.17 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก ตามลำดับ โดยเมล็ดถั่วเหลืองดิบมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 8.91±0.06 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก เมื่อนำข้อมูลปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการแช่น้ำไปสร้างกราฟ แสดงดังภาพที่ 4.2

ดังนั้น ระยะเวลาการแช่น้ำของสิ่งทดลองที่ 1 เหมาะสมที่สุด เนื่องจากใช้ระยะเวลาการแช่น้ำที่สั้นที่สุดที่ทำให้เมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณความชื้นมากกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนักเปียก ซึ่งเมล็ดถั่วเหลือง (*Glycie max*) ต้องการปริมาณความชื้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก เพื่อใช้สำหรับกระบวนการงอก (จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529)



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองที่ระยะเวลาการแช่น้ำต่าง ๆ

หมายเหตุ: อักษร a - d ที่มีความแตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

4.1.2 ผลของระยะเวลาการเพาะงอกต่อปริมาณโปรตีนและ GABA ในเมล็ดถั่วเหลือง

การศึกษาผลของระยะเวลาการเพาะงอกต่อปริมาณโปรตีนและ GABA ในเมล็ดถั่วเหลือง จัดสิ่งทดลองออกเป็น 6 สิ่งทดลอง ดังนี้

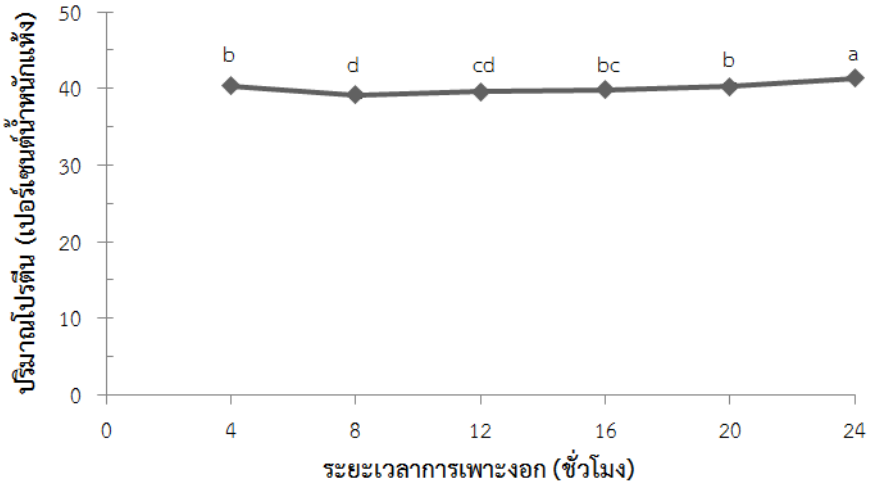
สิ่งทดลองที่ 1 เมล็ดถั่วเหลืองเพาะงอกเป็นเวลา 4 ชั่วโมง
สิ่งทดลองที่ 2 เมล็ดถั่วเหลืองเพาะงอกเป็นเวลา 8 ชั่วโมง
สิ่งทดลองที่ 3 เมล็ดถั่วเหลืองเพาะงอกเป็นเวลา 12 ชั่วโมง
สิ่งทดลองที่ 4 เมล็ดถั่วเหลืองเพาะงอกเป็นเวลา 16 ชั่วโมง
สิ่งทดลองที่ 5 เมล็ดถั่วเหลืองเพาะงอกเป็นเวลา 20 ชั่วโมง
สิ่งทดลองที่ 6 เมล็ดถั่วเหลืองเพาะงอกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การศึกษาผลของระยะเวลาการเพาะงอกที่เวลา 4 8 12 16 20 และ 24 ชั่วโมง พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ โดยเมื่อสังเกตลักษณะทางกายภาพ พบว่า เมล็ดถั่วเหลืองเมื่อทำการเพาะงอก จะมีการงอกของรากอ่อน (redicle) แทงทะลุโผล่ออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดทางไมโครไพล์ (micropyle) แสดงดังภาพที่ 4.3

(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดถั่วเหลืองที่เพาะงอกที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง (ก) 8 ชั่วโมง (ข) 12ชั่วโมง (ค) 16 ชั่วโมง (ง) 20 ชั่วโมง (จ) และ 24 ชั่วโมง (ฉ)

เมื่อนำเมล็ดถั่วเหลืองที่เพาะงอกที่ระยะเวลาต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน พบว่าระยะเวลาในการเพาะงอกมีผลต่อปริมาณโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีปริมาณโปรตีน 40.32±0.09 39.12±0.45 39.54±0.18 39.86±0.20 40.24±0.41 และ 41.34±0.19 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่น้ำ 4 ชั่วโมง แต่ไม่ผ่านการเพาะงอกมีปริมาณโปรตีน 40.71±0.21 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง เมื่อนำข้อมูลปริมาณโปรตีนกับระยะเวลาในการเพาะงอกไปสร้างกราฟ แสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงปริมาณโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองที่ระยะเวลาการเพาะงอกต่าง ๆ

หมายเหตุ: อักษร a - d ที่มีความแตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมล็ดถั่วเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาของการเพาะงอก ปริมาณโปรตีนจะลดลงหลังจากการเพาะงอกเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และหลังจากการเพาะงอกแล้วเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ปริมาณโปรตีนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเพาะงอก โดยพบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่เวลาในการเพาะงอก 24 ชั่วโมง เมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาระยะห่างระยะเวลาการเพาะงอก จึงทำการสุ่มตัวอย่างสิ่งทดลองที่ 1 3 และ 6 ไปทำการวิเคราะห์ปริมาณ GABA พบว่าระยะเวลาการเพาะงอกมีผลต่อปริมาณสาร GABA แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณ GABA ในเมล็ดถั่วเหลืองที่ระยะเวลาเพาะงอกต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาเพาะงอก (ชั่วโมง)	ปริมาณ GABA (mg/kg)
1	4	1,238.80±14.75[b]
3	12	1,355.42±11.74[a]
6	24	1,192.21±7.14[c]

หมายเหตุ: อักษร a – c ที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

โดยสิ่งทดลองที่ 1 3 และ 6 มีปริมาณ GABA เท่ากับ 1,238.80±14.75 1,355.42±11.74 และ 1,192.21±7.14 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองจึงอาจเป็นไปได้ว่าปริมาณโปรตีนจะลดลงผกผันกับปริมาณ GABA ที่สูงขึ้น เนื่องจากโปรตีนถูกย่อยให้เป็นกรดแอมิโนและเปปไทด์ในระหว่างการเพาะงอก (ทัทยา อนุสสร, 2555) การทดลองนี้จึงเลือกใช้ระยะเวลา 12 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเพาะงอกถั่วเหลือง

4.2 ผลการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก

การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก โดยทำการศึกษาการแปรปริมาณคาราจีแนน (0.4 –0.8 เปอร์เซ็นต์) ต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก โดยจัดสิ่งทดลองตามสูตรที่ใช้สำหรับการผลิตเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก ออกเป็น 5 สิ่งทดลอง ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 สูตรเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก ที่มีปริมาณคาราจีแนน 0.4 เปอร์เซ็นต์
สิ่งทดลองที่ 2 สูตรเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก ที่มีปริมาณคาราจีแนน 0.5 เปอร์เซ็นต์
สิ่งทดลองที่ 3 สูตรเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก ที่มีปริมาณคาราจีแนน 0.6 เปอร์เซ็นต์
สิ่งทดลองที่ 4 สูตรเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก ที่มีปริมาณคาราจีแนน 0.7 เปอร์เซ็นต์
สิ่งทดลองที่ 5 สูตรเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก ที่มีปริมาณคาราจีแนน 0.8 เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกไปทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลอง ดังนี้

4.2.1 ผลของปริมาณคาราจีแนนต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก

(ก) ลักษณะปรากฏของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

จากการประเมินลักษณะปรากฏของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกด้วยสายตา พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 2 3 4 5 มีลักษณะปรากฏแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.2 เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสิ่งทดลองที่ 1 มีลักษณะเยลลี่ เป็นวุ้น แต่ไม่คงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ ขณะที่สิ่งทดลองที่ 2 3 และ 4 เยลลี่มีลักษณะเป็นวุ้นอ่อน คงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ เช่นเดียวกับสิ่งทดลองที่ 5 ที่มีลักษณะเยลลี่คงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ แต่เป็นวุ้นแข็ง ลักษณะปรากฏด้านสีของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก มีสีครีมในทุกสิ่งทดลอง ลักษณะปรากฏด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสิ่งทดลองที่ 1 2 3 และ 4 มีลักษณะนุ่ม หยุ่นตัว แต่เยลลี่สิ่งทดลองที่ 5 มีลักษณะแข็ง ไม่หยุ่นตัว

ตารางที่ 4.2 ลักษณะปรากฏของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสูตรต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ลักษณะปรากฏ			
	ลักษณะทั่วไป	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	
1	เป็นวุ้นไม่คงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ	สีครีม	นุ่ม หยุ่นตัว	
2	เป็นวุ้นอ่อนคงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ	สีครีม	นุ่ม หยุ่นตัว	
3	เป็นวุ้นอ่อนคงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ	สีครีม	นุ่ม หยุ่นตัว	
4	เป็นวุ้นอ่อนคงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ	สีครีม	นุ่ม หยุ่นตัว	
5	เป็นวุ้นแข็งคงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ	สีครีม	แข็ง ไม่หยุ่นตัว	

(ข) การแยกตัวของน้ำของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

จากการศึกษาการแยกตัวของน้ำของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก พบว่า เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสูตรต่าง ๆ มีค่าการแยกตัวของน้ำแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.3 สิ่งทดลองที่ 1 2 3 4 และ 5 มีค่าการแยกตัวของน้ำเท่ากับ 7.06±0.66 6.62±0.88 6.00±0.99 5.23±0.41 และ 4.48±0.24 ตามลำดับ โดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณคาราจีแนนมากขึ้น ค่าการแยกตัวของน้ำจะน้อยลง จากการทดลองจะเห็นได้ว่า เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกที่มีปริมาณคาราจีแนนน้อย มีโอกาสเกิดการแยกตัวของน้ำได้มาก ซึ่งจากการทดลองพบว่าสิ่งทดลองที่ 1 มีค่าการแยกตัวของน้ำมากที่สุด สอดคล้องกับลักษณะปรากฏของเยลลี่ที่มีลักษณะเป็นวุ้น นิ่ม ไม่คงรูป เนื่องจากการจับตัวกันของสายโพลิเมอร์ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดเจลที่ไม่แข็งแรง เยลลี่ที่ได้จึงไม่คงรูป

ตารางที่ 4.3 การแยกตัวของน้ำของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสูตรต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	การแยกตัวของน้ำ (เปอร์เซ็นต์)
1	7.06±0.66^{a}
2	6.62±0.88^{a}
3	6.00±0.99^{ab}
4	5.23±0.41^{bc}
5	4.48±0.24^{c}

หมายเหตุ: อักษร a - b ที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

(ค) ลักษณะเนื้อสัมผัสของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก

จากการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก พบว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของเยลลี่ ด้าน Hardness (ค่าความแข็ง) Adhesiveness (ค่าการยึดเกาะติดกัน) Cohesiveness (ความยากง่ายในการเคี้ยว) และ Gumminess (ความเหนียว) แต่ละสิ่งทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสูตรต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ลักษณะเนื้อสัมผัส			
	Hardness (g force)	Adhesiveness (g force·sec)	Cohesiveness (%)	Gumminess (g force)
1	523.50±3.54^{e}	49.01±0.37^{e}	77.92±0.06^{b}	407.50±3.54^{e}
2	1,000.00±4.24^{c}	79.86±0.02^{c}	74.72±0.21^{d}	747.00±1.41^{c}
3	709.00±5.66^{d}	71.32±3.75^{d}	83.13±0.08^{a}	589.50±4.95^{d}
4	1,603.00±16.97^{a}	137.47±1.88^{b}	74.90±0.13^{d}	1,200.50±10.61^{a}
5	1,383.50±13.44^{b}	171.54±3.44^{a}	76.74±0.77^{c}	1,060.50±0.71^{b}

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

หมายเหตุ: อักษร a - e ที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่า Hardness ของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก สิ่งทดลองที่ 1 2 3 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 523.50±3.54 1,000.00±4.24 709.00±5.66 1,603.00±16.97 และ 1,383.50±13.44 g force ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณคาราจีแนน มีผลทำให้ค่า Hardness หรือ ค่าความแข็งของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าความแข็งของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกที่ได้ สอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่ประเมินได้ด้วยตา โดยสิ่งทดลองที่ 1 มีความแข็งของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกต่ำที่สุด สอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่เป็นวุ้น นุ่ม หยุ่นตัว ขณะที่สิ่งทดลองที่ 4 มีค่าความแข็งของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสูงที่สุด ทั้งนี้ผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือแตกต่างจากผลที่ได้จากการสังเกตลักษณะปรากฏด้วยประสาทสัมผัส เนื่องจากเมื่อสังเกตลักษณะปรากฏจะพบว่าสิ่งทดลองที่ 5 มีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นวุ้นที่แข็ง และไม่หยุ่นตัว มากกว่าสิ่งทดลองที่ 4 ทั้งนี้จากการทดลองสามารถเรียงลำดับความนุ่มของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกจากมากไปน้อย ได้เป็นสิ่งทดลองที่ 1 3 2 5 และ 4 ตามลำดับ

ค่า Adhesiveness ของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก สิ่งทดลองที่ 1 2 3 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 49.01±0.37 79.86±0.02 71.32±3.75 137.47±1.88 และ 171.54±3.44 g force·sec ตามลำดับ ค่า Adhesiveness หรือ ค่าการยึดเกาะติดกันของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณคาราจีแนน ค่าการยึดเกาะติดกันของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกจะสอดคล้องกับค่า Hardness โดยหากค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าการยึดเกาะติดกันของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน เนื่องจากความเข้มข้นของคาราจีแนนที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการแข็งตัวของเนื้อเยลลี่มากขึ้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) ทั้งนี้จากการทดลองสามารถเรียงลำดับการยึดเกาะของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกจากมากไปน้อย ได้เป็นสิ่งทดลองที่ 5 4 2 3 และ 1 ตามลำดับ สิ่งทดลองที่ 5 มีค่าการยึดเกาะของเยลลี่มากที่สุด สอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ด้วยตา เยลลี่จึงมีลักษณะเป็นวุ้นแข็ง ไม่หยุ่นตัว เช่นเดียวกับสิ่งทดลองที่ 1 ที่มีค่าค่าการยึดเกาะของเยลลี่น้อยที่สุด เยลลี่มีลักษณะเป็นวุ้นนุ่ม หยุ่นตัว และไม่คงรูป

ค่า Cohesiveness ของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก สิ่งทดลองที่ 1 2 3 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 77.92±0.06 74.72±0.21 83.13±0.08 74.90±0.13 และ 76.74±0.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่า Cohesiveness หรือ ความยากง่ายในการเคี้ยว เป็นค่าที่ใช้แสดงถึงค่าการเกาะติดหรือการเชื่อมกันของเนื้อในอาหาร ถ้าเยลลี่มีค่า Cohesiveness สูง แสดงว่ามีการเกาะตัวกันของเนื้อในเยลลี่มาก จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก สิ่งทดลองที่ 3 มีการเกาะตัวของเนื้อเยลลี่มากที่สุด ทำให้อาจต้องใช้แรงในการบดเคี้ยวมากกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ

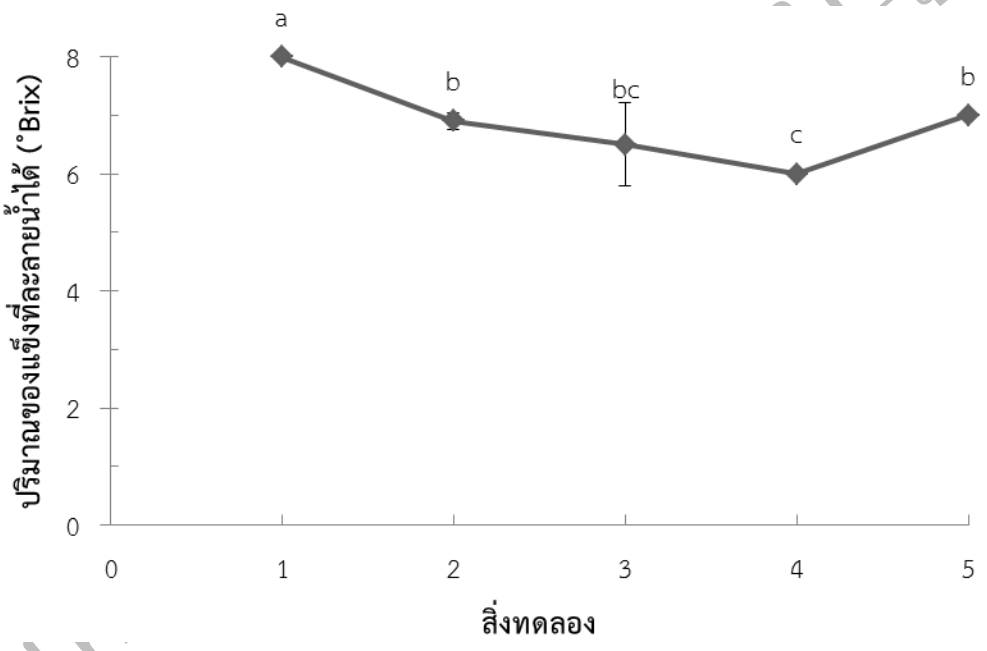
ค่า Gumminess ของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก สิ่งทดลองที่ 1 2 3 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 407.50±3.54 747.00±1.41 589.50±4.95 1,200.50±10.61 และ 1,060.50±0.71 g force ตามลำดับ ค่า Gumminess หรือ ค่าความเหนียว เป็นค่าที่บ่งบอกถึงพลังงานที่ใช้ในการทำให้เนื้อเยลลี่ซึ่งมีลักษณะกึ่งแข็งสามารถแตกตัวออกในการเคี้ยว และสามารถกลืนได้ จากการทดลองจะเห็น

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ได้ว่าสิ่งทดลองที่ 4 และ 5 มีค่าความเหนียวมาก หรือต้องใช้พลังงานมากในการเคี้ยวเพื่อให้เนื้อเยลลี่แตกตัวออกและสามารถกลืนได้ ขณะที่สิ่งทดลองที่ 1 มีค่าความเหนียวน้อย หรือต้องใช้พลังงานน้อยในการเคี้ยวเพื่อให้เนื้อเยลลี่แตกตัวออกและสามารถกลืนได้ ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะปรากฏของสิ่งทดลองที่ 1 ที่เป็นของวุ้น นุ่ม มีลักษณะหยุ่นตัวแต่ไม่คงรูป

(ง) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก

การศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเยลลี่แต่ละสิ่งทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสิ่งทดลองที่ 1 2 3 4 และ 5 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 8.00±0.00 6.90±0.14 6.50±0.71 6.00±0.00 และ 7.00±0.00 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณคาราจีแนนมากขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเยลลี่จะมีแนวโน้มลดลง แสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้แต่ละสิ่งทดลอง

หมายเหตุ: อักษร a – c ที่มีความแตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกทั้ง 5 สิ่งทดลอง พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 มีค่าความหนืดของสารละลายเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกต่ำ เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกมีค่าการแยกตัวของน้ำมาก มีค่า Adhesiveness น้อย ทำให้เยลลี่ไม่คงรูปเนื่องจากค่าการยึดเกาะกันน้อย ขณะที่สิ่งทดลองที่ 5 เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกมีลักษณะปรากฏที่แข็ง ไม่หยุ่นตัว เนื่องจากมีค่า Adhesiveness มาก ค่าการยึดเกาะที่มากทำให้เยลลี่สิ่งทดลองที่ 5 มีลักษณะเป็นวุ้นที่แข็ง และไม่หยุ่นตัว เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกแล้ว พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 และ 5 อาจไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

เนื่องจากสิ่งทดลองที่ 1 และ 5 มีลักษณะเยลลี่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน มผช. (519/2547 เรื่องเยลลี่อ่อน) โดยสิ่งทดลองที่ 1 เยลลี่ไม่คงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ ขณะที่สิ่งทดลองที่ 5 เยลลี่อาจมีเนื้อสัมผัสที่แข็งมากเกินไปไม่เหมาะสำหรับผู้ทดสอบชิมที่เป็นผู้สูงอายุ จึงเลือกสิ่งทดลองที่ 2 3 และ 4 ไปทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในขั้นต่อไป

4.2.2 ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก

จากการศึกษาผลของปริมาณคาราจีแนนในแต่ละสิ่งทดลอง ต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกข้อ 4.2.1 แสดงให้เห็นว่า สิ่งทดลองที่ 2 3 และ 4 มีคุณภาพทางกายภาพและเคมีที่เหมาะสมสำหรับเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก จึงนำเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสิ่งทดลองที่ 2 3 และ 4 มาศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส ความนุ่ม และความชอบโดยรวมในผู้ทดสอบชิมที่เป็นสูงอายุที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 40 คน

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า คะแนนประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสเฉลี่ยของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสิ่งทดลองที่ 2 3 และ 4 ที่มีปริมาณคาราจีแนนแตกต่างกัน 3 ระดับ (0.5 0.6 และ 0.7 เปอร์เซนต์) มีค่าคะแนนประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.5 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสิ่งทดลองที่ 2 3 และ 4 มีคะแนนประเมินด้านสี เท่ากับ 7.43±0.93 7.90±0.81 และ 7.80±1.04 ตามลำดับ คะแนนประเมินด้านกลิ่นรส เท่ากับ 6.60±0.90 6.68±0.92 และ 6.78±0.77 ตามลำดับ คะแนนประเมินด้านความนุ่ม เท่ากับ 5.90±1.03 7.13±0.82 และ 6.55±0.96 ตามลำดับ และคะแนนประเมินด้านความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.38±0.90 6.90±0.84 และ 6.95±0.71 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสเฉลี่ยของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสูตรต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	คะแนนความชอบเฉลี่ย			
	สี	กลิ่นรส^{ns}	ความนุ่ม	ความชอบโดยรวม
2	7.43±0.93^{b}	6.60±0.90	5.90±1.03^{c}	6.38±0.90^{b}
3	7.90±0.81^{a}	6.68±0.92	7.13±0.82^{a}	6.90±0.84^{a}
4	7.80±1.04^{ab}	6.78±0.77	6.55±0.96^{b}	6.95±0.71^{a}

หมายเหตุ: อักษร a - c ที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)
อักษร ns ในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความนุ่มของสิ่งทดลองที่ 3 มากที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง แสดงให้เห็นว่าการใช้ปริมาณคาราจีแนน 0.6 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ได้เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกที่มีความนุ่มของเยลลี่ในระดับที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุด จึงเลือกสิ่งทดลองที่ 3 เป็นสูตรเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุที่ดีที่สุดและนำไปทำการศึกษาต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ

นำผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ สิ่งทดลองที่ 3 ซึ่งมีปริมาณคาราจีแนน 0.6 เปอร์เซ็นต์ มาวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ตามมาตรฐาน มผช. เรื่องเยลลี่อ่อน ได้ผลดังนี้

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ด้านสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ แสดงตารางที่ 4.6 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีค่า L* ค่า a* และ ค่า b* เท่ากับ 73.03±0.20 -1.05±0.02 และ 6.28±0.06 ตามลำดับ

ผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีค่า L* เป็นบวก (+) แสดงให้เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุมีค่าความสว่างมาก เมื่อพิจารณาค่า a* พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีค่า a* เป็นลบ (-) แสดงให้เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีค่าความเป็นสีเขียวเล็กน้อย เช่นเดียวกับ ค่า b* ที่มีค่า b* เป็นบวก (+) แสดงให้เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีค่าความเป็นสีเหลืองเล็กน้อย

ตารางที่ 4.6 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ

ค่าสี	ค่าที่วัดได้
L*	73.03±0.20
a*	-1.05±0.02
b*	6.28±0.06

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ด้านค่า water activity (A_w) และความเป็นกรดด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ พบว่า เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีค่า water activity และความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 0.964±0.01 และ 8.76±0.04 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่า water activity (A_w) และความเป็นกรดด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ

ค่า	ค่าที่วัดได้
A_w	0.964±0.01
pH	8.76±0.04

4.3.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีปริมาณความชื้น 90.97±0.13 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก เถ้า 0.41±0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก ไขมัน 2.23±0.26 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก โปรตีน 4.06±0.21 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

คาร์โบไฮเดรต 2.33±0.04 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก และกากใย 1.28±0.29 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุมีคุณค่าทางโภชนาการหลักคือโปรตีน เมื่อคำนวณค่าพลังงานของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีค่าพลังงานเท่ากับ 45.68±1.78 กิโลแคลอรี แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ

คุณค่าทางโภชนาการ	ค่าที่วัดได้
ความชื้น	90.97±0.13 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก
เถ้า	0.41±0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก
ไขมัน	2.23±0.26 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก
โปรตีน	4.06±0.21 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก
คาร์โบไฮเดรต	2.33±0.04 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก
กากใย	1.28±0.29 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก
พลังงาน	45.68±1.78 กิโลแคลอรี

เมื่อศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ แสดงดังตารางที่ 4.9 ผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 1.84±0.19 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 1 กรัมน้ำหนักแห้ง และมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 9.14±0.05 ไมโครโมลสมมูลของ Trolox ต่อตัวอย่าง 1 กรัมน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 4.9 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	ค่าที่วัดได้
สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	1.84±0.19 mg GAE/g
คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ DPPH	9.14±0.05 µmol Trolox equivalents/g

4.3.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากตารางที่ 4.10 แสดงการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ พบว่า ผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด $1.0x10^2$ CFU/g ไม่พบปริมาณสตาฟิโลค็อกคัสออเรียสในตัวอย่าง 1 กรัม เอสเชอริเชียโคไลโดยวิธีเอ็มพีเอ็น น้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ มีคุณภาพทางจุลินทรีย์ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 519/2547 เรื่องเยลลี่อ่อน)

ตารางที่ 4.10 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ

คุณภาพทางจุลินทรีย์	ค่าที่วัดได้
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด	$1.0x10^2$ CFU/g
สตาฟิโลค็อกคัสออเรียส	ไม่พบ
เอสเชอริเชียโคไล	< 3 MPN/g
ยีสต์และรา	< 10 CFU/g

4.4 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ

การจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ ให้แก่ผู้สนใจ ซึ่งการอบรมจัดขึ้นเมื่อวันอาทิตย์ที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 มีผู้เข้าร่วมโครงการจำนวน 23 คน แบ่งเป็นเพศหญิง 18 คน (ร้อยละ 78.26) และเพศชาย 5 คน (ร้อยละ 21.74)

ผลการประเมินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกจากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมโครงการ พบว่า ผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจระดับมากในด้านความพร้อมของสถานที่และอุปกรณ์ในการอบรม ด้านเนื้อหาการอบรมเข้าใจได้ง่าย และด้านการได้รับความรู้เพิ่มขึ้นหลังการจัดอบรม มีความพึงพอใจระดับมากที่สุดในด้านการถ่ายทอดและการตอบคำถามของวิทยากร และด้านความพึงพอใจโดยภาพรวมต่อการจัดอบรมครั้งนี้ (แสดงดังตารางที่ 4.11) โดยภาพบรรยากาศการจัดกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีแสดงในภาคผนวก จ.2

ตารางที่ 4.11 ความพึงพอใจต่อการจัดอบรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสำหรับผู้สูงอายุ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	การแปรผล
1. ความพร้อมของสถานที่และอุปกรณ์ในการอบรม	4.39	0.66	ระดับมาก
2. เนื้อหาการอบรมเข้าใจได้ง่าย	4.43	0.51	ระดับมาก
3. การถ่ายทอดและการตอบคำถามของวิทยากร	4.52	0.51	ระดับมากที่สุด
4. ท่านได้รับความรู้เพิ่มขึ้นหลังการจัดอบรม	4.35	0.49	ระดับมาก
5. ท่านสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้	4.48	0.51	ระดับมาก
6. ความพึงพอใจโดยภาพรวมต่อการจัดอบรมครั้งนี้	4.61	0.50	ระดับมากที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร