



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของการสกัดโดยวิธีต่าง ๆ ต่อปริมาณ ฤทธิ์ทางชีวภาพและ
ความคงตัวของไลโคปีนจากผลตำลึงสุก

(Effect of various extraction methods on concentration,
biological activity and stability of lycopene from ivy gourd
(*Coccinia grandis*) fruit)

โดยนางสาวอรนุช สีสามาลา
มิถุนายน 2556

สัญญาเลขที่ MRG 5480132

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของการสกัดโดยวิธีต่าง ๆ ต่อปริมาณ ฤทธิ์ทางชีวภาพและ
ความคงตัวของไลโคปีนจากผลตำลึงสุก
(Effect of various extraction methods on concentration,
biological activity and
stability of lycopene from ivy gourd (*Coccinia grandis*) fruit)

นางสาวอรนุช สีหามาลา

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย

สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ที่สนับสนุนทางด้านเงินทุนวิจัย ให้กับงานวิจัยเรื่อง ผลของการสกัดโดยวิธีต่าง ๆ ต่อปริมาณ ฤทธิ์ทางชีวภาพและความคงตัวของไลโคปีนจากผลตำลึงสุก รหัสโครงการ : MRG 5480132 อีกทั้งขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ที่สนับสนุนทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ นักวิจัยที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ในระหว่างการทำวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารต่างประเทศจนเสร็จสมบูรณ์

อรนุช สีหามาลา

Project Code: MRG 5480132

Project Title: Effect of various extraction methods on concentration, biological activity and stability of lycopene from ivy gourd (*Coccinia grandis*) fruit

Investigator: Miss Oranut Sihamala
Subdivision of Food Science and Food Technology,
Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala
University of Technology Isan Kalasin Campus, Kalasin
Province, Thailand

E-mail Address: oranut_si@hotmail.com

Project Period: June 15, 2011- June 14, 2013

Abstract

Lycopene has been proposed to protect against many chronic diseases such as prostate cancer. Ivy gourd (*Coccinia grandis*) is widely used as vegetable and grown wildly in Thailand. The fruit of ivy gourd is used as vegetable when it is green color and consumed fresh when ripened into bright scarlet color. Lycopene, a major bioactive compound in ripe ivy gourd fruit, has been shown to have an antioxidant. Therefore, the aims of this study were 1) to obtain a good yield of lycopene from whole mature ivy gourd fruit powder, using cellulase and pectinase enzymes. 2) to study the optimum ratio of ivy gourd fruits powder on making Chinese sausage and 3) to determine the effects of lycopene from ivy gourd fruit power, on storage quality of Chinese sausage which was assessed as microbiological growth, and changes in lycopene content, color and textural properties. From the study of enzyme aid extraction of lycopene from whole mature ivy gourd fruit powder, it was found that the lycopene content of the pectinase treated samples was significantly higher ($p \leq 0.05$) than that of the control but cellulose treated samples was not significantly different ($p > 0.05$) with the control. Pectinase showed highest lycopene extraction when used at 6% w/w of whole mature ivy gourd fruit powder as

1.1757±0.05 mg/g, respectively. The optimal formula of Chinese sausages enriched with lycopene consisted of 56.77% pork lean meat, 24.33% pork backfat, 14.48% sugar, 0.32% salt, 1.13% light soya sauce, 0.80% monosodium glutamate, 0.16% accord powder (phosphate), 0.24% five-spice powder, 25 ppm of nitrite and 1.61% whole mature ivy gourd fruit powder. The nutritional values of Chinese sausages were 0.2469±0.03 mg/g lycopene, 18.54±0.06% protein, 20.82±0.17% lipid, 3.34±0.08% ash and 30.26±0.26% carbohydrate. From the study of shelf-life quality of Chinese sausages enriched with lycopene from ivy gourd fruit. It was acceptable until 8 weeks at 4°C with thiobarbituric acid number residue of 2.48±0.01 mg malonaldehyde per kg of product.

รหัสโครงการ: MRG 5480132

ชื่อโครงการ: ผลของการสกัดโดยวิธีต่าง ๆ ต่อปริมาณ ฤทธิ์ทางชีวภาพ และความคงตัวของไลโคปีนจากผลตำลึงสุก

ชื่อนักวิจัยและสถาบัน: นางสาวอรนุช สีหามาลา
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์

E-mail Address: oranut_si@hotmail.com

ระยะเวลาโครงการ: 15 มิถุนายน พ.ศ. 2554-14 มิถุนายน พ.ศ. 2556

บทคัดย่อ

ไลโคปีนเป็นสารที่สามารถป้องกันโรคเรื้อรังได้หลายชนิด เช่น มะเร็งต่อมลูกหมาก ตำลึงมีการปลูกและบริโภคแพร่หลายในประเทศไทย ผลของตำลึงเมื่อมีสีเขียวจะใช้บริโภคเป็นผัก แต่ถ้าเป็นสีแดงจะใช้บริโภคสด ไลโคปีนถือว่าเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในผลตำลึงสุก ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษา 1) ผลของการสกัดไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผงโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับตัวทำละลาย 2) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลตำลึงสุกผงในการทำผลิตภัณฑ์กุนเชียงเสริมไลโคปีน 3) ศึกษาอายุการเก็บรักษาของกุนเชียงเสริมไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผง โดยวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไลโคปีน สี และลักษณะเนื้อสัมผัส จากการทดลองพบว่าการใช้เอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับตัวทำละลายสกัดไลโคปีนจะได้ปริมาณไลโคปีนมากกว่า ($p \leq 0.05$) การใช้ตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว พบว่า การใช้เอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับตัวทำละลายที่ความเข้มข้น 6% จะให้ปริมาณไลโคปีนสูงที่สุด คือ 1.1757 ± 0.05 มิลลิกรัม/กรัม จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของกุนเชียงเสริมไลโคปีนพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ เนื้อหมูร้อยละ 56.77 มันหมูแข็งร้อยละ 24.33 น้ำตาลทรายร้อยละ 14.48 เกลือร้อยละ 0.32 ซีอิ๊วขาวร้อยละ 1.13 ผงชูรสร้อยละ 0.80 แอคคอร์ดร้อยละ 0.16 ผงพะโล้ร้อยละ 0.24 ผงเพรกร้อยละ 0.80 ผลตำลึงสุกผงร้อยละ 1.61 โดยกุนเชียงเสริมไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผงมีคุณค่าทางโภชนาการคือปริมาณไลโคปีน 0.2469 ± 0.03 มิลลิกรัม/กรัม โปรตีนร้อยละ $18.54 \pm 0.06\%$ ไขมันร้อยละ $20.82 \pm 0.17\%$ เกล้าร้อยละ $3.34 \pm 0.08\%$ และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ $30.26 \pm 0.26\%$ สำหรับการศึกษาอายุการเก็บรักษาของกุนเชียงเสริมไลโคปีนพบว่ากุนเชียงสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4°C โดยคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับ

Effect of various extraction methods on concentration, biological activity and stability of lycopene from ivy gourd (*Coccinia grandis*) fruit

Executive summary

Lycopene is the most important pigments for providing appealing colors in fruit and vegetables and may be found in some parts of the plants. The belief is based on their obvious ability to provide protection against many chronic diseases such as cancer and cardiovascular diseased. Ivy gourd (*Coccinia grandis*) is extensively used as vegetable and grown wildly in Thailand. It is commonly known as ‘tum lung’ in Thailand. The fruit of ivy gourd is used as vegetable when it is green color and consumed fresh when ripened into bright scarlet color. The young leaves and shoot tips of ivy gourd are consumed in Thailand and Asia for cooking purpose. Lycopene is the major bioactive compound in ripe ivy gourd fruit, has been shown to have an antioxidant and antibacterial. Normally, lycopene can be extracted from fruit or vegetables using organic solvent or CO₂ super-critical extraction, but CO₂ super-critical extraction is expensive. The direct addition of ivy gourd fruit to foods such as Chinese sausage could be a cheaper solution than the isolation of lycopene and may be increase the lycopene content of products. Adding the ivy gourd fruits to Chinese sausage lead to products with health benefits. Maybe natural lycopene from the ivy gourd fruits could replace nitrite added Chinese sausage. Therefore, the aims of this study were to obtain a good yield of lycopene from whole mature ivy gourd fruit powder, using cellulase and pectinase enzymes. 2) to study the optimum ratio of ivy gourd fruits powder on making Chinese sausage and 3) to determine the effects of lycopene from ivy gourd fruit power, on storage quality of Chinese sausage which was assessed microbiological growth, and changes in lycopene content, color and textural properties. From the study of enzyme aid extraction of lycopene from whole mature ivy gourd fruit powder, it was found that the lycopene content of the enzyme aided extraction (pectinase treated samples) is significantly higher than that of the control ($p < 0.05$) but cellulose treated samples was not significantly different ($p > 0.05$) with the control. Pectinase, a hydrolytic enzyme, showed highest lycopene

extraction when used at 6% w/w of whole mature ivy gourd fruit powder as 1.1757 ± 0.05 mg/g. The optimal formula of Chinese sausages enriched with lycopene consisted of 56.77% pork lean meat, 24.33% pork backfat, 14.48% sugar, 0.32% salt, 1.13% light soya sauce, 0.80% monosodium glutamate, 0.16% accord powder (phosphate), 0.24% five-spice powder, 25 ppm of nitrite and 1.61% whole mature ivy gourd fruit powder. The nutritive value of Chinese sausages enriched with lycopene from ivy gourd fruit consisted of 0.2469 ± 0.03 mg/g lycopene, $18.54 \pm 0.06\%$ protein, $20.82 \pm 0.17\%$ lipid, $3.34 \pm 0.08\%$ ash and $30.26 \pm 0.26\%$ carbohydrate. From the study of shelf-life quality of Chinese sausages enriched with lycopene from ivy gourd fruit, storage time at 8 weeks and storage temperature at 4°C . It was acceptable until 8 weeks with thiobarbituric acid number residue of 2.48 ± 0.01 mg malonaldehyde per kg of product.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
Executive summary	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 สารไลโคปีน (Lycopene)	4
2.2 ตำลึง (Ivy Gourd)	5
2.3 กุนเชียง	7
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	15
3.1 วัสดุดิบ	15
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพ	15
3.3 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพ	16
3.4 วิธีการทดลอง แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ	16
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	23
4.1 ผลการศึกษาหาปริมาณและองค์ประกอบของไลโคปีนจากผลตำลึงสุก	23
ผงที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบระเหิด โดยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลาย (control) การสกัดด้วยเอนไซม์เพคตินเนส (pectinase) และเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ร่วมกับตัวทำละลาย	

	หน้า
4.2 ผลการศึกษาการนำผลตำลึงสุกผงไปใช้ประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์ กุนเชียงเสริมไลโคปีน	26
4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัส และจุลินทรีย์ของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2% เก็บ รักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4°C	32
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	37
5.1 สรุปผลการทดลอง	37
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	42
ภาคผนวก ก รูปภาพประกอบการทำกุนเชียงเสริมไลโคปีน	43
ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส	48
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพ	50
ค.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ	51
ค.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี	54
ค.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์	62

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แสดงปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศและผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ	5
2.2 สูตรพื้นฐานของกุนเชียงหมู	9
3.1 แสดงปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาการผลิตกุนเชียงเสริมไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผง	19
3.2 แสดงปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษากุนเชียงเสริมไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผง	21
4.1 ปริมาณไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผงที่สกัดโดยใช้เอนไซม์เพคตินเนส (pectinase) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันร่วมกับตัวทำละลาย	24
4.2 ปริมาณไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผงที่สกัดโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันร่วมกับตัวทำละลาย	25
4.3 ปริมาณของผลตำลึงสุกผงในผลิตภัณฑ์กุนเชียงเสริมไลโคปีน	26
4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณต่าง ๆ กัน	27
4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณต่าง ๆ กัน	28
4.6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณต่าง ๆ กัน	30
4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณต่าง ๆ กัน	31
4.8 ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตกุนเชียงเสริมไลโคปีน	31
4.9 แสดงระยะเวลาในการเก็บรักษากุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2%	32
4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2% ที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน	33
4.11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2% ที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน	34
4.12 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2% ที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน	35

ตาราง

หน้า

4.13 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2% ที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน	36
--	----

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 กระบวนการผลิตกุนเชียง	10
3.1 วิธีการสกัดไลโคปีนจากเอนไซม์ร่วมกับตัวทำละลาย	19
4.1 กราฟของสารละลายมาตรฐานไลโคปีนในการศึกษาความเข้มข้นของเอนไซม์ ปริมาณที่แตกต่างกัน	23
4.2 กราฟของสารละลายมาตรฐานไลโคปีนในการศึกษาปริมาณไลโคปีนในกุนเชียงที่มี การเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณต่าง ๆ กัน	27
7.1 ผลตำลึงสุก	44
7.2 ผลตำลึงสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง	44
7.3 ผลตำลึงสุกที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ	44
7.4 ผลตำลึงสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่ -40°C พร้อมนำไปเข้าเครื่อง freeze dryer	44
7.5 ผลตำลึงสุกนำไปทำแห้งแบบระเหิดด้วยเครื่อง freeze dryer	44
7.6 การนำผลตำลึงสุกผงไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนเพื่อให้มีขนาดเล็ก	44
7.7 ผลตำลึงสุกผงที่ผ่านการร่อนแล้ว	45
7.8 ส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์กุนเชียงเสริมไลโคปีน	45
7.9 การตีผสมส่วนผสมกุนเชียงเสริมไลโคปีนด้วยเครื่องผสมอาหาร	45
7.10 การตีผสมส่วนผสมกุนเชียงเสริมไลโคปีนด้วยเครื่องผสมอาหารหัวตีรูปใบไม้	45
7.11 การนำกุนเชียงที่ตีผสมเข้ากันดีแล้วมาอัดใส่	45
7.12 การมัดกุนเชียงให้มีขนาดเท่า ๆ กัน	45
7.13 กุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มัดเป็นท่อนเรียบร้อยแล้วรอเข้าตู้อบลมร้อน	46
7.14 การอบกุนเชียงเสริมไลโคปีนในตู้อบลมร้อน	46
7.15 การทอดกุนเชียงเสริมไลโคปีนในน้ำมันถั่วเหลือง	46
7.16 กุนเชียงเสริมไลโคปีนที่ทอดเรียบร้อยแล้ว	46
7.17 การหั่นกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่ทอดแล้วเป็นชิ้นเล็ก ๆ	46
7.18 กุนเชียงเสริมไลโคปีนที่หั่นเรียบร้อยแล้ว	46
7.19 กุนเชียงเสริมไลโคปีนดิบสูตรควบคุมไนไตรท์ 100 ppm ไม่เติมผลตำลึงสุกผง	47
7.20 กุนเชียงเสริมไลโคปีนดิบสูตรควบคุมไนไตรท์ 25 ppm ไม่เติมผลตำลึงสุกผง	47
7.21 กุนเชียงเสริมไลโคปีนดิบสูตรที่เติมผลตำลึงสุกผง 1% ไนไตรท์ 25 ppm	47

รูป	หน้า
7.22 กุนเชียงเสริมไลโคปีนดิบสูตรที่เติมผลตำลึงสุกผง 2% ไนไตรท์ 25 ppm	47
7.23 กุนเชียงเสริมไลโคปีนดิบสูตรที่เติมผลตำลึงสุกผง 3% ไนไตรท์ 25 ppm	47
7.24 กุนเชียงเสริมไลโคปีนดิบสูตรที่เติมผลตำลึงสุกผง 4% ไนไตรท์ 25 ppm	47

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในช่วงระยะเวลา 20 ปี ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับบทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งไลโคปีน (lycopene) ไลโคปีนเป็นแคโรทีนอยด์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระช่วยลดความผิดปกติและความเสื่อมของเซลล์อันเนื่องมาจากการทำลายของอนุมูลอิสระ สามารถลดอัตราเสี่ยงและป้องกันการเกิดโรคต่างๆมากมาย ที่สำคัญได้แก่ โรคมะเร็ง โรคหัวใจ เป็นต้น ส่งผลให้มีการนำเข้าไลโคปีนและผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพที่มีไลโคปีนเป็นส่วนประกอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไลโคปีนที่สกัดจากมะเขือเทศ ซึ่งมีราคาสูงทำให้ประเทศต้องสูญเสียเงินตราในการนำเข้าผลิตภัณฑ์เหล่านี้เป็นจำนวนมาก

ได้มีการศึกษาพบว่าพืชหลายชนิดมีปริมาณไลโคปีนสูง เช่น มะเขือเทศ แตงโม พักข้าว เป็นต้น แต่ยังมีพืชหลายชนิดโดยเฉพาะพืชพื้นเมืองที่ยังไม่มีการศึกษาวิจัย เช่น ผลตำลึงสุก หากเราสามารถนำเอาพืชภายในประเทศที่มีไลโคปีนมาใช้ทดแทนไลโคปีนที่นำเข้าจากต่างประเทศจะส่งผลให้การนำเข้าไลโคปีนมีปริมาณและราคาลดลง อีกทั้งไลโคปีนสามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อให้สีแดง ทำให้สามารถทดแทนสีผสมอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากการสังเคราะห์ และช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในอาหารที่บริโภคอีกด้วย

ตำลึง (ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Coccinia grandis* (L.) Voigt) ชื่อสามัญ: Ivy Gourd เป็นไม้เลื้อยที่มีมือจับใช้สำหรับใช้เกาะ ต้นไม้ใหญ่ มีสีเขียว จัดเป็นสมุนไพรไทย ผลเป็นวงรีทรงยาวสีเขียวอ่อนเมื่อแก่จัดจะเป็นสีแดง ในตำลึงมีเอนไซม์อะไมเลสช่วยในการย่อย มีเบต้าแคโรทีน เป็นสารอนุมูลอิสระ ช่วยลดอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง ลดน้ำตาลในเลือด โรคหัวใจขาดเลือด นอกจากนี้ยังให้แคลเซียมช่วยบำรุงกระดูกและฟัน มีฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก ไนอาซิน และวิตามิน ลดอาการท้องอืดท้องเฟ้อ จุกเสียด

วิธีการสกัดไลโคปีนที่นิยมมีคือ การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย ซึ่งเป็นวิธีดั้งเดิม และการสกัดโดยใช้เอนไซม์ร่วมกับตัวทำละลาย สำหรับการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายเป็นวิธีที่นิยมกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากว่าใช้ต้นทุนต่ำ ทำได้ง่าย เครื่องมือมีราคาถูก แต่ข้อเสียคือ ตัวทำละลายบางตัวเป็นอันตราย และก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนการสกัดโดยใช้เอนไซม์ร่วมกับตัวทำละลายข้อดีคือ เหมาะกับพืชที่มีเซลล์ลิวสหรือเพกตินสูงเอนไซม์จะช่วยทำลายผนังเซลล์ของพืช จากนั้นนำพืชไปสกัดสารที่ต้องการด้วยตัวทำละลายต่อไป จะได้สารที่ต้องการในปริมาณที่มากกว่าการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว แต่ข้อเสียคือ เอนไซม์ที่ใช้มีราคาแพงและวิธีการค่อนข้างซับซ้อน

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาศักดิ์สารไลโคปีนจากผลตำลึงสุกสายพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกในเขตจังหวัดกาฬสินธุ์ โดยวิธีการต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้ในแต่ละวิธี พร้อมทั้งนำผลตำลึงสุกที่มีไลโคปีนไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์อาหาร คือ กุนเชียง ทดแทนสีผสมอาหาร และลดการใช้สารประกอบไนเตรท ไนไตรท์ อีกทั้งเพิ่มคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของไลโคปีนจากผลตำลึงสุกสายพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกในเขตจังหวัดกาฬสินธุ์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดไลโคปีนจากผลตำลึงสุกโดยวิธีต่างๆ ได้แก่ การสกัดโดยตัวทำละลาย (control) และการสกัดโดยใช้เอนไซม์ร่วมกับการใช้ตัวทำละลาย
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการสกัดไลโคปีนจากผลตำลึงสุกโดยการใช้เอนไซม์ร่วมกับการใช้ตัวทำละลาย
- 1.2.4 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผลตำลึงสุกที่มีไลโคปีนไปประยุกต์ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์กุนเชียง เพื่อลดการใช้สารประกอบไนเตรท ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์อาหาร
- 1.2.5 เพื่อศึกษการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตได้
- 1.2.6 เพื่อศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตได้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการศึกษาศักดิ์สารไลโคปีนจากผลตำลึงสุกสายพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกในเขตจังหวัดกาฬสินธุ์ โดยวิธีการใช้สารละลายเปรียบเทียบกับการใช้เอนไซม์ร่วมกับสารละลาย เพื่อเปรียบเทียบปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้ในแต่ละวิธี พร้อมทั้งนำผลตำลึงสุกที่มีไลโคปีนไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์อาหาร คือ กุนเชียง ทดแทนสีผสมอาหารและลดการใช้สารประกอบไนเตรท ไนไตรท์ อีกทั้งเพิ่มคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

- 1.4.1 ทราบปริมาณของไลโคปีนจากผลตำลึงสุกสายพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกในเขตจังหวัดกาฬสินธุ์
- 1.4.2 ทราบวิธีการสกัดไลโคปีนจากผลตำลึงสุกที่ให้ปริมาณไลโคปีนสูงสุด
- 1.4.3 ทราบความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เหมาะสมในการสกัดไลโคปีนจากผลตำลึงสุกโดยใช้เอนไซม์ร่วมกับการใช้ตัวทำละลาย
- 1.4.4 ทราบถึงความเป็นไปได้ในการนำผลตำลึงสุกที่มีไลโคปีนไปประยุกต์ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์กุนเชียง เพื่อลดการใช้สารประกอบไนเตรท ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์อาหาร
- 1.4.5 ทราบถึงการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตได้
- 1.4.6 ทราบถึงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผลิตได้

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ไลโคปีน ผลตำลึง กุนเชียง ไนเตรท ไนไตรท์

Lycopene, Ivy gourd (*Coccinia grandis*) fruit, Chinese sausage, Nitrate, Nitrite

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารไลโคปีน (Lycopene)

สารไลโคปีน (Lycopene) จัดเป็นสารแคโรทีนอยด์ชนิดหนึ่งใน 600 ชนิด แคโรทีนอยด์นี้เป็นเม็ดสีธรรมชาติที่ละลายในไขมันซึ่งให้สีเหลืองสด ส้ม แดง และเขียวสดกับผัก ผลไม้ อย่างเช่น มะเขือเทศ แครอท ฟักทอง บร็อคโคลี่ ฯลฯ ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยต้านการเกิดอนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลของเซลล์ในร่างกายมีอนุภาคเป็นกลาง ช่วยหยุดยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระต่างๆ ซึ่งไลโคปีนนี้จัดว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทรงพลังที่สุด ไลโคปีนจะช่วยชะลอความแก่ชรา และลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งได้เป็นอย่างดี เช่น มะเร็ง โดยเฉพาะการลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งที่อวัยวะต่างๆ ที่ชัดเจนที่สุด คือ มะเร็งต่อมลูกหมาก รองลงมา คือมะเร็งปอด กระเพาะอาหาร นอกจากนี้ก็ยังแสดงให้เห็นประโยชน์ของการได้รับไลโคปีนในการลดความเสี่ยงของมะเร็งตับอ่อน ลำไส้ใหญ่ (colon) ทวารหนัก คอหอย ช่องปาก เต้านม ปาก เป็นต้น ทั้งยังลดความเสี่ยงของโรคหัวใจได้มาก มีงานวิจัยหลายๆ ชิ้นระบุตรงกันว่า ไลโคปีนเป็นแคโรทีนอยด์ที่มีมากที่สุดในร่างกายมนุษย์ โดยจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดผ่านทางลำไส้ ทำหน้าที่ปกป้องเซลล์และ DNA จากการถูกทำลายโดยสารอนุมูลอิสระในร่างกาย (Zhou et al., 2008; Kucuk, et al., 2002; Bramley, 2000) ไลโคปีน (Lycopene) เป็นสารสำคัญที่พบได้ ในผลมะเขือเทศ พบไลโคปีนได้ในมะเขือเทศ แดงโม เกรพฟรุตสีชมพู ฝรั่งสีชมพู และมะละกอ เป็นต้น พบไลโคปีนในปริมาณตั้งแต่ 0.9–9.30 กรัม ใน 100 กรัมของมะเขือเทศสด

ควรรับประทานมะเขือเทศสดหรือมะเขือเทศที่ผ่านการปรุงอาหารแล้ว พบว่ามะเขือเทศที่ผ่านความร้อนจะทำให้การยึดจับของไลโคปีนกับเนื้อเยื่อของมะเขือเทศอ่อนตัวลง ทำให้ไลโคปีนถูกร่างกายนำไปใช้ได้ดีกว่า นอกจากนี้ความร้อนและกระบวนการต่างๆ ในการผลิตผลิตภัณฑ์มะเขือเทศยังทำให้ไลโคปีนเปลี่ยนรูปแบบ (จากไลโคปีนชนิด“ออลทรานส์”(all-trans-isomers) เป็นชนิด“ซิส”(cis -isomers)) คือ เป็นชนิดที่ละลายได้ดีขึ้น อีกทั้งเมื่อนำมะเขือเทศสดไปผ่านกระบวนการผลิตให้อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ มะเขือเทศชนิดต่าง ๆ พบว่าปริมาณไลโคปีนสูงขึ้นมาก เนื่องจากการผ่านกระบวนการทำให้ เข้มข้นขึ้น ดังนั้นอาหารอิตาเลียน พวกพิซซ่า สปาเก็ตตี้ ที่มีการแต่งรสด้วยซอสหรือผลิตภัณฑ์ มะเขือเทศเข้มข้น(Tomato paste) ที่ผลิตจากมะเขือเทศ จึงเป็นแหล่งให้ไลโคปีนที่ดีดังในตาราง 2.1

ตาราง 2.1 แสดงปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศและผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ

ผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ	ปริมาณไลโคปีน (มิลลิกรัม ต่อ น้ำหนัก 100 กรัม)
มะเขือเทศสด	0.88-4.20
มะเขือเทศปรุงสุก	3.70
ซอสมะเขือเทศ (tomato sauce)	6.20
ซูปมะเขือเทศเข้มข้น (tomato soup (condensed))	7.99
น้ำมะเขือเทศ	5.00-11.60
ซอสพิซซ่า (pizza sauce)	12.71
ซอสมะเขือเทศ (tomato ketchup)	9.90-13.44
มะเขือเทศผง	112.63-126.49
ผลิตภัณฑ์มะเขือเทศเข้มข้น (tomato paste)	5.40-150.0

ที่มา : ภาควิชาอาหารเคมี (มปป)

2.2 ตำลึง (Ivy Gourd)

ตำลึงเป็นผักพื้นบ้านหากินได้ทุกหัวระแหง ถ้าสังเกตให้ดี จะเห็นตำลึง ขึ้นพันไม้อื่น หรือไม้ที่ขึ้นตาม ริมรั้วจะเรียกผักริมรั้วก็คงไม่ผิด ปกติบ้านใครมีที่มิทาง ก็แทบไม่ต้องซื้อหาให้เปลือง แต่ถ้าอยู่ในเมืองลอง ไปเมี่ยงๆมองๆแถว ตลาดสด หรือตลาด ติดแอร์ดูเถอะ รับรองไม่ผิดหวัง ตำลึงมีคุณค่าทางอาหารสูงมาก และที่เห็นจะถูกใจ คนรักสุขภาพแน่ ๆ ก็คือ ตำลึงมีเบต้าแคโรทีน ที่ช่วยลดอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง และโรคหัวใจขาดเลือด นอกจากนี้ยังให้ แคลเซียมอีกด้วย ส่วนใครที่มีปัญหาขับถ่าย น้ำลองมารับประทานดู เพราะตำลึงมี กากใยที่ช่วย ให้ระบบขับถ่ายทำงานได้ดี

ตำลึง (Ivy Gourd) เป็นไม้เถาเลื้อยที่มีมือจับ เพื่อเกาะยึดหลักหรือต้นไม้อื่นๆ ลำเถาสีเขียว ใบ เป็นใบเดี่ยวสลับกันไปตามเถา ฐานใบรูปหัวใจ ปลายใบแหลม ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อยตื้นๆ หยักกว่า 5 แฉก เส้นใบแยกจากโคนใบที่จุดเดียวกัน 5-7 เส้น ใบกว้าง 3-4 เซนติเมตร ก้านใบยาว 3-5 เซนติเมตร ดอก เป็นดอกเดี่ยวออกที่ซอกใบ ออกเดี่ยวๆหรือออกเป็นกลุ่ม 2-3 ดอก เป็นไม้ที่ไม่สมบูรณ์เพศ คือ เพศผู้และเพศเมียจะอยู่คนละต้นกัน ซึ่งสังเกตได้จากใบ ถ้าใบหยักมากเป็นเพศผู้ แต่ดอกจะสีขาวทรงกระบอก หัวแฉกเหมือนกัน ผล มีรูปร่างคล้ายแตงกวา แต่มีขนาดเล็กกว่า ผลที่อ่อนมีสีเขียว และมีลายขาว พอสุกจะกลายเป็นสีแดงสด เนื้อลักษณะสีแดง สามารถรับประทานได้

2.2.1 การขยายพันธุ์

เมล็ด ใช้เมล็ดจากผลแก่ หยอดลงในหลุม เมื่อดันกล้าออก หาไม้ปักเป็นหลัก เพื่อให้ตำลึงเลื้อย ปลูกได้ดีในดินร่วนซุย นอกจากนั้นสามารถนำเถาแก่ปักชำ โดยตัดเถาแก่ขนาด 5-6 นิ้ว ปักในถุงเพาะชำ เมื่อรากและยอดงอก ก็ย้ายไปปลูกในหลุม

2.2.2 การปลูกตำลึง (Ivy Gourd)

พรวนดินให้ร่วนซุยผสมกับปุ๋ยคอก ขุดหลุมและหยอดเมล็ดในหลุม เมื่อต้นกล้าตำลึง เริ่มงอกหาไม้มาทำเป็นหลักให้ลำต้นเลื้อยพันบนหลัก ไม้ที่ทำเป็นหลักอาจจะปักพืงกับรั้วทะแยงทำมุม 45 – 60 องศา ในระยะแรกพยายามจัดให้ต้นพันไปที่หลักอย่าให้เลื้อยไปตามผิวดิน หมั่นรดน้ำเช้า – เย็น และให้ปุ๋ยยูเรีย 2 – 3 สัปดาห์ต่อหนึ่งครั้ง เมื่อตำลึงทอดยอดยาว หมั่นเด็ดยอดมารับประทาน จะทำให้เกิดยอดใหม่ขึ้นมาแทน

2.2.3 สรรพคุณทางยาตำลึงและวิธีใช้

- รักษาโรคเบาหวาน : ใช้เถาแก่ๆ ประมาณ 1 กำมือ ต้มกับน้ำ หรือน้ำคั้นจากผลดิบ ต้มวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น จะสามารถช่วยลดน้ำตาลในเลือดได้
- ลดอาการท้องอืดท้องเฟ้อ : ควรรับประทานสด ๆ เพราะเอนไซม์ในตำลึงจะย่อยสลายง่ายเมื่อโดนความร้อน
- ลดอาการคัน อาการอักเสบเนื่องจากแมลงกัดต่อยและพิษมีพิษ : นำใบตำลึงสด 2-20 ใบ ตำให้ละเอียดผสมกับน้ำ คั้นเอาน้ำ ทาบริเวณที่เป็นจนกว่าจะหาย (ใช้ได้ดี สำหรับหมดคันไฟ หรือใบตำแย)
- แผลอักเสบ : ใช้ใบหรือรากสด ตำพอกบริเวณที่เป็น
- แก้งูสวัด, เริม : ใช้ใบสด 2 กำมือ ล้างให้สะอาด ผสมพิมเสนหรือดินสอพอง 1 ใน 4 ส่วน พอกหรือทาบริเวณที่เกิดอาการ
- แก้ก้น้ำตาแดง : ตัดเถาเป็นท่อนยาวประมาณ 2 นิ้วนำมาคั้นพอชุ่ม แล้วเป่า จะเกิดฟองใช้หยอดตา
- ทำให้ใบหน้าเต่งตึง : นำยอดตำลึง 1/2 ถ้วย น้ำผึ้งแท้ 1/2 ถ้วย นำมาผสม ปั่นให้ละเอียด พอกหน้าทิ้งไว้ 20 นาที แล้วล้างออก ทำทุกวันได้จะดีมาก

2.2.4 การปรุงอาหาร

ยอดอ่อนและใบอ่อนของตำลึง นำไปลวกและนึ่งเป็นผักจิ้มกับน้ำพริกและนำไปปรุงอาหารเป็นแกงเลียง แกงจืด ผัก บางท้องถิ่นชาวบ้านนำผลอ่อนของตำลึงไปดองและนำไปรับประทานกับน้ำพริกหรือปรุงเป็นแกงได้ ยอดอ่อนของตำลึงเป็นผักที่คนไทยนิยมรับประทาน มีจำหน่ายในตลาดสดทุกภาคของเมืองไทย

2.2.5 คุณค่าทางอาหารของตำลึง

ตำลึงอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์สูง เช่น สารเบต้าแคโรทีน ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Umamaheswari and Chatterjee, 2008) ที่ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง และหัวใจขาดเลือด มีแคลเซียมช่วยบำรุงกระดูก และฟัน และยังมีฟอสฟอรัส เหล็ก ในอาซิน วิตามินซีและอื่น ๆ นอกจากนี้ จากการค้นคว้าของสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่าตำลึงมีเส้นใยอาหารที่สามารถช่วยลดอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งในกระเพาะอาหารอีกด้วย (ผู้จัดการออนไลน์, 2548) สำหรับตำรายาแผนโบราณ ตำลึงถือเป็นยาเย็น ใบช่วยขับพิษร้อน ถอนพิษไข้ แก้อาการแพ้

อีกเสบ แผลงมีพิษกัต์ต่อย แก่เสบคัน เจ็บตา ตาแดงและตาแฉะ แก้วโรคผิวหนัง และลดน้ำตาลในเลือด ยอดของตำลึงใช้ปรุงอาหาร ตำลึง 100 กรัม ประกอบไปด้วยโปรตีน 3.3 กรัม วิตามินบี1 0.17 มิลลิกรัม แคลเซียม 126 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 30 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 4.6 มิลลิกรัม ไนอาซีน 1.2 มิลลิกรัม วิตามินซี 13 มิลลิกรัม โยอาหาร 2.2 กรัม และเบต้าแคโรทีนสูงถึง 699.88 ไมโครกรัม มากกว่าฟักทองและมันเทศซึ่งมีเบต้าแคโรทีน 225 และ 175 ไมโครกรัมตามลำดับ ต่อปริมาณ 100 กรัมเหมือนกัน

2.3 กุนเชียง

กุนเชียงของจีนทำจากเนื้อหมูบดหยาบและมันหมู ผสมกับน้ำตาล เกลือ ซอสถั่วเหลือง ไวน์จีน โพแทสเซียมไนเตรท และเครื่องเทศที่ให้รสเผ็ด เช่น ยี่หระ อบเชย กานพลู บางครั้งมีการเติมน้ำร้อยละ 25 การบรรจุใส่ไส้หมูยาวประมาณ 15 เซนติเมตร และจะต้องมีการเจาะรูเล็กๆ ทุกทั้งท่อน กุนเชียงเพื่อให้อากาศและน้ำระเหยออกในกระบวนการทำแห้ง ซึ่งใช้เวลา 1-2 วัน ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง 2-3 วัน เพื่อให้ความชื้นสมดุล กุนเชียงที่ทำแบบนี้สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้นาน 1-3 เดือน ถ้าหากกุนเชียงถูกเชื้อราทำลายจะเกิดจุดสีแดง สีน้ำตาล และจุดดำของไขมัน

กุนเชียงเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่คนไทยนิยมบริโภคกันมานาน ส่วนใหญ่ทำด้วยเนื้อหมูปนไขมันผสมกับสิ่งปรุงอื่นๆ เช่น เกลือ น้ำตาล เป็นต้น กุนเชียงเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อลดขนาดบดหยาบ ซึ่งถูกบดด้วยเครื่องบดเนื้อธรรมดาและไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อ กุนเชียงเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อที่มีการผลิตมากชนิดหนึ่งในประเทศไทย เมื่อจัดประเภทของผลิตภัณฑ์เนื้อตามปริมาณความชื้น กุนเชียงจัดเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งแห้ง มีความชื้นร้อยละ 40-45 การผลิตกุนเชียงต้องใช้เนื้อแดงเก็บที่อุณหภูมิ 28-30 องศาฟาเรนไฮต์ และไขมันเก็บที่อุณหภูมิ 27 - 28 องศาฟาเรนไฮต์ กระบวนการสกัดโปรตีนที่ละลายในเกลือเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในระหว่างการผลิต ในกระบวนการผลิตนี้จึงใช้เกลือเพื่อทำหน้าที่ในกระบวนการทำให้แห้ง นอกจากนั้นมีส่วนผสมอื่นๆตามสูตร (Pearson, 1996)

การผลิตกุนเชียง จำเป็นต้องใช้ส่วนผสมต่าง ๆ หลายชนิดเพื่อให้เกิดรสชาติและคุณลักษณะต่าง ๆ ซึ่งให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น สีสวยสดใส คงตัว สะอาด และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นระยะเวลานานพอสมควรโดยไม่เกิดการหืนและเน่าเสีย อันมีสาเหตุเนื่องจากการเสื่อมเสียของไขมันและโปรตีน ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มและชุ่มน้ำทำให้มองดูน่ารับประทาน และไม่สูญเสียน้ำหนักในระหว่างกรรมวิธีการผลิตและการจำหน่าย เนื้อและไขมันที่ใช้ในการผลิตกุนเชียงควรอยู่ในสภาพเย็น ตอนนำเข้าเครื่องบดหรือสับและการเติมเกลือพร้อมกับน้ำหรือเนื้อแดงตอนท้ายของการสับ ซึ่งต่างจากการเตรียมไส้กรอกแบบอิมัลชันที่ต้องเติมสิ่งเหล่านี้ในตอนเริ่มการสับ ขั้นตอนการหมักเกิดขึ้นก่อนการทำให้แห้งความเป็นกรดต่างลดลงและต่ำกว่า Isoelectric Point ของโปรตีนในเนื้อและลดความสามารถในการอุ้มน้ำในไส้กรอก (เยาวลักษณ์, 2536)

เกลือ ที่ใช้ในกุนเชียงอยู่ในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์ หรือเกลือแกงและควรเป็นเกลือที่สะอาดและผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้ว บทบาทของเกลือต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์คือมีผลต่อการลดน้ำในผลิตภัณฑ์และทำให้แรงดันออสโมติกของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีลดลง จึงมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และป้องกันการเน่าเสีย

น้ำตาล ป้องกันน้ำบางส่วนจากเนื้อสัตว์ที่ถูกดึงออกมา ทำให้ความชื้นบางส่วนไม่สูญเสียไป เนื้อมีรสชาติดีขึ้นและไม่แห้งแข็งกระด้าง น้ำตาลทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนของโปรตีน เมื่อผ่านความร้อนทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดมีสีน้ำตาลที่บริเวณผิวหน้าของชิ้นเนื้อและมองดูน่ารับประทานมากขึ้น น้ำตาลช่วยเร่งการเปลี่ยนแปลงของโซเดียมไนไตรท์ให้เปลี่ยนเป็นไนไตรท์ออกไซด์ ทำให้ปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์น้อยและเกิดสีแดงเร็วขึ้น

ไนไตรท์ ส่วนใหญ่นิยมใช้ในรูปของเกลือโซเดียมไนไตรท์มีบทบาทในการให้สีแดงและรักษาสีแดงของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเพิ่มความน่ารับประทานขึ้น ให้กลิ่นรสที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ โดยให้กลิ่นรสที่เฉพาะตัวมากกว่าการใช้เกลืออย่างเดียว ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และป้องกันการงอกของสปอร์ของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศโดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* และช่วยยับยั้งการหืนของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อโดยยับยั้งปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (Pearson, 1996)

เกลือของกรดแอสคอร์บิกและอีริโธรบิก (Ascorbate and Erythorbate) ที่ใช้ส่วนมากนิยมใช้รูปของเกลือโซเดียม บทบาทของเกลือแอสคอร์เบตและอีริโธรเบตคือทำให้สารเมทไมโอโกลบินที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์เป็นสารออกซิไมโอโกลบิน จึงป้องกันมิให้ผลิตภัณฑ์มีสีซีดจางลงอย่างรวดเร็ว ช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดไนไตรท์ออกไซด์ให้เร็วขึ้น จึงเร่งอัตราการหมักและการเกิดสีแดงในเนื้อให้เร็วขึ้น และทำให้ปริมาณสารไนไตรท์เหลือตกค้างในผลิตภัณฑ์น้อย ช่วยลดอัตราการเกิดสารไนไตรท์อะมิโนซึ่งอาจทำให้เกิดมะเร็ง ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำหน้าที่เป็นสารป้องกันการหืนของไขมันจึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่คงตัวดี โดยทั่วไปถ้ามีการใช้ในไตรท์ในผลิตภัณฑ์มักใช้เกลือของกรดแอสคอร์บิกร่วมด้วยเพื่อป้องกันการเกิดสารไนไตรท์อะมิโน

ฟอสเฟต (Phosphate) เป็นสารประกอบที่เติมเพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการจับและอุ้มน้ำ ทำให้เนื้อไม่สูญเสียน้ำหนักมากเกินไปในขณะร้อน เนื้อมีความนุ่มและความชุ่มฉ่ำเพิ่มขึ้นและมีรสชาติดี และเพิ่มความนุ่มโดยเป็นตัวทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อเพิ่มขึ้นเนื่องจากสามารถกักเก็บความชื้นได้ดี ช่วยปรับปรุงกลิ่นรส ช่วยให้โปรตีนของกล้ามเนื้อคลายตัวเนื่องจากสารแอสโคโตไมโอซินแยกออกจากกันเป็นแอสคิตินและไมโอซิน และช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ฟอสเฟตที่ใช้คือ ไพรอูสเฟต นอกจากนี้ช่วยให้สีคงทนโดยทำหน้าที่ควบคุมค่าความเป็นกรดต่าง ปกติค่าความเป็นกรดต่างของเนื้ออยู่ในช่วง 5.5 – 6.6 ซึ่งถือว่ามีความเป็นกรดต่ำ มีผลให้เนื้อเกิดออกซิเดชัน ทำให้เนื้อเกิดเป็นสีน้ำตาล แต่เมื่อมีการเติมฟอสเฟตแล้วสามารถปรับค่าความเป็นกรดต่างเป็น 6-6.6 ซึ่งในช่วงนี้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีทำให้เนื้อมีสีแดงคงทนดีขึ้น เป็นผลให้การใช้ในเตุรทและกรดแอสคอร์บิก คงตัวมากขึ้น

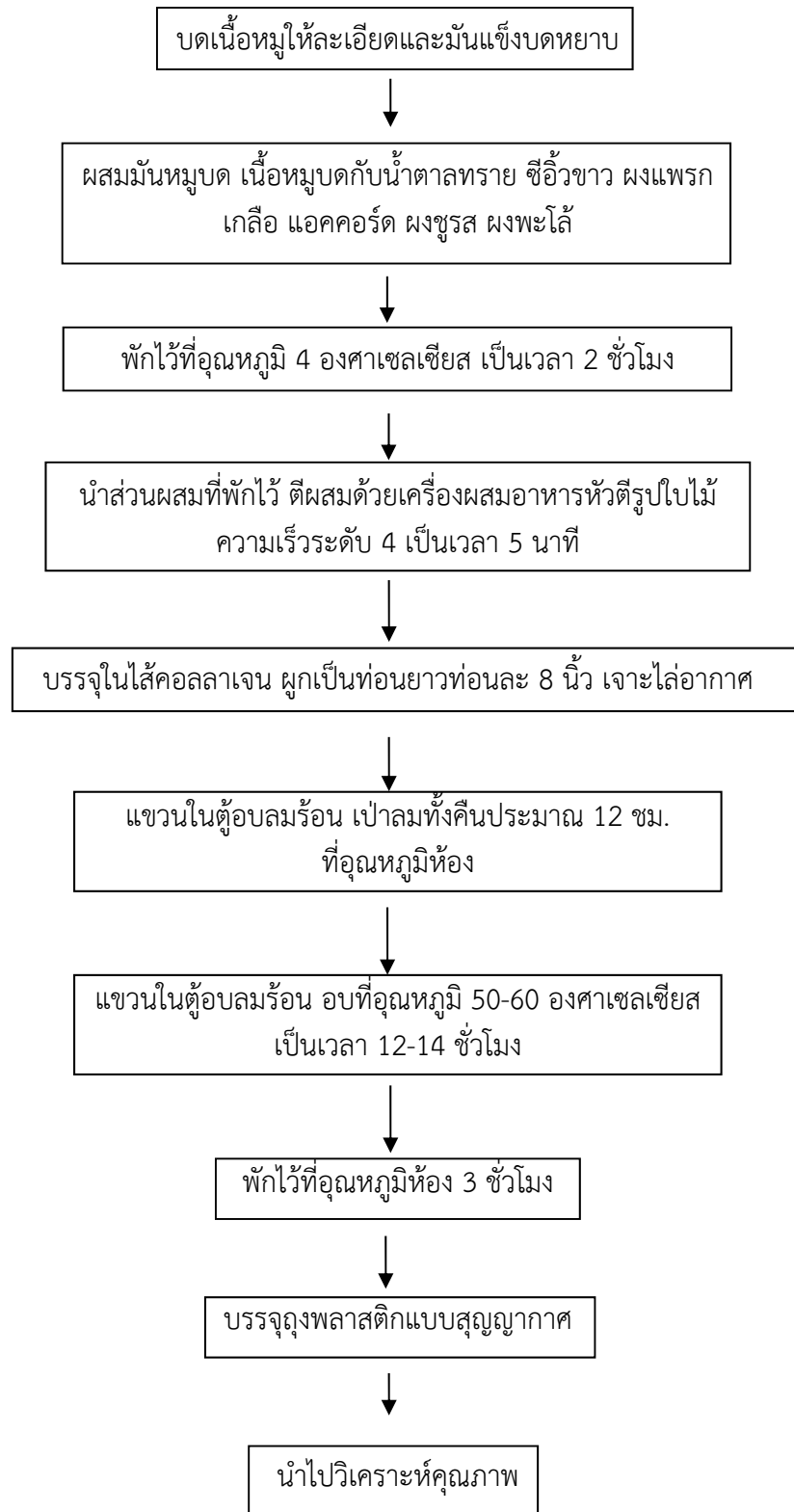
กรดซอร์บิก (Sorbic Acid) และเกลือของกรดซอร์บิก ซึ่งโดยทั่วไปเรียกว่าซอร์เบท เป็นสารประกอบกลุ่มคาร์บอนิลที่สามารถเข้าไปรวมตัวได้ดีกับระบบอาหารโดยเข้าไปเติมในตำแหน่งที่ไม่อิ่มตัว หรือตำแหน่งพันธะคู่ โดยปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันและโบรมิเนชัน ใช้เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยปกติแล้วซอร์บิกจะละลายค่อนข้างยาก เช่น ในสารละลายที่เป็นน้ำที่ 20 องศาเซลเซียสละลายได้ร้อยละ 0,15 (w/v) แต่สามารถเพิ่มการละลายได้เป็น 3.8 – 4.0 เมื่อใช้ความร้อน 100 องศาเซลเซียส ฉะนั้นเมื่อมีการใช้กรดซอร์บิกในอาหาร ต้องมีการให้ความร้อนเพื่อเพิ่มความสามารถในการละลาย นอกจากนี้มีโพแทสเซียมซอร์เบทที่ละลายได้ดีในน้ำ คือละลายได้ร้อยละ 58.2 ที่ 20 องศาเซลเซียส จึงนิยมใช้ในไส้กรอกที่มีการบรรจุในไส้เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์และราในระหว่างการทำแห้ง วิธีการทำให้โดยจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบทที่เข้มข้น ร้อยละ 20 และนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีการควบคุมค่าวอเตอร์แอคทิวิตีหรือค่าความเป็นกรดต่าง (Campos *et al.* 1995)

2.3.1 สูตรพื้นฐานและกระบวนการผลิตกุนเชียงหมู

ตารางที่ 2.2 สูตรพื้นฐานของกุนเชียงหมู

ส่วนผสม		ร้อยละ
หมูเนื้อแดง		70
มันหมูแข็ง		30
น้ำตาลทราย	18	ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง
เกลือ	1.4	ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง
ซีอิ๊วขาว	1.4	ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง
ผงชูรส	1.0	ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง
แอสคอร์บัต	0.2	ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง
ผงพะโล้	0.3	ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง
ผงเพรก	คำนวณให้มีไนโตรเจน 25 และ 100 ppm ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง	
ไส้คอลลาเจน		-

ที่มา: สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง (2536)



รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตกุนเชียง
ที่มา: ดัดแปลงจากสถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง (2536)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิชชุดา และ ผาณิต (2555) การพัฒนาผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงเสริมเห็ดหอม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงเสริมเห็ดหอม โดยเติมเห็ดหอมในปริมาณ 0 (สูตรควบคุม) 5 10 และ 15% (ทดแทนเนื้อหมูในน้ำหนักรส) ผลการทดลองพบว่า ทุกสูตรมีค่า a_w ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) เมื่อเติมเห็ดหอมในปริมาณที่มากขึ้นมีผลทำให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน ค่าแรงตึงผิว ค่า L^* และค่า a^* ลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ($P<0.05$) โดยพบว่าสูตรที่เติมเห็ดหอม 10% ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่ม กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมสูงสุด และเมื่อเก็บรักษาโดยบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนในภาวะสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส 4 สัปดาห์ พบว่ายังได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านสูง มีค่า TBA น้อยกว่าสูตรควบคุม และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และราในปริมาณที่ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ชุมชนกุ้งเชียงหมู

สุนีย์ มีชัย และ นงเยาว์ (2555) การทดแทนเนื้อหมูในกุ้งเชียงด้วยกากถั่วเหลืองที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus*. งานวิจัยนี้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักกากถั่วเหลืองด้วยเชื้อ *M. purpureus* และปริมาณการใช้กากถั่วเหลืองหมักทดแทนเนื้อหมูในการผลิตกุ้งเชียง จากการใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารของเชื้อ *M. purpureus* ในการหมักโดยใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน และสังเกตการเจริญของเชื้อโดยวัดค่าสีในระบบ CIE L^* a^* b^* พบว่า การใช้กากถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการเจริญของเชื้อ *M. purpureus* ในสภาวะดังกล่าว จึงจำเป็นต้องเติมน้ำตาลซูโครส โดยศึกษา 2 ปัจจัยคือ ความเข้มข้นเริ่มต้น (ที่ระดับร้อยละ 31-39) และปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เติมลงในกากถั่วเหลือง (ที่ระดับร้อยละ 4-10 ของน้ำหนักกากถั่วเหลืองแห้ง) ผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้นไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ *M. purpureus* แต่ปริมาณน้ำตาลซูโครสมีผลต่อการเจริญของเชื้อ และสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อคือที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นร้อยละ 33 และระดับการเติมน้ำตาลร้อยละ 8 เมื่อนำกากถั่วเหลืองที่ได้จากการหมักไปทดแทนเนื้อหมูและเกลือไนไตรท์ในการผลิตกุ้งเชียง พบว่า ผู้บริโภคยอมรับกุ้งเชียงที่ผลิตจากกากถั่วเหลืองหมักทดแทนเนื้อหมูร้อยละ 18 เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงสุดท้าย (ทดแทนเนื้อหมูร้อยละ 18) และกุ้งเชียงสูตรพื้นฐาน (ใช้เนื้อหมูล้วน) พบว่ากุ้งเชียงที่ใช้กากถั่วเหลืองหมักทดแทนเนื้อหมูมีค่าสีแดง (a^*) อ่อนกว่า (13.44 เปรียบเทียบกับ 14.85) และมีความแข็งมากกว่า (155.14 เปรียบเทียบกับ 106.42 นิวตัน) โดยที่ความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองหมักสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนและลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงได้

กัญญรัตน์ และ จันทน์ (2553) ศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไลโคปีนจากกากมะเขือเทศที่เหลือทิ้ง จากการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นของโรงงานอุตสาหกรรม และกากมะเขือเทศที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ (ใช้มะเขือเทศสดจากตลาดท้องถิ่น) การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน โปรตีน เถ้า โยอาหาร และปริมาณไลโคปีน พบว่าผงกากมะเขือเทศที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ (TPL) มีปริมาณไลโคปีนและค่าความเป็นสีแดง (a^*) สูงกว่า ($p \leq 0.05$) แต่มีปริมาณไขมัน โปรตีน เถ้า และโยอาหารชนิดละลายน้ำมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผงมะเขือเทศจากกากของโรงงาน (TPI) ($P>0.05$) และจากการศึกษาการสกัดไลโคปีนจากผงมะเขือเทศ TPI โดยใช้เอนไซม์ทางการค้า 2 ชนิด (Enz A และ Enz B ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ เพคตินเนส, เซลลูเลส

และเฮมิเซลลูเลส) โดยศึกษาระยะเวลาในการย่อยด้วยเอนไซม์ 5 ระดับ (30, 40, 50, 60 และ 90 นาที) และการสกัดร่วมกับสารทำลายอินทรีย์ 3 ชนิด (เอทิลอะซิเตต เอทานอล และไดเอทิลอีเทอร์) พบว่าการใช้เอนไซม์ Enz A ที่ระยะเวลาการย่อย 50 นาที ร่วมกับเอทิลอะซิเตต ได้ปริมาณผลผลิตไลโคปีนสูงที่สุด โดยการสกัดไลโคปีนจากผงมะเขือเทศ TPI ได้ ไลโคปีน 50.3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 142.27 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไลโคปีนที่ได้จากการสกัดโดยวิธีดั้งเดิม (20.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) และการสกัดไลโคปีนจากผงมะเขือเทศ TPL ให้ ผลผลิตสูงที่สุด (80.2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) ส่วนการสกัดไลโคปีนจาก TWI ให้ผลผลิตที่ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

เยาวพา (2549) ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของกุ้งแช่แข็งปลาแซลมอนด้วยซูริมิและไฮโดรคอลลอยด์ โดยใช้ซูริมิและเนื้อปลาแซลมอนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน (0:100, 10:90, 20:80, 30:70 และ 40:60) พบว่าคะแนนความชอบด้านสี ความแข็ง ความฉ่ำ และความชอบรวมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ($p < 0.05$) เมื่อมีอัตราส่วนซูริมิในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าลักษณะเนื้อสัมผัสจากการวัดโดยใช้เครื่องมือ (ค่าความแข็ง การยืดเกาะ ความยืดหยุ่น ความเหนียว แรงที่ใช้ในการเคี้ยว และค่าต้านแรงเฉือน) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซูริมิและเนื้อปลาแซลมอนในอัตราส่วน 40:60 ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุด การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ (แคปพาคาร์ราจีแนน แชนแธนแกม และแคปพาคาร์ราจีแนนร่วมกับแชนแธนแกม ร้อยละ 0.5 และ 1.0) ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็งปลาทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับค่าลักษณะเนื้อสัมผัสจากการวัดโดยใช้เครื่องมือ พบว่าค่าลักษณะเนื้อสัมผัสทุกค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้น ค่าต้านแรงเฉือน โดยเมื่อเติมแชนแธนแกมร้อยละ 0.5 ผลิตภัณฑ์ที่ได้คะแนนความชอบทุกคุณลักษณะสูงสุด เมื่อใช้ซูริมির่วมกับแชนแธนแกม พบว่าผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็งปลามีคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และพบว่าค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่วัดโดยใช้เครื่องมือมีแนวโน้มลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณซูริมิและเติมแชนแธนแกม ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซูริมิและเนื้อปลาแซลมอนในอัตราส่วน 40:60 และเติมแชนแธนแกมร้อยละ 0.5 มีคะแนนความชอบรวมสูงสุด การพัฒนาสูตรและส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็งปลาแซลมอน โดยพัฒนาให้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าและในอุดมคติมากที่สุด สูตรที่ได้รับการยอมรับที่เหมาะสมประกอบด้วย ซูริมิและเนื้อปลาแซลมอนในอัตราส่วน 40:60 ของน้ำหนักเนื้อปลาทั้งหมด และเติมแชนแธนแกม ซีอิ๊วขาว เกลือ น้ำตาลทราย น้ำมันถั่วเหลือง และเครื่องเทศ (ผงพะโล้และพริกไทย 1:3) ร้อยละ 0.5, 0.6, 15, 2, 10 และ 1.6 โดยน้ำหนักเนื้อปลา ตามลำดับ กุ้งแช่แข็งปลาแซลมอนที่ผ่านการพัฒนามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 29.53 ± 0.21 , 24.53 ± 0.68 , 9.98 ± 0.25 และ 3.97 ± 0.05 ตามลำดับ มีค่า a_w เท่ากับ 0.79 ± 0.01 และคุณภาพทางจุลินทรีย์ประกอบด้วยปริมาณ จุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.9×10^3 CFU/g จำนวนยีสต์และรา น้อยกว่า 10 CFU/g ตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* sp., *Escherichia coli*. และ *Staphylococcus aureus*. ผู้บริโภคทั่วไปร้อยละ 92 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็งปลาแซลมอน และมีต้นทุนการผลิต 158 บาท/กิโลกรัม

จิรวัดน์ (2547) การพัฒนากระบวนการผลิตลูกชิ้นและไส้กรอกจากปลาน้ำจืด ความสามารถในการเกิดเจลของ ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ปลายราสเทศ (*Labeo rohita*) และปลานวลจันทร์ (*Cirrhiana microlepis*) เพิ่มขึ้นเมื่อบ่มที่ 40 – 55°C เป็นเวลา 30 นาที ปริมาณโอลิโกแซ็กคาไรด์ในเจลปลายี่สกเทศมีค่าสูงสุดที่ 65°C แต่ระดับการเสื่อมสลายของโปรตีนกล้ามเนื้อเกิดขึ้นน้อยมากกว่าในปลา 3 ชนิด การเติมวีทสตาร์ทำให้ค่าแรง ณ จุดแตกหักของเจลจากปลาน้ำจืด 3 ชนิดเพิ่มขึ้นและได้รับการยอมรับสูงสุดเมื่อทดสอบประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับแป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี และแป้งมันสำปะหลัง แม้การเพิ่มความเข้มข้นจากร้อยละ 1.8 เป็นร้อยละ 5.4 ทำให้ค่าแรงที่วัดได้ลดลงแต่ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) การล้างปลานวลจันทร์เพื่อกำจัดคาร์โบไฮเดรตที่มีโปรตีนมีผลเพิ่มความขาวของเจล แต่สามารถลดกิจกรรมของโปรตีนเนสได้ประมาณร้อยละ 33 เท่านั้น ปลาบดที่ผ่านการล้าง 1 ครั้ง และบ่มที่ 40°C สามารถเกิดเจลที่มีค่าแรง ณ จุดแตกหักสูงสุดซึ่งสอดคล้องกับการเกิดโปรตีนที่มีมวลขนาดใหญ่ การล้างเนื้อปลาบดสามารถลดจำนวนแบคทีเรียกลุ่ม mesophile เริ่มต้นในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นได้ แต่อายุการเก็บของลูกชิ้นที่ผลิตจากปลาบดและปลาบดล้างน้ำไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) คือไม่เกิน 10 สามารถชะลอการเจริญของแบคทีเรียในกลุ่ม mesophiles, psychrotrophs, Enterobacteriaceae และแบคทีเรียแลคติก แต่ไม่สามารถชะลอการเกิดเมือกกลิ่นเปรี้ยวและกลิ่นเน่าในผลิตภัณฑ์ได้ การแช่แข็งเป็นแนวทางหนึ่งในยืดอายุผลิตภัณฑ์ ซึ่งกระบวนการเพิ่มระดับแป้งมันสำปะหลังดัดแปรแบบ cross-linking และ hydroxypropylation (HP) จาก 5.4 เป็น 9.0 ร้อยละ มีผลให้ค่าความแข็งของเจลเมื่อวัดโดย Warner bratzler และความยืดหยุ่นและความชอบลดลง ($p>0.05$) โครงสร้างระดับจุลภาคของเจลและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลานิล ปลายี่สกเทศ และปลานวลจันทร์ ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง หรือ HP ในระดับร้อยละ 5.4 เปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดระยะเวลาการเก็บ 4 เดือนที่ 18°C

อดิศักดิ์ (2541) การปรับปรุงกระบวนการผลิตไส้กรอกหมู หมูยอ และไก่ยอ ไขมันต่ำจากแป้งบุก การวิจัยถึงการใช้เจลบุกเข้มข้นร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก (อัตราส่วนระหว่างแป้งบุกและแซนแทนกัมเท่ากับ 3:1) ทดแทนปริมาณไขมันในส่วนผสมเพื่อผลิตหมูยอและไก่ยอ พบว่าหมูยอและไก่ยอที่ทดแทนไขมันร้อยละ 70 และ 50 โดยน้ำหนักไขมันตามลำดับมีลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จากสูตรควบคุมและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม การปรับปรุงการสับส่วนผสมทั้งหมูยอและไก่ยอลดไขมันด้วยแป้งบุก (1 ช่วงการสับขนาดหมายถึง การเก็บส่วนผสมที่อุณหภูมิ - 18°C เป็นเวลา 10 นาที และสับขนาด 5 นาที)

ศราภา (2539) การผลิตกุนเชียงปลาจากปลาดุกอุยเทศและการเก็บรักษา ทดลองผลิตกุนเชียงปลาดุกอุยเทศโดยแปรปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดของน้ำมันระหว่างไขมันหมูกับน้ำมันปาล์ม ปริมาณน้ำมันปาล์มระหว่างร้อยละ 5 กับ ร้อยละ 10 ปริมาณเครื่องเทศระหว่าง พริกไทยร้อยละ 1.2 พริกไทยร้อยละ 1.6 และพริกไทยร้อยละ 1.2 ร่วมกับ ผงพะโล้ร้อยละ 0.5 และระยะเวลาในการอบ 28 ชั่วโมง กับ 48 ชั่วโมง นำมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่ากุนเชียงปลาซึ่งผลิตโดยใช้ น้ำมันปาล์มร้อยละ 10 พริกไทยร้อยละ 1.6 และระยะเวลาในการอบ 28 ชั่วโมง จะได้รับคะแนนยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสสูงกว่ากุนเชียงที่ใช้ไขมันหมู น้ำมันปาล์มร้อยละ 5 พริกไทยร้อยละ 1.2 หรือพริกไทยร้อยละ 1.2 ร่วมกับ ผงพะโล้ร้อยละ 0.5 และระยะเวลาในการอบ 48 ชั่วโมง

ตามลำดับ จึงเลือกใช้เครื่องปรงและระยะเวลาในการอบที่ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าในการผลิต
กุนเชียงปลาตุ๋นเทศ เพื่อใช้ในการศึกษาอายุในการเก็บรักษาต่อไป

อภิญา และ มนต์ทิพย์ (ม.ป.ป.) ศึกษาผลของระยะเก็บเกี่ยว 3 ระยะ คือระยะผลเปลี่ยนสี
ระยะผลสุกปานกลางและระยะผลสุกเต็มที่ ระยะการเก็บรักษาที่เวลา 0 3 6 9 12 และ 15 วัน และ
วิธีการเตรียมตัวอย่าง 2 วิธี คือ Waring blender method (WBM) และ Ball mill method
(BMM) ที่มีต่อปริมาณสารไลโคปีนที่สกัดได้จากเห็ดห่มเมล็ดฟักข้าว พบว่าปริมาณสารไลโคปีนใน
ระยะผลเปลี่ยนสี ระยะผลสุกปานกลางและระยะผลสุกเต็มที่ของผลฟักข้าวอยู่ในช่วง 0.11-8.99,
3.88-22.94 และ 18.95-50.11 mg/100 g FW ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลจากวิธีการเตรียม
ตัวอย่างทั้ง 2 วิธี พบว่าปริมาณสารไลโคปีนในทุกระยะเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ระยะและทุกระยะการเก็บ
รักษาให้ผลไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) นอกจากนี้ฟักข้าวที่ระยะผลสุกเต็มที่และเก็บรักษาเป็นเวลา
6 วัน ให้ปริมาณสารไลโคปีนมากที่สุดที่ 50.11 ± 4.59 mg/100 g FW อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลมา
สร้างสมการทำนายปริมาณสารไลโคปีนในเห็ดห่มเมล็ดฟักข้าวของทุกระยะเก็บเกี่ยวตลอดระยะเวลา
15 วันของการเก็บรักษา พบว่าสมการเอ็กซ์โปเนนเชียลของระยะผลสุกปานกลางใช้ได้ดีที่สุด
($R^2 = 0.966$)

ฉวีวรรณและคณะ (ม.ป.ป.) การผลิตกุนเชียงไขมันต่ำจากบุก การทดลองผลิตกุนเชียง
กุนเชียง โดยมีการใช้เจลบุกเข้าไปทดแทนไขมันหมูแข็งในอัตราส่วนร้อยละ 0.25 และ 50 พบว่า เมื่อ
เปรียบเทียบผลการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม พบว่าเมื่อทดแทนไขมันด้วยเจลบุก ไม่มีความแตกต่าง
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$) ในการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อ สัมผัส ความชุ่มน้ำและ
การยอมรับรวม แต่ในการทดแทนด้วยเจลบุกถึงร้อยละ 50 ผู้บริโภคให้คะแนนเนื้อสัมผัสและความชุ่ม
น้ำลดลง ($p<0.01$) เมื่อนำผลิตภัณฑ์กุนเชียงมาวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์กุนเชียงทั้ง 3 สูตร
มีปริมาณความชื้นโปรตีน เถ้า และไนโตรเจน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$) แต่
กุนเชียงไม่มีการทดแทนด้วยเจลบุกจะมีปริมาณไขมันมากกว่ากุนเชียงสูตรอื่น ($p<0.01$) และกุนเชียง
ที่มีการทดแทนไขมันถึงร้อยละ 50 มีปริมาณเส้นใยหยาบสูงกว่าสูตรอื่น ส่วนการวิเคราะห์ทาง
กายภาพ พบว่า ค่าความสว่างของสี (L) และค่าความเป็นสีแดง (a+) ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงทั้ง 3 สูตร
ไม่แตกต่างกัน ($p>0.01$) เมื่อวัดค่าแรงเฉือนพบว่า ผลิตภัณฑ์กุนเชียงสูตรที่ 3 (มีการทดแทนไขมัน
ด้วยเจลบุกร้อยละ 50) จะมีค่าแรงเฉือนสูงที่สุด ($p<0.01$) ส่วนค่า a_w ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงทั้ง 3
สูตร มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.01$) นำไปคำนวณพลังงานของผลิตภัณฑ์กุนเชียงพบว่าผลิตภัณฑ์
กุนเชียงทั้ง 3 สูตร พบว่า ผลิตภัณฑ์กุนเชียงสูตรที่ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 25 และร้อยละ
50 สามารถลดพลังงานได้ร้อยละ 13.05 และร้อยละ 24.37 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์
กุนเชียงทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทั้ง 2 สูตร ก็ยังไม่สามารถนำมากล่าวอ้างว่ากุนเชียงไขมันต่ำ หรือ
กุนเชียงลดพลังงานได้ตามเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของไทย

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 เนื้อหมู
- 3.1.2 ผลตำลึงสุกผง
- 3.1.3 มันแข็ง
- 3.1.4 ไข่คอลลาลาเจนสำหรับบรรจุกุนเชียง
- 3.1.5 เกลือ
- 3.1.6 น้ำตาลทราย
- 3.1.7 น้ำเปล่า
- 3.1.8 แอคคอร์ต
- 3.1.9 ผงเพรก
- 3.1.10 ซีอิ๊วขาว
- 3.1.11 ผงชูรส
- 3.1.12 ผงพะโล้

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพ

- 3.2.1 เครื่องบดเนื้อ
- 3.2.2 เครื่องผสมอาหาร
- 3.2.3 เครื่องอบลมร้อน รุ่น Binder FD115
- 3.2.4 เครื่องบรรจุไส้
- 3.2.5 เครื่องวัดสี รุ่น Miniscan XE plus และ Colure flex (UHA Scan Pro)
- 3.2.6 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส รุ่น TA.XTPLUS,UK,USA
- 3.2.7 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (Water activity; a_w)
- 3.2.8 ตู้ดูดความชื้น รุ่น Super flow cupboard
- 3.2.9 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน รุ่น Gerhardt Sox 496
- 3.2.10 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน รุ่น Gerhardt KBBS
- 3.2.11 เต้าเผาไฟฟ้า รุ่น Fuse(s) Power 3000 Volts 200 Hz
- 3.2.12 เตาอบ
- 3.2.13 เครื่องบรรจุถุงสุญญากาศ
- 3.2.14 อุปกรณ์ทดสอบชิม
- 3.2.15 เครื่องแก้วและอุปกรณ์ทำครัวอื่นๆ
- 3.2.16 จานเพาะเชื้อ
- 3.2.17 ตู้แช่เชื้อ
- 3.2.18 ตู้บ่มเพาะเชื้อ
- 3.2.19 หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave)

3.2.20 เครื่องชั่งละเอียด รุ่น Sartorius ED2245

3.2.21 ถ้วยวิเคราะห์ความชื้น

3.3 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพ

3.3.1 ปีโตรเลียมอีเทอร์

3.3.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

3.3.3 กรดเกลือ (HCl)

3.3.4 H_2SO_4

3.3.5 Potato Dextrose Agar (HiMedia Laboratories Pvt.Lad)

3.3.6 Plate Count Agar (Standard Methods Agar) (HiMedia Laboratories Pvt.Lad)

3.3.7 Peptone Water (HiMedia Laboratories Pvt.Lad)

3.4 วิธีการทดลอง แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

3.4.1 การศึกษาหาปริมาณและองค์ประกอบของไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผงที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบระเหิด โดยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลาย (control) การสกัดด้วยเอนไซม์เพคตินเนส (pectinase) และเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ร่วมกับตัวทำละลาย

การเตรียมวัตถุดิบ

1. นำผลตำลึงสุกผงมาทำแห้งแบบระเหิด (freeze drying) ด้วยเครื่อง Heto Power Dry PL3000 lyophilizer จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนเพื่อให้มีขนาดประมาณ 0.025-0.05 มม.

2. นำผลตำลึงสุกผงจากข้อ 1 มาทำการสกัดไลโคปีนโดยใช้เอนไซม์ร่วมกับตัวทำละลายเปรียบเทียบกับการใช้ตัวทำละลายเพียงอย่างเดียวซึ่งเป็นวิธีดั้งเดิม (control) เอนไซม์ที่ใช้ในการสกัดไลโคปีนจากผลตำลึงสุกมี 2 ชนิด คือ เอนไซม์เพคตินเนส (pectinase) และเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) โดยเอนไซม์เพคตินเนสและเอนไซม์เซลลูเลสจะใช้ที่ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7% w/w ร่วมกับตัวทำละลายที่ใช้คือ petroleum ether : acetone ในอัตราส่วน 1:1 ดังแผนภูมิที่ 3.1

3. จากนั้นนำไลโคปีนที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณไลโคปีนโดยเครื่อง HPLC

3.1 column C18 (4.6 mm×250 mm, 5 μ m), PDA detector,

3.2 Eluent A= DCM : acetonitrile (6:4, v/v, containing 0.05% BHT as antioxidant)

3.3 Eluent B= MeOH

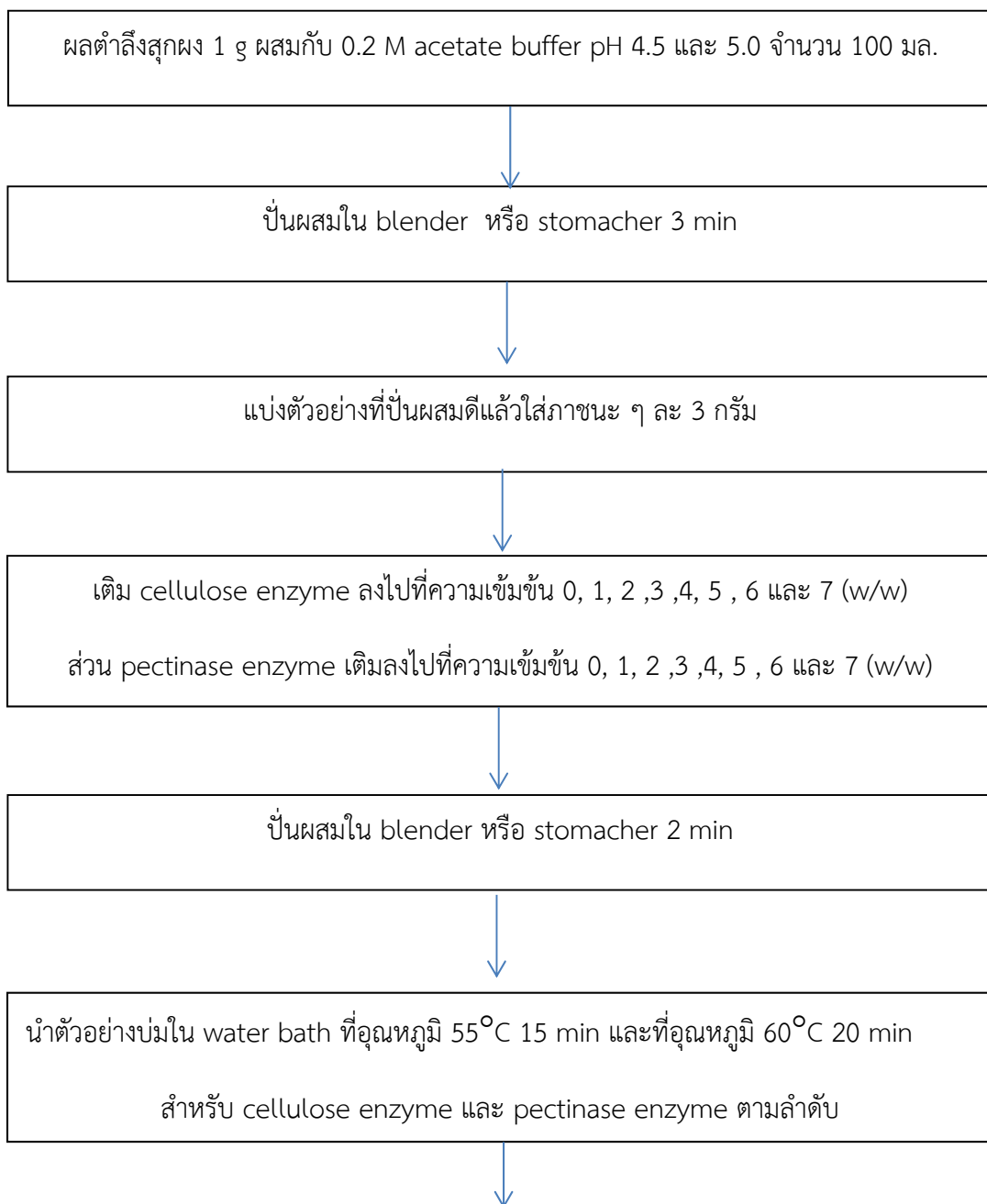
3.4 ใช้ระบบ gradient เริ่มต้นจาก 70% (A) และ 30% (B) เป็นเวลา 5 min 80% (A) และ 20% (B) เป็นเวลา 5 min. อัตราการไหล 1.5 mL/min.

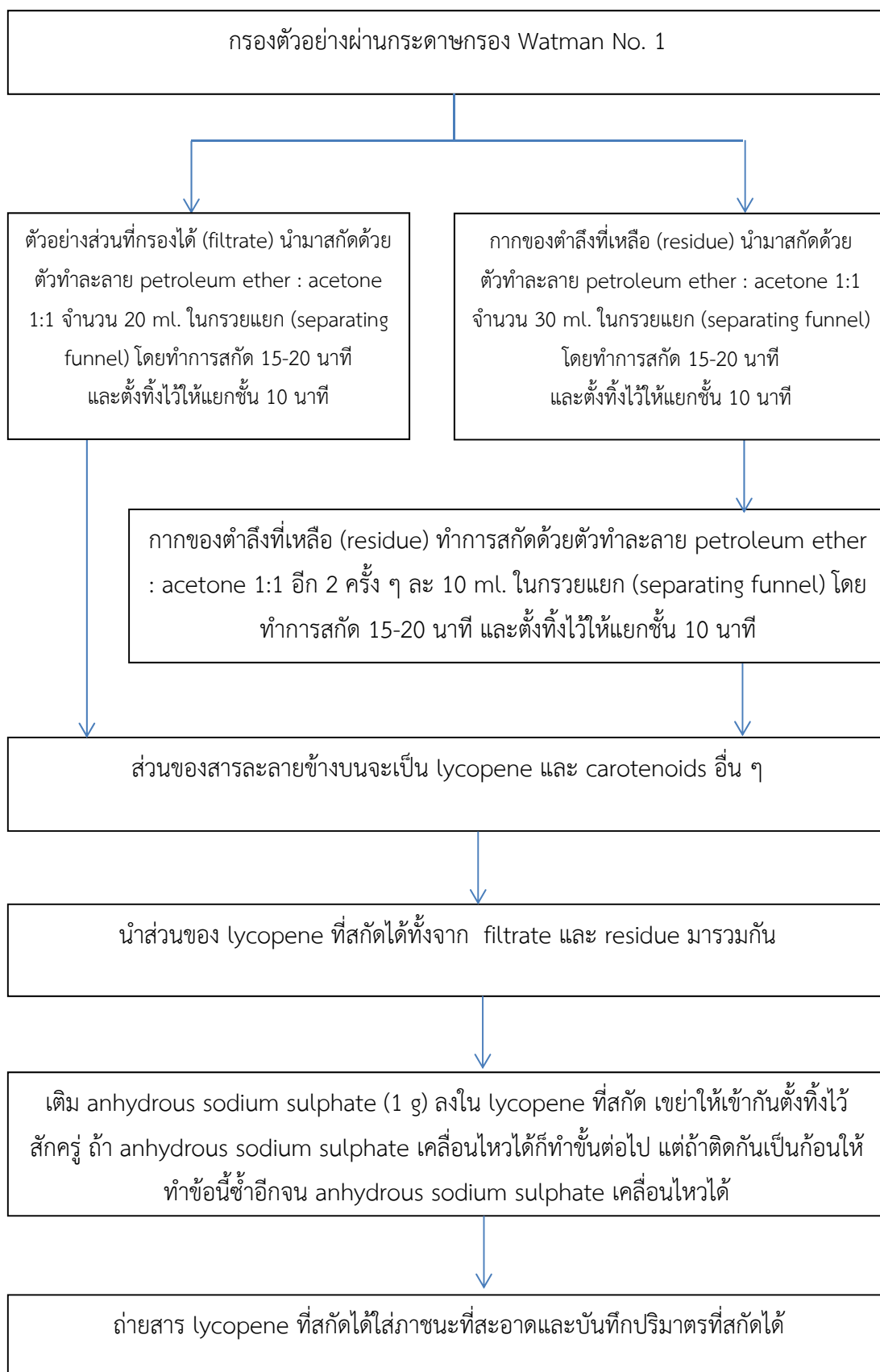
3.5 Injection volume 20 μl and photodiode-array detector at 472 nm
for the analysis of lycopene and beta-carotene

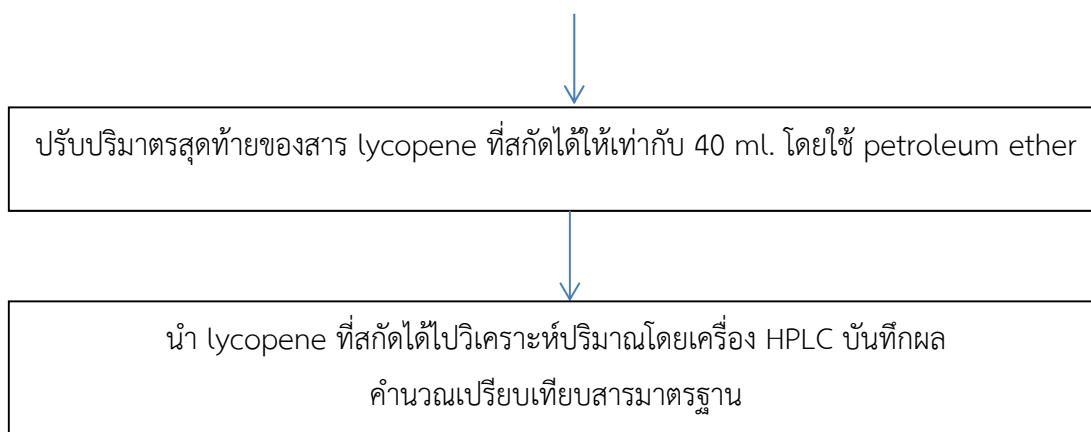
3.6 คำนวนโดยเทียบกับสารมาตรฐาน

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD มีปัจจัยที่ศึกษา 1 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์
โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncant's multiple rang test (DMRT)







รูปที่ 3.1 วิธีการสกัดไลโคปีนจากเอนไซม์ร่วมกับตัวทำละลาย

3.4.2 ศึกษาการนำผลตำลึงสุกผงไปใช้ประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์กุนเชียงเสริมไลโคปีน

การเตรียมวัตถุดิบ

1. นำผลตำลึงสุกผงมาทำแห้งแบบระเหิด (freeze drying) ด้วยเครื่อง Heto Power Dry PL3000 lyophilizer จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนเพื่อให้มีขนาดประมาณ 0.025-0.05 มม.

2. นำตำลึงผงที่ได้จากข้อ 1 ไปผลิตกุนเชียงเสริมไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผง ตามรูปที่ 2.1 และตารางที่ 2.2 โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ มีปัจจัยที่ศึกษา 1 ปัจจัย คือ ปริมาณของผลตำลึงสุกผงที่ใส่ในกุนเชียง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาการผลิตกุนเชียงเสริมไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผง

สิ่งทดลองที่	ปริมาณของผงตำลึงที่ใส่ในกุนเชียง
1	Control C เติมน้ำมัน 100 ppm ไม่เติมตำลึงผง
2	Control A เติมน้ำมัน 25 ppm ไม่เติมตำลึงผง
3	เติมน้ำมัน 25 ppm เติมตำลึงผง 1%
4	เติมน้ำมัน 25 ppm เติมตำลึงผง 2%
5	เติมน้ำมัน 25 ppm เติมตำลึงผง 3%
6	เติมน้ำมัน 25 ppm เติมตำลึงผง 4%

การวิเคราะห์คุณภาพกุ้งแช่แข็งที่ผลิตได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ

- ค่าสี L^* , a^* , b^* ด้วยเครื่อง Hunter LAB (UltraScan PRO, D65)
- ค่า Texture ด้วยเครื่อง TA.XT. Plus texture analyzer (Stable Micro system, UK) with Warner-Bratzler Blade (HDP/VB) probe
- Lycopene content (Kubola et al., 2011)
- ค่า a_w ด้วยเครื่อง water activity
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter
- ปริมาณกรดทั้งหมดโดยการไตเตรท ในรูปของกรดแลคติก (AOAC, 1998)
- ค่า TBA value (AOAC, 1998)
- ปริมาณโปรตีน โดยวิธี semi-micro Kjeldahl Method (AOAC, 1998)
- ปริมาณไขมัน (AOAC, 1998)
- ปริมาณความชื้น (AOAC, 1998)
- ปริมาณเถ้า (AOAC, 1998)
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1998)

2 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว จำนวน 20 คน เป็นอาจารย์และนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ ใช้แบบทดสอบชิม 9-point hedonic test คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ทดสอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม โดยกุ้งแช่แข็งจะถูกนำมาทอดที่อุณหภูมิ 150°C เวลา 10-15 วินาที จนสุกเหลืองก่อนจะนำไปเสิร์ฟผู้ทดสอบชิม

3 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

- Aerobic plate count (AOAC, 1998)
- Anaerobic plate count (AOAC, 1998)
- Psychrophile plate count (AOAC, 1998)
- Yeast and mold counts (AOAC, 1998)

3.4.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัสและจุลินทรีย์ของ กุนเชียงที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลอง 3.4.2 เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

การเตรียมวัตถุดิบ

1. นำผลตำลึงสุกผงมาทำแห้งแบบระเหิด (freeze drying) ด้วยเครื่อง Heto Power Dry PL3000 lyophilizer จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนเพื่อให้มีขนาด ประมาณ 0.025-0.05 มม.

2. นำตำลึงผงที่ได้จากข้อ 1 ไปผลิตกุนเชียงเสริมไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผง ตามรูปที่ 2.1 และตารางที่ 2.2 โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ มีปัจจัยที่ศึกษา 1 ปัจจัย คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษากุนเชียงที่อุณหภูมิ 4°C (สัปดาห์) ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษากุนเชียงเสริมไลโคปีนจาก ผลตำลึงสุกผง

สิ่งทดลองที่	ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (สัปดาห์)
1	0
2	2
3	4
4	8

การวิเคราะห์คุณภาพของแข็งเสริมไลโคปีนที่เก็บรักษาที่ระยะเวลาต่าง ๆ กันดังนี้

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ

- ค่าสี L^* , a^* , b^* ด้วยเครื่อง Hunter LAB (UltraScan PRO, D65)
- ค่า Texture ด้วยเครื่อง TA.XT. Plus texture analyzer (Stable Micro system, UK) with Warner-Bratzler Blade (HDP/VB) probe
- Lycopene content (Kubola et al., 2011)
- ค่า a_w ด้วยเครื่อง water activity
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter
- ปริมาณกรดทั้งหมดโดยการไตเตรท ในรูปของกรดแลคติก (AOAC, 1998)
- ค่า TBA value (AOAC, 1998)
- ปริมาณโปรตีน โดยวิธี semi-micro Kjeldahl Method (AOAC, 1998)
- ปริมาณไขมัน (AOAC, 1998)
- ปริมาณความชื้น (AOAC, 1998)
- ปริมาณเถ้า (AOAC, 1998)
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1998)

2 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว จำนวน 20 คน เป็นอาจารย์และนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ ใช้แบบทดสอบชิม 9-point hedonic test คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ทดสอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม โดยกลุ่มเชิงจะถูกนำมาทอดที่อุณหภูมิ 150°C เวลา 10-15 วินาที จนสุกเหลืองก่อนจะนำไปเสิร์ฟผู้ทดสอบชิม

3 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

- Aerobic plate count (AOAC, 1998)
- Anaerobic plate count (AOAC, 1998)
- Psychrophile plate count (AOAC, 1998)
- Yeast and mold counts (AOAC, 1998)

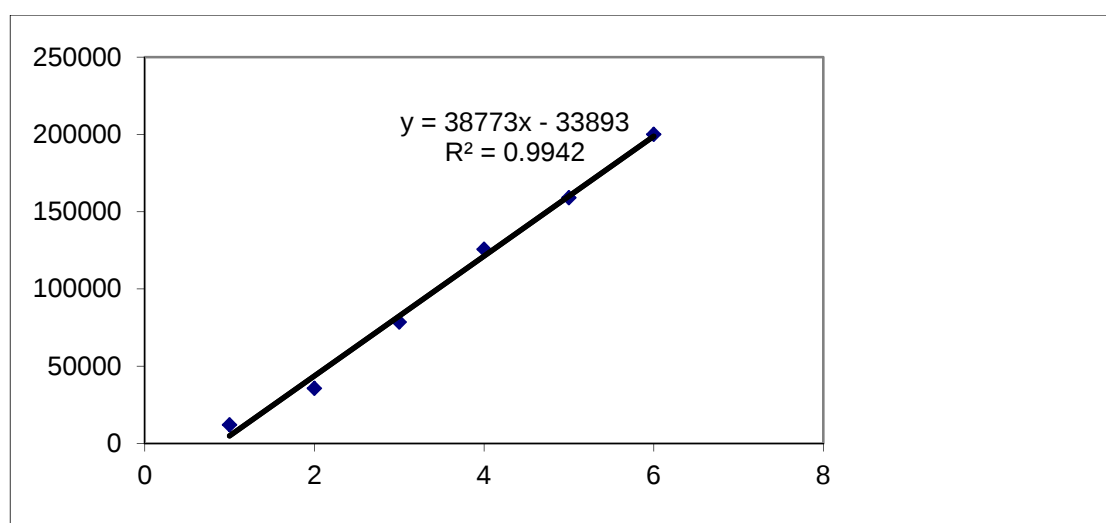
บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาหาปริมาณและองค์ประกอบของไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบระเหิด โดยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลาย (control) การสกัดด้วยเอนไซม์ เพคตินเนส (pectinase) และเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ร่วมกับตัวทำละลาย

จากการศึกษาปริมาณของไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบระเหิด (Freeze dryer) โดยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลาย (control) การสกัดด้วยเอนไซม์ เพคตินเนส (pectinase) และเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ร่วมกับตัวทำละลาย ผลการวิเคราะห์ ปริมาณไลโคปีนแสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 สำหรับสารไลโคปีนมาตรฐานพบว่ามีค่าสมการคือ $y = 38773x - 33893$ และมีค่า $R^2 = 0.9942$

จากผลการศึกษาพบว่าการใช้เอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนที่ระดับความเข้มข้น 6% จะให้ปริมาณไลโคปีนสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 1.1757 ± 0.05 มิลลิกรัม/กรัม ส่วนการใช้เอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนที่ระดับความเข้มข้น 1% และ 3% จะให้ปริมาณไลโคปีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) กับการสกัดด้วยตัวทำละลาย (control) เพียงอย่างเดียว สำหรับการเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสมีความสัมพันธ์กับ ปริมาณไลโคปีนแบบไม่เชิงเส้นตรง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นเอนไซม์เพคตินเนสพบว่า ปริมาณไลโคปีนมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง แบบไม่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบการใช้เอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนกับการใช้ตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว พบว่าการใช้เอนไซม์ เพคตินเนสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนทำให้ได้ปริมาณไลโคปีนมากกว่าการสกัดไลโคปีน โดยการใช้ตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว ดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟของสารละลายมาตรฐานไลโคปีนในการศึกษาความเข้มข้นของเอนไซม์ปริมาณที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1 ปริมาณไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผงที่สกัดโดยใช้เอนไซม์เพคตินเนส (pectinase) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันร่วมกับตัวทำละลาย

ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนส (pectinase) (%)	ปริมาณไลโคปีน (mg/g)
ควบคุม	0.7083±0.06 ^c
1	0.8407±0.18 ^{bc}
2	0.9343±0.04 ^b
3	0.7190±0.05 ^c
4	1.1293±0.04 ^a
5	0.8733±0.02 ^b
6	1.1757±0.05 ^a
7	1.0773±0.03 ^a

หมายเหตุ: -ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับข้อมูลในแนวดิ่งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่า เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT
-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการศึกษาพบว่าการใช้เอนไซม์เซลลูเลสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนที่ระดับความเข้มข้น 7% จะให้ปริมาณไลโคปีนสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.7057±0.42 มิลลิกรัม/กรัม สำหรับการเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสมีความสัมพันธ์กับปริมาณไลโคปีนแบบไม่เชิงเส้นตรง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นเอนไซม์เซลลูเลสพบว่าปริมาณไลโคปีนมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง แบบไม่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบการใช้เอนไซม์เซลลูเลสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนกับการใช้ตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งอธิบายได้ว่าการใช้เอนไซม์เซลลูเลสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนไม่มีผลต่อการสกัดไลโคปีนมากนักจะใช้หรือไม่ใช้เอนไซม์เซลลูเลสก็มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผงที่สกัดโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันร่วมกับตัวทำละลาย

ความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) (%)	ปริมาณไลโคปีน (mg/g)
ควบคุม	0.4993±0.08
1	0.5850±0.20
2	0.6113±0.22
3	0.6373±0.06
4	0.6673±0.21
5	0.6200±0.07
6	0.6360±0.20
7	0.7057±0.42

หมายเหตุ: -ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับข้อมูลในแนวดิ่งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่า เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT
-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองหาปริมาณไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผงที่สกัดโดยใช้เอนไซม์เพคตินเนส (pectinase) และเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ร่วมกับตัวทำละลายเปรียบเทียบกับ การสกัดด้วยตัวทำละลาย (control) เพียงอย่างเดียว พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนส (pectinase) ที่ 6% จะให้ปริมาณไลโคปีนมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 1.1757 ± 0.05 มิลลิกรัม/กรัม ส่วนการใช้เอนไซม์เซลลูเลสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนไม่มีผลต่อการสกัดไลโคปีนมากนักจะใช้หรือไม่ใช้เอนไซม์เซลลูเลสก็มีค่าไม่แตกต่างกัน

4.2 ผลการศึกษาการนำผลตำลึงสุกผลงไปใช้ประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็งเสริมไลโคปีน

จากการศึกษาการนำผลตำลึงสุกผลงไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็งเสริมไลโคปีน สำหรับปริมาณการเติมผลตำลึงสุกผลงในผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็งเสริมไลโคปีน แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณของผลตำลึงสุกผลงในผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็งเสริมไลโคปีน

สิ่งทดลองที่	ปริมาณของผลตำลึงที่ใส่ในกุ้งแช่แข็ง
1	Control C เติมน้ำไตรท์ 100 ppm ไม่เติมตำลึงผ
2	Control A เติมน้ำไตรท์ 25 ppm ไม่เติมตำลึงผ
3	เติมน้ำไตรท์ 25 ppm เติมน้ำตำลึงผ 1%
4	เติมน้ำไตรท์ 25 ppm เติมน้ำตำลึงผ 2%
5	เติมน้ำไตรท์ 25 ppm เติมน้ำตำลึงผ 3%
6	เติมน้ำไตรท์ 25 ppm เติมน้ำตำลึงผ 4%

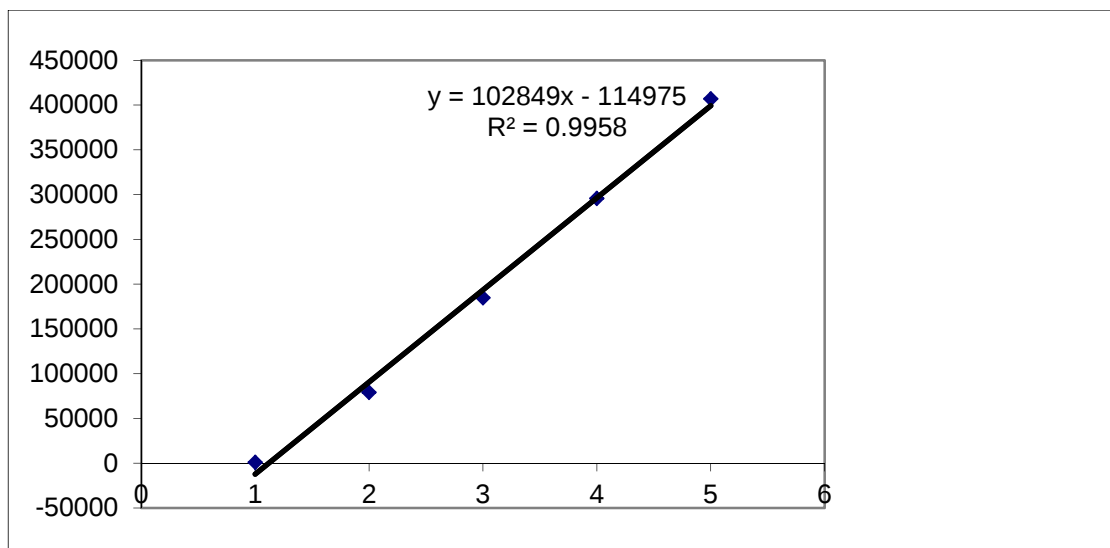
จากการศึกษาการนำผลตำลึงสุกผลงไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็งเสริมไลโคปีน โดยปกติในการทำกุ้งแช่แข็งนั้นจะมีการเติมน้ำไตรท์ลงไปเพื่อทำให้เกิดสีแดงหรือชมพูในผลิตภัณฑ์สุดท้ายซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการ อีกทั้งน้ำไตรท์ยังสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ *Clostridium botulinum* ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค แต่การใช้น้ำไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ก็อาจจะก่อให้เกิดสารก่อมะเร็งได้ ดังนั้นการลดปริมาณน้ำไตรท์ลงในการทำผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็งจึงเป็นการลดการเสี่ยงต่อการได้รับสารก่อมะเร็งแก่ผู้บริโภคด้วย อีกทั้งผลตำลึงสุกผที่เติมลงไปยังมีไลโคปีนด้วย ซึ่งไลโคปีนมีคุณสมบัติเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของกุ้งแช่แข็งที่มีการเติมผลตำลึงสุกผในปริมาณต่าง ๆ กัน แสดงดังตารางที่ 4.4 อธิบายได้ว่าค่าสี L^* ค่าความสว่าง พบว่าสิ่งทดลองที่ 6 คือเติมน้ำไตรท์ 25 ppm เติมน้ำตำลึงผ 4% จะมีค่าความสว่างมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 49.66 ± 0.24 ส่วนค่าสี a^* ค่าสีแดง พบว่าสิ่งทดลองที่ 1 คือเติมน้ำไตรท์ 100 ppm ไม่เติมน้ำตำลึงผ จะมีค่าสีแดงมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 13.70 ± 0.36 ส่วนค่าสี b^* ค่าสีเหลือง พบว่าสิ่งทดลองที่ 1 คือเติมน้ำไตรท์ 100 ppm ไม่เติมน้ำตำลึงผ จะมีค่าสีเหลืองมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 23.30 ± 0.23 ส่วนค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความเหนียว (Toughness) พบว่าสิ่งทดลองที่ 1 คือเติมน้ำไตรท์ 100 ppm ไม่เติมน้ำตำลึงผจะมีค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความเหนียว (Toughness) มากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 9.85 ± 0.08 kg และ 54.85 ± 0.18 kgsec ตามลำดับ ซึ่งอธิบายได้ว่าสิ่งทดลองที่ 1 คือเติมน้ำไตรท์ 100 ppm ไม่เติมน้ำตำลึงผที่มีค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความเหนียว (Toughness) มากที่สุดนั้น เนื่องจากการไม่มีการเติมผลตำลึงสุกผลงในกุ้งแช่แข็ง ทำให้เนื้อเกาะเกี่ยวกันได้ดีกว่ากุ้งแช่แข็งที่มีการเติมผลตำลึงสุกผ พบว่ากุ้งแช่แข็งที่มีการเติมผลตำลึงสุกผที่ 4% จะมีค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ต่ำที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับกุ้งแช่แข็งที่มีการเติมผลตำลึงสุกผที่ 3%

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของกุ้งเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณต่าง ๆ กัน

สิ่งทดลองที่	สี L*	สี a*	สี b*	ความแน่นเนื้อ (Firmness) (kg)	ความเหนียว (Toughness) (kgsec)
1	38.44±0.12 ^e	13.70±0.36 ^a	23.30±0.23 ^a	9.85±0.08 ^a	54.85±0.18 ^a
2	38.54±0.08 ^e	9.88±0.07 ^b	20.37±0.32 ^b	8.13±0.03 ^c	44.54±0.42 ^d
3	40.95±0.20 ^d	5.82±0.07 ^d	8.93±0.03 ^f	8.87±0.05 ^b	48.63±0.13 ^b
4	46.58±0.38 ^c	5.51±0.30 ^d	17.39±0.27 ^c	7.97±0.01 ^d	46.30±0.05 ^c
5	48.79±0.39 ^b	5.62±0.12 ^d	14.16±0.11 ^e	7.15±0.03 ^e	38.34±0.18 ^f
6	49.66±0.24 ^a	6.48±0.17 ^c	16.35±0.06 ^d	7.14±0.02 ^e	39.51±0.12 ^e

หมายเหตุ: -ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่า เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT
-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สำหรับปริมาณไลโคปีนในกุ้งเชียงที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณแตกต่างกันแสดงดังตารางที่ 4.5 และมีสมการของสารมาตรฐานไลโคปีนคือ $y = 102849x - 114975$ ค่า $R^2 = 0.9958$ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟของสารละลายมาตรฐานไลโคปีนในการศึกษาปริมาณไลโคปีนในกุ้งเชียงที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณต่าง ๆ กัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของกุ้งแช่แข็งเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณต่าง ๆ กัน แสดงดังตารางที่ 4.5 และ 4.6 พบว่าปริมาณไลโคปีนของสิ่งทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) กับสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 พบว่าสิ่งทดลองที่มีปริมาณไลโคปีนสูงที่สุดคือ สิ่งทดลองที่ 6 คือมีค่าเท่ากับ 0.2497 ± 0.03 mg/g อธิบายได้ว่าเมื่อเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณที่สูงทำให้กุ้งแช่แข็งมีปริมาณไลโคปีนสูงตามไปด้วย ส่วนค่า a_w พบว่าสิ่งทดลองที่ 3, 4 และ 5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มีค่า a_w สูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.84 ± 0.01 ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณกรดทั้งหมด (acidity) พบว่าสิ่งทดลองที่ 6 และสิ่งทดลองที่ 1 มีค่ามากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 6.48 ± 0.07 และ 0.26 ± 0.01 % ตามลำดับ ส่วนค่า TBA value พบว่าสิ่งทดลองที่ 3, 4 และ 5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสิ่งทดลองที่ 3 มีค่า TBA value สูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 1.80 ± 0.13 mg malonaldehyd /kg

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของกุ้งแช่แข็งเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณต่าง ๆ กัน

สิ่งทดลอง ที่	ปริมาณไลโคปีน (mg/g)	a_w	pH	Acidity (%)	TBA value (mg malonaldehyd /kg)
1	0 ^b	0.78 ± 0.01^d	6.19 ± 0.01^d	0.26 ± 0.01^a	0.67 ± 0.12^c
2	0 ^b	0.81 ± 0.02^c	6.21 ± 0.01^d	0.24 ± 0.01^{ab}	1.23 ± 0.25^b
3	0.2424 ± 0.03^a	0.84 ± 0.01^a	6.45 ± 0.02^b	0.21 ± 0.01^c	1.80 ± 0.13^a
4	0.2469 ± 0.03^a	0.84 ± 0.01^a	6.43 ± 0.01^c	0.22 ± 0.01^{bc}	1.47 ± 0.21^{ab}
5	0.2492 ± 0.02^a	0.83 ± 0.01^{ab}	6.43 ± 0.01^c	0.22 ± 0.01^{bc}	1.59 ± 0.11^{ab}
6	0.2497 ± 0.03^a	0.82 ± 0.01^{bc}	6.48 ± 0.07^a	0.20 ± 0.02^c	1.37 ± 0.28^b

หมายเหตุ: -ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับข้อมูลในแนวดิ่งเดียวกันที่ต่างกัน แสดงว่า เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT
-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สำหรับปริมาณโปรตีนพบว่าสิ่งทดลองที่ 2 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 1 คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 22.07±0.33 และ 20.51±0.07 ตามลำดับ อธิบายได้ว่าที่ปริมาณโปรตีนใน กุนเชียงสูตรที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงบ่อยกว่าในกุนเชียงสูตรที่ไม่มีการเติมผลตำลึงสุกผงบ่อย ทั้ง ๆ ที่ ปริมาณเนื้อหมูแต่ละสิ่งทดลองใช้ปริมาณเท่ากัน เนื่องจากเมื่อคำนวณปริมาณส่วนผสมทั้งหมดพบว่า กุนเชียงสูตรที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงบ่อยจะมีปริมาณเนื้อหมูน้อยกว่าสูตรที่ไม่มีการเติมผลตำลึงสุกผงบ่อย ดังนั้นปริมาณโปรตีนของกุนเชียงสูตรที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงบ่อยจึงมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่ากุนเชียง สูตรที่ไม่มีการเติมผลตำลึงสุกผงบ่อย ส่วนปริมาณไขมันพบว่าสิ่งทดลองที่ 2 มีปริมาณไขมันสูงที่สุด รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 5 คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 27.09±0.16 และ 23.28±0.03 ตามลำดับ สำหรับ ปริมาณความชื้นพบว่าสิ่งทดลองที่ 5 มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 6 คือมีค่า เท่ากับร้อยละ 30.20±0.32 และ 28.81±0.29 ตามลำดับ ส่วนปริมาณเถ้าพบว่าสิ่งทดลองที่ 1 มี ปริมาณความเถ้าสูงที่สุด รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 6 คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.17±0.11 และ 3.76±0.251 ตามลำดับ สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตพบว่าสิ่งทดลองที่ 4 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง ที่สุด รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 3 คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 30.26±0.26 และ 28.20±0.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงบ่อยใน ปริมาณต่าง ๆ กัน (ต่อ)

สิ่งทดลองที่	Protein content (%)	Lipid content (%)	Moisture content (%)	Ash content (%)	Carbohydrate content (%)
1	20.51±0.07 ^b	20.71±0.23 ^d	26.23±0.23 ^e	6.17±0.11 ^a	26.39±0.18 ^c
2	22.07±0.33 ^a	27.09±0.16 ^a	22.09±0.07 ^f	3.47±0.14 ^{bc}	25.29±0.43 ^e
3	18.42±0.11 ^c	22.04±0.23 ^c	27.61±0.23 ^c	3.72±0.05 ^b	28.20±0.11 ^b
4	18.54±0.06 ^c	20.82±0.17 ^d	27.04±0.02 ^d	3.34±0.08 ^c	30.26±0.26 ^a
5	17.26±0.12 ^d	23.28±0.03 ^b	30.20±0.32 ^a	3.47±0.31 ^{bc}	25.79±0.21 ^d
6	18.53±0.32 ^c	22.26±0.13 ^c	28.81±0.29 ^b	3.76±0.251 ^b	26.64±0.32 ^c

หมายเหตุ: -ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับข้อมูลในแนวดิ่งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่า เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT
-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณต่าง ๆ กัน แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่าทั้ง 6 สิ่งทดลองไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิด อธิบายได้ว่ากุนเชียงเสริมไลโคปีนได้ตามมาตรฐานมผช.กุนเชียงหมู

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณต่าง ๆ กัน

สิ่งทดลองที่	Aerobic plate count (cfu/g)	Anaerobic plate count (cfu/g)	Psychrophile plate count (cfu/g)	Yeast and mold counts (cfu/g)
1	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
2	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
3	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
4	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
5	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
6	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณต่าง ๆ กัน แสดงดังตารางที่ 4.8 อธิบายได้ว่าคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและการยอมรับรวม พบว่าสิ่งทดลองที่ 4 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสิ่งทดลองที่ 2 (ควบคุม) โดยพบว่าคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สีและกลิ่น สิ่งทดลองที่ 4 มีค่าสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 7.40 ± 0.05 , 7.57 ± 0.02 และ 7.57 ± 0.08 ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะทางด้านรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมพบว่าสิ่งทดลองที่ 2 มีค่าสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 7.57 ± 0.04 , 7.47 ± 0.01 และ 7.33 ± 0.12 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณต่าง ๆ กัน

สิ่ง ทดลองที่	ลักษณะ ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อ สัมผัส	การยอมรับ รวม
1	7.07±0.09 ^{bc}	7.13±0.13 ^b	7.10±0.04 ^b	6.30±0.11 ^d	6.83±0.11 ^{cd}	6.00±0.06 ^d
2	7.30±0.30 ^{ab}	7.07±0.28 ^b	7.37±0.05 ^a	7.57±0.04 ^a	7.47±0.01 ^a	7.33±0.12 ^a
3	7.00±0.05 ^{bc}	7.27±0.06 ^b	7.03±0.12 ^b	7.33±0.02 ^{ab}	7.10±0.12 ^{bc}	6.87±0.08 ^b
4	7.40±0.05 ^a	7.57±0.02 ^a	7.57±0.08 ^a	7.40±0.11 ^{ab}	7.13±0.02 ^b	7.23±0.04 ^a
5	6.43±0.02 ^d	6.27±0.04 ^d	6.83±0.03 ^b	7.03±0.09 ^c	6.57±0.02 ^d	6.60±0.09 ^c
6	6.93±0.04 ^c	6.60±0.11 ^c	6.50±0.03 ^c	7.20±0.08 ^{bc}	6.70±0.04 ^d	6.57±0.01 ^c

หมายเหตุ: -ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับข้อมูลในแนวดิ่งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่า เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT
-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมพบว่ากุนเชียงเสริมไลโคปีนสามารถจะลดการใช้ไนโตรทลงได้ และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับรวมของสิ่งทดลองที่ 4 คือสูตรที่เติมไนโตรท 25 ppm เติมตำลึงผง 2% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับสิ่งทดลองที่ 2 (ควบคุม) ดังนั้นสิ่งทดลองที่ 2 จึงสมควรนำไปผลิตเป็นกุนเชียงเสริมไลโคปีนต่อไปดังตาราง ที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตกุนเชียงเสริมไลโคปีน

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสมที่ยังไม่ได้ปรับ	ปริมาณส่วนผสมปรับแล้ว
หมูเนื้อแดง	70%	56.77%
มันหมูแข็ง	30%	24.33%
น้ำตาล	18.0% ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง	14.48%
ทราย		
เกลือ	0.4% ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง	0.32%
ซีอิ๊วขาว	1.4% ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง	1.13%
ผงชูรส	1.0% ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง	0.80%
แอคคอร์ด	0.2% ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง	0.16%
ผงพะโล้	0.3% ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง	0.24%
ผงเพรก	คำนวณให้มีไนโตรท 25 ppm ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง	0.80%
ผลตำลึงสุก	2.0% ของน้ำหนักหมูเนื้อแดงรวมกับมันหมูแข็ง	1.61%
ผง		
รวม	123.3	100.64

4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัสและจุลินทรีย์ของ กุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2% เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4°C

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัสและจุลินทรีย์ของ กุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2% เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4°C สำหรับระยะเวลาในการเก็บรักษา กุนเชียงเสริมไลโคปีน แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.9 แสดงระยะเวลาในการเก็บรักษา กุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2%

สิ่งทดลองที่	ระยะเวลาในการเก็บรักษา กุนเชียง (สัปดาห์)
1	0
2	2
3	4
4	8

จากการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพของ กุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงใน ปริมาณ 2% ที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน แสดงดังตารางที่ 4.11 อธิบายได้ว่าค่า L^* ค่าความสว่าง จะมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ ยิ่งมีระยะเวลาในการเก็บรักษามากค่าความสว่าง ยิ่งลดลง พบว่าสิ่งทดลองที่ 1 คือมีระยะเวลาในการเก็บที่ 0 สัปดาห์ จะมีค่าความสว่างมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 46.58 ± 0.38 ส่วนค่า a^* ค่าสีแดง พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0 สัปดาห์จะมี ค่าสีแดงน้อยที่สุดเนื่องจากไนโตรเจนยังไม่เปลี่ยนเป็นสารที่ให้สีแดงกับผลิตภัณฑ์แต่เมื่อเวลาผ่านไป ที่ สัปดาห์ที่ 2 พบว่าค่าสีแดงมีค่ามากที่สุดหลังจากนั้นค่าสีแดงจะค่อย ๆ ลดลงตามระยะเวลาการเก็บ อธิบายได้ว่าเมื่อไนโตรเจนเปลี่ยนเป็นสารที่ให้สีแดงกับผลิตภัณฑ์เมื่อระยะเวลาในการเก็บที่เพิ่มขึ้นสารที่ ให้สีแดงจะเกิดการสลายตัวไปเป็นสารอื่น อีกทั้งไลโคปีนที่เป็นสารให้สีแดงกับผลิตภัณฑ์เมื่อระยะเวลา ในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นก็จะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นสารอื่นจึงทำให้สีแดงในผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อระยะเวลาใน การเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่วนค่า b^* ค่าสีเหลือง พบว่าค่าสีเหลืองจะลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความเหนียว (Toughness) พบว่าระยะเวลาในการ เก็บที่ 2 สัปดาห์จะมีค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความเหนียว (Toughness) มากที่สุด คือมี ค่าเท่ากับ 8.78 ± 0.07 kg และ 65.60 ± 0.15 kgsec ตามลำดับ โดยพบว่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความเหนียว (Toughness) จะมีค่าเพิ่มขึ้นที่ระยะเวลาการเก็บที่ 2 สัปดาห์และค่อย ๆ ลดลง เรื่อย ๆ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น สันนิษฐานได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น กุนเชียงอาจจะดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมเข้าไปเพราะฉะนั้นค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และ ค่าความเหนียว (Toughness) จึงลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2% ที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

สิ่งทดลองที่	สี L*	สี a*	สี b*	ความแน่นเนื้อ (Firmness) (kg)	ความเหนียว (Toughness) (kgsec)
1	46.58±0.38 ^a	5.51±0.30 ^d	17.39±0.27 ^a	7.97±0.01 ^b	46.30±0.05 ^c
2	41.85±0.09 ^b	17.62±0.14 ^a	15.21±0.20 ^b	8.78±0.07 ^a	65.60±0.15 ^a
3	41.45±0.04 ^c	11.58±0.38 ^b	10.89±0.08 ^c	7.72±0.05 ^c	52.18±0.18 ^b
4	40.01±0.04 ^d	7.76±0.08 ^c	6.71±0.18 ^d	7.31±0.09 ^d	37.99±0.03 ^d

หมายเหตุ: -ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับข้อมูลในแนวดิ่งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่า เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT
-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2% เก็บรักษาที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน แสดงดังตารางที่ 4.12 และ 4.13 พบว่าปริมาณไลโคปีนของทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2323 ± 0.01 - 0.2379 ± 0.04 mg/g พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษากุนเชียงเสริมไลโคปีนไม่ทำให้ปริมาณไลโคปีนในกุนเชียงจากผลตำลึงสุกผงเปลี่ยนแปลงมากนัก อธิบายได้ว่าปริมาณไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผงมีความคงตัวค่อนข้างสูง ส่วนค่า a_w จะลดลงตามระยะเวลาในการเก็บที่เพิ่มขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นอีกที่ระยะเวลาในการเก็บที่ 8 สัปดาห์ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณกรดทั้งหมด (acidity) พบว่าสิ่งทดลองที่ 1 และสิ่งทดลองที่ 2 มีค่ามากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 6.43 ± 0.01 และ $0.32 \pm 0.01\%$ ตามลำดับ ส่วนค่า TBA value พบว่าสิ่งทดลองที่ 2, 3, และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และสิ่งทดลองที่ 4 มีค่า TBA value สูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 2.48 ± 0.01 mg malonaldehyd /kg โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษากุนเชียงเสริมไลโคปีนมากขึ้น ค่า TBA value ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปด้วย อธิบายได้ว่าไขมันในกุนเชียงจะเกิดการหืน (rancidity) มากขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของกุ้งแช่แข็งเสริมไลโคปีนที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2% ที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

สิ่งทดลอง ที่	ปริมาณไลโคปีน (mg/g)	a_w	pH	acidity	TBA value (mg malonaldehyd /kg)
1	0.2323±0.01	0.84±0.01 ^a	6.43±0.01 ^a	0.20±0.01 ^c	1.47±0.21 ^b
2	0.2351±0.01	0.82±0.01 ^b	6.33±0.01 ^b	0.32±0.01 ^a	2.30±0.15 ^a
3	0.2379±0.04	0.83±0.01 ^b	6.38±0.03 ^{ab}	0.30±0.01 ^b	2.36±0.01 ^a
4	0.2469±0.03	0.85±0.01 ^a	6.40±0.01 ^a	0.31±0.01 ^a	2.48±0.01 ^a

หมายเหตุ: -ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่า เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT
-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สำหรับปริมาณโปรตีนพบว่าสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 พบว่าสิ่งทดลองที่ 2 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 1 คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 18.66±0.26 และ 18.54±0.06 ตามลำดับ ส่วนปริมาณไขมันพบว่าสิ่งทดลองที่ 3 มีปริมาณไขมันสูงที่สุด รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 2 คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 28.59±0.17 และ 26.41±0.26 ตามลำดับ สำหรับปริมาณความชื้นพบว่าสิ่งทดลองที่ 4 มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 3 คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 33.59±0.05 และ 30.44±0.12 ตามลำดับ โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น กุ้งแช่แข็งจะมีความชื้นเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณเถ้าพบว่าสิ่งทดลองที่ 3 มีปริมาณความเถ้าสูงที่สุด รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 1 คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.39±0.01 และ 3.34±0.08 ตามลำดับ สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตพบว่าสิ่งทดลองที่ 1 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 3 คือมีค่าเท่ากับร้อยละ 30.26±0.26 และ 27.07±0.51 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของกุ้งแช่แข็งที่มีปริมาณน้ำแข็ง 2% ที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน (ต่อ)

สิ่งทดลองที่	Protein content (%)	Lipid content (%)	Moisture content (%)	Ash content (%)	Carbohydrate content (%)
1	18.54±0.06 ^a	20.82±0.17 ^c	27.04±0.02 ^d	3.34±0.08 ^{ab}	30.26±0.26 ^a
2	18.66±0.26 ^a	26.41±0.26 ^b	29.37±0.23 ^c	3.28±0.06 ^b	22.28±0.62 ^d
3	17.51±0.26 ^b	28.59±0.17 ^a	30.44±0.12 ^b	3.39±0.01 ^a	27.07±0.51 ^b
4	17.61±0.25 ^b	20.53±0.08 ^c	33.59±0.05 ^a	3.28±0.01 ^b	24.99±0.30 ^c

หมายเหตุ: -ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับข้อมูลในแนวดิ่งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่า เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT
-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของกุ้งแช่แข็งที่มีปริมาณน้ำแข็ง 2% และเก็บรักษาไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน แสดงดังตารางที่ 4.14 พบว่าเชื้อ Aerobic plate count, Anaerobic plate count และ Yeast and mold counts จะมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยเชื้อ Aerobic plate count จะไม่พบเชื้อในสัปดาห์ที่ 0 ส่วนเชื้อ Anaerobic plate count จะไม่พบเชื้อในสัปดาห์ที่ 0 ถึง 2 ส่วนเชื้อ Yeast and mold counts จะไม่พบเชื้อในสัปดาห์ที่ 0 ถึง 4 สำหรับเชื้อ Psychrophile plate count ไม่พบเชื้อตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของกุ้งแช่แข็งที่มีปริมาณน้ำแข็ง 2% ที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

สิ่งทดลองที่	Aerobic plate count (cfu/g)	Anaerobic plate count (cfu/g)	Psychrophile plate count (cfu/g)	Yeast and mold counts (cfu/g)
1	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
2	2.0×10^5	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
3	4.2×10^5	5.6×10^4	ไม่พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
4	1.0×10^6	9.7×10^4	ไม่พบเชื้อ	1.0×10^3

หมายเหตุ: -ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของกุนเชียงเสริมโลโคปิ่นที่มีการการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2% และเก็บรักษาไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน แสดงดังตารางที่ 4.15 อธิบายได้ว่า คุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม มีค่าคะแนนลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่าคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมมีค่าน้อยที่สุดที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่สัปดาห์ที่ 8 คือมีค่าเท่ากับ 6.83 ± 0.06 , 6.27 ± 0.04 , 6.40 ± 0.10 , 6.63 ± 0.10 , 6.47 ± 0.02 และ 6.67 ± 0.15 ตามลำดับ อธิบายได้ว่ากุนเชียงเสริมโลโคปิ่นเมื่อทำการผลิตแล้วควรจะมีการจัดจำหน่ายทันที ไม่ควรเก็บไว้เป็นเวลานานเนื่องจากคุณภาพของกุนเชียงเสริมโลโคปิ่นจะลดลงตามระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษา ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของกุนเชียงเสริมโลโคปิ่นที่มีการเติมผลตำลึงสุกผงในปริมาณ 2% ที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

สิ่ง ทดลองที่	ลักษณะ ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อ สัมผัส	การยอมรับ รวม
1	7.40 ± 0.05^a	7.57 ± 0.02^a	7.57 ± 0.08^a	7.40 ± 0.11^a	7.13 ± 0.02^a	7.23 ± 0.04^a
2	7.30 ± 0.10^{ab}	7.47 ± 0.06^{ab}	7.20 ± 0.10^b	7.27 ± 0.09^{ab}	7.10 ± 0.10^a	7.20 ± 0.20^{ab}
3	7.10 ± 0.10^b	7.23 ± 0.15^b	7.07 ± 0.06^b	7.07 ± 0.11^b	6.70 ± 0.26^b	6.97 ± 0.15^b
4	6.83 ± 0.06^c	6.27 ± 0.04^c	6.40 ± 0.10^c	6.63 ± 0.10^c	6.47 ± 0.02^b	6.67 ± 0.15^c

หมายเหตุ: -ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับข้อมูลในแนวดิ่งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่า เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT
-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการศึกษาปริมาณของไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบระเหิด (Freeze dryer) โดยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลาย (control) การสกัดด้วยเอนไซม์เพคตินเนส (pectinase) และเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ร่วมกับตัวทำละลาย พบว่าเมื่อเปรียบเทียบการใช้เอนไซม์เพคตินเนสหรือเอนไซม์เซลลูเลสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนกับการใช้ตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว พบว่าการใช้เอนไซม์เพคตินเนสหรือเอนไซม์เซลลูเลสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนทำให้ได้ปริมาณไลโคปีนมากกว่าการสกัดไลโคปีนโดยใช้ตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว และการใช้เอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนที่ระดับความเข้มข้น 6% จะให้ปริมาณไลโคปีนสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 1.1757 ± 0.05 มิลลิกรัม/กรัม ส่วนการใช้เอนไซม์เซลลูเลสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนไม่มีผลต่อการสกัดไลโคปีนมากนักจะใช้หรือไม่ใช้เอนไซม์เซลลูเลสก็มีค่าไม่แตกต่างกัน

5.1.2 จากการศึกษาการนำผลตำลึงสุกผึ่งไปใช้ประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์กุนเชียงเสริมไลโคปีน พบว่าสูตรที่เหมาะสมในการนำไปผลิตกุนเชียงเสริมไลโคปีน คือ หมูเนื้อแดง 56.77% มันแข็งหมู 24.33% น้ำตาลทราย 14.48% เกลือ 0.32% ซีอิ้วขาว 1.13% ผงชูรส 0.80% แอคคอร์ด 0.16% ผงพะโล้ 0.24% ผงพริก 0.80% ผลตำลึงสุกผึ่ง 1.61%

5.1.3 กุนเชียงเสริมไลโคปีนบรรจุสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 8 สัปดาห์ โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับรวมที่ระดับปานกลาง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 กุญเชียงเสริมโลโคปิ่นเมื่อทำการผลิตแล้วควรจะมีการจัดจำหน่ายทันที ไม่ควรเก็บไว้เป็นเวลานาน เนื่องจากคุณภาพของกุญเชียงเสริมโลโคปิ่นจะลดลงตามระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษา ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งโลโคปิ่นจะออกซิไดซ์ไปเป็นสารอนุมูลอิสระ ทำให้ปริมาณและคุณภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของโลโคปิ่นลดลง

5.2.2 การเก็บรักษากุญเชียงเสริมโลโคปิ่นควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เก็บในภาชนะที่ป้องกันแสงแดด และควรเก็บแบบสุญญากาศเพื่อป้องกันการเหม็นหืนของไขมันในกุญเชียง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการศึกษาปริมาณของไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบระเหิด (Freeze dryer) โดยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลาย (control) การสกัดด้วยเอนไซม์เพคตินเนส (pectinase) และเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ร่วมกับตัวทำละลาย พบว่าเมื่อเปรียบเทียบการใช้เอนไซม์เพคตินเนสหรือเอนไซม์เซลลูเลสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนกับการใช้ตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว พบว่าการใช้เอนไซม์เพคตินเนสหรือเอนไซม์เซลลูเลสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนทำให้ได้ปริมาณไลโคปีนมากกว่าการสกัดไลโคปีนโดยใช้ตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว และการใช้เอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนที่ระดับความเข้มข้น 6% จะให้ปริมาณไลโคปีนสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 1.1757 ± 0.05 มิลลิกรัม/กรัม ส่วนการใช้เอนไซม์เซลลูเลสร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดไลโคปีนไม่มีผลต่อการสกัดไลโคปีนมากนักจะใช้หรือไม่ใช้เอนไซม์เซลลูเลสก็มีค่าไม่แตกต่างกัน

5.1.2 จากการศึกษาการนำผลตำลึงสุกผึ่งไปใช้ประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์กุนเชียงเสริมไลโคปีน พบว่าสูตรที่เหมาะสมในการนำไปผลิตกุนเชียงเสริมไลโคปีน คือ หมูเนื้อแดง 56.77% มันแข็งหมู 24.33% น้ำตาลทราย 14.48% เกลือ 0.32% ซีอิ้วขาว 1.13% ผงชูรส 0.80% แอคคอร์ด 0.16% ผงพะโล้ 0.24% ผงเพรก 0.80% ผลตำลึงสุกผึ่ง 1.61%

5.1.3 กุนเชียงเสริมไลโคปีนบรรจุสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C สามารถเก็บรักษานานถึง 8 สัปดาห์ โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับรวมที่ระดับปานกลาง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 กุนเชียงเสริมไลโคปีนเมื่อทำการผลิตแล้วควรจะมีการจัดจำหน่ายทันที ไม่ควรเก็บไว้เป็นเวลานาน เนื่องจากคุณภาพของกุนเชียงเสริมไลโคปีนจะลดลงตามระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษา ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งไลโคปีนจะออกซิไดซ์ไปเป็นสารอนุมูลอิสระ ทำให้ปริมาณและคุณภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของไลโคปีนลดลง

5.2.2 การเก็บรักษากุนเชียงเสริมไลโคปีนควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เก็บในภาชนะที่ป้องกันแสงแดด และควรเก็บแบบสุญญากาศเพื่อป้องกันการเหม็นหืนของไขมันในกุนเชียง

เอกสารอ้างอิง

- กัญญรัตน์ กัญญาคำ และ จันทน์ อริยะพงศ์สรรค์. 2553. การสกัดไลโคปีนจากกากมะเขือเทศโดยใช้
เอนไซม์และสารทำละลายอินทรีย์ต่างชนิด. ว. วิทย . กษ. 41(3/1)(พิเศษ): 289-292.
- จิรวรรณ ยงสวัสดิกุล. 2547. การพัฒนากระบวนการผลิตลูกชิ้นและไส้กรอกจากปลาน้ำจืด. [ระบบ
ออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://www.clinictech.most.go.th/techlist/0214/food/00000-695.html>. (11
พฤศจิกายน 2554).
- ฉวีวรรณ พันธุ์ไชยศรี. ม.ป.ป. การผลิตกุ้งแช่แข็งไขมันต่ำจากบูก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
http://www.service.ifrpd.ku.ac.th/koha_ku/opac_detail.php. (7 พฤศจิกายน
2554).
- วิชชุดา สังข์แก้ว และผาณิต รุจิรพิสิฐ. 2555. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็งเสริมเห็ดหอม. ว. วิทย .
กษ. 43(2)(พิเศษ): 45-48.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546. กุ้งแช่แข็ง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
http://www.app.tisi.go.yh/otop/pdf_file/tcps103_46.pdf. (10 พฤศจิกายน 2554).
- เยาวพา นมัสสิลา. 2549. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็งจากปลาแซลมอน. [ระบบออนไลน์].
แหล่งที่มา <http://www.dcms.thailis.or.th/dcms/browse.php?option=show>.
(10 พฤศจิกายน 2554).
- เยาวลักษณ์ สรพันธุ์พิสิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. เคยูเพลส,
กรุงเทพฯ. 135 น.
- จันทน์ อริยะพงศ์ สรรค์ จินตนาภรณ์ วัฒนธร และนฤมล สติลาวัฒน์. 2552. รายงานการวิจัยเรื่อง
การพัฒนาผงที่มีสารเส้นใยอาหารสูงและไลโคปีนผงจากกากมะเขือเทศและการศึกษาถึงการ
ให้ประโยชน์ด้านสุขภาพ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุนีย์ เอียดมุสิก มีชัย ลัดดี และ นงเยาว์ ชูสุข. 2555. การทดแทนเนื้อหมูในกุ้งแช่แข็งด้วยกากถั่วเหลือง
ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus*. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระ
นครเหนือ 22(3) : 622-631.
- ศราภา ฉันทิกุล. 2539. การผลิตกุ้งแช่แข็งปลาจากปลาตุ๋นเทศและเก็บรักษา. [ระบบออนไลน์].
แหล่งที่มา <http://www.pikul.lib.ku.ac.th/cgi-bin/agdb1.exe>. (10 พฤศจิกายน
2554).
- อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2541. การปรับปรุงกระบวนการผลิตไส้กรอกหมู หมูยอ และไก่ยอไขมันต่ำ
จากแป้งบูก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
http://www.library.utcc.ac.th/opac/nonm_detail.asp?bib_no. (10 พฤศจิกายน
2554).

- อภิญญา ภูมิสายดอนและ มนต์ทิพย์ ชำช่อง. มปป. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารไลโคปีนหลังการเก็บเกี่ยวของผลฟักข้าวและการทำนายน. การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม.
- Al-Wandawi, H., Abdul-Rahman, M. and Al-Shaikhly, K. 1985. Tomato Processing Wastes as Essential Raw Materials Source. **Food Chem.** 33: 804-807.
- AOAC. 1998. **Association of Official Analytical Chemists.** 16th ed. Virginia. AOAC, Inc., Washington, D.C.
- Aoki H., Kieu N.T.M., Kuze N., Tomisaka K. and Chuyen, N.V. 2002. Carotenoid pigments in gac fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng). **Biosci. Biotechnol. Biochem.** 66(11): 2479-2482.
- Bauernfield, J.C. 1971. Carotenoid vitamin A precursors and analogs in foods and feeds. **J. Agric. Food Chem.** 20(3): 456–473.
- Breithaupt, D. E. 2004. Simultaneous HPLC determination of carotenoids used as food coloring additives: Applicability of accelerated solvent extraction. **Food Chem.** 86, 449–456.
- Calvo, M. M., Dado, D. and Santa-Mari´a, G. 2007. Influence of extraction with ethanol or ethyl acetate on the yield of lycopene, b-carotene, phytoene and phytofluene from tomato peel powder. **Eur Food Res Technol.** 224, 567–571.
- Campos, C.A., Alsamora S.M. and Gerschenson L.N. 1995. Sorbic acid stability in meat products of reduced water activity. **Meat Sci.** 41: 37-46.
- Candogan, K. (2002). The effect of tomato paste on some quality characteristics of beef patties during refrigerated storage. **Eur Food Res Technol.** 215, 305–309.
- Deda, M. S., Bloukas, J. G. and Fista, G. A. 2007. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. **Meat Science.** 76, 501–508.
- Guns, E.S. and Cowell, S.P. 2005. Drug insight: lycopene in the prevention and treatment of prostate cancer. **Nat. Clin. Pract. Urol.** 2(1): 38–43.
- Knoblich, M., Anderson, B. and Latshaw, D. 2000. Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids. **J. Sci. Food and Agri.** 85, 1166–1170.

- Kubola, J. and Siriamornpun, S. 2011. Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng). **Food Chem.** 127: 1138–1145.
- Nhung, D.T.T., Bung, P.N., Ha, N.T. and Phong, T.K. 2010. Changes in lycopene and beta carotene contents in aril and oil of gac fruit during storage. **Food Chem.** 121: 326–331.
- Østerlie, M. and Lerfall, J. 2005. Lycopene from tomato products added minced meat: Effect on storage quality and colour. **Food Research International.** 38, 925–929.
- Pearson, A.M. and Gillett T.C. 1996. **Process Meat.** 3rd ed. Chapman and Hall, New York. 448 p.
- Rao, A. V. 2006. **Tomatoes, lycopene and human health.** Scotland: Caledonian Science Press.
- Rao, A.V. and S. Agarwal. 1999. Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: A review. **Nutr. Res.** 19(2): 305-323.
- Sheetal, M.C. and Laxmi, A. 2007. Enzyme aided Extraction of Lycopene from Tomato Tissues. **Food Chem.** 102: 77–81.
- Stahl, W. and Sies, H. 1996. Perspective in Biochemistry and Biophysics. Lycopene: a Biologically Important Carotenoid for Humans. **Biochemistry Biophysics.** 336: 1-9.
- Taungbodhitham, A.K., Jones, G.P., Wahlquist, M.L. and Briggs, D.R. 1998. Evaluation of Extraction Method for the Analysis of Carotenoid in Fruits and Vegetables. **Food Chem.** 63: 577 – 584.
- Lee, Y.L., Yang, J.H. and Mau, J.L. 2008. Antioxidant properties of water extracts from *Monascus* fermented soybean. **Food Chem.** 106: 1128-1137.
- Yang, H.-S., Choi, S.-G., Jeon, J.-T., Park, G.-B. and Joo, S.-T. 2007. Textural and sensory properties of low fat pork sausages with added hydrated oatmeal and tofu as texture-modifying agents. **Meat Science.** 75, 283–289.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รูปภาพประกอบการทำทุนเชียงใหม่ไลโคปีน



รูปที่ 7.1 ผลตำลึงสุก



รูปที่ 7.2 ผลตำลึงสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง



รูปที่ 7.3 ผลตำลึงสุกที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ



รูปที่ 7.4 ผลตำลึงสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่ -40°C พร้อมนำไปเข้าเครื่อง freeze dryer



รูปที่ 7.5 ผลตำลึงสุกนำไปทำแห้งแบบระเหิดด้วยเครื่อง freeze dryer



รูปที่ 7.6 การนำผลตำลึงสุกผงไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนเพื่อให้มีขนาดเล็ก



รูปที่ 7.7 ผลตำลึงสุกผงที่ผ่านการร่อนแล้ว



รูปที่ 7.8 ส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์
กุนเชียงเสริมไลโคปีน



รูปที่ 7.9 การตีผสมส่วนผสมกุนเชียงเสริม
ไลโคปีนด้วยเครื่องผสมอาหาร



รูปที่ 7.10 การตีผสมส่วนผสมกุนเชียง
ไลโคปีนด้วยเครื่องผสมอาหารหัวตีรูปใบไม้



รูปที่ 7.11 การนำกุนเชียงที่ตีผสมเข้ากันดีแล้วมา
อัดไส้



รูปที่ 7.12 การมัดกุนเชียงให้มีขนาดเท่า ๆ กัน



รูปที่ 7.13 กุนเชียงเสริมไลโคปีนที่มัดเป็นท่อน
เรียบร้อยแล้วพร้อมนำเข้าตู้อบลมร้อน



รูปที่ 7.14 การอบกุนเชียงเสริมไลโคปีนใน
ตู้อบลมร้อน



รูปที่ 7.15 การทอดกุนเชียงเสริมไลโคปีนใน
น้ำมันถั่วเหลือง



รูปที่ 7.16 กุนเชียงเสริมไลโคปีนที่ทอดเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 7.17 การหั่นกุนเชียงเสริมไลโคปีนที่ทอด
แล้วเป็นชิ้นเล็ก ๆ



รูปที่ 7.18 กุนเชียงเสริมไลโคปีนที่หั่นเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 7.19 กุนเชียงเสริมไลโคปีนดิบสูตรควบคุม ไนไตรท์ 100 ppm ไม่เติมผลตำลึงสุกผง



รูปที่ 7.20 กุนเชียงเสริมไลโคปีนดิบสูตรควบคุม ไนไตรท์ 25 ppm ไม่เติมผลตำลึงสุกผง



รูปที่ 7.21 กุนเชียงเสริมไลโคปีนดิบสูตรที่เติม ผลตำลึงสุกผง 1% ไนไตรท์ 25 ppm



รูปที่ 7.22 กุนเชียงเสริมไลโคปีนดิบสูตรที่เติม ผลตำลึงสุกผง 2% ไนไตรท์ 25 ppm



รูปที่ 7.23 กุนเชียงเสริมไลโคปีนดิบสูตรที่เติม ผลตำลึงสุกผง 3% ไนไตรท์ 25 ppm



รูปที่ 7.24 กุนเชียงเสริมไลโคปีนดิบสูตรที่เติม ผลตำลึงสุกผง 4% ไนไตรท์ 25 ppm

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

Hedonic scale scoring test

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....ชุดที่.....
เพศ ชาย () หญิง () วันที่..... เวลา.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ **กุนเชียงเสริมไลโคปีนจากผลตำลึงสุกผง**
(Chinese sausages enriched with lycopene from ivy gourd fruit)

คำชี้แจง : โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้และให้ระดับความชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่าง กรุณาชิมทีละตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวา แล้วใส่คะแนนลงบนช่องว่างให้ตรงกับระดับความชอบของท่าน การให้คะแนนถือหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- | | | |
|--------------------|-----------------|------------------|
| 9 = ชอบมากที่สุด | 8 = ชอบมาก | 7 = ชอบปานกลาง |
| 6 = ชอบเล็กน้อย | 5 = ชอบเล็กน้อย | 4 = เฉยๆ |
| 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย | 2 = ไม่ชอบมาก | 1 = ไม่ชอบที่สุด |

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง								
ลักษณะปรากฏ									
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
ลักษณะเนื้อสัมผัส									
การยอมรับรวม									

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์คุณภาพ

ค.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

ค.1.1 การวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer

เครื่องมือและอุปกรณ์

1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer(TEXTURE ANALYZER. Stable Lnicer System TA.XT รุ่น Surrey,UK) ชุดหัววัดสำหรับเจาะ

ขั้นตอนการใช้เครื่อง Texture Analyzer

1. การเข้าโปรแกรม Texture Analyzer

1.1 เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ เปิดเครื่อง Texture Exponent 32

1.2 กด OK ที่หน้าจอ Select User เพื่อเข้าสู่โปรแกรม Texture Exponent 32

1.3 เปิด Graph Texture โดยเลือกเมนู File/New/Graph/OK

2 การ Calibrate Froce

2.1 กด Next พิมพ์น้ำหนักของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่ใช้ Calibrate เครื่อง Texture Analyzer ในช่อง Calibrate weight จากนั้นวางตุ้มน้ำหนักบน Calibrate platform แล้วกด Froce

2.2 เมื่อ Calibrate เสร็จแล้วจะปรากฏสถานะในช่อง Status ว่า Calibrate Complete ให้กดปุ่ม Finish นำตุ้มน้ำหนักลงจาก Plat form และกด OK เพื่อเสร็จสิ้นการ Calibrate Froce

2.3 การ Calibrate High

2.3.1 ติดตั้งหัววัดเข้ากับเครื่อง

2.3.2 เลือกเมนู/ Calibrate/ Calibrate high

2.3.3 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีตัวอย่างหรือสิ่งของใดๆ วางอยู่บนฐานเครื่อง

2.3.4 เลื่อนหัววัดให้ใกล้กับฐานมากที่สุดเพื่อลดระยะเวลาในการ Calibrate โดยกดปุ่ม ↓ และกดปุ่ม ↓ พร้อมกันเป็นการเลื่อนหัววัดลงเร็วขึ้น

2.3.5 พิมพ์ค่าต่างๆตามที่ต้องการ

2.3.6 เมื่อกด OK หัววัดจะค่อยๆ เลื่อนลงมาหาบานและเครื่องที่กลับเมื่อแตะฐาน แล้ว จากนั้นจะปรากฏข้อความ Calibrate High

2.4 การกำหนดค่าทดสอบ เป็นการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆเพื่อส่งงานให้เครื่องทำการทดลอง ดังนี้

2.4.1 เลือกเมนู TA/TA Setting

2.4.2 กดปุ่ม Library Option ด้านขวา เพื่อเลือกเงื่อนไขการทำงานของเครื่อง

2.4.3 เลือก Advance Option ให้เป็น on

2.4.4 ตั้งค่าการทดลองที่ปรากฏในกล่องตอบโต้

2.4.5 เลือกเปลี่ยนหน่วยของระยะทาง แรง และเวลา ที่ต้องการวัดในส่วน Units ทางด้านขวาของกล่องข้อความ

2.4.6 กด Update Project เพื่อโอนค่าที่ตั้งไว้ไปยังเครื่อง Texture Analyzer และค่าที่ตั้งไว้จะปรากฏขึ้นอัตโนมัติเมื่อเข้าโปรแกรมครั้งต่อไป

2.5 เริ่มต้นการทดสอบ โดยวางตัวอย่างที่ทดสอบบนฐาน แล้วดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2.5.1 เลือกเมนู TA/Run a test/ เครื่องจะแสดงกล่องตอบโต้ Test Configuration เพื่อให้เติมข้อมูลต่างเกี่ยวกับการทดลองต่างๆ

2.5.2 Archive information เป็นส่วนที่เติมข้อมูล ต่างของตัวอย่าง

2.5.3 ส่วน Probe Selection สำหรับใส่ข้อมูลหัววัดตรงตามที่ใช้งานจริงโดยกด ↓ เพื่อเรียกรายการของหัววัดขึ้นมา แล้วเลือกหัววัดให้ตรงตามที่ใช้งานจริง

2.5.4 ส่วน Data Acquisition ให้กำหนดความเร็วในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาพล็อตกราฟ โดยเลือกช่อง Acquisition Rate ซึ่งมีหน่วยเป็น PPS หรือ Point per Second ปกตินั้นตัวอย่างทั่วไปมักตั้งค่า Acquisition Rate 200 PPS เนื่องจากหากเลือกความเร็วในการเก็บข้อมูลสูงจะใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลมาก แต่หากเลือกการเก็บข้อมูลน้อยเกินไปจะส่งผลให้ข้อมูลบางจุดหายไป

2.5.5 ส่วน Pre test และ Post test ให้กำหนดเงื่อนไขในการทดสอบ เช่น ให้เครื่องถ่วงเวลาไว้เมื่อสั่ง Run a test หรือให้ลบกราฟแสดงผลการทดลองที่แสดงไว้ก่อนหน้านี้ เป็นต้น

2.5.6 จากนั้นเลือก Run a test เพื่อเริ่มการทดสอบ

2.5.7 เตรียมตัวอย่างโดย สิ่งทดลอง 1,2,3 ใช้ ทริทเมนต์ละ 3 ซ้ำๆละ 1 ตัวอย่างทั้งหมดมี 13 ทริทเมนต์

2.5.8 นำตัวอย่างที่วัดวางบนแท่นรอน ที่จะวัดการวางตัวอย่างควรวางให้ตรงกับหัววัดที่จะทำการวัด

2.5.9 เมื่อหัววัดสัมผัสกับตัวอย่างเครื่องจะแสดงผลการทดลองออกมาเป็นกราฟ และข้อมูลตัวเลขแสดงแรงเฉาะ ทำการทดลองนี้ 5 ครั้งใน 1 ตัวอย่างโดยจะวัดที่ส่วนหัว 1 จุด ส่วนท้าย 1 06f และส่วนกลางของตัวอย่าง 3 จุด

2.6 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

ค.1.2 การวัดค่าสี

ใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab, Ultra Scan PRO รุ่น SGH 948 QQKV วัดค่าสีในระบบ (CIELEB) L^* , a^* และ b^* โดยใช้แผ่นสีขาวเป็นสีมาตรฐานซึ่งกำหนดค่า $L^*=95.00$, $a^* = -0.7$, $b^* = 0.3$ ค่า L^* เป็นการบ่งบอกถึงดำและขาว ค่า $L^*=0$ แสดงว่ามีสีดำ และหากค่า $L^*=100$ แสดงว่ามีสีขาว ค่า a^* บ่งบอกถึงสีเขียวและสีแดงค่าสี a^* เป็นบวกจะเป็นค่าของสีแดง แต่ถ้าค่า a^* เป็นลบแสดงว่าเป็นค่าของสีเขียว ค่า b^* บ่งบอกถึงสีเหลืองและสีน้ำเงินค่า b^* เป็นบวกจะแสดงค่าของสีเหลือง แต่ถ้าค่า b^* เป็นลบแสดงค่าของสีน้ำเงิน ทำการวิเคราะห์ดังนี้

ก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (calibration) ทุกครั้งตามคู่มือการใช้เครื่อง เมื่อปรับมาตรฐานเครื่องเรียบร้อยแล้วจึงทำการวัดตัวอย่างกุนเชียงเสริมไลโคปีน โดยนำกุนเชียงเสริมไลโคปีนมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ หนาประมาณ 2 มม. จากนั้นก็นำไปทำการวัดสี โดยทำการวัด 3 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำวัด 10 ครั้ง

ค.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

ค.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยใช้ตู้อบ (Hot air oven)

1. อบถ้วย moisture can สำหรับใส่ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นใน desiccators จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารประมาณ 5 กรัม ใส่ลงในถ้วย บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน สำหรับตัวอย่างที่เป็นชิ้นใหญ่ต้องบดให้ละเอียดก่อน
3. นำไปอบในตู้อบ โดยเปิดฝาถ้วยขณะอบ ที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบซ้ำหลายๆครั้งจนน้ำหนักคงที่ (ผลต่างการชั่งสองครั้งมีค่าไม่เกิน 2 มิลลิกรัม)

จากการวิเคราะห์ สามารถคำนวณร้อยละของความชื้นและปริมาณของแข็งได้จาก

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไปจากการอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

$$\text{ปริมาณของแข็ง(\%)} = 100 - \text{ความชื้น (\%)}$$

ค.2.2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

อุปกรณ์

1. เครื่องสกัดไขมัน พร้อมถ้วยรองรับไขมัน (cup) และ thimble
2. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
3. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. โถดูดความชื้น (desiccator)

ตัวอย่าง อาหารและผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง แป้ง ถั่วชนิดต่างๆ

วิธีการ

1. เปิดเครื่องทำน้ำเย็น
2. นำถ้วยแก้วรองรับไขมัน (Extraction Cups) อบที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแน่นนอนและจดบันทึกไว้
3. ชดตัวอย่างอาหารในโถงบดสารให้ละเอียด หรือเครื่องบด
4. ชั่งน้ำหนักให้ทราบน้ำหนักแน่นนอนประมาณ 3-5 กรัม ในกระดาศกรอกปราศจากไขมัน (ให้ใช้กระดาศกรอง เบอร์ 1) ห่อตัวอย่างที่ชั่งไว้ ใส่ลงในทิมเบล และสวม adaptor ที่ทิมเบล นำเข้าเครื่องสกัดไขมัน
5. ใส่ปิโตรเลียมอีเทอร์ 80 มิลลิลิตรในถ้วยแก้วรองรับไขมัน (ข้อ 2) แล้วต่อเข้ากับชุดสกัด ที่เปิดน้ำเย็นผ่านระบบ condenser จากนั้นเปิดเตาความร้อนให้มีการกลั่นตัวของปิโตรเลียมอีเทอร์ในอัตรา 5-6 หยดต่อนาที ตั้งโปรแกรมการสกัดที่เครื่องดังนี้ การสกัดไขมัน นาน 1 ชั่วโมง การชะล้าง (rinse) นาน 30 นาที
6. หลังจากสกัดเสร็จ ทำการ recovery เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์เก็บไว้ส่วนบนของเครื่อง เวลาประมาณ 101 นาที นำถ้วยแก้วรองรับไขมัน ไปอบในตู้อบ 95-100 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก

$$\% \text{ curde fat} = \frac{(A-B) \times 100}{W}$$

A = น้ำหนักถ้วยแก้วรองรับไขมันและไขมันหลังอบ

B = น้ำหนักถ้วยแก้วรองรับไขมัน

W = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

ค.2.3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

วัสดุและอุปกรณ์

1. ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl Apparatus) ซึ่งประกอบด้วย เครื่องสำหรับย่อยโปรตีน เครื่องสำหรับกลั่นโปรตีน และ Kjeldahl flask ขนาด 600 มิลลิลิตร
2. ขวดรูปخمพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. ปิเปต
4. บิวเรต
5. กระดาษซังสารที่ไม่มีไนโตรเจน หรือกระดาษกรอง เบอร์ 1

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. Anhydrous CuSO_4 และ Anhydrous K_2SO_4 : ซังสารคอปเปอร์ซัลเฟต 40 กรัม และ โพแทสเซียมซัลเฟต 350 กรัม ผสมให้เข้ากัน ชั่งน้ำหนัก 7-8 กรัม ต่หลดอด
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้นร้อยละ 55 เตรียมโดยซังโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม และโซเดียมไทโอซัลเฟต 5 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1000 มิลลิลิตร
4. สารละลายกรดบอริก 4% : สารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 เตรียมโดยซังกรดบอริก 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ให้เป็น 1000 มิลลิลิตร
5. สารละลายอินดิเคเตอร์ : Mixed indicator เตรียมโดยซัง bromocresol green 0.2 กรัม ละลายในเอทานอล 100 มิลลิลิตร และซัง methyl red 0.2 กรัม ละลายในเอทานอล 100 มิลลิลิตร แล้วนำสารละลายทั้งสองชนิดมาผสมรวมกันในอัตราส่วนสารละลาย bromocresol green จำนวน 5 ส่วน ผสมกับสารละลาย methyl red จำนวน 1 ส่วนผสมให้เข้ากันแล้ว เทใส่ขวดสีชาที่มีฝาปิด
6. สารละลายมาตรฐานกรดเกลือ 0.02 โมลาร์ เตรียมโดยดูดสารละลายกรดเกลือเข้มข้นจำนวน 1.7 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น จำนวน 1000 มิลลิลิตร ซังสารโซเดียมคาร์บอเนตที่ผ่านการอบ จำนวน 0.013 กรัม (ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ละลายในน้ำกลั่น หยดสารละลายอินดิเคเตอร์จำนวน 5 หยด โดยไตเตรทกับสารละลายกรดเกลือที่เตรียมไว้จนกระทั่งถึงจุดยุติ สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู คำนวณความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายมาตรฐานกรดเกลือ(ถ้าต้องการเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 M : เตรียมโดยการเจือจาง HCL 12 M ด้วยน้ำกลั่น และตรวจสอบความเข้มข้น ที่แน่นอนด้วยโซเดียมคาร์บอเนต)
7. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต: นำ Na_2CO_3 มาบดในโกร่งประมาณ 10 กรัม ให้เป็นผงละเอียดอบที่ 265 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง หรือ 200 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccators

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักแน่นอน โดยใช้กระดาษชั่งสารชนิดที่ไม่มีไนโตรเจน ประมาณ 0.5 กรัม สำหรับตัวอย่างที่มีโปรตีนสูง (เนื้อ นม ไข่) และประมาณ 2-3 กรัมสำหรับตัวอย่างที่มีโปรตีนต่ำ (เมล็ดพืช) พับกระดาษเพื่อห่อตัวอย่างใส่ลงใน Kjeldahl digestion flask
 2. ให้เตรียม blank ควบคู่ไปด้วย โดยทำเช่นเดียวกันแต่ไม่ใส่ตัวอย่าง ใส่เฉพาะกระดาษชั่งสาร
 3. เติม Catalyst mixture จำนวน 7 กรัม หรือใส่ Kjil tabs 2 เม็ด เทซัลฟริกเข้มข้นจำนวน 20 มิลลิลิตร ค่อยๆเทลงล่างตัวอย่างที่ติดอยู่ข้างๆ flask ลงไปด้วย เขย่าอย่างระมัดระวังให้ผสมเข้ากัน
 4. นำ Kjeldahl flask ไปย่อยบนเครื่องมือสำหรับย่อย พร้อมเปิดระบบดูดไอกรดให้เรียบร้อย ก่อน จึงเปิดสวิตช์ให้ความร้อน ย่อยจนส่วนผสมใส (ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง) จากนั้นหยุดให้ความร้อนแล้วปล่อยให้เย็น เพื่อรอขั้นตอนการกลั่นต่อไป
 5. เปิดน้ำไหลผ่าน Condenser ในชุดเครื่องกลั่นโปรตีนให้เย็น
 6. เตรียมขวดบรรจุกรดบอริก โดยเปิดสารละลายกรดบอริก 4% ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตรเติม indicator (Bromocresol Green/Methyl Red mixed) จำนวน 4 หยด นำไปต่อเข้ากับชุดเครื่องกลั่นโปรตีน โดยให้ด้านปลายของคอนเดนเซอร์จุ่มลงในขวดรูปชมพู่ และอยู่ใต้ระดับสารละลายกรดบอริกทำเช่นเดียวกันทุกตัวอย่าง รวมทั้ง blank
 7. ตั้งโปรแกรมการกลั่น เติมน้ำกลั่น จำนวน 40 มิลลิลิตร หรือสองเท่าของกรดซัลฟริก เติม 55% NaOH-thiosulfate 50 มิลลิลิตร แล้วต่อฟลาสก์เข้ากับคอนเดนเซอร์ทันที ปิดสวิตช์ให้ความร้อน ทำการกลั่นให้ได้ Distillate 150 มิลลิลิตร จึงหยุดให้ความร้อน เลื่อนฟลาสก์ออกมาเล็กน้อย ปล่อยให้ตัวตัวอย่างตกค้างในปลายท่อไหลออกจากปลายท่อให้หมด ฉีดน้ำกลั่นล้างปลายท่อก่อนนำฟลาสก์ออกมา
 8. นำไปไตเตรทหาปริมาณไนโตรเจนกับ 0.1 N HCL จะได้จุดยุติสีเทา (ใช้ blank เป็นตัวเทียบสี)
 9. หลังจากกลั่นเสร็จให้ล้างชุดกลั่น โดยใส่น้ำกลั่นประมาณ 200 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ นำไปต่อเข้ากับปลายท่อกวน ปิดสวิตช์เพื่อหยุดให้ความร้อนและให้เกิดการดูดกลับของน้ำกลั่นเพื่อล้างท่อคอนเดนเซอร์
- เนื่องจากสารละลายกรดเข้มข้น 0.1.นอร์มัล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาพอดีกับไนโตรเจน 0.0014 กรัม

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{(S-B) \times 0.014 \times N \times 100}{W}$$

S = ปริมาณกรดที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มล.)

B = ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรท blank (มล.)

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดมาตรฐาน (นอร์มัล)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

$$\% \text{ โปรตีน} = \% \text{ ไนโตรเจน} \times \text{ค่าคงที่ (factor)}$$

ค.2.4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash Content)

อุปกรณ์

1. ถ้วยชิลิกา
2. Hot air oven
3. เตาเผา Muffle Furnace
4. โถดูดความชื้น

วิธีการ

1. นำถ้วยชิลิกาไปเผาในเตาเผาอุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนักถ้วย
2. ชั่งตัวอย่าง 2-31 กรัมใส่ในถ้วยชิลิกาที่ทราบน้ำหนักแล้ว ถ้าตัวอย่างนั้นเป็นของเหลวให้นำไปทำให้แห้งบน water bath เสียก่อน สำหรับตัวอย่างที่เป็นของแข็ง ให้นำไปเผาบน hot plate จนไม่มีควันดำ แล้วจึงนำตัวอย่างใส่ในเตาเผาอุณหภูมิประมาณ 500-550 องศาเซลเซียส (คลอไรด์จะเกิดการระเหยที่อุณหภูมิสูงกว่า 600 องศาเซลเซียส)
3. เผาตัวอย่างจนกระทั่งได้สีขาว (อาจนานถึง 6 ชั่วโมง) ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก

$$\% \text{ Crude ash} = \frac{(A-B)}{W} \times 100$$

$$A = \text{น้ำหนักถ้วย} + \text{เถ้า}$$

$$B = \text{น้ำหนักถ้วย}$$

$$W = \text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา}$$

หมายเหตุ : ตัวอย่างอาหารพวกธัญพืช เช่น ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ การเผาให้สารประกอบอินทรีย์สลายตัวทำได้ยาก ต้องบดตัวอย่างให้ละเอียด และเพิ่มอุณหภูมิให้สูงอีกเล็กน้อย หรืออาจต้องปล่อยให้เถ้าสีดำเย็นลงแล้วหยดน้ำลงไปให้ความชื้น ค่อยนำไปเผาใหม่

ค.2.5. การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องวัด pH meter
2. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร
4. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. ช้อนสำหรับตักน้ำพริก
6. แท่งแก้วคนสาร
7. น้ำพริกนรกจากแมลงสะตัง

วิธีการ

1. เสียบปลั๊กเครื่อง pH meter แล้วเปิดเครื่อง
2. Calibet เครื่องโดยใช้หัววัดจุ่มลงในสารละลาย pH 7 และ pH 4
3. นำตัวอย่างกุนเชียง 10 กรัม ผสมน้ำกลั่น 30 มล. ปั่นผสมให้เข้ากัน
4. จุ่มหัววัด pH ลงในตัวอย่างกุนเชียงในข้อ 3
5. อ่านค่า pH แล้วบันทึกผล

ค.2.6. การวิเคราะห์ค่าปริมาณกรดทั้งหมด

อุปกรณ์และเครื่องมือ

- บิวเรต
- อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- แท่งกวน
- เครื่องกวน
- เครื่อง pH meter

สารเคมี

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N

วิธีวิเคราะห์

- 1 นำตัวอย่างขุนเชียง 10 กรัม ผสมน้ำกลั่น 30 มล. ปั่นผสมให้เข้ากัน กรองด้วยกระดาษกรอง watman No.1 เทสารละลายที่กรองได้ใส่ลงในปิเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 2 ใส่แท่งกวนลงในปิเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร พร้อมเปิดเครื่องกวนเพื่อทำการกวน
- 3 ไตเตรทกับสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ พร้อมวัดค่า pH จนถึงจุดยุติของปฏิกิริยาที่ pH 8.0-10
- 4 บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
- 5 คำนวณค่าความเป็นกรดในรูปของกรดแลคติก (g lactic acid/100 g of sausage) โดยใช้

สูตร

$$TA = \frac{MNaOH \times ml NaOH \times 0.09 \times 100}{g \text{ of sausage sample}}$$

- เมื่อ TA = ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (g lactic acid/100 g of sausage)
- MNaOH = Molarity of NaOH
- ml NaOH = ปริมาณของ NaOH ที่ใช้ในการไตเตรท
- 0.09 = equivalent weight of lactic acid

2.7 Lycopene analysis

Lycopene analysis in Chinese sausage was extracted using the method of Kubola et al. (2011) with modification. One mL of lipid solution was dehydrated by evaporation off solvent at 25°C under N₂. The oil sample was mixed with 0.2 g MgCO₃ then extracted 3 times with 15 ml solution of tetrahydrofuran (THF) and methanol (MeOH) (4:1) until complete exhaustion of the color. The liquid phase was filtered and washed 3 times with a saturated sodium chloride solution. The organic layer was taken and dehydrated with anhydrous sodium sulphate and evaporated under reduced pressure at 40°C. The residue was dissolved in 10 ml solution of dichloromethane (DCM) and MeOH (6:4). The lycopene contents were quantified by high pressure liquid chromatography (HPLC). The RP-HPLC system (Shimadzu) consisted of an auto sample and column oven equipped with Inertsil ODS (4.6 mm×250 mm, 5 μm) with mobile phase of DCM:acetonitrile (6:4, v/v, containing 0.05% BHA as antioxidant) (eluent A) and MeOH (eluent B). The following gradient was used: initial condition was 70% (A) and 30% (B) for 5 min, followed by 80% (A) and 20% (B) for 5 min. The flow rate 1.5 mL/min. Injection volume 20 μL and photodiode-array detector at 472 nm for the analysis of lycopene Calibration curves were constructed with the external standards.

ค.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

ค.3.1 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์โดยวิธีนับจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Viable plate count)

บทนำ

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์โดยวิธีนับจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Viable plate count) นี้เป็นการนับจุลินทรีย์เฉพาะที่ยังมีชีวิตอยู่และสามารถเพิ่มจำนวนเจริญเติบโตเป็นโคโลนีบนอาหารวุ้น (agar media) โดยถือหลักการว่าเซลล์หนึ่งเซลล์หรือกลุ่มเซลล์ที่อยู่ใกล้ ๆ กันจะเพิ่มจำนวนเจริญเติบโตทับถมกันเป็น 1 โคโลนี

การตรวจนับจะแม่นยำที่สุดเมื่อ

1. ตัวอย่างมีการเจือจางพอเหมาะ คือมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ระดับที่เมื่อเจริญเติบโตในอาหารวุ้นแล้วจะมีจำนวนโคโลนีระหว่าง 30-300 โคโลนีต่อจานเพาะเชื้อ
2. จุลินทรีย์ในตัวอย่างอาหารมีการกระจายดีและเกาะกลุ่มน้อยที่สุด
3. อาหารเลี้ยงเชื้อเหมาะสม
4. อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้สามารถตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์โดยวิธีนับจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดในตัวอย่างอาหารได้
2. สามารถคำนวณปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดเป็น cfu/g or cfu/ml ในตัวอย่างอาหารได้

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวอย่างอาหาร
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA), agar 2%
3. น้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วขวดละ 90 มล. และหลอดละ 9 มล. หรือฟอตเฟตบัฟเฟอร์ที่ฆ่าเชื้อแล้วขวดละ 90 มล. และหลอดละ 9 มล.
4. pipette ขนาด 1 มล., 5 มล. และ 10 มล.
5. plate

วิธีการทดลอง

1. ทำการเจือจางตัวอย่างอาหารที่จะมาตรวจเชื้อ โดยชั่งตัวอย่างอาหารมา 10 กรัมด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อใส่ลงในน้ำกลั่นหรือฟอสเฟตบัฟเฟอร์ปริมาตร 90 มล. ผสมให้เข้ากันจะได้อาหารที่มีความเจือจาง 1:10

2. ทำ serial dilution ตัวอย่างอาหารด้วย น้ำกลั่นหรือฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ปริมาตร 9 มล. จนได้ความเจือจาง 10^{-5}

3. คุดูอาหารทุกความเจือจาง ๆ ละ 1 มล. ใส่ในจานเพาะเชื้อ ความเจือจาง ๆ ละ 2 ซ้ำ

4. ให้เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ใส่ในจานเพาะเชื้อ ผสมให้อาหารเลี้ยงเชื้อกับตัวอย่างเข้ากันดี จากนั้นปล่อยให้อาหารแข็ง โดยกลับจานเพาะเชื้อสำหรับการบ่มเชื้อยีสต์ แบคทีเรีย และการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด สำหรับเชื้อราที่บ่มเชื้อโดยไม่ต้องกลับจานเพาะเชื้อ

4.1 สำหรับ Aerobic plate counts และ Psychrotrophic plate counts นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 2-3 วัน และ บ่มที่ 7°C นาน 2-3 วันตามลำดับ

4.2 สำหรับ Anaerobic plate counts ทำเช่นเดียวกับ Aerobic plate counts แต่เมื่ออาหารแข็งแล้วให้เททับด้วยวุ้น (agar) 2% บ่มภายใต้สภาวะไร้อากาศที่อุณหภูมิ 37°C นาน 2-3 วัน

5. นับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น คำนวณเป็นจำนวนในอาหาร 1 กรัมหรือ มิลลิลิตร (cfu/g or cfu/ml)

ค.3.2 การตรวจสอบราและยีสต์ในอาหาร

บทนำ

ยีสต์และราเป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียอยู่เสมอ การตรวจนับจำนวนเชื้อยีสต์และราในอาหารจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและควรทำด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง การนับจำนวนเชื้อยีสต์จะคล้ายกับแบคทีเรีย ส่วนเชื้อราอาจให้ผลไม่แน่นอนเพราะเชื้อรามีโครงสร้างเป็นเส้นใย ในการตรวจเชื้อหากพบเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อเจริญหลายชนิดแสดงว่าอาหารนั้นมีการปนเปื้อนของเชื้อราจากสภาพแวดล้อมตามปกติ แต่หากมีการเจริญของราเพียงชนิดเดียวจำนวนมาก แสดงว่ามีการเจริญของเชื้อรานั้นในอาหารมาก่อนจึงควรคำนึงถึงการสร้างสารพิษของเชื้อราชนิดนั้นที่ออกมาในอาหารด้วย ในการตรวจเชื้อยีสต์กับราในอาหารเลี้ยงเชื้อ เช่น nutrient agar ควรจะทำการอาหารเลี้ยงเชื้อนั้นเป็นกรดหรือเติมสารปฏิชีวนะที่สามารถทำลายแบคทีเรียได้ลงไปในการอาหารด้วยเพื่อป้องกันแบคทีเรียเจริญแข่งกับเชื้อยีสต์และรา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้สามารถตรวจสอบเชื้อยีสต์และราในตัวอย่างอาหารได้
2. เพื่อให้เข้าใจเทคนิคที่เฉพาะและถูกต้องในการตรวจสอบเชื้อยีสต์และราในตัวอย่างอาหารได้

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวอย่างอาหาร
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA)
3. น้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วขวดละ 90 มล. และหลอดละ 9 มล. หรือฟอตเฟตบัฟเฟอร์ที่ฆ่าเชื้อแล้วขวดละ 90 มล. และหลอดละ 9 มล.
4. pipette ขนาด 1 มล., 5 มล. และ 10 มล.
5. กรดทาร์ทริกความเข้มข้น 10%
6. plate
7. lactophenol

วิธีการทดลอง

1. ทำการเจือจางตัวอย่างอาหารที่จะมาตรวจเชื้อ โดยชั่งตัวอย่างอาหารมา 10 กรัมด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อใส่ลงในน้ำกลั่นหรือฟอสเฟตบัฟเฟอร์ปริมาตร 90 มล. ผสมให้เข้ากันจะได้อาหารที่มีความเจือจาง 1:10
2. ทำ serial dilution ตัวอย่างอาหารด้วย น้ำกลั่นหรือฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ปริมาตร 9 มล. จนได้ความเจือจาง 10^{-5}
3. ตู้อาหารทุกความเจือจาง ๆ ละ 1 มล. ใส่ในจานเพาะเชื้อ ความเจือจาง ๆ ละ 2 ซ้ำ
4. เติมกรดทาร์ทริก 1 มล. ใน PDA 100 มล. ที่หลอมเหลวและปล่อยให้เย็นอุณหภูมิ 45°C เพื่อให้อาหารเป็นกรดแบคทีเรียไม่สามารถเจริญได้
5. เทอาหารเลี้ยงเชื้อใส่ในจานเพาะเชื้อ ผสมให้อาหารเลี้ยงเชื้อกับตัวอย่างเข้ากันดี จากนั้นปล่อยให้อาหารแข็ง
6. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 2-5 วัน
7. นับจำนวนโคโลนีของราและยีสต์ที่เกิดขึ้น คำนวณเป็นจำนวนในอาหาร 1 กรัม (cfu/g or cfu/ml)
8. เชียเชื้อราและยีสต์ใส่ลงในหยด lactophenol บนสไลด์ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์นำมาศึกษาลักษณะรูปร่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์