บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผล

ตอนที่ 1 ศึกษาสูตรและชนิดของปลาน้ำจืดที่เหมาะสมในการผลิตกุนเชียงปลา

1.1 ศึกษาและพัฒนาสูตรกุนเชียงปลา

จากการสำรวจตลาดกุนเชียงปลาที่วางจำหน่ายในจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดใกล้เคียง พบว่ากุนเชียงปลายังมีการจำหน่ายไม่มากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีราคาที่แพงกว่ากุนเชียงหมู/กุนเชียงไก่ ซึ่งได้เก็บตัวอย่างกุนเชียงปลาที่วางจำหน่าย 5 ตัวอย่าง มีรายละเอียดส่วนประกอบตามที่แสดงไว้ในฉลากผลิตภัณฑ์ดังตาราง 1 ซึ่งทุกตัวอย่างที่นำมาทดสอบมีการใช้มันหมูเป็นส่วนประกอบในปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 2 – 16 และเมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบในลักษณะต่าง ๆ (ตาราง 2) พบว่า กุนเชียงปลาตรา D ซึ่งใส่มันหมูน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 2 ได้รับคะแนนการยอมรับในทุกลักษณะทดสอบน้อยที่สุด *($p \leq 0.05$)* ทั้งนี้อาจสรุปได้ว่าปริมาณมันหมูที่น้อยเกินไปจะส่งผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบ เนื่องจากไขมันช่วยให้อาหารมีความลื่น เนียน และช่วยเก็บกลิ่นรสของอาหารทำให้มีรสชาติที่กลมกล่อมขึ้น ในขณะที่กุนเชียงปลา ตรา B และ C ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากกว่าสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ *($p \leq 0.05$)* แต่เนื่องจากการศึกษานี้ต้องการเลือกสูตรที่ดีที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนเพียงสูตรเดียว เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคะแนนความชอบระหว่างตรา B และ C พบว่า ตรา C ให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีที่สุด อีกทั้งตรา C มีการใช้มันหมูทดแทนการใช้เนื้อปลาในปริมาณที่มากกว่าเพื่อลดต้นทุน ดังนั้น จึงเลือกใช้กุนเชียงปลา ตรา C เป็นตัวอย่างควบคุมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

ตาราง 1 ส่วนประกอบของกุนเชียงปลาทางการค้า

ส่วนประกอบ	ตัวอย่าง				
(ร้อยละ)	ตรา A	ตรา B	ตรา C	ตรา D	ตรา E
เนื้อปลา	85	80	62	93	75
มันหมู	5	10	16	2	10
อื่น ๆ	10	10	22	5	15

ตาราง 2 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงปลาทางการค้า

ลักษณะทดสอบ	ตัวอย่าง				
	ตรา A	ตรา B	ตรา C	ตรา D	ตรา E
สี	$5.35^{cd}\pm1.87$	$7.55^{a}\pm0.88$	$6.80^{ab}\pm1.19$	$4.95^{d}\pm1.84$	$6.25^{bc}\pm2.04$
กลิ่น	$6.65^{a}\pm1.63$	$6.45^{a}\pm1.50$	$6.55^{a}\pm1.19$	$5.05^{b}\pm1.93$	$5.65^{ab}\pm1.78$
รสชาติ	$7.05^{a}\pm1.35$	$6.65^{a}\pm1.42$	$7.05^{a}\pm1.14$	$5.25^{b}\pm2.02$	$6.65^{a}\pm1.49$
เนื้อสัมผัส	$6.20^{ab}\pm1.96$	$6.35^{ab}\pm1.78$	$6.80^{a}\pm1.54$	$5.50^{b}\pm1.79$	$6.80^{a}\pm0.83$
ความชอบรวม	$6.55^{a}\pm1.60$	$6.80^{a}\pm1.32$	$7.00^{a}\pm1.12$	$5.60^{b}\pm1.69$	$6.50^{a}\pm1.27$

a-d อักษรต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)*

จากรายละเอียดส่วนประกอบตามที่แสดงไว้ในฉลากผลิตภัณฑ์ของกุนเชียงปลา ตรา C ซึ่งได้รับการคัดเลือกเป็นตัวแทนของตัวอย่างทางการค้า นำมาใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาสูตรการผลิตกุนเชียงปลา (ตาราง 3) และเมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ตัวอย่าง Z ให้คุณลักษณะทดสอบในด้านต่าง ๆ ดีที่สุด *($p\leq0.05$)* และไม่แตกต่างจากตัวอย่างทางการค้า (ตรา C) อย่างมีนัยสำคัญ *($p>0.05$)* ดังนั้น จึงเลือกใช้สูตร Z สำหรับการผลิตกุนเชียงปลาในการศึกษาขั้นต่อไป

ตาราง 3 ส่วนประกอบของกุนเชียงปลาที่พัฒนาสูตรขึ้นจากสูตรทางการค้า

ส่วนประกอบ (กรัม)	ตัวอย่าง				
	ตรา C	W	X	Y	Z
เนื้อปลา	310	310	310	310	310
ไขมัน	80	80	80	80	80
เกลือ	30	30	30	5	5
น้ำตาล	80	80	80	130	130
พริกไทย	-	-	5	5	5
แป้งมัน	-	-	15	15	15
น้ำ	-	-	-	-	40

ตาราง 4 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงปลาที่พัฒนาสูตรขึ้นจากสูตรทางการค้า

ลักษณะทดสอบ	ตัวอย่าง				
	ตรา C	W	X	Y	Z
สี	$7.93^{a}\pm0.67$	$6.68^{b}\pm0.56$	$6.26^{c}\pm1.10$	$7.38^{ab}\pm1.47$	$7.88^{a}\pm0.92$
กลิ่น	$7.19^{a}\pm1.07$	$6.90^{b}\pm0.65$	$6.98^{ab}\pm1.32$	$7.14^{a}\pm1.56$	$7.41^{a}\pm0.62$
รสชาติ	$7.70^{a}\pm0.69$	$7.06^{b}\pm0.52$	$7.10^{b}\pm1.30$	$7.32^{ab}\pm1.56$	$7.58^{a}\pm0.80$
เนื้อสัมผัส	$7.22^{a}\pm1.11$	$6.74^{b}\pm0.66$	$7.08^{ab}\pm1.34$	$6.81^{b}\pm1.46$	$7.35^{a}\pm0.79$
ความชอบรวม	$7.93^{a}\pm0.62$	$6.90^{b}\pm0.57$	$6.98^{b}\pm1.22$	$7.41^{ab}\pm1.41$	$7.90^{a}\pm0.70$

a-d อักษรต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)*

1.2 ศึกษาชนิดของปลาน้ำจืดที่เหมาะสม

จากสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากข้อ 1.1 นำมาผลิตเปรียบเทียบกับตัวอย่างการค้าโดยใช้ปลา 3 ชนิด คือ ปลาดุก ปลาจีน และปลายี่สก ในการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงปลาก่อนทอด (ตาราง 5) พบว่า ตัวอย่างการค้าได้คะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด รองลงมาคือปลาจีน *($p\leq0.05$)* ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดค่าสี (ตาราง 7) ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับตัวอย่างการค้ามากที่สุดอาจเนื่องจากมีความสว่างมากที่สุด ส่วนปลาดุกและปลายี่สกได้รับการยอมรับด้านสีน้อย อาจเนื่องจากมีสีที่เข้มเกินไปจากการมีค่าสีเหลืองและสีแดงมากที่สุด ในการทดสอบการยอมรับด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัสของทุกตัวอย่างพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ *($p>0.05$)* แต่คะแนนด้านความชอบรวมของปลาจีนได้คะแนนสูงใกล้เคียงกับตัวอย่างการค้า *($p\leq0.05$)* และจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงปลาหลังทอด (ตาราง 6) พบว่า ปลาจีนยังคงให้ลักษณะทดสอบด้านต่าง ๆ ดีใกล้เคียงกับตัวอย่างการค้ามากกว่าปลาดุกและปลายี่สก *($p\leq0.05$)*

ตาราง 5 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงจากปลาชนิดต่าง ๆ (ก่อนทอด)

ลักษณะทดสอบ	ตัวอย่าง			
	ตัวอย่างการค้า	ปลาดุก	ปลาจีน	ปลายี่สก
สี	$7.40^{a}\pm0.65$	$6.59^{c}\pm0.69$	$7.11^{b}\pm0.68$	$6.78^{c}\pm0.55$
กลิ่น^{ns}	6.71 ± 0.59	6.81 ± 0.81	7.00 ± 0.67	6.85 ± 0.76
เนื้อสัมผัส^{ns}	7.18 ± 0.72	6.97 ± 0.80	7.08 ± 0.60	6.95 ± 0.80
ความชอบรวม	$7.31^{a}\pm0.90$	$6.89^{b}\pm0.81$	$7.11^{ab}\pm0.52$	$6.82^{b}\pm0.73$

ns อักษรต่างกันตามแนวนอนแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p>0.05$)*

a-c อักษรต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)*

ตาราง 6 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงจากปลาชนิดต่าง ๆ (หลังทอด)

ลักษณะทดสอบ	ตัวอย่าง			
	ตัวอย่างการค้า	ปลาดุก	ปลาจีน	ปลายี่สก
สี	$7.81^{a}\pm0.77$	$6.95^{bc}\pm0.62$	$7.06^{b}\pm0.73$	$6.67^{bc}\pm0.62$
กลิ่น	$7.21^{a}\pm0.72$	$7.05^{a}\pm0.62$	$7.11^{a}\pm0.40$	$6.74^{b}\pm0.85$
รสชาติ	$7.55^{a}\pm0.67$	$7.11^{ab}\pm0.77$	$7.20^{ab}\pm0.53$	$7.00^{b}\pm0.79$
เนื้อสัมผัส	$7.45^{a}\pm0.71$	$6.97^{b}\pm0.80$	$7.06^{ab}\pm0.76$	$6.82^{b}\pm0.79$
ความชอบรวม	$7.74^{a}\pm0.80$	$7.03^{b}\pm0.90$	$7.14^{ab}\pm0.65$	$6.87^{b}\pm0.61$

a-c อักษรต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)*

จากการทดสอบลักษณะทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างก่อนทอด (ตาราง 7) พบว่า ตัวอย่างการค้ามีค่าความสว่าง (L*) มากที่สุด ในขณะที่ปลายี่สกมีค่าสีแดงมากที่สุดและปลาดุกมีค่าสีเหลืองมากที่สุด ส่วนชนิดของปลาไม่มีผลต่อค่าแรงตัดและไม่แตกต่างจากตัวอย่างทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญ *($p>0.05$)* ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส (ตาราง 5) ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ *($p>0.05$)* ค่าความเป็นกรดด่างของกุนเชียงปลาชนิดต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่ผลิตขึ้นมีความแตกต่างจากตัวอย่างการค้ามาก อาจเนื่องจากใช้อุณหภูมิและระยะเวลาการอบที่ต่างกัน แต่ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม: กุนเชียง (มอก.914-2539) กำหนดให้มีปริมาณความชื้นไม่เกิน ร้อยละ 30 ซึ่งตัวอย่างที่ผลิตขึ้นยังคงมีปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์กำหนด

ตาราง 7 ค่าสี แรงตัด ปริมาณความชื้น และความเป็นกรดด่าง ของกุนเชียงจากปลาชนิดต่าง ๆ

ลักษณะทดสอบ	ตัวอย่าง			
	ตัวอย่างการค้า	ปลาดุก	ปลาจีน	ปลายี่สก
ค่าสี L*	$51.91^{a}\pm0.07$	$45.20^{b}\pm0.55$	$45.24^{b}\pm0.58$	$41.82^{c}\pm0.14$
a*	$11.10^{b}\pm0.31$	$7.66^{c}\pm0.91$	$6.97^{c}\pm1.15$	$13.21^{a}\pm0.72$
b*	$22.95^{a}\pm0.14$	$23.18^{a}\pm0.16$	$16.97^{b}\pm0.67$	$16.57^{b}\pm0.78$
แรงตัด (Kgf)^{ns}	7.63 ± 0.78	7.33 ± 0.27	7.43 ± 0.35	7.57 ± 0.31
ความชื้น (ร้อยละ)	$7.61^{c}\pm0.34$	$19.06^{b}\pm0.38$	$19.61^{ab}\pm0.30$	$20.02^{a}\pm0.44$
ความเป็นกรดด่าง	$6.79^{a}\pm0.01$	$6.72^{b}\pm0.01$	$6.32^{d}\pm0.02$	$6.63^{c}\pm0.02$

ns อักษรต่างกันตามแนวนอนแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p>0.05$)*

a-d อักษรต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)*

จากการทดสอบคุณภาพในด้านต่าง ๆ พบว่า ปลาจีนน่าจะมีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นกุนเชียงปลามากกว่าปลาดุกและปลายี่สก โดยให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างทางการค้ามากที่สุด อีกทั้งเมื่อพิจารณาจากต้นทุนราคาเนื้อปลา (ตาราง 8) พบว่า ปลาจีนมีราคาเนื้อปลาถูกกว่าปลาดุกและปลายี่สก ตามลำดับ ดังนั้น จึงได้เลือกใช้ปลาจีนในการผลิตเป็นกุนเชียงปลาสำหรับการศึกษาขั้นต่อไป

ตาราง 8 ราคาเนื้อปลาชนิดต่าง ๆ

ชนิดปลา	น้ำหนักปลา (กก.)	ราคาปลาสด (บาท/กก.)	ปริมาณเนื้อที่แยกได้ (กก.)	ราคาเนื้อปลา (บาท/กก.)
ปลาดุก	1	50	0.42	= 119.05
ปลาจีน	1	35	0.45	= 77.78
ปลายี่สก	1	54	0.45	= 120.00

ตอนที่ 2 ศึกษาการใช้น้ำมันพืชและไฮโดรคอลลอยด์ทดแทนไขมันสัตว์ในการผลิตกุนเชียงปลา

จากการศึกษาการทดแทนไขมันจากมันหมูด้วยการใช้น้ำมันพืชร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ แซนแทนกัม (xanthan gum; XG) และคาร์บอซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethylcellulose; CMC) เปรียบเทียบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงปลาก่อนทอด (ตาราง 9) พบว่า ตัวอย่างควบคุมซึ่งใช้มันหมู (100%Fat) มีคะแนนทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะทดสอบ ได้แก่ สี เนื้อสัมผัส ความฉ่ำ และความชอบรวมสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันพืช และ/หรือ ใช้ไฮโดรคอลลอยด์ทดแทนมันหมูอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยการใช้น้ำมันพืชหรือไฮโดรคอลลอยด์เพียงอย่างเดียว (100%Oil, 1%XG, 2%XG, 1%CMC และ 2%CMC) ให้คะแนนทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะต่ำกว่า 5 แสดงว่าไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ แต่สามารถปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ใช้มันหมู (100%Fat) ได้ โดยการใช้น้ำมันพืชร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ (Oil+XG และ Oil+CMC) จะทำให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์จะช่วยในการยึดเกาะและการอุ้มน้ำของโปรตีน แต่สำหรับตัวอย่างที่ใช้น้ำมันพืชหรือไฮโดรคอลลอยด์เพียงอย่างเดียว (100%Oil, XG และ CMC) ได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสต่ำมาก เนื่องจากเนื้อสัมผัสของกุนเชียงปลามีความนุ่มมากขึ้น แต่ลักษณะเนื้อกุนเชียงค่อนข้างแห้งความฉ่ำยังมีน้อย เนื่องจากโปรตีนในเนื้อปลาไม่สามารถอุ้มน้ำและไขมันไว้ได้มากพอ ดังนั้นเมื่อผ่านการอบแล้วกุนเชียงที่ได้จึงมีลักษณะเหี่ยว สอดคล้องกับ Morin *et al.* (2004) พบว่า การเติมไฮโดรคอลลอยด์ในไส้กรอก

ไขมันต่ำส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้เติมไฮโดรคอลลอยด์ ส่งผลให้ตัวอย่างมีความฉ่ำเนื้อมากกว่า โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้น้ำมันพืชร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ดังจะเห็นได้จากสัดส่วนการใช้น้ำมันพืชที่ลดลงมีผลทำให้เนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มและความฉ่ำลดลงในตัวอย่าง 100%Oil+CMC และ 50%Oil+CMC แต่สำหรับตัวอย่าง 100%Oil+XG และ 50%Oil+XG กลับให้ผลในทางตรงกันข้าม คือ สัดส่วนการใช้น้ำมันพืชที่ลดลงส่งผลให้มีเนื้อสัมผัสและความฉ่ำมากขึ้น

ตาราง 9 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงปลาสูตรทดแทนไขมัน (ก่อนทอด)

ตัวอย่าง	ลักษณะทดสอบ			
	สี	เนื้อสัมผัส	ความฉ่ำ	ความชอบรวม
100%Fat (control)	$7.23^{a}\pm0.63$	$6.80^{a}\pm0.76$	$7.00^{a}\pm0.64$	$7.33^{a}\pm0.47$
100%Oil	$4.97^{d}\pm0.61$	$4.03^{d}\pm0.85$	$3.77^{d}\pm0.72$	$3.70^{f}\pm0.74$
100%Oil + 1%XG	$5.93^{c}\pm0.58$	$6.30^{b}\pm0.65$	$6.30^{b}\pm0.70$	$5.13^{d}\pm0.73$
100%Oil + 2%XG	$6.70^{b}\pm0.65$	$6.70^{a}\pm0.59$	$6.50^{b}\pm0.57$	$6.63^{c}\pm0.49$
100%Oil + 1%CMC	$7.13^{a}\pm0.34$	$6.87^{a}\pm0.57$	$6.87^{a}\pm0.34$	$7.13^{ab}\pm0.34$
100%Oil + 2%CMC	$7.23^{a}\pm0.43$	$7.07^{a}\pm0.44$	$6.83^{a}\pm0.59$	$7.13^{ab}\pm0.50$
50%Oil + 1%XG	$7.10^{a}\pm0.71$	$6.90^{a}\pm0.66$	$6.93^{a}\pm0.58$	$7.03^{ab}\pm0.55$
50%Oil + 2%XG	$7.13^{a}\pm0.62$	$6.97^{a}\pm0.61$	$7.07^{a}\pm0.63$	$6.97^{b}\pm0.61$
50%Oil + 1%CMC	$4.93^{d}\pm0.69$	$4.70^{d}\pm0.87$	$3.17^{e}\pm0.64$	$3.17^{gh}\pm0.37$
50%Oil + 2%CMC	$5.70^{c}\pm0.59$	$5.93^{c}\pm0.63$	$4.67^{c}\pm0.47$	$4.30^{e}\pm0.46$
1%XG	$4.33^{e}\pm0.60$	$3.73^{d}\pm0.44$	$3.67^{d}\pm0.54$	$3.43^{fg}\pm0.50$
2%XG	$4.37^{e}\pm0.96$	$3.83^{d}\pm0.87$	$3.50^{d}\pm0.57$	$3.13^{gh}\pm0.77$
1%CMC	$4.90^{d}\pm0.71$	$3.17^{e}\pm0.37$	$2.97^{e}\pm0.61$	$3.03^{h}\pm0.41$
2%CMC	$3.60^{f}\pm0.81$	$3.30^{e}\pm0.59$	$3.13^{e}\pm0.62$	$3.23^{gh}\pm0.43$

a-h อักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)*

ตัวอย่างกุนเชียงปลาก่อนทอดที่ให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (100%Fat) อย่างมีนัยสำคัญ *($p>0.05$)* ได้แก่ 100%Oil+1%CMC, 100%Oil+1%CMC, 50%Oil+1%XG และ 50%Oil+1%XG ดังนั้น จึงได้เลือกตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่างนี้มาทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงปลาหลังทอด (ตาราง 10) พบว่า ตัวอย่าง 100%Oil ยังคงให้คะแนนการทดสอบทุกลักษณะต่ำกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)* และเมื่อ

เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (100%Fat) พบว่า ตัวอย่างที่เลือกมาทดสอบคุณภาพหลังทอดทั้ง 4 ตัวอย่าง ได้รับคะแนนด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ *($p>0.05$)* ยกเว้นคะแนนด้านเนื้อสัมผัสของ 100%Oil+1%CMC และ 100%Oil+2%CMC ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างจากตัวอย่าง 100%Fat อย่างมีนัยสำคัญ *($p\leq0.05$)* ดังนั้น ตัวอย่างกุนเชียงปลาสูตรทดแทนไขมันที่ยังคงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ใกล้เคียงกับการใช้มันหมูมากที่สุด คือ ตัวอย่าง 50%Oil+1%XG และ 50%Oil+2%XG โดยตัวอย่าง 50%Oil+1%XG ให้คะแนนความชอบรวมก่อนทอดมากกว่าตัวอย่าง 50%Oil+2%XG เล็กน้อย

ตาราง 10 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงปลาสูตรทดแทนไขมัน (หลังทอด)

ตัวอย่าง	ลักษณะทดสอบ				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
100%Fat (control)	$7.06^{a}\pm0.73$	$7.11^{a}\pm0.40$	$7.20^{a}\pm0.53$	$7.06^{a}\pm0.53$	$7.14^{a}\pm0.53$
100%Oil	$4.20^{c}\pm0.92$	$5.00^{b}\pm0.98$	$5.06^{b}\pm1.22$	$4.10^{c}\pm0.99$	$4.26^{b}\pm0.78$
100%Oil + 1%CMC	$5.76^{ab}\pm1.19$	$5.96^{ab}\pm0.88$	$6.00^{ab}\pm0.98$	$5.36^{bc}\pm0.96$	$5.73^{ab}\pm0.94$
100%Oil + 2%CMC	$5.40^{ab}\pm1.49$	$5.73^{ab}\pm0.98$	$5.56^{ab}\pm1.04$	$5.16^{bc}\pm0.87$	$5.70^{ab}\pm1.29$
50%Oil + 1%XG	$6.50^{a}\pm1.04$	$6.33^{ab}\pm0.99$	$6.23^{ab}\pm1.22$	$6.53^{ab}\pm0.77$	$6.43^{a}\pm0.81$
50%Oil + 2%XG	$6.43^{a}\pm1.33$	$6.20^{ab}\pm1.47$	$5.93^{ab}\pm1.50$	$6.20^{ab}\pm1.32$	$6.13^{a}\pm1.30$

a-c อักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)*

จากการทดสอบค่าสีของกุนเชียงปลาก่อนทอด (ตาราง 11) พบว่า ตัวอย่าง 100%Fat มีค่าความสว่าง (L*) น้อยกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ *($p\leq0.05$)* ซึ่งเป็นผลจากมันหมูที่มีสีขาวขุ่น ทำให้มีค่าความสว่างน้อย และเมื่อลดปริมาณการใช้น้ำมันลงจาก 100%Oil เป็น 50%Oil หรือมีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง XG หรือ CMC จะทำให้กุนเชียงปลามีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น *($p\leq0.05$)* ส่วนตัวอย่าง 100%Oil มีค่าสีแดง (a*) มากกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ *($p\leq0.05$)* และมีค่า L* น้อยกว่าตัวอย่างที่มีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ ทั้ง ๆ ที่น้ำมันพืชมีสีเหลืองจางและมีความใส ทั้งนี้อาจเนื่องจากตัวอย่างไม่สามารถเก็บกักน้ำมันไว้ในโครงร่างของโปรตีนได้ ส่งผลให้มีเนื้อสัมผัสนิ่มและความฉ่ำน้อยตามผลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตาราง 9) และเมื่อเติมไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง XG หรือ CMC ทำให้กุนเชียงปลามีค่าสีแดงลดลง ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของตัวอย่าง 100%Fat และ 100%Oil มีค่าน้อยกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ *($p\leq0.05$)* และเมื่อเติมไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง XG หรือ CMC จะทำให้กุนเชียงปลามีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งสรุปได้ว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์ ทั้ง XG

หรือ CMC เมื่อเทียบกับตัวอย่าง 100%Fat และ 100%Oil จะทำให้มีค่า L* เพิ่มขึ้น ค่า a* ลดลง และค่า b* เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเกิดเจลของไฮโดรคอลลอยด์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสงมากขึ้น

ตาราง 11 ค่าสีของกุนเชียงปลาสูตรทดแทนไขมัน (ก่อนทอด)

ตัวอย่าง	ค่าสี		
	L*	a*	b*
100%Fat	$38.86^{m}\pm0.17$	$8.48^{bc}\pm0.07$	$19.14^{j}\pm0.16$
100%Oil	$40.56^{l}\pm0.09$	$11.48^{a}\pm0.07$	$19.90^{i}\pm0.12$
100%Oil + 1%XG	$41.96^{k}\pm0.05$	$7.83^{d}\pm0.03$	$20.92^{h}\pm0.03$
100%Oil + 2%XG	$46.19^{h}\pm0.22$	$6.26^{g}\pm0.36$	$23.70^{d}\pm0.18$
100%Oil + 1%CMC	$45.34^{i}\pm0.01$	$6.80^{f}\pm0.03$	$23.74^{d}\pm0.08$
100%Oil + 2%CMC	$46.23^{h}\pm0.02$	$6.47^{fg}\pm0.28$	$21.89^{f}\pm0.06$
50%Oil + 1%XG	$50.27^{c}\pm0.05$	$6.50^{fg}\pm0.02$	$24.86^{b}\pm0.12$
50%Oil + 2%XG	$50.62^{b}\pm0.12$	$6.62^{fg}\pm0.10$	$25.76^{a}\pm0.13$
50%Oil + 1%CMC	$47.95^{e}\pm0.03$	$7.27^{e}\pm0.12$	$24.46^{c}\pm0.07$
50%Oil + 2%CMC	$48.82^{d}\pm0.21$	$7.76^{d}\pm0.39$	$23.62^{d}\pm0.09$
1%XG	$44.72^{j}\pm0.31$	$8.66^{b}\pm0.42$	$21.64^{g}\pm0.09$
2%XG	$50.89^{a}\pm0.30$	$7.31^{e}\pm0.28$	$25.92^{a}\pm0.26$
1%CMC	$47.49^{f}\pm0.39$	$8.32^{bc}\pm0.28$	$23.06^{e}\pm0.14$
2%CMC	$47.06^{g}\pm0.10$	$8.12^{cd}\pm0.29$	$22.96^{e}\pm0.13$

a-m อักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)*

จากการทดสอบค่าแรงตัด ความเป็นกรดด่าง และปริมาณความชื้นของกุนเชียงปลาก่อนทอด (ตาราง 12) พบว่า ตัวอย่างที่ใช้มันหมูแข็ง (100%Fat) มีค่าแรงตัดมากที่สุด และตัวอย่างที่ลดปริมาณน้ำมันลง (50%Oil) จะมีค่าแรงตัดมากกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันเต็มสูตร (100%Oil) ส่วนการเติมไฮโดรคอลลอยด์เพียงอย่างเดียวจะทำให้ตัวอย่างมีค่าแรงตัดมากกว่าการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ร่วมกับน้ำมันพืช ซึ่งการเติมไฮโดรคอลลอยด์ ร้อยละ 1 จะช่วยให้ตัวอย่างมีค่าแรงตัดมากกว่า ร้อยละ 2 โดยความแข็งของเนื้อสัมผัสที่วัดจากค่าแรงตัดเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ 100%Fat, XG หรือ CMC, 50%Oil+XG หรือ 50%Oil+CMC, 100%Oil+XG หรือ 100%Oil+CMC และ 100%Oil ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามันหมูแข็งเป็นส่วนผสมสำคัญช่วยทำให้กุนเชียงมีลักษณะเนื้อที่แน่นและคงตัว ส่วนการใช้ไฮโดรคอลลอยด์เพียงอย่างเดียว (XG หรือ CMC) ให้ค่าแรงตัดที่ใกล้เคียงกับมันหมู (100%Fat) แต่เมื่อ

พิจารณาจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ตัวอย่างดังกล่าวไม่มีความฉ่ำจึงไม่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบ ทั้งนี้อาจเนื่องจากตัวอย่างขาดความนุ่มลื่นจากไขมันที่ไม่มีการเติมเข้าไป และไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้อาจไม่สามารถเก็บความชื้นไว้ได้ เมื่อตัวอย่างผ่านการอบจึงมีลักษณะเหี่ยว แห้ง แข็ง และไม่น่ารับประทาน ส่วนตัวอย่างที่ใช้น้ำมันพืชร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ การใช้ไฮโดรคอลลอยด์มากขึ้นไม่ได้ช่วยทำให้ตัวอย่างมีค่าแรงตัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ *($p>0.05$)* และเมื่อนำมาใช้ร่วมกับน้ำมันพืชซึ่งเป็นของเหลวจึงทำให้เนื้อสัมผัสของกุนเชียงนิ่มลง สอดคล้องกับงานของ เยาวภา (2549) ที่ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์กุนเชียงปลาแซลมอน พบว่าเมื่อใช้ซูริมิร่วมกับแซนแทนกัมมีผลทำให้ค่าแรงตัดลดลง และงานของ Chattong *et al.* (2007) ศึกษาผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในหมูยอ พบว่าเมื่อปริมาณไฮโดรคอลลอยด์เพิ่มขึ้นค่าแรงตัดลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเติมไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณมากจะไปรบกวนการเกิดโครงสร้างของโปรตีน และส่งผลให้โครงสร้างของโปรตีนไม่แข็งแรง (Perez-Mateos *et al.*, 2001) ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้น จึงควรใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถดูดซับน้ำมันให้อยู่ภายในโครงสร้างของโปรตีนได้ จึงจะทำให้โครงสร้างของโปรตีนคงอยู่ได้ ไม่ยุบตัวลง ตัวอย่างกุนเชียงจึงไม่เหี่ยวและน่ารับประทาน

ตาราง 12 ค่าแรงตัด ปริมาณความชื้น และความเป็นกรดด่าง ของกุนเชียงปลาสูตรทดแทนไขมัน

ตัวอย่าง	แรงตัด (Kgf)	ความชื้น (%)	ความเป็นกรดด่าง
100%Fat	$6.44^{a}\pm0.87$	$25.88^{a}\pm0.63$	$6.34^{b}\pm0.01$
100%Oil	$3.34^{de}\pm0.17$	$19.56^{f}\pm0.91$	$6.34^{b}\pm0.01$
100%Oil + 1%XG	$2.90^{e}\pm0.25$	$24.01^{b}\pm0.43$	$6.32^{c}\pm0.01$
100%Oil + 2%XG	$3.36^{de}\pm0.38$	$20.17^{ef}\pm0.35$	$6.29^{d}\pm0.01$
100%Oil + 1%CMC	$3.82^{d}\pm0.46$	$24.03^{b}\pm0.41$	$6.32^{c}\pm0.01$
100%Oil + 2%CMC	$3.77^{d}\pm0.15$	$22.86^{cd}\pm0.24$	$6.39^{a}\pm0.01$
50%Oil + 1%XG	$3.81^{d}\pm0.21$	$22.84^{cd}\pm0.66$	$6.27^{e}\pm0.01$
50%Oil + 2%XG	$3.42^{de}\pm0.09$	$23.00^{c}\pm0.43$	$6.25^{f}\pm0.01$
50%Oil + 1%CMC	$3.73^{d}\pm0.15$	$24.10^{b}\pm0.20$	$6.34^{b}\pm0.01$
50%Oil + 2%CMC	$4.62^{c}\pm0.41$	$24.56^{b}\pm0.21$	$6.34^{b}\pm0.01$
1%XG	$5.93^{b}\pm0.81$	$20.94^{e}\pm0.98$	$6.29^{d}\pm0.01$
2%XG	$3.63^{d}\pm0.42$	$22.03^{d}\pm0.24$	$6.17^{g}\pm0.01$
1%CMC	$5.04^{c}\pm0.40$	$24.17^{b}\pm0.32$	$6.27^{e}\pm0.01$
2%CMC	$4.58^{c}\pm0.14$	$25.80^{a}\pm0.22$	$6.34^{b}\pm0.02$

a-g อักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)*

ปริมาณความชื้นของกุนเชียงปลาทุกตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 20-26 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม: กุนเชียง (มอก.914-2539) คือ ต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 30 โดยปริมาณความชื้นของตัวอย่าง 100%Fat มีค่าสูงสุด และ 100%Oil มีค่าต่ำสุด ตัวอย่างที่มีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ Oil+XG, Oil+CMC, XG และ CMC มีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 20-24, 23-25, 21-22 และ 24-26 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้ไฮโดรคอลลอยด์จะช่วยเก็บกักความชื้นได้ดีกว่าการใช้น้ำมันพืชเพียงอย่างเดียว ด้านความเป็นกรดด่าง พบว่า การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ทดแทนไม่ได้ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยตัวอย่างมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 6.17-6.39

ในภาพรวมแล้วพบว่า ตัวอย่าง 100%Oil มีลักษณะแห้ง ร่วน ไม่เกาะตัวเป็นเนื้อเดียวกัน แตกต่างจากสูตรที่ใช้ไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งให้ลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แตกร่วน และมีความฉ่ำ อย่างไรก็ตามการเติมไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลทำให้กุนเชียงอ่อนนุ่มไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สำหรับด้านสีพบว่าตัวอย่างที่ใช้ XG จะเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบมากกว่าตัวอย่างที่ใช้ CMC เนื่องจากให้สีที่อ่อนกว่า โดยตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุดและให้ลักษณะต่าง ๆ ใกล้เคียงกับกุนเชียงที่ใช้มันหมู คือ ตัวอย่าง 50%Oil+1%XG จึงเลือกใช้สูตรดังกล่าวในการศึกษาขั้นต่อไป

ตอนที่ 3 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของกุนเชียงปลา

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของไขมันในตัวอย่างกุนเชียงปลา 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง (ตาราง 13) พบว่า ตัวอย่าง 100%Fat มีไขมันอิ่มตัวสูงสุด ส่วนตัวอย่าง 100%Oil และ 50%Oil+1%XG สามารถลดปริมาณไขมันอิ่มตัวลงได้ 1.61 และ 3.56 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 26 และ 58 ตามลำดับ และตัวอย่าง 50%Oil+1%XG ยังสามารถลดปริมาณไขมันทั้งหมดลงได้ 6.34 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 39 เมื่อเทียบกับตัวอย่าง 100%Fat การที่ตัวอย่าง 50%Oil+1%XG สามารถลดปริมาณไขมันทั้งหมดและไขมันอิ่มตัวลงได้ ร้อยละ 39 และ 58 กรัม ตามลำดับ ทำให้สามารถกล่าวอ้างทางโภชนาการได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 (2541) ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ลดไขมัน เนื่องจากสามารถลดปริมาณไขมันทั้งหมดลงได้ตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป และปริมาณไขมันทั้งหมดต้องลดลงได้ไม่ต่ำกว่า 3 กรัม เมื่อเทียบกับอาหารอ้างอิง นอกจากนี้ยังสามารถกล่าวอ้างได้อีกว่าเป็นผลิตภัณฑ์ลดไขมันอิ่มตัว เนื่องจากสามารถลดปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวลงได้ตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป และปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวต้องลดลงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 กรัม เมื่อเทียบกับอาหารอ้างอิง

ตาราง 13 องค์ประกอบของไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียงปลา

องค์ประกอบของไขมัน		ตัวอย่าง		
		100%Fat	100%Oil	50%Oil + 1%XG
กรดไขมันอิ่มตัว (g/100 g sample, dry wt.)				
Capric acid	(C 10:0)	0.01	-	-
Lauric acid	(C 12:0)	0.05	0.03	0.01
Myristic acid	(C 14:0)	0.56	0.31	0.22
Palmitic acid	(C 16:0)	4.25	3.31	1.88
Stearic acid	(C 18:0)	1.08	0.69	0.42
Arachidic acid	(C 20:0)	0.03	0.01	0.01
Behenic acid	(C 22:0)	-	0.04	-
Lignoceric acid	(C 24:0)	0.12	0.10	-
รวม ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว		6.10	4.49	2.54
กรดไขมันไม่อิ่มตัว (g/100 g sample, dry wt.)				
Myristoleic acid	(C 14:1)	0.01	-	-
Palmitoleic acid	(C 16:1)	1.08	0.69	0.58
Oleic acid	(C 18:1, cis-9)	5.63	4.84	2.82
Linoleic acid	(C 18:2, cis)	2.77	8.06	3.06
Gamma linolenic acid	(C 18:3, n6)	0.31	1.23	0.64
Eicosapentaenoic acid	(C 20:5, n3)	-	0.01	-
Erucic acid	(C 22:1)	0.09	0.06	0.06
Docosahexaenoic acid, DHA	(C 22:6, n3)	0.08	0.08	0.06
Nervonic acid	(C 24:1)	0.03	-	-
รวม ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว		10.0	14.97	7.22
รวม ปริมาณไขมันทั้งหมด		16.10	19.46	9.76

ตาราง 14 ฉลากโภชนาการของกุนเชียงปลาสูตรทดแทนไขมัน

ข้อมูลโภชนาการ		
หนึ่งหน่วยบริโภค : 0.5 แท่ง (40 กรัม)		
จำนวนหน่วยบริโภคต่อถุง : ประมาณ 6		
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค		
พลังงานทั้งหมด 160 กิโลแคลอรี		
		ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *
ไขมันทั้งหมด	3 ก.	5%
ไขมันอิ่มตัว	1 ก.	5%
โปรตีน (ก.)	20 ก.	40%
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ก.)	12 ก.	4%
น้ำตาล (ก.)	10 ก.	
โซเดียม (มก.)	190 ก.	8%
* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี		

ตอนที่ 4 ศึกษาสภาวะการบรรจุและอายุการเก็บรักษาของกุนเชียงปลา

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษากุนเชียงปลาสูตรทดแทนไขมันที่พัฒนาขึ้น (50%Oil + 1%XG) เปรียบเทียบกับกุนเชียงปลาที่ใช้ไขมันหมู (100%Fat) บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LLDPE ในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า

คุณภาพทางจุลินทรีย์ (ตาราง 15) เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: กุนเชียงปลา (104/2546) ที่ได้กำหนดคุณภาพทางจุลินทรีย์ไว้ คือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน $1*10^5$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า ตัวอย่าง 100%Fat มีอายุการเก็บรักษา 12 และ 15 วัน ในสภาวะการบรรจุแบบปกติและแบบสุญญากาศ ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่าง 50%Oil + 1%XG สามารถเก็บรักษาได้ 18 และ 21 วัน ในสภาวะการบรรจุแบบปกติและแบบสุญญากาศ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากปริมาณยีสต์และราก็ให้ผลเช่นเดียวกัน คือ ตัวอย่าง 100%Fat สามารถเก็บรักษาได้ 12 และ 15 วัน ในสภาวะการบรรจุแบบปกติและแบบสุญญากาศ ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่าง 50%Oil + 1%XG สามารถเก็บรักษาได้ 18 และ 21 วัน ในสภาวะการบรรจุแบบปกติและแบบสุญญากาศ ตามลำดับ ดังจะเห็นได้ว่ากุนเชียงปลาสูตรทดแทนไขมันที่พัฒนาขึ้น (50%Oil + 1%XG) มีอายุการเก็บ

รักษาเพิ่มขึ้นจากกุนเชียงปลาสูตรที่ใช้ไขมันหมู (100%Fat) 6 วัน และการบรรจุแบบสุญญากาศจะช่วยให้กุนเชียงปลามีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น 3 วัน

ตาราง 15 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	100%Fat ปกติ	100%Fat สุญญากาศ	50%Oil + 1%XG ปกติ	50%Oil + 1%XG สุญญากาศ
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) ต้องไม่เกิน $1*10^5$				
0	9.7*10	$1.1*10^2$	8.7*10	6.3*10
3	$2.9*10^2$	$2.7*10^2$	$1.8*10^2$	$1.9*10^2$
6	$4.2*10^2$	$3.6*10^2$	$3.0*10^2$	$2.3*10^2$
9	$2.9*10^3$	$5.2*10^3$	$2.0*10^3$	$2.0*10^3$
12	$4.6*10^4$	$2.9*10^4$	$3.7*10^3$	$3.1*10^3$
15	$1.1*10^5$	$4.8*10^4$	$5.7*10^3$	$4.5*40^3$
18	-	$1.2*10^5$	$2.3*10^4$	$5.6*10^3$
21	-	-	$1.1*10^5$	$4.1*10^4$
24	-	-	-	$1.1*10^5$
ยีสต์และรา (CFU/g) ต้องไม่เกิน 100				
0	1.3*10	1.2*10	1.1*10	1.1*10
3	2.0*10	1.5*10	1.2*10	1.2*10
6	2.9*10	2.5*10	1.7*10	1.6*10
9	3.8*10	3.1*10	2.9*10	2.8*10
12	6.8*10	4.7*10	3.2*10	3.1*10
15	$1.1*10^2$	3.7*10	4.3*10	4.1*10
18	-	$1.1*10^2$	5.4*10	5.0*10
21	-	-	$1.1*10^2$	6.8*10
24	-	-	-	$1.2*10^2$

ความแตกต่างของค่าสี หรือ ΔE^* (ตาราง 16) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (ตาราง 17) ที่เพิ่มมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยตัวอย่างมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการที่ตัวอย่างมีสีเข้มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยสภาวะการบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี *($p>0.05$)*

ตาราง 16 ค่า ΔE^* ของกุนเชียงปลา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	100%Fat ปกติ	100%Fat สุญญากาศ	50%Oil + 1%XG ปกติ	50%Oil + 1%XG สุญญากาศ
0	55.59	54.91	58.36	56.88
3	54.09	57.10	57.47	58.82
6	55.01	57.42	58.91	58.85
9	55.91	58.32	59.34	60.11
12	57.27	57.87	58.85	59.61
15	-	59.49	59.51	60.08
18	-	-	61.17	60.81
21	-	-	62.70	61.58

ตาราง 17 ค่า L* a* b* ของกุนเชียงปลา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	100%Fat ปกติ	100%Fat สุญญากาศ	50%Oil + 1%XG ปกติ	50%Oil + 1%XG สุญญากาศ
L*				
0	$46.88^{c/x}\pm0.91$	$49.36^{b/w}\pm0.04$	$51.70^{a/vw}\pm0.15$	$50.23^{b/w}\pm0.95$
3	$48.23^{b/y}\pm0.68$	$51.05^{a/y}\pm0.06$	$51.25^{a/v}\pm0.56$	$51.83^{a/xy}\pm0.86$
6	$48.18^{c/y}\pm0.78$	$51.29^{b/zy}\pm0.34$	$52.28^{a/vwx}\pm0.60$	$51.65^{ab/x}\pm0.36$
9	$49.27^{c/yz}\pm0.52$	$51.81^{b/z}\pm0.60$	$53.17^{a/xy}\pm0.67$	$53.01^{a/z}\pm1.00$
12	$50.26^{b/z}\pm0.60$	$50.91^{b/y}\pm0.82$	$52.47^{a/wx}\pm1.01$	$52.56^{a/xyz}\pm0.15$
15	-	$52.01^{b/z}\pm0.47$	$52.91^{a/xy}\pm0.47$	$52.93^{a/yz}\pm0.65$
18	-	-	$53.77^{ns/y}\pm1.05$	$53.41^{ns/z}\pm0.89$
21	-	-	$54.88^{ns/z}\pm0.85$	$53.47^{ns/z}\pm0.82$
a*				
0	$11.31^{a/ns}\pm1.75$	$9.80^{bc/x}\pm0.39$	$8.66^{c/v}\pm0.27$	$9.34^{b/v}\pm0.51$
3	$11.39^{a/ns}\pm0.16$	$10.92^{a/y}\pm0.79$	$7.91^{c/u}\pm0.79$	$9.57^{b/vw}\pm0.38$
6	$11.13^{a/ns}\pm0.39$	$10.76^{a/y}\pm0.32$	$9.79^{b/w}\pm0.35$	$10.12^{b/wx}\pm0.07$
9	$10.48^{ab/ns}\pm0.26$	$10.93^{a/y}\pm0.40$	$10.45^{b/xy}\pm0.34$	$10.13^{b/wx}\pm0.41$
12	$10.99^{a/ns}\pm0.71$	$10.76^{ab/y}\pm0.26$	$10.02^{bc/wx}\pm0.29$	$10.52^{b/xy}\pm0.38$
15	-	$11.74^{a/z}\pm0.27$	$10.51^{b/xy}\pm0.16$	$10.31^{b/x}\pm0.40$
18	-	-	$10.71^{ns/y}\pm0.31$	$10.63^{ns/xy}\pm0.18$
21	-	-	$11.53^{ns/z}\pm0.10$	$11.69^{ns/z}\pm0.74$
b*				
0	$27.65^{a/z}\pm0.43$	$21.96^{d/v}\pm0.22$	$25.65^{b/x}\pm0.14$	$25.01^{c/w}\pm0.48$
3	$21.68^{d/w}\pm0.12$	$23.14^{c/w}\pm0.14$	$24.78^{b/v}\pm0.20$	$26.11^{a/x}\pm0.11$
6	$24.11^{c/x}\pm0.52$	$23.46^{d/w}\pm0.36$	$25.33^{b/wx}\pm0.31$	$26.32^{a/x}\pm0.04$
9	$24.26^{b/x}\pm0.12$	$24.44^{b/x}\pm0.25$	$24.18^{b/u}\pm0.10$	$26.46^{a/xy}\pm0.34$
12	$25.15^{b/y}\pm0.04$	$25.32^{b/y}\pm0.21$	$24.70^{c/v}\pm0.12$	$26.08^{a/x}\pm0.21$
15	-	$26.39^{a/z}\pm0.24$	$25.14^{b/w}\pm0.11$	$26.50^{a/xy}\pm0.22$
18	-	-	$27.13^{ns/y}\pm0.39$	$27.05^{ns/y}\pm0.30$
21	-	-	$28.04^{ns/z}\pm0.19$	$28.21^{ns/z}\pm0.71$

ns อักษรแสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ *($p>0.05$)*

a-c อักษรตามแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)*

v-z อักษรตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)*

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นและค่า Aw (ตาราง 18) พบว่า ทุกตัวอย่างมีปริมาณความชื้นและค่า Aw เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องจากถุงพลาสติกที่ใช้คือ LLDPE ยังคงยอมให้มีการซึมผ่านของไอน้ำได้บ้าง ทำให้มีความชื้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีค่า Aw เพิ่มขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามตัวอย่าง 50%Oil + 1%XG มีอัตราการเพิ่มขึ้นของความชื้นและค่า Aw ช้ากว่าตัวอย่าง 100%Fat ส่วนการบรรจุแบบปกติหรือสุญญากาศให้ผลไม่แตกต่างกันนัก ทั้งนี้อาจเนื่องจากบรรจุในถุงพลาสติกชนิดเดียวกัน

ตาราง 18 ปริมาณความชื้น และค่า Aw ของกุนเชียงปลา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	100%Fat ปกติ	100%Fat สุญญากาศ	50%Oil + 1%XG ปกติ	50%Oil + 1%XG สุญญากาศ
ความชื้น (ร้อยละ)				
0	$18.80^{a/v}\pm0.12$	$18.59^{b/t}\pm0.13$	$18.61^{b/t}\pm0.04$	$18.57^{b/s}\pm0.04$
3	$19.19^{a/w}\pm0.05$	$19.00^{b/u}\pm0.05$	$18.85^{c/tu}\pm0.08$	$18.85^{c/t}\pm0.09$
6	$19.56^{a/x}\pm0.14$	$19.26^{b/v}\pm0.04$	$19.10^{c/u}\pm0.03$	$19.04^{c/u}\pm0.04$
9	$20.33^{a/y}\pm0.10$	$19.72^{b/x}\pm0.08$	$19.53^{c/v}\pm0.08$	$19.24^{d/v}\pm0.07$
12	$21.08^{a/z}\pm0.04$	$20.54^{b/y}\pm0.07$	$19.89^{c/w}\pm0.29$	$19.53^{d/w}\pm0.09$
15	-	$21.11^{a/z}\pm0.04$	$20.26^{b/x}\pm0.19$	$19.93^{c/x}\pm0.07$
18	-	-	$20.68^{ns/y}\pm0.15$	$20.27^{ns/y}\pm0.03$
21	-	-	$20.98^{ns/z}\pm0.08$	$20.58^{ns/z}\pm0.03$
Aw				
0	$0.71^{ns/v}\pm0.00$	$0.71^{ns/v}\pm0.00$	$0.72^{ns/ns}\pm0.01$	$0.71^{ns/u}\pm0.01$
3	$0.73^{ns/w}\pm0.00$	$0.72^{ns/v}\pm0.01$	$0.73^{ns/ns}\pm0.00$	$0.72^{ns/u}\pm0.00$
6	$0.76^{a/x}\pm0.01$	$0.73^{b/w}\pm0.00$	$0.73^{b/ns}\pm0.00$	$0.73^{b/u}\pm0.00$
9	$0.79^{a/y}\pm0.01$	$0.75^{b/x}\pm0.01$	$0.74^{c/ns}\pm0.01$	$0.74^{c/v}\pm0.00$
12	$0.82^{a/z}\pm0.00$	$0.79^{b/y}\pm0.01$	$0.75^{c/ns}\pm0.01$	$0.76^{c/w}\pm0.01$
15	-	$0.82^{a/z}\pm0.01$	$0.79^{b/ns}\pm0.00$	$0.77^{c/x}\pm0.01$
18	-	-	$0.80^{ns/ns}\pm0.01$	$0.79^{ns/y}\pm0.01$
21	-	-	$0.83^{ns/ns}\pm0.00$	$0.81^{ns/z}\pm0.04$

ns อักษรแสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ *($p>0.05$)*

a-d อักษรตามแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)*

s-z อักษรตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p\leq0.05$)*

การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดด่าง (ตาราง 19) พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ *(p>0.05)* ยกเว้นตัวอย่าง 50%Oil + 1%XG บรรจุแบบสุญญากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA (ตาราง 19) พบว่า ตัวอย่าง 100%Fat มีการเพิ่มขึ้นของค่า TBA เร็วกว่า 50%Oil + 1%XG เนื่องจากตัวอย่างมีปริมาณไขมันเริ่มต้นมากกว่า ทำให้ถูกเติมออกซิเจนได้ง่าย ส่วนการบรรจุแบบสุญญากาศมีค่า TBA เพิ่มขึ้นช้ากว่าบรรจุแบบปกติ เนื่องจากมีออกซิเจนเหลืออยู่ในภาชนะบรรจุน้อยกว่า จึงช่วยชะลอการถูกเติมออกซิเจนของไขมันซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นหืนออกไปได้

ตาราง 19 ค่าความเป็นกรดด่าง และ TBA ของกุนเชียงปลา ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	100%Fat ปกติ	100%Fat สุญญากาศ	50%Oil + 1%XG ปกติ	50%Oil + 1%XG สุญญากาศ
ความเป็นกรดด่าง				
0	$6.56^{ns/ns}\pm0.03$	$6.57^{ns/ns}\pm0.08$	$6.54^{ns/ns}\pm0.01$	$6.62^{ns/z}\pm0.06$
3	$6.57^{ns/ns}\pm0.03$	$6.56^{ns/ns}\pm0.02$	$6.57^{ns/ns}\pm0.06$	$6.61^{ns/z}\pm0.04$
6	$6.56^{ns/ns}\pm0.06$	$6.57^{ns/ns}\pm0.07$	$6.56^{ns/ns}\pm0.04$	$6.55^{ns/xyz}\pm0.02$
9	$6.56^{ab/ns}\pm0.01$	$6.54^{b/ns}\pm0.01$	$6.60^{a/ns}\pm0.05$	$6.51^{b/x}\pm0.01$
12	$6.57^{ns/ns}\pm0.05$	$6.55^{ns/ns}\pm0.05$	$6.55^{ns/ns}\pm0.01$	$6.57^{ns/xyz}\pm0.04$
15	-	$6.55^{ns/ns}\pm0.04$	$6.56^{ns/ns}\pm0.04$	$6.58^{ns/yz}\pm0.01$
18	-	-	$6.59^{ns/ns}\pm0.01$	$6.53^{ns/xy}\pm0.01$
21	-	-	$6.58^{ns/ns}\pm0.04$	$6.59^{ns/yz}\pm0.04$
TBA (mg malonaldehyde/kg sample)				
0	$0.05^{ns/v}\pm0.00$	$0.05^{ns/u}\pm0.00$	$0.05^{ns/s}\pm0.00$	$0.05^{ns/s}\pm0.00$
3	$0.13^{b/w}\pm0.00$	$0.14^{a/v}\pm0.00$	$0.14^{ab/t}\pm0.00$	$0.11^{c/t}\pm0.00$
6	$0.28^{a/x}\pm0.00$	$0.21^{b/w}\pm0.00$	$0.18^{c/u}\pm0.01$	$0.13^{d/u}\pm0.00$
9	$0.38^{a/y}\pm0.01$	$0.28^{b/x}\pm0.00$	$0.21^{c/v}\pm0.00$	$0.18^{d/v}\pm0.00$
12	$0.42^{a/z}\pm0.01$	$0.34^{b/y}\pm0.00$	$0.24^{c/w}\pm0.00$	$0.22^{d/w}\pm0.00$
15	-	$0.42^{a/z}\pm0.00$	$0.29^{b/x}\pm0.00$	$0.25^{c/x}\pm0.00$
18	-	-	$0.34^{ns/y}\pm0.00$	$0.28^{ns/y}\pm0.00$
21	-	-	$0.42^{ns/z}\pm0.01$	$0.33^{ns/z}\pm0.01$

ns อักษรแสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ *(p>0.05)*

a-d อักษรตามแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p≤0.05)*

t-z อักษรตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p≤0.05)*

ตอนที่ 5 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

5.1 จัดถ่ายทอดเทคโนโลยี "การพัฒนาผลิตภัณฑ์กุนเชียงปลาน้ำจืดที่มีไขมันอิ่มตัวต่ำ" ให้กับกลุ่มแปรรูปเนื้อสัตว์บ้านดงไทย ณ องค์การบริหารส่วนตำบลนาทุ่ง อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ในวันที่ 6 พฤษภาคม 2553 มีผู้เข้ารับการอบรม จำนวน 26 คน ให้ความพอใจกับการฝึกอบรมในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์มาก-มากที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 93.4 (ภาคผนวก จ)

5.2 นำเสนอภาคบรรยายพร้อมบทความ ในการประชุมวิชาการ งานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 8 วันที่ 30 – 31 กรกฎาคม 2553 ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร (ภาคผนวก ฉ)