

วิทยาลัยอาชีวศึกษา พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

การพัฒนาเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาแช่แข็ง
(Texture Improvement of Frozen Fish Sausage)



T096503

นางสาวกุลวดี แตระกุล รหัสนักศึกษา 44040116

นางสาวภัทรา สิทธิพงศ์พิทยา รหัสนักศึกษา 44040147

นางสาววิไลลักษณ์ อัครัสกร รหัสนักศึกษา 44040156

รฟ.
กจ ๒๔ ก
๒๕๔๗

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา ๒๕๔๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

**การพัฒนาเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาแช่แข็ง
(Texture Improvement of Frozen Fish Sausage)**

จัดทำโดย

นางสาวกุลวดี แตระกุล รหัสนักศึกษา 44040116
นางสาวภัทรา สิริพิงศ์พิทยา รหัสนักศึกษา 44040147
นางสาววิไลลักษณ์ อัครัสกร รหัสนักศึกษา 44040156

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....
.....

(ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ)

22/10/25 **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

นางสาวกุลวดี แตระกุล, นางสาวภัทรา สิทธิพงษ์พิทยา, นางสาววิไลลักษณ์ อัคร์สร : การพัฒนาเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาแช่แข็ง (Texture Improvement of Frozen Fish Sausage) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์จำพวกไส้กรอกกำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคกันอย่างแพร่หลายแต่ปัญหาของการเก็บรักษาไส้กรอกในสภาวะอุณหภูมิแช่แข็งก็คือ เนื้อสัมผัสของไส้กรอกจะมีลักษณะร่วนซุย ไม่อู้น้ำ การยืดหยุ่นเสียสภาพ ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ ปัญหาพิเศษนี้จึงมุ่งศึกษาผลของแป้งสตาร์ชตัดแปร ฟอสเฟต และ Pre-emulsion ที่มีต่อความแข็งแรงของเจลในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาแช่แข็ง พบว่าเมื่อใช้ปริมาณแป้งสตาร์ชตัดแปรที่ 0,25,50,75 และ 100 % ของปริมาณแป้งทั้งหมด(แป้งมันรวมกับแป้งสตาร์ชตัดแปร) จะให้ค่าความแข็งแรงของเจลที่มากขึ้นตามลำดับ โดยที่ระดับ 100 % แป้งสตาร์ชตัดแปร จะให้ลักษณะของเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่นดีที่สุดในน้ำที่ซึมออกจากเนื้อไส้กรอกน้อยมาก ผิวสัมผัสดีไม่แห้งหรือเหี่ยว ผิวจะมีลักษณะเต่งตึง ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนของแป้งมัน : แป้งสตาร์ชตัดแปร ที่ 0:100 และ 100:0 ไปศึกษาผลของฟอสเฟตและ Pre-emulsion ต่อ โดยศึกษาที่ระดับฟอสเฟต 0,2,0,4,0,6 % และ Pre-emulsion ที่ระดับ 10,15,22 และ 30 % (เทียบจากซูริมิ100%) ผลก็คือเมื่อเติมฟอสเฟตและ Pre-emulsion ในการผลิตไส้กรอกปลาแช่แข็งที่ใช้แป้งมัน 100 % เป็นส่วนประกอบพบว่า Pre-emulsion และฟอสเฟต จะมีอิทธิพลร่วมต่อกัน ทำให้ยากที่จะหาค่าแนวโน้มของความแข็งแรงของเจลและลักษณะทางประสาทสัมผัสได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แป้งมันเพียงอย่างเดียวจะพบว่าฟอสเฟตและ Pre-emulsion มีส่วนช่วยในการทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลดีขึ้นเล็กน้อยสำหรับผลของการเติมฟอสเฟตและ Pre-emulsion ในการผลิตไส้กรอกปลาแช่แข็งที่ใช้แป้งสตาร์ชตัดแปร 100 % เป็นส่วนประกอบจะพบว่าทั้งฟอสเฟตและ Pre-emulsion จะไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกันจึงทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจนโดยที่ระดับฟอสเฟต 0.2% จะให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุดแต่สำหรับการใช้ Pre-emulsion ในแต่ละระดับจะให้ค่าความแข็งแรงของเจลไม่แตกต่างกัน ซึ่งจากการทดลองทั้งหมดพบว่าแป้งสตาร์ชตัดแปรจะเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาเนื้อสัมผัสของไส้กรอกปลาแช่แข็ง สำหรับฟอสเฟตและ Pre-emulsion จะเป็นเพียงส่วนที่ช่วยปรับปรุงให้เนื้อสัมผัสดีขึ้นอีกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

นางสาว กุลวดี แตระกุล

นางสาว ภัทรา สิทธิพงษ์พิทยา

นางสาว วิไลลักษณ์ อัคร์สร

ลายมือชื่อนักศึกษา



(ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ)

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

๕/๑๑/๕๐

(วัน/เดือน/ปี)

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง การพัฒนาเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาแช่แข็งฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาให้คำปรึกษา คอยแนะนำ ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการจัดทำ รวมทั้งกรุณาตรวจสอบแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณบริษัทเนชันแนลสตาρχแอนด์เคมิคอลจำกัด (National Starch & Chemical Co.) ที่ให้ความอนุเคราะห์แป้งสตาร์ตัดแปรมาใช้ในการทดลองครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนงบประมาณในการจัดทำปัญหาพิเศษ รวมทั้งขอขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ลาดกระบัง ที่คอยให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และกำลังใจที่ดีเสมอมา

นางสาวกุลวดี แตระกุล

นางสาวภัทรา สิทธิพงษ์พิทยา

นางสาววิไลลักษณ์ อัคร์สร

17 มีนาคม 2548

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญภาคผนวก	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	
2.1 สาเหตุของการเลือกปลาทำไส้กรอก	2
2.2 ชูริมิ	3
2.3 การทำให้เกิดอิมัลชัน	6
2.4 โปรตีนจากถั่วเหลือง	10
2.5 การแช่เยือกแข็ง	12
2.6 ความสำคัญของส่วนผสมที่มีต่อเนื้อสัมผัสหรือลักษณะของเจล	17
2.7 ความสำคัญของส่วนผสมที่มีต่อกลิ่นและรส	27
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 อุปกรณ์	34
3.2 วัตถุดิบ	35
3.3 ขั้นตอนและวิธีการ ทดลอง	35
3.4 ศึกษาปริมาณของแป้งตัดแปรที่มีต่อเนื้อสัมผัส	37
3.5 ศึกษาระดับของฟอสเฟตและ Pre-emulsion ที่มีผลต่อเนื้อสัมผัส	37
3.6 การวัดเนื้อสัมผัส	38
3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ	39
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์	
4.1 ผลการเติมแป้งในการผลิตไส้กรอกปลาแช่แข็ง	40
4.2 ผลการเติมฟอสเฟตและ pre-emulsion ในการผลิตไส้กรอกปลา แช่แข็งที่ใช้แป้งมัน 100 % เป็นส่วนประกอบ	42

4.3 ผลการเติมฟอสเฟตและ pre-emulsion ในการผลิตไส้กรอกปลา แช่แข็งที่ใช้แป้งสตาร์ชัดมปร100% เป็นส่วนประกอบ	47
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	55
ภาคผนวก ข	61
ภาคผนวก ค	63
ภาคผนวก ง	65
ภาคผนวก จ	67



สารบัญตาราง

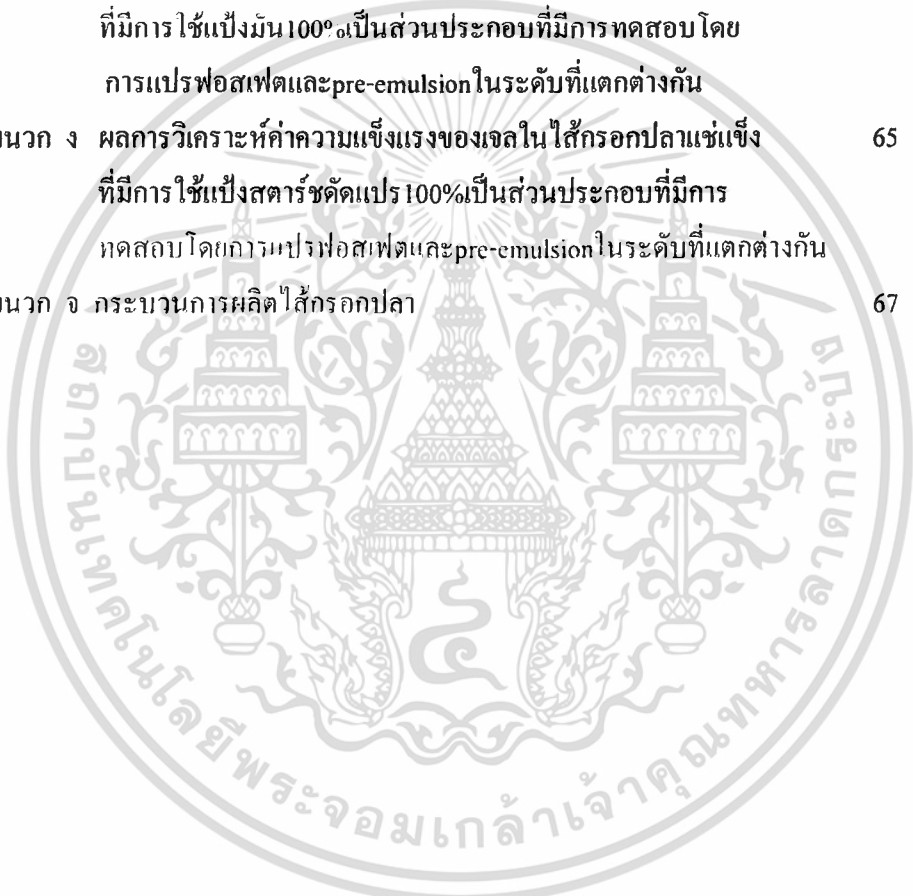
	หน้า
ตารางที่ 2.1	2
ตารางที่ 2.2	4
ตารางที่ 2.3	31
ตารางที่ 2.4	33
ตารางที่ 3.1	37
ตารางที่ 4.1	41
ไส้กรอกปลาแซ่แข็งที่มีการเติมแป้งดัดแปร ในปริมาณที่ต่างกันที่ ระยะเวลาการเก็บ 3 สัปดาห์	
ตารางที่ 4.2	42
ตารางที่ 4.3	46
pre-emulsion ในการผลิตไส้กรอกปลาแซ่แข็งที่ใช้แป้งมัน 100 %	
ตารางที่ 4.4	48
แซ่แข็งที่มีการเติมฟอสเฟตในปริมาณที่ต่างกัน โดยมีแป้งสตาร์ช ดัดแปร 100 % ในระยะเวลาการเก็บ 3 สัปดาห์	
ตารางที่ 4.5	50
pre-emulsion ในการผลิตไส้กรอกปลาแซ่แข็งที่ใช้แป้งสตาร์ชดัดแปร 100 %	

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 พันธะที่มีความสำคัญต่อความคงตัวของโมเลกุลโปรตีน	6
รูปที่ 2.2 ปัจจัยทางตรงและอ้อมที่มีผลต่อการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็ง	15
รูปที่ 2.3 แสดงสูตรโครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน	21
รูปที่ 2.4 แสดงการพองตัวของสตาร์ชเมื่อได้รับความร้อน	22
รูปที่ 2.5 แสดงความแตกต่างของเส้นใยอาหารระหว่างการใช้แป้งปกติและแป้งสตาร์ชดัดแปร	23
รูปที่ 2.6 แสดงกระบวนการผลิตแป้งสตาร์ชดัดแปร	27
รูปที่ 2.7 ออบเชย	29
รูปที่ 2.8 พริกไทย	30
รูปที่ 2.9 ลูกผักชี	32
รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งสตาร์ชดัดแปรกับค่าเฉลี่ยความแข็งแรง	41
รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงของเจลกับปริมาณ pre-emulsion ที่ระดับต่างๆ โดยกำหนดให้ฟอสเฟตคงที่ที่ 0.4 % และเติมแป้งมัน 100 %	44
รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงของเจลกับปริมาณฟอสเฟต ที่ระดับ ต่างๆ โดยกำหนดให้ pre-emulsion คงที่ที่ 22 % และเติมแป้งมัน 100 %	45
รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟตที่ระดับต่างๆ กับค่าความแข็งแรงของเจลในไส้กรอกปลาแช่แข็งที่มีการเติมแป้งสตาร์ชดัดแปร 100 %	49

สารบัญภาคผนวก

	หน้า
ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งของเจลด้วยเครื่องมือ Texture Analyser	55
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งของเจลในไส้กรอกปลาแซ่แข็ง โดยการแปรปริมาณแป้งสตาร์ชตัดแปรและแป้งมันในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน	61
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งของเจลในไส้กรอกปลาแซ่แข็ง ที่มีการใช้แป้งมัน 100% เป็นส่วนประกอบที่มีการทดสอบโดยการแปรฟอสเฟตและpre-emulsion ในระดับที่แตกต่างกัน	63
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งของเจลในไส้กรอกปลาแซ่แข็ง ที่มีการใช้แป้งสตาร์ชตัดแปร 100% เป็นส่วนประกอบที่มีการทดสอบโดยการแปรฟอสเฟตและpre-emulsion ในระดับที่แตกต่างกัน	65
ภาคผนวก จ กระบวนการผลิตไส้กรอกปลา	67



บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์จำพวกไส้กรอกกำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคกันอย่างแพร่หลายตามท้องตลาด เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่หาซื้อได้ง่าย มีคุณค่าทางโภชนาการและสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 °C) ได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยไม่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียก่อนการบริโภค แต่ปัญหาของการเก็บรักษาไส้กรอกนั้น ถ้าเก็บในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำนานจนเกินไป จะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งภายในไส้กรอก อาจทำให้อิมัลชันแยกตัวไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันหรือทำให้องค์ประกอบภายในทำหน้าที่ได้ลดลง ซึ่งจะส่งผลให้เนื้อสัมผัสของไส้กรอกมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป คือ ไม่ยืดหยุ่น และเนื้อสัมผัสมีลักษณะร่วนซุย ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ ดังนั้น ปัญหาพิเศษนี้จึงเป็นประเด็นหลักที่จะพัฒนาจุดด้อยของการเก็บรักษาไส้กรอกในด้านเนื้อสัมผัสและช่วยทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น

โดยการศึกษาครั้งนี้เลือกที่จะใช้เนื้อปลา เนื่องจากเนื้อปลามีไขมันที่ต่ำ และย่อยได้ง่ายกว่าเนื้อสัตว์ประเภทอื่น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากปลานั้นเข้ามามีบทบาทต่อผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบัน จึงเป็นที่มาของ “ไส้กรอกปลาแช่แข็ง”

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของแป้งดัดแปร (Modified starch) , ฟอสเฟต (Phosphate) และ Pre-emulsion ต่อการรักษาสภาพเนื้อสัมผัสของไส้กรอกปลาภายหลังจากการแช่แข็ง เพื่อใช้ในการพัฒนาเนื้อสัมผัสให้เหมือนหรือใกล้เคียงสภาวะที่ไม่ผ่านการแช่แข็ง

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 สาเหตุของการเลือกปลามาทำไส้กรอก

ปลาเป็นแหล่งโปรตีนที่มีราคาถูกเมื่อเทียบกับโปรตีนจากเนื้อสัตว์ นอกจากนี้โปรตีนจากปลา ยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นอยู่ครบ โปรตีนจากปลาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมนุษย์บริโภคมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์น้ำชนิดอื่น ปริมาณโปรตีนจากปลามีอยู่ประมาณ 17-21 % ถ้าเทียบกับโปรตีนจากเนื้อหมูจะมีปริมาณที่สูงกว่า

ตารางที่ 2.1 : เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ

ชนิดของเนื้อสัตว์	%น้ำ	%โปรตีน	%ไขมัน	%เถ้า
เนื้อปลา	71.50	21.20	3.40	3.30
เนื้อหมู	46.90	16.00	32.10	5.10
เนื้อไก่	69.00	21.30	6.00	3.40

(ที่มา : ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ ,2546)

บทบาทที่สำคัญของโปรตีนในปลาก็คือประกอบเป็นกล้ามเนื้อปลา ทำให้กล้ามเนื้อปลามีคุณสมบัติเฉพาะในการทำผลิตภัณฑ์ เช่น ทำให้เกิดความยืดหยุ่นสูงในผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาสด นอกจากนี้โปรตีนในปลายังทำให้เกิดสี รสชาติ กลิ่น

แต่การแปรรูปเนื้อปลามีความพิเศษกว่าการแปรรูปเนื้อสัตว์อื่น เพราะมีการเสื่อมคุณภาพได้เร็วมากและรุนแรง โปรตีนของปลามีความเสถียรน้อยกว่าโปรตีนชนิดอื่น มีคาร์โบไฮเดรตน้อยมาก(จึงต้องใช้แป้งเข้าช่วยในการทำไส้กรอก) ง่ายเสี้ยวมาก (โปรตีนดีเนเจอร์(denature)ปกติโปรตีนจะอุ้มน้ำได้ ละลายได้ ถ้าเกิดการดีเนเจอร์ คุณสมบัตินี้จะหายไปไม่ละลาย ไม่จับกับน้ำทำให้แข็งกระด้าง)

(ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ, 2546)

ดังนั้นในการทดลองจึงเลือกใช้ซูริมิมาเป็นส่วนผสมหลักในการทำไส้กรอกปลาแช่แข็งเนื่องจากซูริมิมีข้อได้เปรียบคือ

1. สามารถสำรองปริมาณมากๆ ไว้ใช้ในการผลิตได้เป็นระยะเวลานาน
2. ผู้ผลิตไม่จำเป็นต้องเตรียมเนื้อปลาทุกวัน เป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายเช่น ค่าจ้างแรงงานและเครื่องมือทำให้ผู้ผลิตหันมาสนใจการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณภาพมากขึ้น
3. การแช่เยือกแข็งซูริมิ สามารถทำได้อย่างมีศักยภาพดีกว่าปลาทั้งตัวอย่างเช่น ในกรณีของเนื้อที่ในการเก็บ และขนส่งเนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น
- 4 สามารถแยกขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ออกจากขบวนการแปรรูปและผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ ทำให้มีระบบการควบคุมทางด้านการสุขาภิบาลที่ดีขึ้น

2.2 ซูริมิ

เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อปลาสดที่ผ่านการล้างเนื้อปลาสดด้วยน้ำเพื่อขจัดไขมันและองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ โปรตีนที่ละลายน้ำได้ และการบีบน้ำส่วนเกินออกจากเนื้อปลาสด หลังการล้าง องค์ประกอบทางเคมีของซูริมิจึงมีความแตกต่างจากเนื้อปลาสด และเนื้อปลา โดยมีคุณลักษณะที่สำคัญ คือ มีสีขาว ไม่มีกลิ่นคาวปลา และมีความสามารถเกิดเจลที่ดี แต่ด้วยความก้าวหน้าของการผลิตซูริมิในรูปแบบแช่เยือกแข็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความก้าวหน้าของการรักษา ความสามารถในการเก็บรักษาด้วยการแช่เยือกแข็ง (Cryoprotectants) ลงในซูริมิก่อนการแช่เยือกแข็ง การผลิตซูริมิในปัจจุบันส่วนใหญ่จึงเป็นการผลิตและเก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็ง ซึ่งจำเป็นต้องเติมสารที่กล่าวมาในซูริมิก่อนการแช่เยือกแข็ง

นิยามของซูริมิในปัจจุบันจึงควรจะเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อปลาสดที่ได้จากการล้างเนื้อปลาสดด้วยน้ำเพื่อขจัดไขมัน และองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ การแยกสิ่งปนเปื้อน การบีบน้ำส่วนเกิน การผสมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนและการแช่เยือกแข็ง

องค์ประกอบทางเคมีของซูริมิ

ซูริมิมีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นสารอาหาร เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และวิตามิน เช่นเดียวกับอาหารอื่น ๆ องค์ประกอบเคมีที่สำคัญในซูริมิเปรียบเทียบกับองค์ประกอบเคมีของปลา และกุ้ง แสดง ดังตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในซูริมิพบว่ามีความแปรผันสูง ความแตกต่างขององค์ประกอบเคมีในซูริมิจะพบทั้งในซูริมิที่ได้จากผู้ผลิตต่าง โรงงานกันทั้งใน

ซูริมิที่ผลิตจากโรงงานเดียวกันแต่วันที่ผลิตต่างกัน (Netteton, 1985) การพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของซูริมินอกเหนือจะทำได้โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของซูริมิแล้ว การรายงานผลโดยเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของปลาโดยเฉพาะปลาที่ใช้เป็นวัตถุดิบจะมีผลให้ข้อมูลที่ได้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น กล่าวโดยทั่วไปแล้วปริมาณไขมัน และ โปรตีนในซูริมิและเนื้อปลามีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ปริมาณไขมันในซูริมิอยู่ในช่วงร้อยละ 1-2 ซึ่งน้อยกว่าปริมาณที่พบในเนื้อปลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่มีไขมันสูง ในกรณีของซูริมิที่ผลิตได้จากปลาที่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าร้อยละ 1 ส่วนคาร์โบไฮเดรตในซูรินั้นได้แก่น้ำตาลซูโครสซึ่งเติมลงในซูริมิเพื่อป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนในระหว่างการเก็บรักษาในสภาพเยือกแข็ง นอกเหนือจากองค์ประกอบหลักแล้วองค์ประกอบเคมีกลุ่มย่อยที่เป็นสารอาหารนั้นพบว่าเกลือแร่ และวิตามินเป็นองค์ประกอบทางเคมีของซูริมิที่ได้รับการศึกษาน้อยมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการยอมรับกันโดยทั่วไปว่าการล้างเนื้อปลาสดในขั้นตอนการผลิตซูรินั้นมีผลชะล้างองค์ประกอบชนิดนี้ออกจากเนื้อปลาสด ปริมาณสารดังกล่าวจึงเป็นที่คาดหมาย

ตารางที่ 2.2 : องค์ประกอบโดยประมาณของเนื้อปลาสดและซูริมิ

องค์ประกอบ	เนื้อปลาสด(%)	ซูริมิ(%)
โปรตีน	18.10	17.09
ไขมัน	4.40	0.04
เถ้า	1.00	0.56
น้ำ	74.50	77.60
คาร์โบไฮเดรต	2.00	4.71

(ที่มา : ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ ,2546)

การเกิดเจลของซูริมิ

การเกิดเจลของซูริมิเกิดจากร่างสร้างพันธะของโปรตีนในกล้ามเนื้อปลา นั่นคือเกิดการเชื่อมต่อกันของไมโอไฟบริลล่า โปรตีน (Myofibrillar protein) ในซูริมิ โดยมีความร้อนเป็นตัวชักนำให้เกิดโครงสร้างของเจลเกิดขึ้น

กลไกการเกิดเจลของซูริมิจะมีพันธะเกี่ยวข้องกับอยู่หลายชนิด ยกตัวอย่างเช่น

1. พันธะที่เชื่อมกับพันธะเกลือ (Salt linkage)

เมื่อเราเอาเนื้อปลามาบดและเติมเกลือลงไปจะทำให้เกิดความข้นหนืดในลักษณะที่เป็นโซล(sol) หรือพาส(paste) เนื่องจากเกลือทำให้ ไมโอไฟบิลลาร์ โปรตีน (Myofibrillar protein) ละลายน้ำได้

ซึ่งเมื่อเราบดซูริมิพร้อมกับการเติมเกลือเป็นเวลา 25 นาที จะทำให้โครงสร้างเดิมของ ไมโอไฟบิลลาร์ โปรตีน (Myofibrillar protein) เปลี่ยนไป ซึ่งเดิมมันไม่ละลายน้ำก็สามารถละลายน้ำได้ เมื่อเราเติมเกลือเข้าไปประจุของเกลือจะละลายน้ำ ทำให้เกิดการรวมตัวกันของประจุกลุ่มตรงกันข้ามของโมเลกุลของเกลือกับไมโอไฟบิลลาร์ โปรตีน (Myofibrillar protein) เกิดเป็นพันธะที่เชื่อมกับพันธะเกลือ(Salt linkage) ขึ้นและในขณะที่เดียวกันก็จะเกิดการละลายของไมโอซินรวมตัวกับแอคตินด้วย

2. พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bonds)

ในซูริมิเกิดการสร้างพันธะระหว่าง กลุ่มอะมิโน (amino group) ของโปรตีน และ ไฮดร็อกซีโพรลีน (hydroxyproline) กับ หมู่คาร์บอนิล ของกลูตามีน และแอสพาราจีน

3. พันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide bonds)

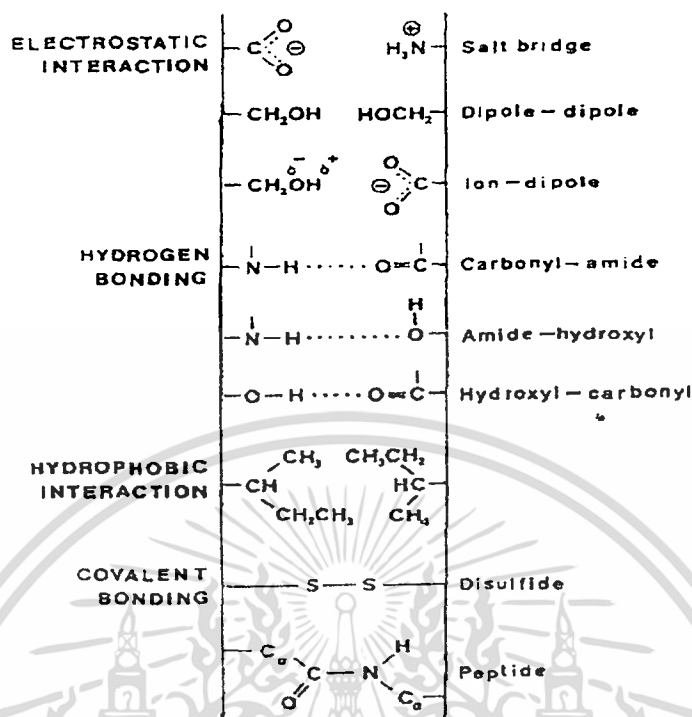
เกิดจากการออกซิเดชันระหว่างซิสทีน(cysteine) 2 ตัว ตรงหมู่ซัลไฮดริล (-SH) เกิดเป็นพันธะไดซัลไฟด์ขึ้น และพันธะนี้จะไม่เกิดขึ้นถ้าไม่มีการเติมตัวออกซิเดนต์ลงไป และตัวออกซิเดนต์ ที่ใช้กันอยู่คือ โพแทสเซียมโบรเมต(Potassium bromate)การเกิดพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide bonds) จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง (มากกว่า 80 °C)

4. พันธะไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic interaction)

พันธะไฮโดรโฟบิก เป็นการใช้แรงแวนเดอร์วาลส์ เพื่อให้โปรตีนมีความคงตัวซึ่งมันเป็นแรงกระทำระหว่างขั้ว (dipole) และพบว่าประมาณ 25% ของกรดอะมิโนในไมโอซิน เป็นกรดอะมิโนที่ไม่มีขั้ว(Nonpolar) เช่น อะลานีน(alanine) , วาลีน(valine) , ลิวซีน(leucine) , ไอโซลิวซีน(isoleucine) , โพรลีน(proline) , ทริปโตเฟน(tryptophane) และ ฟีนิลอะลานีน(phenylalanine) เหล่านี้จะมาอยู่รวมกันโดยที่โมเลกุลของน้ำซึ่งเป็นไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic. polar) จะอยู่รอบ ๆ ส่วนที่เป็นไฮโดรโฟบิก(Hydrophobic)เหล่านี้

5. พันธะโควาเลนต์ (Covalent bonds)

พันธะนี้เป็นพันธะที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (Transglutaminase)



ภาพที่ 2.1 : พันธะ ที่มีความสำคัญต่อความคงตัวของโมเลกุลโปรตีน
(ที่มา : Wong, 1989)

2.3 การทำให้เกิดอิมัลชัน (Emulsification)

การทำให้เกิดอิมัลชันจะเป็นกระบวนการลดขนาดรวมกับการผสมของของเหลวที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปจนได้อิมัลชันที่เสถียร กระบวนการโฮโมจีไนซ์ (homogenisation) ก็จัดเป็นการทำให้เกิดอิมัลชันประเภทหนึ่ง โดยเป็นการลดขนาดของแข็งหรือของเหลวจนมีขนาด 0.5 - 3 ไมครอน และทำให้กระจายอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่งด้วยแรงเฉือน การโฮโมจีไนซ์มักใช้สภาวะที่รุนแรง การทำให้เกิดอิมัลชันมีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติในการใช้งานหรือคุณภาพด้านการบริโภคของอาหาร โดยมีผลด้านการเก็บรักษาน้อยหรือไม่มีเลย

ทฤษฎีของการเกิดอิมัลชัน

การทำอิมัลชันเป็นการลดขนาดและผสมของเหลวที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันตั้งแต่ 2 ชนิดเข้าด้วยกัน ภายในอิมัลชันของเหลวหนึ่งจะมีลักษณะเป็นหยดเล็กๆ กระจายอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง ของเหลวที่อยู่ในรูปหยดเล็กๆ นี้เรียกว่า ส่วนไม่ต่อเนื่อง (discontinuous phase) หรือส่วนที่กระจาย (dispersed phase) หรือส่วนที่อยู่ภายใน (internal phase) ส่วนของเหลวอีกชนิดหนึ่งที่อยู่โดยรอบของเหลวชนิดแรก จะเรียกว่าส่วนต่อเนื่อง (continuous phase) หรือส่วนที่ไม่กระจาย (dispersing phase) หรือส่วนที่อยู่ภายนอก (external phase)

ของเหลวที่ประกอบกันเป็นอิมัลชันทางอาหารส่วนใหญ่ คือ น้ำและน้ำมัน ซึ่งทั้งสองนี้ไม่ได้อยู่ในรูปของสารบริสุทธิ์ ส่วนที่เป็นน้ำมักอยู่ในรูปของสารละลายของน้ำตาล เกลือ หรือสารอินทรีย์อื่นๆ หรืออาจอยู่ในรูปของสารแขวนลอย โดยองค์ประกอบทั้งหมดจะเป็นสารที่เข้ากันได้ดีกับน้ำ (hydrophilic material) ส่วนในน้ำมันอาจประกอบด้วยน้ำมันหลายชนิด ไฮโดรคาร์บอน ซัลเฟอร์ เรซิน หรือองค์ประกอบอื่นที่เข้ากันได้กับน้ำมัน (hydrophobic material)

ที่ผิวสัมผัสของส่วนต่อเนื่องกับส่วนไม่ต่อเนื่องนั้น จะมีพลังงานอิสระ (free energy) เกิดขึ้นเนื่องจากแรงที่พยายามทำให้ของเหลวแต่ละชนิดแยกออกมารวมตัวกัน พลังงานนี้จะเรียกว่า แรงดึงที่ผิวสัมผัส (interfacial tension) ซึ่งจะพยายามทำให้เกิดการลดผิวสัมผัสให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นส่วนไม่ต่อเนื่องของอิมัลชันจะอยู่ในรูปทรงกลมเล็กๆ เพราะทรงกลมจะเป็นรูปทรงที่มีพื้นที่ผิวต่อหน่วยปริมาตรน้อยที่สุด นอกจากนั้นความพยายามลดพื้นที่ผิวจะทำให้หยดเล็กๆ ของส่วนไม่ต่อเนื่องพยายามรวมตัวกันเป็นหยดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ เพื่อลดพื้นที่ผิวต่อปริมาตร จนในที่สุดจะสูญเสียลักษณะการเป็นอิมัลชัน และของเหลวทั้ง 2 ชนิดจะแยกจากกันได้สมบูรณ์

การทำให้เกิดอิมัลชัน จะต้องให้งานกับระบบจนมากกว่าแรงต้านการเกิดผิวสัมผัสใหม่ซึ่งแรงต้านนี้จะเกิดจากแรงดึงที่ผิวสัมผัส และยังต้องทำให้เกิดแรงที่มากกว่าแรงเสียดทานระหว่างส่วนไม่ต่อเนื่องและส่วนที่ต่อเนื่อง เพื่อให้ส่วนไม่ต่อเนื่องซึ่งเป็นหยดเล็กๆ นี้ มีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา ตามปกติงานที่ให้กับของเหลวจะทำในรูปของการกวนอย่างรุนแรง การกวนที่เหมาะสมจะต้องทำให้ของเหลวที่เป็นส่วนไม่ต่อเนื่องเกิดแรงเฉือน จนแตกตัวเป็นหยดเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วไป ดังนั้นในของเหลวคู่ที่มีแรงดึงระหว่างผิวสูงจะทำให้เกิดอิมัลชันได้ยากขึ้น และอิมัลชันที่เกิดขึ้นจะมีความเสถียรน้อยลง ในการลดแรงดึงระหว่างผิวสัมผัสเพื่อให้อิมัลชันเสถียรขึ้นนั้นทางหนึ่งที่ทำได้คือใช้สารช่วยให้เกิดอิมัลชัน (emulsifying agent หรือ emulsifier)

สารช่วยให้เกิดอิมัลชัน

สารที่เติมลงไปเพื่อให้สารละลายตั้งแต่ 2 ชนิดซึ่งไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น น้ำกับน้ำมัน ผสมรวมกันได้จะเรียกว่าสารช่วยให้เกิดอิมัลชัน (emulsifier) ส่วนสารที่เติมลงไปเพื่อช่วยรักษาอิมัลชันที่เกิดขึ้นให้คงอยู่ได้ อาจเรียกว่า สารช่วยให้คงตัว (stabilizer) สารช่วยให้คงตัวนี้อาจมีสมบัติพื้นฐานเหมือนกับสารช่วยให้เกิดอิมัลชัน หรืออาจเป็นสารที่ช่วยทำให้องค์ประกอบชนิดใดชนิดหนึ่งหรือทั้งหมดในอิมัลชันมีความหนืดเพิ่มขึ้น ทำให้มีแนวโน้มที่จะแยกตัวออกจากกันน้อยลง สารเหล่านี้จะใช้มากในการผลิตขนมปัง ขนมหวาน ไอศกรีม เนยเทียม และซ็อกโกแลต เป็นต้น

ในโมเลกุลของสารช่วยให้เกิดอิมัลชันจะมีทั้งส่วนที่มีขั้ว (polar) และส่วนที่ไม่มีขั้ว (non polar) พิจารณาโมเลกุลของเกลือของกรดไขมัน ส่วนที่เป็นไฮโดรคาร์บอนจะไม่มีขั้วแต่ส่วนที่มีกลุ่ม $-COONa$ จะเป็นส่วนที่มีขั้ว มักนิยมใช้สัญลักษณ์แทนส่วนที่ไม่มีขั้วเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และส่วนที่มีขั้วเป็นรูปวงกลม โมเลกุลของสารช่วยให้เกิดอิมัลชันจะมีรูป เมื่อเติมสารช่วยให้เกิดอิมัลชันลงไป สารเหล่านี้จะไปอยู่ที่ผิวสัมผัสของของเหลวทั้งสองชนิด ช่วยลดแรงดึงที่ผิวสัมผัส การจัดเรียงตัวจะอยู่ในลักษณะที่ส่วนที่ไม่มีขั้วจะอยู่กับส่วนที่เป็นน้ำมัน ส่วนที่มีขั้วจะอยู่กับส่วนที่เป็นน้ำ ดังนั้นสารช่วยให้เกิดอิมัลชันจะเรียงตัวเป็นฟิล์มบาง ๆ ที่ส่วนผิวสัมผัสระหว่างอาหารเหลวทั้งสอง ช่วยป้องกันไม่ให้หยดเล็ก ๆ ของส่วนที่ไม่ต่อเนื่องเข้ามารวมตัวกัน

โดยทั่วไปแล้วของเหลวที่สารช่วยให้เกิดอิมัลชันละลายได้ดีกว่าจะเป็นส่วนที่ต่อเนื่อง ซึ่งกรณีนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีความไม่สมดุลของส่วนที่มีขั้วและส่วนที่ไม่มีขั้ว ถ้าในโมเลกุลของสารช่วยให้เกิดอิมัลชันมีสมดุลของส่วนที่มีขั้วและไม่มีขั้ว ของเหลวที่มีปริมาณมากกว่ามักจะเป็นส่วนต่อเนื่อง แต่ถ้าความไม่สมดุลมีมากเกินไป สารนี้จะละลายในของเหลวชนิดใดชนิดหนึ่ง ไม่อยู่ที่ผิวสัมผัสของของเหลว และไม่มีสมบัติเป็นสารช่วยให้เกิดอิมัลชัน

ของแข็งที่ละเอียดมากก็สามารถอยู่ที่ผิวสัมผัสได้เช่นเดียวกัน และทำหน้าที่เป็นสารช่วยให้เกิดอิมัลชันได้ แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพไม่ค่อยดีนัก ของแข็งที่เปียกน้ำง่าย ถ้านำมาใช้เป็นสารช่วยให้เกิดอิมัลชัน จะมีแนวโน้มช่วยให้น้ำเป็นส่วนต่อเนื่องในอิมัลชัน

สารช่วยให้เกิดอิมัลชันที่ดีควรมีลักษณะดังนี้ คือ

1. สามารถลดแรงดึงระหว่างผิวสัมผัสได้ดี
2. กระจายตัวหุ้มหดยของส่วนที่ไม่ต่อเนื่องอย่างรวดเร็ว และไม่ปล่อยให้หยดเหล่านี้รวมตัวกัน
3. ใช้ได้ผลดีในปริมาณน้อย
4. มีเสถียรภาพทางกายภาพและทางเคมี ภายใต้สภาวะการผลิต การขนส่ง และการเก็บรักษาอิมัลชัน
5. ไม่มีกลิ่นรส และไม่เป็นพิษ
6. หาง่าย ราคาไม่แพง

สารที่สามารถนำมาใช้เป็นสารช่วยให้เกิดอิมัลชันมีหลายชนิด คือ

1. สารตามธรรมชาติ เช่น โปรตีน ฟอสโฟลิปิดหรือฟอสฟาไทด์ และสเตียรอล เป็นต้น
2. สารสังเคราะห์ เช่น เอสเทอร์ของกลีเซอรอล โพรไพลีนไกลคอล ซอร์บิแทนเอสเทอร์ของกรดไขมัน เซลลูโลสเอสเทอร์ เป็นต้น
3. อนุภาคของแข็งที่มีขนาดเล็ก เช่น เบนโทไนท์ และคาร์บอนแบล็ค เป็นต้น

ผลต่ออาหาร

การทำให้เกิดอิมัลชันจะมีผลต่อเนื้อสัมผัสของอาหาร ถ้ามีการเลือกสารช่วยให้เกิดอิมัลชันหรือสารช่วยให้ความคงตัวที่เหมาะสม และมีการควบคุมผลภาวะที่ใช้ให้เหมาะสมจะได้อาหารที่มีเนื้อสัมผัสตามต้องการ การไฮโมจิไนซ์น้ำมันจะช่วยลดขนาดของเม็ดไขมันจาก 4 ไมครอน เหลือขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน ทำให้มีจำนวนเม็ดไขมันเพิ่มขึ้น เคซีนสามารถไปเกาะที่ผิวของเม็ดไขมันได้มากขึ้น ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น

ในอิมัลชันที่มีของแข็งอยู่ด้วย เนื้อสัมผัสจะขึ้นกับองค์ประกอบในอาหาร สภาวะที่ใช้ในการไฮโมจิไนซ์ และปฏิบัติการหลังจากการไฮโมจิไนซ์

การไฮโมจิไนซ์จะมีผลต่อสีของอาหารบางชนิดด้วย ตัวอย่างเช่น น้ำมันที่ผ่านการไฮโมจิไนซ์จะมีเม็ดไขมันขนาดเล็กจำนวนมากกว่า ทำให้มีการสะท้อนและการกระเจิงของแสงมากกว่า จึงมองเห็นสีขาวกว่า ในอาหารที่มีการไฮโมจิไนซ์จะช่วยให้มีกลิ่นรสดีขึ้น เนื่องจากมีการกระจายของสารให้กลิ่นรสอย่างทั่วถึง

การทำให้เกิดอิมัลชันจะช่วยลดขนาดของไขมันและโปรตีนทำให้สามารถย่อยได้ดีขึ้น แต่จะไม่มีผลต่อปริมาณของสารอาหารต่าง ๆ ในอาหาร

การทำให้เกิดอิมัลชันนี้จะไม่ผลด้านการช่วยเก็บรักษา ถ้าต้องการเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน จะต้องเพิ่มกระบวนการอื่นที่มีผลต่อการเก็บรักษาเข้าไป การป้องกันการเสื่อมเสียจากไฮโดรไลซิส หรือออกซิเดชันของรงควัตถุ สารให้กลิ่นรส และวิตามิน จะทำโดยการควบคุมภาชนะบรรจุและสถานะที่เก็บรักษาอย่างระมัดระวัง ในบางประเทศจะมีกฎหมายควบคุมสัญลักษณ์ของการเตรียมอิมัลชันเพื่อลดความเสี่ยงในการระบาดของโรคจากอาหารเหล่านี้

สำหรับในการผลิตไส้กรอกปลาแช่แข็งจะมีการเตรียม Pre-emulsion ก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการแปรรูป โดยส่วนของ pre-emulsion จะประกอบไปด้วยโปรตีนจากถั่วเหลือง : ไขมัน : น้ำเย็น ในอัตราส่วน 4 : 4 : 1 โดยโปรตีนถั่วเหลืองมีคุณสมบัติดังนี้

2.4 โปรตีนจากถั่วเหลือง (Soy Protein)

โปรตีนจากถั่วเหลือง เป็นโปรตีนจากพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีการศึกษาพบว่าโปรตีนจากถั่วเหลืองช่วยลดระดับไขมันในเลือดทั้งคลอเรสเตอรอล LDL และไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมันจำเป็นต่อร่างกาย (Essential Fatty Acid) ทั้งชนิดที่เป็นโอเมก้า 3 และ โอเมก้า 6 ไฟโตเอสโตรเจน (Phytoestrogen) ซึ่งเป็นสารประกอบจากพืชที่มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนในเพศหญิง ได้แก่ กลุ่มไอโซฟลาโวน (Isoflavone) ลิกแนน (Lignan) และซาโปนิน(Saponin) ในแป้งจมูกถั่วเหลือง จะพบ ซาโปนิน เอ (Saponin A) มากกว่าโปรตีนจากถั่วเหลืองทั่วไป ซึ่งจะมึบทบาทเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ บริวเวอร์ ยีสต์ (Brewer's Yeast) เป็นแหล่งรวมของโปรตีนและวิตามินบีรวมจากธรรมชาติที่สมบูรณ์มาก และที่สำคัญคือ วิตามินบีเหล่านี้อยู่ในรูปที่ดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ทันที วิตามินบี นอกจากจะช่วยบำรุงระบบประสาททำให้สามารถทนต่อความเครียด ความอ่อนล้าของสมองแล้ว ยังช่วยในเรื่องของการบำรุงผิว ผม เล็บให้มีสุขภาพดีขึ้นอีกด้วย มีประโยชน์ต่อผิวพรรณและสุขภาพ เนื่องจากมีสารอาหารที่มีคุณค่าดังนี้ แร่ธาตุที่พบมาก ได้แก่ สังกะสี แร่ธาตุอื่น ๆ คือ ซิลินเนียม แมงกานีส ทองแดง แมกนีเซียม มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะทอรีน (Taurine) จะพบในปริมาณที่สูงมาก

ปัจจุบันในประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำโปรตีนจากถั่วเสริมใส่ในอาหารต่างๆมากขึ้น เนื่องจากในเดือนตุลาคม ปี ค.ศ.1999 FDA ได้อนุญาตให้มีการออกแบบประโยชน์ของการบริโภคโปรตีนจากถั่วเหลือง คือ การบริโภคโปรตีนจากถั่วเหลือง 25 กรัมต่อวัน โดยเป็นส่วนประกอบของอาหารที่มีไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลต่ำ อาจช่วยป้องกันโรคหัวใจได้

โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง(Soy protein isolate ,SPI)

เนื่องจากกระบวนการผลิตมีการใช้ค่าและกรดในการสกัดโปรตีน ทำให้โปรตีนตกตะกอนที่ isoelectric point วิธีนี้จึงสามารถแยกคาร์โบไฮเดรตทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำออกได้มาก ทำให้ SPI มีโปรตีนประมาณ 90 % หรือในอนาคตอาจมีการใช้วิธี electroacidification ในการผลิต SPI เพราะลดการใช้สารเคมี และไม่มีน้ำเสียที่ต้องบำบัด (Bazinet et al., 1997) ผลิตภัณฑ์ SPI เมื่อทำให้แห้งเป็นผงจะมีสีอ่อน ไม่มีรสชาติ และมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ และเป็นสารที่ช่วยให้เกิดเจล นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูป เนื้อเทียม ชุป ซอส เครื่องดื่มเสริมสุขภาพ เครื่องดื่มนักกีฬา อาหารเด็กอ่อน และเครื่องดื่มผสมแทนนม ตัวอย่างการใช้ในผลิตภัณฑ์ เช่น SPI ที่ผลิตโดยบริษัท Archer Daniels Midland ชื่อ NutriSoy ซึ่งไม่มีรสและละลายน้ำได้ดี มีไอโซฟลาโวนส์ 2 mg/g นิยมใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องดื่มผง

คุณสมบัติของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

1. เป็นอิมัลซิไฟเออร์ : ช่วยในการจัดเรียงตัวในผลิตภัณฑ์จำพวกไส้กรอก ขนมอบ เค้ก ชุป วิกที่อบปิ้ง อาหารแช่แข็ง และช่วยให้เกิดการคงตัว ในผลิตภัณฑ์จำพวกไส้กรอก ชุป โบโลน่า
2. ช่วยในการดูดซึมไขมัน ในผลิตภัณฑ์พวกไส้กรอก โบโลน่า
3. ช่วยในการอุ้มน้ำ
4. ช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัส
 - เพิ่มความข้นหนืด ในผลิตภัณฑ์พวกชุพ น้ำเกรวี่ ซอสพริก
 - ช่วยในการเกิดเจล ในผลิตภัณฑ์พวกเนื้อบด
 - ช่วยในการรวมเศษเนื้อเพื่อนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่
 - ช่วยในการจัดเรียงตัวเส้นใย โปรตีนของผลิตภัณฑ์เนื้อ
5. ช่วยในการเกิดโคโคในผลิตภัณฑ์ขนมอบ
6. ช่วยในการยึดเกาะของเส้นใยโปรตีนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ถันซมีท ก้อนเนื้อ แฮม ขนมอบ
7. ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่น ในขนมอบ เนื้อ
8. ช่วยในการกักเก็บอากาศ ในผลิตภัณฑ์วิปครีม ชิฟฟอน ขนมหวาน

(<http://www.talksoy.com/FoodIndustry/Manufacturedproducts.htm>)

2.5 การแช่เยือกแข็ง

ในปัจจุบันมุ่งนำมาใช้ประโยชน์เพื่อวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ

1. มุ่งเพื่อจะพัฒนาคุณภาพของอาหาร โดยช่วยยืดอายุการเก็บรักษา
2. เพื่อพัฒนาการดำรงชีวิตอยู่ได้ โดยมุ่งจะรักษาเนื้อเยื่อ อวัยวะ และเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อใช้เป็น starter ให้มีชีวิตอยู่ได้

(ซึ่งการทำไส้กรอกปลาแช่แข็งนั้นมุ่งเน้นประโยชน์ในข้อ 1)

หลักการแช่เยือกแข็ง

การแช่เยือกแข็งเป็นกรรมวิธีการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง โดยส่วนของน้ำจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นผลึกน้ำแข็ง การตึงน้ำกับน้ำแข็งและผลจากการเข้มข้นขึ้นของตัวละลายในน้ำที่ยังไม่แข็งตัวจะทำให้ค่า a_w ของอาหารลดลง จึงถือเป็นการถนอมรักษาอาหารโดยการลดอุณหภูมิ ลดค่า a_w และอาจใช้กรรมวิธีเบื้องต้นคือ การลวกประกอบด้วย ถ้าใช้วิธีแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษาที่ถูกต้องเหมาะสม อาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านโภชนาการและประสาทสัมผัส น้อยมาก

(วิไล รังสาตทอง, 2540)

ขนาดของผลึกน้ำแข็งในอาหารมีผลโดยตรงต่อคุณภาพอาหาร โดยทั่วไปน้ำที่อยู่นอกเซลล์หรือเนื้อเยื่อจะเกิดผลึกได้เร็วกว่าน้ำที่อยู่ภายในเซลล์ ซึ่งขนาดของผลึกน้ำแข็งนั้นขึ้นกับอัตราเร็วในการแข็งตัวของอาหาร ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. การแช่เยือกแข็งแบบช้า (slow freezing หรือ sharp freezing)
2. การแช่เยือกแข็งแบบเร็ว (rapid freezing หรือ quick หรือ fast freezing)
3. การแช่เยือกแข็งแบบเร็วมาก (ultrarapid freezing)

ซึ่งวิธีการแช่เยือกแข็งที่เลือกใช้คือ แบบช้า เนื่องจากการแช่เยือกแข็งที่มีใช้ตามบ้านเรือนทั่วไป

การแช่เยือกอย่างช้าจะทำให้น้ำที่อยู่นอกเซลล์เกิดผลึกน้ำแข็งก่อน และมักจะเกิดผลึกขนาดใหญ่ ทำให้เซลล์ของอาหารมีลักษณะบ่น การทำให้น้ำภายในและภายนอกเซลล์เกิดผลึกน้ำแข็งได้อย่างสม่ำเสมอสามารถทำได้ ถ้าหากเพิ่มอัตราการแช่แข็งให้รวดเร็วยิ่งขึ้น ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้น

เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายภายในและภายนอกเซลล์มีความแตกต่างกัน จึงเกิดการออสโมซิส (Osmosis) ของน้ำภายในเซลล์ออกมาสู่ภายนอกเซลล์ ทำให้ขนาดของผลึกน้ำแข็งใหญ่ขึ้น

(ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ.2546)

ผลจากการแช่แข็งผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา

ผลการศึกษาส่วนใหญ่จะแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์จากปลาที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง จะค่อนข้างมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพเนื้อสัมผัส ซึ่งจะเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโปรตีนในกล้ามเนื้อของสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสูญเสียสภาพธรรมชาติและการจับตัวกันของโปรตีนที่มีผลให้โปรตีนสูญเสียสมบัติเชิงหน้าที่ (Barroso *et al.*, 1998; Matsumoto, 1980; Suzuki, 1981) เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟด์เออร์ (emulsifying ability) และความสามารถในการละลายของโปรตีนพวกที่ละลายได้ในเกลือลดลง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ โดยคุณภาพที่ได้หลังการละลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งความน่ารับประทานของไส้กรอกลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นผลจากการสูญเสียทั้งทางด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสที่ดีไป ส่งผลให้การผลิตผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปต่าง ๆ จะทำได้จำกัดขึ้นเนื่องจากข้อเสียดังกล่าว

Jiang และ Lee (1985) พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือ แอ็คโตไมโอซิน (actomyosin) และการทำงานของ Ca ATPase มีค่าที่ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเกิดจากการเสถียรภาพของโปรตีนในระหว่างการแช่เยือกแข็ง เนื่องจากการเกาะกัน (aggregation) ของโมเลกุลไมโอซินในลักษณะ side by side เกิดเป็นโครงสร้างดิมเมอร์ (dimer) หรือ ไตรเมอร์ (trimer) และจะเกิดขึ้นมากที่อุณหภูมิการเก็บรักษา -14 - (-7) องศาเซลเซียสมากกว่าที่อุณหภูมิ -78 และ -29 องศาเซลเซียส (Connell, 1959) Jiang และคณะ (1988) พบว่าในขณะที่แช่เยือกแข็งแอ็คโตไมโอซินจากปลาจะเกิดพันธะไฮโดรเจน พันธะไฮโดรโฟบิก และพันธะไดซัลไฟด์ แต่ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จะเกิดพันธะไดซัลไฟด์ แต่ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จะเกิดพันธะไดซัลไฟด์มากที่สุด

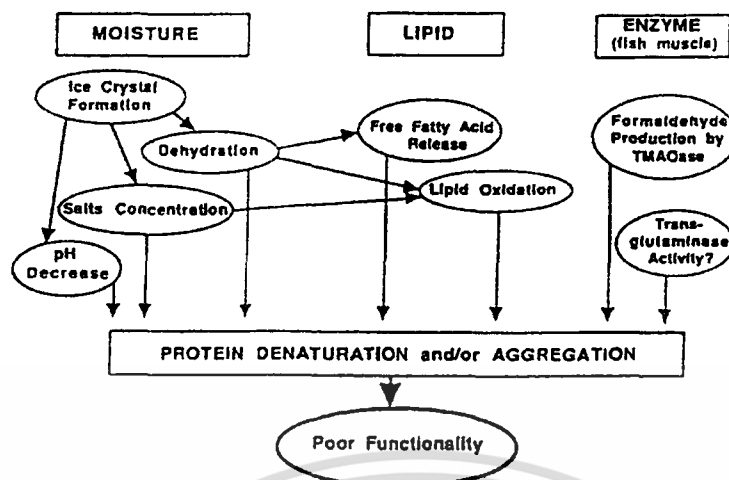
Dyer และคณะ (1956) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีนมีความสัมพันธ์กับการลดลงของระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลา สมมติฐานว่าการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนแอ็คโตไมโอซินเป็นสาเหตุหลักของการลดลงของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาที่เก็บรักษาไว้ในสภาพแช่เยือกแข็ง

การแช่เยือกแข็งมีผลให้น้ำในระบบของเซลล์กล้ามเนื้อของปลาเปลี่ยนเป็นผลึกน้ำแข็ง สารละลายที่ยังไม่แข็งตัวในเซลล์กล้ามเนื้อปลาจึงมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาแช่เยือกแข็งที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้สภาวะแวดล้อมของโปรตีนเปลี่ยนไปจากสภาพปกติ การเพิ่มความเข้มข้นของตัวถูกละลายในสารละลายที่ยังไม่แข็งตัวมักนำไปสู่การเพิ่มความเป็นกรดของสารละลายที่ยังไม่แข็งตัว (Fennema, 1993) นอกจากนี้การสูญเสียน้ำที่ล้อมรอบโมเลกุลโปรตีน (จากการที่น้ำดังกล่าวเปลี่ยนสถานะ มีผลต่อเนื้อให้โปรตีนจับตัวกันและสูญเสียสภาพธรรมชาติในท้ายที่สุด)

ส่วนผลของไขมันที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาได้กรอกปลาที่มีอุณหภูมิระหว่าง 1-(-18) องศาเซลเซียส พบว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นด้วยอัตราเร็วสูงสุดที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส (Labuza, 1971) ข้อสมมุติฐานถึงการมีส่วนร่วมของไขมันต่อการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนนั้นเกิดจากผลการศึกษาที่สำคัญ คือ

1. การพบว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับไขมันในเซลล์กล้ามเนื้อของปลาในระหว่างการแช่เยือกแข็งกับการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนมีความสัมพันธ์ต่อกัน

2. การพบว่ามีปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและ/หรือปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสไขมันและการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนของเนื้อปลาที่แช่เยือกแข็ง เนื่องจากสามารถเกิดอันตรกิริยากับหมู่ที่มีความจำเพาะต่อกัน เช่น หมู่ซัลไฟด์ไรลของกรดอะมิโนซิสตีอีน (Cysteine-SH) หมู่อะมิโนของไลซีน(-NH) และปลายด้านในโตรเจนของกรดแอสปาร์ติก (Aspartic acid) ไทโรซีน (Tyrosine) เมทไทโอนีน (Methyonine) และอาร์จินีน (Argenine) ซึ่งอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นมีผลให้ความไม่ชอบน้ำบนผิวหน้าโมเลกุลโปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้การจับตัวกันของโปรตีนเกิดได้เพิ่มขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากการลดลงของความสามารถละลายของโปรตีน (Kussi *et al*,1997)



ภาพที่ 2.2 : ปัจจัยทางตรงและอ้อมที่มีผลต่อการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็ง (ที่มา : MacDonald และ Lanier ,1991)

การคืนตัวของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง (Thawing of Frozen Products)

ตามลักษณะทางกายภาพ การคืนตัวของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง หมายถึง กระบวนการตรงข้ามกับการแช่เยือกแข็ง จัดเป็นกระบวนการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง เพื่อให้ผลึกน้ำแข็งละลายกลับคืนสู่สภาพเดิม ซึ่งจัดเป็นงานขั้นสุดท้ายของการแช่เยือกแข็ง ก่อนที่จะนำไปบริโภค หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป ตามปกติอัตราการคืนตัวที่อุณหภูมิห้องจะใช้เวลานานมากโดยเฉพาะอาหารที่มีขนาดใหญ่ ชื้นหนา ทำให้เสียเวลาและเปลืองพื้นที่ที่ต้องใช้เพื่อการคืนรูป โดยเฉพาะในระดับอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อคุณภาพของวัตถุดิบที่นำมาคืนรูปด้วย เพราะเมื่อใช้เวลานานจะเปิดโอกาสให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ที่ผิวนอกของอาหารซึ่งจะคืนตัวก่อนเป็นผลให้มีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นสูงขึ้น ซึ่งจะกระทบต่อการแปรรูปในขั้นต่อไปและอาจทำให้คุณภาพด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัสและสีเปลี่ยนไปด้วย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์พวกเนื้อปลาและเนื้อสัตว์

(คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2546)

การป้องกันการเสียหายของโปรตีนเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง

เนื้อปลาที่ผ่านการการค้ำแล้วจะมีลักษณะเนื้อละเอียด มีความชื้น โปรตีนไมโอไฟบริลสูง แต่มีไขมันต่ำ การเก็บรักษาเนื้อปลาดังกล่าว ในระยะเวลาสั้นๆ 1-3 วัน ทำได้โดยการแช่เย็นที่ อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส แต่ถ้าต้องการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นจำเป็นต้องเก็บโดยการแช่เยือกแข็ง และเพื่อป้องกันการเสียหายเนื่องจากการแช่แข็ง ซึ่งเป็นสารในกลุ่มพวกกรดอะมิโน กรดไดคาร์บอกซาลิก(dicarboxylic acid) กรดไฮโดรคาร์บอริก (hydrocarboxylic acid) . คาร์โบไฮเดรต(carbohydrate) และฟอสเฟต (Noguchi และคณะ . 1974)

Suzaki (1981) ได้รวบรวมทฤษฎีหลายอย่างที่น่าสนใจสาเหตุการเสื่อมเสียของ โปรตีนในระหว่างการแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษา ดังนี้

1. การแช่เยือกแข็งทำให้น้ำภายในกล้ามเนื้อแข็งตัว จึงทำให้ความเข้มข้นของสารละลายพวกเกลือของเกลือแร่และสารชีวภาพที่ละลายน้ำได้ที่คงเหลือจากการแช่แข็งภายในเซลล์สูงขึ้นซึ่งจะทำให้ค่าความแข็งแรงของพันธะไอออนิกและฟิอซของกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงเป็นสาเหตุให้โปรตีนเสียหาย
2. เกิดจากผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในระหว่างการแช่แข็ง ทำให้ช่องว่างโปรตีนแคลง โมเลกุลโปรตีนจึงสามารถเกิดพันธะครอสลิง (cross-linkage) ได้ทำให้โมเลกุลโปรตีนเกิดการเกาะกัน
3. การแช่เยือกแข็งทำให้น้ำภายในกล้ามเนื้อจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ ทำให้พันธะไฮโดรโฟบิกของโมเลกุลโปรตีนถูกทำลาย ส่งผลให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนไป เช่น เกิดเนื่องจากการออกซิเดชันของไขมัน

นอกจากนี้ยังได้เสนอแนวทางการควบคุมการเสียหายของโปรตีนในระหว่างการแช่เยือกแข็งดังนี้

1. แช่แข็งอาหารให้เร็วที่สุด และใช้อุณหภูมิต่ำที่สุด
2. ควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษาให้ต่ำ และสม่ำเสมอ
3. หลีกเลี่ยงการแช่แข็งหลายๆครั้ง
4. ใช้สารป้องกันการเสียหายของโปรตีนเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง

2.6 ความสำคัญของส่วนผสมที่มีต่อเนื้อสัมผัสหรือลักษณะของเจล

1. ส่วนผสมที่ช่วยในการสกัดโปรตีนและสร้างโครงสร้างร่างแหของโปรตีน

ฟอสเฟต (Phosphate)

ฟอสเฟตเป็นสารประกอบ ที่ใช้เติมในน้ำหมักเนื้อเพื่อวัตถุประสงค์คือ ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้เนื้อไม่สูญเสียน้ำหนักมากเกินไปขณะร่อน เนื้อมีความนุ่มและชุ่มน้ำและมีรสชาติดี

การใช้โพสเฟตจะไปทำให้มีการละลายของไมโอไฟบริลลาของโปรตีนเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ก็เพราะว่ามีการเพิ่มขึ้นของค่าพีเอชและค่าความแข็งแรงของพันธะไอออนิก ความสามารถในการละลายของโปรตีนจะมีค่าต่ำสุดในช่วง isoelectric zone คือ ที่ช่วงพีเอช 5-6 ซึ่งประสิทธิภาพของฟอสเฟตจะเห็น ได้ชัดเจน เมื่อมีการใช้ในปลาแช่เยือกแข็งที่โปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ และสูญเสียความสามารถในการละลาย นอกจากนี้การใช้ฟอสเฟตร้อยละ 0.2 - 0.3 ในผลิตภัณฑ์จะช่วยให้เพิ่มความแข็งแรงและความสามารถในการเก็บกักน้ำของเจล

บทบาทของสารฟอสเฟตที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อ คือ

1. การเพิ่มความนุ่ม โดยเป็นตัวทำให้ค่าพีเอชของเนื้อเพิ่มขึ้นและช่วยให้โปรตีนของกล้ามเนื้อคลายตัว เนื่องจากสารเอกโตไม โอซินแยกออกจากกันเป็นเอกติน และไมโอซิน สารฟอสเฟตที่ใช้ในด้านนี้คือ พวกลิวโรฟอสเฟต(pyrophosphate)
2. การเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยทำให้เส้นใยโปรตีนยึดตัวล้อมรอบโมเลกุลน้ำ พบว่าเกลือของกรดอ่อนให้คุณสมบัติได้ดีในข้อนี้คือ โซเดียมฟอสเฟต(sodium phosphate)
3. เพิ่มรสชาติ โดยการทำให้โมเลกุลของเนื้อสานกันเป็นตาข่าย สามารถกันกันไม่ให้เลือดและของเหลวในเนื้อ ไหลออกมา เนื้อจึงมีรสชาติดีขึ้น
4. ช่วยให้มีโมเลกุลเนื้อยึดเกาะกันดี โดยการดึงโมเลกุลโปรตีนที่ละลายน้ำได้มารวมตัวกันทำให้เนื้อเหนียวและยืดหยุ่นดีขึ้น นิยมใช้ผลิตภัณฑ์ใส่กรอก
5. ช่วยให้มีสีคงทน โดยทำหน้าที่ควบคุมค่าพีเอช ให้อยู่ในช่วงพีเอช 6.0 - 6.6 จึงทำให้เนื้อมีสีแดงคงทนดีขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้การใช้ไน ไตรทและกรดแอสคอร์บิกคงตัวเพิ่มมากขึ้น แต่คุณสมบัติในด้านการให้สีที่คงตัวของสารฟอสเฟตมีผลดีกว่าการใช้กรดแอสคอร์บิก และความสามารถนี้จะลดลงมากถ้ากระทบแสงสว่างจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์
6. ช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นที่ไม่ดี สารประกอบฟอสเฟตช่วยเสริมฤทธิ์สารกันหืนป้องกัน

การเกิด ปฏิกริยาออกซิเดชัน(oxidation)ของไขมัน จากการศึกษาพบว่าสารประกอบฟอสเฟตจะช่วยชะลอปฏิกริยาด้วย เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตสามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอนุมูลโลหะในเนื้อทำให้สับละกลั่นดี

7. ช่วยป้องกันการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ สารประกอบฟอสเฟตสามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอนุมูลโลหะต่างๆได้ เนื่องมาจากปฏิกริยาของสารประกอบฟอสเฟตต่อผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งมีผลให้การผ่านเข้าออกของสารต่างๆ จากภายนอกเซลล์เข้าสู่ภายในเซลล์เสียไปหรือทำให้กิจกรรมต่างๆของจุลินทรีย์เสียไป จากการศึกษาพบว่าโซเดียมเอซิกไทรโอฟอสเฟตจะทำปฏิกริยากับโปรตีนเอส ซึ่งเป็นสารที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการสร้างสารพิษของ Clostridium botulinum ทำให้ประสิทธิภาพในการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์เสียไป

ชนิดของสารประกอบฟอสเฟตที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

สารประกอบฟอสเฟตพวกอัลคาไลน์ ฟอสเฟต (alkaline phosphate) เท่านั้นที่เหมาะสมต่อการใช้เพื่อปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำ ของเนื้อสัตว์เพราะเอซิก ฟอสเฟต (acid phosphate) จะทำให้ค่าพีเอชของเนื้อลดลง และจะทำให้เนื้อเกิดการหดตัว นอกจากนี้มีการใช้สารพวกไตรโพลีฟอสเฟต(Tripolyphosphate) ร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตที่ออกฤทธิ์เป็นด่าง เพราะจะมีปฏิกริยาเสริมร่วมทำให้มีผลต่อความสามารถในการจับน้ำของเนื้อเพิ่มขึ้น สารประกอบฟอสเฟตที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้แก่

Sodium tripolyphosphate ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)

Sodium hexametaphosphate (NaPO_3)

Sodium acid pyrophosphate ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$)

Sodium pyrophosphate ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$)

Disodium phosphate (Na_2PO_4)

สารฟอสเฟตเหล่านี้พบว่า ช่วยปรับปรุงผลผลิตของเนื้อที่ตัดชิ้นแรกหมักน้ำเกลือ สำหรับโซเดียมเอซิกไทรโอฟอสเฟตเท่านั้นที่อนุญาตให้ใช้ได้ในส่วนที่ใส่กรอก

กฎหมายกำหนดให้มีการเติมฟอสเฟตได้ โดยให้มีเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายได้ไม่เกินร้อยละ 5.0 ในขณะที่เนื้อจะมีฟอสเฟตในธรรมชาติอยู่ประมาณร้อยละ 0.01 ดังนั้นการใช้สารเหล่านี้ในระหว่างการหมักต้องหักลบออกด้วย

(ผศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศย์)

เกลือ

เกลือที่ใช้ในการแปรรูปเนื้อสัตว์ อยู่ในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์ หรือทราบกันในชื่อของเกลือแกง แต่เดิมมนุษย์ใช้เกลือเพื่อเป็นตัวป้องกันการเน่าเสีย เนื่องจากจุลินทรีย์ของเนื้อสัตว์ในสภาพห้องธรรมดา ปริมาณการใช้เกลือในการหมักเนื้อจะใช้ที่ความเข้มข้นสูง โดยปกติต้องให้มีเกลือในผลิตภัณฑ์ประมาณร้อยละ 6 ทำให้เนื้อมีรสชาติเค็มจัด และลักษณะของผลิตภัณฑ์แห้ง มีผิวหนังเหี่ยวย่นมองดูไม่น่ารับประทาน แต่ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามามีบทบาทต่อการถนอมรักษาเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นปริมาณการใช้เกลือจึงลดลงเพื่อให้รสชาติดีขึ้น เกลือที่เหมาะสมในการใช้หมักเนื้อสัตว์ ควรเป็นเกลือที่สะอาดและผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้ว นิยมใช้เกลือสินเธาว์ที่ปราศจากโลหะหนักมากกว่าเกลือสมุทร เนื่องจากเกลือสมุทรอาจมีแบคทีเรียที่ทนความเค็มสูง และมีอนุพลของสารพวกแคลเซียม แมกนีเซียม ซึ่งมีผลต่อการดูดซึมของน้ำเกลือทำให้ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดลง โลหะหนักเช่น ฟอสฟอรัสและทองแดง ถ้ามีอยู่ในเกลือที่ใช้หมักเนื้อจะมีผลเร่งปฏิกิริยาการหืนของไขมัน แต่ถ้าเกลือสมุทรได้ผ่านขบวนการกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ก็สามารถนำมาใช้ในการหมักได้ นอกจากนี้เกลือที่เค็มไปโอเค็มไปไม่เหมาะที่จะใช้ในการหมักเนื้อซึ่งใช้ร่วมกับไนเตรท เนื่องจากไอโอดีนจะเป็นตัวยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ช่วยเร่งการเปลี่ยนสารไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ได้ เป็นผลให้มีสารไนเตรทตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์มาก

(ผศ.เขาวลัทธิ สุรพันธ์พิศัญ)

บทบาทของเกลือที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ คือ

1. เกลือมีผลต่อการลดน้ำในผลิตภัณฑ์และทำให้แรงดันออสโมติกของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี(water activity) ลดลง จึงมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และป้องกันการเน่าเสีย
2. เกลือทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเค็มจัด รสไม่นุ่มนวล และสีของเนื้อแดงมีสีดำ ผิวหนังของผลิตภัณฑ์เหี่ยวย่น ไม่เป็นที่พึงปรารถนาต่อผู้บริโภค
3. สกัดโมโอซิน ที่อยู่ในเนื้อออกมาเพื่อทำหน้าที่อิมัลซิไฟเออร์
4. ทำให้เนื้อพองตัวเกิดขึ้น นุ่มขึ้น

2. ส่วนผสมที่ช่วยเสริมความแข็งแรงของเจล แป้ง

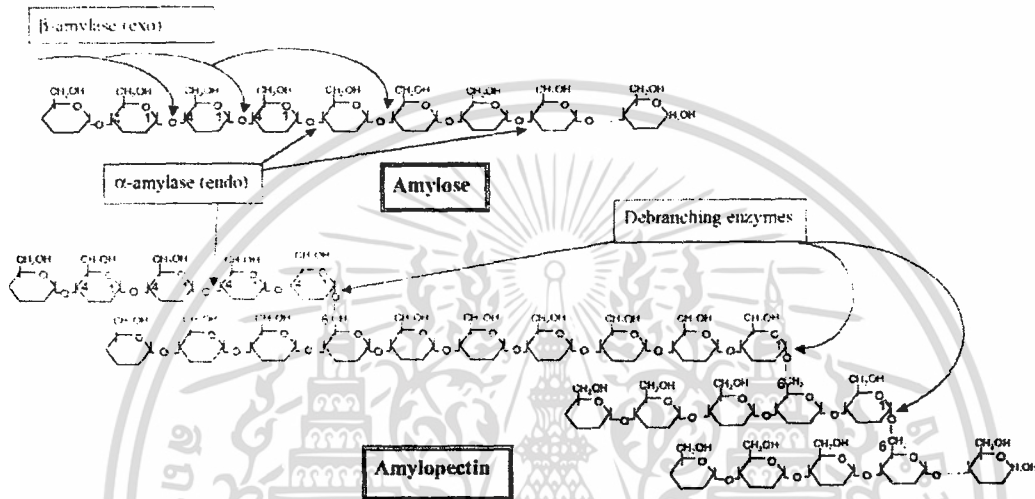
ในขั้นตอนของการให้ความร้อน มีความเปลี่ยนแปลงหลายอย่างของแป้งในซูริมิ เกิดขึ้นอย่างเช่น เม็ดสตาร์ชมีการพองตัว มีการสูญเสียคุณสมบัติในการเกิดไบรีฟรินเจน(birefringence) ของเม็ดสตาร์ชและการแตกของเม็ดสตาร์ชอันเนื่องมาจากมีการเจลาติไนเซชัน(gelatinization) และในขณะเดียวกันปริมาณน้ำอิสระ(free water)ก็ลดลงด้วยนอกจากนี้อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันในสภาพที่อยู่ร่วมกับซูริมิจะมีค่าสูงกว่าเมื่ออยู่ในสภาพสารละลาย

การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าเม็ดสตาร์ชจะฝังตัวอยู่ในโปรตีนเมทริกซ์ของซูริมิดังนั้น การพองตัวของเม็ดสตาร์ชเมื่อได้รับความร้อนเพียงพอ จึงเสริมให้โครงสร้างของโปรตีนมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการใช้สตาร์ชที่ผ่านกระบวนการเจลาติไนเซชันมาก่อน(pregelatinization)จึงไม่มีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างความแข็งแรงของเจลหรือเนื้อสัมผัส(Kim และ Lee,1987)แต่การใช้สตาร์ชที่ผ่านการดัดแปร(modified starch) จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลได้ นอกจากนี้การใช้สตาร์ชดัดแปรยังลดปัญหาเกี่ยวกับรูพรุนและลักษณะเหนียวคล้ายยางในผลิตภัณฑ์ อันเนื่องมาจากการแช่เยือกแข็ง

สตาร์ช (Starch)

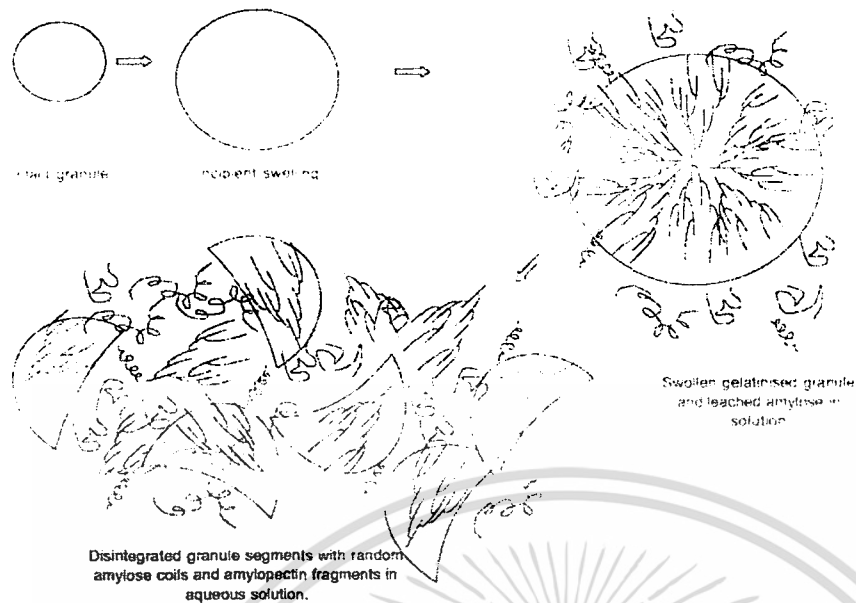
สตาร์ชเป็นพอลิเมอร์ของพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีสายยาวประกอบด้วยอะไมโลส (amylose) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สายยาวของ α (1-4) กลูแคนโมเลกุลของ อะไมโลสเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสสายยาวที่มีขนาดใหญ่่มาก และอะไมโลเพคติน(amylopectin) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีสายแขนงแยกออกมา โมเลกุลของ อะไมโลเพคตินมีทั้งพันธะ α (1-4) และพันธะ α (1-6) โดยปกติอะไมโลเพคตินมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าอะไมโลสมาก และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง พบในข้าวโพด ข้าวเจ้า ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต มันสำปะหลัง เป็นต้น สามารถใช้เดี่ยวๆ หรือผสมกันเพื่อลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อ เช่น แฮมเบอร์เกอร์ มีทแบตเทอร์(meat batter) ลักษณะของผลิตภัณฑ์เนื้อลดไขมันที่ได้ขึ้นกับชนิดของแป้ง วิธีการปรับปรุง(modifications) สภาวะในการใช้และธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ที่เติมแป้ง แป้งสามารถดูดซับหรือยึดเกาะน้ำแต่ไม่สามารถยึดเกาะส่วนผสมอื่นๆให้ติดกันได้ ดังนั้นจึงสามารถใช้เพื่อรักษาปริมาณน้ำให้มากกว่าเดิม

โดยทั่วไปเม็ดสตาร์ชจะมีขนาดตั้งแต่ 0.5-1.75 ไมครอน เม็ดสตาร์ชมีรูปร่างต่างกันขึ้นกับชนิดของแป้ง ในขณะที่เม็ดไขมันมีขนาด 0.1-3 ไมครอน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ดัดแปลงแป้งให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงเพื่อให้มีขนาดเท่าเม็ดไขมัน ส่งผลให้ต่อมรับรสรู้สึกเหมือนของเหลวคล้ายครีมที่มีความเนียนขึ้นเช่นเดียวกับไขมัน (Lucca และ Tepper, 1994; Roller และ Jones, 1996)



ภาพที่ 2.3 : แสดงสูตรโครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน

(ที่มา : www.oci.unzh.ch, 2005)



ภาพที่ 2.4 : แสดงการพองตัวของสตาร์ชเมื่อได้รับความร้อน
(ที่มา : World's Poultry Science Journal.2004)

สตาร์ชตัดแปรร (Modified starch)

สตาร์ชตัดแปรร หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำสตาร์ชของแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งสาลี เป็นต้น มาเปลี่ยนคุณสมบัติทางเคมีและ/หรือทางกายภาพโดยอาศัย เอนไซม์หรือสารเคมีชนิดต่างๆเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆ การใช้ แป้งตัดแปรร ในอุตสาหกรรมอาหารนั้น เกณฑ์ที่กำหนดและลักษณะชี้บ่งของแป้งตัดแปรรแต่ละประเภทต้องเป็นไปตามข้อกำหนดกระทรวงอุตสาหกรรม (2535) และการทดสอบเกณฑ์ที่กำหนด ให้เป็นไปตาม FAO Food and Nutrition Paper (1986)

แป้งดิบมีลักษณะจำเพาะเช่น ขนาด รูปร่าง การพองตัว แต่สิ่งที่แป้งทุกๆชนิดมีความคล้ายกันคือ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงโดยมีปัจจัยจยความร้อน แรงเฉือน และเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งผล การเปลี่ยนแปลงสำหรับแป้งแต่ละชนิดคล้ายๆกัน เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของสตาร์ชโดยเครื่อง Rapid Visco Analyzer หรือเครื่อง Brabender Viscoamylograph ถ้าสามารถปรับเปลี่ยนคุณสมบัติ นี้ได้จะทำให้เราสามารถนำแป้งไปใช้ในอุตสาหกรรมได้แก่ มีช่วงความหนืดที่แคบ มีเนื้อสัมผัสไม่ ดี มีความคงทนต่อแรงเฉือนในกระบวนการผลิตหรือความคงทนต่อสภาวะต่างๆต่ำ ซึ่งทำให้ได้ ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำและสิ้นเปลืองงบประมาณในการผลิตโดยไม่จำเป็น ดังนั้นเหตุผลของการ ใช้แป้งสตาร์ชตัดแปรรได้แก่

1. มีคุณสมบัติหลายๆด้านซึ่งแป้งสตาร์ชปกติ (Native Starch) ไม่มี และมีคุณสมบัติที่กว้างมาก เช่น ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น ลงทนต่อสภาวะในการผลิตได้ดี (Light,1990) การเกิดเจลาตินไนซ์ (Gelatinization) การคืนสภาพ (Retrogradation) การสูญเสียน้ำของเจลลดลง ความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็ง (Freeze-thaw) เพิ่มขึ้น ลักษณะเนื้อเจลดดีขึ้น คุณสมบัติความเป็นกาบเพิ่มขึ้น คุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) หรือความสามารถในการผสมกับตัวละลายอื่นๆเพิ่มขึ้น (BeMiller,1997) สามารถใช้แทนไขมันได้โดยช่วยเพิ่มความคงตัว ให้เนื้อสัมผัสที่ดี ความรู้สึกในปาก เก็บกักน้ำได้ดีและให้ลักษณะปรากฏที่ดีทางสายตา สตาร์ชที่มาจากแหล่งที่แตกต่างกันมีการผันกลับด้วยความร้อน (Thermo- reversibility) การกระจายตัว (spreadability) ความคงทนของเจล ความคงทนต่อความร้อน กรด และแรงเฉือนต่างกัน (Lucca และ Tepper,1994) ดังนั้นการนำไปใช้ของแป้งแต่ละชนิดจึงไม่เหมือนกัน
2. มีจำนวนมาก และหาได้ง่าย
3. แป้งเป็นสินค้าที่ถูกเมื่อเปรียบเทียบกับสารตัวอื่นที่ใช้ เช่น กัม



ภาพที่ 2.5 : แสดงความแตกต่างของเส้นใยอาหารระหว่างการใส่แป้งปกติและแป้งสตาร์ชตัดแปร

(ที่มา : www.dupont.com/.../textile_ind/pearlst.jpg)

วิธีการตัดแปรแป้ง

Rutenberg(1980) ได้แบ่งการตัดแปรแป้งไว้ 3 วิธี ได้แก่

1. การตัดแปรเพื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณอะไมโลสหรืออะไมโลเพคติน
2. การตัดแปรโดยวิธีทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การตัดแปรโดยวิธีทางเคมี

- การทำให้แตกตัวอย่างมีการควบคุม (Controlled degradation)
- การเกิดอนุพันธ์ (Derivatization)

สำหรับแป้งตัดแปรที่นำมาใช้ผลิตไส้กรอกปลานั้นเป็นแป้งที่ทำการตัดแปร โดยวิธีทางเคมี ประเภทการเกิดอนุพันธ์ ในลักษณะการตัดแปรโดยวิธีครอสลิงกิ้งร่วมกับวิธีอะซิทิเลชัน

การตัดแปรแป้งโดยวิธีครอสลิงกิ้งร่วมกับวิธีอะซิทิเลชัน

การตัดแปรแป้งโดยวิธีอะซิทิเลชัน

เป็นการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลบนโมเลกุลของแป้งด้วยหมู่อะซิทิลจากสารเคมีที่มีหมู่อะซิทิล ปฏิกิริยาการแทนที่เป็นแบบเอสเทอร์ริฟิเคชัน แป้งตัดแปรที่ได้เรียกว่าสตาร์ชอะซิเตต (starch acetate) ซึ่งในทางการค้าที่ใช้ในอุตสาหกรรมทั่วไปจะเป็นสตาร์ชอะซิเตตที่มีระดับการแทนที่ต่ำ ในช่วง 0.01 - 0.2 (Wurzburg, 1986) สารเคมีที่มีการอนุญาตให้มีการใช้ในการตัดแปรแป้งเพื่ออุตสาหกรรมอาหารมี 2 ชนิด คือ อะซิติกแอนไฮไดรด์และไวนิลอะซิเตต (ไม่เกินร้อยละ 7.5)

คุณสมบัติของแป้งตัดแปรโดยวิธีอะซิทิเลชัน

1. การเปลี่ยนแปลงสมบัติของเม็ดแป้ง : จากการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ของเม็ดแป้งที่ตัดแปร โดยวิธีอะซิทิเลชัน ที่มีระดับการแทนที่ต่ำกว่า 0.2 พบว่าสมบัติของเม็ดแป้งทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันรวมทั้งไม่มีความแตกต่างของการละลายและการพองตัวในน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส
2. การเกิดเจลาตินในเซชัน : การเติมหมู่อะซิทิลลงไปโมเลกุลของแป้ง จะช่วยในการขัดขวางการจัดเรียงตัวของโมเลกุลภายในเม็ดแป้งที่จะมาเกิดพันธะไฮโดรเจน ทำให้เม็ดแป้งมีความอ่อนตัวลงพองตัวได้มากขึ้น มีผลทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลาตินในเซชันที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับของแป้งดิบ (Ruttenberg, 1980)
3. ความคงตัวต่อสถานะแช่แข็งหรือสถานะแช่แข็งและละลาย : ในสถานะอุณหภูมิต่ำหรือในสภาพของการแช่แข็งแล้วละลายจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดริโทรเกรเดชันของแป้งสุกได้เร็วขึ้น ทั้งนี้เพราะเกิดการจัดเรียงตัวกันขึ้นของโมเลกุลอะไมโลสด้วยพันธะไฮโดรเจน เกิดลักษณะที่เป็นเจล เป็นก้อนสีขาวขุ่น ไม่เกิดความขุ่นหนืดในผลิตภัณฑ์อาหารตามที่ต้องการ และจะเกิดการแยกตัวของน้ำออกจากโมเลกุลของแป้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นลิ้ม และมีของเหลวหรือ

น้ำแยกออกมา (Smith, 1982) การตัดแปรโดยวิธีอะซิทธิเลชันเป็นการเติมหมู่อะเซทิลแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลบางส่วน จะไปขัดขวางหรือกีดกันการจัดเรียงตัวของโมเลกุลของอะไมโลสในสภาวะดังกล่าวได้ ดังนั้นจึงเป็นการป้องกันการเกิดรีโทรเกรเดชัน แป้งตัดแปรจึงมีความคงตัวต่อสภาวะดังกล่าว สามารถรักษาความหนืดขึ้นไว้ได้ในผลิตภัณฑ์อาหาร (Albrech และคณะ, 1960)

4. ลักษณะของแป้งสุก : การตัดแปรแป้งโดยวิธีอะเซทิลเลชันจะทำให้แป้งตัดแปรที่สุกมีลักษณะใสขึ้น มากกว่าแป้งดิบและมีความยืดหยุ่นและความเหนียวมากขึ้น (Kruger และ Rutenberg, 1967)

การตัดแปรแป้งโดยวิธีครอสลิงกิง

การตัดแปรโดยวิธีครอสลิงกิง เป็นการตัดแปรที่ใช้สารเคมีที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 1 หมู่ ทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลบนโมเลกุลของแป้งได้มากกว่า 1 หมู่ และเกิดพันธะโควาเลนต์เชื่อมระหว่างโมเลกุลของแป้ง โดยที่พันธะที่เกิดขึ้นเป็นพันธะอีเทอร์หรือพันธะเอสเทอร์ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่ใช้ โดยจะช่วยส่งเสริมพันธะไฮโดรเจน ในการทำหน้าที่ยึดโครงสร้างของเม็ดแป้งให้แข็งแรงมากขึ้น (Wurzba, 1986) สารเคมีที่นิยมใช้ในการตัดแปรแป้งแบบครอสลิงกิงในทางการค้า เพื่อใช้ในอาหาร ได้แก่ ฟอสฟอรัสออกซิดคลอไรด์ และโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต แป้งตัดแปรที่ได้เรียกว่า distarch phosphate โดยปกติจะใช้สารเคมีในปริมาณน้อยมากโดยใช้ในช่วงร้อยละ 0.05 - 0.3 ของน้ำหนักแป้ง (Wurzburg, 1982)

คุณสมบัติของแป้งตัดแปรโดยครอสลิงกิง

1. ลักษณะของเม็ดแป้ง : การตัดแปรแบบครอสลิงกิง ไม่มีผลต่อลักษณะของเม็ดแป้ง แต่จะมีความแตกต่างระหว่างเม็ดแป้งที่ตัดแปรกับเม็ดแป้งดิบเกิดขึ้น เมื่อให้ความร้อนในสภาพที่มีน้ำหรือในสภาวะที่สามารถทำลายเม็ดแป้งได้ เช่น สภาพที่มีแรงเฉือนจากเครื่องมือ สภาพเป็นกรด เม็ดแป้งที่ตัดแปรโดยวิธีครอสลิงกิงจะสามารถทนต่อสภาวะดังกล่าวได้มากกว่าแป้งดิบ (Chabot, และคณะ 1976)

2. การเกิดเจลลิตินในเซชัน : การตัดแปรแบบครอสลิงกิง ทำให้เกิดพันธะโควาเลนต์เชื่อมระหว่างโมเลกุลของแป้ง ช่วยเสริมการทำงานของพันธะไฮโดรเจน ทำให้เม็ดแป้งมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นในระหว่างการหุงต้ม พันธะไฮโดรเจนในเม็ดแป้งดิบจะค่อยๆ ถูกทำลายลงไป เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นจนได้ความหนืดสูงสุด จนเม็ดแป้งพองตัวได้เต็มที่ เมื่อมี

การให้ความร้อนต่อเนื่องไปอีกเม็ดแป้งที่พองตัวเต็มที่จะแตกออก ทำให้ความหนืดเริ่มลดลง แต่การตัดแปรแป้งแบบครอสลิงกิง เม็ดแป้งที่พองตัวยังคงสามารถรักษาสภาพของเม็ดแป้งไว้ได้ เพราะพันธะที่เกิดขึ้นช่วยกันยึดโครงสร้างของเม็ดแป้งไว้ ทำให้แป้งยังคงสามารถรักษาความหนืดไว้ได้ตลอดการหุงต้ม (Kruger และ Murray, 1979) ดังนั้น การตัดแปรแบบครอสลิงกิงมีผลทำให้เม็ดแป้งพองตัวได้ช้าลง มีผลทำให้การเกิดเจลลิตในเซชันช้าลง อุณหภูมิเจลลิตในเซชันจึงเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับแป้งดิบ (Rutenberg และ Solarek, 1984)

3. ความสามารถในการพองตัวและการละลายของเม็ดแป้ง : การตัดแปรแป้งแบบครอสลิงกิงมีผลทำให้เม็ดแป้งมีการพองตัวลดลงมีผลทำให้ช่วยลดส่วนที่จะละลายออกมาจากเม็ดแป้งในระหว่างกระบวนการพองตัวในขั้นตอนการหุงต้ม

4. ความคงทนต่อสภาวะของการหุงต้ม : ได้แก่ สภาวะที่มีอุณหภูมิสูง ความเป็นกรดและสภาพที่มีแรงเฉือนจากเครื่องมือ โดยในสภาวะดังกล่าวจะทำให้เกิดการแตกหักของเม็ดแป้งทำให้สูญเสียความหนืดในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องใช้แป้งเป็นสารเพิ่มความข้นหนืด การตัดแปรแป้งครอสลิงกิง ทำให้เม็ดแป้งมีความแข็งแรงมากขึ้น อันเกิดจากพันธะโควาเลนต์ที่ช่วยยึดโครงสร้างของเม็ดแป้งไว้ การเลือกใช้แป้งตัดแปรที่มีระดับการครอสลิงกิงที่เหมาะสมในการเตรียม และการผลิตอาหารที่มีสภาพความเป็นกรด ใช้อุณหภูมิเป็นเวลานานในการผลิตและมีสภาพแรงเฉือนจากการกวนจากเครื่องมือหรือการส่งผ่านตามท่อโดยใช้ปั๊ม สามารถชะลอการเกิดเจลลิตในเซชันทำให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดตามที่ต้องการเมื่อเย็นตัวลง (Wurzburg, 1982)

เนื่องจากการตัดแปรแป้งโดยวิธีครอสลิงกิงมีขีดจำกัดในการใช้งานคือ ไม่สามารถใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องมีการแช่เย็นหรือแช่แข็งแล้วคืนตัวได้เพราะจะเกิดรีโทรเกรเดชัน ได้ดีจะสูญเสียความหนืด และความใสของแป้งเกิดการดึงน้ำออกจากโมเลกุลของแป้ง เมื่อต้องการเก็บรักษาไว้ในสภาพดังกล่าวเป็นเวลานาน (Wurzburg, 1970) การตัดแปรแป้งโดยวิธีอะซิทิเลชัน ช่วยปรับปรุงความคงตัวของแป้งในทุกสภาวะของการแช่เย็นหรือแช่แข็งแล้วคืนตัว สามารถลดการเกิดรีโทรเกรเดชันได้ดีในสภาวะดังกล่าว แต่มีข้อจำกัดคือจะไม่มี ความคงตัวต่อแรงเฉือนและความเป็นกรดหรือต้องใช้ความร้อนเป็นเวลานาน ดังนั้นการตัดแปรแป้งโดยวิธีครอสลิงกิงร่วมกับวิธีอะซิทิเลชัน จึงเป็นการรวบรวมคุณสมบัติที่ดีของการตัดแปรแต่ละแบบเข้าด้วยกัน เป็นการเพิ่มขอบเขตการใช้งานของแป้งตัดแปรให้มากขึ้น (Luallen, 1985)

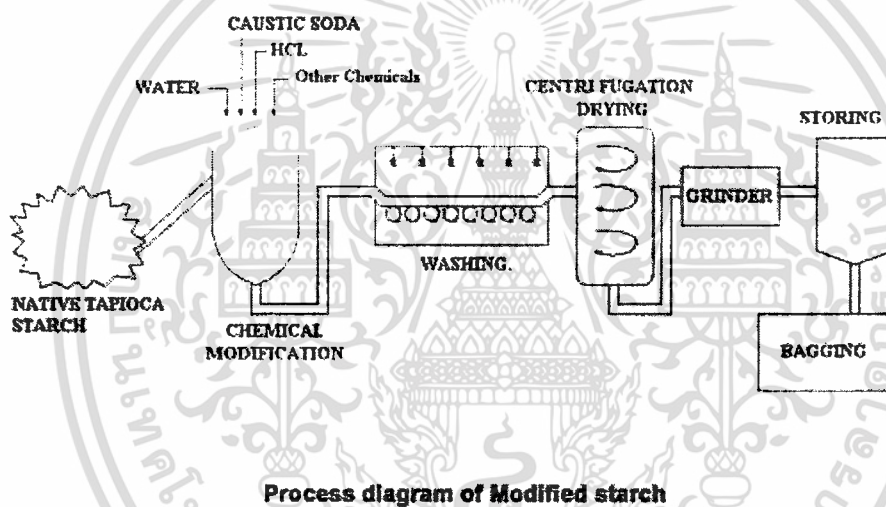
ดังนั้นเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านนี้โดยการเติมหมู่อะซิเตต หรือหมู่ฟอสเฟตลงไปในโมเลกุลของแป้งเพื่อขัดขวางการจัดเรียงตัวหรือการเข้ามาใกล้ชิดกันของอะไมโลส และส่วนที่เป็นเส้นตรงของอะไมโลเพคติน ความต้านทานต่อสภาพแช่แข็งของแป้งสูง สามารถที่จะปรับปรุง

ได้ตามระดับที่ต้องการ โดยไม่มีผลต่อความใสของแป้งสุก ความขุ่นหนืดและความทนต่อสภาพแรงเฉือน หรือกรดหรือต่อสภาวะอุณหภูมิสูงของการหุงต้ม

การใช้ประโยชน์ของแป้งดัดแปรโดยวิธีครอสลิงกิ้งร่วมกับอะซิทิเลชัน

Rutenburg และ Solarek (1984) กล่าวว่าสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องผ่านความร้อนสูง เป็นเวลานานมีสภาพเป็นกรดและต้องมีการเก็บรักษาในสภาพแช่เย็นหรือแช่แข็งเป็นเวลานานโดยแป้งดัดแปรสามารถ ช่วยรักษาความขุ่นหนืดในผลิตภัณฑ์ได้เช่น ในผลิตภัณฑ์อาหารพวกซูปชอส น้ำสลัด ใส้พาย อาหารเด็กอ่อน นอกจากนี้สามารถใช้ในผลิตภัณฑ์พวกซูปแป้งทอด เพื่อช่วยให้เกิดการยึดเกาะอาหารให้ได้ดีขึ้น (Imeson, 1992)

(จำเวิญ อัจฉราภิรักษ์ , 2537)



ภาพที่ 2.6 : แสดงกระบวนการผลิตแป้งสตาร์ชดัดแปร

(ที่มา : www.vinythai.co.th)

2.7 ความสำคัญของส่วนผสมที่มีต่อกลิ่นและรส

เครื่องเทศ (Spices)

หมายถึง ของหอมฉุน และรสเผ็ดร้อนที่ได้จากต้นไม้ สำหรับใช้ทำยาและปรุงอาหาร ส่วนใหญ่เครื่องเทศจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากพืชที่มีน้ำมันหอมระเหย (aromatic plant) ซึ่งนำไปใช้

ประโยชน์เกี่ยวกับการแต่งกลิ่น แต่งรสอาหารให้ชวนรับประทานมากยิ่งขึ้น ส่วนของพืชที่นำไปใช้เป็นเครื่องเทศมีหลายส่วน เช่น เปลือกอบเชย ผลพริกไทย เป็นต้น

ประโยชน์ของเครื่องเทศ

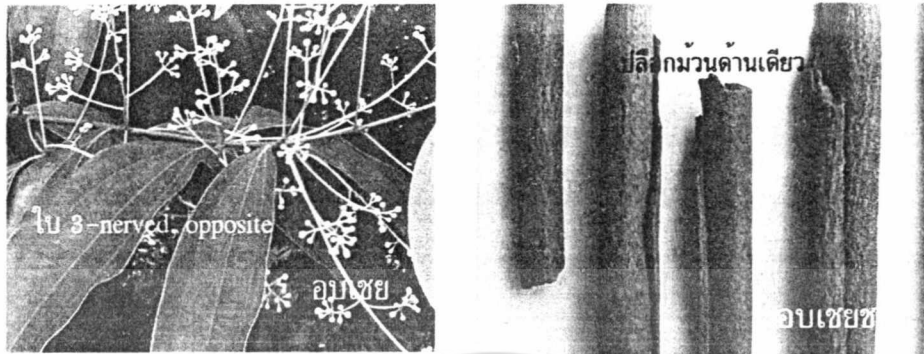
1. ช่วยเพิ่มกลิ่นและรสของอาหาร เครื่องเทศจะทำให้อาหารมีกลิ่นหอมและรสชาติที่น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น ซึ่งกลิ่นของเครื่องเทศเกิดจากน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ซึ่งเป็นส่วนประกอบพวกเทอร์พีน ส่วนรสชาติได้ส่วนใหญ่จากเครื่องเทศจะเป็นรสเผ็ดร้อน (Pungency) เช่น พริกไทย
2. ช่วยเพิ่มสีสันให้กับอาหาร สีที่เกิดจากเครื่องเทศเป็นสีธรรมชาติไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค
3. ช่วยเพิ่มความน่ารับประทานให้กับอาหาร อาหารที่ใช้เครื่องเทศจะเพิ่มรสชาติทำให้อาหารอร่อยขึ้น
4. ช่วยถนอมอาหารและดับกลิ่นอาหาร

ผลของเครื่องเทศที่มีผลต่อร่างกาย

เครื่องเทศจะทำให้เอนไซม์ย่อยอาหารหลั่งออกมามาก และทำให้การหมุนเวียนของโลหิตดีขึ้น เครื่องเทศบางชนิดมีฤทธิ์ขับปัสสาวะและขับเหงื่อ เพราะมีสารที่เป็นตัวยาเป็นองค์ประกอบ

สำหรับเครื่องเทศที่ใช้ในการทำไส้กรอกปลาแซ่แข็งนี้ได้เลือก อบเชย พริกไทยขาว และ ลูกผักชี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

อบเชย



ภาพที่ 2.7 : อบเชย

(ที่มา : <http://skn.ac.th/project/spice87/a1.htm>)

ชื่อสามัญ : Cinnamon , Cassia

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cinnamomum cassia* (Nees) Nees ex. Blume

วงศ์ : Lauraceae

อบเชยเป็นเครื่องเทศจากส่วนของเปลือก (bark) ของพืช มักนำมาจากส่วนเปลือกลำต้นมากกว่าเปลือกราก โดยส่วนใหญ่แล้วที่มักมีขายอยู่ในตลาดกรุงเทพมหานคร คือ อบเชยชวาแต่เรียกว่าอบเชยเทศ แต่กลิ่นที่ได้จะไม่หอมเท่าอบเชยเทศ

สารสำคัญ

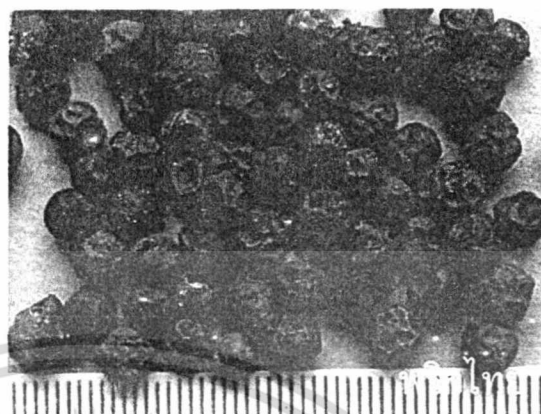
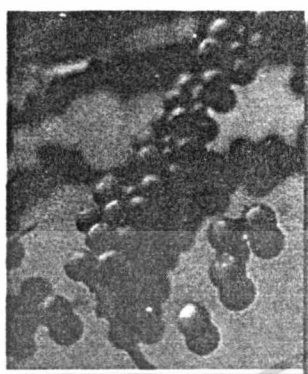
ในเปลือกต้นกลิ่นไอน้ำ จะได้น้ำมันที่มี eugenol เป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 13 น้ำมันที่กลั่นได้ใหม่จะมีสีเหลือง แต่ถ้ายกไว้นานๆจะเปลี่ยนเป็นสีแดง น้ำมันจากใบจะมีรสเผ็ด สารสำคัญอื่นๆ ได้แก่ cinnamaldehyde benzaldehyde , methyl amyl ketone , phellandrene , pinene , linalool และ cumic aldehyde เป็นต้น

คุณสมบัติ

1. ใช้ขับลมในลำไส้ได้ดี
2. รสหวานหอม ให้ความสดชื่น แก้อ่อนเพลีย
3. บำรุงธาตุ
4. ใช้เป็นส่วนผสมของยาบำรุงกำลัง บำรุงธาตุ แก้อ่อนเพลีย แน่นท้อง ท้องเดิน
5. มีกลิ่นหอมฉุนและรสหวาน ใช้เป็นส่วนประกอบอาหารชนิดต่างๆ ได้แก่ ส่วนผสมของเครื่องพะโล้ ใ้ใส่กรอก เบคอน และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พริกไทย



ภาพที่ 2.8 : พริกไทย

(ที่มา : <http://skn.ac.th/project/spice87/v9.htm>)

ชื่อสามัญ : Pepper , White pepper , Black pepper , Pepper Corn

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Piper nigrum* Linn.

วงศ์ : Piperaceae

ส่วนที่ใช้ : ผลแก่

พริกไทยที่เลือกนำมาใช้ในการทำไส้กรอกปลาเซ็งนั้นเป็นพริกไทยขาวป็นเพื่อให้เข้ากับสีของตัวไส้กรอก ซึ่งพริกไทยขาวนั้นจะมีราคาแพงกว่า พริกไทยดำ เนื่องจากมีขั้นตอนในการผลิตและค่าใช้จ่ายสูงกว่าการผลิตพริกไทยดำ และประชาชนยังนิยมบริโภคพริกไทยขาวมากกว่าพริกไทยดำ แต่ในแง่สรรพคุณทางยาสมุนไพรนั้น พริกไทยดำจะมีตัวยามากกว่าพริกไทยขาว

สารสำคัญ

สารอัลคาลอยด์ piperine เป็นตัวทำให้มีรสเผ็ด นอกจากนี้ยังมี piperidine , piperitine , peperylene , piperolein A และ B ซึ่งจะอยู่ในรูปของน้ำมันหอมระเหย โดยพริกไทยดำจะมีน้ำมันหอมระเหย ประมาณร้อยละ 2-4 ซึ่งจะมีปริมาณที่มากกว่าพริกไทยขาว (พริกไทยอ่อน) ตัวที่ช่วยจับลมก็คือ พวคน้ำมันหอมระเหยนั่นเอง

คุณสมบัติ

1. เป็นยาธาตุและยาขับลม ขับเหงื่อ ขับปัสสาวะ ชาวจีนนิยมใช้ระงับอาการปวดท้อง
2. เป็นเครื่องเทศสำหรับชูรสอาหาร ดับกลิ่นคาว มักใช้กับไส้กรอก ตับบด ผลิตภัณฑ์เนื้อต่างๆ อาหารหมักดอง ซอสมะเขือเทศ เป็นต้น
3. ใช้แต่งกลิ่นเครื่องดื่ม กระตุ้นต่อมรับรสและการหลั่งน้ำย่อย ทำให้เจริญอาหาร
4. ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำหอม

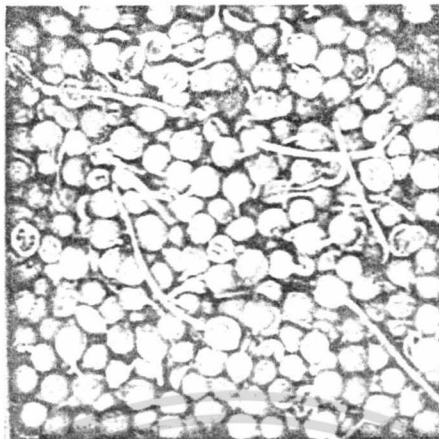
เนื่องจากว่าพริกไทยจัดเป็นอาหารและยาด้วย ดังนั้นผลข้างเคียงแทบจะไม่มีเลย แต่มีข้อควรระวัง คือ ไม่ควรใช้กับหญิงมีครรภ์ เนื่องจากพริกไทยมีรสเผ็ดและจัดเป็นยาร้อน

ตารางที่ 2.3 : คุณค่าทางอาหารของพริกไทยที่ใช้ในอาหารประจำวัน

เครื่องเทศ	แคลอรี	น้ำ	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	แคลเซียม	เหล็ก	วิตามินเอ	วิตามินบี 1	วิตามินบี 2	ไนอะซิน	วิตามินซี
จำนวน 100 กรัม	กค.	ก.	ก.	ก.	ก.	มก.	มก.	มก.	มก.	มก.	มก.	มก.
พริกไทยสด	153	63.4	4.8	1.7	27.3	270	2.4	680	-	-	0.20	-
พริกไทยแห้ง	305	12.9	11.5	6.8	49.5	460	16.8	-	-	-	1.40	-

(ที่มา : วันทนีย์ สว่างอารมณ์, 2542)

ลูกผักชี



ภาพที่ 2.9 : ลูกผักชี

(ที่มา : <http://skn.ac.th/project/spice87/v11.htm>)

เป็นเครื่องเทศที่ใช้กันไม่มาก จะใช้ปรุงอาหารบางชนิด ไม่ได้ใช้เป็นประจำ ซึ่งเรียกว่าเป็น Minor spices โดยเป็นส่วนหนึ่งของต้นผักชีที่เป็นได้ทั้งเครื่องเทศและสมุนไพรซึ่งมี

ชื่อสามัญ : Coriander

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Coriandrum sativum* Linn.

วงศ์ : Umbelliferae

ส่วนที่ใช้ : ทุกส่วน แต่ผล (ลูกผักชี) ใช้เป็นเครื่องเทศ

สารสำคัญ

ความหอมของลูกผักชีขึ้นอยู่กับน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีในปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งปลูก เช่น ลูกผักชีจากอินเดียมีน้ำมันหอมระเหยน้อยกว่าลูกผักชีที่ได้จากยุโรป แต่กลิ่นหอมของน้ำมันลูกผักชีจากอินเดียแรงกว่า กลิ่นหอมเกิดจากสารประกอบเอสเทอร์ (ester) สารสำคัญในน้ำมันลูกผักชี ได้แก่ coriandrol , d-linalool สารอื่นที่พบในปริมาณน้อยกว่าคือ B-pinene , p-cymene , dipentene , phellandrene , terpinolene , borneol , n-decyclic aldehyde เป็นต้น ผลที่แก่ไม่จัด จะให้น้ำมันลูกผักชีคุณภาพต่ำ กลิ่นไม่ดี ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (polymerization)

คุณสมบัติ

1. บำรุงธาตุ ขับลมในกระเพาะอาหาร ขับปัสสาวะ บำบัดอาการน้ำดีเป็นพิษ แก้ไข้ แก้ไอ
2. ปรุงแต่งกลิ่นอาหาร

ตารางที่ 2.4 : คุณค่าทางอาหารของลูกผักชีที่ใช้ในอาหารประจำวัน

เครื่องเทศ จำนวน 100 กรัม	แคลอรี	น้ำ ก.	โปรตีน ก.	ไขมัน ก.	คาร์โบไฮเดรต ก.	แคลเซียม มก.	เหล็ก มก.	วิตามินเอ มก.	วิตามินบี 1 มก.	วิตามินบี 2 มก.	ไนอะซิน มก.	วิตามินซี มก.
ลูกผักชี	40	86.8	2.7	0.6	8.0	167	3.2	6800	0.12	0.32	1.6	193

(ที่มา : วันทนีย์ สว่างอารมณ์.2542)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

- 1) เครื่องขั้วละเอียด
- 2) ถ้วยอลูมิเนียม
- 3) ซ้อนตักสาร
- 4) กระดาษมั่งพลาสติก
- 5) มีด
- 6) เขียง
- 7) ปีกเกอร์พลาสติก
- 8) เครื่องนวดผสม
- 9) ซ้อนสเตนเลส
- 10) ไม้พาย
- 11) เครื่องผสมแป้ง
- 12) หม้อสเตนเลส
- 13) เต้าแก๊ส
- 14) เทอร์โมมิเตอร์
- 15) เครื่องบรรจุไส้กรอก
- 16) ไม้เชื่อมทำจากเซลลูโลส
- 17) ที่คีบ
- 18) ตะแกรงเหล็ก
- 19) เขือกมัดไส้กรอก
- 20) ถุงพลาสติก
- 21) ตู้อุ่น
- 22) ตู้อุ่นแช่แข็ง
- 23) เครื่องฉีกปากถุง
- 24) ฉลาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25) เครื่องวัดเนื้อสัมผัส

3.2 วัตถุดิบ

- 1) ชูริมี
- 2) แป้งดัดแปร (modified starch) ซึ่งดัดแปร โดยวิธีโครอสลิงกิงร่วมกับอะซิทธิเลชัน จากบริษัทเนซลันเนสสตาร์ชแอนด์เคมิกอลจำกัด
- 3) น้ำมันพืช
- 4) โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (soy protein)
- 5) น้ำเย็น
- 6) น้ำแข็ง
- 7) แป้งมัน
- 8) ฟอสเฟต
- 9) เกลือ
- 10) พริกไทยขาว
- 11) ไข่ขาวผง
- 12) ออบเชยป่น
- 13) ลูกผักชีป่น
- 14) กลิ่นควัน (smoking flavor)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

1. การเตรียม Pre-Emulsion

- 1) ชั่งโปรตีนถั่วเหลืองสกัดผง 100 กรัม
- 2) ชั่งน้ำเย็น และน้ำมันพืชอย่างละ 400 กรัม
- 3) นำโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ใส่ลงในโถของเครื่องผสมแป้ง เติมน้ำเย็น ผสมให้โปรตีนกระจายตัวและดูดซับน้ำไว้จนหมดก่อน โดยใช้หัวโบริมตี
- 4) เติมน้ำมันพืชลงในส่วนผสมพร้อมกับตีผสมตลอดเวลา ค่อยๆเททีละน้อยจนหมด แล้วเพิ่มความเร็วในช่วงหลังให้แรงขึ้นเพื่อให้ไขมันกระจายตัวและคงตัวดีในส่วนผสม
- 5) Pre-Emulsion ที่ได้บรรจุลงในภาชนะทรงสูง และใช้แผ่นพลาสติกปิดทับ เก็บแช่เย็นที่ 2 - 5 องศาเซลเซียส จนกว่าจะใช้

2. กรรมวิธีการผลิตไส้กรอกปลา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ศึกษาปริมาณของแป้งตัดแปรที่มีต่อเนื้อสัมผัส

ตารางที่ 3.1 : ศึกษาปริมาณของแป้งตัดแปรที่มีต่อเนื้อสัมผัส

ส่วนผสม	%ส่วน ผสม (เทียบจาก ซูริมิ)	สูตรที่ 1 (สูตรมาตรฐาน กรัม)	สูตรที่ 2 (กรัม)	สูตรที่ 3 (กรัม)	สูตรที่ 4 (กรัม)	สูตรที่ 5 (กรัม)
ซูริมิ	100.0%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
pre-emulsion	22.0%	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
น้ำแข็ง	18.0%	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
แป้งมัน	4.6%	4.6 (100%)	3.45 (75%)	2.3 (50%)	1.15 (25%)	0 (0%)
แป้งตัดแปร		0 (0%)	1.15 (25%)	2.3 (50%)	3.45 (75%)	4.6 (100%)
ฟอสเฟต	0.4%	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
เกลือ	3%	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
พริกไทย	0.4%	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
อ่อน	1%	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
ไข่ขาวผง	0.4%	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
อบเชยป่น	0.14%	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
ลูกผักชีบด	0.14%	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
กลิ่นควิน	1.2%	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

เมื่อทำการทดลองในแต่ละสูตรแล้ว ให้นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์ จากนั้นนำมาตรวจสอบเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser)

3.5 ศึกษาระดับของฟอสเฟตและ Pre-emulsion ที่มีผลต่อเนื้อสัมผัส

เป็นการทดลองหาผลของฟอสเฟต และ Pre-emulsion ที่มีผลต่อเนื้อสัมผัส โดยการแปรปริมาณ ฟอสเฟต โดยเทียบจากสูตรมาตรฐาน เพื่อดูแนวโน้มการใช้ ฟอสเฟตในระดับต่าง ๆ และทำการแปรปริมาณ Pre-emulsion โดยเทียบจากสูตรมาตรฐาน เพื่อดูแนวโน้มการใช้ Pre-emulsion ในระดับ จากนั้นทำการแปรปริมาณ ฟอสเฟต และ Pre-emulsion โดยใช้ร่วมกัน จึงเลือกทดลอง ปริมาณในระดับที่ต่ำกว่า และสูงกว่าสูตรมาตรฐาน

จากขั้นตอนที่ 3 นำสูตรไส้กรอกปลาที่มีเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด และไส้กรอกปลาที่มีเนื้อสัมผัสแย่ที่สุด มาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณฟอสเฟตกับคุณภาพของเนื้อสัมผัสหลังการแช่แข็ง โดยทำการดัดแปลงปริมาณฟอสเฟตเป็น 2 ระดับ คือ 0.2 และ 0.6 เปอร์เซ็นต์ (โดยเทียบจากปริมาณซูริมิ 100 เปอร์เซ็นต์) ทำการแช่แข็งและตรวจสอบเนื้อสัมผัส

จากขั้นตอนที่ 3 นำสูตรไส้กรอกปลาที่มีเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด และไส้กรอกปลาที่มีเนื้อสัมผัสแย่ที่สุด มาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณ Pre - Emulsion กับคุณภาพของเนื้อสัมผัสหลังการแช่แข็ง โดยทำการดัดแปลงปริมาณ Pre - Emulsion เป็น 3 ระดับ คือ 10, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (โดยเทียบจากปริมาณซูริมิ 100 เปอร์เซ็นต์) ทำการแช่แข็งและตรวจสอบเนื้อสัมผัส

สูตรที่ 1 ปริมาณแป้งมัน : แป้งดัดแปร (100:0)

%ฟอสเฟต	% Pre-emulsion			
	22% (มาตรฐาน)	10%	15%	30%
0.4% (มาตรฐาน)				
0.2%				
0.6%				

สูตรที่ 2 ปริมาณแป้งมัน : แป้งดัดแปร(0:100)

%ฟอสเฟต	% Pre-emulsion			
	22% (มาตรฐาน)	10%	15%	30%
0.4% (มาตรฐาน)				
0.2%				
0.6%				

3.6 การวัดเนื้อสัมผัส

ทำการวัดค่าความแข็งแรงของเจล (gel strength) ของไส้กรอกปลาแช่แข็งที่นำมาทำละลายโดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30-33 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องวัด texture analyser TA - TX 2 ซึ่งติดตั้งหัวแบบใช้แรงกด (compression) โดยมีหัวเจาะเป็นทรงกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร โดยทำการตัดไส้กรอกเป็นท่อนยาว 1.7 เซนติเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร

3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบค่าความแข็งแรงของเจลไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และประเมินผลหาความแปรปรวนจำแนกทางเดียวด้วย Analysis Of Variance (ANOVA) โดยใช้การทดลองแบบ CRD เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของไส้กรอกปลาที่ทำการแปรปริมาณของแป้งสตาร์ชคัดแปร

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลของไส้กรอกปลาที่ทำการแปรปริมาณฟอสเฟตและpre-emulsion จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทาง โดยใช้ในรูปการมีอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple



บทที่ 4

ผลและวิจารณ์การทดลอง

ความแข็งแรงของเจล (Gel Strength) ในไส้กรอกปลาแช่แข็ง

4.1 ผลการเติมแป้งในการผลิตไส้กรอกปลาแช่แข็ง

ค่าความแข็งแรงของเจลที่ระยะเวลาในการเก็บ 3 สัปดาห์ในสภาวะการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18°C ของไส้กรอกปลาแช่แข็งซึ่งตรวจวัดโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ซึ่งติดตั้งหัวแบบใช้แรงกด (compression) โดยมีหัวเจาะเป็นทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร พบว่า ไส้กรอกปลาแช่แข็ง มีผลต่อความแข็งแรงของโปรตีนในระหว่างการแช่แข็งและหลังจากการละลายโดยตรงต่อระดับปริมาณการใช้แป้งมันสำปะหลังกับแป้งสตาร์ชตัดแปร โดยไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 100% จะให้ผลที่ต่างจากไส้กรอกปลาที่ใช้แป้งสตาร์ชตัดแปร 100% อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. of F-test < 0.05) จากตารางที่ 4.1 ค่าความแข็งแรงของเจล จะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของแป้งสตาร์ชตัดแปร โดยเมื่อใช้แป้งสตาร์ชตัดแปรในปริมาณเล็กน้อยจะให้ผลของค่าความแข็งแรงของเจลที่ต่างกันมากกว่า เมื่อใช้แป้งสตาร์ชตัดแปรในระดับปริมาณที่สูง ดังจะแสดงให้เห็นได้ว่าไส้กรอกปลาแช่แข็งที่มีแป้งสตาร์ชตัดแปรเป็นส่วนผสมในระดับที่ยิ่งสูงจะช่วยให้เพิ่มความแข็งแรงของเจลของไส้กรอกปลา ดังที่ Okada และคณะ (1974) ได้กล่าวถึงกลไกของแป้งไว้ว่า เม็ดสตาร์ชของแป้งจะฝังตัวอยู่ใน โปรตีนเมทริกซ์ ของเนื้อปลาสดหุริมิ เมื่อใช้ความร้อนเม็ดสตาร์ชจะพองตัวจึงช่วยเสริมให้โครงสร้างร่างแหของโปรตีนในไส้กรอกปลาแข็งแรงยิ่งขึ้น และถ้าแป้งที่ใช้เป็นแป้งสตาร์ชตัดแปร โมเลกุลของสตาร์ช สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับไมโอไฟบริลลาโปรตีน ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนทำให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้น

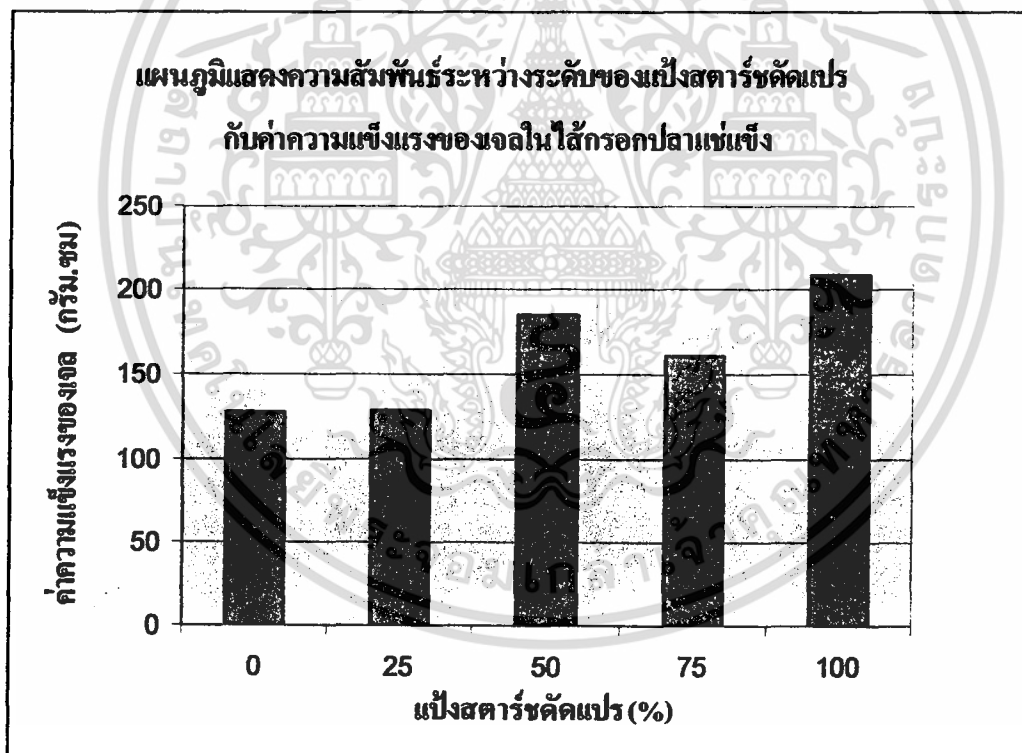
เช่นเดียวกับ Claus และ Hunt (1991) พบว่าไส้กรอกที่เติมสตาร์ชข้าวสาลีหรือสตาร์ชตัดแปรจากข้าวโพด ร้อยละ 3.5 ช่วยลดการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้การเติมสตาร์ชลงในอิมัลชันส่งผลให้เกิดการพองตัวของเม็ดสตาร์ช ขณะผ่านกระบวนการให้ความร้อนของไส้กรอก เมื่อเม็ดสตาร์ชพองตัวจะเกิดการจับตัวกับ โครงสร้างโปรตีนเจล (The protein gel matrix) ของอิมัลชันเกิดผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสทำให้ค่าความแข็ง ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวและแรงแทงทะลุ (penetration force) มีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.1 : การประเมินคุณสมบัติทางด้านความแข็งแรงของเจล(gel strength) ของไส้กรอกปลาแซ่แข็งที่มีการเติมแป้งตัดแปร ในปริมาณที่ต่างกันที่ระยะเวลาการเก็บ 3 สัปดาห์

ค่าความแข็งแรงของเจล (gel strength) ¹ /(กรัม.ซม.)				
แป้งสตาร์ชตัดแปร (%)				
ชุดควบคุม 0%	25%	50%	75%	100%
127.25500 ^a	129.04967 ^a	185.46623 ^{ab}	161.76383 ^{ab}	208.66517 ^b

1/ ค่าความแข็งแรงของเจลเปรียบเทียบในแนวนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Means Plots



ภาพที่ 4.1 : แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งสตาร์ชตัดแปรกับค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของเจลในไส้กรอกปลาแซ่แข็ง

ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบโดยผู้ทดลอง

ตารางที่ 4.2 : แสดงลักษณะทางประสาทสัมผัสที่แต่ละระดับของแป้งสตาร์ชตัดแปรร

ลักษณะทางประสาทสัมผัสหลังการทำละลาย				
0%	25%	50%	75%	100%
แป้งสตาร์ช ตัดแปรร	แป้งสตาร์ช ตัดแปรร	แป้งสตาร์ช ตัดแปรร	แป้งสตาร์ช ตัดแปรร	แป้งสตาร์ช ตัดแปรร
ผิวหน้าแห้ง เหนียวข้น เนื้อกระด้าง มีน้ำออกมาก ไม่ยืดหยุ่น เหนียว และ	ผิวแห้ง เหนียวข้น เนื้อแข็ง มีน้ำออกมาก ไม่ยืดหยุ่น เหนียว	ผิวเหนียวมากขึ้น ผิวไม่แห้ง มีน้ำออกเล็กน้อย มีความยืดหยุ่น มากขึ้น เนื้อไม่เหนียวและ	ผิวไม่แห้ง เนื้อเรียบ ไม่เหนียวข้น มีน้ำออกบ้าง มีความยืดหยุ่น ค่อนข้างดี	ไม่แห้งหรือเหนียว ผิวจะมีลักษณะ เต่งตึง เนียน มีความยืดหยุ่น ค่อนข้างดี มีน้ำออกน้อยมาก เนื้อแน่น

ที่ระดับแป้งสตาร์ชตัดแปรร 0 % เนื้อสัมผัสของไส้กรอกภายหลังการทำละลายพบว่าผิวสัมผัสแห้ง เหนียวข้น เนื้อกระด้าง มีน้ำออกจากเนื้อ เมื่อบีบเนื้อจะไม่มีความยืดหยุ่น เหนียว แต่เมื่อพัฒนาโดยการเพิ่มปริมาณแป้งสตาร์ชตัดแปรรขึ้นเรื่อยๆจะพบว่าผิวสัมผัสจะดีขึ้น ความแห้งเหนียวหรือเหนียวจะลดลง การอุ้มน้ำจะดีขึ้นสังเกตจากน้ำที่ออกจากไส้กรอกภายหลังใช้มือบีบจะลดน้อยลง เนื้อจะมีลักษณะยืดหยุ่นดีขึ้นเมื่อกดจะมีการคืนตัวที่ดี โดยจะพบว่าที่ระดับแป้งสตาร์ชตัดแปรร 100 % เนื้อสัมผัสจะมีความยืดหยุ่นที่ดีที่สุด มีน้ำที่ซึมออกจากเนื้อไส้กรอกน้อยมาก ผิวสัมผัสดีไม่แห้งหรือเหนียว ผิวจะมีลักษณะเต่งตึง เนียน

4.2 ผลการเติมฟอสเฟตและ pre-emulsion ในการผลิตไส้กรอกปลาแช่แข็งที่ใช้แป้งมัน 100 % เป็นส่วนประกอบ

ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาไส้กรอกปลาในสภาวะการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18°C เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ค่าความแข็งแรงของไส้กรอกปลาแช่แข็งในระหว่างการแช่แข็งและหลังการทำละลายซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นระหว่างฟอสเฟตและ pre-emulsion มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. of F-test < 0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟอสเฟตและpre-emulsion มีอิทธิ

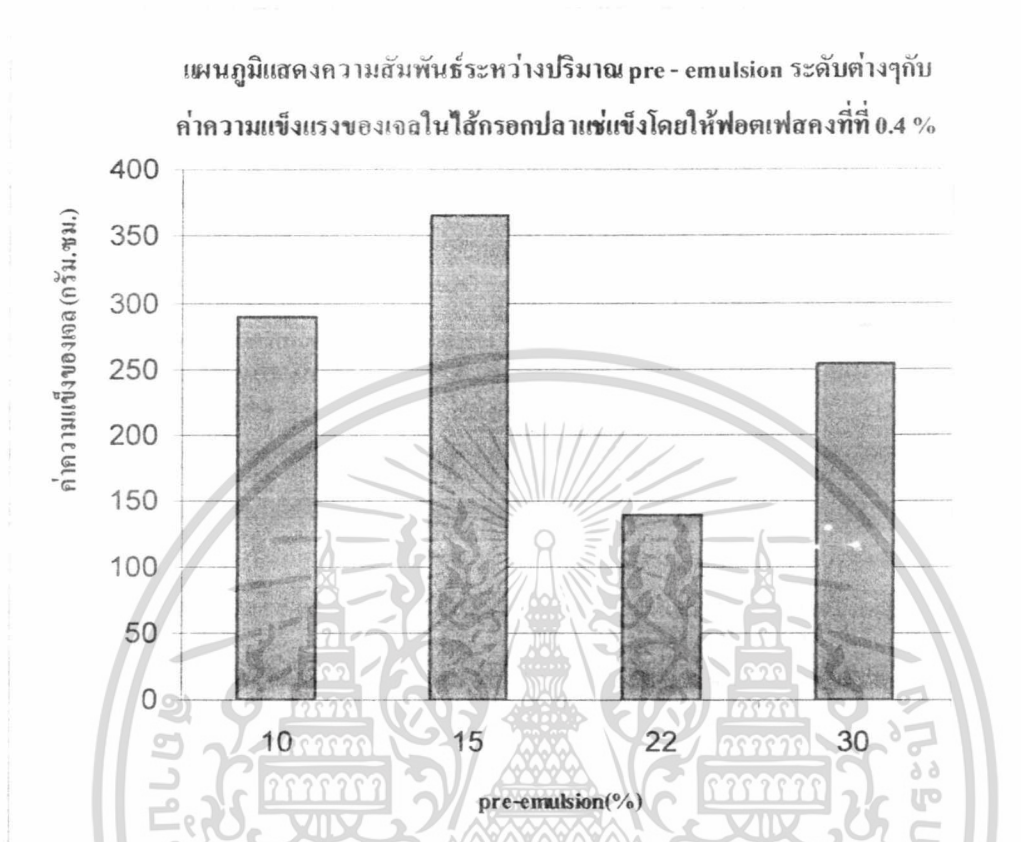
พลรวมหรือมีอันตรกิริยาต่อกัน (อันตรกิริยา หมายถึง ความแตกต่างที่เกิดขึ้นในระดับของปัจจัยหนึ่ง มีค่าไม่เท่ากับกับความแตกต่างที่เกิดขึ้นในอีกระดับหนึ่ง)ต่อความแข็งแรงของเจลในไส้กรอกปลาแซ่แข็ง ด้วยเหตุนี้จึงไม่สามารถทราบได้ถึงภาพรวมแนวโน้มของการเกิดเจลในไส้กรอกเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับฟอสเฟตและ pre-emulsion ดังนั้นจึงทำการพิจารณาผลการทดลองของปัจจัยหนึ่ง โดยกำหนดให้ระดับของอีกปัจจัยหนึ่งคงตัว หรืออาจกล่าวได้ว่าศึกษาปัจจัย A ที่ปัจจัย B ที่ระดับ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่า pre-emulsion มีผลทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. of F-test < 0.05) และฟอสเฟตก็ให้ผลเช่นเดียวกัน

ผลของการเติม pre-emulsion ในการผลิตไส้กรอกปลาแซ่แข็งโดยกำหนดให้ฟอสเฟตคงที่ที่ระดับหนึ่ง

จากการศึกษาปัจจัย A และปัจจัย B ที่ระดับ โดยการวิเคราะห์ผลของปริมาณ pre-emulsion ที่ระดับต่างๆ โดยมีปริมาณฟอสเฟตคงที่ 0.4% จากภาพที่ 4.2 อธิบายได้ว่า เมื่อปริมาณของ pre-emulsion เปลี่ยนไปก็จะทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลแตกต่างกันออกไปด้วย โดยมีแนวโน้มว่าเมื่อปริมาณ pre-emulsion เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลลดลงเล็กน้อย

เนื่องจากว่าโปรตีนจาก pre-emulsion นั้นจะช่วยคุณสมบัติในด้านการเกิดเจลที่ดีให้กับเนื้อสัมผัส คือ โปรตีนยิ่งสูง การเกิดเจลยิ่งดี ดังนั้นไขมันที่ใช้จะต้องมีผลต่อการเกิดเจลโดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับโปรตีน คือ ไขมันยิ่งสูง จะทำให้การเกิดเจลลดลง ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Mochizuki *et al.* (1987) ที่ว่าผลของการใช้ไขมันที่มีผลต่อคุณสมบัติทางด้าน rheological ของเจลของเนื้อปลาพบว่า ค่าความยืดหยุ่น (elastic modulus, E_0) ของส่วนผสมระหว่างเนื้อปลาและไขมันจะลดลงเมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลอยู่ในระดับที่มีค่าไม่ห่างกันมากนักจนทำให้เกิดการแตกต่างทางสถิติได้ ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลไม่มีความสัมพันธ์กับ pre-emulsion ที่ใช้เติมเข้าไป แต่ไขมันจาก pre-emulsion นี้จะช่วยในด้านอื่น ๆ เช่น ในด้านของการเก็บรักษาได้ระยะเวลานานขึ้น ลดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส ที่เหนียวคล้ายยางหลังการแช่แข็ง และช่วยปรับปรุงคุณสมบัติในการคงทนต่อวัฏจักรของการเกิดเยือกแข็งและการทำละลาย freeze-thaw stability) (Lee and Abdollahi, 1981)

Means Plots



ภาพที่ 4.2 : แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงของเจลกับปริมาณ pre-emulsion ที่ระดับต่างๆ โดยกำหนดให้ฟอสเฟตคงที่ที่ 0.4 % และเติมแป้งมัน 100 %

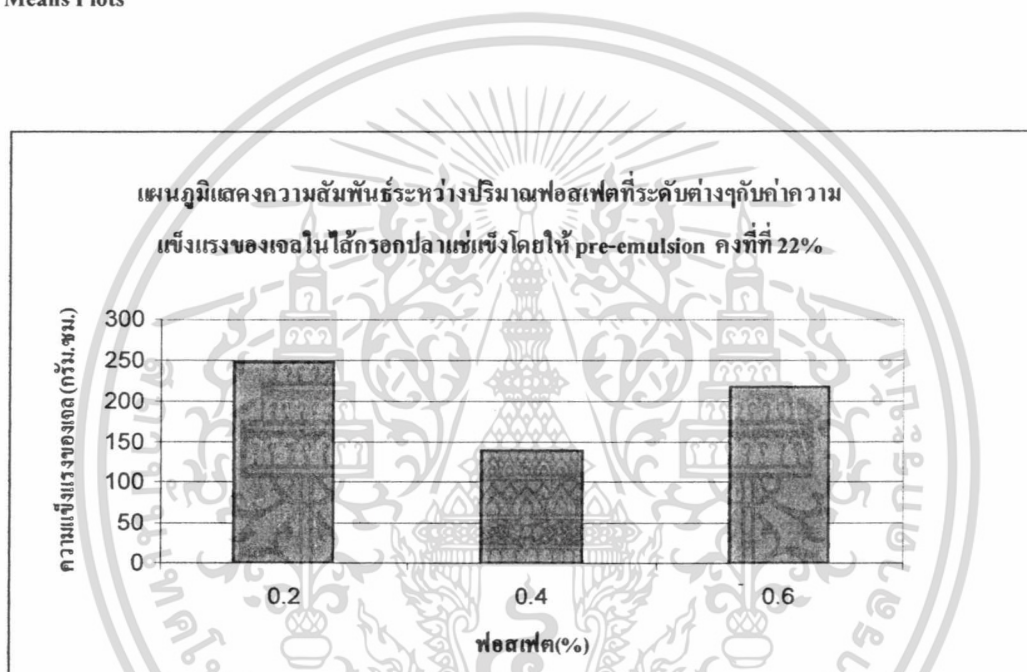
ผลของการเติมฟอสเฟตในการผลิตไส้กรอกปลาแช่แข็ง

ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาไส้กรอกปลาในสภาวะการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18°C เป็นเวลา 3 สัปดาห์ จากภาพที่ 4.3 ฟอสเฟตทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุดอยู่ที่ 0.2 กรัมหรือ 0.2% ของปริมาณเนื้อปลาซูริมีที่ใช้และมีค่าลดลงจนค่อนข้างคงที่หรือมีการลดและเพิ่มในระดับที่น้อยลงหลังจากการเติมปริมาณฟอสเฟต 0.2 % ซึ่งผลที่ได้มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ He และ Sebranek (1996) ที่ว่า เนื้อที่ไม่ติดมันที่ประกอบด้วยคอลลาเจนมาก การเกิดเจลจะมีความแข็งแรงมากทำให้สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้มากขึ้น เมื่อเติมฟอสเฟตเพิ่มขึ้นถึง 0.25% แต่เมื่อเพิ่มฟอสเฟตขึ้นเป็น 0.5%

กลับทำให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำลดลง ส่วนเนื้อไม้ติดยันที่ประกอบด้วยคอลลาเจนจะช่วยปรับปรุงการเกิดเจลของโปรตีน โปรตีนไมโอไฟบริลที่ถูกสกัดออกมาโดยสารละลายเกลือ ทำให้คุณภาพของเจลดีกว่า เจลจากโปรตีนนี้ส่วนใหญ่จะเกิดเป็นเจลที่แข็งแรงและคงทน ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมในการใช้คือ ร้อยละ 0.25

จึ่งรายงานได้ว่า ปริมาณการใช้ฟอสเฟตในระดับต่าง ๆ จะมีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงของเจล โดยปริมาณฟอสเฟตมีผลทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. of F-test < 0.05)

Means Plots



ภาพที่ 4.3 : แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงของเจลกับปริมาณฟอสเฟต ที่ระดับ ต่างๆ โดยกำหนดให้ pre - emulsion คงที่ที่ 22 % และเติมแป้งมัน 100 %

ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบโดยผู้ทำการทดลอง

ตารางที่ 4.3: แสดงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลการเติมฟอสเฟตและ pre-emulsion ในการผลิตไส้กรอกปลาแซ่แข็งที่ใช้แป้งมัน 100 % เป็นส่วนประกอบ

% ฟอสเฟต	% Pre - emulsion			
	22 % (มาตรฐาน)	10 %	15 %	30 %
0.4 (มาตรฐาน)	ผิวค่อนข้างหยาบ มีน้ำออก ยึดหยุ่นเล็กน้อย สีเข้มเล็กน้อย	เนื้อหยาบมากๆ น้ำออกเยอะ ไม่ยึดหยุ่นแข็ง สีเข้มนิดหน่อย	เนื้อหยาบมาก สีเข้มนิดๆ มีน้ำออกน้อย ยึดหยุ่น	ผิวเกือบเรียบ เนื้อเนียน น้ำออกนิดหน่อย สีเข้มนิดหน่อย ยึดหยุ่นดี เนื้อแน่น
0.2	น้ำออกนิดหน่อย เนื้อไม่เนียน ผิวเรียบ ยึดหยุ่นดี สีเข้มนิดหน่อย	เนื้อสัมผัสแย่มาก มีน้ำออกมาก ผิวหยาบมาก สีคล้ำ แข็งมาก	มีน้ำออกมากขึ้น ยึดหยุ่นดี เนื้อเรียบเนียน สีขาวเนื้อแน่น นิดหน่อย	เนื้อหยาบ ไม่เนียน ผิวแห้งและหยาบ มีน้ำออกบ้าง
0.6	ขาว ยึดหยุ่นดี น้ำออกนิดหน่อย ผิวเรียบเนียน เนื้อนุ่ม	ยึดหยุ่นดี เนื้อสัมผัสแข็งใน ลักษณะของการ เกิดเจล ไม่แห้ง	ผิวหยาบ สีเข้มนิดๆ การยึดหยุ่นดี น้ำออกมาก เนื้อแน่น	มีน้ำออก เนื้อหยาบ และแข็งกระด้าง เล็กน้อย

ลักษณะโดยรวมไม่สามารถหาข้อสรุปได้เนื่องจากมีไม่สามารถหาแนวโน้มโดยรวมได้ จึงทำการพิจารณาโดยให้ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งคงที่และแปรปริมาณของอีกปัจจัยหนึ่ง(พิจารณาเป็นจุดๆไป) พบว่าเมื่อให้ระดับของฟอสเฟตคงที่ และ pre-emulsion ที่ 10 % จะมีลักษณะที่เนื้อของไส้กรอกจะแข็งที่สุด ผิวเต่งตึง ยึดหยุ่นไม่สูงมากนัก การช้อนน้ำค่อนข้างดี และเมื่อเพิ่ม pre - emulsion จะมีลักษณะของเนื้อสัมผัสขุ่นๆลงไป ไม่แน่นอนในแต่ละระดับ แต่ถ้ามองโดยภาพรวมแล้วลักษณะ

ต่างๆจะลดลงเล็กน้อย คือที่ระดับ pre-emulsion 30 % จะมีความยืดหยุ่นมากขึ้นไม่แข็งมาก การอุ้มน้ำจะดีพอควร แต่เนื้อจะหยาบกว่าที่ pre-emulsion ที่ 10 %

และเมื่อศึกษาที่ระดับของ pre - emulsion คงที่ และเปลี่ยนปริมาณของฟอสเฟตที่ระดับต่างๆ พบว่าลักษณะของเนื้อสัมผัสไม่มีแนวโน้มที่แน่นอน มีการขึ้นลงของลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ไม่ชัดเจน เพราะฉะนั้นถ้าต้องการพิจารณาจุดไหนก็จะต้องพิจารณาเป็นจุดๆไป เช่น ที่ pre-emulsion ที่ 22 % ระดับฟอสเฟตที่ 0.2 จะมีการอุ้มน้ำดีเมื่อกดจะไม่มีน้ำออกหรือออกน้อยมาก ผิวเรียบยืดหยุ่นดี และที่ระดับฟอสเฟต 0.4 จะมีลักษณะการอุ้มน้ำที่แย่ง ยืดหยุ่นน้อยลง เนื้อค่อนข้างหยาบ

4.3 ผลการเติมฟอสเฟตและ pre-emulsion ในการผลิตไส้กรอกปลาแช่แข็งที่ใช้แป้งสาลีชนิดแปร 100 % เป็นส่วนประกอบ

ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาไส้กรอกปลาในสภาวะการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18°C เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ค่าความแข็งแรงของไส้กรอกปลาแช่แข็งในระหว่างการแช่แข็งและหลังการทำละลายซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นระหว่างฟอสเฟตและ pre-emulsion ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. of F-test > 0.05) แสดงให้เห็นว่าฟอสเฟตและ pre-emulsion ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน(เมื่ออย่างน้อย 1 ปัจจัยของระดับรวมของปัจจัยทั้ง 2 ที่ต่างจากอีกปัจจัยหนึ่ง ซึ่งก็คือ pre-emulsion จะให้ผลค่าความแข็งแรงของเจลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (sig. of F-test > 0.05) ซึ่งต่างจากฟอสเฟตที่ให้ผลค่าความแข็งแรงของเจลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. of F-test < 0.05)) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟอสเฟตและ pre-emulsion ไม่มีอิทธิพลร่วมหรือไม่มีอันตรกิริยาต่อความแข็งแรงของเจลในไส้กรอกปลาแช่แข็ง ด้วยเหตุนี้จึงทำการวิเคราะห์ผลต่อโดยวิเคราะห์ผลความแข็งแรงของเจลที่เกิดขึ้นของแต่ละปัจจัยแยกจากกัน

ผลของการเติม pre - emulsion ในการผลิตไส้กรอกปลาแช่แข็ง

ผลการเติม pre-emulsion ที่ระดับต่างๆพบว่าเมื่อปริมาณ pre-emulsion เปลี่ยนแปลงไปก็มิได้มีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจลให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ คือได้ค่า sig. of F-test > 0.05 จากการวิเคราะห์แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ต่อไปโดยพิจารณาเพียงปัจจัยเดียว(ปัจจัยของฟอสเฟต)

ผลของการเติมฟอสเฟตในการผลิตไส้กรอกปลาแช่แข็ง

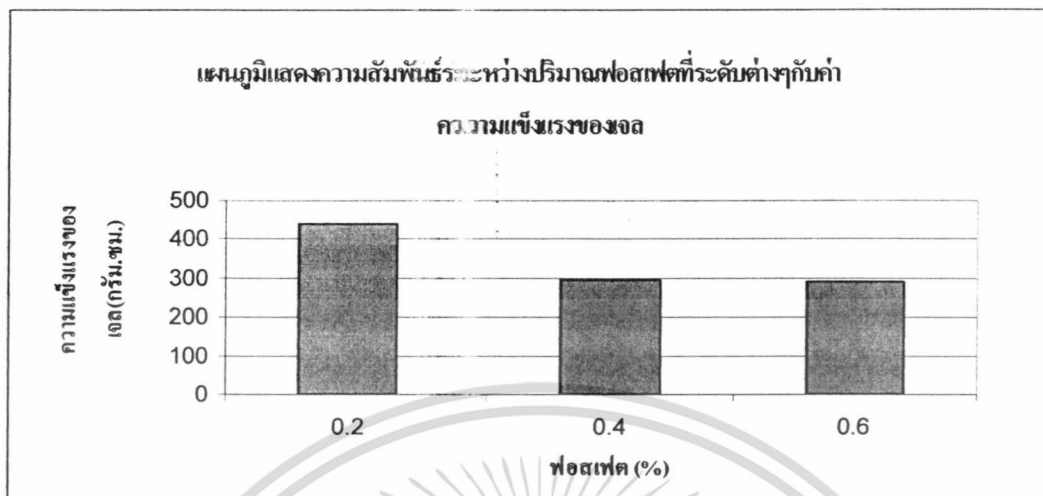
ฟอสเฟตมีค่า sig. of F-test < 0.05 นั่นคือจะให้ผลค่าความแข็งแรงของเจลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลต่อ จากตารางที่ 4.4 พบว่า ฟอสเฟตที่ระดับ 0.4 % ให้ผลไม่แตกต่างจากฟอสเฟตที่ระดับ 0.6% ส่วนฟอสเฟตที่ระดับ 0.2 % จะให้ค่าความแข็งแรงของเจลที่แตกต่างจาก 0.4 % ซึ่งเป็นค่ามาตรฐาน โดยมีแนวโน้มที่มากที่สุดของทุกระดับฟอสเฟตที่ทำการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ He และ Sebranek (1996) ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

ตารางที่ 4.4 : การประเมินคุณสมบัติทางด้านความแข็งแรงของเจล(gel strength) ของไส้กรอกปลาแช่แข็งที่มีการเติมฟอสเฟตในปริมาณที่ต่างกัน โดยมีเบ้ิงสตาร์ชคิดแปร 100 % ในระยะเวลาการเก็บ 3 สัปดาห์

ค่าความแข็งแรงของเจล (gel strength) ¹ /(กรัม.ซม.)		
ฟอสเฟต (กรัม)		
ชุดควบคุม 0.4	0.2	0.6
294.5010 ^b	441.0753 ^a	291.2748 ^b

1/ ค่าความแข็งแรงของเจลเปรียบเทียบในแนวนอน ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Means Plots



ภาพที่ 4.4 : แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟตที่ระดับต่างๆกับค่าความแข็งแรงของเจลในไส้กรอกปลาแซ่แข็งที่มีการเติมแป้งสตาร์ชตัดแปร 100 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบโดยผู้ทดลอง

ตารางที่ 4.5 : แสดงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลการเติมฟอสเฟตและ pre-emulsion ในการผลิตไส้กรอกปลาแซ่แข็งที่ใช้แป้งสตาร์ชดัดแปร 100 % เป็นส่วนประกอบ

% ฟอสเฟต	% Pre - emulsion			
	22 % (มาตรฐาน)	10 %	15 %	30 %
0.4 (มาตรฐาน)	ผิวสัมผัสเนียน ไม่แห้ง มีน้ำออก ปานกลาง	ผิวนอกแข็ง ขุ่น สีเข้ม มีน้ำออกเล็กน้อย เนื้อแน่น	ผิวไม่ขุ่น ยึดหยุ่นดี มีน้ำออก ปานกลาง	ผิวเรียบเนียน ขาว ยึดหยุ่นดี น้ำออกเล็กน้อย
0.2	ผิวสัมผัสแข็ง เนื้อกระด้าง ไม่ยึดหยุ่น มีน้ำออกน้อย	ผิวสัมผัสแข็ง มีน้ำออกเล็กน้อย การยึดหยุ่นดีปาน กลาง	ผิวสัมผัสแข็ง มีน้ำออกเล็กน้อย เนื้อแน่น ยึดหยุ่นดี	ผิวสัมผัสแข็ง เล็กน้อย ไม่ค่อยมีน้ำออก
0.6	ผิวสัมผัสขุ่น ไม่ค่อยยึดหยุ่น มีน้ำออก	ผิวสัมผัสไม่ค่อย แข็งกระด้าง มีน้ำออกบ้าง ยึดหยุ่นดีปาน กลาง	ผิวสัมผัสหยาบ เนื้อไม่เนียน สีเข้มเล็กน้อย ยึดหยุ่นไม่ดี มีน้ำออก เล็กน้อย	ผิวเรียบเนียน ไม่ค่อยแข็ง กระด้าง การยึดหยุ่นดี มีน้ำออกบ้าง

พบว่าเมื่อพิจารณาที่ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งจะมีแนวโน้มของผลที่เกิดขึ้นของแต่ละระดับของอีกปัจจัยหนึ่งที่แปรผันไปในทิศทางเดียวกัน เช่น ที่ระดับของฟอสเฟตคงที่จะเห็นลักษณะของเนื้อสัมผัสที่ระดับ pre-emulsion ทั้ง 10,15,22,30 % มีลักษณะแข็ง เนื้อแน่น อุ่มน้ำดีมากเอาบิบแล้วไม่มีน้ำออกหรือออกน้อยมาก ยึดหยุ่นค่อนข้างดี ซึ่งจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน

และเมื่อพิจารณาที่ระดับ pre - emulsion คงที่จะได้ว่าที่ระดับฟอสเฟต 0.2 % จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งที่สุด อุ่มน้ำได้ดีมาก ยึดหยุ่นดีพอควร เมื่อใช้ระดับฟอสเฟตที่ 0.4 % พบว่าเนื้อสัมผัสไม่แข็งมาก อุ่มน้ำได้ดี ยึดหยุ่นได้ดีมาก และเมื่อใช้ระดับฟอสเฟตที่ 0.6 % การอุ่มน้ำจะไม่ค่อยดี มีน้ำออกบ้าง การยึดหยุ่นไม่ค่อยดี

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองทำการพัฒนาเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาแช่แข็งหลังจากทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18°C เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยเปลี่ยนมาใช้ซูริมิแทนเนื้อปลาสดและแปรปริมาณของแป้งสตาร์ชตัดแปรซึ่งคาดว่าจะจะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการลดความเสียหายจากการแช่แข็งได้เป็นอย่างดี และแปรปริมาณของฟอสเฟตกับ pre-emulsion ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการลดความเสียหายและปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไส้กรอกปลาแช่แข็งให้ดีขึ้นได้ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า

1. เมื่อใช้ซูริมิแทนเนื้อปลาสดในการทำไส้กรอกปลาพบว่า ไส้กรอกปลาที่ใช้ซูริมิสามารถลดสูญเสีย น้ำหลังการทำละลายได้มากเมื่อเปรียบเทียบกับไส้กรอกปลาที่ใช้เนื้อปลาสดเป็นส่วนประกอบในการทำ

2. เมื่อเติมแป้งสตาร์ชตัดแปร ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะทำให้มีค่าความแข็งแรงของเจลที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้สามารถกักเก็บน้ำไว้ภายในได้มากขึ้น รูพรุนน้อยลง ทำให้เนื้อสัมผัสเนียนละเอียด และเนื้อมีความนุ่มขึ้น

3. การเติมฟอสเฟตในไส้กรอกปลาแช่แข็งในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะได้ค่าความแข็งแรงของเจลที่สูงสุดอยู่ที่ใช้ฟอสเฟต 0.2% และเมื่อเพิ่มปริมาณขึ้นถึง 0.4% ค่าความแข็งแรงของเจลจะลดลง จึงมีการกักเก็บน้ำที่ลดลงไปด้วย

4. การเติม pre-emulsion ในไส้กรอกปลาแช่แข็งในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะได้ค่าความแข็งแรงของเจลที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกันในทุกระดับการใช้ เนื่องจากมีการทำงานร่วมกันของโปรตีนจาก soy protein ซึ่งเป็นสารช่วยในการเกิดเจล แต่ไขมันจะทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลลดลง แต่จะช่วยเพิ่มคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสคือ ด้านความนุ่มแทน

5. เมื่อเติมฟอสเฟตและ pre-emulsion ในระดับที่ต่างกัน ในไส้กรอกที่ใช้แป้งมันเป็นส่วนผสม 100% พบว่า ฟอสเฟตและ pre-emulsion มีอิทธิพลร่วมในการเปลี่ยนค่าความแข็งแรงของเจล หรือเปลี่ยนคุณภาพของเนื้อสัมผัส โดยจะมีคุณภาพเฉพาะตัวในแต่ละระดับการใช้ของแต่ละปัจจัย จึงยากที่จะคาดคะเนแนวโน้มโดยรวมทั้งหมดได้

6. เมื่อเติมฟอสเฟตและ pre-emulsion ในระดับที่ต่างกัน ในไส้กรอกที่ใช้แป้งสตาร์ชตัดแปรเป็นส่วนผสม 100% พบว่า ฟอสเฟตและ pre-emulsion ไม่มีอิทธิพลร่วมในการเปลี่ยนค่าความแข็งแรงของเจล หรือเปลี่ยนคุณภาพของเนื้อสัมผัส เนื่องจากแป้งสตาร์ชตัดแปรทำหน้าที่ปรับองค์

ประกอบภายในให้เหมาะสมต่อการรับสภาพสภาวะแช่แข็งได้เป็นอย่างดีแล้ว เมื่อพิจารณาผลของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปีวิจัย พบว่า เมื่อแปรปริมาณฟอสเฟตจะได้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุดที่ระดับการใช้ 0.2% และเมื่อแปรปริมาณ pre-emulsion จะให้แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงของเจลที่ค่อนข้างคงที่

ในการรักษาไส้กรอกปลาแช่แข็งเป็นเวลา 3 สัปดาห์ และนำมาทำละลาย จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัสขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างไส้กรอกปลาแช่แข็งที่มีแป้งสตาร์ชตัดแปรหรือแป้งมันเป็นส่วนผสมพบว่า แป้งสตาร์ชตัดแปรมีประสิทธิภาพในการลดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการแช่แข็งและทำละลายได้ดีกว่าแป้งมัน แต่เมื่อมีฟอสเฟตและpre-emulsion เป็นส่วนผสมร่วมด้วย พบว่า จะมีส่วนช่วยลดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสอันเนื่องมาจากการแช่แข็งได้ดียิ่งขึ้น

โดยค่าความแข็งแรงของเจลที่ได้ ค่าที่อยู่ในระดับที่สูงมีได้หมายความว่า คุณภาพของเนื้อสัมผัสจะดีที่สุด เนื่องจากความแข็งแรงของโครงสร้างของร่างแหของเจลจะทำให้เนื้อสัมผัสแข็ง แต่เมื่อใช้ไขมันเติมลงไป จะช่วยในด้านความนุ่ม และลดความแข็งแรงของเจลลง



เอกสารอ้างอิง

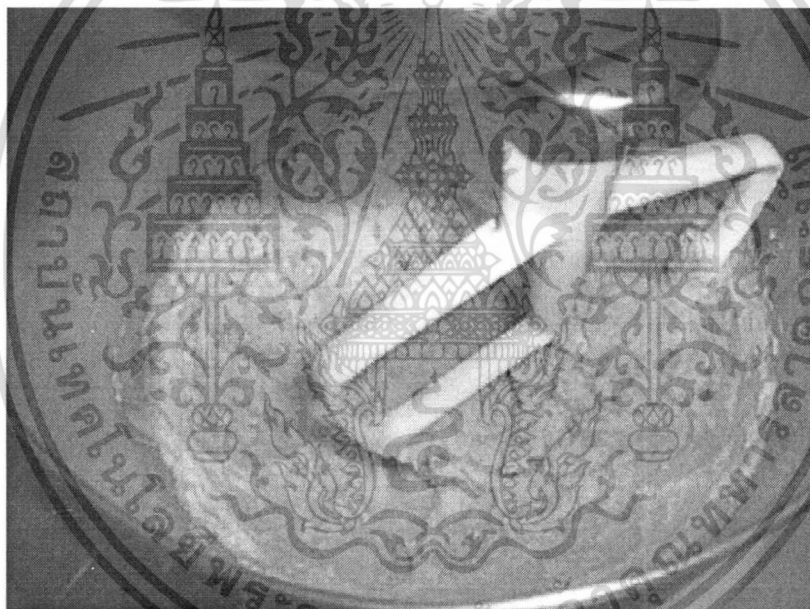
- กิตติพงษ์ ห่วงรัศมี. กระบวนการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- จักรี ทองเรือง. 2544. ซูรีมิ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 386 หน้า
- จำเริญ อัจฉราภักษ์. 2537. การปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังโดยวิธีการตัดแปรสภาพทางกายภาพและทางเคมีแบบเชื่อมข้าม(Cross - linking) ร่วมกับวิธีอะซิทธิเลชัน(Acetylation) และพรีเจลลิตินในเซชัน(Pregelatinization). วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ดารณี วรรณวิจิตร. 2544. การลดไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเฟรนช์เฟอ์เตอร์โดยใช้สารทดแทนไขมันจำพวกคาร์โบไฮเดรต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เทวินทร์ ธรรมสอน. 2539. การเตรียมและการใช้ซูรีมิจากเนื้อโครงไก่ในผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิจศิริ เรืองรังษี. 2542. เครื่องเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 206 หน้า
- ปราณิสยา เชื้อโพธิ์หัก, นงนุช รักสกุลไทย และวันชัย วรวัฒนเมธิกุล. 2543. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาและอาบูการเก็บรักษา. อาหาร 30(4) : 263 - 264
- ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ. 2546. เอกสารประกอบการสอน วิชาการแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. หน้า 13 -22
- ผศ.มลศิริ วีโรทัย. 2545. เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด. 258 หน้า
- ผศ.เขาวลัทธิชัย สุรพันธ์พิศิษฐ์. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. เอกสารประกอบการเรียนวิชาเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- พิมลพรรณ ฮั่นไพศาล. 2535. การปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ไพบุญย์ ธรรมรัตน์วาลิก. 2543. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร
 มณีกันต์ วรรณสอน. 2543. ผลการเกลือโซเดียมคลอไรด์ โปแตสเซียมคลอไรด์ และ
แคลเซียมคลอไรด์ ต่อคุณภาพของไส้กรอกอิมัลชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชา
 วิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรางคณา สมพงษ์. 2542. การใช้แป้งในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา. อาหาร 29(4) : 244 - 247
- วันที สว่างอารมณ์. 2542. คุณสมบัติของเครื่องเทศ. ในเอกสารคำสอนรายวิชาพืชเครื่องเทศและ
 สมุนไพร. หน้า 310-335. กรุงเทพมหานคร สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.
- Brennar .J.G., Bulters J.R., Cowell N.D., and Lilly A.E.V. 1981. Food Engineering Operations.
 2nd.ed., Applied Science Publishers Ltd., London
- Donald, A.M., Waigh, T.A., Jenkins, P.J., Gidley, M.J., Debet, M. and Smith, A. 1997. Internal
 structure granules revealed by scattering studies, in : Starch Structure and Functionlity,
 pp 172 - 179. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Fellows P.J. 1990. Food Processing Technology : Principle and Practice. Ellis Horwood.Ltd., G.B.
- Friberg S. 1976. Food Emulsions. Marcel Dekkier Inc., N.Y.
- กระบวนการผลิตแป้งสตาร์ชตัดแปรร.2548 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.vinythai.co.th/ourchemicalproducts/causticsoda/mktIfoodindustry/appImodifiedstarch.htm>
- เครื่องเทศ. 2548. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://skn.ac.th/skl/project/spice87/v.10.html>
- แป้งสตาร์ชตัดแปรร. 2548 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
www.foodinnovation.com/pdfs/modified.pdf
- Food Applications. 2548 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.starch.dk/isi/applic/tapiocafood.htm>
- Modified Starch . 2548 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://missourifamilies.org/quick/nutritionqa/nutqa54.htm>
- Modified Starch. 2548 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://sci-toys.com/ingredients/starch.html>
- Soy Protein. 2548 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
www.talksoy.com/Food Industry/ManufacturedProducts.htm.
- Starch. 2548 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
www.dupont.com/.../textile_ind/pearlst.jpg

ภาคผนวก ก

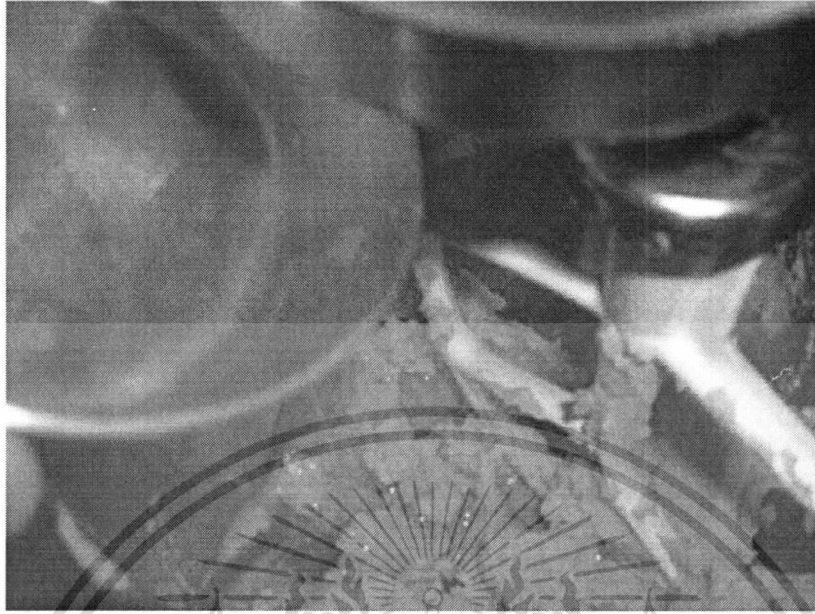
กระบวนการผลิตไส้กรอกปลา

ขั้นตอนการผลิต Pre-Emulsion



ภาพที่ 1ก : ขั้นตอนการผสมโปรตีนถั่วเหลืองกับน้ำเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2ก : ขั้นตอนการเติมน้ำมันพืชลงในส่วนผสมที่ละนิด



ภาพที่ 3ก : ขั้นตอนการตีผสมให้น้ำมันเข้ากับส่วนผสม

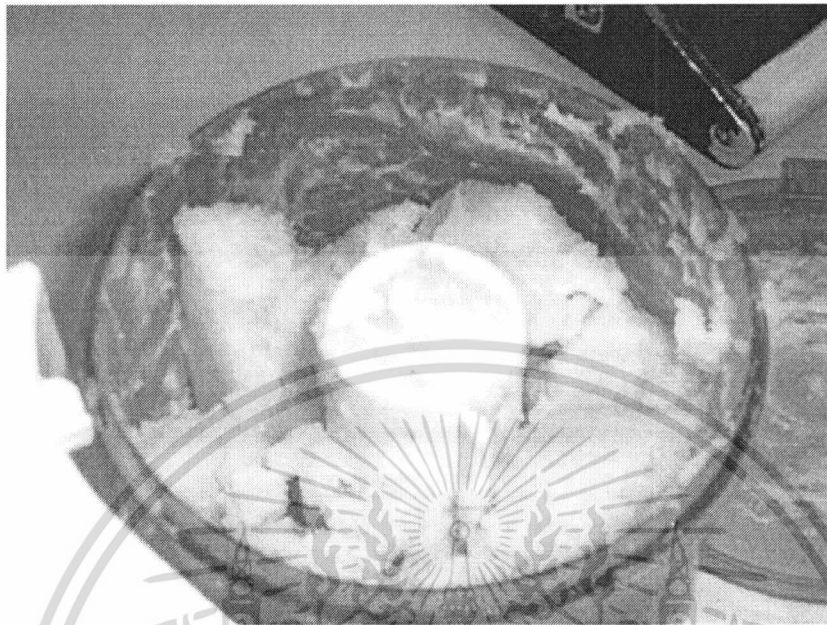
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4ก : Pre-Emulsion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกปลา



ภาพที่ 5ก : นำเนื้อปลาชุกิริมาผสมกับน้ำแข็งและ Pre-emulsion



ภาพที่ 6ก : เติมน้ำแข็งที่เหลือ, เครื่องเทศ, ส่วนผสมอื่นๆที่เหลือ ปั่นให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

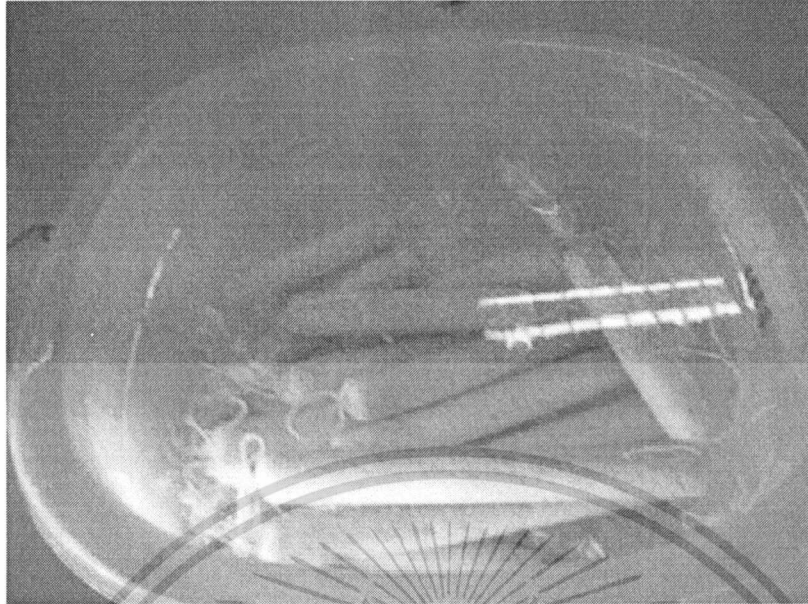


ภาพที่ 7ก : อัดใส่ใส่

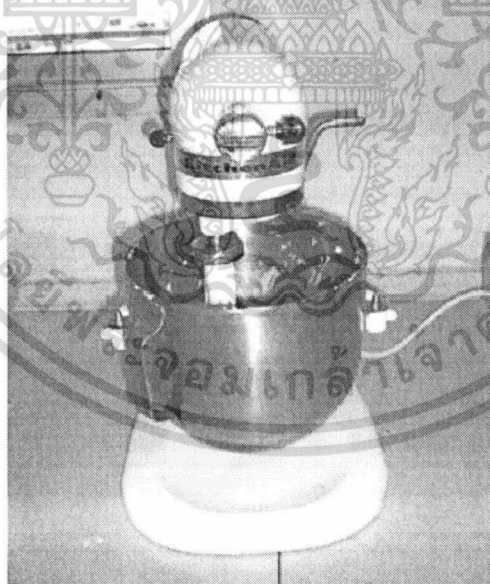


ภาพที่ 8ก : ต้มที่ 70-80 องศาเซลเซียส นาน 25-30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9ก : cooling โดยใช้ น้ำเย็น



ภาพที่ 10ก : โปป้่นผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงของเจลด้วยเครื่อง Texture Analyser

1. อุปกรณ์

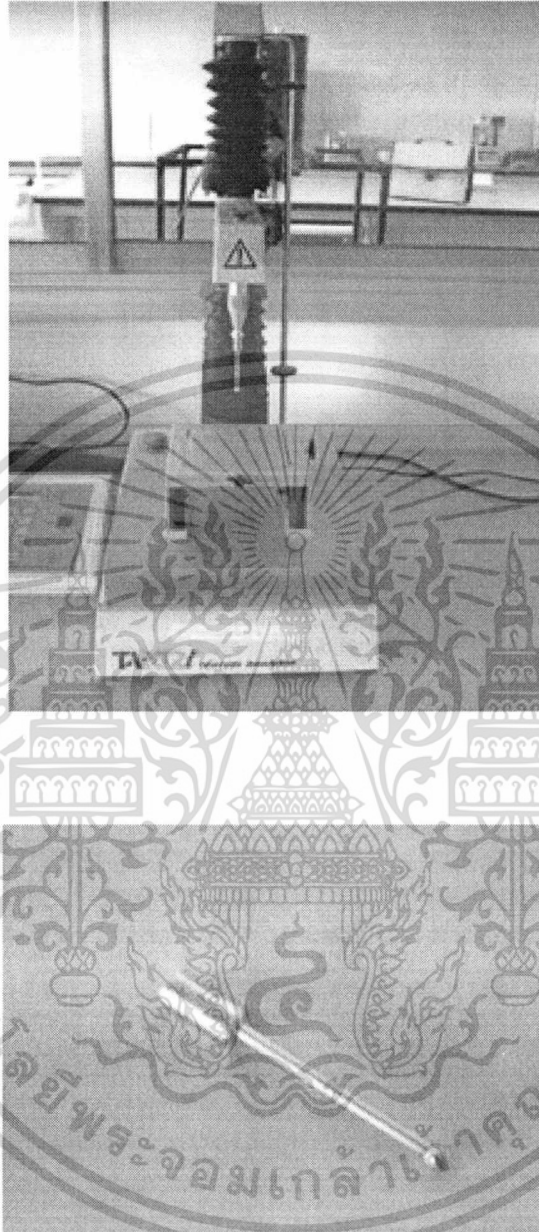
- 1.1 เครื่อง Texture Analyser
- 1.2 ค้อนน้ำหนัก 5 กิโลกรัม
- 1.3 หัว probe P/5S

2. วิธีการทดลอง

- 2.1 นำไส้กรอกมาทำละลายโดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 30 -33 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง
- 2.2 หั่นไส้กรอกเป็นชิ้นหนา 1.7 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร
- 2.3 ประกอบเครื่องมือ Texture Analyser
- 2.4 ทำการปรับมาตรฐานเครื่องด้วยค้อนน้ำหนัก
- 2.5 วัดค่าความแข็งแรงของเจล

3. ผลการทดลอง

- 3.1 ผลที่ได้จากการวัดจะเป็นค่า Force (g) และ ค่า distance(cm.)
- 3.2 นำทั้งสองค่ามาทำการคำนวณหาค่าความแข็งแรงของเจลโดยคำนวณตามสูตร
ค่าความแข็งแรงของเจล = Force (g) x distance(cm.)



ภาพที่ 1 ข: เครื่อง texture Analyser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงของเจลในไส้กรอกปลาแช่แข็งโดยการแปรปริมาณแป้ง
สตาร์ชตัดแปรและแป้งมันในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1ค : แสดงค่าความแข็งแรงของเจลจากการทดสอบแปรปริมาณแป้งมันกับแป้งสตาร์ชตัด
แปรในอัตราส่วน 100:0 , 25:75 , 50:50 , 75:25 , 0:100

สูตร ที่	อัตราส่วน แป้งมัน:แป้ง สตาร์ชตัดแปร	ค่าความแข็งแรงของเจล (gel strength) (กรัม.ซม.)						
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	เฉลี่ย
1	100:0	114.725	123.112	128.646	128.106	137.428	131.513	127.285
2	25:75	127.318	132.334	129.099	136.163	129.131	120.253	129.050
3	50:50	184.949	190.868	192.903	175.022	181.366	187.690	185.467
4	75:25	170.193	161.253	169.022	156.286	168.525	151.304	161.764
5	0:100	215.555	204.052	181.475	226.056	219.978	204.876	208.665

ตารางที่ 2ค : แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเติมปริมาณแป้งสตาร์ชดัดแปรกับผลของค่าความแข็งแรงของเจลในไส้กรอกปลาแซ่แข็ง

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	N
MODIFIED 0	6
25	6
50	6
75	6
100	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: GEL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	30122.003 ^a	4	7530.501	3.590	.019
Intercept	791602.608	1	791602.608	377.360	.000
MODIFIED	30122.003	4	7530.501	3.590	.019
Error	52443.521	25	2097.741		
Total	874168.132	30			
Corrected Total	82565.524	29			

a. R Squared = .365 (Adjusted R Squared = .263)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงของเจลในไส้กรอกปลาแช่แข็งที่มีการใช้แป้งมัน 100% เป็นส่วนประกอบที่มีการทดสอบโดยการแปรฟอสเฟตและpre-emulsion ในระดับที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1ง : แสดงค่าความแข็งแรงของเจลจากการทดสอบการแปรปริมาณฟอสเฟตและpre-emulsion ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันของ ไส้กรอกปลาแช่แข็งที่ใช้แป้งมัน 100% เป็นส่วนประกอบ

สูตรที่	ปริมาณ %ฟอสเฟต: %pre-emulsion	ค่าความแข็งแรงของเจล (gel strength) (กรัม.ซม.)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	0.4 : 22 (มาตรฐาน)	148.106	137.428	131.513	139.016
2	0.4 : 10	298.179	286.572	284.230	289.660
3	0.4 : 15	337.927	336.868	333.708	336.167
4	0.4 : 30	252.583	227.252	280.008	253.281
5	0.2 : 22	272.698	227.192	244.262	248.051
6	0.2 : 10	405.701	406.335	379.304	397.113
7	0.2 : 15	385.278	384.011	364.900	378.063
8	0.2 : 30	324.573	313.276	331.451	323.100
9	0.6 : 22	211.238	205.035	238.602	218.292
10	0.6 : 10	493.578	491.538	411.535	465.550
11	0.6 : 15	200.393	189.522	170.216	186.710
12	0.6 : 30	247.542	279.318	267.107	264.656

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2ง : แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างฟอสเฟตและpre-emulsion ต่อความแข็งแรงของเจลใน
ไส้กรอกปลาแซ่แข็งโดยเติมแป้งมัน 100 %

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	N
PHOSPHAT .2	12
.4	12
.6	12
EMULSION 10	9
15	9
22	9
30	9

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: GEL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	286796.172 ^a	11	26072.379	7.756	.000
Intercept	3061904.446	1	3061904.446	910.847	.000
PHOSPHAT	41499.128	2	20749.564	6.173	.007
EMULSION	151441.824	3	50480.608	15.017	.000
PHOSPHAT * EMULSION	93855.220	6	15642.537	4.653	.003
Error	80678.414	24	3361.601		
Total	3429379.031	36			
Corrected Total	367474.586	35			

a. R Squared = .780 (Adjusted R Squared = .680)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงของเจลในไส้กรอกปลาแช่แข็งที่มีการใช้แป้งสตาร์ชดัดแปร 100% เป็นส่วนประกอบที่มีการทดสอบโดยการแปรฟอสเฟตและ pre-emulsion ในระดับที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 10 : แสดงค่าความแข็งแรงของเจลจากการทดสอบการแปรปริมาณฟอสเฟตและ pre-emulsion ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันของไส้กรอกปลาแช่แข็งที่ใช้แป้งสตาร์ชดัดแปร 100% เป็นส่วนประกอบ

สูตรที่	ปริมาณ %ฟอสเฟต: %pre-emulsion	ค่าความแข็งแรงของเจล (gel strength) (กรัม.ซม.)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	0.4 : 22 (มาตรฐาน)	245.555	251.475	219.978	239.003
2	0.4 : 10	272.742	216.138	283.487	257.456
3	0.4 : 15	376.051	366.433	312.881	351.788
4	0.4 : 30	293.621	257.943	278.207	276.590
5	0.2 : 22	346.525	318.318	311.771	325.538
6	0.2 : 10	537.196	513.639	592.527	547.787
7	0.2 : 15	357.465	358.512	351.929	355.969
8	0.2 : 30	500.070	567.850	537.101	535.007
9	0.6 : 22	185.137	235.670	223.674	214.827
10	0.6 : 10	404.670	387.875	400.317	397.621
11	0.6 : 15	285.605	233.276	287.781	268.887
12	0.6 : 30	290.701	273.461	287.130	283.764

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2จ : แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างฟอสเฟตและpre-emulsion เพื่อต้องการดูการมีอิทธิพล
ร่วมต่อความแข็งแรงของเจลในไส้กรอกปลาแซ่แข็งที่เติมแป้งสตาร์ชตัดแปร 100 %

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	N
PHOSPHAT .2	12
.4	12
.6	12
EMULTION 10	9
15	9
22	9
30	9

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: GEL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	389981.526 ^a	11	35452.866	3.108	.010
Intercept	4109209.413	1	4109209.413	360.262	.000
PHOSPHAT	192394.568	2	96197.284	8.434	.002
EMULTION	98736.152	3	32912.051	2.885	.057
PHOSPHAT * EMULTION	98850.806	6	16475.134	1.444	.239
Error	273747.789	24	11406.158		
Total	4772938.728	36			
Corrected Total	663729.314	35			

a. R Squared = .588 (Adjusted R Squared = .399)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3จ : แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างฟอสเฟตกับpre-emulsion ต่อความแข็งแรงของเจลใน
ไส้กรอกปลาแห้งแข็งที่เติมแป้งสตาร์ชตัดแปร 100 % โดยดูแยกทีละปัจจัย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: GEL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	95101.074 ^a	5	19020.215	3.685	.072
Intercept	1405897.302	1	1405897.302	272.355	.000
EMULSION	36521.595	3	12173.865	2.358	.171
PHOSPHAT	58579.479	2	29289.740	5.674	.041
Error	30972.000	6	5162.000		
Total	1531970.375	12			
Corrected Total	126073.074	11			

a. R Squared = .754 (Adjusted R Squared = .550)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกุลวดี แตระกุล เกิดเมื่อวันที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2526 ที่ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดราชบุรี ในปี พ.ศ. 2544 และสำเร็จปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต(อุตสาหกรรมเกษตร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2548

นางสาวภัทรา สิริพิงษ์พิทยา เกิดเมื่อวันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2526 ที่ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนพนัสพิทยาคาร จังหวัดชลบุรี ในปี พ.ศ. 2544 และสำเร็จปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต(อุตสาหกรรมเกษตร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2548

นางสาววิไลลักษณ์ อัครัสกร เกิดเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2544 และสำเร็จปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต(อุตสาหกรรมเกษตร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2548