รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัด

Development of Lon-Khem-Mak-Nat

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. จิตรา สิงห์ทอง	คณะเกษตรศาสตร์
2. วชิราพรรณ บุญญาพุทธิพงศ์	คณะเกษตรศาสตร์
3. ชุติมา ทองแก้ว	คณะเกษตรศาสตร์
4. ปัญจภรณ์ ทัดพิชญางกูร	คณะเกษตรศาสตร์
5. ธิดารัตน์ จุทอง	คณะเกษตรศาสตร์
6. นิภาพรรณ สิงห์ทองลา	คณะเกษตรศาสตร์

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2549

ISBN 978-974-523-143-6

กิตติกรรมประกาศ
(Acknowledgments)

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากวิจัยสำนักงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2549 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้ส่งเสริมและสนับสนุนในการทำวิจัย จนกระทั่งรายงานฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการอาหาร รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่กรุณาให้ความร่วมมือและสนับสนุนในงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

ตุลาคม 2549

บทคัดย่อ

เมื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของเค็มหมากนัดจาก 4 แหล่งผลิต ในจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ แม่อารีย์ แม่กิมซัว รัตนสิน และยายเล็ก พบว่า เค็มหมากนัดในแต่ละแหล่งผลิตมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดแตกต่างกันเล็กน้อย ปริมาณแบคทีเรียกรดแลกติกค่อนข้างแตกต่างกัน โดยพบสูงสุดในเค็มหมากนัดจากแม่อารีย์ ($2.0x10^6$ CFU/g) เค็มหมากนัดทั้ง 4 แหล่งผลิตมีปริมาณเชื้อยีสต์และราเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ตรวจพบ *Staphylococcus aureus* จาก 2 แหล่งผลิต แต่ตรวจไม่พบ *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. มีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.4-2.76% มีความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างใกล้เคียงกันคือ 4.11-4.67 แต่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดแตกต่างกันคืออยู่ในช่วงตั้งแต่ 5.62-11.58% เมื่อตรวจสอบปริมาณความชื้นและค่า a_w พบว่าเค็มหมากนัดทั้ง 4 แหล่งผลิตมีความชื้นสูงคือ 71.16-74.2% สัมพันธ์กับค่า a_w ที่อยู่ในช่วง 0.88-0.93 ปริมาณเถ้าค่อนข้างสูงคือ 10.66-13.61% แต่มีปริมาณเยื่อใยต่ำ (0.75-1.67%) เค็มหมากนัดในแต่ละแหล่งมีไขมัน 3.7-4.4% และมีโปรตีน 6-7% เมื่อศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่างกันแล้ว จากนั้นนำเค็มหมากนัดมาผลิตเป็นหลนเค็มหมากนัดแล้วศึกษากระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน (Hot air oven) การทำแห้งแบบระเหิด (Freeze dryer) และสภาวะการคืนตัวที่เหมาะสม พบว่า การทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำแห้ง 7 5 และ 4 ชั่วโมง และการทำแห้งแบบระเหิดที่ อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทำแห้ง 24 ชั่วโมง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นไม่เกิน 13% หลนเค็มหมากนัดที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิด ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดภายหลังทำการคืนตัวที่อุณหภูมิน้ำ 85-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และคะแนนความความชอบโดยรวมต่ำสุด คือ หลนเค็มหมากนัดที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส คืนตัวเป็นเวลา 5 นาที และ ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส คืนตัวเป็นเวลา 10 นาที และไม่พบการเจริญของเชื้อยีสต์/รา และแบคทีเรียทั้งหมดในหลนเค็มหมากนัดที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 2 วิธี

คำสำคัญ : เค็มหมากนัด หลนเค็มหมากนัด หลนเค็มหมากนัดอบแห้ง

Abstract

The study of physical, chemical and microbiological quality of Khem-Mak-Nut from four sources in Ubon Ratchathani (Mae-Aree, Mae-Kimsua, Rattanasin and Yai-Lek) were monitered. The results showed that total plate count of four sources were non-significant. Lactic acid bacteria were significant in all sources especially in Mae-Aree ($2.0x10^6$ CFU/g). Yeast and mold were occurred more than standard in all samples. *Staphylococcus aureus* were detected in 2 sources, but *Escherichia coli* and *Salmonella* sp. were not found in all samples. Khem-Mak-Nut from all sources contained 1.4-2.76%acidity, pH 4.11-4.67, 5.62-11.58 % total sugar, a_w 0.88-0.93, 10.66-13.61 %ash, 0.75-1.67 %crude fiber, 3.7-4.4 % fat and 6.7 %protein. The study of Lon-Khem-Mak-Nut development using drying process showed that the drying temperature period were 60, 70, 80°C and 7, 5, 4 hours, respectively for hot air oven. The drying temperature period was -40°C and 24 hours for freeze dryer. It was also found that the moisture content $\leq$ 13%. The quality as a whole of Dried Lon-Khem-Mak-Nut using freeze dry process was good and also the highest accepted by panelists after reproduction (85-90°C, 15 minutes). In contrast, the quality of Dried Lon-Khem-Mak-Nut using hot air oven was the lowest accepted by panelists after reproduction (70°C, 5 minutes and 80°C, 10 minutes). Besides, freeze dry process of Dried Lon-Khem-Mak-Nut contained protein and fat more than hot air oven process. Additionally, total plate count, yeast and mold were not detected in all samples.

Keywords: Khem-Mak-Nut, Lon-Khem-Mak-Nut, Dried Lon-Khem-Mak-Nut

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อภาษาไทย	ii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	v
สารบัญภาพ	vi
บทนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	17
ผลการทดลองและวิจารณ์	22
สรุปผลการทดลอง	44
ข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก	50
ภาคผนวก ก. ภาพผลิตภัณฑ์เด็มหมากนัดจาก 4 แหล่งผลิต	51
ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ	53
ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ค่าทางเคมี	57
ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์ค่าทางจุลินทรีย์	62
ภาคผนวก จ. แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	66
ประวัตินักวิจัย	67

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่างๆ ในจังหวัดอุบลราชธานี	26
2	คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่างๆ ในจังหวัดอุบลราชธานี	31
3	คะแนนการประเมินค่าทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบระเหิด (ยังไม่ได้ทำการคืนตัว)	36
4	คะแนนการประเมินค่าทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบระเหิด โดยทำการคืนตัวที่อุณหภูมิ 85- 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 และ 15 นาที	38
5	คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส การทำแห้งแบบระเหิด และตัวอย่างควบคุม	43

ตารางภาคผนวกที่		
1	ค่าความชื้นโดยน้ำหนักแห้งและอัตราการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส	54

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาระหว่างการทำแห้ง	10
2	การเปลี่ยนแปลงอัตราการทำแห้งกับความชื้นในวัตถุ	11
3	การเปลี่ยนแปลงอัตราการทำแห้งกับเวลา	11
4	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการทำแห้ง ผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส	33
5	การเปลี่ยนแปลงอัตราการทำแห้งกับเวลาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	33
6	การเปลี่ยนแปลงอัตราการทำแห้งกับเวลาที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	34
7	การเปลี่ยนแปลงอัตราการทำแห้งกับเวลาที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	34
8	การคืนตัวของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 °C และแบบระเหิด (FD) ที่เวลา 5 นาที	40
9	การคืนตัวของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 °C และแบบระเหิด (FD) ที่เวลา 10 นาที	40
10	การคืนตัวของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 °C และแบบระเหิด (FD) ที่เวลา 15 นาที	40

บทนำ

เค็มหมากนัดเป็นอาหารพื้นบ้าน ที่ถือเป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดอุบลราชธานี คำว่า "หมากนัด" หรือ "บักนัด" เป็นภาษาอีสานหมายถึงสับปะรด การผลิตส่วนใหญ่ผลิตในระดับครัวเรือนหรือในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยนำเนื้อปลาสวายหรือปลาเทโพมาหั่นเป็นชิ้น จากนั้นหมักกับเกลือและสับปะรด บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท หมักทิ้งไว้ ก่อนนำมาบริโภคหรือจำหน่ายต่อไป กระบวนการหมักเกิดขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ ซึ่งจุลินทรีย์จะติดมากับวัตถุดิบหรือระหว่างกรรมวิธีการผลิตทั้งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก นอกจากนี้ระหว่างกระบวนการหมักจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาและชีวเคมี

ในจังหวัดอุบลราชธานีมีการผลิตเค็มหมากนัดในระดับอุตสาหกรรม ในครัวเรือน และกลุ่มแม่บ้าน มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 270-5,600 กิโลกรัม/ปี ปริมาณการผลิตโดยรวมประมาณ 17.7 ตัน/ปี คิดเป็นมูลค่าประมาณ 1.97 ล้านบาท แต่ผลิตภัณฑ์เค็มหมากนัดที่ผลิตจากแหล่งต่างๆ มีคุณภาพแตกต่างกัน นอกจากนี้ยอดขายของผู้ผลิตรายเก่ามีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมีผลิตเค็มหมากนัดเพิ่มขึ้นหลายราย และผู้ผลิตรายใหม่ต้องการเพิ่มยอดขาย (อภิญญา และคณะ, 2543)

เค็มหมากนัดสามารถนำมาปรุงอาหารได้หลายรูปแบบ เช่น รับประทานสดกับผัก ตุ๋นเค็มหมากนัด เค็มหมากนัดหมูสับ น้ำพริกเค็มหมากนัด และเป็นที่นิยมของประชาชนในจังหวัดอุบลราชธานีคือ หลนเค็มหมากนัด ผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดเป็นอาหารที่สามารถซื้อรับประทานได้ตามร้านอาหารในจังหวัดอุบลราชธานีและจังหวัดใกล้เคียง หลนเค็มหมากนัดมีส่วนประกอบของเนื้อเค็มหมากนัด 27.69 % หมูสับ 24.23 % กะทิ 18 % ไข่ไก่ 11.67 % สับปะรด 12.60 % น้ำตาล 2.21 % หอมแดง 1.8 % พริกแดง และใบมะกรูด 1.8% ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มีผลทำให้เกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย มีอายุการเก็บรักษาสั้น และมีความยุ่งยากในการปรุง จึงทำให้หลนเค็มหมากนัดไม่เป็นที่แพร่หลายทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากผู้บริโภคต้องการความสะดวกสบายมากขึ้น ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดทำหลนเค็มหมากนัดอบแห้งขึ้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดที่สามารถหาซื้อได้ง่าย สะดวกในการบริโภคและมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยทำการศึกษากระบวนการทำแห้งที่เหมาะสม ศึกษาการคืนตัวและศึกษาคุณภาพ และองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัด

ดังนั้นการศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์เค็มหมากนัด และการพัฒนาผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดให้มีคุณภาพ มาตรฐาน ความปลอดภัย และคุณค่าทางโภชนาการ จึงเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถแข่งขันได้ในตลาด และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ และเป็นการนำผลิตภัณฑ์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์เค็มหมากนัด
2. ศึกษากระบวนการทำแห้งหลนเค็มหมากนัดแบบลมร้อนและแบบระเหิด
3. ศึกษาการคืนตัวของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดที่ผ่านการทำแห้ง
4. ศึกษาคุณสมบัติและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดที่ผ่านการทำแห้ง

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เค็มหมากนัดในด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ เพื่อสามารถใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ใช้เค็มหมากนัดเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ หลนเค็มหมากนัด ซึ่งจะช่วยปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์เค็มหมากนัดให้มีคุณภาพดีขึ้นและส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์เค็มหมากนัดเป็นที่รู้จักและนิยมบริโภคแพร่หลายต่อไป นอกจากนั้นยังเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่ช่วยเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน

การตรวจเอกสาร

เค็มหมากนัด

เค็มหมากนัด หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "เค็มบักนัด" หรือ "เค็มสับปะรด" หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อปลา เช่นปลาเทโพ ปลาสวาย หั่นเป็นชิ้นหมักกับเกลือและสับปะรด แล้วบรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท หมักในระยะเวลาที่เหมาะสม ควรนำไปปรุงให้สุกก่อนบริโภค (มผช.148, 2546)

เค็มหมากนัดจัดเป็นอาหารโปรตีนประเภทหมักดอง (หมักปลาในน้ำสับปะรด) ประเภทหนึ่งที่เป็นที่นิยมรับประทานของคนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถเก็บได้นาน มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง ประมาณร้อยละ 7.4-9.4 เค็มหมากนัดที่ผลิตขายทั่ว ๆ ไปในปัจจุบันมีรสชาติค่อนข้างเค็ม เพราะใช้ปริมาณเกลือในการหมักค่อนข้างสูง ประมาณร้อยละ 20 จึงทำให้บริโภคได้ครั้งละเพียงเล็กน้อย โดยบริโภคกับผักสดหรือผักต้มต่าง ๆ เช่นเดียวกับการบริโภคน้ำพริก แจ่ว น้ำปลา และกะปิ ดังนั้นผู้บริโภคจะได้รับโปรตีนจากอาหารชนิดนี้เพียงครั้งละเล็กน้อยเท่านั้น จึงไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย (สุวรรณ และคณะ, 2527)

การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักเค็มหมากนัด

เมื่อผสมส่วนผสมซึ่งประกอบด้วย เกลือ ปลา และสับปะรดให้เข้ากันแล้ว จะนำเค็มบักนัดมาบรรจุในขวดแก้ว ปิดฝา แล้วหมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 8-12 สัปดาห์ โดยดัชนีบ่งชี้กระบวนการหมักเค็มหมากนัดว่าพร้อมนำมาบริโภคได้หรือไม่ ได้แก่ การเกิดผลึกสารเคมี การแยกชั้น การเกิดแก๊ส การเปลี่ยนแปลงรส กลิ่น และสี โดยในระหว่างการหมักเค็มหมากนัดกลิ่นคาวปลาจะจางลงและจะมีกลิ่นหอมของสับปะรดและกลิ่นเกลือเกิดขึ้น เค็มหมากนัดจะมีรสเค็ม นอกจากนั้นสีของเนื้อปลาจะค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีเหลืองส้มไปเป็นสีแดงเรื่อ ๆ จนถึงสีส้มแดง แต่สีของสับปะรดไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยสับปะรดจะคงสีเหลืองตามธรรมชาติ (สุวรรณ และคณะ, 2527)

กระบวนการหมักเค็มหมากนัดเกิดขึ้นเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์จะติดมากับวัตถุดิบหรือระหว่างกรรมวิธีการผลิต ทั้งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับการ

หมัก การหมักจะเปลี่ยนน้ำตาลในสับปะรดซึ่งเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดแลคติก แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยแบคทีเรียกรดแลคติกจะผลิตกรดแลคติก ทำให้เกิดรสเปรี้ยว ยีสต์จะหมักน้ำตาลได้แอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้เกิดรสซ่าเล็กน้อยและมีฟองเกิดขึ้นในขวดระหว่างการหมัก และเอนไซม์โบรมีเลน (bromelain) ในสับปะรดซึ่งเป็นเอนไซม์กลุ่มที่ย่อยสลายสารประเภทโปรตีน จะเร่งการหมักให้เร็วขึ้น (สุวรรณ และคณะ, 2527; ลูกจันทร์, 2524)

นอกจากนี้ในระหว่างการหมักแบคทีเรีย vibriolike bacteria ซึ่งมีคุณสมบัติทนเกลือ (halophile) เจริญเติบโตได้ทั้งในที่ที่มีและไม่มีอากาศ (facultative anaerobe) ไม่สร้างสปอร์ (non-spore forming) มีรูปร่างแบบเข็มหมุด (medium rod-curve) ซึ่งปนเปื้อนมากับปลาและปะปนอยู่ในอาหาร จะสร้างผลึกสารเคมีซึ่งมีลักษณะเป็นกลมเล็ก ๆ สีขาวคล้ายไข่ปลาขึ้น ปริมาณผลึกสารที่เกิดขึ้นนี้ผู้ผลิตสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่ากระบวนการหมักได้เสร็จสิ้นสมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปบริโภคหรือจำหน่ายได้ แบคทีเรียจะเริ่มสร้างผลึกสารเคมีขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 ของการหมัก และเริ่มเห็นได้ชัดในสัปดาห์ที่ 5-8 ขึ้นกับสูตรของเค็มหมากนัด (สุวรรณ และคณะ, 2527)

<u>องค์ประกอบของเค็มหมากนัด</u>

องค์ประกอบทางเคมีของเค็มหมากนัด ได้แก่ ความชื้น 57.3-74.3% ปริมาณโปรตีน 5.9-6.4% เยื่อใย 0.4-0.7% เถ้า 12.2-14.7% เกลือโซเดียมคลอไรด์ 10.9-13.9% ปริมาณน้ำตาล 3.4% ปริมาณกรดแลคติก 1.0-1.4% ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.3-4.6% และปริมาณน้ำอิสระ 0.83 (Phithakpol และคณะ, 1995) นอกจากนี้มีรายงานองค์ประกอบของเค็มหมากนัด คือ โปรตีน 6.5% เกลือ 14.5% และน้ำตาล 25 องศาบริกซ์ (ลูกจันทร์, 2524)

<u>การผลิตเค็มหมากนัด</u>

กระบวนการผลิตเค็มหมากนัดจากการศึกษาสถานภาพการผลิตเค็มหมากนัดของจังหวัดอุบลราชธานีซึ่งถือเป็นต้นกำเนิดของผลิตภัณฑ์เค็มหมากนัดโดย อภิญญา และคณะ (2543) ดังนี้

1. วัตถุดิบ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเค็มหมากนัด ได้แก่ ปลา สับปะรด และเกลือ โดยอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเนื้อปลา : สับปะรด : เกลือ อยู่ในช่วง 10 : 7.5-30 : 1-10 กิโลกรัม

1.1 ปลา

ปลาที่ใช้ส่วนมากเป็นปลาน้ำจืด ได้แก่ ปลาเทโพ และปลาสวาย โดยในอดีตใช้ปลาเทโพที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ แต่ในปัจจุบันนิยมใช้ปลาสวายซึ่งเป็นปลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยง เพราะมีปริมาณมากและมีราคาถูกกว่าปลาเทโพ

1.2 เกลือ

เกลือที่นิยมใช้ในการหมักเค็มหมากนัด คือ เกลือสินเธาว์

1.3 สับปะรด

ใช้สับปะรดสุกเป็นวัตถุดิบในการผลิต ในอดีตผู้ผลิตใช้สับปะรดที่ปลูกในเขตจังหวัดอุบลราชธานีเรียกกว่า "สับปะรดหม้อ" มีผลเล็ก และมีเมล็ดอยู่ภายใน ซึ่งอาจเป็นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเหมือนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

1.4 ส่วนประกอบอื่น ๆ

1.4.1 ข้าวแดง ผู้ผลิตบางรายใช้ข้าวแดงที่ตำละเอียดแล้วใส่ลงไป เพื่อทำให้เนื้อปลามีสีแดงสวย โดยใส่ในช่วงการหมักปลากับเกลือ หรือใส่ในช่วงที่ผสมปลาหมักเกลือกับสับปะรด

1.4.2 ผงชูรส ผู้ผลิตบางรายใส่ผงชูรสในขั้นตอนการหมักปลากับเกลือ

1.4.3 น้ำตาลและดินประสิว มีผู้ผลิตบางรายใช้น้ำตาลปรุงแต่งรสชาติของเค็มหมากนัด และใช้ดินประสิวเพื่อให้เนื้อปลามีสีแดง

1.5 บรรจุภัณฑ์

ผู้ผลิตใช้ขวดแก้วในการบรรจุเค็มหมากนัด ได้แก่ ขวดโซดาขนาด 400 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร และขวดโซดาวันเวย์ขนาด 325 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร นอกจากนี้ยังใช้ขวดของเครื่องดื่มเกลือแร่สปอนเซอร์ ปิดด้วยฝาจีบ ปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปแบบของบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ขวดแก้วปากกว้างปิด ฝาพลาสติกสีขาว

2. กระบวนการผลิต

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

2.1.1 นำเนื้อปลามาล้างน้ำให้สะอาด ผู้ผลิตบางรายใช้น้ำส้มสายชูผสมในน้ำสะอาดในการล้างปลา หลังจากล้างน้ำสะอาดแล้ว สะเด็ดน้ำออกจนเนื้อปลาแห้ง จึงหั่นเนื้อปลาเป็นชิ้นเล็ก ๆ

2.1.2 นำสับปะรดมาล้างปอกเปลือก และหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 1 เซนติเมตร

2.2 ผสมเนื้อปลากับเกลือ คลุกเคล้าให้เข้ากัน ผู้ผลิตบางรายจะหมักปลากับเกลือไว้ตั้งแต่ 6 ชั่วโมง ถึง 3 วัน ในภาชนะปิด แต่ส่วนใหญ่จะหมักประมาณ 1 คืน

2.3 นำปลากับเกลือมาผสมกับสับปะรดที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และนำเกลือที่เหลือจากการหมักกับปลาเติมลงไปในขั้นตอนนี้ ผู้ผลิตบางรายจะผสมเกลือกับสับปะรดก่อนแล้วจึงนำมาผสมกับปลาหมัก หรืออาจผสมเกลือพร้อมกับสับปะรดและปลาหมัก

2.4 การบรรจุลงภาชนะ ใช้ขวดปากแคบที่แห้งและล้างทำความสะอาดแล้ว บรรจุให้แน่น ปิดผนึกด้วยฝาจีบ จากนั้นนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่เคลื่อนย้ายเป็นเวลา 1-3 เดือน จึงสามารถนำออกไปจำหน่ายได้

<u>คุณภาพของเค็มหมากนัดและอายุการเก็บรักษา</u>

จากการศึกษาสถานภาพการผลิตเค็มหมากนัดของจังหวัดอุบลราชธานีโดย อภิญญา และคณะ (2543) พบว่าเค็มหมากนัดมีคุณภาพของผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษา ดังนี้

1. เค็มหมากนัดที่มีคุณภาพดีต้องมีสีสดใสตามธรรมชาติ ไม่คล้ำดำ มองเห็นชิ้นเนื้อปลาสีชมพู ผสมกับชิ้นปลาสีเหลือง ไม่มีกลิ่นคาวปลา มีรสชาติกลมกล่อม มีรสเค็มนำ

2. เค็มหมากนัดมีอายุการเก็บรักษามากกว่า 1 ปี หากเปิดฝาขวดจะต้องเก็บในตู้เย็นสามารถเก็บไว้ได้ประมาณ 1 เดือน

<u>คุณลักษณะที่ต้องการของเค็มหมากนัด</u> (มผช.148, 2546)

1. ลักษณะทั่วไป ต้องมีส่วนเนื้อและน้ำผสมกันอย่างเหมาะสม ส่วนที่เป็นน้ำต้องมีลักษณะใส

2. สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้

3. กลิ่น ต้องมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวของเค็มหมากนัดและปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นคาว กลิ่นสาบ

4. รส ต้องมีรสเค็มเปรี้ยวหวานกลมกล่อม

5. สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วน หรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

6. วัตถุเจือปนอาหาร ห้ามใช้สีทุกชนิด

7. โปรตีน ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

8. **เกลือ** ต้องอยู่ระหว่างร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ถึงร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก
9. **ความเป็นกรด-ด่าง** ต้องไม่เกิน 4.5
10. **จุลินทรีย์**
    10.1 *Salmonella* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม
    10.2 *Stappylococcus aureus* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
    10.3 *Escherichia coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
    10.4 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 200 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
11. **พยาธิ** ต้องไม่พบ

หลนเค็มหมากนัด

หลนเค็มหมากนัดมีลักษณะคล้ายน้ำพริก ใช้จิ้มกับผักสด มีรสชาติเฉพาะตัว เป็นของฝากที่ขึ้นชื่อของจังหวัดอุบลราชธานี หลนเค็มหมากนัดเป็นอาหารที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว (paste) เนื้อสัมผัสมีความข้นหนืดปานกลาง มีเนื้ออาหาร (body) พอที่จะใช้จิ้มได้ สารที่ใช้ในการให้ความข้นหนืด ได้แก่ ไข่ไก่ ผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดมีส่วนประกอบของเนื้อเค็มหมากนัด 27.69 % หมูสับ 24.23 % กะทิ 18 % ไข่ไก่ 11.67 % สับปะรด 12.60 % น้ำตาล 2.21 % หอมแดง 1.8 % พริกแดง และใบมะกรูด 1.8%

การทำแห้ง

หลักการทำแห้ง

การกำจัดน้ำหรือการทำให้แห้ง (drying) เป็นการใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหารโดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดของของแข็งในการอบแห้งแบบระเหิด (freeze drying) วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำคือ การช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ การทำงานของเอนไซม์ และปฏิกิริยาเคมีต่างๆ โดยทั่วไปอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการทำแห้งจะไม่สูงมากจนยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนี้การลดน้ำหนักและปริมาณของอาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและการขนส่งเพิ่มความหลากหลายและความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค (วิไล, 2545; Fellows, 2000)

เครื่องมือที่ใช้ในการทำแห้ง

1. การทำแห้งแบบลมร้อน (hot air oven)

เป็นตู้อบที่ให้ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไปเผาอากาศหรือท่อไอน้ำเพื่อให้ความร้อนแก่ตู้อบ การให้ความร้อนแก่ท่อไอน้ำอาจทำโดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรงหรือใช้ไอน้ำจากหม้อต้มไอน้ำที่แยกต่างหาก ท่อไอน้ำนี้จะเป็นตัวให้ความร้อนอากาศในตู้อบ โดยทั่วไปอากาศร้อนนี้จะหมุนเวียนอยู่ในตู้อบและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่แยกต่างหากหรือก๊าซร้อนจะไหลผ่านหลอดรังสีในตู้อบหรือใช้การเผาไหม้น้ำมันเตาระหว่างชั้นของผนังทั้งสอง ผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้จะถูกปล่อยไปทางด้านบนของตู้อบ การให้ความร้อนตู้อบไฟฟ้าจะใช้จานหรือแผ่นนำรังสีความร้อน มีการให้ความร้อนผนังและพื้นของตู้อบแบบกะ มีการติดตั้งเครื่องกระจายความร้อนที่ด้านบนด้านข้างและด้านใต้ของสายพานสำหรับตู้อบที่ทำงานแบบต่ำเนื่องจากในระบบลมร้อนแบบบังคับพานั้นจะใช้เวลาในการอุ่นเครื่องสั้นกว่าและให้การตอบสนองต่อการควบคุมอุณหภูมิได้ดีกว่าตู้อบแบบใช้การแผ่รังสีเพราะมีการให้ความร้อนแก่อากาศเท่านั้น มีการใช้ตู้อบแบบกะที่ใช้ไอน้ำสำหรับทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสุก การออกแบบคล้ายคลึงกับเครื่องผลิตควันสำหรับเนื้อรมควันเนยแข็งและปลา

2. เครื่องอบแห้งแบบระเหิด (freeze dryer)

ในการอบแห้งอาหารด้วยวิธีการอบแห้งที่ใช้ลมร้อน มักจะมีปัญหาในเรื่องการใช้ความร้อนที่ทำให้อาหารแห้งคุณภาพลดลงหรือสูญเสียคุณค่าทางอาหารบางอย่างไปโดยเฉพาะพวกวิตามิน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาการกำจัดความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการอบแห้งแบบระเหิด (freeze drying) ซึ่งจะให้ผลในการเก็บรักษาอาหารคล้ายคลึงกันคือการลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity) โดยไม่ต้องให้ความร้อนแก่อาหาร โดยการระเหิดน้ำในสถานะแช่แข็งโดยตรงไปเป็นสถานะไอ ข้อดีของกระบวนการอบแห้งแบบระเหิด คือ การกำจัดความชื้นสามารถกระทำได้โดยไม่จำเป็นต้องให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับอุณหภูมิสูงเกินไปนอกจากนี้ยังสามารถรักษาโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ในสภาพที่เป็นที่ยอมรับ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง อย่างไรก็ตามกระบวนการดังกล่าวจะใช้เวลานานกว่าการกำจัดน้ำ ค่าใช้จ่ายสำหรับพลังงานในการทำให้เยือกแข็งและค่าใช้จ่ายในการทำสุญญากาศมีราคาสูงมากอีกทั้งเงินลงทุนค่อนข้างสูงทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตอาหารแห้งหรืออาหารเข้มข้นโดยวิธีอบแห้งแบบระเหิดมีราคาแพง โดยทั่วไปกระบวนการนี้จะประกอบด้วยการแช่แข็งก่อนแล้วจึงให้ความร้อนแก่ผิวผลิตภัณฑ์ ทำให้น้ำแข็งระเหิด ณ จุดนั้นแล้วไอจะถูกกำจัดออกไปทันที การระเหิดและกำจัดไอน้ำจะทำให้ผิวหน้าของน้ำแข็ง (ice - front) ลด

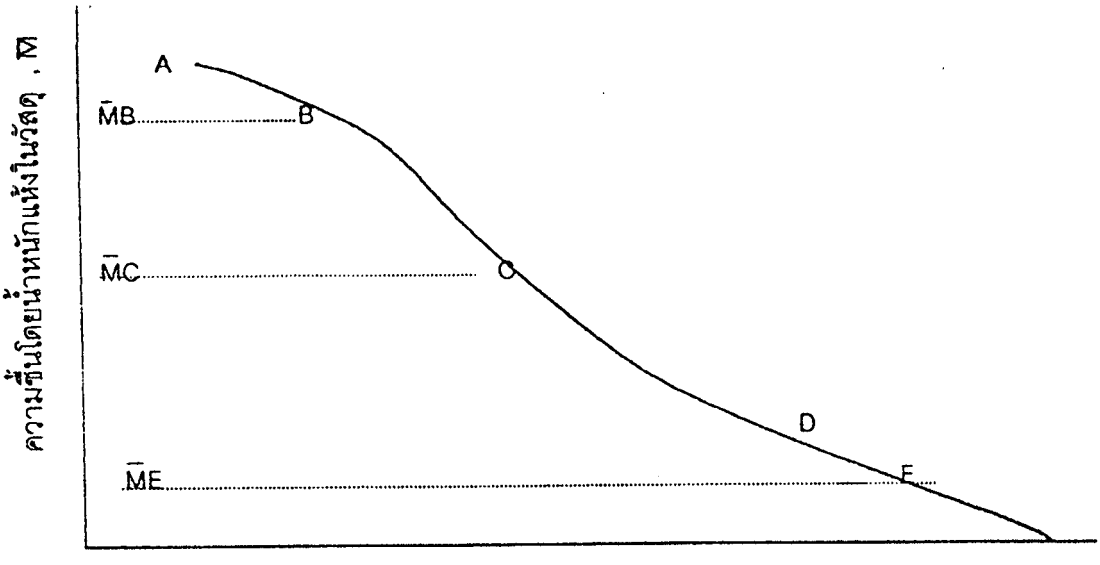
น้อยลง ขณะที่ผิวหน้าของน้ำแข็งเคลื่อนที่ห่างจากผิว ผลิตภัณฑ์จะมีการถ่ายเทความร้อนและการแพร่กระจายของไอ ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกอัตราการอบแห้งแบบระเหิดของผลิตภัณฑ์

องค์ประกอบพื้นฐานของเครื่องอบแห้งแบบระเหิดได้แก่ เครื่องระเหยซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นจะใช้เป็นแหล่งพลังงานของการอบแห้งและเครื่องคอนเดนเซอร์ซึ่งจะรวบรวมไอที่ได้จากผลิตภัณฑ์ทั้งเครื่องระเหยและเครื่องคอนเดนเซอร์จะวางอยู่ในห้องสุญญากาศและสภาวะสุญญากาศเกิดขึ้นโดยการใช้ปั๊มสุญญากาศเพื่อให้การทำแห้งด้วยการระเหิดเกิดขึ้นได้ดีจะต้องรักษาความดันสัมบูรณ์ภายในห้องอบแห้งอย่างน้อย 620 Pa (รุ่งนภา, 2535)

การอบแห้งแบบระเหิดเป็นกระบวนการที่ใช้ในอุตสาหกรรมการทำแห้งอาหารที่มีราคาแพงซึ่งต้องการรักษากลิ่นหรือลักษณะเนื้อสัมผัสค่อนข้างเปราะบาง เช่น กาแฟ เห็ด เครื่องเทศและสมุนไพร น้ำผลไม้ เนื้อ อาหารทะเล ผักและอาหารพร้อมรับประทานสำหรับกองทัพรวมทั้งใช้ในการเก็บรักษาหัวเชื้อจุลินทรีย์เป็นระยะเวลานาน ๆ เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการแปรรูปอาหาร (วิไล, 2545)

ปรากฏการณ์การทำแห้ง (drying Phenomena)

การทำแห้งเป็นกระบวนการที่มีการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นพร้อม ๆ กับการถ่ายเทมวลอากาศร้อนที่ในตอนเริ่มต้นมีอุณหภูมิสูงกว่าวัสดุชื้น จะถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุชื้นโดยการพาความร้อน ทำให้วัสดุชื้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำในวัสดุระเหยออกสู่อากาศร้อนด้วยแรงขับดัน คือความแตกต่างระหว่างค่าความดันไอย่อยของอากาศ ซึ่งกราฟอัตราการทำแห้งดังภาพที่ 1 ได้จากข้อมูลปริมาณความชื้นของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทิ้งไว้ให้สัมผัสกับกระแสอากาศ ตัวอย่างความชื้นนี้จะอยู่ในตู้หรือท่อ กระแสอากาศนี้จะใช้ในการอบแห้งตัวอย่าง โดยมีอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วและทิศทางการไหลผ่านผิวอบแห้งคงที่ น้ำหนักของตัวอย่างจะถูกบันทึก ณ เวลาต่าง ๆ แล้วนำไปคำนวณหาความชื้นแห้งได้ ดังนั้น ปริมาณความชื้นอิสระหาได้จากปริมาณความชื้นแห้ง – ปริมาณความชื้นสมดุล การสร้างกราฟปริมาณความชื้นอิสระกับเวลา กราฟที่ได้จะแสดงช่วงของการอบแห้งต่าง ๆ ในตอนแรกความชื้นจะถูกกำจัดออกไปโดยการระเหยจากผิวที่อิ่มตัว ต่อมาพื้นที่ผิวอิ่มตัวจะลดน้อยลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งเกิดการระเหยน้ำขึ้นภายในตัวอย่าง



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาระหว่างการทำแห้ง

หมายเหตุ: $\overline{M}B$ = ความชื้นโดยน้ำหนักแห้งในวัสดุที่จุด B ($g.H_2O/g.dry\ solid$)

$\overline{M}C$ = ความชื้นโดยน้ำหนักแห้งในวัสดุที่จุด C ($g.H_2O/g.dry\ solid$)

$\overline{M}E$ = ความชื้นโดยน้ำหนักแห้งในวัสดุที่จุด E ($g.H_2O/g.dry\ solid$)

ที่มา : วีระ (2543)

จากผลการเปลี่ยนแปลงความชื้น สามารถคำนวณหาอัตราการทำแห้ง (R) ได้ดังสมการที่ (1)

$$R = \frac{-W_s}{A}\frac{d\overline{M}}{dt} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (1)$$

เมื่อ R = อัตราการทำแห้ง ($g.H_2O/m^2.min$)

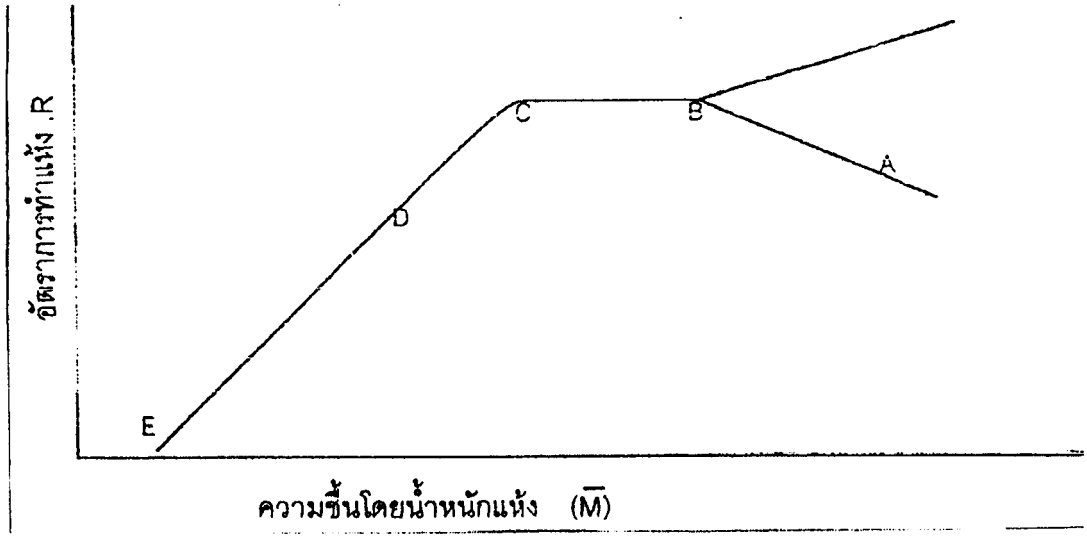
A = พื้นที่ผิวของวัสดุ (m^2)

W_s = น้ำหนักแห้งของวัสดุ (g.dry solid)

$\overline{M}$ = ความชื้นโดยน้ำหนักแห้งในวัสดุ ($g.H_2O/g.dry\ solid$)

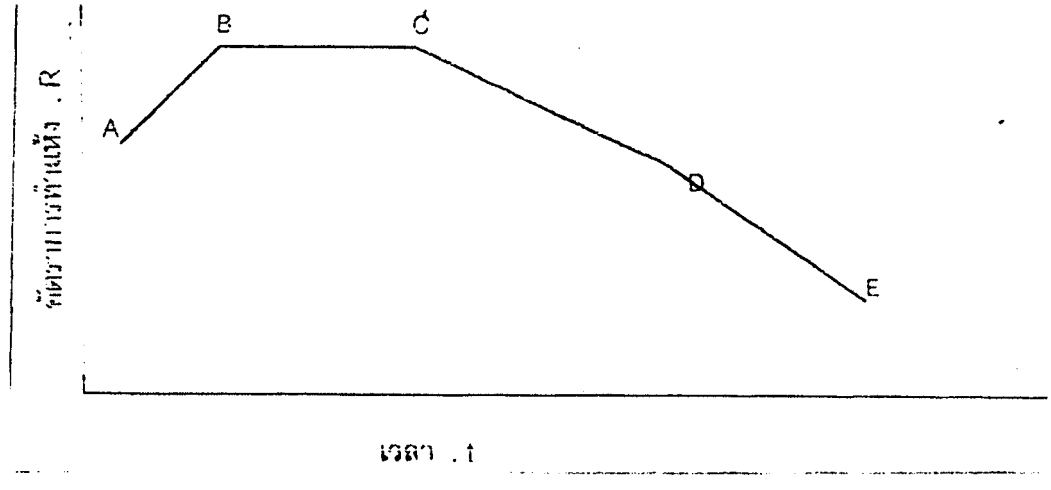
t = เวลา (min)

อัตราการทำแห้ง (R) อาจหาได้จากความชัน (slope) ของความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลา (ภาพที่ 1) เมื่อนำอัตราการทำแห้งมาเขียนกราฟเปรียบเทียบกับความชื้น กับเวลาจะได้ดังภาพที่ 2 และ 3 ตามลำดับ (วีระ, 2543)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงอัตราการทำแห้งกับความชื้นในวัตถุ

ที่มา : วีระ (2543)



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอัตราการทำแห้งกับเวลา

ที่มา : วีระ (2543)

เมื่อนำอาหารมาใส่ในเครื่องทำแห้งช่วงเวลาสั้นๆ พบว่าเมื่อเริ่มการอบแห้งจะเป็นเวลาที่ทำให้ผิวหน้าของอาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงอุณหภูมิกระเปาะเปียกเป็นช่วง AB ซึ่งเป็นช่วงสั้นๆ เรียกว่า สภาวะคงที่ (steady state) (ภาพที่ 3) หลังจากนั้นจะเป็นช่วงการทำให้แห้งโดยน้ำจะเคลื่อนที่จากภายในของอาหารออกมาด้วยอัตราเร็วเท่ากับน้ำที่ระเหยออกจากผิวหน้าของอาหาร ดังนั้น ผิวหน้าจึงยังเปียกอยู่ เรียกช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราเร็วคงที่ หรือ constant rate (BC) และช่วงต่อเนื่องไปจนถึงความชื้นวิกฤติ (จุด C) แต่ในทางปฏิบัติผิวหน้าของอาหารจะค่อย ๆ แห้งด้วยอัตราเร็วที่ต่างกันและอัตราการทำให้แห้งโดยรวมจะค่อย ๆ ลดลงในช่วงของอัตราเร็วคงที่ จุดความชื้นวิกฤติของอาหารแต่ละชนิดจึงไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของอาหารในเครื่องทำแห้งและอัตราการทำให้แห้ง เมื่อความชื้นของอาหารลดลงต่ำลงกว่าความชื้นวิกฤติ อัตราการทำแห้งก็จะลดลงจนเข้าใกล้ศูนย์ที่ความชื้นสมดุลหรือที่เรียกว่า เป็นช่วงอัตราลดลง (CD) ในช่วงอัตราลดลง (falling rate) อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในอาหารมายังผิวหน้าจะต่ำกว่าอัตราการระเหยของน้ำไปยังอากาศโดยรอบ ผิวหน้าจึงแห้ง ความชื้นภายในวัสดุจะแพร่ออกมาที่ผิวหน้าโดยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลและแรงคาปิลลารี่แล้วระเหยออกไป (วิไล, 2545)

เมื่ออินทิเกรตสมการ (1) ระหว่างความชื้นที่จุด B ($\overline{M}_B$) และจุด C ($\overline{M}_C$) จะได้เวลาที่อัตราการทำแห้งคงที่ (t_c) ดังสมการที่ (2)

$$t_c = \frac{W_s}{AR_c} (\overline{M}_B - \overline{M}_C) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

อัตราการทำแห้งขึ้นอยู่กับปัจจัยภายใน ได้แก่ รูปร่าง ความหนา และองค์ประกอบของชิ้นตัวอย่าง เป็นต้น และปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลมในการทำแห้ง เป็นต้น (วีระ, 2543)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาสถานภาพการผลิตเค็มหมากนัดของจังหวัดอุบลราชธานี โดยการสำรวจและสัมภาษณ์ผู้ผลิต 7 ราย ผู้จำหน่าย 33 ราย พบว่าการผลิตเค็มหมากนัดเป็นการผลิตระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือนและกลุ่มแม่บ้าน มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 270-5,600 กิโลกรัม/ปี ปริมาณการผลิตโดยรวมประมาณ 17.7 ตัน/ปี คิดเป็นมูลค่าประมาณ 1.97 ล้านบาท วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคือ เนื้อปลาสวายหรือปลาเทโพ สับปะรด และเกลือสินเธาว์ อัตราส่วนของวัตถุดิบคือ เนื้อปลา:สับปะรด: เกลือ ของผู้ผลิตแต่ละรายมีความแตกต่างกัน แต่กระบวนการผลิตส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกัน (อภิญญา และคณะ, 2543)

สุวรรณ และคณะ (2527) ศึกษาการปรับปรุงตำรับอาหารของเค็มสับปะรด 3 ตำรับ โดยกำหนดส่วนผสมของปลา สับปะรด และเกลือ ในแต่ละตำรับเป็นร้อยละ 40, 40, 20 ; 41.67, 41.67, 16.67 และ 50.0, 37.5, 12.5 ตามลำดับ นำส่วนผสมบรรจุในขวดที่ล้างสะอาดแล้วหมักที่อุณหภูมิห้อง พบว่าตัวอย่างตำรับที่ 3 เป็นตัวอย่างที่น่าสนใจที่สุด โดยเมื่อหมักครบ 3 สัปดาห์จะมีปริมาณกรดแลคติกสูงถึงร้อยละ 1.6 และคงที่ตลอดระยะเวลาในการหมัก ซึ่งปริมาณกรดแลคติกระดับนี้จะช่วยถนอมรักษาอาหารให้เก็บไว้ได้นานโดยไม่เน่าเสีย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีสีสวย กลิ่นหอม ลักษณะเนื้อสัมผัสดี และรสไม่เค็มจัดด้วย จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี พบว่าปริมาณเกลือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า เท่ากับร้อยละ 14.51, 86.68, 6.11, 0.69, 0.07 และ 6.69 ตามลำดับ นอกจากนี้เค็มหมากนัดที่ผลิตจากสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจะมีปริมาณกรดแลคติกที่สูงและค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำกว่าเค็มหมากนัดที่หมักโดยสับปะรดพันธุ์พื้นเมืองเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตในการเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกที่สูงกว่าเล็กน้อย

สุวรรณ และคณะ (2528) ศึกษาผลของการถนอมเค็มสับปะรด โดยกรรมวิธีการพาสเจอร์ไรส์ จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางอย่างของเค็มสับปะรด พบว่ามีส่วนประกอบ ดังนี้ water activity 0.906, total nitrogen ร้อยละ 1.24, sugar ร้อยละ 2.41 และ lipid ร้อยละ 0.7 ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จุลินทรีย์พวก osmophilic yeast สามารถเจริญได้ดี จึงได้เลือกเชื้อ *Saccharomyces rouxii* strain 7139 เป็นตัวแทนของจุลินทรีย์ที่อาจทำให้ผลิตภัณฑ์นี้เน่าเสียได้ จากการทดลองหาความสามารถในการต้านทานความร้อนของ *S. rouxii* พบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในเวลา 30 นาที และอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ในเวลา 10 นาที จะมีจำนวนเซลรอดชีวิตน้อยกว่า 1 x 10^3 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ดังนั้นการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจทำให้เค็มสับปะรดเน่าเสียในอุณหภูมิระดับพาสเจอร์ไรส์ คือ 50 และ 55 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 10-30 นาที ซึ่งจะไม่ทำให้คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเค็มสับปะรดเปลี่ยนไปมากนัก ก็พอเพียงที่จะทำลายจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่สามารถเจริญในเค็มหมากนัด ซึ่งจะช่วยให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์นี้ไว้ได้นานขึ้นโดยไม่เน่าเสีย และเพิ่มความปลอดภัยในการบริโภคมากขึ้น

จันทร์ผกา (2532) ทดลองหมักเค็มหมากนัดในภาชนะต่างๆ 5 แบบคือ แบบที่ 1 การหมักในขวดปากแคบ (ขวดแม่โขง) ขนาด 750 ลูกบาศก์เซนติเมตร บรรจุแค่คอขวด แบบที่ 2 การบรรจุในขวดปากแคบ ขนาด 750 ลูกบาศก์เซนติเมตร บรรจุให้เหลือที่ว่าง 1 ใน 3 ของความสูงของขวด แบบที่ 3 การบรรจุในขวดปากกว้าง (ขวดแยม) ขนาด 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร บรรจุแค่คอขวด แบบที่ 4 การ

บรรจุในขวดปากกว้าง ขนาด 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร บรรจุให้เหลือที่ว่าง 1 ใน 3 ของคอขวด และแบบที่ 5 การบรรจุในไหขนาด 3000 ลูกบาศก์เซนติเมตร บรรจุให้เหลือที่ว่าง 1 ใน 5 ของความสูงของไห โดยในระหว่างการหมักทำการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ทางเคมีและทางจุลินทรีย์ พบว่าการหมักแบบที่ 3 จะทำให้กระบวนการหมักจะสิ้นสุดเร็วกว่าแบบอื่น

เค็มหมากนัดจัดเป็นผลิตภัณฑ์พื้นบ้านประเภทปลาหมัก ปลาที่นิยมใช้ได้แก่ ปลาสวาย หรือปลาเทโพ โดยจะแล่เอาเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อ จากนั้นนำมาคลุกเคล้ากับเกลือในอัตราส่วน 5 ต่อ 1 ทิ้งไว้ 1 คืน แล้วนำมาผสมกับสับปะรดที่สับเป็นชิ้นๆ ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 บรรจุในขวดโดยพยายามไล่อากาศออกให้หมด ปิดฝา หมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 3 เดือน เค็มหมากนัดที่ได้ส่วนที่เป็นของเหลวจะค่อนข้างใส เนื้อปลาออกสีชมพู มีผลึกสีขาวลักษณะกลมกระจายทั่วไป ซึ่งเมื่อนำไปทดสอบด้วย microscopic และ spectroscopic พบว่าผลึกสีขาวคือ tyrosin และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเค็มหมากนัด พบว่าจะมีปริมาณความชื้น 57.3-74.3% ปริมาณโปรตีน 5.9-6.4% เยื่อใย 0.4-0.7% เถ้า 12.2-14.7% เกลือโซเดียมคลอไรด์ 10.9-13.9% ปริมาณน้ำตาล 3.4% ปริมาณกรดแลกติก 1.0-1.4% ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.3-4.6 และปริมาณน้ำอิสระ 0.83 (Thongthai และ Srisutipruti, 1989; Phithakpol และคณะ, 1995)

อุดม และอารี (2515) ตรวจหาปริมาณแบคทีเรียที่มีบทบาทในการหมักปลาร้าจากปลาน้ำจืด พบว่าแบคทีเรียที่เกิดขึ้น ได้แก่ *Micrococcus* sp. *Bacillus* sp. และ *Proteus* sp. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ปลาหมักที่มีปริมาณเกลือ 8% ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 3-5 วันแรก โดยลดลงจากค่า 6.5 เป็นค่าที่ต่ำกว่า 5 และลักษณะปลาจะนุ่มหลังจากหมักผ่านไป 3-4 วัน ปริมาณไนโตรเจนที่ระเหยได้ (total volatile nitrogen) จะสูงขึ้นเมื่อหมักไปเป็นเวลา 14 วัน ส่วนจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายไขมัน (lipolytic microorganism) จะลดลงอย่างรวดเร็ว และจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน (proteolytic microorganism) จะเพิ่มขึ้นเมื่อหมักเป็นเวลา 12 วัน จากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกจะมีปริมาณสูงสุดเมื่อการหมักผ่านไป 16 วัน (Lee และคณะ, 1983; Lee และคณะ, 1986) โดยแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกที่สำคัญ เช่น *Leconostoc mesenteroides* และ *Lactobacillus plantarum* (Souane, 1987)

ทรงศิลป์ และคณะ (2544) ทำการศึกษาอิทธิพลของความชื้นและอุณหภูมิต่อโปรตีนที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็ง พบว่าปริมาณความชื้นมีผลต่ออันตรกิริยาระหว่างโปรตีนและน้ำ ปริมาณน้ำวิกฤตในโปรตีนในสภาวะที่เป็นของแข็ง การย่อยสลายของโปรตีนในสภาวะของแข็งที่ผ่านการ

ทำแห้งแบบเยือกแข็ง ซึ่งจะศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คือ การจับตัวเป็นก้อนของโปรตีน (coagulation) ที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็ง และการละลาย โดยอุณหภูมิมีผลต่อการเสียสภาพของโปรตีนที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ซึ่งปริมาณน้ำและอุณหภูมิจะเป็นปัจจัยต่อการเสียสภาพของโปรตีนในสภาวะการแช่เยือกแข็ง

รุ่งกานต์ และคณะ (2547) เปรียบเทียบการแปรรูปกระเทียมผงโดยการทำแห้งแบบใช้ลมร้อนและแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบ พบว่าเครื่องทำแห้งแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบให้ค่าความชื้นต่ำกว่าเครื่องทำแห้งแบบใช้ลมร้อนในทุกอุณหภูมิคือ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำของเครื่องทำแห้งแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบสูงกว่าการทำแห้งแบบลมร้อน เป็นผลให้เวลาในการทำแห้งเร็วกว่าเครื่องทำแห้งแบบใช้ลมร้อนถึง 25 – 33 % นอกจากนี้เครื่องทำแห้งแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบสามารถรักษาสีของผลิตภัณฑ์และปริมาณสารที่สำคัญในกระเทียมได้มากกว่าการเครื่องทำแห้งแบบลมร้อน โดยพบว่าในเครื่องทำแห้งชนิดเดียวกันที่อุณหภูมิสูง 60 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณสารที่สำคัญในกระเทียมเหลืออยู่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิการทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส

Ratti (2001) ทำการศึกษาการทำแห้งแบบลมร้อนและแบบระเหิดในอาหาร โดยศึกษาการหดตัวในระหว่างการทำแห้งในแต่ละวิธี เมื่อวิเคราะห์ทางกายภาพพบว่า การทำแห้งแบบระเหิดมีการหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งแบบลมร้อน โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อการหดตัวที่มากขึ้น นอกจากนี้การทำแห้งแบบระเหิดยังมีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยมากและเมื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตพบว่าการทำแห้งแบบระเหิดมีต้นทุนการผลิตสูงกว่าการทำแห้งแบบลมร้อน

Rahman (2002) ทำการวิจัยเรื่องขนาดของรูพรุนและลักษณะทางชีวเคมีของการทำแห้งปลาทูน่าโดยวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ ทำแห้งแบบลมร้อน แบบสุญญากาศ และแบบระเหิด โดยนำปลาทูน่าสดสายพันธุ์ *Thunnus tongol* หรือชื่อที่เรียกทั่วไปว่า Sahwa ซึ่งมีน้ำหนักและความยาวของตัวปลาเฉลี่ย 2.3 – 2.6 กิโลกรัม และ 0.60 – 0.65 เมตร ตามลำดับ ตัดให้มีขนาดชิ้นเนื้อยาว 14 เซนติเมตร กว้าง 3 เซนติเมตร และมีความหนา 1.2 – 1.5 เซนติเมตร แล้วนำไปทำแห้งด้วยวิธีลมร้อนใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 3.4 % และมีอัตราความเร็วลม 1 เมตร/วินาที วิธีการทำแห้งแบบสุญญากาศจะใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส และใช้ความดันมากกว่า 2 kPa และวิธีการแบบระเหิด ชิ้นปลาทูน่าจะทำการแช่เยือก

แข็งที่อุณหภูมิ – 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง อุณหภูมิของแผ่นให้ความร้อน -20 องศาเซลเซียส ทำให้การสุญญากาศที่ 800 mTorr (108 Pa) จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ พบว่าการทำแห้งแบบระเหิดมีการหดตัวและเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าการทำแห้งแบบลมร้อนและแบบสุญญากาศ เมื่อตรวจสอบการเกิดรูพรุนพบว่า ปลาทูน่าที่ทำแห้งแบบระเหิดจะมีรูพรุนเกิดขึ้นสูงที่สุด รองลงมาคือ การทำแห้งแบบสุญญากาศและแบบลมร้อน ตามลำดับ ส่วนค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์จะได้ผลตรงข้ามกับการเกิดลักษณะรูพรุนและค่าองค์ประกอบทางเคมี โดยการทำแห้งแบบระเหิดมีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุด ปลาทูน่าที่ทำแห้งโดยใช้ลมร้อนมีความชื้นสูงที่สุด และการทำแห้งแบบสุญญากาศมีความชื้นต่ำที่สุด วิธีการทำแห้งจะไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต

Hsu และคณะ (2003) ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และ สาร antioxidant ของแป้งมันเทศ จากการทำแห้งวิธีต่าง ๆ คือ การทำแห้งแบบระเหิด การทำแห้งแบบลมร้อน และการแห้งแบบลูกกลิ้ง โดยมันเทศจะถูกล้างและลวกด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 98 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 นาที หั่นเป็นชิ้นขนาด 2 เซนติเมตร ลวกอีกครั้งที่อุณหภูมิ 98 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที วิธีการแบบ การทำแห้งแบบระเหิดจะนำมันเทศที่หั่นแล้วนำมาทำแห้งแบบระเหิด บดด้วยเครื่องบดแล้วร่อน วิธีการแบบการทำแห้งแบบลมร้อน จะนำมันเทศเข้า electric convection oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บด แล้วร่อน และวิธีการแบบการแห้งแบบลูกกลิ้ง เตรียมมันเทศโดยนำมันเทศมาบดกับน้ำ ในอัตราส่วนมันเทศ : น้ำ เป็น 2 : 1 แล้วนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 95 – 100 องศาเซลเซียส เกล็ดที่ได้บด และ ร่อนผ่านตะแกรง โดยตัวอย่างทั้งหมดจะเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อเก็บไว้หาองค์ประกอบของมันเทศ คือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย สี true density, bulk density ค่าการละลายน้ำ ค่าการดูดน้ำ และ reducing power test จะพบว่าการทำแห้งมันเทศแบบระเหิดจะมีค่าความสว่างสูงสุด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

1.1 เค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่าง ๆ ได้แก่ ร้านแม่อารีย์ ร้านรัตนสิน ร้านยายเล็ก และแม่กิมซัว

1.2 วัตถุดิบในการผลิตหลนเค็มหมากนัด ได้แก่ เค็มหมากนัด หมูสับ กะทิชาวเกาะสับปะรดพันธุ์ภูเก็ต ไข่ไก่เบอร์ 3 น้ำตาลทรายมิตรผล หอมแดง พริกแดง และใบมะกรูด

1.3 บรรจุภัณฑ์สำหรับหลนเค็มหมากนัดที่ผ่านการทำแห้ง

1.3.1 ถุงแบบฟิล์มประกบหลายชั้น (Laminate) ชนิด OPP/PE/vmPET/PE/cPP (NEK 521)

2. อุปกรณ์

2.1 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (nitrogen/protein analyzer) (Leco, FP-528, USA)

2.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (total fat/oil determinator) (Leco, TFE 2000, USA)

2.3 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ a_w (Novasina, TH 200, Switzerland)

2.4 เครื่องวัดสี (chroma meter) (Minolta, CR 300, Japan)

2.5 เตาเผา (muffle fernance) (Carbolite, Model CFW 1100, England)

2.6 เครื่องทำแห้งแบบระเหิด (freeze dryer) (Helto, FD8, Denmark)

2.7 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) (WTB Binder, FED 240, Germany)

2.8 ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ 0-60°C (Memmert, ICP 500, Germany)

2.9 ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ 30-70°C (Memmert, BE 600, Germany)

2.10 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (HACH, SENSION 378, USA)

2.11 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) (Memmert, WB 29, Germany)

2.12 เครื่องปั่นเนื้อ

2.13 vortex mixer

2.14 เครื่องตีป่น (stomacher)

2.15 อุปกรณ์เครื่องครัวและเครื่องแก้ว

วิธีการ

ตอนที่ 1 ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์เค็มหมากนัด

นำตัวอย่างเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตในจังหวัดอุบลราชธานี 4 ราย ได้แก่ ร้านแม่อารีย์ ร้านรัตนสิน ร้านยายเล็ก และแม่กิมซัว มาวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ดังนี้ (ภาคผนวก ข)

1.1.1 ค่าสี ด้วยเครื่อง Chroma meter

1.1.2 ค่าน้ำอิสระ (water acitivity, a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ

1.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ดังนี้ (ภาคผนวก ค)

1.2.1 ปริมาณเกลือ ตามวิธีการของ Morh (ดัดแปลงจาก AOAC, 1995)

1.2.2 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) (ดัดแปลงจาก Dubois และคณะ, 1956)

1.2.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (total acidity as lactic acid) (ดัดแปลงจาก AOAC, 1995)

1.2.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter

1.2.5 ความชื้น โดยใช้ตู้อบลมร้อน (hot air oven) (AOAC, 1995)

1.2.6 ปริมาณโปรตีน ตามวิธี combustion ด้วยเครื่อง nitrogen/protein analyzer

1.2.7 ปริมาณไขมัน โดยใช้การสกัดแบบ supercritical fluid extraction (ดัดแปลงจาก AOAC, 1995)

1.2.8 ปริมาณเถ้าทั้งหมด (total ash) (AOAC, 1995)

1.2.9 ปริมาณเส้นใยอาหาร (total crude fiber) (ดัดแปลงจาก AOAC, 1995)

1.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ดังนี้ (ภาคผนวก ง)

1.3.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) (FAO, 1992)

1.3.2 ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (yeast & mold) (FAO, 1992)

1.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria, LAB) (FAO, 1992; Vedamuthu et. al., 1992)

1.3.4 ปริมาณ *Staphylococcus aureus* โดย most probable number method (FAO, 1992)

1.3.5 ปริมาณ *Escherichai coli* โดย conventional method (FAO, 1992)

1.3.6 ปริมาณ *Salmonalla* (FAO, 1992)

ตอนที่ 2 ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดที่ผ่านการทำแห้ง

2.1 วิเคราะห์คุณภาพของเค็มหมากนัด ดังนี้

2.1.1 ปริมาณเกลือ ตามวิธีการของ Morh (ดัดแปลงจาก AOAC, 1995)

2.2 สูตรการเตรียมหลนเค็มหมากนัด

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (%)
เนื้อเค็มหมากนัด	27.69
หมูสับ	24.23
กะทิ	18.00
ไข่ไก่	11.67
สับปะรด	12.60
น้ำตาล	2.21
หอมแดง	1.80
พริกแดง	0.90
ใบมะกรูด	0.90

2.3 วิธีการผลิตหลนเค็มหมากนัด

นำเค็มหมากนัดชั่งน้ำหนักตามปริมาณที่กำหนด ปั่นรวมกับสับปะรดจำนวน 6.3% ใช้ความเร็วเบอร์ 1 เป็นเวลา 1 นาที ตั้งกะทิให้ร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ใส่เนื้อหมูและเค็มหมากนัดที่เตรียมไว้แล้วลงไป ตั้งไฟ 5 นาที จากนั้นใส่เนื้อสับปะรดที่หั่นเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 1x1 เซนติเมตรอีก 6.3% (ไม่ใช้แกนสับปะรด) ตั้งไฟอีก 1 นาที ใส่ไข่คนให้เข้ากัน เติมน้ำตาลทราย ใส่หอมแดงซอย ใบมะกรูดซอยและพริกแดงซอยตั้งไฟเป็นเวลา 1 นาที คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 50-55 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปทำแห้ง

2.4 ศึกษากระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน (hot air oven) และแบบระเหิด (freeze dryer)

2.4.1 ศึกษากระบวนการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ใช้ความเร็วลม 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง ใช้ตัวอย่าง 400 กรัม ต่อถาด ขนาดพื้นที่ 0.15 ตารางเมตร (35x43 เซนติเมตร) ทำการเกลี่ยตัวอย่างให้สม่ำเสมอก่อนนำเข้าตู้อบลมร้อน เปลี่ยนตำแหน่งถาดจากบนลงล่างทุก 1 ชั่วโมง และเกลี่ยตัวอย่างหลังจากเวลาทำแห้งผ่านไป 2

ชั่วโมง ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วัดค่า 3 ซ้ำ สุ่มตัวอย่าง 6-10 กรัม นำมาหาความชื้นทุกครึ่งชั่วโมง เพื่อนำไปหาอัตราการทำแห้งคงที่ (ภาคผนวก ข)

2.4.2 ศึกษาคุณภาพเค็มหมากนัดอบแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบระเหิด (freeze dryer) ใช้ตัวอย่างถาดละ 120 กรัมต่อถาดขนาดพื้นที่ 0.05 ตารางเมตร (18.1x27.5 เซนติเมตร) โดยทำการเกลี่ยตัวอย่างให้สม่ำเสมอกันและนำเข้า freeze dryer อุณหภูมิในการทำแห้ง -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงทำการทดลอง 2 ซ้ำ วัดค่า 3 ซ้ำ

2.4.3 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้ง

นำผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งที่ได้จากการทดลองข้อ 2.4.1 และ 2.4.2 มาทำการศึกษาคุณภาพ ดังนี้

2.4.3.1 การศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมที่คุ้นเคยกับการรับประทานหลนเค็มหมากนัดแต่มีพื้นฐานด้านการทดสอบประสาทสัมผัสจำนวน 30 คน และทำการทดสอบตัวอย่างหลนเค็มหมากนัดที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนและการทำแห้งแบบระเหิด โดยวิธีการทดสอบความชอบ (hedonic scale) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบโดยรวม ให้คะแนนในช่วง 1 - 9 โดย คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด โดยใช้แบบทดสอบการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส (ภาคผนวก จ)

2.4.3.2 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Varience, ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี DRMT (Duncan's Multiple Rang Test) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

2.5 ศึกษาการคืนตัวของหลนเค็มหมากนัดอบแห้ง

นำตัวอย่างหลนเค็มหมากนัดที่ผ่านการอบแห้ง 2 วิธี คือแบบลมร้อนและแบบระเหิดที่ได้จากการทดลองข้อ 2.4 มาทำการคืนตัว โดยจะทำการต้มน้ำ 120 มิลลิลิตรให้มีอุณหภูมิ 85- 90 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างหลนเค็มหมากนัดที่ทำการอบแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ จำนวน 30 กรัมใส่ลงในน้ำร้อนจากนั้นปิดฝาและทำการต้มอย่างต่อเนื่องเพื่อคืนตัวเป็นเวลา 5 10 และ 15 นาที ทำการเปรียบเทียบกับตัวอย่างหลนเค็มหมากนัดที่ไม่ได้ผ่านการทำแห้ง ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วัดค่า 3 ซ้ำ

2.5.1 ศึกษาคุณภาพของหลนเค็มหมากนัด

2.5.1.1 การศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมที่คุ้นเคยกับการรับประทานหลนเค็มหมากนัดแต่มีพื้นฐานทางด้านการทดสอบประสาทสัมผัส จำนวน 20 คน ทำการคืนตัวตัวอย่างหลนเค็มหมากนัดที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและเครื่องทำแห้งแบบระเหิด นำตัวอย่างมาทดสอบความชอบ (hedonic scale) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ให้คะแนนในช่วง 1-9 โดยคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด (ภาคผนวก จ)

2.5.1.2 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลอง แบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Varience) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี DRMT ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

2.6 ศึกษาคุณภาพและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัด

2.6.1 การศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ ดังนี้ (ภาคผนวก ข)

2.6.1.1 ค่าสี ด้วยเครื่อง chroma meter

2.6.1.2 ค่าน้ำอิสระ (water acitivity, a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ

2.6.2 การศึกษาคุณภาพทางด้านเคมี ดังนี้ (ภาคผนวก ค)

2.6.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter

2.6.2.2 ปริมาณกรดทั้งหมด (total acidity as ascorbic acid) (ดัดแปลงจาก AOAC, 1995)

2.6.2.3 ความชื้น โดยใช้ตู้อบลมร้อน (hot air oven) (AOAC, 1995)

2.6.2.4 ปริมาณโปรตีน ตามวิธี combustion ด้วยเครื่อง nitrogen/protein analyzer

2.6.2.5 ปริมาณไขมัน โดยใช้การสกัดแบบ supercritical fluid extraction (ดัดแปลงจาก AOAC, 1995)

2.6.2.6 ปริมาณเถ้าทั้งหมด (total ash) (AOAC, 1995)

2.6.3 การศึกษาคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา ดังนี้ (ภาคผนวก ง)

2.6.3.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) (FAO, 1992)

2.6.3.2 ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (yeast & mold) (FAO, 1992)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่างๆ

การศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่าง ๆ ในจังหวัดอุบลราชธานี เพื่อตรวจสอบถึงคุณภาพของเค็มหมากนัดทั้งในด้านการหมัก การเสื่อมเสีย และความเสี่ยงต่อเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคซึ่งจะส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค โดยทำการศึกษาเค็มหมากนัดพร้อมจำหน่ายจากแหล่งผลิต 4 แหล่ง ๆ ละ 2 รุ่น ได้แก่ ร้านแม่อารีย์ แม่กิมซัว รัตนสิน และยายเล็ก เชื้อจุลินทรีย์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียกรดแลคติก เชื้อยีสต์และรา *Staphylococcus aureus Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตเดียวกันแต่ช่วงเวลาการผลิตแตกต่างกัน มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ใกล้เคียงกัน

เค็มหมากนัดจากร้านแม่อารีย์ แม่กิมซัว รัตนสิน และยายเล็ก มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 3.9-4.2 x 10^7, 7.8-8.3 x 10^7, 8.1-8.2 x 10^6 และ 8.2 x 10^6 CFU/กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 1 พบว่าแตกต่างจากรายงานการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ระหว่างการหมักเค็มหมากนัดของ สุวรรณ และคณะ (2527) ซึ่งปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจะสูงมากในระยะแรกของการหมักเท่ากับ 7.5-7.8 x 10^6 CFU/กรัม ในสัปดาห์ที่ 1 และค่อย ๆ ลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำลงหรือปริมาณกรดสูงขึ้น และเท่ากับ 8.0 x 10^1-1.5 x 10^2 CFU/กรัม ในสัปดาห์ที่ 8 แต่มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดใกล้เคียงกับ Momoni ผลิตภัณฑ์ปลาหมักของประเทศการ์นา ซึ่งมีปริมาณเชื้อทั้งหมดประมาณ 5.8 x 10^7-4.1 x 10^8 CFU/กรัม (Sanni และคณะ, 2002) ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากปัจจัยการผลิตที่แตกต่างกัน ได้แก่ ชนิดของผลิตภัณฑ์ ส่วนประกอบของวัตถุดิบ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และระยะเวลาในการหมัก ซึ่งเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่าง ๆ ในจังหวัดอุบลราชธานีใช้เวลาในการหมักแตกต่างกันประมาณ 2-6 เดือน

แบคทีเรียกรดแลคติกเป็นเชื้อจุลินทรีย์หลักในการหมักเค็มหมากนัด มีปริมาณเท่ากับ 2.0 x 10^6, 6.5-8.0 x 10^4, 8.5-8.9 x 10^5 และ 3.2-3.7 x 10^5 CFU/กรัม ตามลำดับ สำหรับเค็มหมากนัดจากร้านแม่อารีย์ แม่กิมซัว รัตนสิน และยายเล็ก ตามลำดับ ดังตารางที่ 1 ซึ่งแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ปลาหมักชนิดอื่น ได้แก่ แบคทีเรียกรดแลคติกในปลาส้มที่มีความเข้มข้นของเกลือต่ำถึงสูง (6, 7 และ 9%) มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 10^5–10^6 CFU/กรัม เป็น 10^8–10^9 CFU/กรัม ภายในเวลา 3 วันของการหมัก ยกเว้นในปลาส้มที่ประกอบด้วยเกลือความเข้มข้นสูง (11%) จะพบแบคทีเรียกรดแลคติกต่ำ

กว่าประมาณ 1-2 log units (Paludan-Müller และคณะ, 2002) และ Momoni มีแบคทีเรียกรดแลคติก ประมาณ 10^3 CFU/กรัม (Sanni และคณะ, 2002)

เค็มหมากนัดเป็นผลิตภัณฑ์ปลาหมักที่มีปริมาณเกลือสูง โดยเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่าง ๆ ในจังหวัดอุบลราชธานีมีปริมาณเกลือ เท่ากับ 9.83-12.64 % ดังตารางที่ 2 และโดยทั่วไปเค็มหมากนัดมีปริมาณเกลือเท่ากับ 10.9-13.9 % (Phithakpol และคณะ, 1995) เกลือจะไปยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย และเชื้อจุลินทรีย์ที่ทนความเค็ม (salt-tolerant micro-organisms) จะสามารถรอดชีวิตและมีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์ปลาหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria, LAB) (Garbutt, 1997; Rose, 1982)

แบคทีเรียกรดแลคติกชนิด heterofermentation lactic acid bacteria สามารถเปลี่ยนสารคาร์โบไฮเดรตในวัตถุดิบผลิตกรดแลคติก กรดอะซิติก เอธานอล และคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างการหมัก กรดที่ผลิตขึ้นจะส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลง ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการถนอมผลิตภัณฑ์ปลาหมัก โดยทั่วไปค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำประมาณ 4.5-5 สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ นอกจากนี้แบคทีเรียกรดแลคติกยังผลิตสาร bacteriocins ได้แก่ nisin และ lactacin ไปยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus, Clostridium botulinum* และ *Bacillus* sp. (Beddows, 1998; Garbutt, 1997; Ouwehand, 1998; Paludan-Müller และคณะ, 2002; Rose, 1982; Tanasupawat และ Komagata, 1995;) ดังนั้นจึงส่งผลให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงในระหว่างการหมักเค็มหมากนัด (สุวรรณ และคณะ, 2527) นอกจากนี้คาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นจำนวนมากระหว่างการหมักยังมีผลต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial activity) ด้วยเช่นกัน (Ouwehand, 1998)

เค็มหมากนัดจากร้านแม่อารีย์ แม่กิมซัว รัตนสิน และยายเล็ก มีปริมาณเชื้อยีสต์และรา เท่ากับ 9.0-9.1 x 10^3, 5.9-6.0 x 10^4, 4.5 x 10^4 และ 2.0 x 10^4 CFU/กรัม ดังตารางที่ 1 มีปริมาณมากกว่าข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.148, 2546) ซึ่งกำหนดให้เค็มหมากนัดมีปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 200 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม แต่พบในปริมาณที่น้อยกว่าในปลาส้มจากรายงานการศึกษาของ Paludan-Müller และคณะ (2002) ซึ่งปริมาณเชื้อยีสต์ในปลาส้มที่มีความเข้มข้นของเกลือต่ำถึงสูง (6, 7 และ 9%) ในการหมัก 2 วันแรก เท่ากับ 10^7-5 x 10^7 CFU/กรัม ยกเว้นในปลาส้มที่มีความเข้มข้นของเกลือสูง (11%) จะพบยีสต์น้อยกว่า 10^6 CFU/กรัม ซึ่งอาจเป็นผล

เนื่องจากความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณเกลือ สารคาร์โบไฮเดรตในการหมัก และระยะเวลาในการหมัก นอกจากนี้ตรวจพบเชื้อยีสต์และราใน Momoni เท่ากับ 1.7 x 10^2-1.5 x 10^3 และ 1.2-1.3 x 10^2 CFU/กรัม ตามลำดับ (Sanni และคณะ, 2002)

การตรวจพบเชื้อยีสต์และราในเค็มหมากนัดอาจเป็นผลเนื่องจากเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่าง ๆ มีค่าน้ำอิสระเท่ากับ 0.88-0.93 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 4.11-4.67 และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 5.62-11.58 % ดังตารางที่ 2 ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์และราโดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อยีสต์ ยีสต์และราสามารถเจริญที่ค่าน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.85 และ 0.80 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์อยู่ระหว่าง 4.0-4.5 และเชื้อรา 3-3.5 (Garbutt, 1997) และองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวของเค็มหมากนัดส่งผลให้ osmophilic yeast สามารถเจริญได้ดี อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสียได้ (สุวรรณ และคณะ, 2528) นอกจากนี้เชื้อยีสต์ยังมีบทบาทในการหมักน้ำตาลในสับปะรดเป็นแอลกอฮอล์ (ลูกจันทร์, 2524)

การหมักปลาส้มที่มีความเข้มข้นของเกลือสูง (6-11%) โดยใช้ palm syrup ซึ่งประกอบด้วย 1.25 M sucrose, 278 mM glucose และ 56 mM fructose เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในการหมัก คล้ายคลึงกับการหมักเค็มหมากนัดซึ่งใช้สับปะรดเป็นแหล่งของสารคาร์โบไฮเดรตในการหมัก นอกจากพบแบคทีเรียกรดแลคติกแล้ว แต่ยีสต์ยังสามารถใช้น้ำตาลที่เหลือสำหรับการเจริญเติบโตได้ *Zygosaccharomyces rouxii* เป็น osmototerant yeast ที่พบได้ในปลาส้ม และเป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสียในอาหารที่มีน้ำตาลความเข้มข้นสูง ในทางตรงกันข้าม *Z. rouxii* มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนากลิ่นในการหมักซีอิ๊วและเต้าเจี้ยว นอกจากบทบาทของยีสต์ในการหมักแล้วแต่การเจริญเติบโตของยีสต์ในส้มฟักจะบ่งบอกถึงการเน่าเสียของส้มฟักได้เช่นกัน (Paludan-Müller และคณะ, 2002) ดังนั้นการตรวจพบปริมาณเชื้อยีสต์และราในเค็มหมากนัดในปริมาณที่สูงกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนดนอกจากบทบาทของยีสต์ในการหมักน้ำตาลจากสับปะรดในการหมักเค็มหมากนัดแล้ว อาจบ่งบอกถึงโอกาสการเสื่อมเสียของเค็มหมากนัดได้เช่นกัน

จากการตรวจสอบปริมาณ *Staphylococcus aureus* ในเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่างๆ ไม่พบ *S. aureus* ในเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตแม่อารีย์และแม่กิมซัว แต่พบในเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตรัตนสินและยายเล็กจากการผลิต 1 ใน 2 ครั้ง โดยพบในการเก็บตัวอย่างในรุ่นที่ 2 เท่ากับ 23 และ 3.6 MPN/กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 1 มากกว่าข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.148, 2546) ซึ่งกำหนดให้ปริมาณ *S. aureus* ในเค็มหมากนัดต้องน้อยกว่า 3 MPN ต่อตัวอย่าง

1 กรัม เชื้อ *S. aureus* เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นพิษชนิด intoxication สามารถเจริญได้ในสภาวะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.5-9.3 และค่าน้ำอิสระ (a_w) ที่สร้าง enterotoxin ได้เท่ากับ 0.91 ทนทานต่อเกลือสูงมากถึง 15 เปอร์เซ็นต์ (มัทนา, 2545) ดังนั้นจึงสามารถเจริญเติบโตในเค็มหมากนัดได้ เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกสามารถยับยั้งการเจริญได้บางส่วน สามารถพบ *S. aureus* ในระบบทางเดินหายใจและตามผิวหนัง ซึ่งบ่งบอกถึงสุขลักษณะส่วนบุคคลของผู้ผลิตที่ไม่ดี (Garbutt, 1997) ดังนั้นการตรวจพบ *S. aureus* ในการผลิตเพียงบางครั้ง อาจขึ้นอยู่กับสุขลักษณะในการผลิตที่ไม่ดีและไม่ควบคุมอย่างสม่ำเสมอ

จากการศึกษาไม่พบ *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. ในเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่างๆ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.148, 2546) ซึ่งกำหนดให้พบ *E. coli* ในเค็มหมากนัด น้อยกว่า 3 MPN ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และต้องไม่พบ *Salmonella* sp. เชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* sp. เป็นเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่สำคัญที่พบในระบบทางเดินอาหาร สามารถเจริญได้ดีที่ความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง (Garbutt, 1997) *Salmonella* sp. ถูกยับยั้งในอาหารที่มีเกลือ 3-4 เปอร์เซ็นต์ และค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 (มัทนา, 2545) ดังนั้นเค็มหมากนัดที่ผ่านการหมักที่เหมาะสมสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อดังกล่าวได้

S. aureus, E. coli และ *Salmonella* sp. เป็นเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์ปลาหมักที่สำคัญ ซึ่งเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นผู้ผลิตเค็มหมากนัดจำเป็นต้องคำนึงถึงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมและถูกสุขลักษณะ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมีความปลอดภัยในการบริโภค นอกจากนี้ Maleehual และคณะ (1997) รายงานการตรวจพบ *E. Coli, S. aureus* และ *Salmonella* sp. ในปูเค็ม กุ้งจ่อม และปลาจ่อมในประเทศไทย มากเป็นอันดับ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ รองจาก *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* ตามลำดับ Thapa และคณะ (2004) รายงานการตรวจพบ *S. aureus* ใน Ngari, Hentak และ Tungtap ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ปลาหมักในแถบตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศอินเดีย แต่พบในปริมาณที่น้อยกว่า 10^3 CFU/กรัม

ตารางที่ 1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่าง ๆ ในจังหวัดอุบลราชธานี

เชื้อจุลินทรีย์	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์							
	แม่อารีย์		แม่กิมซัว		รัตนสิน		ยายเล็ก	
	1	2	1	2	1	2	1	2
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	4.2×10^7	3.9×10^7	8.3×10^7	7.8×10^7	8.2×10^6	8.1×10^6	8.2×10^6	8.2×10^6
แบคทีเรียกรดแลคติก (CFU/g)	2.0×10^6	2.0×10^6	6.5×10^4	8.0×10^4	8.9×10^5	8.5×10^5	3.2×10^5	3.7×10^5
ยีสต์และรา (CFU/g)	9.0×10^3	9.1×10^3	5.9×10^4	6.0×10^4	4.5×10^4	4.5×10^4	2.0×10^4	2.0×10^4
Staphylococcus aureus (MPN/g)	nd	nd	nd	nd	nd	23	nd	3.6
Escherichia coli (MPN/g)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Salmonella sp. (CFU/25g)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

หมายเหตุ : 1 คือ เค็มหมากนัดรุ่นที่ 1 ของการเก็บตัวอย่างมาตรวจสอบ

2 คือ เค็มหมากนัดรุ่นที่ 2 ของการเก็บตัวอย่างมาตรวจสอบ

2. คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่างๆ

เมื่อตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมด โปรตีน เถ้า ไขมัน เยื่อใย ความเป็นกรด-ด่าง ความชื้น และเกลือ ในเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิต 4 แหล่งๆ ละ 2 รุ่น แสดงดังตารางที่ 2 จากการตรวจสอบพบว่า ปริมาณกรดทั้งหมด (% total titratable acidity) ของเค็มหมากนัดจาก 4 แหล่งผลิต มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก คือ อยู่ในช่วง 1.40-2.76% โดยเค็มหมากนัดที่ผลิตจากแม่อารีย์จะมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงสุด คือ 2.37-2.76% ส่วนเค็มหมากนัดจากแม่กิมซัวและยายเล็กมีปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างกัน การที่ปริมาณกรดทั้งหมดแตกต่างกันเล็กน้อยในแต่ละแหล่งผลิต อาจเนื่องจากปริมาณคาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล) จากวัตถุดิบคือสับปะรดที่แตกต่างกัน รวมถึงระยะเวลาการหมักที่แตกต่างกัน

ปริมาณกรดทั้งหมดที่วิเคราะห์จะคำนวณอยู่ในรูปกรดแลคติก เนื่องจากกระบวนการหมักของเค็มหมากนัดมีจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตคือน้ำตาลที่อยู่ในสับปะรดให้กลายเป็นกรด เมื่อเทียบปริมาณกรดทั้งหมดที่ตรวจพบในเค็มหมากนัดพบว่าจะมีค่าใกล้เคียงกับปลาหมักชนิดอื่น เช่น ส้มฟักซึ่งหมักโดยมีข้าวสุกเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตจะมีปริมาณกรดทั้งหมด 2.96% (Prasert และคณะ, 1986) Riebroy และคณะ (2004) พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดในส้มฟักมีค่าเป็น 1.42-2.35% ส่วนปลาหมักชนิดอื่น เช่น Momoni ซึ่งเป็นปลาหมักพื้นเมืองที่ให้กลิ่นรสใช้เติมในซุปและซอส นิยมรับประทานในประเทศการ์นา จะมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.97-2.10% (Sanni และคณะ, 2002)

เมื่อตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเค็มหมากนัดพบว่า เค็มหมากนัดจากทุกแหล่งผลิตมีค่าใกล้เคียงกันคือ 4.11-4.67 โดยเค็มหมากนัดจากแม่อารีย์ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำสุด คือ 4.11-4.14 ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณกรดทั้งหมดที่มีค่าสูงสุด จะเห็นได้ว่าเค็มหมากนัดจากทุกแหล่งผลิตยกเว้นจากแม่กิมซัว มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.5 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.148, 2546) เค็มหมากนัดจากแม่กิมซัวมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุดคือ 4.66-4.67 ซึ่งสูงกว่ามาตรฐาน มผช. ไม่มากนัก ปลาหมักชนิดนี้มีค่าความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างใกล้เคียงกับ soy sauce ที่มี pH อยู่ในช่วง 4-5 (Ren และคณะ, 1993) และมี pH ต่ำกว่า Momoni ที่มี pH สูงกว่า 6 (Sanni และคณะ, 2002) และน้ำปลาที่มี pH 5.4-5.8 (Park และคณะ, 2001) แต่ต่ำกว่าส้มฟักเล็กน้อยคือ 4.56-4.6 (Riebroy และคณะ, 2004) การที่เค็มหมากนัดมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าปลาหมักบางชนิด อาจเนื่องจากเป็นผลจากวัตถุดิบ คือ สับปะรดที่มี pH ต่ำ

(ประมาณ 3) และน้ำตาลที่อยู่ในสับปะรดยังมีผลต่อการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นกรดแลคติก จึงทำให้ pH สุดท้ายของเค็มหมากนัดต่ำกว่าปลาหมักชนิดอื่น

เมื่อตรวจสอบปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเค็มหมากนัดทั้ง 4 แหล่งผลิต พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 5.62-11.58% ซึ่งมีค่าค่อนข้างแตกต่างกันชัดเจนในแต่ละแหล่งผลิต ยกเว้นจากแม่อารีย์และแม่กิมซัวที่มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเค็มหมากนัดจากยายเล็กจะมีค่าต่ำสุด คือ 5.62-5.80% และสูงสุดคือ รัตนสิน (10.92-11.58%) ส่วนในแต่ละรุ่นของการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์นั้น มีปริมาณน้ำตาลไม่แตกต่างกัน การที่ปริมาณน้ำตาลในเค็มหมากนัดจากแต่ละแหล่งผลิตแตกต่างกัน อาจเนื่องจากการใช้วัตถุดิบคือ สับปะรดคนละสายพันธุ์ เช่น สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจะมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่าสับปะรดพันธุ์พื้นเมือง เป็นต้น (จรูญ และวารินทร์, 2522 อ้างโดย สุวรรณและคณะ, 2527) ทำให้เมื่อสิ้นสุดการหมักปริมาณน้ำตาลสุดท้ายแตกต่างกัน

โดยปกติเค็มหมากนัดจะมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 57.3-74.3% (Phithakpol และคณะ, 1995) และเมื่อตรวจสอบความชื้นในเค็มหมากนัดจาก 4 แหล่งผลิต พบว่าจะมีความชื้นอยู่ในช่วง 71.16-74.20% โดยมีความชื้นสูงสุดในเค็มหมากนัดจากแม่อารีย์และต่ำสุดจากรัตนสิน ปริมาณความชื้นของเค็มหมากนัดแต่ละรุ่นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เค็มหมากนัดถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นสูงกว่าปลาหมักชนิดอื่น เช่น ส้มฟักมีความชื้น 2.45-3.60 (Riebroy และคณะ, 2004), Momoni มีความชื้น 51.42-55.3% (Sanni และคณะ, 2002) และน้ำปลามีความชื้นปริมาณ 61.4-70% (Park และคณะ, 2004) ปริมาณความชื้นจะสัมพันธ์กับค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเค็มหมากนัด คือ ค่าปริมาณน้ำอิสระของเค็มหมากนัดที่ตรวจพบใน 4 แหล่งผลิตมีค่าค่อนข้างสูง คือ 0.88-0.93 ซึ่งโดยทั่วไป เค็มหมากนัดจะมีค่า a_w เท่ากับ 0.83 (Phithakpol และคณะ, 1995) โดยปริมาณน้ำอิสระที่อยู่ในอาหารจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ชีวเคมี และจุลินทรีย์ โดยอาหารที่มีค่า a_w สูง (สูงกว่า 0.85) จะมีโอกาสเสื่อมเสียง่ายเนื่องจากจุลินทรีย์และการเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ แต่ถึงแม้เค็มหมากนัดจะมีปริมาณน้ำอิสระสูงกว่า 0.85 แต่มีปริมาณเกลือสูงจึงสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมีได้

จากการตรวจสอบปริมาณเกลือในเค็มหมากนัดทั้ง 4 แหล่ง พบว่า มีปริมาณเกลืออยู่ในช่วง 9.83-12.64% โดยเค็มหมากนัดที่ผลิตจากแหล่งผลิตเดียวกันแต่คนละรุ่นจะมีปริมาณเกลือค่อนข้างใกล้เคียงกัน เค็มหมากนัดจากแม่กิมซัวมีปริมาณเกลือสูงสุดคือ 12.37-12.64% โดยปกติเค็มหมากนัดจะมีปริมาณเกลือประมาณ 10.9-13.9% (Phithakpol และคณะ, 1995) เค็มหมากนัดจากแม่อารีย์

และรัตนสินรุ่นที่ 2 มีปริมาณเกลือต่ำกว่ามาตรฐาน มผช. 148 (2546) เล็กน้อย คือ มาตรฐานกำหนดไว้ที่ 10-15% เค็มหมากนัดมีปริมาณเกลือแตกต่างจากปลาหมักชนิดอื่น เช่น น้ำปลามีเกลือ 22.1-37% fish paste มีปริมาณเกลือ 17.5-35.4% และกะปิ มีปริมาณเกลือ 16.2-45.3% (Tsai และคณะ, 2006) ส้มฟักมีปริมาณเกลือต่ำกว่าเค็มหมากนัดคือมีปริมาณเกลือแค่ 3.37-4.90% (Riebroy และคณะ, 2004) ในขณะที่ Momoni มีปริมาณสูงกว่าคือ มีถึง 29.4-31% (Sanni และคณะ, 2002) โดยปกติเกลือมีผลต่อการหมักและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกับการทำเค็มในผลิตภัณฑ์อื่นๆ โดยเกลือมีผลในการเลือกชนิดของจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ ในการหมักอาหารถ้าใช้ปริมาณเกลือสูงมาก จุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้คือ พวก halophile เท่านั้น ดังนั้นปริมาณเกลือจึงสามารถใช้เป็นปัจจัยควบคุมปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ในระหว่างการหมัก นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูงเกลืออาจทำให้เกิดกลิ่นหืนได้ในระหว่างการเก็บรักษา โดยส่วนประกอบทางเคมีของเกลือที่ใช้ในการหมักจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส การซึมของเกลือเข้าสู่เนื้อปลา และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ รวมถึงชนิดของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในเกลืออีกด้วย (มัทนา, 2545)

โดยปกติเค็มหมากนัดจะมีปริมาณเยื่อใยอยู่ในช่วง 0.4-0.7% (Phithakpol และคณะ, 1995) แต่จากการทดลองพบว่าเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตทั้ง 4 จะมีปริมาณเยื่อใยค่อนข้างสูงคือ อยู่ในช่วง 0.75-1.67% โดยเค็มหมากนัดจากรัตนสินจะมีปริมาณเยื่อใยสูงสุดคือ 1.62-1.67% แต่อย่างไรก็ตามยังมีค่าต่ำกว่าในผลิตภัณฑ์ Momoni ที่มีถึง 4% (Sanni และคณะ, 2002) ปริมาณเยื่อใยที่พบในเค็มหมากนัดมาจากเส้นใยที่เป็นส่วนประกอบหลักของเซลลูโลสที่อยู่ในสับปะรด และการที่ปริมาณเยื่อใยในเค็มหมากนัดในแต่ละแหล่งผลิตต่างกันอาจเนื่องจากปริมาณสับปะรดที่ใช้เป็นส่วนประกอบมีปริมาณแตกต่างกัน

Phithakpol และคณะ (1995) พบว่าปริมาณเถ้าในเค็มหมากนัดโดยทั่วไปมีค่า 12.2-14.7% ซึ่งค่อนข้างใกล้เคียงกับการทดลองคือ เมื่อตรวจสอบพบว่าจะมีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 10.66-13.61% โดยเค็มหมากนัดจากแม่กิมซัวและรัตนสินจะมีปริมาณเถ้าสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ เค็มหมากนัดที่ผลิตจากแหล่งเดียวกันแต่คนละรุ่นจะมีปริมาณเถ้าค่อนข้างใกล้เคียงกัน สุวรรณและคณะ (2527) พบว่าเค็มหมากนัดที่ผลิตจากปลาและสับปะรดปริมาณต่างกันจะมีเถ้าต่างกันคือ อยู่ในช่วง 6.99-14.4% ส่วนมากเค็มหมากนัดจะมีปริมาณเถ้าสูงกว่าปลาหมักชนิดอื่นๆ เช่น ส้มฟักมีปริมาณเถ้า 3.37-4.9% (Riebroy และคณะ, 2004) Momoni มีเถ้าค่อนข้างใกล้เคียงกับเค็มหมากนัดคือ 11-12% (Sanni และคณะ, 2002)

ปลาที่นิยมใช้ในการหมักเค็มหมากนัดคือ ปลาสวาย และปลาเทโพ ซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง เมื่อนำมาผลิตเค็มหมากนัด ผ่านกระบวนการย่อยและหมักจึงทำให้เค็มหมากนัดมีโปรตีนอยู่ในช่วง 5.9-6.4% (Phithakpol และคณะ, 1995) เค็มหมากนัดจาก 4 แหล่งผลิต จะมีโปรตีนใกล้เคียงกันคือ 6-7% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของมผช. 148 (2546) ที่กำหนดให้เค็มหมากนัดต้องมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 5% โดยน้ำหนัก เค็มหมากนัดมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าส้มฟัก (1.13-1.56%) ไตปลา (1.5-3.9%) และปลาแป้งแดง (4.3-8.5%) (นงนุช, 2538) แต่ขณะเดียวกันมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า Momoni (16.83-21.94%) ปลาร้า (10-16%) ปลาจ่อม (11-29%) และน้ำบูดู (9.2-11%) (นงนุช, 2538) การที่เค็มหมากนัดมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าปลาหมักบางชนิด อาจเนื่องจากในระหว่างการหมักเป็นเวลา 2-3 เดือนทำให้เอนไซม์ย่อยโปรตีนเป็นสารประกอบอย่างอื่น เช่น biogenic amine หรือ กรดอะมิโนต่างๆ เช่นเดียวกับที่เกิดในน้ำปลา นอกจากนี้สับปะรดที่เป็นส่วนประกอบทำให้มีสภาวะในระหว่างการหมักเป็นกรด ช่วยเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนในปลาทำให้โปรตีนละลายได้มากขึ้น (นงนุช, 2538)

ในการหมักเค็มหมากนัดส่วนประกอบที่เป็นปลาสวายเป็นปลาที่มีไขมันสูงคือ 13.96% (Anonymous, nd) เมื่อนำมาผลิตเป็นเค็มหมากนัดและผ่านกระบวนการย่อยโดยเอนไซม์จะสามารถย่อยได้รวดเร็ว โดยเค็มหมากนัดจากยายเล็กจะมีปริมาณไขมันสูงสุดคือ 3.7-4.4% ส่วนเค็มหมากนัดจากแม่อารีย์จะมีปริมาณไขมันต่ำสุดคือ 0.9-1.4% เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 4 แหล่งผลิตพบว่าปริมาณไขมันค่อนข้างแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากอัตราส่วนของเนื้อปลา (รวมหนัง) และสับปะรดของแต่ละแหล่งผลิตมีปริมาณแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับฤดูกาลในการจับปลา คือหากจับปลาในฤดูวางไข่มาผลิตจะมีปริมาณไขมันสูงกว่าปกติ

เมื่อทำการวัดสีของเค็มหมากนัดทั้ง 4 แหล่ง พบว่าค่าความสว่าง (L-value) มีค่าอยู่ในช่วง 53.16-56.12 มีค่าความเป็นสีแดง/เขียว (a-value) อยู่ในช่วง 5.43-11.83 โดยเค็มหมากนัดจากยายเล็กมีสีค่อนข้างเป็นสีแดงมากสุด (ค่า a เป็น 11.32-11.83) ส่วนค่าที่แสดงสีเหลือง/น้ำเงิน (b-value) ของเค็มหมากนัดทุกแหล่งผลิตจะมีค่าใกล้เคียงกันคือ อยู่ในช่วง 18.71-21.63 แสดงให้เห็นว่าเค็มหมากนัดจาก 4 แหล่งผลิต มีสีค่อนข้างไปทางด้านสีแดงและเหลือง อาจเนื่องจากเป็นสีของสับปะรดและเนื้อปลาสวายที่มีสีค่อนข้างเหลืองนั่นเอง (ภาคผนวก ก)

ตารางที่ 2 คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของเค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่าง ๆ ในจังหวัดอุบลราชธานี

factor	แม่อารีย์		แม่กิมซัว		รัตนสิน		ยายเล็ก	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Acidity (%)	2.76	2.36	1.63	1.40	1.81	1.94	1.60	1.40
Sugar (%)	8.19	9.45	8.17	9.91	11.58	10.92	5.80	5.62
Salt (%)	9.97	9.93	12.37	12.64	10.01	9.83	10.60	10.96
Moisture (%)	72.83	74.20	72.51	72.23	71.84	71.16	71.87	72.62
Ash (%)	11.12	10.90	13.45	13.61	10.92	10.66	11.63	11.92
Fat (%)	1.42	0.91	1.59	2.13	2.96	2.24	4.44	3.78
Fiber (%)	1.21	0.91	0.75	0.77	1.67	1.62	1.16	1.63
Protein (%)	7.48	6.91	6.60	6.95	6.47	6.79	6.94	6.47
pH	4.11	4.14	4.67	4.66	4.34	4.15	4.47	4.55
Aw	0.92	0.93	0.91	0.88	0.91	0.90	0.89	0.90
L-value	55.16	55.15	53.16	55.56	54.35	55.04	55.24	56.12
a-value	5.43	6.15	5.71	5.95	8.31	9.22	11.32	11.83
b-value	20.56	19.86	20.43	18.71	21.63	19.03	21.04	21.58

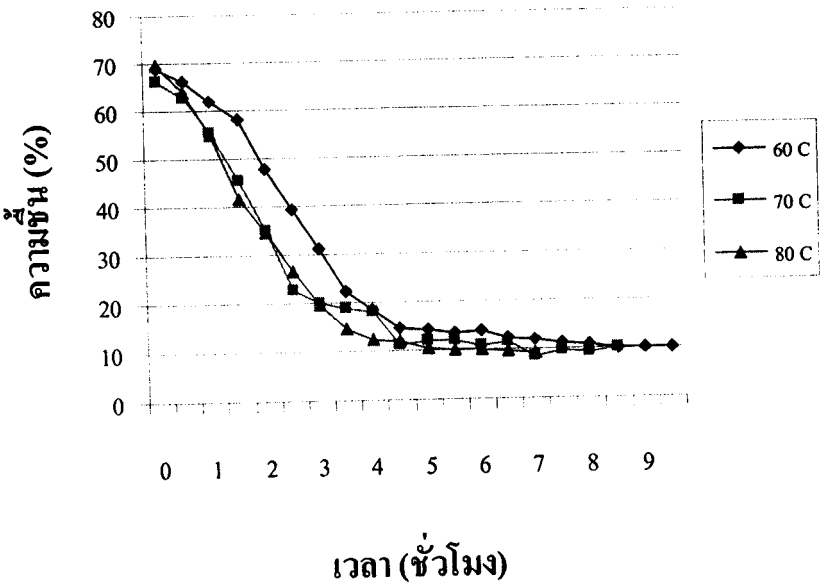
หมายเหตุ : 1 คือ เค็มหมากนัดรุ่นที่ 1 ของการเก็บตัวอย่างมาตรวจสอบ

2 คือ เค็มหมากนัดรุ่นที่ 2 ของการเก็บตัวอย่างมาตรวจสอบ

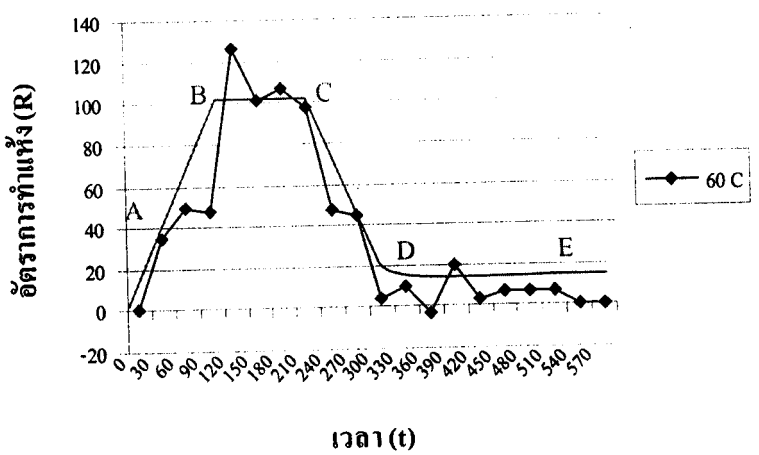
3. <u>ศึกษากระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน (hot air oven) และแบบระเหิด (freeze dryer) ของหลนเค็มหมากนัด</u>

การศึกษากระบวนการทำแห้งผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งแบบลมร้อน (hot air oven) และแบบระเหิด (freeze dryer) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาและเพื่อหาอัตราการทำแห้ง โดยทำการหาความชื้นของตัวอย่างทุก ๆ 30 นาที จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

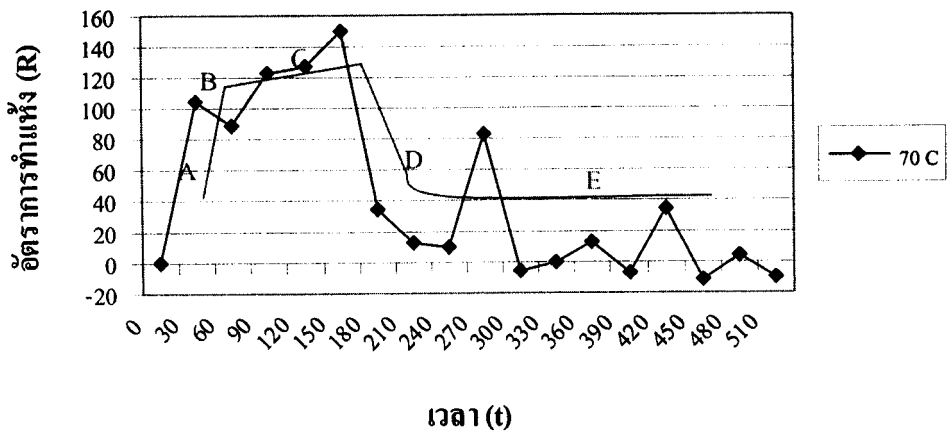
ผลการทดลองพบว่าความชื้นของหลนเค็มหมากนัดอบแห้งที่ทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการทำแห้งมากขึ้น (ภาพที่ 4) โดยที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสมีค่าความชื้นลดลงสูงกว่าที่อุณหภูมิ 70 และ 60 องศาเซลเซียสตามลำดับ เนื่องจากที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสมีอุณหภูมิของอากาศแห้งสูงจึงทำให้ความร้อนถ่ายเทไปยังผิวของอาหารและน้ำในอาหารระเหยออกมาได้เร็ว และการหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ (ภาพที่ 5 6 และ 7) ที่สามารถลดความชื้นในผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งให้ลดลงเหลือน้อยกว่า 13 % ได้คือ ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าเท่ากับ 7 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งการที่เลือกใช้ความชื้นน้อยกว่า 13 % เนื่องจากสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานเพราะเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียและยีสต์ไม่เจริญที่ความชื้นต่ำกว่า 30 % (สมโภช และคณะ, 2547) นอกจากนี้ความชื้นผลิตภัณฑ์ที่น้อยกว่า 13 % ยังสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำยาขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป (2548) ที่กำหนดให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์น้อยกว่า 13 %



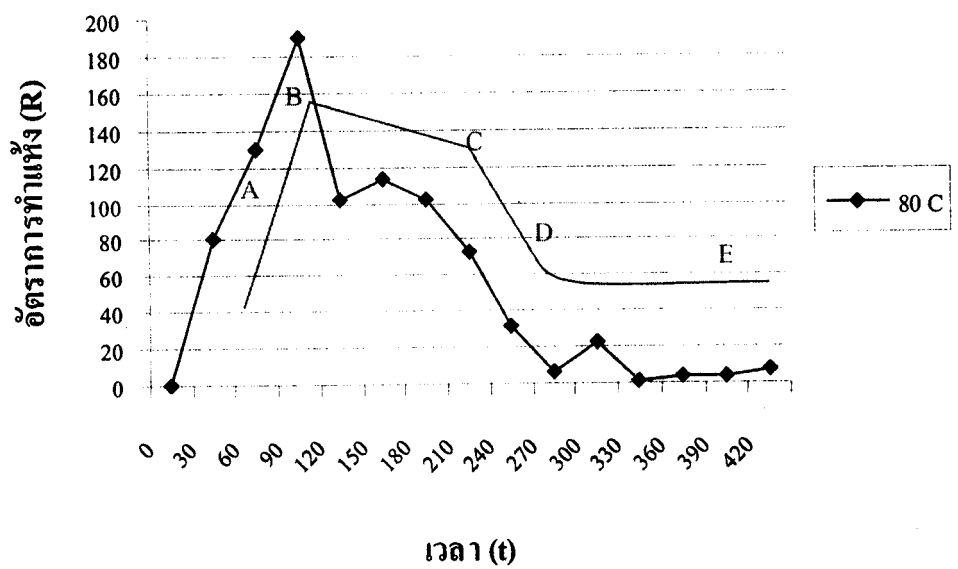
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการทำแห้งผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงอัตราการทำแห้งกับเวลาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงอัตราการทำแห้งกับเวลาที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงอัตราการทำแห้งกับเวลาที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลาที่ทำให้อัตราการทำแห้งคงที่มีค่าน้อยที่สุดคือ 30 นาที ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่างต่ำที่สุดคือ 66.2047 % แต่ที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 69.5427 และ 69.5427 % ตามลำดับ และจากภาพการเปลี่ยนแปลงอัตราการทำแห้งกับเวลา (ภาพที่ 5 6 และ 7) พบว่าช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างทุก ๆ 30 นาทีเป็นช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างที่ห่างเกินไปทำให้มองไม่เห็นช่วงจุด A (steady state) ซึ่งเป็นช่วงเวลาสั้นๆ ของตอนเริ่มการอบแห้งซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการทำให้ผิวหน้าของอุณหภูมิสูงขึ้นถึงอุณหภูมิกระเปาะเปียก ส่วนช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และอัตราการอบแห้งลดลงสามารถสังเกตได้ชัดในทุกอุณหภูมิ

การประเมินค่าทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบระเหิดที่ยังไม่ทำการคืนตัว (ตารางที่ 3) ซึ่งทำการประเมินค่าลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบโดยรวมพบว่าอุณหภูมิและวิธีการทำแห้งมีผลต่อค่าประเมินทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนการทดสอบด้านลักษณะปรากฏของการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบระเหิดมีคะแนนเท่ากับ 6.24 4.59 4.12 และ 6.47 ตามลำดับ คะแนนของการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบระเหิดมีคะแนนช่วง 6-7 คือผู้ทดสอบชิมชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง เช่นเดียวกับคะแนนด้านสีของหลนเค็มหมากนัดที่ทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบระเหิดมีคะแนนเท่ากับ 6.24 4.94 4.12 และ 6.12 ตามลำดับ และคะแนนด้านความชอบโดยรวมของการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบระเหิดมีค่าเท่ากับ 6.18 5.00 4.38 และ 5.90 ตามลำดับ

จากค่าการประเมินค่าทางประสาทสัมผัสข้างต้นพบว่าหลนเค็มหมากนัดที่ทำแห้งแบบระเหิดและแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะได้รับค่าการยอมรับที่ไม่ต่างกัน ($p \leq 0.05$) เนื่องจาก เป็นการใช้อุณหภูมิต่ำในการทำแห้งจึงสามารถรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสีลักษณะปรากฏได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูงคือ 70 และ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับวิไล (2545) ที่กล่าวว่าการทำแห้งที่เวลานานหรือความร้อนที่สูงจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

ส่วนการประเมินค่ากลิ่นจะพบว่าหลนเค็มหมากนัดที่ทำแห้งแบบระเหิดได้รับคะแนนสูงที่สุดคือ 6.94 และแตกต่างจากตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่าการประเมินกลิ่นเท่ากับ 6.06 5.53 และ 5.24 ตามลำดับ เนื่องจากตัวอย่างที่ทำแห้งแบบระเหิดเป็นการระเหิดน้ำจากสภาวะของแข็งกลายเป็นไอโดยไม่ผ่านความร้อน จึงรักษากลิ่นได้ดี เนื่องจากความร้อนจะทำให้สารหอมระเหยบางชนิดสูญเสียไป ซึ่งปริมาณการสูญเสียสารหอมระเหยจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดันไอ และความสามารถในการระเหย (วิไล, 2545)

ตารางที่ 3 คะแนนการประเมินค่าทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบระเหิด (ยังไม่ได้ทำการคืนตัว)

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทำแห้ง			
	แบบลมร้อน			แบบระเหิด
	60 °C	70 °C	80 °C	
ลักษณะปรากฏ	6.24±0.97[a]*	4.59±1.54[b]	4.12±1.76[b]	6.47±1.84[a]
สี	6.24±1.44[a]	4.94±1.82[b]	4.12±1.73[b]	6.12±1.80[a]
กลิ่น	6.06±1.44[b]	5.53±1.42[b]	5.24±1.20[b]	6.94±1.56[a]
ความชอบโดยรวม	6.18±1.02[a]	5.00±1.23[b]	4.38±1.60[b]	5.90±2.05[a]

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4. ศึกษาการคืนตัวของหลนเค็มหมากนัดที่ผ่านการทำแห้ง

ผลการศึกษาการคืนตัวของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบระเหิด โดยทำการต้มน้ำปริมาณ 120 มิลลิลิตรให้มีอุณหภูมิ 85- 90 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตัวอย่างหลนเค็มหมากนัดอบแห้งจำนวน 30 กรัมใส่ลงในน้ำร้อน ปิดฝาภาชนะให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องเพื่อคืนตัวเป็นเวลา 5 10 และ 15 นาที นำตัวอย่างที่ผ่านการคืนตัวไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองพบว่าสภาวะการทำแห้งมีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยหลนเค็มหมากนัดที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิดจะได้รับคะแนนการประเมินค่าทางประสาทสัมผัสภายหลังการคืนตัวในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งแบบลมร้อนในทุกเวลาที่ทำการคืนตัว (ตารางที่ 4) ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิดไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) เพราะผ่านการทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิต่ำ เมื่อทำการคืนตัวทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติไม่ขม สีไม่เข้ม รสชาติโดยรวมใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม (หลนเค็มหมากนัดที่ไม่ผ่านการทำแห้ง) ส่วนหลนเค็มหมากนัดที่ทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะมีคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสต่ำที่สุด เนื่องจากการอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการสูญเสียรสชาติและความข้นหนืดที่เกิดจากเสียสภาพโปรตีนของไข่ เกิดการแตกตัวของไขมันจากกะทิ และเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด สอดคล้องกับ ประทิน และ ปราณี (2546) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิหรือเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยของความสว่างลดลง ค่าความเป็นสีแดง (a) และค่าความเป็นสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์กลิ่นผิดปกติ และมีรสชาติขมขึ้น

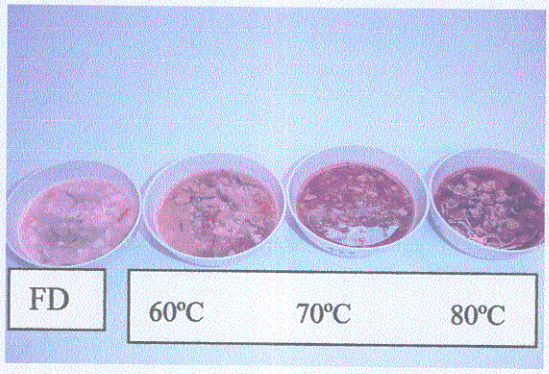
ตารางที่ 4 คะแนนการประเมินค่าทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบระเหิด โดยทำการคืนตัวที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 และ 15 นาที

วิธีการทำแห้ง	อุณหภูมิ	เวลาในการคืนตัว (นาที)	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
			ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
แบบลมร้อน	60 °C	5	5.58±1.62b*	5.58±1.44b	5.00±1.54cd	5.33±1.44bc	5.83±1.40bcd	5.33±1.30cd
		10	5.92±1.44b	5.92±1.44b	5.58±1.50bc	5.50±1.24b	6.00±1.35bc	5.83±1.34bc
		15	4.50±1.57c	4.17±1.80c	5.00±1.47cd	5.17±1.47bc	4.58±1.56de	4.50±1.62de
	70 °C	5	2.92±1.44ef	3.00+1.54cd	3.42±1.88ef	3.5±1.62d	3.92±1.73e	3.33±1.56f
		10	4.25±1.29cd	3.58±1.31c	4.33±1.61de	4.17±1.70cd	4.83±2.13cde	4.50±1.73de
		15	3.83±1.52def	3.14±1.73cd	3.58±1.44ef	3.33±1.97d	4.25±2.00e	3.42±1.68ef
	80 °C	5	3.33±1.56def	2.92±1.56cd	4.00±1.81def	4.17±1.47cd	4.08±1.92e	3.75±1.71ef
		10	2.58±1.62f	2.25±1.21d	2.92±1.73f	3.83±1.57d	4.08±2.07e	3.33±1.83ef
		15	2.67±1.56f	2.17±1.19d	3.17±1.34f	3.67±1.56d	4.33±1.92e	3.58±1.83f
แบบระเหิด		5	6.25±1.60ab	6.67±1.72ab	6.42±2.02ab	6.83±1.53a	6.67±1.15ab	6.75±1.21ab
		10	7.17±1.27a	7.33±1.07a	7.08±1.17a	7.25±0.87a	7.08±1.00ab	7.33±0.89ab
		15	7.33±0.65a	6.83±1.59ab	7.08±1.38a	7.67±0.89a	7.58±1.00a	7.58±0.79a
ตัวอย่างควบคุม		-	7.17±1.80a	6.75±1.96ab	6.92±1.62a	7.33±0.65a	7.42±0.80a	7.42±1.08a

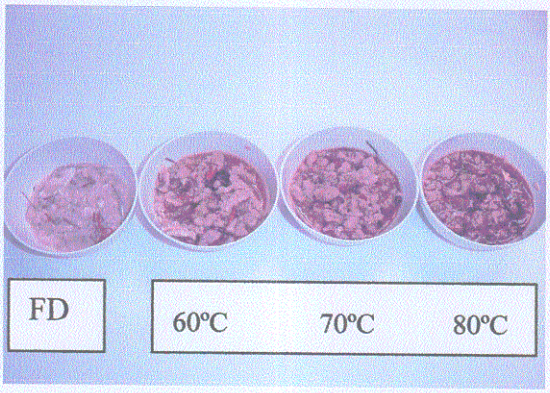
หมายเหตุ: *ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการคืนตัวของหลนเค็มหมากนัดพบว่า หลนเค็มหมากนัดอบแห้งที่ผ่านการทำแห้งแบบลมร้อนทุก ๆ อุณหภูมิและการทำแห้งแบบระเหิด ไม่สามารถคืนตัวได้อย่างสมบูรณ์ที่เวลาการคืนตัวเป็น 5 นาที โดยมีการแยกชั้นของของแข็งกับของเหลวอย่างชัดเจน (ภาพที่ 8) เป็นผลมาจากเวลาที่ใช้ในการคืนตัวไม่เพียงพอ นิธิยา (2545) กล่าวว่าที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส พันธะไดซัลไฟด์ในโปรตีนจะแยกออก โครงสร้างเฮลิกซ์จะเปิดออก และเกิดการตกตะกอนของโปรตีนที่ไวต่อความร้อน และที่อุณหภูมิสูงจะทำให้กรดไขมันชนิดอิ่มตัวในหลนเค็มหมากนัดเกิดการละลายเกิดกรดไฮโดรคาร์บอน ทำให้ pH จึงลดลง ส่งเสริมให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการแยกชั้นค่อนข้างชัดเจน

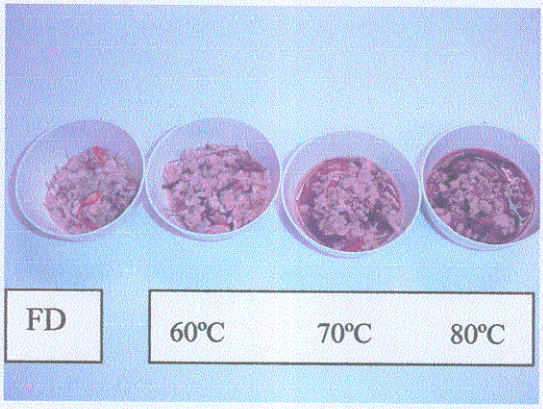
หลนเค็มหมากนัดอบแห้งที่ผ่านการทำแห้งแบบลมร้อนทุกๆ อุณหภูมิแล้วนำมาคืนตัวเป็นเวลา 10 นาที จะยังมีการแยกชั้นของของแข็งกับของเหลว แต่เริ่มมีดูดซึมน้ำมากขึ้น (ภาพที่ 9) แต่การคืนตัวของหลนเค็มหมากนัดที่ทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลาในการคืนตัวที่ 10 นาที สามารถคืนตัวได้ค่อนข้างดี เนื่องจากโปรตีนยังไม่เสียสภาพมากนัก เมื่อเทียบกับหลนเค็มหมากนัดทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีการดูดซึมน้ำกลับน้อยมาก ถิรนันท์ และคณะ (2546) พบว่ากระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด และความสามารถในการละลายของโปรตีนลดลง ส่งผลให้มีค่าดัชนีการกระจายตัวต่ำ ส่วนที่เวลาการคืนตัวเป็น 15 นาที (ภาพที่ 10) พบว่าหลนเค็มหมากนัดที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิดจะมีการดูดซึมน้ำมาก เกิดการพองตัวสูง ทำให้มีเนื้อสัมผัสที่ไม่ดี ส่วนหลนเค็มหมากนัดที่ผ่านการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียสจะเกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนมากกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความสามารถในการละลายและดูดซึมน้ำต่ำกว่าจึงยังเกิดการแยกชั้นของของเหลวกับของแข็งสูงกว่า แต่ที่เวลาดังกล่าว ปริมาณน้ำจะลดลงสูงกว่าที่เวลาในการคืนตัวที่เวลา 5 และ 10 นาที เนื่องจากเกิดการดูดซึมของน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ วิไล (2545) ที่กล่าวว่าความร้อนจะลดระดับการดูดคืนน้ำและความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ ทำให้โปรตีนจับตัวกันและลดความสามารถในการอุ้มน้ำ อาจใช้อัตราเร็วและระดับการดูดคืนน้ำเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของอาหารได้ โดยอาหารที่ทำแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะเกิดความเสียหายกับโครงสร้างเซลล์น้อยกว่าและดูดคืนน้ำได้เร็วกว่าอาหารที่ทำแห้งที่สภาวะที่ไม่เหมาะสม ส่วนการทำแห้งแบบระเหิดสามารถคืนตัวได้ดี มีการดูดซึมน้ำในปริมาณที่เหมาะสม



ภาพที่ 8 การคืนตัวของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และแบบระเหิด (FD) ที่เวลา 5 นาที



ภาพที่ 9 การคืนตัวของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และแบบระเหิด (FD) ที่เวลา 10 นาที



ภาพที่ 10 การคืนตัวของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และแบบระเหิด (FD) ที่เวลา 15 นาที

5. ศึกษาคุณภาพและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบระเหิด (ตารางที่ 5) ซึ่งทำการวัดค่าสีในระบบ L a b โดยค่า L แสดงถึงค่าความสว่างจาก 0- 100 ค่า a แสดงค่าสีแดง-เขียว ถ้าค่าเป็น + แสดงสีแดง ถ้าค่าเป็น – จะแสดงสีเขียว และค่า b ซึ่งแสดงค่าสีเหลือง-น้ำเงิน ถ้าค่าเป็น + แสดงสีเหลือง ถ้าค่าเป็น – จะแสดงน้ำเงิน พบว่าสภาวะการทำแห้งมีผลต่อค่าสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)โดยสภาวะการทำแห้งแบบระเหิดและแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่าง (L) ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (หลนเค็มหมากนัดที่ไม่ผ่านการทำแห้ง) และสามารถรักษาค่าความสว่าง (L) ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส จะเกิดสีน้ำตาลอันเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดทำให้หลนเค็มหมากนัดมีสีแดงและทำให้ค่าความสว่างลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Hsu และคณะ (2003) และ Rahman (2002) ที่พบว่าการทำแห้งแบบระเหิดจะสามารถรักษาค่าความสว่าง (L) ได้ดีกว่าการทำแห้งแบบลมร้อน โดยหลนเค็มหมากนัดที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และการทำแห้งแบบระเหิดมีค่า L เท่ากับ 56.59 54.74 49.02 และ 57.34 ตามลำดับ ส่วนค่า a มีค่าเท่ากับ 6.37 7.35 7.53 และ 6.33 ตามลำดับ และมีค่า b เท่ากับ 25.39 21.41 21.24 และ 27.01 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้หลนเค็มหมากนัดมีค่าความเป็นสีแดง (ค่า a) และความเป็นสีเหลือง (ค่า b) เพิ่มขึ้น และมีค่ามากกว่าการทำแห้งแบบระเหิด เนื่องจากตัวอย่างที่ทำแห้งแบบระเหิดเป็นการระเหิดน้ำจากสภาวะของแข็งกลายเป็นไอโดยไม่ผ่านความร้อนจึงไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ส่วนค่า %yield มีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นและ a_w โดยเมื่อค่าความชื้นและ a_w สูงจะทำให้ค่า %yield สูงเช่นกัน ค่า %yield ของการทำแห้งแบบระเหิดจะมีค่าต่ำการทำแห้งแบบลมร้อนเนื่องจากมีความชื้นและ a_w ที่ต่ำกว่า

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบระเหิด (ตารางที่ 5) พบว่าสภาวะการทำแห้งมีผลต่อคุณภาพทางเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความชื้นเท่ากับ 12.39 12.57 12.74 และ 10.17% ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 29.13 29.45 29.55 และ 33.53% ตามลำดับ ปริมาณไขมันเท่ากับ 18.17 17.31 17.22 18.77% ตามลำดับ และปริมาณเถ้าเท่ากับ 12.32 11.67 11.49 และ 12.49% ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณกรดทั้งหมด (% Total acidity) จะมีค่าแปรผกผันกันโดยพบว่าที่ค่าความเป็นกรด-ด่างสูง ปริมาณกรดทั้งหมดจะต่ำ แต่จาก

ตารางที่ 4 จะพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของหลนเค็มหมากนัดที่ทำแห้งแบบระเหิดจะมีค่าสูงที่สุด ส่งผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าต่ำที่สุด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบระเหิด (ตารางที่ 5) พบว่าไม่มีการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์และ รา เนื่องจากผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งที่ผ่านการทำแห้งในทุกตัวอย่างมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 โดยในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำยาขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป (2548) ระบุไว้ว่าในผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w ไม่เกิน 0.6 จะทำการตรวจสอบจุลินทรีย์ 2 กลุ่ม คือจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องมีปริมาณไม่เกิน $1x10^3$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และยีสต์และราต้องมีปริมาณไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และจากค่า a_w ที่ต่ำกว่า 0.6 ของหลนเค็มหมากนัดทำให้เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคไม่สามารถเจริญได้เช่นกัน (วิไล, 2545)

ตารางที่ 5 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส การทำแห้งแบบระเหิด และตัวอย่างควบคุม

สิ่งที่วิเคราะห์	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ตัวอย่างควบคุม	การทำแห้งแบบลมร้อน			การทำแห้งแบบระเหิด
		60 °C	70 °C	80 °C	
คุณภาพทางกายภาพ					
L	57.80±3.16^{a*}	56.59±0.02^{ab}	54.74±0.02^{b}	49.02±0.03^{c}	57.34±0.00^{ab}
a	0.92±0.85^{c}	6.37±0.02^{b}	7.35±0.01^{a}	7.53±0.02^{a}	6.33±0.03^{b}
b	16.38±1.93^{c}	25.39±0.01^{a}	21.41±0.02^{b}	21.24±0.01^{b}	27.01±0.01^{a}
a_w	-	0.46±0.00^{c}	0.47±0.00^{b}	0.50±0.00^{a}	0.45±0.00^{d}
%yield	-	68.21±0.08^{a}	69.24±0.17^{a}	69.55±0.08^{a}	64.27±1.65^{b}
คุณภาพทางเคมี					
ความชื้น(%)	68.41±0.02^{a}	12.39±0.02^{d}	12.57±0.02^{c}	12.74±0.02^{b}	10.17±0.00^{e}
โปรตีน(%)	16.19±1.32^{c}	29.13±0.56^{b}	29.45±1.44^{b}	29.55±0.24^{b}	33.53±0.37^{a}
ไขมัน (%)	4.04±0.06^{d}	18.17±0.07^{b}	17.31±0.14^{c}	17.22±0.23^{c}	18.77±0.11^{a}
เถ้า (%)	4.52±0.26^{c}	12.32±0.14^{a}	11.66±0.18^{b}	11.49±0.35^{b}	12.49±0.13^{a}
pH	4.39±0.01^{b}	4.13±0.01^{e}	4.25±0.01^{c}	4.15±0.00^{d}	4.68±0.02^{a}
% acidity (as ascorbic)	0.17±0.01^{d}	0.28±0.01^{a}	0.21±0.01^{c}	0.26±0.01^{b}	0.15±0.01^{e}
คุณภาพทางจุลินทรีย์					
แบคทีเรียทั้งหมด(CFU/g)	-	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ยีสต์และรา(CFU/g)	-	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

สรุปผลการทดลอง

1. ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเค็มหมากนัดที่ตรวจสอบจาก 4 แหล่งผลิตมีปริมาณต่างกัน โดยมีปริมาณเชื้อยีสต์และราเกินกว่าข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน พบ *Staphylococcus aureus* จาก 2 แหล่งผลิต แต่ไม่พบ *E. coli* และ *Salmonella* sp.

2. เค็มหมากนัดจาก 4 แหล่งผลิตมีคุณภาพทางกายภาพและเคมีแตกต่างกันเล็กน้อย

3. อัตราการทำแห้งคงที่ของหลนเค็มหมากนัดที่อุณหภูมิ 80 70 และ 60 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 101.7687 126.7549 และ 97.2013 $g.H_2O/m^2.min$ ตามลำดับ

4. หลนเค็มหมากนัดที่ทำแห้งด้วยวิธีแบบระเหิด คืนตัวเป็นเวลา 10 นาที และหลนเค็มหมากนัดที่ผ่าน การทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส คืนตัวเป็นเวลา 10 นาที ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

5. การทำแห้งแบบระเหิดจะสามารถรักษาคุณภาพทางด้านกายภาพและทางเคมีได้ดีกว่าการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มยีสต์และราและแบคทีเรียทั้งหมด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเลือกอุณหภูมิในการทำแห้งหลนเค็มหมากนัดที่ต่ำลง เช่น 40 หรือ 50 องศาเซลเซียส หรือ ผลิตแบบกึ่งเหลว เพื่อรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส

2. ควรเลือกใช้กะทิผงแทนการใช้กะทิกล่องเพื่อรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3. ควรศึกษาสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้ง

4. ควรทำการวัดค่าความหวานของสับปะรดก่อนการทำหลนเค็มหมากนัด

5. ควรทำการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทำแห้งให้ถี่มากขึ้น เช่น เก็บตัวอย่างทุก ๆ 15 นาที เป็นต้น

6. ควรมีการสำรวจเก็บข้อมูลแหล่งผลิตเค็มหมากนัดในจังหวัดอุบลราชธานีเพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. "สินค้าพื้นเมืองอุบลราชธานี". [http://www.tat.or.th/thai/tourinfo/northeast/ubonrachatani/goods.html.] .2 พฤศจิกายน 2547.

จิรภา พงษ์จันตา, สมชาย จอมดวง และ รัตนพล พนมวัน ณ อยุธยา. 2546. ผลของกรรมวิธีการเตรียมและการอบแห้งต่อคุณภาพฟักทองผง. วารสารอาหาร. 33 (1): หน้า 68-76.

จันทร์ผกา คงศิริรัตน์. 2532. การศึกษาภาชนะบรรจุที่เหมาะสมในการหมักเค็มสับปะรด. ปัญหาพิเศษทางเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ช่อลัดดา เที่ยงพุก. 2546. ปลาร้าแปรรูป. วารสารอาหาร. 33 (3): หน้า 187-189.

ถิรนันท์ คุณานพรัตน์, มณทิรา นพรัตน์, สุวิช ศิริวัฒนโยธิน และ วลัยพร ศรีชุมพวง. 2546. การประเมินความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยีและทางเศรษฐศาสตร์ในการพัฒนากระบวนการผลิตนมถั่วเหลืองผงสำเร็จรูป. วารสารอาหาร. 33 (4): หน้า 299-306.

ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2544. อิทธิพลของความชื้นและอุณหภูมิต่อโปรตีนที่ผ่านการทำแห้ง. วารสารอาหาร. 33 (3): หน้า 157-164.

นงนุช รักสกุลไทย. 2538. กรรมวิธีแปรรูปสัตว์น้ำ. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 504 หน้า

ประทิน หยดย้อย และ ปราณี อ่านเปรื่อง. 2546. การผลิตเครื่องดื่มถั่วแดงผงสำเร็จรูป. วารสารอาหาร. 33 (2): หน้า

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำยาขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป. [http://www.fisi.go.th/otop./pdf_file/tcps498_47.pdf]. 4 กุมภาพันธ์ 2548.

มัทนา แสงจินดาวงษ์. 2545. ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 323 น.

รุ่งกานต์ บุญนาถกร, สิงหนาท พวงจันทร์แดง, บวรศักดิ์ ลีนานนท์, สาโรช ค้าเจริญ และ เยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2547. การเปรียบเทียบการแปรรูปกระเทียมผงโดยการทำแห้งแบบใช้ลมร้อนและแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบ. วารสารอาหาร. 34 (3): หน้า 248-260.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร: การถนอมอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพ ฯ.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และ นิธิยา รัตนปนนท์. 2540. หลักการวิเคราะห์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า123.

ลูกจันทร์ ภัครัชพันธุ์. 2524. อุตสาหกรรมอาหารหมักดอง. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ. 161 น.

วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์บริษัท เท็กซ์แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพ ฯ.

วีระ อวิคุณประเสริฐ. 2543. ปฏิบัติการเฉพาะหน่วยทางวิศวกรรมอาหาร. โครงการจัดตั้งภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. หน้า 46-54.

สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม, ช่อลัดดา เที่ยงพุก, วัฒนา วิริวุฒิกร และ จารุวรรณ ศิริพรรณพร. 2547. การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวกล้องหอมมะลิกึ่งสำเร็จรูป. วารสารอาหาร. 34 (3): หน้า 240-246.

สุวรรณ วิรัชกุล, สุเวทย์ นิงสานนท์ และประทุม สงวนตระกูล. 2521. การศึกษาคุณค่าทางอาหารและวิธีการหมักปลาในน้ำสับปะรด (เค็มสับปะรด) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (1) การศึกษาเบื้องต้น. รายงานผลการวิจัยประเภทอาจารย์และศาสตราจารย์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 8 น.

สุวรรณ วิรัชกุล, สุเวทย์ นิงสานนท์ และประทุม สงวนตระกูล. 2527. การศึกษาคุณค่าทางอาหารและวิธีการหมักเค็มสับปะรดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (2) การปรับปรุงตำรับอาหารเค็มสับปะรด. แก่นเกษตร. 12(6) : 285-293 น.

สุวรรณ วิรัชกุล, สุเวทย์ นิงสานนท์ และประทุม สงวนตระกูล. 2528. การศึกษาคุณค่าทางอาหารและวิธีการหมักเค็มสับปะรดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (3) ผลของการถนอมเค็มสับปะรด โดยกรรมวิธีพาสเจอร์ไรส์. แก่นเกษตร. 13(4) : 227-234 น.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเค็มหมากนัด. มผช.148/2546.__,

อภิญญา เอกพงษ์, จิตรา วราอัศวปติ, เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด, วีระ อวิคุณประเสริฐ และเกรียงไกร สร้อยนาค. 2543. การศึกษาการผลิตเค็มหมากนัดในจังหวัดอุบลราชธานี. รายงานโครงการอนุรักษ์ ส่งเสริม เผยแพร่ และพัฒนาศาสนาและศิลปวัฒนธรรม. โครงการจัดตั้งภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

อุดม สุนทรวิภาค และอารี วานิช. 2515. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของปลาร้าระหว่างการหมักดอง. รายงานผลการทดลองแผนกอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analytical. 16th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.

Andrew. W. 1992. Manual of food quality control. Food of Agricaltural. 4 (1). Washington, D.C., USA. 337 p.

Anonymous. 2006. [http://www/advisor. Anamai.moph.go.th]. 25 August 2006.

Beddows, C.G. 1998. Fermented fish and fish products, pp. 416-440. *In* B.J.B. Wood. (ed.) Microbiology of Fermented Foods Volume I. 2nd ed. Blackie Academic & Professional, London. 440 p.

Bulan. P., V. Warunee, R. Suparat. and W. Henry. 1995. The traditional fermentedfoods of Thailand. Bangkok. Thailand. 157 p.

FAO. 1992. Manual of Food Quality control : 4. Rev.1. Microbiological Analysis. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 338 p.

Fellows, P.J. 2000. Food Processing Technology : Principles and Practice. CRC Press, Inc., New York.

Garbutt, J. 1997. Essentials of Food Microbiology. Arnold, a Member of the Hodder Headlind Group, London. 251 p.

Hsu, C.-L., W. Chen, Y.-M. Weng and C.-Y. Tseng. 2003. Chemical composition, physical properties and antioxidant activities of yam flour as affected by different drying methods. J. Food chemistry. 83:85-92.

Lee, C.H., Cho, T.S., Lim, M.H., Kang, J.W. and Yang, H.C. 1983. Studies on the Sikhae Fermentation made by Flat-Fish. J. Appl. Microbiol. 11 (1):53.

Lee, C.H., Lim, M.H., Kim, K.H., Chae, S.K., Lee, K.W. and Koh, K.H.1986. Characteristics of Korean Fish Fermentation Technology. J. Dietary Culture. 1(3): 267-269.

Ouwenhand, A.C. 1998. Antimicrobial components from lactic acid bacteria. *In* S. Salminen and A. von Wright (eds.) Lactic Acid Bacteria : Microbiology and Funtional Aspects. 2nd ed . Marcel Dekker, Inc., New York. 617 p.

Park, J.N., Fukumoto,Y., Fujita, E., Tanakas, T., Washio, T., Otsuka, S., Shimizu, T., Watanabe, K. and Abe, H. 2001. Chemical composition of fish sauces produced in Southeast and East Asian countries. J. Food Comp. and Anal. 14: 113-125.

Phithakpol, B., Varanyanond, W., Reungmaneepaitoon, W. and Wood, H. 1995. The Traditional Fermented Foods of Thailand. Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

Rahman, M.S., O.S. Al-Amri. And I.M. Al-Bulushi. 2002. Pores and physico-chemical characteris of dried tuna produced by different methods of drying. J. Food Engineering. 53:301-313

Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. J. Food Engineering. 49:311-319

Riebroy, S., Benjakul, S., Visessanguan, W., Kijrongrojana, K. and Tanaka, M. 2004. Some characteristics of commercial Som-fug produced in Thailand. Food Chem. 88 : 527-535.

Rose, A.H. Economic Microbiology Volume 7 : Fermented Foods. Academic Press, Inc., Florida. 337 p.

Saisithi, P., Wonkhalsung, C., Boonyaratanakornkit, M., Yongmanitchai, P., Chimanase, P., and Maleehuan, S. 1986. Improvement of Thai traditional fermented fish products: Som-fug. Bangkok, Thailand: Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University.

Sanni, A.I., Asiedu, M. and Ayernor, G.S. 2002. Microflora and chemical composition of *Momoni*, a Ghanaian fermented fish condiment. J. Food Comp. and Anal. 15: 577-583.

Souane, M. 1987. Studies on Gajami Sikhae. Fellowship report submitted to UNU, Tokyo, Japan.

Thongthai, C. and Srisutipruti, A. 1989. Occurance of tyrosine crystals in Kam-Sapparods and in rapidly processed Nam-Pla (Fish Sauce). In Reilly, P.J.A., Parry, R.W.H. and Barile, L.E. Post-harvest Technology, Preservative and Quality of Fish in Southeast Asia. International Foundation for Science National Research Council of Thailand Mahidol University.

Tsi, Y.H., Lin, C.Y., Chien, L.T., Lee, T.M., Wei ,C.I. and Hwang, D.F. 2006. Histamine contents of fermented fish products in Taiwan and isolation of histamine-forming bacteria . Food Chemistry. 98(1): 64-70.

Vanderzant, C. and D.F. Splittstoesser. 1992. Compodium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Third edition. American Public Health Association, Washington, DC. 1219 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เค็มหมากนัดจากแหล่งผลิตต่างๆ

เค็มหมากนัดจากแม่กิมซัว

เค็มหมากนัดจากร้านรัตนสิน

เค็มหมากนัดจากร้านแม่อารีย์

เค็มหมากนัดจากร้านยายเล็ก

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. การวัดค่าสี (L, a, b)

นำตัวอย่างบรรจุในถ้วยพลาสติกใส ทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (Chroma meter) จากนั้นบันทึกค่าที่ได้ในระบบ L a b โดยทำการเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำ

2. วิเคราะห์ค่า a_w

นำหลนเต็มหมากนัดที่ผ่านการทำแห้งแล้วมาวิเคราะห์ค่า a_w ด้วยเครื่อง Novasina อ่านค่า a_w ที่อุณหภูมิของเครื่อง 25.0 °C โดยทำการเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำ

3. การหาอัตราการทำแห้ง

ตารางภาคผนวกที่1 ค่าความชื้นโดยน้ำหนักแห้งและอัตราการทำแห้งที่เวลาต่างๆ ในผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส

เวลา (min)	ความชื้นโดยน้ำหนักแห้ง ($g.H_2O/g.$ dry solid)			อัตราการทำแห้ง ($g.H_2O/m^2.min$)		
	อุณหภูมิ (°C)			อุณหภูมิ (°C)		
	60	70	80	60	70	80
0	68.9811	66.2047	69.5427	0.0000	0.0000	0.0000
30	66.1183	62.7000	63.9599	34.4548	42.8586	79.9581
60	62.0430	55.4121	54.9418	49.0491,	89.1230	129.1592
90	58.0875	45.3652	41.5000	47.6066	122.8624	190.3276
120	47.6382	35.0000	34.5746	125.7622	126.7549	101.3756
150	39.2432	22.7000	26.6748	101.0385	150.4153	113.1431
180	31.1671	19.9454	19.5692	97.2013	33.6857	101.7687
210	22.2731	18.8399	14.4481	107.0442	13.5190	73.3444
240	18.3143	18.0779	12.2491	47.6454	9.3184	31.4957
270	14.6264	11.2847	11.8209	44.3869	83.0733	6.1321
300	14.2704	11.7781	10.2525	4.2841	6.0337	22.4630
330	13.4473	11.7419	10.1872	9.9065	0.4427	0.9352
360	13.7635	10.7481	9.9631	-3.8056	12.1531	3.2096
390	12.1254	11.3648	9.7390	19.7154	7.5416	7.9517
420	11.8955	8.6085	9.1838	2.7670	33.7065	-
450	11.3261	9.5248	-	6.8530	11.2053	-
480	10.7312	9.1556	-	7.1600	4.5150	-
510	10.1781	9.9873	-	6.6569	10.1708	-
540	10.1639	-	-	0.1709	-	-
570	10.1585	-	-	0.0650	-	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการทำแห้งและเวลาที่อัตราการทำแห้งคงที่

จาก ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ของความชื้นกับเวลาในการทำแห้งผลิตภัณฑ์หลนเค็มหมากนัดอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส สามารถนำมาหาค่าอัตราการทำแห้งได้ดังนี้

- อุณหภูมิ 60 °C

$$R = \frac{-W_s}{A}\frac{\overline{dM}}{dt}$$

ที่เวลา 0 นาที = $\frac{-(54.16)}{0.15}\frac{(68.9811-68.9811)}{0}$

= 0 $g.H_2O/m^2.min$

ที่เวลา 30 นาที = $\frac{-(54.16)}{0.15}\frac{(66.1183-68.9811)}{30}$

สำหรับที่เวลาอื่น ๆ วิธีการคำนวณเช่นเดียวกับข้างต้น

เวลาอัตราการทำแห้งคงที่ (t_c) = $\frac{W_s}{AR_c}(\overline{M}_B - \overline{M}_C)$

= $\frac{54.16}{0.15x97.2013}$ x (39.24323-22.27305)

= 63.0379 นาที

- อุณหภูมิ 70 °C

ที่เวลา 30 นาที R = $\frac{-(55.03)}{0.15}\frac{(62.7000-66.2047)}{30}$

= 104.0030 $g.H_2O/m^2.min$

สำหรับที่เวลาอื่น ๆ วิธีการคำนวณเช่นเดียวกับข้างต้น

t_c = $\frac{54.16}{0.15x126.7549}$ x (45.3652-35.0000)

= 30 นาที

- อุณหภูมิ 80 °C

ที่เวลา 30 นาที $R = \frac{-(64.45)}{0.15} \frac{(63.9599-69.5427)}{30}$

$= 79.9581 \ g.H_2O/m^2.min$

สำหรับที่เวลาอื่น ๆ วิธีการคำนวณเช่นเดียวกับข้างต้น

$t_c = \frac{64.45}{0.15x101.7687} x \ (34.57463- 19.56915)$

$= 63.3530$ นาที

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. **การวิเคราะห์ความชื้น โดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)** (AOAC, 1995)

1.1 อบถ้วยอะลูมิเนียมสำหรับใส่ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 100-102°C เป็นเวลา 1 ช.ม. แล้วทิ้งให้เย็นใน Desiccator แล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

1.2 นำตัวอย่างมาบดแล้วชั่งน้ำหนัก ประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในถ้วยอะลูมิเนียม บันทึกน้ำหนัก ที่แน่นอน

1.3 นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100-102°C เป็นเวลาประมาณ 16-18 ช.ม. ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

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

2. **การวิเคราะห์ความเป็นกรด (Total acidity as lactic acid)** (ดัดแปลงจาก AOAC, 1995)

2.1 ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว ปริมาณ 90 มล. หยด 1% ฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์

2.2 ไตเตรทกับ 0.1N โซเดียมไฮดรอกไซด์จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน

คำนวณหาปริมาณ Acidity-as Lactic acid (มล./100 กรัมตัวอย่าง)

$$= \frac{\text{ความเข้มข้นของNaOH} \times \text{มล.ของ NaOH} \times 0.09 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

โดยที่ NaOH 0.1 N ปริมาตร 1 มล. สมมูลย์กับแลกติก 0.0090 กรัม

3. <u>การวิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยใช้การสกัดแบบ Supercritical Fluid Extraction</u> (ดัดแปลงจาก AOAC, 1995)

การหาปริมาณไขมันโดยการสกัดแบบ Supercritical Fluid Extraction ด้วยเครื่อง TFE-2000 Total Fat/Oil Determinator

3.1 การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างเพื่อให้ผลวิเคราะห์คล้อยตามวิธีการ Petroleum Ether Extract โดยตัวอย่างที่มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 30 ใช้ตัวอย่างที่บดละเอียดหนัก 0.5-3.0 กรัม ส่วนตัวอย่างที่มีความชื้นมากกว่าร้อยละ 30 ให้ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ผสมกับ LECO Dry 2.2-2.4 กรัม ในบีกเกอร์ขนาด 50 มล. แล้วใส่ Modifier 1.0-2.5 มล. (Modifier คือส่วนผสมระหว่าง ethanol 95 % กับ Isopropyl alcohol 70 %)

3.2 นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง TFE-2000 Total Fat/Oil Determinator

3.3 คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันทำได้เช่นเดียวกับวิธี Petroleum Ether Extract โดยเครื่อง TFE-2000 Total Fat/Oil Determination

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

A = น้ำหนัก Collection Vial และไขมันหลังอบ (กรัม)
B = น้ำหนัก Collection Vial (กรัม)
W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

4. <u>การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าทั้งหมด (Total ash)</u> (AOAC, 1995)

4.1 นำถ้วยกระเบื้องไปเผาในเตาเผาอุณหภูมิประมาณ 550 °C นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก

4.2 ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างประมาณ 2-5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแล้ว ถ้าตัวอย่างเป็นของเหลวให้นำไประเหยน้ำบน Water Bath ก่อน สำหรับตัวอย่างที่เป็นของแข็งให้นำไปเผาบน Hot Plate จนหมดควันดำ แล้วจึงนำไปเผาในตู้อบที่อุณหภูมิ 550 °C จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว (เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง)

4.3 ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปเผาต่ออีก 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง หากน้ำหนักลดลงให้เผาซ้ำจนน้ำหนักคงที่

การคำนวณ % เถ้า = $\frac{(A-B) \times 100}{W}$

A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง และ เถ้า (กรัม)

B = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

5. <u>การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Combustion</u>

5.1 นำตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้นออก และบดละเอียด มาชั่งน้ำหนักประมาณ 0.2-0.5 กรัม

5.2 นำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง FP-528 Nitrogen/Protein Analyzer โดยใช้ความดันของก๊าซฮีเลียมและก๊าซออกซิเจน เป็น 40 PSI และกำหนดอุณหภูมิของเตาเผาให้อยู่ในช่วง 900-950 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการวิเคราะห์ประมาณ 3-4 นาที

คำนวณปริมาณร้อยละของโปรตีน (Crude Protein) = ร้อยละของไนโตรเจน x 6.25

6. <u>การหาปริมาณเกลือ วิธีการของ Morh</u> (ดัดแปลงจาก AOAC, 1995)

6.1 นำตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (ประมาณ 3-5 กรัม) เผาด้วยตะเกียงบุนเซนจนไม่มีควันสีดำจากนั้นเผาต่อในเตาเผาอุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

6.2 ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น

6.3 นำเถ้าที่ได้มาเติมน้ำเดือด (ที่วางให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 50-55 องศาเซลเซียส) ปริมาตร 100 มล. เขย่าแล้ว เติมสารละลายโปแตสเซียมโครเมตความเข้มข้น 5 % ลงไป 1 mL เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ แล้วเขย่าให้เข้ากัน

6.4 นำไปไตเตรตกับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต 0.1 N จนได้สารละลายเป็นสีส้มคงที่นาน 30 วินาที

6.5 บันทึกปริมาตรของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตและคำนวณปริมาณเกลือ

การคำนวณปริมาณเกลือ

1 มิลลิลิตรของสารละลาย ซิลเวอร์ไนเตรต 0.1 N ทำปฏิกิริยาสมมูลย์กับเกลือ 0.005844 กรัม

$$\% \text{ เกลือ} = \frac{0.585 \text{ X ml. of } 0.1\text{N } AgNO_3}{\text{g. of sample}}$$

7. <u>การวิเคราะห์เส้นใยอาหาร (Total crude fiber)</u> (ดัดแปลงจาก AOAC, 1995)

7.1 ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งและบดให้ละเอียดแล้ว น้ำหนักประมาณ 2-3 กรัม ใส่ในภาชนะทรงกระบอกแก้ว

7.2 เติมสารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้น 1.25% ประมาณ 200 มล. ลงในกระบอกแก้ว ต้มให้เดือดในเครื่องย่อยหาเยื่อใย เป็นเวลา 30 นาที และหยุดให้ความร้อน

7.3 ปล่อยกรดออก แล้วล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นร้อนประมาณ 2-3 ครั้ง เพื่อให้หมดกรด

7.4 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 % ประมาณ 200 มล. แล้วต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที และหยุดให้ความร้อน

7.5 ปล่อยด่างออก แล้วล้างเยื่อใยด้วยน้ำกลั่นร้อนประมาณ 2-3 ครั้ง ให้หมดด่าง

7.6 นำกระบอกแก้วออกจากเครื่องวิเคราะห์เยื่อใยไปอบที่อุณหภูมิ 103-105^{0}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก (A)

7.7 นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550^{0}C เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก (B)

คำนวณปริมาณเส้นใยอาหาร

$$\% \text{ Total curde fiber} = \frac{(A-B) \text{ X } 100}{W}$$

A = น้ำหนัก Crucible + น้ำหนักกากหลังจากอบแห้งแล้ว (กรัม)

B = น้ำหนัก Crucible + น้ำหนักกากหลังจากเผาแล้ว (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

8. <u>การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar)</u> (ดัดแปลงจาก Dubois et al., 1956)

8.1 การเตรียมตัวอย่าง

8.1.1 ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม เติมน้ำกลั่นพอประมาณ ปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน

8.1.2 เติม Carrez I ปริมาณ 5 มล. เขย่าแล้วเติม Carrez II ปริมาณ 5 มล. แล้วเขย่า

8.1.3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 250 มล.

8.1.4 ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 20 นาที

8.1.5 กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4

8.1.6 นำส่วนใสไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

8.2 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

8.2.1 นำส่วนใสจากข้อ 9.1 มา 2 มล.ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายฟีนอล ความเข้มข้น 80% ปริมาณ 0.05 มล. แล้วเขย่าให้เข้ากัน

8.2.2 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นปริมาณ 5 มล. แล้วเขย่า

8.2.3 ตั้งทิ้งไว้ในตู้ดูดควันเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำมาเขย่าต่อ

8.2.4 ตั้งทิ้งไว้ในตู้ดูดควันเป็นเวลา 20 นาที

8.2.5 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร

8.3 การทำกราฟมาตรฐาน

8.3.1 ใช้สารละลายกลูโคสเป็นมาตฐาน

8.3.2 เตรียมกลูโคสมาตรฐานความเข้มข้น 0 10 20 30 40 50 60 และ 70 μg/ml

8.3.3 นำสารละลายกลูโคสมาตรฐานมาเติมสารละลายตามข้อ 9.2 แล้ววัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร

8.3.4 นำไป plot กราฟ ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส แล้วหาสมการเส้นตรง แล้วคำนวณหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

1. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (FAO, 1992)

   1.1 ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัมใส่ลงในถุงที่ปราศจากเชื้อ
   1.2 เทน้ำยาสำหรับเจือจาง (1% Peptone water) 225 มิลลิลิตร ใส่ลงในถุง
   1.3 ตีป่นอาหารด้วยเครื่องตีป่น (Stomacher) เป็นเวลา 30 วินาที ตัวอย่างอาหารจะมีระดับความเจือจางเท่ากับ 10^{-1}
   1.4 เจือจางตามระดับที่ต้องการ
   1.5 ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร และทำการ Pour plate ด้วย Plate count agar (PCA)
   1.6 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
   1.7 นับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ และรายงานผลเป็น CFU/กรัมตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (Yeast & Mold) (FAO, 1992)

   2.1 ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัมใส่ลงในถุงที่ปราศจากเชื้อ
   2.2 เทน้ำยาสำหรับเจือจาง (1% Peptone water) 225 มิลลิลิตร ใส่ลงในถุง
   2.3 ตีป่นอาหารด้วยเครื่องตีป่น (Stomacher) เป็นเวลา 30 วินาที ตัวอย่างอาหารจะมีระดับความเจือจางเท่ากับ 10^{-1}
   2.4 เจือจางตามระดับที่ต้องการ
   2.5 ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร และทำการ Pour plate ด้วย Potato dextrose agar (PDA)
   2.6 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3-5 วัน
   2.7 นับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ และรายงานผลเป็น CFU/กรัมตัวอย่าง

3. <u>การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria, LAB)</u> (FAO, 1992; Vedamuthu et. al., 1992)

3.1 ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัมใส่ลงในถุงที่ปราศจากเชื้อ

3.2 เทน้ำยาสำหรับเจือจาง (1% Peptone water) 225 มิลลิลิตร ใส่ลงในถุง

3.3 ตีป่นอาหารด้วยเครื่องตีป่น (Stomacher) เป็นเวลา 30 วินาที ตัวอย่างอาหารจะมีระดับความเจือจางเท่ากับ 10^{-1}

3.4 เจือจางตามระดับที่ต้องการ

3.5 ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร และทำการ Pour plate ด้วย MRS agar ที่เติม Brom cresol purple 0.004% และ Sodium azide 0.02%

3.6 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.7 นับเฉพาะโคโลนีที่มีบริเวณสีเหลืองล้อมรอบ และรายงานผลเป็น CFU/กรัมตัวอย่าง

4. <u>การวิเคราะห์ปริมาณ *Staphylococcus aureus*</u> โดย Most Probable Number method (FAO, 1992)

4.1 การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม เติม Phosphate buffer 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตัวอย่างอาหารจะมีระดับความเจือจางเท่ากับ 10^{-1} และเจือจางตัวอย่างที่ระดับ 10^{-2} และ 10^{-3} ตามลำดับ

4.2 Enrichment

ปิเปตตัวอย่างที่เจือจาง 10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3} 1 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Trypticase (triptic) soy broth (ที่ประกอบด้วย 10% NaCl และ 1% Sodium pyruvate) ระดับความเจือจางละ 3 หลอด บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

4.3 Isolation

Streak แยกเชื้อจากหลอดทดลองบนอาหาร Baird-Parker agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เชื้อมีโคโลนีกลม เรียบ นูน สีดำ

4.4 การทดสอบ Coagulase test

ถ่ายเชื้อที่คาดว่าเป็น *Staphylococcus aureus* ใส่ใน Nutrient broth บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และปิเปตเชื้อใส่หลอดทดสอบ 0.5 มิลลิลิตร เติม Plasma 1 มิลลิลิตร

เขย่าผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หากไม่เกิดการแข็งตัวของ Plasma บ่มต่อจนครบ 24 ชั่วโมง *Staphylococcus aureus* ให้ผลทดสอบ Positive

4.5 การรายงานผล

บันทึกผล และนำค่าที่ได้เปิดตาราง Most Probable Number (MPN) รายงานจำนวนจุลินทรีย์เป็น MPN/กรัมตัวอย่าง

5. <u>วิเคราะห์ปริมาณ *Escherichai coli*</u> โดย Conventional method (FAO, 1992)

5.1 การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม เติม Phosphate buffer 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตัวอย่างอาหารจะมีระดับความเจือจางเท่ากับ 10^{-1} และเจือจางตัวอย่างที่ระดับ 10^{-2} และ 10^{-3} ตามลำดับ

5.2 Presumptive test

ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3} 1 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Lauryl tryptose (LT) broth ที่บรรจุ Durham tube ระดับความเจือจางละ 3 หลอด บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และบันทึกการเกิดแก๊ส

5.3 Confirmatory test

ปิเปตตัวอย่างจากหลอดทดลองที่มีแก๊สเกิดขึ้น จากขั้นตอน Presumptive test ใส่ลงไปใน EC (*Escherichia coli*) broth ที่บรรจุ Durham tube บ่มที่อุณหภูมิ 45.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และบันทึกการเกิดแก๊ส

5.4 Isolation

Streak แยกเชื้อจากหลอดทดลองที่เกิดแก๊ส จากขั้นตอน Confirmatory test บน EMB Agar บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง เชื้อมีโคโลนีที่มีสีเข้ม ลักษณะแบน มี Metallic sheen

5.5 การทดสอบทางชีวเคมี

5.5.1 เลือกโคโลนีคาดว่าเป็น *E .coli* นำไปเพาะเชื้อใน Plate count agar slant

5.5.2 นำเชื้อจาก Plate count agar slant ไปย้อมสีแกรม (Gram stain) ตรวจดูรูปร่างลักษณะ และการติดสีของเชื้อ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์

5.5.3 ถ้าพบเชื้อที่มี Gram negative, Rod shape, Non-spore forming ให้นำไปตรวจสอบคุณสมบัติทางชีวเคมี ดังนี้ Indole test, Veges-Proskauer (V-P) test, Methyl Red (MR) test และ Citrate utilization test

5.5.4 เชื้อ *E. coli* ให้ผลทดสอบปฏิกิริยา IMViC (Indole, Methyl red, Voges-Proskauer, Citrate) เป็น ++-- หรือ -+--

5.6 การรายงานผล

บันทึกผล นำค่าที่ได้เปิดตาราง Most Probable Number (MPN) รายงานจำนวนจุลินทรีย์เป็น MPN/กรัมตัวอย่าง

6. <u>การวิเคราะห์ปริมาณ *Salmonalla*</u> (FAO, 1992)

6.1 การเตรียมตัวอย่าง และ Pre-enrichment

ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ในขวดที่มี Lactose broth ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6.2 Enrichment

เขย่าตัวอย่างที่ผ่านการ Pre-enrichment ให้เข้ากัน ถ่ายเชื้อปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารเหลว Selenite cystein broth และ Tetrathionate broth บ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6.3 Selective

ใช้ลูปเขี่ยเชื้อจากข้อ 6.2 แล้ว Streak บนอาหาร SS agar โดยโคโลนีมีสีชมพู และ XLD agar บ่มที่ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เชื้อมีโคโลนีมีสีชมพู ตรงกลางโคโลนีอาจมีหรือไม่มีสีดำ

6.4 การทดสอบทางชีวเคมีของ *Salmonella* sp.

เขี่ยเชื้อจากโคโลนีที่สงสัยว่าเป็น *Salmonella* sp. มา Streak บนอาหาร NA slant บ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง แล้วเขี่ยเชื้อมาศึกษาลักษณะรูปร่าง การติดสีแกรม และทดสอบทางชีวเคมีในอาหาร TSI agar, LI agar, Simmon citrate medium, Lysine decarboxylase medium และ Urea medium

ภาคผนวก จ

แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบฟอร์มการทดสอบแบบ Hedonic scale

หมายเลขผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

ตัวอย่าง.....

กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา โดยการเขียนหมายเลขของตัวอย่างแต่ละตัวอย่างลงในช่องที่กำหนดให้ตามระดับความชอบที่มีต่อลักษณะผลิตภัณฑ์โดยให้คะแนนดังต่อไปนี้

9	หมายถึง	ชอบมากที่สุด	4	หมายถึง	ไม่ชอบเล็กน้อย
8	"	ชอบมาก	3	"	ไม่ชอบปานกลาง
7	"	ชอบปานกลาง	2	"	ไม่ชอบมาก
6	"	ชอบเล็กน้อย	1	"	ไม่ชอบมากที่สุด
5	"	รู้สึกเฉย ๆ			

ลักษณะที่ทดสอบ	หมายเลขตัวอย่าง		
	-	-	-
ลักษณะปรากฏ	-	-	-
สี	-	-	-
กลิ่น	-	-	-
รส	-	-	-
เนื้อสัมผัส	-	-	-
ความชอบโดยรวม	-	-	-

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) ดร.จิตรา สิงห์ทอง

(ภาษาอังกฤษ) Dr. Jittra Singthong

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 6
โครงการจัดตั้งภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ชื่อย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2536	ปริญญาตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีการอาหาร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ไทย
2540	ปริญญาโท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย
2547	ปริญญาเอก	วท.ด. วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต	เทคโนโลยีอาหาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	ไทย

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง

อภิญญา เอกพงษ์, จิตรา วราอัศวปติ, เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด, วีระ อวิคุณประเสริฐ และเกรียงไกร สร้อยนาค. 2543. การศึกษาการผลิตเค็มหมากนัดในจังหวัดอุบลราชธานี. รายงานโครงการอนุรักษ์ ส่งเสริม เผยแพร่ และพัฒนาศาสนาและศิลปวัฒนธรรม โครงการจัดตั้งภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

จิตรา วราอัศวปติ, เกรียงไกร สถาพรวานิช, อภิญญา เอกพงษ์, เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด และวีระ อวิคุณประเสริฐ. 2543. การศึกษาศักยภาพการแปรรูปปลาน้ำจืดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. รายงานโครงการวิจัย. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช).

จิตรา สิงห์ทอง, วชิราพรรณ บุญญาพุทธิพงศ์, ชุติมา ทองแก้ว, ธิดารัตน์ จุทอง, ปัญจภรณ์ ทัดพิชญางกูร และนิภาพรรณ สิงห์ทองลา. 2549. การเพิ่มศักยภาพสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดอุบลราชธานี. รายงานโครงการวิจัย. โครงการตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัด.

Singthong, J., Cui, W.S., Ningsanond, S. and Goff, H.D. 2004. Structural characterization, degree of esterification and some gelling properties of Krueo Ma Noy (Cissampelos pareira) pectin. CarbohydratePolymers. 58:391-400.

Singthong, J., Ningsanond, S., Cui, W.S. and Goff, H.D. 2005. Extraction and physicochemical characterization of Krueo Ma Noy pectin. Food Hydrocolloids. 19:793-801.

Singthong, J., Cui, S.W., Lu, X., Ningsanond, S. and Goff, H.D. 2004. Gelation properties of Krueo Ma Noy pectin : Effects of co-solute, salts and pH. Poster presentation at the seventh international hydrocolloids conference, held on August 29 to September 1, 2004. Melbourne, Australia.

Cui, S.W., Singthong, J., Ningsanond, S. and Goff, H.D. 2004. A new hydrocolloids from Krueo Ma Noy leaves : Extraction, structural characterization and some physical properties. Oral presentation at the seventh international hydrocolloids conference, held on August 29 to September 1, 2004, Melbourne, Australia.

2. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาววชิราพรรณ บุญญาพุทธิพงศ์

(ภาษาอังกฤษ) Miss Wachirapan Boonyaputthipong

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

โครงการจัดตั้งภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ชื่อย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2538	ปริญญาตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ไทย
2543	ปริญญาโท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง

K. Sangseethong, R. Chollakup, W. Boonyaputthipong, and K. Sriroth. 2000. Biodegradable Plastic from Polycaprolactone / Pullulanase Treated Cassava Starch. The First Thailand Materials Science and Technology Conference, Bangkok. 423-426.

จิตรา สิงห์ทอง, วชิราพรรณ บุญญาพุทธิพงศ์, ชุติมา ทองแก้ว, ธิดารัตน์ จุทอง, ปัญจภรณ์ ทัดพิชญางกูร และนิภาพรรณ สิงห์ทองลา. 2549. การเพิ่มศักยภาพสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดอุบลราชธานี. รายงานโครงการวิจัย. โครงการตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัด.

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของมันเทศ แป้งมันเทศ และสตาร์ชมันเทศจากอำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี (Study on Physicochemical Properties of Roots, Flour and Starch of Sweet Potatoes from Amphur Nam Yuen, Ubon Ratchathani Province)

3. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวชุติมา ทองแก้ว

(ภาษาอังกฤษ) Miss Chutima Thongkaew

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

โครงการจัดตั้งภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ชื่อย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2542	ปริญญาตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	อุตสาหกรรมเกษตร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	ไทย
2546	ปริญญาโท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	เทคโนโลยีการอาหาร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	ไทย

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง

Improvement of surimi produced from frozen fish. (Master thesis, 2003, Prince of Songkla University, Thailand)

Benjakul S, Visessanguan W, **Thongkaew C** and Tanaka M. 2003. Comparative study on physicochemical changes of muscle proteins from some tropical fish during frozen storage. Food Research International. 36 (8), p 787-796.

Benjakul S, **Thongkaew C** and Visessanguan W. 2005. Effect of reducing agents on physicochemical properties and gel-forming ability of surimi produced from frozen fish. European Food Research and Technology. 220 (3-4): 316- 321.

Benjakul S, Visessanguan W, **Thongkaew C** and Tanaka M. 2005. Effect of frozen storage on chemical and gel-forming properties of fish commonly used for surimi production in Thailand. Food Hydrocolloids. 19 (2): 197-207.

จิตรา สิงห์ทอง, วชิราพรรณ บุญญาพุทธิพงศ์, ชุติมา ทองแก้ว, ธิดารัตน์ จุทอง, ปัญจภรณ์ ทัดพิชญางกูร และนิภาพรรณ สิงห์ทองลา. 2549. การเพิ่มศักยภาพสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดอุบลราชธานี. รายงานโครงการวิจัย. โครงการตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัด.

4. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวธิดารัตน์ จุทอง

(ภาษาอังกฤษ) Miss Thidarat Juthong

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

โครงการจัดตั้งภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ชื่อย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา
2541	ปริญญาตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีการอาหาร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2544	ปริญญาโท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง

ธิดารัตน์ จุทอง. 2544. การคัดเลือกและคุณลักษณะของเอนไซม์โปรติเอสจากแบคทีเรียชอบเกลือสายพันธุ์ SM1. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จิตรา สิงห์ทอง, วชิราพรรณ บุญญาพุทธิพงศ์, ชุติมา ทองแก้ว, ธิดารัตน์ จุทอง, ปัญจภรณ์ ทัดพิชญางกูร และนิภาพรรณ สิงห์ทองลา. 2549. การเพิ่มศักยภาพสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดอุบลราชธานี. รายงานโครงการวิจัย. โครงการตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัด.

งานวิจัย

ผลของเจลหมากจองในการทดแทนไขมันหมูในผลิตภัณฑ์หมูยอ

5. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวปัญจภรณ์ ทัดพิชญางกูร

(ภาษาอังกฤษ) Miss Panchaporn Tadpitchayangkoon

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ (พนักงานของรัฐ)
โครงการจัดตั้งภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ชื่อย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2542	ปริญญาตรี	คศ.บ. **คหกรรมศาสตร์บัณฑิต** (เกียรตินิยมอันดับ 1)	อาหารและโภชนาการ-พัฒนาผลิตภัณฑ์	สถาบันเทคโนโลยี**ราชมงคล วิทยาเขตพระนครใต้**	ไทย
2546	ปริญญาโท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	ผลิตภัณฑ์ประมง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง

จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร, ดวงเดือน วารีวะนิช, วชิรา กะเตื้องงาน, เกรียงศักดิ์ บันลือ และ ปัญจภรณ์ ทัดพิชญางกูร. 2546. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการเรื่อง ผลิตภัณฑ์ปลาสลิดบรรจุกระป๋อง. โครงการวิจัยผลิตภัณฑ์ปลาสลิดบรรจุในภาชนะปิดสนิท ภาควิชาผลิตภัฑณ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตรา สิงห์ทอง, วชิราพรรณ บุญญาพุทธิพงศ์, ชุติมา ทองแก้ว, ธิดารัตน์ จุทอง, ปัญจภรณ์ ทัดพิชญางกูร และนิภาพรรณ สิงห์ทองลา. 2549. การเพิ่มศักยภาพสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดอุบลราชธานี. รายงานโครงการวิจัย. โครงการตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัด.

งานวิจัย

ผลของสภาวะการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต่อคุณภาพของหลนเค็มหมากนัด

6. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางนิภาพรรณ สิงห์ทองลา

(ภาษาอังกฤษ) Mrs. Nipapan Singthongla

ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการ ระดับ 6

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ชื่อย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2532	ปริญญาตรี	วท.บ. เกษตรศาสตร์บัณฑิต	พืชศาสตร์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ไทย

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง

จิตรา สิงห์ทอง, วชิราพรรณ บุญญาพุทธิพงศ์, ชุติมา ทองแก้ว, ธิดารัตน์ จุทอง, ปัญจภรณ์ ทัดพิชญางกูร และนิภาพรรณ สิงห์ทองลา. 2549. การเพิ่มศักยภาพสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดอุบลราชธานี. รายงานโครงการวิจัย. โครงการตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัด.