

บทที่ 4

ผลของการวิจัย

4.1 ศึกษาวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมก่อนนำไปผสมในการผลิต ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ

4.1.1 ค่า creaming index ของพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลือง

จากผลการประเมินคุณภาพพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่เตรียมได้ทั้ง 4 วิธีด้วยการวัดค่า creaming index ก่อนนำไปผสมในกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ พบว่า พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 วิธีมีค่า creaming index เท่ากับ 0 หรือไม่เกิดการแยกชั้นเลย พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 ชนิดนี้มีความคงตัวดี สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบต่อไปได้

4.1.2 ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (Total expressible fluid; TEF)

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ (ก่อนปรุงสุก) ด้วยการประเมินค่าความคงตัวอิมัลชันของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้ น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม) และพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่างๆ ซึ่งพิจารณาจากปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (ตารางที่ 4.1) พบว่า ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งมีปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้มากที่สุด นั่นแสดงว่า ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบตัวอย่างควบคุมมีความคงตัวอิมัลชันน้อยที่สุด ในขณะที่การใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่มีส่วนผสมของ SPI ส่งผลให้ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบมีความคงตัวของอิมัลชันเพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้จากปริมาณของเหลวที่แยกได้นั้น น้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองอีก 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTGase, น้ำมันถั่วเหลือง + SC และน้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTGase นั้นมีปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ต่ำกว่าหรือมีความคงตัวของอิมัลชันดีกว่าตัวอย่างควบคุม แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณของเหลวที่แยกได้นั้นน้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม) แสดงว่าส่วนผสมไส้กรอกมีความคงตัวของอิมัลชันที่ดีกว่าตัวอย่างควบคุม จากข้อมูลดังกล่าวจึงอาจกล่าวได้ว่า การใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทำให้ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบมีความคงตัวของอิมัลชันที่ดีกว่าการใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 4.1 ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งและพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่างๆ

วิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลือง	ค่าเฉลี่ยปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม)	1.27 ± 0.30^a
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI	0.94 ± 0.25^b
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTGase	0.99 ± 0.27^{ab}
น้ำมันถั่วเหลือง + SC	1.17 ± 0.17^{ab}
น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTGase	1.01 ± 0.44^{ab}

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.1.3 การเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุก และการเสียน้ำหนักหลัง การเก็บรักษา

จากตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณาการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและหลังการเก็บรักษา ระหว่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม) และพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 วิธี พบว่า การเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองมีผลต่อค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและการเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าการเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุกมากกว่าไส้กรอกที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง ทั้งนี้เนื่องจากการใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18°C ทำให้อุณหภูมิสุดท้ายของส่วนผสมไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบหลังการสับผสมมีอุณหภูมิต่ำ ($4-6^{\circ}\text{C}$) ในขณะที่การใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทำให้อุณหภูมิสุดท้ายของส่วนผสมไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูงถึง $10-15^{\circ}\text{C}$ ดังนั้นการใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งจึงช่วยลดอุณหภูมิระบบและทำให้โปรตีนไมโอซินถูกสกัดจากเนื้อปลาออกมาในระบบอิมัลชันได้ดี โดยโปรตีนไมโอซินที่สกัดออกมานี้จะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์เชื่อมประสานไขมันและน้ำในโครงสร้างส่วนผสมไส้กรอกไว้ได้ดี เมื่อนำไปปรุงสุกจึงไม่เกิดการสูญเสีย (เยวาลักษณ์, 2536)

นอกจากนี้ หากพิจารณาเฉพาะการเติมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 วิธี (ตารางที่ 4.2) พบว่า ได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTGase มีค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและการเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษาน้อยกว่าการใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองชนิดอื่นๆ แสดงว่า SC และ MTGase ช่วยในการรักษาโครงสร้างของระบบอิมัลชัน ทั้งนี้เนื่องจาก MTGase สามารถสร้างโครงร่างตาข่ายระหว่างกรดอะมิโนกลูตามีนหรือไลซีน (Kurth และ Rogers, 1984) ที่พบใน SC และเนื้อปลา ดังนั้นจึงทำให้เจลโปรตีนมีความคงตัว

อย่างไรก็ตาม ปริมาณของเหลวที่แยกได้จากส่วนผสม (ตารางที่ 4.1) ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกับการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและหลังการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.2) กล่าวคือ การใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งมีปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้มากกว่าพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 วิธี ในขณะที่การใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 วิธีกลับมีค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและหลังการเก็บรักษาสูงกว่าการใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตารางที่ 4.2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการประเมินปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ตามตารางที่ 4.1 นั้น ส่วนผสมจะถูกปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกของเหลวออกก่อนการปรุงสุกที่อุณหภูมิ 70°C ดังนั้นของเหลวที่ยังไม่ถูกตรึงอยู่ในระบบอิมัลชัน จะแยกออกจากโครงสร้างผลิตภัณฑ์ได้มาก ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ของตัวอย่างที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งจึงสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่มีความคงตัวแล้ว

ตารางที่ 4.2 การเสียน้ำหนักหลังปรุงสุก และการเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษาของ

ตัวอย่างได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งและ
พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่างๆ

วิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลือง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	การเสียน้ำหนัก หลังปรุงสุก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	การเสียน้ำหนัก หลังการเก็บรักษา (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม)	0.78 ± 0.41^b	1.57 ± 0.23^c
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI	1.33 ± 0.58^a	2.58 ± 0.21^b
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTGase	1.29 ± 0.15^{ab}	2.32 ± 0.12^b
น้ำมันถั่วเหลือง + SC	1.54 ± 0.92^a	3.24 ± 0.48^a
น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTGase	1.29 ± 0.16^{ab}	1.80 ± 0.10^c

^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.1.4 ค่าสี ($L^* a^* b^*$)

จากการวิเคราะห์ค่าสี แสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่า การใช้น้ำมันถั่วเหลือง
แช่เยือกแข็งและพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่างๆ มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีแดง (a^*)
ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่าสีเหลือง (b^*) อย่างมีนัยสำคัญ
($p \leq 0.05$) ซึ่งได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลือง + SPI +
MTGase มีค่าสีเหลืองแตกต่างจากการใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ
($p \leq 0.05$) ในขณะที่ตัวอย่างอื่นๆ มีค่าสีเหลืองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดย
จากการสังเกตลักษณะของพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTGase ที่เตรียมได้ก่อนนำไปใช้
ในกระบวนการผลิตได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบนั้นพบว่า มีสีเหลืองมากกว่าพรีอิมัลชัน
น้ำมันถั่วเหลืองสูตรอื่นๆ ซึ่งมาจาก SPI ที่มีสีเหลืองเข้มจึงส่งผลให้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่
เตรียมได้มีสีเหลือง รวมทั้ง MTGase ทำหน้าที่เชื่อมพันธะ ϵ -(γ -glutamyl)-lysine ซึ่งอาจจะ
ทำให้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่เตรียมได้มีการเกาะตัวกันมาก จึงส่งผลให้การหักเหของแสงสี
เหลืองได้มากขึ้นจนสามารถตรวจวัดด้วยเครื่องวัดสีได้ ในขณะที่น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการ
แช่เยือกแข็งก่อนนำไปสับผสมกับส่วนผสมอื่นๆ มีลักษณะเป็นไข ที่สีเหลืองอ่อนมาก ดังนั้นการใช้

น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบมีค่าสีเหลืองต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ

ตารางที่ 4.3 ค่าสีของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้ น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง และพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่างๆ

วิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลือง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ความสว่าง (L^*) ^{ns}	สีแดง (a^*) ^{ns}	สีเหลือง (b^*)
น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม)	67.49 $\pm$ 3.08	0.68 $\pm$ 0.43	14.16 $\pm$ 0.69 ^b
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI	66.29 $\pm$ 2.90	0.73 $\pm$ 0.28	14.51 $\pm$ 0.85 ^{ab}
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTGase	67.04 $\pm$ 2.59	0.77 $\pm$ 0.27	14.72 $\pm$ 0.59 ^a
น้ำมันถั่วเหลือง + SC	66.14 $\pm$ 3.00	0.73 $\pm$ 0.40	14.28 $\pm$ 0.55 ^{ab}
น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTGase	67.20 $\pm$ 2.58	0.68 $\pm$ 0.20	14.58 $\pm$ 0.50 ^{ab}

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.1.5 ลักษณะเนื้อสัมผัส

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ พบว่าวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองมีผลต่อค่าความแข็ง (hardness) ความยืดหยุ่น (springiness) การยึดเกาะ (cohesiveness) ความเหนียว (gumminess) แรงการเคี้ยว (chewiness) และความแน่นเนื้อ (firmness) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 และ 4.5 พบว่า การใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่มีส่วนผสมของ SC และ MTGase ทำให้ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบมีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสในทุกๆ ด้านสูงกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจาก SC และ SPI มีปริมาณกรดอะมิโน 2 ชนิดคือ กลูตามีน และไลซีนแตกต่างกัน โดย SC มีปริมาณกรดอะมิโน (กลูตามีนและไลซีน) มากกว่า SPI ซึ่ง MTGase จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิด ดังนั้นจึงทำให้การเกิดโครงร่างตาข่ายกับโปรตีนเกิดขึ้นได้มากกว่า ส่งผลให้อิมัลชันมีเสถียรภาพ คงทนต่อความร้อนมากขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาชนิดนี้ส่งผลให้ระบบอิมัลชันที่เตรียมจาก MTGase มีความหนืดและความยืดหยุ่นมากกว่าระบบอิมัลชันที่เตรียมจาก SC และ SPI

(Muguruma และคณะ, 2003) นอกจากนี้ MTGase จะทำให้เกิดพันธะ ϵ -(γ -glutamyl)-lysine ซึ่งเกิดจากหมู่ γ -carbonyl amide เป็นตัวให้หมู่ acyl กับสารที่เป็นตัวรับ ซึ่งได้แก่ amine ปฏิกิริยาของการดออะมิโนไลซิน โดยพันธะที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลให้เกิดความแข็งแรงของเจลขึ้นในไส้กรอก (จักรี, 2544) สอดคล้องกับลักษณะของพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่เตรียมได้ก่อนนำไปสับผสม เมื่อพิจารณาจากการสังเกตด้วยตาเปล่าแล้วพบว่าพรีอิมัลชันที่มีส่วนผสมของ MTGase นั้นจะมีลักษณะเป็นเจลคงรูป ในขณะที่พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่มีส่วนผสมของ SPI หรือ SC เพียงอย่างเดียวมีลักษณะเป็นของเหลวที่ข้นหนืด ซึ่งจะเห็นว่าไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่มีการใช้พรีอิมัลชันชนิดนี้มีค่าความแข็งแรงต่ำกว่าการใช้ใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 4.4 ค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้ น้ำมัน ถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งและพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่างๆ

วิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลือง	ค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อ $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กรัม)
น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง	1170 ± 0.03^b
(ตัวอย่างควบคุม)	
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI	1140 ± 0.01^b
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTGase	1070 ± 0.03^b
น้ำมันถั่วเหลือง + SC	1090 ± 0.01^b
น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTGase	1340 ± 0.01^a

a,b,c,... ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งและพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่างๆ

วิธีการเตรียมน้ำมัน ถั่วเหลือง	ค่าเฉลี่ยลักษณะเนื้อสัมผัส ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ความแข็ง (กรัม)	ความยืดหยุ่น	การยึดเกาะ	ความเหนียว (กรัม)	แรงการเคี้ยว (กรัม)
น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม)	3464.66 ± 187.66 ^b	0.86 ± 0.02 ^b	0.39 ± 0.02 ^b	2103.66 ± 42.23 ^b	1883.39 ± 50.89 ^b
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI	2954.10 ± 176.11 ^d	0.87 ± 0.03 ^b	0.34 ± 0.03 ^c	2207.13 ± 48.42 ^b	1392.00 ± 87.61 ^d
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTGase	3599.99 ± 104.59 ^{ab}	0.86 ± 0.02 ^b	0.33 ± 0.02 ^c	1682.78 ± 50.67 ^c	2196.27 ± 104.42 ^a
น้ำมันถั่วเหลือง + SC	3178.11 ± 52.70 ^c	0.88 ± 0.01 ^b	0.41 ± 0.01 ^b	1773.01 ± 76.67 ^c	1598.11 ± 48.20 ^c
น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTGase	3704.19 ± 94.94 ^a	0.91 ± 0.01 ^a	0.62 ± 0.01 ^a	2441.80 ± 99.50 ^a	2078.94 ± 107.01 ^a

^{a,b,c,...} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.1.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 60 คนที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้ไขมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็งและพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 4 วิธี แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่า วิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองไม่มีผลต่อคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ของลักษณะทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบจะเห็นว่าไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTGase มีคะแนนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มากกว่าไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบตัวอย่างอื่นๆ โดยมีคะแนนความชอบมากกว่า 6 คะแนน คืออยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่วัดได้จากเครื่องมือ ได้แก่ ค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และการยืดเกาะ เป็นต้น (ตารางที่ 4.5)

ดังนั้นวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบคือ การเตรียมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองที่มีส่วนผสมของ SC และ MTGase (น้ำมันถั่วเหลือง+SC+MTGase) ปริมาณร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัวของอิมัลชันที่ดี การเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและหลังการเก็บรักษาต่ำ อีกทั้งการใช้พรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองชนิดนี้ยังทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบมีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสในทุกๆ ด้านสูงที่สุด อีกทั้งยังมีคะแนนความชอบด้านต่างๆ มากกว่าวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองวิธีอื่นๆ

ตารางที่ 4.6 คะแนนความชอบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง และพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองสูตรต่างๆ

วิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลือง	คะแนนเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน*					
	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	กลิ่นรส ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส ^{ns}	ความชุ่มน้ำ ^{ns}	ความชอบโดยรวม ^{ns}
น้ำมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง	5.98 ± 1.62	5.90 ± 1.61	6.07 ± 1.73	5.95 ± 1.68	5.98 ± 1.61	6.15 ± 1.53
(ตัวอย่างควบคุม)						
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI	6.18 ± 1.21	6.03 ± 1.37	6.13 ± 1.54	6.05 ± 1.52	5.98 ± 1.52	6.02 ± 1.53
น้ำมันถั่วเหลือง + SPI + MTGase	6.18 ± 1.30	6.07 ± 1.44	6.03 ± 1.42	6.20 ± 1.46	6.13 ± 1.58	6.13 ± 1.37
น้ำมันถั่วเหลือง + SC	6.18 ± 1.22	5.78 ± 1.58	5.98 ± 1.42	5.87 ± 1.49	5.98 ± 1.37	5.90 ± 1.36
น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTGase	6.35 ± 1.13	6.30 ± 1.28	6.50 ± 1.25	6.27 ± 1.24	6.10 ± 1.17	6.32 ± 1.13

* ข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 60 คน

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (*p* > 0.05)

4.2 ศึกษาชนิดและปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ

จากผลการทดลองในข้อ 4.1 นั้น ปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองที่มีส่วนผสมของ โซเดียมเคซิเนตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (น้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTGase) เป็นวิธีการเตรียมน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ จึงนำมาใช้ในการทดลองขั้นที่ 4.2 ร่วมกับการแปรชนิดและปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสม โดยกำหนดให้ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบตัวอย่างที่ใช้ปริมาณน้ำมันถั่วเหลือง + SC + MTGase โดยไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ เป็นตัวอย่างควบคุม

4.2.1 ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (Total expressible fluid; TEF)

การวิเคราะห์คุณภาพไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ (ก่อนปรุงสุก) ด้วยการประเมินค่าความคงตัวของอิมัลชันของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติม อินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ ซึ่งพิจารณาจากปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ แสดงดังตารางที่ 4.7 จะพบว่า เมื่อปริมาณอินูลินเพิ่มขึ้น ทำให้ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบมีความคงตัวของอิมัลชันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเห็นได้จากปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเติมอินูลินร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก มีปริมาณของเหลวที่แยกได้ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม (ไม่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์) นั้นแสดงว่าตัวอย่างมีความคงตัวของอิมัลชันดีกว่าตัวอย่างควบคุม ในขณะที่การเติมอินูลินร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก มีปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งความคงตัวของอิมัลชันนั้นมีผลมาจากอินูลินมีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ ทำให้ส่วนผสมมีความสามารถในการจับน้ำไม่ให้เสียออกมาในระหว่างกระบวนการผลิตและกระบวนการปรุงสุก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของผู้วิจัยหลายท่านที่พบว่า สารจำพวกโพลีเมอร์จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์มีความคงตัวของอิมัลชันดีขึ้น (Turhan และคณะ, 2005; Choi และคณะ, 2007) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณอินูลินที่เติมเข้าไปในระบบอิมัลชันมากเกินไป อาจจะไปขัดขวางการเกิดโครงสร้างอิมัลชัน ส่งผลให้อิมัลชันที่ได้มีความคงตัวของอิมัลชันลดลง

ในขณะที่การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสส่งผลให้ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบมีความคงตัวของอิมัลชันเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้น้อยกว่าตัวอย่างควบคุม (ไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์) และตัวอย่างที่เติมอินูลินอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก

นั้นมีปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ นั้นแสดงว่า การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ในกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ ทำให้ตัวอย่างที่ได้มีความคงตัวของอิมัลชันดีที่สุด ซึ่งผลการทดลองที่ได้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Schuh และคณะ (2013) ที่รายงานไว้ว่า การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.3-0.5 โดยน้ำหนัก ทำให้ไส้กรอกอิมัลชันที่ได้มีความสามารถในการจับน้ำ (water binding capacity) ลดลง แต่ที่ระดับความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก กลับทำให้ตัวอย่างที่ได้มีความสามารถในการจับน้ำเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีค่า DS แตกต่างกัน กล่าวคือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีค่า DS อยู่ในช่วง 0.2-1.5 จึงมีประสิทธิภาพในการจับน้ำได้ดีกว่า ในขณะที่งานวิจัยของ Schuh และคณะ (2013) จะใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีค่า DS ต่ำกว่าคืออยู่ในช่วง 0.55-0.75 จึงทำให้ความสามารถในการจับน้ำต่ำลง

ตารางที่ 4.7 ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ เมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ

ชนิดสาร ไฮโดรคอลลอยด์	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ยปริมาณของเหลวทั้งหมด ที่แยกได้ $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ร้อยละ)
ไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ (ตัวอย่างควบคุม)	0	0.71 ± 0.22^b
อินูลิน	3	0.51 ± 0.24^c
อินูลิน	6	0.76 ± 0.10^b
อินูลิน	9	1.35 ± 0.18^a
CMC	0.4	0.20 ± 0.10^d
CMC	0.6	0.05 ± 0.02^e
CMC	0.8	0.23 ± 0.09^d

^{a,b,c,...} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2.2 การเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุก และการเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาการเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุกและการเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษาระหว่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่เติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ (ตารางที่ 4.8) พบว่า การเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 2 ชนิด คือ อินูลิน หรือ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส มีผลต่อค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและหลังการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการเติมอินูลินที่ระดับต่างๆ นั้นส่งผลให้ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบมีค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกและหลังการเก็บรักษาต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการปรุงสุกนั้นอินูลินมีการดูดน้ำเข้ามาสู่ระบบอิมัลชัน จึงส่งผลให้ค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกมีค่าติดลบ นั่นแสดงว่าไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่มีการเติมอินูลินนั้นไม่เกิดการสูญเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุกด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีค่าการเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษาต่ำ

สำหรับการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ นั้นพบว่า คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนัก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกต่ำกว่าและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ขณะที่การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.4 โดยน้ำหนัก กลับส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกสูงและไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ร่วมกับเกลือที่มีในส่วนผสมของไส้กรอกจะมีผลต่อโครงสร้างของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส กล่าวคือ โซเดียมไอออนของเกลือจะทำให้สายโซ่ alkyl ของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเกิดการตกตะกอน เป็นสาเหตุให้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสดูดซับน้ำได้น้อยลง (Rosilio และคณะ, 2000)

ตารางที่ 4.8 ค่าการเสียน้ำหนักหลังปรุงสุก และการเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษาของตัวอย่าง
ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส
(CMC) ที่ระดับต่างๆ

ชนิดสาร ไฮโดรคอลลอยด์	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
		การเสียน้ำหนักหลัง ปรุงสุก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	การเสียน้ำหนัก หลังการเก็บรักษา (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
ไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ (ตัวอย่างควบคุม)	0	0.41 ± 0.22^a	1.85 ± 0.53^a
อินูลิน	3	-0.59 ± 0.24^{bc}	1.31 ± 0.31^{ab}
อินูลิน	6	-1.01 ± 0.56^c	0.22 ± 0.03^b
อินูลิน	9	-0.99 ± 0.51^c	0.19 ± 0.07^b
CMC	0.4	0.39 ± 0.15^a	2.62 ± 0.72^a
CMC	0.6	-0.37 ± 0.18^b	1.61 ± 0.41^{ab}
CMC	0.8	-0.74 ± 0.31^{bc}	1.95 ± 0.87^a

^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2.3 ค่าสี ($L^* a^* b^*$)

จากการวิเคราะห์ค่าสี แสดงดังตารางที่ 4.9 จะพบว่า การเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบมีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งปริมาณอินูลินที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากอินูลินที่เติมในกระบวนการผลิตนั้นมีสีขาวขุ่นทึบ เมื่อเติมในปริมาณมากจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างลดลง ในขณะที่คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่เติมในกระบวนการผลิตเป็นเจลใส มันวาว ดังนั้นเมื่อเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบในปริมาณที่มากขึ้น ดังนั้นค่าความสว่างจึงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยกลับส่งผลให้ค่าสีแดงและสีเหลืองของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเพิ่มแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งให้ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Schuh และคณะ (2013) ที่ทดลองใส่คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชัน

ตารางที่ 4.9 ค่าสีของตัวอย่างได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ

ชนิดสารไฮโดรคอลลอยด์	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		ความสว่าง (L*)	สีแดง (a*)	สีเหลือง (b*)
ไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ (ตัวอย่างควบคุม)	0	70.63 ± 0.93 ^{bc}	0.36 ± 0.14 ^d	14.91 ± 0.32 ^c
อินูลิน	3	69.78 ± 0.76 ^d	0.36 ± 0.09 ^d	15.07 ± 0.24 ^c
อินูลิน	6	69.80 ± 0.80 ^{cd}	0.41 ± 0.13 ^{cd}	15.12 ± 0.31 ^c
อินูลิน	9	69.16 ± 1.43 ^{cd}	0.49 ± 0.07 ^{bc}	15.51 ± 0.20 ^b
CMC	0.4	70.61 ± 1.34 ^{bc}	0.51 ± 0.11 ^b	15.74 ± 0.49 ^{ab}
CMC	0.6	71.09 ± 1.43 ^b	0.58 ± 0.14 ^{ab}	15.89 ± 0.69 ^a
CMC	0.8	72.08 ± 0.94 ^a	0.64 ± 0.10 ^a	15.73 ± 0.63 ^{ab}

^{a,b,c,...} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ พบว่า การเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีผลต่อค่าความแข็ง ค่าความเหนียว ค่าแรงการเคี้ยว และค่าความแน่นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าความยืดหยุ่น และค่าการยึดเกาะ อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าความแน่นเนื้อดังแสดงในตารางที่ 4.10 จะเห็นว่า การเติมอินูลินทำให้ค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของอินูลินที่มีความสามารถในการจับน้ำสูง ดังนั้นจึงทำให้ตัวอย่างอ่อนนุ่มขึ้น ความแน่นเนื้ออาจจะลดลงได้ ในขณะที่การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากร้อยละ 0.4 เป็นร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ทำให้ค่าความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นโมเลกุลที่มีประจุเป็นลบ และจะเกิดการผลักกันของประจุเมื่อ pH ของระบบมากกว่า 5.0 (Schuh และคณะ, 2013) ซึ่งในระบบผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาและระบบเจลเนื้อปลามีค่า pH ประมาณ 6.7-7.1 (Filho และคณะ, 2012) ดังนั้นเมื่อเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณที่มากขึ้นจากร้อยละ 0.4 ไปเป็น 0.6 จึงส่งผลให้เกิดการผลักกันระหว่างประจุของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมากขึ้น เกิดเป็นช่องว่างของโครงสร้างขึ้นมา ผลิตภัณฑ์จึงมีความแน่นเนื้อลดลง ในขณะที่การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 0.8 โดยน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์มีความความแน่นเนื้อเพิ่มมากกว่าการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการผลักกันระหว่างประจุภายในคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเกิดมากจนกระทั่งเปิดโครงร่างตาข่ายของโปรตีนให้เข้าใกล้กันมากขึ้น ทำให้มีลักษณะที่แน่นขึ้น

จากตารางที่ 4.11 พบว่า การเติมอินูลินทำให้ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบมีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งการเติมอินูลินร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก มีค่าความแข็ง 6653.26 กรัม ความเหนียว 4067.68 กรัม และแรงการเคี้ยว 4062.16 กรัม สูงที่สุด ขณะที่การเติมอินูลินร้อยละ 9 โดยน้ำหนัก มีค่าดังกล่าวลดลงหรือมีความอ่อนนุ่มมากขึ้นและยึดเกาะกันน้อย เนื่องจากอินูลินช่วยในการอุ้มน้ำไว้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มน้ำมาก ผลิตภัณฑ์จึงมีความอ่อนนุ่มมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Garcia และคณะ (2006) ที่รายงานไว้ว่า การเติมอินูลินในรูปของเจลในการผลิตผลิตภัณฑ์ mortadella ร้อยละ 7.5 โดยน้ำหนัก นั้นส่งผลให้ตัวอย่างที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น นอกจากนี้ในปี 2007 Nowak และคณะ พบว่า การเติมอินูลินเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ระดับมากกว่าร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสต่ำลง ทั้งนี้เนื่องมาจากอินูลินที่ใช้ในการทดลองนี้มีลักษณะโครงสร้างเป็นสายสั้นๆ (short chain) ดังนั้นจึงไม่สามารถเกิดโครงร่างตาข่ายที่เชื่อมต่อ

กันเป็นสายยาวและแข็งแรงได้ (Cardoso และคณะ, 2009) การใช้ปริมาณมากกว่าร้อยละ 0.6 จึงส่งผลเสียต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ สำหรับการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส พบว่า ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างที่ได้นั้นมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับตัวอย่างที่มีการเติมอินูลิน กล่าวคือเมื่อเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ทำให้ตัวอย่างได้กรอกอิมัลชัน ปลาทูน่าทองแถบมีค่าความแข็ง 6743.45 กรัม ความเหนียว 4480.80 กรัม และแรงการเคี้ยว 4070.69 กรัม สูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเพิ่มขึ้นกลับส่งผลให้ค่าดังกล่าวมีแนวโน้มลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองจะเห็นว่าการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 2 ชนิด ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น เมื่อใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.10 ค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่างได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าทองแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ

ชนิด สารไฮโดรคอลลอยด์	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อ $\pm$ ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน (กรัม)
ไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ (ตัวอย่างควบคุม)	0	2030 ± 0.16^a
อินูลิน	3	1920 ± 0.07^{ab}
อินูลิน	6	1990 ± 0.08^{ab}
อินูลิน	9	1760 ± 0.07^c
CMC	0.4	1940 ± 0.21^{ab}
CMC	0.6	1880 ± 0.27^{bc}
CMC	0.8	2010 ± 0.04^{ab}

^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.11 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ยลักษณะเนื้อสัมผัส $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
		ความแข็ง (กรัม)	ความยืดหยุ่น ^{ns}	การยึดเกาะ ^{ns}	ความเหนียว (กรัม)	แรงการเคี้ยว (กรัม)
ไม่เติมสาร	0	5667.51 $\pm$ 446.84 ^e	0.91 $\pm$ 0.01	0.68 $\pm$ 0.02	3859.95 $\pm$ 276.47 ^d	3512.63 $\pm$ 276.61 ^d
ไฮโดรคอลลอยด์ (ตัวอย่างควบคุม)						
อินูลิน	3	6125.85 $\pm$ 353.03 ^d	0.90 $\pm$ 0.02	0.68 $\pm$ 0.02	4169.71 $\pm$ 272.13 ^c	3759.70 $\pm$ 219.51 ^c
อินูลิน	6	6653.26 $\pm$ 248.10 ^{ab}	0.91 $\pm$ 0.01	0.67 $\pm$ 0.01	4467.68 $\pm$ 197.66 ^a	4062.16 $\pm$ 188.83 ^a
อินูลิน	9	6370.40 $\pm$ 215.44 ^c	0.91 $\pm$ 0.01	0.67 $\pm$ 0.01	4271.76 $\pm$ 199.04 ^{bc}	3855.09 $\pm$ 238.60 ^{bc}
CMC	0.4	6471.97 $\pm$ 248.30 ^{bc}	0.91 $\pm$ 0.01	0.68 $\pm$ 0.03	4405.94 $\pm$ 158.05 ^{ab}	4007.45 $\pm$ 176.04 ^{ab}
CMC	0.6	6743.45 $\pm$ 166.62 ^a	0.91 $\pm$ 0.00	0.66 $\pm$ 0.03	4480.80 $\pm$ 180.94 ^a	4070.69 $\pm$ 167.30 ^a
CMC	0.8	6025.80 $\pm$ 298.79 ^d	0.90 $\pm$ 0.01	0.65 $\pm$ 0.04	3973.48 $\pm$ 307.39 ^d	3570.25 $\pm$ 269.77 ^d

a,b,c,... ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.2.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.2.5.1 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ แสดงดังตารางที่ 4.12 พบว่า การเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ มีคะแนนความชอบด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ความแข็ง กลิ่นรสรสชาติ และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นคะแนนความชอบด้านสี ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบในทุกๆ ด้านจะพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ มีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ซึ่งการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก มีคะแนนความชอบด้านความแข็งสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าลักษณะทางเนื้อสัมผัสที่วัดได้จากเครื่องมือ ได้แก่ ค่าความแข็ง ความเหนียว และแรงการเคี้ยว ซึ่งมีค่าสูงตัวอย่างอื่นๆ (ตารางที่ 4.10 และ 4.11)

ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลการประเมินคุณภาพไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบทางกายภาพร่วมกับทางประสาทสัมผัส จะพบว่า การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก เป็นตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่างดังกล่าวไปศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับไส้กรอกปลาทางการค้า

ตารางที่ 4.12 คะแนนความชอบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ

ชนิดสาร ไฮโดร คอลลอยด์	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)	คะแนนเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน*					
		ลักษณะปรากฏ	สี ^{ns}	ความแข็ง	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
ไม่เติมสาร ไฮโดรคอลลอยด์ (ตัวอย่างควบคุม)	0	6.24 ± 1.39 ^{ab}	6.37 ± 1.36	5.45 ± 1.65 ^{bc}	5.61 ± 1.70 ^b	5.71 ± 1.62 ^b	5.75 ± 1.44 ^b
อินูลิน	3	6.26 ± 1.40 ^{ab}	6.55 ± 1.33	5.37 ± 1.83 ^c	6.05 ± 1.78 ^a	6.01 ± 1.87 ^{ab}	5.90 ± 1.69 ^b
อินูลิน	6	6.42 ± 1.14 ^{ab}	6.50 ± 1.21	5.89 ± 1.64 ^b	6.21 ± 1.44 ^a	6.19 ± 1.62 ^{ab}	6.17 ± 1.50 ^{ab}
อินูลิน	9	6.39 ± 1.32 ^{ab}	6.61 ± 1.21	5.59 ± 1.79 ^{bc}	6.09 ± 1.46 ^a	6.16 ± 1.64 ^{ab}	6.01 ± 1.54 ^{ab}
CMC	0.4	6.51 ± 1.39 ^{ab}	6.65 ± 1.28	5.91 ± 1.62 ^b	6.33 ± 1.48 ^a	6.35 ± 1.58 ^a	6.44 ± 1.48 ^a
CMC	0.6	6.56 ± 1.05 ^a	6.56 ± 1.20	6.54 ± 1.56 ^a	6.30 ± 1.52 ^a	6.26 ± 1.51 ^a	6.43 ± 1.32 ^a
CMC	0.8	6.15 ± 1.29 ^b	6.46 ± 1.08	5.80 ± 1.66 ^{bc}	6.05 ± 1.48 ^a	5.97 ± 1.64 ^b	5.97 ± 1.50 ^b

* ข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 100 คน
a,b,c,... คะแนนเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.2.5.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ ได้แก่ อินูลินร้อยละ 3 6 และ 9 โดยน้ำหนัก และ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.4 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนัก โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 8 คน มีรายละเอียดดังนี้

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ พบว่า ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสที่รวบรวมได้ทั้งหมด 17 ลักษณะ รายละเอียดในส่วนของคำศัพท์ คำจำกัดความ วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิงแสดงดังตารางที่ 4.13 และในส่วนของระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบแสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.13 ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส คำจำกัดความ วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิง สำหรับ
การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC)
ที่ระดับต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส	คำจำกัดความ	วิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง	ระดับความเข้ม
กัดครั้งแรกด้วยฟันหน้า (First bite by cut teeth)				
วิธีการประเมิน : วางตัวอย่าง 1 ชิ้น ความยาว 2 เซนติเมตร ไว้บริเวณฟันหน้า				
1.ความแข็ง (hardness)	แรงที่ใช้กัดตัวอย่างจนเสียรูป	กัดตัวอย่างด้วยฟันหน้า แล้วประเมินแรงที่ใช้กัดตัวอย่างจนเสียรูป (น้อย – มาก)	วุ้นตราโทรศัพท์เข้มข้น ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ปอกกี ด้านลาย (ขนาด 0.5 นิ้ว)	5.5 9.5
2.ความเหนียวของเปลือก (casing toughness)	แรงที่ใช้ในการกัดเปลือกตัวอย่างจนเสียรูป (น้อย-มาก)	กัดตัวอย่างด้วยฟันหน้า แล้วประเมินแรงที่ใช้ในการกัดเปลือกตัวอย่างจนเสียรูป (น้อย – มาก)	พอร์คเวียนนาหมู (ตรา ซีพี) (ขนาด 0.5 นิ้ว ³) สโมคเวียนนา (ตรา ซีพี) (ขนาด 0.5 นิ้ว ³)	3.0 7.0

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส คำจำกัดความ วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิง สำหรับ
การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส
(CMC) ที่ระดับต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส	คำจำกัดความ	วิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง	ระดับความเข้ม
กัดครั้งแรกด้วยฟันกราม (First bite by molar teeth)				
วิธีการประเมิน: วางตัวอย่าง 1 ชิ้น ความยาว 1 เซนติเมตร ไว้ระหว่างฟันกราม				
3.ความแข็ง (hardness)	แรงที่ใช้กดตัวอย่างจนเสียรูป	กัดตัวอย่างด้วยฟันกราม แล้วประเมิน	วุ้นตราโทรศัพท์เข้มข้น	6.5
		แรงที่ใช้กดตัวอย่างจนเสียรูป (น้อย – มาก)	วุ้นละ 3 โดยน้ำหนัก ปอกกี้ ด้านลาย (ขนาด 0.5 นิ้ว)	8.5
4.ความแน่นเนื้อ (firmness)	ระดับความแน่นเนื้อของตัวอย่างเมื่อกัดครั้งแรก	กัดตัวอย่างด้วยฟันกราม แล้วประเมินความแน่นเนื้อ (น้อย – มาก)	หมูยอ (ตรา ส.ขอนแก่น) (ขนาด 0.5 นิ้ว ³)	5.0
5.ความยืดหยุ่น (springiness)	ระดับการคืนกลับสู่รูปร่างเดิมของตัวอย่างจากแรงกดโดยฟันกราม	ประเมินการกลับสู่รูปร่างเดิมของตัวอย่างโดยใช้ฟันกรามกดลง (น้อย – มาก)	เยลลี่ (ตรา โยโย่) (จำนวน 1 ชิ้น)	9.5
6.การรวมตัวของตัวอย่าง (cohesiveness)	ระดับการเกาะรวมตัวของตัวอย่างเมื่อกัดครั้งแรก	กัดตัวอย่างด้วยฟันกราม แล้วประเมินการเกาะรวมตัว (น้อย – มาก)	หมูยอ (ตรา ส.ขอนแก่น) (ขนาด 0.5 นิ้ว ³)	10.0

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส คำจำกัดความ วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิง สำหรับการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส	คำจำกัดความ	วิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง	ระดับความเข้ม
การเคี้ยวตัวอย่าง (chew down)				
วิธีการประเมิน : เคี้ยวตัวอย่าง 1 ชิ้น ความยาว 2 เซนติเมตร ด้วยฟันกราม				
7.ความชื้น (moistness)	ปริมาณน้ำในตัวอย่างที่รู้สึกได้ระหว่างเคี้ยว	ประเมินปริมาณน้ำในตัวอย่างขณะเคี้ยวตัวอย่าง ด้วยฟันกรามระหว่างคำที่ 1-10 (น้อย – มาก)	เต้าหู้แผ่น (ตรา ใบตอง)	3.5
			(ขนาด 0.5 นิ้ว ³)	
			หมูยอ (ตรา ส.ขอนแก่น)	5.0
			(ขนาด 0.5 นิ้ว ³)	
8.ความเป็นน้ำมัน (oily mouth feel)	ความรู้สึกเป็นน้ำมันภายในปากระหว่างการชิม	ประเมินความรู้สึกเป็นน้ำมันภายในปากขณะเคี้ยวตัวอย่างด้วยฟันกรามระหว่างคำที่ 1-10 (น้อย – มาก)	น้ำมันรำข้าว (ตรา คิง)	10.0
			(จำนวน 1 ช้อนชิม; 3 มิลลิลิตร)	

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส คำจำกัดความ วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิง สำหรับการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส	คำจำกัดความ	วิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง	ระดับความเข้ม
การเคี้ยวตัวอย่าง (chew down)				
วิธีการประเมิน : เคี้ยวตัวอย่าง 1 ชิ้น ความยาว 2 เซนติเมตร ด้วยฟันกราม				
9.ความยืดหยุ่น (springiness)	ระดับความยืดหยุ่นของตัวอย่างระหว่างเคี้ยว	ประเมินการกลับสู่รูปร่างเดิมของตัวอย่างขณะเคี้ยวตัวอย่างด้วยฟันกรามระหว่างคำที่ 1-10 (น้อย – มาก)	หมูยอรสพริกไทยดำ (ตรา หมูดี) (ขนาด 0.5 นิ้ว ³)	4.5
			สโมคเวียนนา (ตรา ซีพี) (ขนาด 0.5 นิ้ว ³)	8.0
10.ความยากง่ายในการเคี้ยว (chewiness)	ความยากในการเคี้ยวตัวอย่างด้วยฟันกราม	ประเมินความยากในการเคี้ยวตัวอย่างด้วยฟันกรามระหว่างคำที่ 1-20 (ง่าย – ยาก)	หมูยอ (ตรา ส.ขอนแก่น) (ขนาด 0.5 นิ้ว ³)	4.0
			เยลลี่ (ตรา โยโย่) (จำนวน 1 ชิ้น)	8.0

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส คำจำกัดความ วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิง สำหรับการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส	คำจำกัดความ	วิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง	ระดับความเข้ม
การเคี้ยวตัวอย่าง (chew down)				
วิธีการประเมิน : เคี้ยวตัวอย่าง 1 ซึ้น ความยาว 2 เซนติเมตร ด้วยฟันกราม				
11.ความเป็นแป้ง (starchiness)	ความรู้สึกเป็นแป้งของตัวอย่าง	ประเมินปริมาณแป้งในตัวอย่างขณะเคี้ยว	หมูยอสุฟริกไทยดำ	4.0
		ตัวอย่างด้วยฟันกรามระหว่างคำที่ 1-20 (น้อย – มาก)	(ตรา หมูดี) (ขนาด 0.5 นิ้ว ³) ไส้กรอก (ตรา ฮ่องเต้) (ขนาด 0.5 นิ้ว ³)	10.0
12.ฟีดฟัน (tooth-etch)	ความรู้สึกแสบเมื่อใช้ลิ้นถูกับบริเวณผิวฟัน	ประเมินความรู้สึกแสบขณะเคี้ยวตัวอย่างด้วยฟันกรามระหว่างคำที่ 1-20 (น้อย – มาก)	สารละลาย Alum เข้มข้น ร้อยละ 0.03 โดยน้ำหนัก	3.0

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส คำจำกัดความ วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิง สำหรับการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส	คำจำกัดความ	วิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง	ระดับความเข้ม
การเคี้ยวตัวอย่าง (chew down)				
วิธีการประเมิน : เคี้ยวตัวอย่าง 1 ซึ้น ความยาว 2 เซนติเมตร ด้วยฟันกราม				
13.การรวมตัวของตัวอย่าง (cohesiveness of mass)	ระดับการเกาะรวมตัวของตัวอย่างที่รู้สึกได้ระหว่างเคี้ยว	เคี้ยวตัวอย่าง 1 ซึ้น ด้วยฟันกราม 20 ครั้ง แล้วประเมินระดับการรวมตัว (น้อย – มาก)	ทูน่าสติกในน้ำแร่ (ตรา ซีเล็ค) (จำนวน 1 ซ้อนซิม; 3 กรัม) แครกเกอร์ (ตรา ริทซ์) (จำนวน ½ ซึ้น)	3.0 7.0
14.ความหยาบ (roughness)	ระดับการการเสียดสีของพื้นผิวตัวอย่างในระหว่างการเคี้ยว	เคี้ยวตัวอย่าง 1 ซึ้น ด้วยฟันกราม 20 ครั้ง จากนั้นใช้ปลายลิ้นดันกับเพดานปาก (ละเอียด – หยาบ)	ทูน่าสติกในน้ำแร่ (ตรา ซีเล็ค) (จำนวน 1 ซ้อนซิม; 3 กรัม) ถั่วลิสงอบเกลือ ตรา ทองการ์เด็น (จำนวน 2 ซีก)	3.0 5.0

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส คำจำกัดความ วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิง สำหรับการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส	คำจำกัดความ	วิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง	ระดับความเข้ม
การเคี้ยวตัวอย่าง (chew down)				
วิธีการประเมิน : เคี้ยวตัวอย่าง 1 ชิ้น ความยาว 2 เซนติเมตร ด้วยฟันกราม				
15.จำนวนครั้งในการเคี้ยว	จำนวนครั้งในการเคี้ยว	เคี้ยวตัวอย่างด้วยอัตราคงที่(1 ครั้งต่อ 1 วินาที)	หมูยอ (ตรา ส.ขอนแก่น)	6.0
การเคี้ยว (chew count)	ตัวอย่างจนพร้อมที่จะกลืน	ด้วยฟันกรามข้างเดียวจนตัวอย่างพร้อมกลืน	(ขนาด 0.5 นิ้ว ³) เคี้ยว 30-35 ครั้ง	7.0
ความรู้สึกหลังการเคี้ยว (after feeling)				
วิธีการประเมิน : เคี้ยวตัวอย่าง 1 ชิ้น ความยาว 2 เซนติเมตร ด้วยฟันกราม				
16.การเคลือบปาก (mouth coating)	ความรู้สึกเคลือบภายในปาก	ประเมินความรู้สึกเคลือบที่เกิดขึ้นภายในปากหลังจากชิมตัวอย่างแล้วประเมินความเข้มของความรู้สึกตกค้างหลังกลืน 30 วินาที (น้อย – มาก)	นมพาสเจอร์ไรซ์ (ตรา เมจิ) (จำนวน 1 ช้อนชิม; 3 มิลลิลิตร)	6.0

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส คำจำกัดความ วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิง สำหรับการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส	คำจำกัดความ	วิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง	ระดับความเข้ม
ความรู้สึกหลังการเคี้ยว (after feeling)				
วิธีการประเมิน : เคี้ยวตัวอย่าง 1 ช้อน ความยาว 2 เซนติเมตร ด้วยฟันกราม				
17. อนุภาคตกต่าง (particles)	ปริมาณของตัวอย่างที่เหลืออยู่ภายในปาก ยกเว้นบริเวณฟันหลังกลืนตัวอย่างทันที	หลังจากชิมตัวอย่างแล้วประเมินความรู้สึกตกค้างหลังกลืน 30 วินาที (น้อย – มาก)	มันฝรั่งทอดกรอบ (ตรา เลย์ สแต็ก รสดั้งเดิม) (จำนวน 1/2 ช้อน)	3.0
			ถั่วลิสงอบเกลือ (ตรา ทองการ์เด็น) (จำนวน 2 ช้อน)	5.0

ตารางที่ 4.14 ระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส	ค่าเฉลี่ยระดับความเข้ม ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
	ตัวอย่างควบคุม	ปริมาณอินูลิน (ร้อยละ)			ปริมาณ CMC (ร้อยละ)		
		3	6	9	0.4	0.6	0.8
First bite by cut teeth							
hardness	6.58 ± 0.39 ^{ab}	6.38 ± 0.56 ^b	6.48 ± 0.39 ^b	6.58 ± 0.26 ^{ab}	6.88 ± 0.37 ^a	6.87 ± 0.39 ^a	6.86 ± 0.42 ^a
casing toughness	6.51 ± 0.59 ^{bc}	5.41 ± 0.79 ^e	6.06 ± 0.50 ^{cd}	5.77 ± 0.81 ^{de}	5.86 ± 0.95 ^{de}	7.36 ± 0.41 ^a	6.77 ± 0.44 ^b
First bite by molar teeth							
hardness	7.16 ± 0.21 ^{abc}	6.96 ± 0.48 ^c	7.03 ± 0.25 ^{bc}	7.04 ± 0.37 ^{bc}	7.08 ± 0.50 ^{abc}	7.29 ± 0.62 ^b	7.33 ± 0.23 ^a
firmness ^{ns}	6.06 ± 0.41	6.06 ± 0.47	6.01 ± 0.39	6.06 ± 0.22	6.32 ± 0.59	6.27 ± 0.58 ^b	6.30 ± 0.40
springiness	6.97 ± 0.30 ^{bc}	7.01 ± 0.36 ^{bc}	6.92 ± 0.37 ^c	7.01 ± 0.36 ^{bc}	7.07 ± 0.45 ^{bc}	7.23 ± 0.29 ^{ab}	7.36 ± 0.46 ^a
cohesiveness	9.94 ± 0.48 ^{bc}	9.71 ± 0.51 ^c	9.86 ± 0.66 ^c	9.88 ± 0.58 ^{bc}	10.11 ± 0.51 ^{bc}	10.26 ± 0.45 ^{ab}	10.59 ± 0.38 ^a
Chew down							
moistness	5.74 ± 0.31 ^a	5.35 ± 0.48 ^b	5.46 ± 0.47 ^{ab}	5.35 ± 0.52 ^b	5.61 ± 0.46 ^{ab}	5.47 ± 0.44 ^{ab}	5.80 ± 0.47 ^a
oily mouth feel	1.27 ± 0.37 ^{ab}	1.17 ± 0.35 ^b	1.18 ± 0.45 ^b	1.25 ± 0.30 ^{ab}	1.51 ± 0.58 ^a	1.27 ± 0.30 ^{ab}	1.41 ± 0.35 ^{ab}

a,b,c,... ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

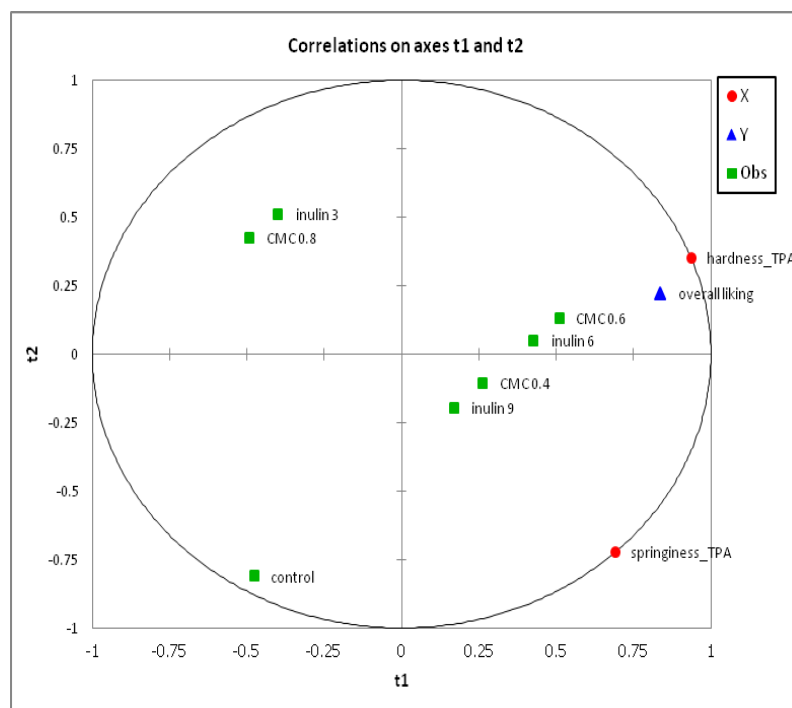
ตารางที่ 4.14 (ต่อ) ระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านเนื้อสัมผัส	ค่าเฉลี่ยระดับความเข้ม ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
	ตัวอย่าง ควบคุม	ปริมาณอินูลิน (ร้อยละ)			ปริมาณ CMC (ร้อยละ)		
		3	6	9	0.4	0.6	0.8
Chew down							
springiness	5.71 ± 0.33 ^{bc}	5.49 ± 0.36 ^c	5.47 ± 0.31 ^c	5.73 ± 0.51 ^{bc}	5.97 ± 0.54 ^{ab}	6.09 ± 0.47 ^a	6.20 ± 0.45 ^a
chewiness	5.33 ± 0.43 ^{bc}	5.16 ± 0.27 ^c	5.15 ± 0.35 ^c	5.32 ± 0.45 ^{bc}	5.46 ± 0.63 ^{bc}	5.55 ± 0.40 ^{ab}	5.79 ± 0.50 ^a
starchiness	2.05 ± 0.40 ^{ab}	2.27 ± 0.54 ^a	2.05 ± 0.69 ^{ab}	1.84 ± 0.39 ^b	1.94 ± 0.60 ^{ab}	2.04 ± 0.60 ^{ab}	1.80 ± 0.45 ^b
tooth-etch ^{ns}	2.03 ± 0.33	2.01 ± 0.40	1.82 ± 0.46	1.94 ± 0.50	1.83 ± 0.30	1.84 ± 0.46	1.79 ± 0.40
cohesiveness of mass	2.08 ± 0.30 ^a	2.08 ± 0.41 ^a	2.13 ± 0.34 ^a	2.18 ± 0.32 ^a	1.94 ± 0.51 ^{ab}	1.91 ± 0.38 ^{ab}	1.74 ± 0.34 ^b
roughness	3.96 ± 0.20 ^{ab}	3.94 ± 0.28 ^{ab}	3.89 ± 0.31 ^b	3.96 ± 0.22 ^{ab}	3.94 ± 0.52 ^{ab}	4.09 ± 0.20 ^{ab}	4.16 ± 0.21 ^a
chew count	7.41 ± 0.33 ^{bc}	7.43 ± 0.50 ^{bc}	7.35 ± 0.32 ^c	7.38 ± 0.32 ^c	7.66 ± 0.48 ^{abc}	7.70 ± 0.42 ^{ab}	7.89 ± 0.45 ^a
After feeling							
mouth coating ^{ns}	1.66 ± 0.49	1.78 ± 0.37	1.53 ± 0.38	1.70 ± 0.49	1.61 ± 0.39	1.64 ± 0.47	1.64 ± 0.45
particles ^{ns}	3.88 ± 0.37	3.81 ± 0.36	3.82 ± 0.42	3.86 ± 0.33	3.79 ± 0.51	3.64 ± 0.41	3.58 ± 0.41

a,b,c,... ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เมื่อนำคะแนนความชอบโดยรวม (overall liking) ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่วัดได้จากเครื่องมือของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธี PLS Regression แสดงดังรูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก มีความสัมพันธ์กับคะแนนความชอบโดยรวม และค่าความแข็ง (hardness_TPA) ค่อนข้างสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ ซึ่งจะตรงข้ามกับไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่มีการเติมอินูลินร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก และไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.8 โดยน้ำหนัก ที่มีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งในเชิงลบ และมีคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ

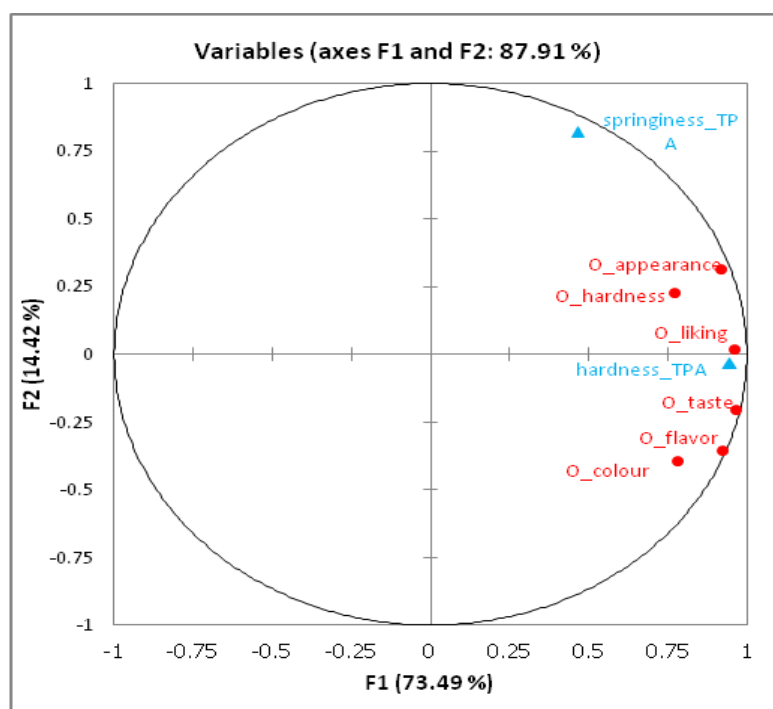


รูปที่ 4.1 แผนภาพ PLS Regression ความสัมพันธ์ระหว่างค่าลักษณะเนื้อสัมผัส (●)

และคะแนนความชอบโดยรวม (▲) ของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ

เมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ (■)

เมื่อนำคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสและค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่วัดได้จากเครื่องมือของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ มาวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก PCA ผลการวิเคราะห์พบว่า สามารถอธิบายได้ 2 องค์ประกอบ (F1 และ F2) โดยสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 87.91 แสดงดังรูปที่ 4.2 โดยจากแผนภาพจะเห็นได้ว่าคะแนนความชอบของผู้บริโภคในด้านต่างๆ เช่น รสชาติ (O_taste) ความชอบโดยรวม (O_liking) เป็นต้น มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าความแข็ง (hardness_TPA) แสดงว่า ความแข็งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกับคะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ



รูปที่ 4.2 แผนภาพ PCA ของความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส (●) และค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่วัดได้จากเครื่องมือ (▲) ของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมอินูลินหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ระดับต่างๆ ในแกนองค์ประกอบที่ 1 (F1) และ 2 (F2)

4.3 การทดสอบการยอมรับ และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ไส้กรอกปลา

จากผลการทดลองข้อ 4.2 พบว่า สารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบคือ การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ดังนั้นไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบตัวอย่างดังกล่าวจึงถูกนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคร่วมกับตัวอย่างไส้กรอกปลาทางการค้า 2 ยี่ห้อ รวมถึงการวัดค่าทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L^* a^* b^*) ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ซึ่งผลการทดสอบต่างๆ แสดงดังต่อไปนี้

4.3.1 ค่าสี (L^* a^* b^*)

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างไส้กรอกปลาอิมัลชันชนิดต่างๆ ได้แก่ ไส้กรอกปลาที่จำหน่ายในท้องตลาด 2 ยี่ห้อ ซึ่งผลิตจากเนื้อปลาทูน่า เนื้อปลาดุก และไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก แสดงดังตารางที่ 4.15 พบว่า ตัวอย่างไส้กรอกปลาทั้ง 3 แบบ มีค่าความสว่าง (L^*) สีแดง (a^*) และสีเหลือง (b^*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยไส้กรอกปลาทูน่าทางการค้ามีค่าความสว่างมากที่สุด รองลงมาคือไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเสริมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก และไส้กรอกปลาปลาดุกทางการค้า ตามลำดับ ซึ่งจากการสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่า ตัวอย่างไส้กรอกปลาทูน่าทางการค้านั้นมีสีขาวมากกว่าตัวอย่างอื่นๆ ขณะที่ตัวอย่างไส้กรอกปลาปลาดุกทางการค้านั้นมีสีน้ำตาล และด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ตัวอย่างดังกล่าวมีค่าสีแดงและสีเหลืองสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ ขณะที่ตัวอย่างไส้กรอกปลาทูน่าทางการค้านั้นมีค่าสีแดงมากกว่าไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่เสริมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ซึ่งจากการสังเกตในเบื้องต้นพบว่า ไส้กรอกปลาทูน่าทางการค้ามีขึ้นเนื้อปลาทูน่าขนาดเล็กสีแดงคล้ำกระจายอยู่ภายในอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.15 ค่าสีของตัวอย่างไส้กรอกปลาชนิดต่างๆ

ชนิดของ ไส้กรอกปลา	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ความสว่าง (L*)	สีแดง (a*)	สีเหลือง (b*)
ปลาทูน่าทางการค้า	74.19 $\pm$ 0.67 ^a	1.74 $\pm$ 0.05 ^b	15.88 $\pm$ 0.20 ^b
ปลาตุ๋นทางการค้า	61.41 $\pm$ 0.66 ^c	4.46 $\pm$ 0.69 ^a	21.10 $\pm$ 0.27 ^a
ปลาทูน่าเสริม CMC	71.53 $\pm$ 0.18 ^b	0.47 $\pm$ 0.03 ^c	15.35 $\pm$ 0.17 ^c

^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.2 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษานี้มีลักษณะทางที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งจากการสังเกตพบว่า ไส้กรอกปลาทูน่าเชิงการค้า มีลักษณะปรากฏบริเวณผิวนอกเป็นสีขาว เรียบเนียน แต่ภายในมีเนื้อปลาทูน่าเป็นชิ้นเล็กๆ กระจายอยู่ ไม่เป็นเนื้อเรียบเนียน ในขณะที่ไส้กรอกปลาตุ๋นทางการค้านั้นลักษณะปรากฏบริเวณผิวนอกเป็นสีน้ำตาล เนื้อภายในเรียบเนียน และไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส นั้นลักษณะปรากฏเป็นสีเหลืองอ่อนๆ เนื้อเรียบเนียน (ดังแสดงในภาคผนวกง)

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างไส้กรอกปลาชนิดต่างๆ พบว่า ไส้กรอกปลาทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่าความแข็ง การยืดเกาะ ความเหนียว และค่าแรงการเคี้ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อความยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าความแข็ง พบว่า ตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่มีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก มีค่าความแข็งสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบลักษณะดังกล่าวมีการเติมพรีอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับ SC และ MTGase ซึ่งพรีอิมัลชันจะช่วยทำให้โครงสร้างของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบมีความแข็งแรงมากขึ้น เนื่องจากสมบัติของ MTGase ที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนกลูตามีนและไลซีน ซึ่งมีอยู่ใน SC และเนื้อปลาทูน่า นอกจากนี้ ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรดังกล่าวมีการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ซึ่งคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะเข้าไปช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ตัวอย่างไส้กรอกปลาทูน่าเชิงการค้ามีค่าการยืดเกาะ ความเหนียว และค่าแรงการเคี้ยว สูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากลักษณะของไส้กรอกนั้นมีเนื้อปลาทูน่าเป็น

ขึ้นเล็กๆ กระจายอยู่ ไม่เป็นเนื้อเรียบเนียน ซึ่งการที่มีเนื้อมีปลาแทรกอยู่นั้นจะทำให้แข็งแรงในการกดหรือการเคี้ยวมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความเรียบเนียน

สำหรับค่าความแน่นเนื้อ พบว่า ไส้กรอกปลาตุ๋นจากการคั่วมีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด เนื่องจากเปลือกนอกของไส้กรอกชนิดนี้มีลักษณะแข็งกรอบกว่าตัวอย่างอื่นๆ รองลงมาคือไส้กรอกปลาทูน่าทางการคั่ว ซึ่งมีเนื้อมีปลาทูน่าแทรกอยู่ จากลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกทางการคั่วทั้ง 2 ยี่ห้อ นั้นจากการสังเกตเมื่อทำการวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า ขณะที่หัววัดกดลงบนตัวอย่างในแนวนอนเพื่อตัดตัวอย่างให้แยกออกจากกันนั้น ถ้าหัววัดสัมผัสกับลักษณะเปลือกนอกที่มีความแข็งกรอบหรือเนื้อมีปลาภายในชิ้นตัวอย่าง หัววัดจะใช้แรงมากขึ้น จึงส่งผลให้ตัวอย่างไส้กรอกปลาทางการคั่วทั้ง 2 ยี่ห้อ มีค่าความแน่นเนื้อสูง

ตารางที่ 4.16 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างไส้กรอกปลาชนิดต่างๆ

ชนิดของ ไส้กรอกปลา	ค่าเฉลี่ยลักษณะเนื้อสัมผัส ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ความแข็ง (กรัม)	ความยืดหยุ่น ^{ns}	แรงยึดเกาะ	ความเหนียว (กรัม)	แรงการเคี้ยว (กรัม)
ปลาทูน่าทางการค้า	6618.34 ± 80.09 ^b	0.92 ± 0.02	0.73 ± 0.03 ^b	4872.97 ± 250.92 ^a	4473.70 ± 320.53 ^a
ปลาดุกทางการค้า	3589.22 ± 71.09 ^c	0.91 ± 0.04	0.78 ± 0.01 ^a	2804.33 ± 65.97 ^c	2550.52 ± 158.37 ^c
ปลาทูน่าเสริม CMC	6807.93 ± 69.95 ^a	0.91 ± 0.00	0.64 ± 0.02 ^c	4334.03 ± 121.72 ^b	3928.49 ± 110.56 ^b

^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.17 ค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่างของตัวอย่างไส้กรอกปลาชนิดต่างๆ

ชนิดของ ไส้กรอกปลา	ค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อ $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กรัม)
ปลาทูน่าทางการค้า	2300 $\pm$ 0.09 ^{ab}
ปลาตุ๋นทางการค้า	2350 $\pm$ 0.05 ^a
ปลาทูน่าเสริม CMC	2250 $\pm$ 0.06 ^b

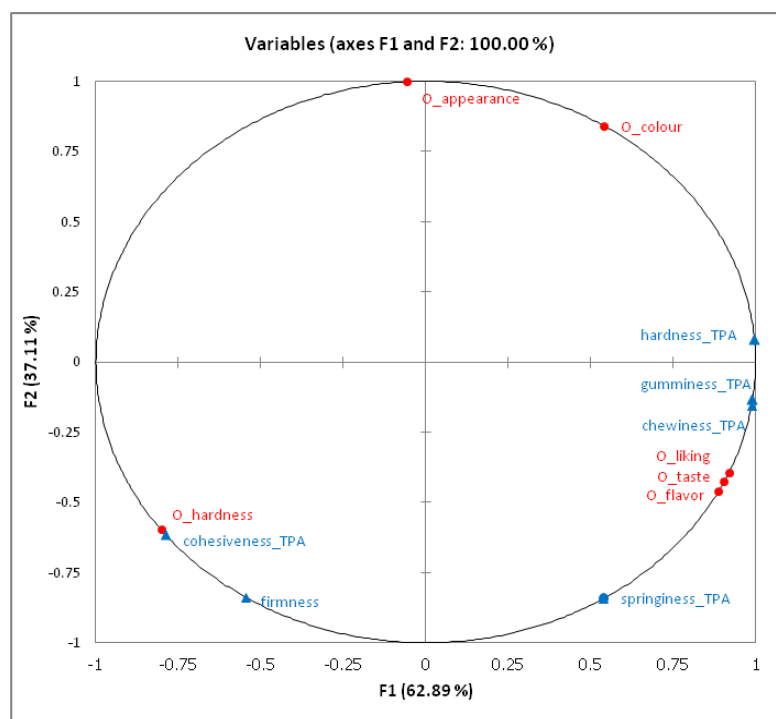
^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.3.3.1 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.18 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคที่มีผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา พบว่า ผู้บริโภคที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี และความแข็ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากลักษณะของไส้กรอกแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน โดยไส้กรอกปลาทูน่าทางการค้ามีชั้นเนื้อปลาทูน่ากระจายอยู่ภายในชิ้นเนื้อจึงมีคะแนนด้านลักษณะปรากฏน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ ขณะที่ไส้กรอกปลาตุ๋นทางการค้ามีเปลือกนอก (casing) ที่แข็งกรอบ ผู้บริโภคจึงให้คะแนนการยอมรับมากกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีแนวโน้มการยอมรับเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้ง 3 ด้าน จึงอาจกล่าวได้ว่า กลิ่นรสและรสชาติของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลามีผลโดยตรงต่อความชอบโดยรวมในผลิตภัณฑ์

เมื่อนำคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสและค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่วัดได้จากเครื่องมือของตัวอย่างไส้กรอกปลาชนิดต่างๆ มาวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก PCA พบว่า สามารถอธิบายได้ 2 องค์ประกอบ (F1 และ F2) โดยสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 100 แสดงดังรูปที่ 4.3 โดยจากแผนภาพจะเห็นได้ว่าคะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีไส้กรอกปลาในด้านต่างๆ ได้แก่ รสชาติ (O_taste) กลิ่นรส (O_flavor) และ ความชอบโดยรวม (O_liking) มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าความแข็ง (hardness_TPA) ความเหนียว (gumminess_TPA) แรงการเคี้ยว (chewiness_TPA) และความยืดหยุ่น (springiness_TPA) ในเชิงบวก แสดงว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสต่างๆ ดังที่กล่าวมานั้นมีผลกับคะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา



รูปที่ 4.3 แผนภาพ PCA ของความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส (●) และค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่วัดได้จากเครื่องมือ (▲) ของตัวอย่างได้กรอกปลาชนิดต่างๆ ในแกนองค์ประกอบที่ 1 (F1) และ 2 (F2)

ตารางที่ 4.18 คะแนนความชอบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างไส้กรอกปลาชนิดต่างๆ

ชนิดของ ไส้กรอกปลา	คะแนนเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน*					
	ลักษณะปรากฏ	สี	ความแข็ง	กลิ่นรส ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	ความชอบโดยรวม ^{ns}
ปลาทูน่าทางการค้า	5.71 $\pm$ 1.55 ^c	5.76 $\pm$ 1.68 ^b	6.85 $\pm$ 1.33 ^{ab}	6.35 $\pm$ 1.70	6.40 $\pm$ 1.51	6.53 $\pm$ 1.50
ปลาตูกทางการค้า	6.15 $\pm$ 1.69 ^b	5.67 $\pm$ 2.03 ^b	7.09 $\pm$ 1.56 ^a	6.25 $\pm$ 1.92	6.10 $\pm$ 1.67	6.30 $\pm$ 1.69
ปลาทูน่าเสริม CMC	6.56 $\pm$ 1.05 ^a	6.56 $\pm$ 1.20 ^a	6.54 $\pm$ 1.56 ^b	6.30 $\pm$ 1.52	6.26 $\pm$ 1.93	6.43 $\pm$ 1.32

* ข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 100 คน
^{a,b,c} คะแนนเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.3.3.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบเมื่อเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ไส้กรอกปลาเชิงการค้า 2 ยี่ห้อ คือ ไส้กรอกปลาทูน่าทางการค้า และไส้กรอกปลาดุกทางการค้า ซึ่งใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 8 คน มีรายละเอียดดังนี้

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลา พบว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสที่รวบรวมได้ทั้งหมด 17 ลักษณะ รายละเอียดในส่วน of คำศัพท์ คำจำกัดความ วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิงแสดงดังตารางที่ 4.13 และในส่วนของระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างไส้กรอกปลาชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่างไส้กรอกปลาชนิดต่างๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส	ค่าเฉลี่ยระดับความเข้ม $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ชนิดของไส้กรอกปลา		
	ปลาทูน่าทางการค้า	ปลาดุกทางการค้า	ปลาทูน่าเสริม CMC
First bite by cut teeth			
hardness	6.33 $\pm$ 0.41 ^c	7.32 $\pm$ 0.56 ^a	6.88 $\pm$ 0.39 ^b
casing toughness	5.30 $\pm$ 0.56 ^c	7.99 $\pm$ 0.39 ^a	7.37 $\pm$ 0.41 ^b
First bite by molar teeth			
hardness	6.81 $\pm$ 0.34 ^b	7.41 $\pm$ 0.48 ^a	7.29 $\pm$ 0.23 ^a
firmness	5.72 $\pm$ 0.30 ^c	6.67 $\pm$ 0.51 ^a	6.27 $\pm$ 0.24 ^b
springiness	6.80 $\pm$ 0.45 ^c	7.96 $\pm$ 0.48 ^a	7.23 $\pm$ 0.29 ^b
cohesiveness	8.97 $\pm$ 0.38 ^c	11.58 $\pm$ 0.41 ^a	10.26 $\pm$ 0.45 ^b
Chew down			
moistness	5.74 $\pm$ 0.47 ^b	6.12 $\pm$ 0.39 ^a	5.47 $\pm$ 0.44 ^b
oily mouth feel	1.65 $\pm$ 0.54 ^b	2.39 $\pm$ 0.47 ^a	1.28 $\pm$ 0.30 ^c
springiness	5.16 $\pm$ 0.49 ^c	8.27 $\pm$ 0.16 ^a	6.09 $\pm$ 0.47 ^b
chewiness	4.86 $\pm$ 0.46 ^c	6.36 $\pm$ 0.55 ^b	5.55 $\pm$ 0.40 ^b

a,b,c,... ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) ระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง
ไส้กรอกปลาชนิดต่างๆ

ลักษณะทางประสาท สัมผัสด้านเนื้อสัมผัส	ค่าเฉลี่ยระดับความเข้ม $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ชนิดของไส้กรอกปลา		
	ปลาทูน่าทางการค้า	ปลาตุ๋นทางการค้า	ปลาทูน่าเสริม CMC
Chew down			
starchiness	1.53 $\pm$ 0.60 ^b	1.23 $\pm$ 0.35 ^b	2.03 $\pm$ 0.60 ^a
tooth-etch	1.34 $\pm$ 0.54 ^b	1.44 $\pm$ 0.66 ^b	1.84 $\pm$ 0.46 ^a
cohesiveness of mass	2.44 $\pm$ 0.47 ^a	1.31 $\pm$ 0.28 ^c	1.91 $\pm$ 0.38 ^b
roughness	3.59 $\pm$ 0.30 ^c	4.39 $\pm$ 0.26 ^a	4.09 $\pm$ 0.20 ^b
chew count	6.78 $\pm$ 0.37 ^c	8.59 $\pm$ 0.26 ^a	7.70 $\pm$ 0.42 ^b
After feeling			
mouth coating ^{ns}	1.69 $\pm$ 0.44	1.79 $\pm$ 0.47	1.64 $\pm$ 0.47
particles ^{ns}	3.73 $\pm$ 0.55	3.44 $\pm$ 0.56	3.64 $\pm$ 0.41

^{a,b,c,...} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.3.4 การคำนวณต้นทุนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ

การคำนวณต้นทุนการผลิตของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบนั้น
พิจารณาจากต้นทุนวัตถุดิบ ต้นทุนแรงงาน และต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่นๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.3.4.1 การคำนวณต้นทุนรวมของวัตถุดิบ

การคำนวณต้นทุนรวมของปลาทูน่าท้องแถบ ปลาทูน่าท้องแถบ
เตรียมโดยนำมาละลายน้ำแข็ง ตัดหัว ควักไส้ แลเอาเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อแดง โดยปลาทูน่า
ท้องแถบ 1 กิโลกรัม ได้เนื้อปลาทูน่าท้องแถบ 500 กรัม โดยราคาปลาทูน่าท้องแถบราคากิโลกรัม
ละ 75 บาท ดังนั้นราคาเนื้อปลาทูน่าท้องแถบ คำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ราคาเนื้อปลาทูน่าท้องแถบ} &= (75/500) \times 1000 \\ &= 150 \text{ บาท/กิโลกรัม}\end{aligned}$$

4.3.4.2 การคำนวณต้นทุนรวมของวัตถุดิบทั้งหมด

การคำนวณต้นทุนรวมของวัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตไส้กรอก
อิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบแสดงดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ต้นทุนของวัตถุดิบสำหรับการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ 1 กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ราคา (บาท/กิโลกรัม)	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ต้นทุนวัตถุดิบ (บาท)
เนื้อปลาทูน่าท้องแถบ	150.00	446.50	66.98
ซูริมิปลาทรายแดง	115.00	223.20	25.67
อิมัลชันน้ำมันถั่วเหลือง	81.58	80.00	6.52
แป้งมันสำปะหลัง	35.50	27.00	0.96
เกลือ	11.50	12.50	0.14
พริกไทย	215.00	8.00	1.72
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	140.00	6.00	0.84
ไนไตรท์	25.00	3.00	0.08
ฟอสเฟต	90.00	4.00	0.36
ผงชูรส	118.00	4.00	0.47
ต้นทุนวัตถุดิบรวม			103.74 บาท/กิโลกรัม

4.3.4.3 การคำนวณต้นทุนทั้งหมด

จากต้นทุนรวมของวัตถุดิบ นำมาคำนวณหาต้นทุนทั้งหมดได้ โดยใช้สูตรการคำนวณของจีรพรรณและคณะ (2525) ดังนี้ คือ

ต้นทุนรวม = ต้นทุนวัตถุดิบ + ต้นทุนแรงงาน + ต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่นๆ
โดยที่

$$\text{ต้นทุนวัตถุดิบ} = 0.52 \times \text{ต้นทุนรวม}$$

$$\text{ต้นทุนแรงงาน} = 0.32 \times \text{ต้นทุนรวม}$$

$$\text{ต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่นๆ} = 0.16 \times \text{ต้นทุนรวม}$$

ต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ

$$= 103.74 + (0.32 \times (103.74/0.52)) + (0.16 \times (103.74/0.52))$$

$$= 103.74 + 63.84 + 31.92$$

$$= 199.50 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

เมื่อคำนวณต้นทุนรวมสำหรับการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่า ท้องแถบ 1 กิโลกรัม พบว่ามีต้นทุนรวมทั้งหมดเท่ากับ 199.50 บาท/กิโลกรัม ดังนั้นจึงกำหนด ราคาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบที่ราคา 39 บาทต่อขนาดบรรจุ 150 กรัม เป็น ราคาที่ทำให้ได้กำไรคิดเป็นร้อยละ 23.28

4.3.5 การทดสอบการยอมรับ และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่ได้รับคัดเลือก พร้อมบรรจุภัณฑ์ (รูปที่ 4.4) มาทดสอบการยอมรับ และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคจำนวน 120 คน ทำการทดลองแล้วเสร็จภายในระยะเวลา 1 วัน โดยก่อนการทดสอบจะนำผลิตภัณฑ์มาต้มที่ อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำมาตัดเป็นชิ้นขนาด 1 เซนติเมตร บรรจุใส่ถ้วย พลาสติกที่มีฝาปิดถ้วยละ 2 ชิ้น แล้วนำไปให้ผู้บริโภคทำการทดสอบ ผลการทดสอบแสดงดัง ตารางที่ 4.21 ถึง 4.25



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.4 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่พัฒนาได้ พร้อมบรรจุภัณฑ์

(ก) ด้านหน้าของบรรจุภัณฑ์

(ข) ด้านหลังของบรรจุภัณฑ์

จากการพิจารณาข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้ที่เข้าร่วมการทดสอบพบว่าผู้บริโภคร่วมเป็นเพศชายร้อยละ 33.33 และเป็นเพศหญิงร้อยละ 66.67 มีอายุอยู่ในช่วง 21-25 ปี มากที่สุดคือร้อยละ 54.17 รองลงมาคือ 26-35 ปี ร้อยละ 20.83 อายุ 36-40 ปี ร้อยละ 12.50 และมากกว่า 40 ปีขึ้นไป ร้อยละ 12.50 ตามลำดับ ในส่วนของการศึกษาของผู้บริโภค พบว่าส่วนใหญ่มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีมากที่สุด คือร้อยละ 75.83 รองลงมาคือระดับปริญญาโท ร้อยละ 10.00 ทางด้านอาชีพ พบว่าผู้ทดสอบเป็นนักเรียน นักศึกษามากที่สุดคือร้อยละ 74.17 รองลงมาคือ ประกอบอาชีพอื่นๆ ร้อยละ 10.00 และรายได้ส่วนบุคคลต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5,000-10,000 บาท (ตารางที่ 4.21)

ตารางที่ 4.21 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคที่เข้าร่วมการทดสอบผลิตภัณฑ์ไส้กรอก
อิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่พัฒนาได้

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	จำนวน (คน)	คิดเป็นร้อยละ
เพศ		
หญิง	80	66.67
ชาย	40	33.33
อายุ		
ต่ำกว่า 20 ปี	0	0.00
21 – 25 ปี	65	54.17
26 – 35 ปี	25	20.83
36 – 40 ปี	15	12.50
40 ปีขึ้นไป	15	12.50
การศึกษา		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	0	0.00
มัธยมต้น	0	0.00
มัธยมปลาย	11	9.17
อนุปริญญา	6	5.00
ปริญญาตรี	91	75.83
ปริญญาโท	12	10.00
ปริญญาเอก	0	0.00

ตารางที่ 4.21 (ต่อ) ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคที่เข้าร่วมการทดสอบผลิตภัณฑ์
ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่พัฒนาได้

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	จำนวน (คน)	คิดเป็นร้อยละ
อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	89	74.17
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	8	6.67
เจ้าหน้าที่	4	3.33
พ่อบ้าน/แม่บ้าน	0	0.00
ธุรกิจส่วนตัว	7	5.83
อื่นๆ	12	10.00
รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่า 5,000 บาท	0	0.00
5,000 – 10,000 บาท	51	42.50
10,001 – 15,000 บาท	30	25.00
15,001 – 20,000 บาท	20	16.67
20,001 – 25,000 บาท	8	6.67
25,001 – 30,000 บาท	2	1.67
30,001 – 40,000 บาท	4	3.33
มากกว่า 40,001 บาท	5	4.17

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 4.20 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับเฉลี่ยต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่พัฒนาได้ด้านลักษณะปรากฏเท่ากับ 6.25 ซึ่งหมายความว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยส่วนใหญ่จะให้คะแนนอยู่ในช่วง 7 คะแนน (ชอบปานกลาง) คิดเป็นร้อยละ 35.0 ของผู้บริโภค รองลงมาคือ 5 คะแนน และ 6 คะแนน ตามลำดับ สำหรับด้านสีมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.54 ซึ่งหมายความว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยส่วนใหญ่จะให้คะแนนอยู่ในช่วง 7 คะแนน (ชอบปานกลาง) คิดเป็นร้อยละ 41.7 ของผู้บริโภค รองลงมาคือ 6 คะแนน และ 8 คะแนน ตามลำดับ ด้านความแข็งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.78 โดยส่วนใหญ่จะให้คะแนนอยู่ในช่วง 8 คะแนน (ชอบมาก) คิดเป็น

ร้อยละ 29.2 ของผู้บริโภครองลงมาคือ 6 คะแนน และ 7 คะแนน ตามลำดับ ส่วนด้านกลิ่นรสมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.02 โดยส่วนใหญ่จะให้คะแนนอยู่ในช่วง 7 คะแนน (ชอบปานกลาง) คิดเป็นร้อยละ 25.0 ของผู้บริโภครองลงมาคือ 6 คะแนน และ 4 คะแนน ตามลำดับ ด้านรสชาติมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.41 อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้คะแนน 7 และ 6 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35.0 และ 30.8 ตามลำดับ และคะแนนความชอบโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.64 โดยส่วนใหญ่ให้คะแนนอยู่ในช่วง 7 และ 6 คะแนนซึ่งคิดเป็นร้อยละ 36.7 และ 29.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่พัฒนาได้ ด้วยวิธี 9-point hedonic scale

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ร้อยละของผู้ทดสอบที่ให้คะแนนการยอมรับในช่วงคะแนนต่างๆ กัน									คะแนนเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ลักษณะปรากฏ	0	0	2.5	4.2	22.5	20.3	35.0	9.2	3.3	6.25
สี	0	0	1.7	6.7	8.3	23.3	41.7	15.8	2.5	6.54
ความแข็ง	0	0.8	0	3.3	7.5	28.3	27.5	29.2	3.3	6.78
กลิ่นรส	0.8	0	3.3	18.3	10.8	24.2	25.0	14.2	3.3	6.02
รสชาติ	0	0	0.8	10.8	5.8	30.8	35.0	14.2	20.0	6.41
ความชอบโดยรวม	0	0	0	5.0	7.5	29.2	36.7	20.0	0.7	6.64

สำหรับการวิเคราะห์ผลของการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่พัฒนาได้จะใช้วิธีแมคนีมาร์ในการทดสอบเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผู้บริโภคก่อนและหลังทราบข้อมูลเกี่ยวกับคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาการยอมรับของผู้บริโภคก่อนที่จะทราบถึงคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 87.50 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่พัฒนาได้ (ตารางที่ 4.23) โดยผู้บริโภคร้อยละ 12.50 ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่วนใหญ่อาจเกิดจากผู้บริโภคมีความเคยชินกับการบริโภคไส้กรอกหมูหรือไส้กรอกไก่ทางการค้าทั่วไป จึงทำให้เกิดความไม่ชอบในตัวผลิตภัณฑ์ขึ้น นอกจากนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสของ

ได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบยังแตกต่างจากได้กรอกหมูหรือไก่ จากนั้นเมื่อสอบถามเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 64.17 จะซื้อผลิตภัณฑ์ และร้อยละ 35.83 ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ แต่หลังจากที่ผู้บริโภคทราบเกี่ยวกับคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือเพิ่มเป็นร้อยละ 99.17 และ 81.67 ตามลำดับ

ส่วนการสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับความเหมาะสมของราคาผลิตภัณฑ์ได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่พัฒนาได้ (ตารางที่ 4.25) พบว่า ผู้บริโภค ร้อยละ 85.0 คิดว่าราคาเหมาะสมกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ขณะที่ผู้บริโภคบางส่วนคิดว่ราคาผลิตภัณฑ์ถูกเกินไป และแพงเกินไป คิดเป็นร้อยละ 8.33 และ 6.67 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.23 การยอมรับผลิตภัณฑ์ได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่พัฒนาได้ของผู้บริโภคก่อนและหลังทราบคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์

จำนวน	ยอมรับ		ไม่ยอมรับ	
	ก่อนทราบ คุณประโยชน์	หลังทราบ คุณประโยชน์	ก่อนทราบ คุณประโยชน์	หลังทราบ คุณประโยชน์
จำนวน (คน)	105 ^b	119 ^a	15 ^a	1 ^b
ความถี่ (ร้อยละ)	87.50	99.17	12.50	0.83

^{a,b} ค่าจำนวนคนในแนวนอนใน 2 คอลัมน์แรก และ 2 คอลัมน์หลังที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.24 การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่พัฒนาได้ของผู้บริโภคก่อนและหลังทราบคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์

จำนวน	ซื้อ*		ไม่ซื้อ*	
	ก่อนทราบ คุณประโยชน์	หลังทราบ คุณประโยชน์	ก่อนทราบ คุณประโยชน์	หลังทราบ คุณประโยชน์
จำนวน (คน)	77 ^b	98 ^a	43 ^a	21 ^b
ความถี่ (ร้อยละ)	64.17	81.67	35.83	17.50

^{a,b} ค่าจำนวนคนในแนวนอนใน 2 คอลัมน์แรก และ 2 คอลัมน์หลังที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* จำนวนผู้บริโภคที่ซื้อผลิตภัณฑ์คิดจากผู้ให้คำตอบ “ซื้ออย่างแน่นอน” และ “อาจจะซื้อ” สำหรับผู้ที่ไม่ซื้อคิดจากผู้ให้คำตอบ “อาจจะซื้อหรือไม่ซื้อ”, “อาจจะไม่ซื้อ” และ “ไม่ซื้ออย่างแน่นอน”

ตารางที่ 4.25 ความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อราคาของผลิตภัณฑ์ได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่พัฒนาได้หลังจากทราบคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ (ได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ 150 กรัม ราคา 39 บาท)

ความคิดเห็นของผู้บริโภค ที่มีต่อราคาของผลิตภัณฑ์	จำนวน (คน)	คิดเป็นร้อยละ
ราคาถูกกว่าคุณภาพ	10	8.33
ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ	102	85.00
ราคาแพงเกินกว่าคุณภาพ	8	6.67

ดังนั้นหากพิจารณาข้อมูลทางประชากรศาสตร์ คะแนนความชอบ การยอมรับ การตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ และความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อราคาของผลิตภัณฑ์จึงอาจกล่าวได้ว่า หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ 150 กรัมต่อถุง ในราคา 39 บาท ให้แก่กลุ่มของนักศึกษาอายุระหว่าง 21-25 ปี ที่มีรายได้อยู่ในช่วง 5,000-10,000 บาทต่อเดือน จะได้รับการยอมรับในทุกๆ ด้าน ในระดับสูงมากกว่าร้อยละ 80

4.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ

4.4.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ สูตรที่ใช้ไขมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง -18°C และไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่ใช้ อิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองร่วมกับ CMC ร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นสูตรที่ได้รับการคัดเลือก แสดงดังตารางที่ 4.26 พบว่า ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่ใช้อิมัลชันน้ำมันถั่วเหลือง ร่วมกับ CMC ร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก มีปริมาณโปรตีน เส้นใย ความชื้น เกล็ด และคาร์โบไฮเดรต มากกว่าไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่ใช้ไขมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง -18°C ทั้งนี้ เนื่องมาจากอิมัลชันน้ำมันพืชมีส่วนผสมของ SC ซึ่งเป็นโปรตีนจากนม นอกจากนี้ยังพบว่า ไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรดังกล่าวมีปริมาณไขมันเพียงร้อยละ 4.55 ซึ่งน้อยกว่าสูตรที่ ใช้ไขมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง -18°C คิดเป็นร้อยละ 37.33 และมีปริมาณพลังงานลดลงคิดเป็น ร้อยละ 17.20

ตารางที่ 4.26 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่ใช้ไขมัน ถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง -18°C และไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่ใช้ อิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองร่วมกับ CMC ร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนักสด)	ชนิดไส้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ	
	สูตรใช้ไขมันถั่วเหลือง แช่เยือกแข็ง -18°C	สูตรใช้อิมัลชันน้ำมันถั่วเหลือง ร่วมกับ CMC
โปรตีน	15.45	15.52
ไขมัน	7.26	4.55
เส้นใย	0.51	0.55
ความชื้น	69.41	72.44
เกล็ด	1.83	1.92
คาร์โบไฮเดรต	6.05	5.57
ปริมาณพลังงาน (กิโลแคลอรี/100กรัม)	151.34	125.31

4.4.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่าสูตรที่ใช้ไขมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง -18°C และได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่ได้รับการคัดเลือกคือ สูตรที่ใช้อิมัลชันไขมันถั่วเหลืองร่วมกับ CMC ร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก (ตารางที่ 4.27) พบว่า ตัวอย่างได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบทั้ง 2 สูตร มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค โดยมีปริมาณน้อยกว่าตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ในข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนได้กรอกปลา มผช.ที่ 143-2546 (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2546) นอกจากนี้ยังพบว่าทั้งสองตัวอย่างมี *Escherichia coli* น้อยกว่า 3 MPN/g และตรวจไม่พบ *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* และ Yeast and Mold

ตารางที่ 4.27 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่ใช้ไขมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง -18°C และได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบสูตรที่ใช้อิมัลชันไขมันถั่วเหลืองร่วมกับ CMC ร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก

ชนิดของจุลินทรีย์	ชนิดได้กรอกอิมัลชันปลาทูน่าท้องแถบ	
	สูตรไขมันถั่วเหลืองแช่เยือกแข็ง	สูตรอิมัลชันไขมันถั่วเหลืองร่วมกับ CMC
Total Plate Count	2.2×10^2 CFU/g	1.9×10^2 CFU/g
<i>Escherichia coli</i>	น้อยกว่า 3 MPN/g	น้อยกว่า 3 MPN/g
<i>Salmonella spp.</i>	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>Staphylococcus aureus</i>	ไม่พบ	ไม่พบ
Yeast and Mold	ไม่พบ	ไม่พบ