

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชนิดแป้งและปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก
(Effect of starch and other factors on quality of marinated meat)



T096473

จัดทำโดย

1. นางสาวเนตรนภา มิ่งคลีกุล รหัส 45040143
2. นางสาวบงกช สุวัฒนา รหัส 45040144
3. นางสาวปิยะฉัตร ยิ้มแย้ม รหัส 45040149

๑๙๖

๑๖๕๘๑๙

๑๕๔๘

เลขหมู่.....96473.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....9 JUN 2๐๑๑.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศาสตรบัณฑิต
โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ชนิดแป้งและปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก
(Effect of starch and other factors on quality of marinated meat)

จัดทำโดย

1. นางสาวเนตรนภา มังคลิกุล รหัส 45040143
2. นางสาวบงกช สุวัฒนา รหัส 45040144
3. นางสาวปิยะฉัตร ยิ้มแย้ม รหัส 45040149

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....

..... 28 / 26 / 49

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ผศ.เขาวลัษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวเนตรนภา มั่งคณิกุล, นางสาวบงกช สุวัฒนา, นางสาวปิยะฉัตร ชิมรัมย์. (2549):

ชนิดแป้งและปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก (Effect of starch and other factors on quality of marinated meat) ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.เขาวลัษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์. 49 หน้า

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์นิยมเติมสารต่างๆในผลิตภัณฑ์ เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสให้มีความนุ่ม ชุ่มน้ำ และทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้น โดยเฉพาะแป้งซึ่งมีราคาไม่แพง นิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการหมักเนื้อ ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักขณะทำให้สุก เนื่องจากแป้งมีความสามารถในการดูดซับน้ำและแทรกตัวอยู่ใน โครงสร้างของเนื้อ จึงทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

ในการศึกษาการหมักเนื้อหมูด้วยแป้ง 3 ชนิดคือ แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง โดยในขั้นตอนแรกศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหมักหมูด้วยแป้งแต่ละชนิด โดยใช้แป้งปริมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีจะเหมาะสมกับปริมาณน้ำที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งมันสำปะหลังจะเหมาะสมกับปริมาณน้ำที่ 20 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นศึกษาปริมาณแป้งที่เหมาะสมโดยใช้น้ำปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ผสมกับแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีพบว่า แป้งข้าวโพดที่ผสมกับน้ำปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์จะเหมาะสมกับปริมาณแป้งที่ 6 เปอร์เซ็นต์ และแป้งสาลีที่ผสมกับน้ำปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ จะเหมาะสมกับปริมาณแป้งที่ 4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งมันสำปะหลังที่ผสมกับน้ำปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ จะเหมาะสมกับปริมาณแป้งที่ 6 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาจึงศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมกับแป้งแต่ละชนิดในการทำให้เนื้อหมูหมักสุก พบว่าเนื้อหมูที่หมักด้วยแป้งข้าวโพดจะให้คุณภาพของเนื้อหมูหมักที่ดีขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิ 85±2 องศาเซลเซียส ส่วนแป้งสาลีควรใช้อุณหภูมิในการทำให้เนื้อหมูหมักสุกที่ 77±2 องศาเซลเซียส และแป้งมันสำปะหลังควรใช้อุณหภูมิในการทำให้เนื้อหมูหมักสุกที่ 86±2 องศาเซลเซียส จากการทดลองหมักเนื้อหมูโดยใช้แป้ง ปริมาณน้ำ และอุณหภูมิในการทำให้สุกดังกล่าวจะทำให้เนื้อหมูมีความนุ่มชุ่มน้ำมากขึ้น มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยเมื่อทำให้สุก จึงทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้มากขึ้น เนื้อหมูหมักมีคุณภาพดีขึ้น และยังทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงอีกด้วย

นางสาวเนตรนภา มั่งคณิกุล

นางสาวบงกช สุวัฒนา

นางสาวปิยะฉัตร ชิมรัมย์

รายชื่อผู้ศึกษา

.....


รายชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

28 / 10 / 49

วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง ชนิดแป้งและปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก (Effect of starch and other factors on quality of marinated meat) สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิสิษฐ์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาในการนำเสนอและจัดทำปัญหาพิเศษเล่มนี้เป็นอย่างมาก ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าคอยแนะนำให้คำปรึกษาและแก้ไขปรับปรุงไม่ว่าจะเป็นในด้านการตรวจทานข้อมูลที่จะนำเสนอ วิธีการนำเสนอ รวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและช่วยให้การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ในการทำงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือเสมอมา

เนตรนภา มังคติกุล

บงกช สุวัฒนา

ปิยะฉัตร ยิ้มแย้ม

20 มีนาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
องค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อ	2
คุณสมบัติในการให้ประโยชน์ของโปรตีน	3
ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์	9
ความรู้เบื้องต้นและความสำคัญของแป้ง	16
บทที่ 3 วัตถุประสงค์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	24
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	27
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	40
ภาคผนวก ก	44
ภาคผนวก ข	46
ภาคผนวก ค	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญที่มีอยู่ในเนื้อสุกร(มิลลิกรัม/100 กรัม)	3
2. ช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาคีโนเซชันของแป้งชนิดต่าง ๆ ที่มีน้ำอยู่มากพอ โดยใช้ DSC(DSC gelatinization temperature ranges)	15
3. สมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน	16
4. องค์ประกอบทางเคมีของแป้งชนิดต่างๆ	18
5. ลักษณะการเกิดเจลาคีโนเซชันของแป้งแต่ละชนิด	22
6. ผลของปริมาณน้ำต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมักด้วยแป้งข้าวโพด 4.0 เปอร์เซ็นต์	27
7. ผลของปริมาณน้ำต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมักด้วยแป้งสาลี 4.0 เปอร์เซ็นต์	28
8. ผลของปริมาณน้ำต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมักด้วยแป้งมันสำปะหลัง 4.0 เปอร์เซ็นต์	29
9. ผลของการเติมแป้งข้าวโพดที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก	30
10. ผลของปริมาณแป้งสาลีต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก	31
11. ผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก	32
12. ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมักด้วยแป้งข้าวโพด	34
13. ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมักด้วยแป้งสาลี	35
14. ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมักด้วยแป้งมันสำปะหลัง	36

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. Formation of a gel network structure by polymers	7
2. กลไกการเกิดเจล	8
3. โครงสร้างของอะมิโลส	17
4. โครงสร้างอะมิโลเพกติน	11
5. การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวสาลี แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลัง	20
6. การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม	21



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาพิเศษ

เนื่องจากในปัจจุบันการแปรรูปเนื้อสัตว์นิยมเติมสารต่างๆ ในการหมักเนื้อ เพื่อช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสให้มีความนุ่ม ความชุ่มน้ำ และทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้น จึงทำให้เป็นที่ยอมรับและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะการใช้แป้งเป็นส่วนผสมในการหมักเนื้อนั้นจะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักขณะทำให้สุก เนื่องจากแป้งช่วยดูดซับน้ำทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น และยังช่วยให้เนื้อหมักมีความนุ่มชุ่มน้ำเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นลักษณะสัมผัสที่ผู้บริโภคต้องการ นอกจากนี้ แป้งยังช่วยปรับปรุงกลิ่นรสและมีราคาถูกจึงเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่าย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลง และเป็นวิธีที่ผู้ผลิตนิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ร้านหมูกระทะ ร้านราดหน้า และร้านสุกี้ MK เป็นต้น การนำแป้งชนิดต่างๆ มาใช้ในการหมักเนื้อหมูเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเนื้อหมูหมักของผู้ผลิตโดยทั่วไปยังไม่มีมีการกำหนดปริมาณที่เหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อทำให้เนื้อหมูหมักมีคุณภาพมากขึ้น การทดลองนี้จึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาหาปริมาณของแป้งและน้ำที่เหมาะสมกับชนิดของแป้ง รวมถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้เนื้อสุก เพื่อให้ได้เนื้อหมูหมักที่มีคุณภาพมากขึ้นและยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตลงได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาชนิดของแป้งและปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก
2. ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก
3. ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมกับชนิดและปริมาณของแป้งต่อคุณภาพของเนื้อ

หมูหมัก

บทที่ 2

วาสารปริทัศน์

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อ

2.1.1 โปรตีน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบในเนื้อแดงของวัว สุกร และ พบว่ามีส่วนประกอบต่าง ๆ โดยเฉลี่ยดังนี้ น้ำ 75 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3 เปอร์เซ็นต์ แป้ง 12 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน 3.5 เปอร์เซ็นต์ วิตามินและเกลือแร่เล็กน้อย(เขวลักษณ์ , 2536) องค์ประกอบเหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามปัจจัยต่าง ๆ คือ สายพันธุ์ อายุ อาหารที่ใช้เลี้ยง

2.1.2 ไขมัน

มีอยู่ประมาณ 12-20 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักของสัตว์ที่มีชีวิต โดยกระจายอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย สัตว์ต่างชนิดกันมีจำนวนไขมันไม่เท่ากันและมีความแตกต่างในชนิดของกรดไขมัน เช่น ไขมันของโค กระบือ จะมีกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่าไขมันสุกร

2.1.3 คาร์โบไฮเดรต

มีเพียงเล็กน้อย ได้แก่ เม็ด ไกลโคเจนและไกลโคโปรตีน ปริมาณของไกลโคเจนในสัตว์ก่อนฆ่า มีความสำคัญต่อคุณภาพของเนื้อและอายุการเก็บรักษาเนื้อ

2.1.4 น้ำ

เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อสัตว์ พบว่าเนื้อสัตว์จะมีน้ำอยู่ประมาณ 50-75 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของสัตว์ อายุและชนิดของกล้ามเนื้อ ปริมาณน้ำมีความสัมพันธ์กับความชุ่มน้ำ ความนุ่มและรสชาติของเนื้อนั้น ๆ และมีผลต่อคุณภาพเนื้อในระหว่างการเก็บรักษา ไม่ว่าจะเป็นลักษณะการแช่เย็น การแช่แข็งหรือการทำแห้ง ปริมาณของน้ำในเนื้อจะเป็นสัดส่วนกลับกับปริมาณไขมันเสมอ นักวิทยาศาสตร์รายงานว่าในเนื้อสดปริมาณน้ำในเนื้อ 70 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในโมโอไฟบริล 20 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในซาร์โคพลาสซึมและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน 10 เปอร์เซ็นต์

ลักษณะของน้ำในเนื้อ มี 3 แบบคือ

2.1.4.1 Bound water (น้ำที่ถูกตรึง) คือ น้ำซึ่งเกาะแน่นอยู่กับโปรตีนโมเลกุลโดยเกาะอยู่กับส่วนที่มีประจุและกลุ่มที่มีขั้ว(polar group) ของโปรตีนในลักษณะที่เรียงกันเป็นชั้นเดียว(Monolayer) และมีบางส่วนจับกลุ่มไฮโดรฟิลิก เรียงต่อกันออกมาเป็นชั้น ๆ มีประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์ น้ำส่วนนี้ถูกขับออกมาได้ยากมาก แม้จะตีแรงภายนอกมากกระทำตามกัน

2.1.4.2 Immobilized water (น้ำที่ถูกจำกัดการเคลื่อนที่) คือ น้ำที่ถูกกักอยู่ระหว่างชั้นของโปรตีน เป็นน้ำส่วนที่ถูกตรึงด้วยประจุไฟฟ้าบนโมเลกุลของโปรตีน กล่าวคือ น้ำส่วนนี้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ห่างจากประจุไฟฟ้าบนโมเลกุลของโปรตีนออกมามากกว่าน้ำส่วนแรก ดังนั้นน้ำส่วนนี้จึงถูกดึงดูดด้วยประจุไฟฟ้าของโปรตีนด้วยแรงที่อ่อนกว่าน้ำส่วนที่ถูกดึง น้ำส่วนนี้จะถูกขับออกจากกล้ามเนื้อได้ง่ายกว่าส่วนแรกแต่ละจะถูกขับออกมาได้มากหรือน้อยขึ้นกับแรงภายนอกที่มากระทำต่อกล้ามเนื้อ และสถานภาพของโปรตีนที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและกายภาพของกล้ามเนื้อภายหลังจากสัตว์ตายแล้ว

2.1.4.3 Free water (น้ำที่เป็นอิสระ) คือน้ำที่อยู่ในลักษณะที่เป็นของเหลว กล่าวคือไหลได้อย่างอิสระภายในเนื้อเยื่อสัตว์ น้ำในซาร์โคพลาสซึมหรือน้ำระหว่างชั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันน้ำพวกนี้คือ ส่วนที่แยกหรือระเหยได้ง่าย น้ำส่วนนี้เป็นส่วนที่อยู่ไกลที่สุดจากประจุไฟฟ้าบน โมเลกุลของโปรตีนดังนั้นจึงถูกดึงดูดด้วยแรงที่อ่อนมาก ที่ยังคงอยู่ภายในเนื้อได้ก็เพราะแฝงอยู่ตามรูพรุนในก้อนเนื้อบ้าง ถูกยึดอยู่ด้วยแรงตึงผิวบ้าง น้ำส่วนนี้จะถูกขับออกจากกล้ามเนื้อง่ายที่สุด

2.1.5 เกลือแร่และวิตามิน

แร่ธาตุในเนื้อที่สำคัญได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก โพแทสเซียม โซเดียม และ แร่ธาตุอื่น ๆ อีกในปริมาณเล็กน้อย แสดงดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญที่มีอยู่ในเนื้อสุกร

ชนิดแร่ธาตุ	มิลลิกรัม/100 กรัม
Na	60
K	400
Ca	10
Mg	30
P(P ₂ O ₅)	200
Cl	50

ที่มา : ดัดแปลงจากสกุติและ กุติศา (2547)

เนื้อสุกรมีวิตามินเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก แต่เป็นแหล่งที่ให้วิตามินบีที่สำคัญหลายชนิดโดยเฉพาะ ไทอามีน ไนอาซีน และไรโบฟลาวิน

2.2 คุณสมบัติในการใช้ประโยชน์ของโปรตีน

ผู้บริโภคชั้นชอบอาหารโดยพิจารณาจากลักษณะปรากฏ สี รสชาติและเนื้อสัมผัส ซึ่งโปรตีนสามารถทำให้เกิดคุณสมบัติเหล่านี้ได้ เช่น การเซตตัวเมื่อได้รับความร้อนของไข่ขาว การเกิดอิมัลชันของโปรตีนเนื้อสัตว์ เป็นต้น โปรตีนให้คุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติต่าง ๆ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีบทบาทในกระบวนการผลิต การแปรรูปอาหารและในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้โปรตีนยังเป็นสารที่มีความสามารถในการทำปฏิกิริยากับสารประกอบอื่น ๆ ดังนั้นการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์โปรตีนต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติการใช้ประโยชน์หรือคุณสมบัติทางหน้าที่ (functional properties) ของผลิตภัณฑ์โปรตีนนั้น อาหารแต่ละชนิดต้องการโปรตีนที่มีคุณสมบัติการใช้ประโยชน์ต่างกัน เช่นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มต้องการคุณสมบัติการละลาย ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ส่วนใหญ่ต้องการคุณสมบัติที่ช่วยทำให้เกิดการยึดหยุ่น ความสามารถในการจับน้ำและน้ำมัน คุณสมบัติในการเกิดเป็นอิมัลชันและคุณสมบัติในการเกิดเจล ความสัมพันธ์ของสมบัติทางฟิสิกส์เคมี และโครงสร้างของโปรตีน เช่น ขนาด รูปร่าง กรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบ ลำดับการเรียงตัวของกรดอะมิโน ประจุสุทธิ เป็นต้น โปรตีนที่เป็นทรงกลมที่พบมากในโปรตีนอาหารหลาย ๆ ชนิดมีส่วนที่ไม่ชอบน้ำ 40-50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการมีส่วนที่ชอบและไม่ชอบน้ำจะเป็นตัวกำหนดหน้าที่การใช้ประโยชน์ของโปรตีน เช่น ความเป็นกรด ค่าความแข็งแรงของอิมัลชัน การเกิดพันธะกับส่วนประกอบอื่น ๆ ปริมาณเกลือ ปริมาณฟอสเฟต และอุณหภูมิที่ใช้ โปรตีนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์อาหารให้คุณสมบัติทางการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 การละลาย (Solubility)

การละลายของโปรตีนเป็นสถานะของความสมดุล ระหว่างพันธะโปรตีน กับโปรตีนกับสารละลาย ซึ่งเกิดปฏิกิริยาของ electrostatic และ hydrophobic ของโมเลกุลโปรตีนเป็นการละลายแบบ colloidal ทำให้เกิดการกระเจิงแสงได้ ซึ่งโปรตีนอาจจะละลายได้ทั้งหมดหรือละลายบางส่วน หรือไม่ละลายเลยก็ได้ การละลายเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของโปรตีนเนื่องจากการกำหนดสถานะที่เหมาะสมในการแยกโปรตีนและยังเป็นคุณสมบัติที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงส่วนผสมของโปรตีนที่ใช้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นดัชนีในการบ่งชี้ถึงความสามารถในกานำไปใช้ประโยชน์ของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติการใช้ประโยชน์อื่น ๆ เช่น ความสามารถในการจับน้ำ การเกิดฟอง การเกิดอิมัลชันและการเกิดเจล

2.2.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity , WHC)

Water holding capacity (WHC) ในอาหารคือความสามารถในการเก็บรักษาน้ำไว้โดยน้ำที่เก็บรักษาไว้ได้เป็นน้ำที่มีอยู่แล้วในวัตถุดิบและน้ำที่เติมในระหว่างการผลิตโดยจะเก็บไว้ได้เมื่อมีแรงกระทำ เช่น แรงกด แรงเหวี่ยง หรือการให้ความร้อน WHC เป็นสมบัติทางกายภาพ และสามารถป้องกันไม่ให้น้ำออกจากโครงสร้าง 3 มิติของโปรตีน

ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในเนื้อสัตว์พบว่าโปรตีนมีเพียง 18-20 เปอร์เซ็นต์ แต่สามารถทำให้น้ำในเนื้อส่วนที่เหลืออีก 70-75 เปอร์เซ็นต์มายึดเกาะอยู่ได้แล้วยังมีความสามารถในการอุ้มน้ำที่เติมจากภายนอกเข้ามาไว้ในตัวมันได้อีกในกระบวนการผลิตเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์อิมัลชัน หรือการผลิตลูกชิ้น และหมูยอ โดยมีการเติมน้ำลงไปอีก 20-30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเนื้อที่ใช้

เนื้อสัตว์ที่มีคุณสมบัติของการอุ้มน้ำที่ไม่ดีจะมีการสูญเสีย น้ำ เช่น การเก็บซากในห้องเย็น ถ้าโปรตีนในเนื้ออุ้มน้ำได้ไม่ดีจะมีการสูญเสีย น้ำหนักของเนื้อและเมื่อมาทำให้สุกพบว่าปริมาณน้ำที่สูญหายไปในช่วงกระบวนการผลิต เนื้อจะค่อนข้างแห้งกระด้างไม่น่ารับประทาน ในผลิตภัณฑ์อิมัลชันจะทำให้เกิดการแยกตัวของไขมัน น้ำและโปรตีนทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่คุณภาพต่ำและมีลักษณะอ่อนนุ่ม

โปรตีนแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการยึด(binding) น้ำได้แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ degree of hydration ของโปรตีนเองซึ่งเกิดจาก hydration ของ polar side chains หรือ hydration bonding ซึ่ง H^+ (slightly positive hydrogen) จะถูกประจุลบของออกซิเจน และไนโตรเจนยึดจึงทำให้โมเลกุลของน้ำติดอยู่ระหว่าง folds หรือ coils และที่ผิวของโปรตีนได้ นอกจากนี้ยังเกิดจากอออนที่ผิวของโปรตีนซึ่งยึดกับน้ำได้โดย electrostatic attraction และอาจเกิดการรวมตัวกันเป็น ice berg ขึ้นรอบ ๆ hydrophobic group โดยทั่ว ๆ ไปโปรตีน 1 กรัมจะยึดกับน้ำได้ประมาณ 0.2-0.5 กรัม degree of water binding ของเนื้อขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ การให้ความร้อน การแช่แข็ง การบดสับ การแตกสลายตัวของโปรตีนโดยการย่อยสลายซึ่งเกิดจากการใช้ความร้อนหรือเอนไซม์ จากธรรมชาติหรือจากเชื้อจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลง pH โดยการเติมกรดหรือด่างซึ่ง hydration จะต่ำที่สุด ที่ pH เท่ากับ pI ของโปรตีน การเติมเกลือและสารประกอบฟอสเฟต การเกิด ionization ซึ่งทำให้เกิดการเพิ่ม ลด หรือการเปลี่ยนแปลง อออน การเคลื่อนย้าย อออนนี้เองมีผลทำให้เกิด salt formation ทำให้โปรตีนถูก ionized เพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิด hydrogen bonding ซึ่งสามารถยึดโมเลกุลของน้ำ(holding water molecules) ไว้ได้นอกจากนี้การที่กล้ามเนื้อเกิดการเกร็ง rigor mortis มีผลทำให้ pH ของเนื้อสัตว์ที่ได้รับการเลี้ยงดูอย่างดีลดลงถึง 5.5 ซึ่งใกล้เคียงของ pI ของ แอคโตไมโอซิน เป็นผลทำให้ ไฮเดรชันของเนื้อลดลงจะเห็นได้จากการตมเนื้อหมูระหว่างการเกิด rigor mortis ทำให้เนื้อสูญเสีย น้ำออกมามาก แต่เมื่อ rigor mortis ผ่านผ่านไป pH จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโปรตีนจะมี negative ions มากกว่า internal zwitterions จึงทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของอออนได้อีกทำให้มีผลต่อไฮเดรชัน การเกาะตัวของน้ำและโปรตีนในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่แล้วพบเกาะอยู่กับกลุ่ม structural protein ถึง 65 เปอร์เซ็นต์ พบเพียง 5 เปอร์เซ็นต์น้ำจะเกาะติดกับกลุ่ม globular protein ส่วนที่เหลือประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์นั้น น้ำจะเกาะอยู่กับกลุ่ม water soluble nonprotein การที่โปรตีนของกล้ามเนื้อสามารถดูดจับกับน้ำได้ก็เป็นเพราะคุณสมบัติความมีขั้วของ R group การเกาะกันระหว่างโมเลกุลของน้ำและกลุ่ม R ของกรดอะมิโนบนเปปไทด์ของโปรตีนโดยจะหัวขั้วไฟฟ้าที่มีประจุต่างกันเข้าหากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์

คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ทางด้านเนื้อสัตว์มักจะกล่าวถึงการเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่ เนื่องจากการเกิดเจลส่งผลให้เกิดความเหนียว ความยืดหยุ่นและความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์

กลไกการเกิดเจลเริ่มจากโปรตีนเกิดการคลายตัว (protein unfolding) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส เช่น เมื่อทำการปั่นผสมเนื้อสุกรบดกับเกลือในเครื่องผสม จะส่งผลให้โปรตีนเกิดการคลายตัว หลังจากนั้น โปรตีนจะมาจับเรียงตัวกันใหม่ระหว่างโปรตีนกับโปรตีน เกิดการสานตัวเป็นร่างแหที่มีลักษณะชั้นหนืดแต่ยังไม่คงตัว ลักษณะชั้นหนืดที่เกิดขึ้น

2.2.3.1 ความหมายของเจล

เจล คือ การเชื่อมกันระหว่างหน่วยโครงสร้างเพื่อให้เป็นโครงสร้างตาข่ายที่ป้องกันการไหลของของไหล เจลเป็นกระบวนการผลิตพื้นฐานที่เกิดขึ้นในการผลิตอาหารหลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เนื้อ ปลา ผลไม้ และขนมอบ เป็นต้น

การเกิดเจล (gelation) คือ

- ปฏิกิริยาที่โปรตีนเรียงตัวประสานกันอย่างมีแบบแผนเกิดเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติ โดยมีโมเลกุลของน้ำระหว่างร่างแหเหล่านั้น เจลที่ได้มีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี ทำให้เกิดเนื้อสัมผัสที่มีความยืดหยุ่น ความสามารถในการเกิดเจลเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของซูริมิและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยการเกิดที่ตีควรมีเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่นสูง

- การเปลี่ยนจากโปรตีนดั้งเดิมไปเป็นโปรตีนเสียสภาพซึ่งทำให้เกิดเป็นพันธะระหว่างโปรตีนกับโปรตีน การเสียสภาพของโปรตีน ไม่ใช่แค่การคลายตัวของสายโปรตีนเท่านั้นแต่ยังเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ ของกรดที่เป็นอะมิโนที่เป็น aromatic ring กรดอะมิโนบางตัว เช่น ทริปโตเฟนสามารถเปลี่ยนจากการมี hydrophobic ปานกลางไปเป็นมีมากขึ้น

- การคลายตัวของโปรตีนเป็นการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีนระดับที่ 2 ซึ่งการคลายตัวอาจมาจากการให้ความร้อน การมีกรด ต่าง ยูเรีย การเกิดโครงร่าง 3 มิติ เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีนและโปรตีนกับสารละลาย (น้ำ) โมเลกุลเกิดพันธะระหว่างกันจึงเกิดเป็นโครงร่างตาข่าย

2.2.3.2 ลักษณะการฟอรั่มเจล

ลักษณะการฟอรั่มเจลแบ่งเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

2.2.3.2.1 coagulium – type gel เกิดกับโปรตีนที่มี non-polar residue ภายใต้การตกตะกอนอย่างอิสระโดยเกิด hydrophobic interaction ซึ่งเจลจะมีความยืดหยุ่นและมี WHC ต่ำ และไม่สามารถกลับไปเป็นเหมือนเดิมได้เมื่อได้รับความร้อน (Thermo – irreversible gel) เช่น การเกิดเจลของเนื้อสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.2.2 coagulum – type gel เกิดกับโปรตีนที่มี non-polar เหลืออยู่น้อย ปกติเจลจัดเรียงตัวเป็นระเบียบ มีความยืดหยุ่นสูง มี WHC สูง สามารถหลอมละลาย เป็นเหมือนเดิมได้เมื่อได้รับความร้อน(Thermo – irreversible gel) เช่น เจลาติน วุ้น เมื่อโปรตีนใน progel state ถูก ความเย็น โมเลกุลเกิดการเสียสภาพบางส่วน มีการเกิด refold และการฟอร์มเป็น intramolecular interaction จะลดจำนวนของหมู่ฟังก์ชันที่สามารถทำหน้าที่ได้สำหรับ intramolecular interaction ทำให้เจลมีความอ่อนและปริมาณโปรตีนที่น้อยที่สุดที่ต้องการฟอร์มตัวเพื่อให้เจลคงอยู่ได้ต้องมีมากกว่าการสูญเสียโปรตีน refold ขณะทำให้เย็น

โปรตีนที่มีกรดอะมิโนมากกว่า 31.5 เปอร์เซ็นต์ เป็น non-polar เช่น Valine, Proline, Leucine, Isoleucine, Phenylalanine และ Tryptophane จะเกิดเจลแบบ coagulum-type gel และโปรตีนที่มีกรดอะมิโน non-polar น้อยกว่า 31.5 เปอร์เซ็นต์ จะเกิดเจลแบบ translucent gel แต่การที่จะเป็นไปตามทฤษฎีนี้ต้องไม่คำนึงถึงค่าอื่นๆ เช่น pH และ ionic strength เป็นต้น



ภาพที่ 1 Formation of a gel network structure by polymers. In order to form a three dimensional network structure here must be at least three cross - links in every molecule , as shown in c, in a or b ,a network structure is not formed , polymer;

●---- , ● ; cross – link.

ที่มา : Niwa(1992)

2.2.3.3 กลไกเกิดเจล

การเกิดเจลต่างๆไป แสดงดังภาพที่ 2 เมื่อโปรตีนอยู่ในสภาพทางธรรมชาติซึ่งอาจทำให้เกิดการรวมกันตกตะกอนเกิดเป็นเจลชนิด coagulum – type gel หรือ ถ้าได้รับความเย็นจะทำให้โปรตีนอยู่ในสถานะที่เป็น progel ได้ ซึ่งจะสามารถเปลี่ยนเป็นเจลชนิด Reversible gel ได้ การเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์เป็นผลมาจากการรวมตัวกันของ โมเลกุลโปรตีนที่สภาพที่เสียสภาพ เนื่องจากได้รับความร้อนแล้วเกิดการจัดรูป โครงร่างตาข่ายที่ต่อเนื่อง กลไกการเกิดเจลของโปรตีนแสดงได้ดังนี้

สามมิติ โดยเกี่ยวข้องกับพันธะไฮโดรเจนที่มีบทบาทในการเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำและพันธะไดซัลไฟด์ที่มีบทบาทในการเกิดเจลที่อุณหภูมิสูง ทำให้เจลเสถียรมากขึ้น

2.2.3.4 ปฏิกริยาระหว่างโปรตีนกับน้ำในเจล

ในโครงร่างตาข่าย 3 มิติ ปริมาณน้ำที่ถูกล้อมรอบไว้ได้ประมาณ 10 กรัม/โปรตีน 1 กรัม เจลที่แข็งแรงมีน้ำ 98 เปอร์เซ็นต์ และมีสารที่ทำให้เกิดเจล 2 เปอร์เซ็นต์ บางกรณีมีน้ำถึง 99 เปอร์เซ็นต์ น้ำจับโดยเกิดพันธะไฮโดรเจนมีทั้งตัวให้และตัวรับอิเล็กตรอน น้ำที่อยู่ในเจลมีทั้งที่เกิดพันธะและที่เป็นอิสระ น้ำส่วนใหญ่ถูกตรึงไว้โดยไม่สามารถบีบออกมาได้ความจุที่เก็บน้ำได้แตกต่างตามชนิดของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน แร่ธาตุ ขนาดของอนุภาคโปรตีน pH อุณหภูมิ ionic strength เส้นผ่านศูนย์กลางของโพรงที่โครงร่างตาข่าย

น้ำที่โพรงของโครงร่าง โปรตีนโดยกลไกคาร์บิลารี เส้นผ่านศูนย์กลางของโพรง 1-100 นาโนเมตร น้ำถูกจับแน่นมากและถูกปลดปล่อยเมื่อเจลหดตัวเมื่อได้รับความร้อนเหน็ด อุณหภูมิการเกิดเจล ถ้าขนาดโพรง 100-200 นาโนเมตร จะสูญเสียความชื้น 10-50 เปอร์เซ็นต์ พันธะระหว่างน้ำกับโปรตีนอยู่ในช่วง 1-7 โมเลกุล/โปรตีน 1 โมเลกุล

การหดตัวของเจลทำให้น้ำออกจากเจลได้ การให้ความร้อน 95 องศาเซลเซียส ทำให้โครงสร้างเป็นสารประกอบใหญ่และมีโพรงขนาดใหญ่มากกว่าการให้ความร้อนที่ 75 องศาเซลเซียส

น้ำอยู่ในเจลได้ดังนี้

- เกิดพันธะทางเคมี เช่น hydration of salts
- น้ำถูกดูดซับที่ส่วนของโมเลกุลที่ชอบน้ำโดยเกิดพันธะไฮโดรเจน
- น้ำถูกดึงดูดส่วนของ ionic โดยโมเลกุลที่มีขั้วของน้ำ
- น้ำอยู่ใน capillary force ระหว่างผิวของโครงร่างที่ไม่ชอบน้ำ หรือ โครงร่างตาข่าย
- น้ำอยู่ในโครงร่างตาข่ายที่ยังไม่มีรูปแบบแน่นอนที่เป็นโมเลกุลที่ละลายเกินจุดอิมิตัว
- น้ำอยู่ในสารละลาย หรือแวนดอวาล์วโดยแรง long rang

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์

การเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของโมเลกุลที่เป็นของประจุ หมู่ไฮโดรฟิลิกและหมู่ไฮโดรโฟบิก เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยภายนอกโมเลกุล เช่น ความเข้มข้นของวัตถุดิบ อุณหภูมิ และเวลาในการแปรรูป เป็นต้น

2.3.1 ความแตกต่างของกล้ามเนื้อ

2.3.1.1 ชนิดของสัตว์

เมื่อนำเนื้อสุกร เนื้อโค เนื้อไก่ เนื้อปลา และเนื้อไก่วง มาทดสอบการเกิดเจลที่สภาวะความเป็นกรดต่าง 6.0 ปริมาณเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ อัตราการให้ความร้อน 0.7 องศาเซลเซียสต่อนาที พบว่าเจลที่เตรียมได้จากเนื้อปลามีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นต่ำสุด และยังทำให้น้ำหนักสูญเสียมื้อเมื่อได้รับความร้อน (cooking loss) มีปริมาณมากที่สุดด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับเจลที่ได้จากเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ ส่วนเจลที่ให้ค่าน้ำหนักสูญเสียมื้อเมื่อได้รับความร้อนต่ำที่สุด คือ เจลของเนื้อไก่ ส่วนเนื้อหมูและเนื้อวัวให้เจลที่มีค่าความแข็งแรงอยู่ในช่วงกลาง (Lan และคณะ, 1995b)

2.3.1.2 ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ

กลไกการเกิดเจลโดยการคลายตัวของโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ (salt-soluble protein) ในเนื้อไก่ส่วนอกและส่วนขาที่เกิดจากการได้รับความร้อนจะมีลักษณะการคลายตัวที่คล้ายคลึงกัน แต่การจับเรียงตัวกันใหม่ระหว่างโปรตีนจะต่างกัน เมื่อตรวจสอบคุณภาพ พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างเจลของเนื้อส่วนอกและส่วนขาในด้านความแข็งแรง และความยืดหยุ่น โดยเจลที่ได้จากเนื้อส่วนอกจะให้ค่าที่ดีกว่า เมื่อเนื้อทั้งสองส่วนอยู่ในระยะ post-rigor (Xiong และ Brekke, 1990a)

2.3.1.3 ชนิดของโปรตีน

ชนิดของโปรตีนที่มีบทบาทสำคัญในการเกิดเจล คือ โปรตีนแอคโตไมโอซิน (Suzuki, 1981) ซึ่งเป็นสถานะการจับกันตามธรรมชาติของไมโอซินกับแอคตินหรืออาจเป็นไมโอซินกับไมโอซิน Akahane และคณะ (1985) ศึกษาถึงบทบาทของโปรตีนที่มีต่อลักษณะการเกิดเจลของเนื้อกระต่ายทดลอง โดยเปรียบเทียบเจลที่ได้จากการผสมไมโอซินกับแอคตินในอัตราส่วนต่างๆ กัน พบว่าตัวอย่างแอคตินล้วนหรือไมโอซินล้วน เกิดเจลที่มีสภาพเป็นของเหลวใสหนืด ไม่สามารถเกิดเป็นรูปทรงได้และเมื่อเทลงบนพื้นราบของเหลวนี้จะแบนราบไปกับพื้น มีลักษณะคล้ายเลนส์ ส่วนตัวอย่างที่ผสมแอคตินและไมโอซินมีลักษณะเป็นโซลสีขาวขุ่นสามารถปั้นเป็นรูปทรงได้ และเมื่อให้ความร้อน (อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที) ตัวอย่างไมโอซินล้วนมีการเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งแรงของเจล แต่มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ส่วนตัวอย่างผสมระหว่างไมโอซินกับแอคตินมีค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของไมโอซิน จึงสรุปว่าแอคตินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ในการทำให้โซลยืดหยุ่นในช่วงก่อนให้ความร้อน และไมโอซินเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นในการเกิดเจลในช่วงให้ความร้อน มีหน้าที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านความแข็งแรงของเจลและความสามารถในการจับน้ำ

2.3.1.4 ปริมาณของโปรตีน

โปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือเป็นกลุ่มโปรตีนที่มีบทบาทสำคัญต่อการเกิดเจลของโปรตีน โดยเฉพาะไมโอซิน โดยโปรตีนไมโอซินละลายในสารละลายเกลือและได้รับความร้อนก็จะเกิดเจลขึ้น โปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเจล(Xiong และ Brekke,1989)

Sheard และ Tali (2004) พบว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงของเจล แต่ความขุ่นหนืดของสารละลายโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือจะมีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงของเจล Iwata และ Okada(1971) พบว่าความสามารถในการเกิดเจลของเนื้อปลา Allaska Pollock จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อทำการแช่เยือกแข็งที่ - 20 องศาเซลเซียส และ - 30 องศาเซลเซียส ในขณะที่ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือยังคงสูง

2.3.1.5 การลดขนาดของวัตถุดิบ

Acton(1972) พบว่าการรสกัดโปรตีนที่ผิวเพิ่มมากขึ้นเมื่อขนาดของชิ้นเนื้อลดลง เนื่องจากการเพิ่มพื้นที่ผิว แต่การทดลองของ Pepper และ Schemidt(1975) พบว่า พื้นที่ผิวของเนื้อที่มากขึ้นเมื่อทำการบดเนื้อผ่านแผ่นแว่นขนาด 9.5 มิลลิเมตร เทียบกับ 25.4 มิลลิเมตร ค่า binding strength และ cook yield ที่ได้ไม่เพิ่มขึ้นตามพื้นที่ผิวของเนื้อที่มากขึ้นในการผลิต beef roll

2.3.1.6 อุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้เจลเซ็ทตัวและคงตัว

อุณหภูมิที่ใช้มีผลต่อการเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์ เนื่องจากอุณหภูมิที่ต่างกัน จะทำให้องค์ประกอบของโปรตีนมีคุณสมบัติทางด้านเคมีแตกต่างกัน โดยส่วนหัวและส่วนหางของโปรตีนไมโอซิน จะเกิดการตกตะกอนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังนั้น การเกิดเจลของโปรตีนจะเกิดจากส่วนหัวของไมโอซินเกิดการสานตัวกัน หลังจากนั้น ส่วนหางของไมโอซินจะเกิดการตกตะกอนลงมา(Takeshi และคณะ,1990)

2.3.1.7 อัตราให้ความร้อนในระหว่างการทำให้เจลคงตัว

อัตราการให้ความร้อนในระดับต่ำและคงที่มีผลต่อการเกิดเจลและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการให้อัตราความร้อนต่ำจะทำให้โปรตีนมีเวลาในการคลายตัวและเกิดการจัดเรียงตัวเป็นโครงร่างตาข่ายมากขึ้น ทำให้โครงร่างตาข่ายมีความแข็งแรง

Lan และคณะ(1995b) รายงานว่าเมื่อให้ความร้อนแก่เนื้อสุกร เนื้อโค เนื้อปลา และเนื้อไก่ ที่ 3 และ 7 องศาเซลเซียสต่ออนาที ที่สภาวะความเป็นกรดต่าง 5.5,6.0,6.5 และ7.0 พบว่าเมื่อให้อัตราการให้ความร้อนต่ำที่ความเป็นกรดต่าง 6.5 และ 7.0 จะทำให้ลักษณะเจลของเนื้อสัตว์มีความยืดหยุ่นและมีความเหนียวมากกว่าเมื่อให้อัตราการให้ความร้อนสูง แต่ Saliba

และคณะ(1987) พบว่าอัตราการให้ความร้อนไม่มีผลต่อความเหนียวและความยืดหยุ่นของไส้กรอกแฟรงค์เฟอ์เตอร์

2.3.1.8 เกลือ

การเติมเกลือในเนื้อสัตว์ระหว่างการเตรียมการเพียงเล็กน้อยในช่วง 1-3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เจลที่ได้มีความแข็งแรงมากกว่าเมื่อไม่มีการเติมเกลือ เนื่องจากโปรตีนไมโอไฟบริลสามารถละลายได้มากขึ้นเพราะเกลือช่วยเพิ่มแรงผลักระหว่างเส้นใยโปรตีนทำให้เส้นใยเกิดการพองตัวขึ้น นอกจากนี้เกลียวยังช่วยเติมยทำให้อุณหภูมิที่โปรตีนเกิดการสูญเสียโครงสร้างเดิมลดลงได้ เช่น ไมโอซินจะสูญเสียโครงสร้างเดิมที่อุณหภูมิ 55.5 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเติมเกลือในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการสูญเสียโครงสร้างเดิมลดลงเหลือ 51 องศาเซลเซียส การเติมเกลือให้ผลดีกับการเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์เท่านั้น(Katsuji และคณะ,1988)

เกลือจะทำให้สูญเสียน้ำหนักภายหลังจากการปรุงสุกน้อยลง โดยเกลือจะละลายโปรตีนเส้นใย myofibrilla ออกมา ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวข้นซึมเคลือบผิวหน้าของชิ้นเนื้อ จึงทำให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้เกลียวยังลดการสูญเสียน้ำหนักผ่านความร้อน (cooking yield) และยังทำให้เซลล์ของเส้นใยเกิดการพองตัวอีกด้วย(Ranker, 2000)

เกลือบริโภคน้ำที่สำคัญของเกลือ คือ ไนโตรเจนและทำให้ไส้กรอกมีลักษณะที่เหนียว ทั้งนี้ เนื่องจากเกลือช่วยสกัดโปรตีนไมโอซิน และแอกตินออกจากกล้ามเนื้อ ซึ่งความสามารถของเกลือในการสกัดโปรตีนไม่ควรเกิน 4 องศาเซลเซียส(Pappa และคณะ, 2000)

2.3.1.9 การเติมแป้ง (starch) ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจล

วัตถุดิบและสารผสมที่สามารถเกิดเจลได้ดีหรือมีคุณสมบัติในการเป็นสารที่ทำให้เกิดเจล ได้แก่ โปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนนม สตาร์ช เพคติน คาราจีแนน เป็นต้น กลไกในการเกิดเจลของสารดังกล่าวมีความคล้ายคลึงกัน คือ สารเหล่านี้จะต้องถูกทำให้เปียก(wetting) บางชนิดละลายน้ำได้ บางชนิดพองตัวเพื่อคูดน้ำและอุ้มน้ำไว้ได้ สารที่ทำให้เกิดเจลบางชนิดจะต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับโครงสร้างของโมเลกุล เช่น การเสื่อมสภาพของโปรตีน การเจลาติไนซ์เซชันของสตาร์ช เป็นต้น หลังจากนั้นโมเลกุลภายในโครงสร้างของสารจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่และสานกันเป็นร่างแหสามมิติเกิดเป็นเจลในสถานะที่เหมาะสม เช่น สารมีความเข้มข้นเพียงพอในการเกิดเจล การเติมอ็อกซาลิกและ การเติมอ็อกซาลิกบางชนิด และการลดอุณหภูมิ เป็นต้น(ปาริฉัตร,2542)

Thomas(1999) รายงานว่าชนิดของแป้งที่แตกต่างกัน และความสามารถในการละลายน้ำของแป้งจำเป็นต่อการเกิดเจลในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยแป้งสามารถเชื่อมกับน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจนจึงทำให้มีน้ำอยู่ภายในโครงสร้างของเนื้อสัตว์ ซึ่งแป้งต้องประกอบด้วยคุณสมบัติ 4 ประการ คือ สามารถจับกับน้ำ มีความคงตัว สามารถเกิดฟิล์ม และเพิ่มเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยธรรมชาติ แป้งจำเป็นต้องมีคุณสมบัติในการเชื่อมข้าม pregelatinized และมีการแทนที่หมู่ต่างๆ ด้วยพันธะเชื่อมข้าม แต่คุณสมบัติดังกล่าวทำให้ไม่สามารถใช้แป้งในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ได้ จึงจำเป็นต้องใช้แป้งที่ผ่านการดัดแปลงด้วยปฏิกิริยา esterification (Whistler และ Deniel, 1985) ซึ่งช่วยเพิ่มอัตราการพองตัวของเม็ดแป้ง (Harsveld, 1962) เพื่อป้องกันการเกิด retrogradation ของแป้งในโครงสร้างเนื้อสัตว์ได้ เนื่องจากการดัดแปลงแป้งทำให้โพลีเมอร์ของแป้งเกิดการเชื่อมข้ามระหว่างโมเลกุลด้วยพันธะโควาเลนต์และมีการแทนที่หมู่ต่างๆ ด้วยการเติม chemical blocking groups ลงไปซึ่งทำให้แป้งดัดแปรไม่มีการเชื่อมข้ามที่คงตัวและป้องกันการเกิด retrogradation ได้

แป้งข้าวโพดดัดแปรนิยมนำมาใช้ประโยชน์ในขบวนการผลิตอาหารประเภทเนื้อสัตว์มากที่สุด เพราะแป้งข้าวโพดมีราคาถูกและมีความสามารถในการรวมตัวกับน้ำได้ดี เมื่อให้ความร้อนน้ำจะสามารถเข้าไปในเม็ดแป้งทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวขึ้น ซึ่งความร้อนจะทำให้โมเลกุลของแป้งสั้น และเกิดการแตกออก ทำให้โมเลกุลของแป้งสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจนได้มากขึ้น การพองตัวของเม็ดแป้งเป็นการกักน้ำไว้ในโครงสร้าง ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวจะแข็งแรงขึ้นได้ด้วยการดัดแปลงแป้ง (Whistler และ Deniel, 1985)

Motze และคณะ (1998) รายงานว่าการใช้แป้งดัดแปรในอาหารเป็นสิ่งสำคัญในการปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสของแฮมที่ทำจากเนื้อ PSE ซึ่งช่วยลดการสูญเสียน้ำและปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแฮมให้ดีขึ้น Mills (1995) ได้รายงานว่าแป้งดัดแปรช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตของแฮม ซึ่งแป้งดัดแปรมีความสำคัญในการปรับปรุงคุณสมบัติของอาหารประเภทเนื้อที่ ทำให้สุกโดยการต้มมากกว่าการรมควัน

Noitup (1997) รายงานว่าการผลิตและเก็บรักษาลูกชิ้นปลา โดยใช้แป้งข้าวโพด แป้งสาทิ แป้งมันสำปะหลัง และสูตรควบคุมที่ไม่ใส่แป้ง ซึ่งการเติมแป้งช่วยให้การเกิดเจลของลูกชิ้นปลาดีขึ้น มีความยืดหยุ่น และส่งผลดีต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำให้คะแนนของลูกชิ้นที่เติมแป้งได้รับการยอมรับดีกว่าลูกชิ้นสูตรควบคุมที่ไม่เติมแป้ง

วารางคณา (2542) รายงานว่าการใช้แป้ง 5 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม และแป้งถั่วเหลืองไขมันสกัด ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา มีผลทำให้ไส้กรอกปลาเกิดการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (เปอร์เซ็นต์) และแรงตัดขาด (นิวตัน) ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เนื่องจากแป้งทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับน้ำจึงช่วยเพิ่มน้ำหนักและเพิ่มความหนาแน่นแก่ผลิตภัณฑ์แต่องค์ประกอบของแป้งแต่ละชนิดต่างกัน จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะแตกต่างกัน โดยทั่วไปพบว่าแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันมีความเหมาะสมในการนำมาผลิตไส้กรอกปลา

Kong และคณะ (1991) พบว่าการเติมแป้งมีต่อคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่นของเจลเนื้อปลาสด เมื่อเม็ดแป้งเริ่มเกิดเจลบางส่วนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อบ้างจะดูดซับน้ำที่มีอยู่ในโปรตีนปลา ทำให้เมื่อบ้างบวมพองอยู่ภายในโครงสร้างของเนื้อปลา เจลเนื้อปลาจึงมีความหนาแน่นและแข็งแรงมากขึ้น

ปริมาณและชนิดของแป้งมีผลโดยตรงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเจล เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น ความสามารถในการไหลของแป้งในสภาวะที่เกิดเจลลาตินส์และปริมาณอะไมโลเพกติน(amylopectin) ซึ่งแป้งที่มีปริมาณอะไมโลเพกตินสูง เช่น แป้งมันฝรั่งจะให้เจลที่ยึดเกาะกันแน่น ในขณะที่แป้งที่มีปริมาณอะไมโลเพกตินต่ำจะให้เจลที่อ่อนนุ่มและเปราะ แป้งสาลีจะให้เจลที่มีลักษณะยึดหยุ่นคล้ายกับแป้งมันสำปะหลังแต่ให้ลักษณะยึดเกาะน้อยกว่า ซึ่งแป้งมันสำปะหลังให้เจลเนื้อปลาบดที่แน่นที่สุด และมีคุณสมบัติยึดเกาะมากที่สุด(Suzuki,1981)

Skrede(1989) ได้ศึกษาผลของการใช้แป้งชนิดต่างๆ ในไส้กรอกหมูโดยใช้แป้งมันฝรั่ง แป้งมันฝรั่งตัดแปร แป้งสาลี แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง ในปริมาณ 4.0 % พบว่าไส้กรอกหมูหลังผ่านกระบวนการแปรรูปที่ 65-85 องศาเซลเซียส แล้วทำให้เย็นที่ 5 องศาเซลเซียส เก็บรักษาที่-25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการแปรรูปและเก็บรักษาที่ดีขึ้น โดยแป้งมันฝรั่งส่งผลให้ไส้กรอกหมูมีความแน่นของเนื้อ รสชาติ และกลิ่นที่ดีที่สุด รองลงมาคือ แป้งสาลี และแป้งมันสำปะหลัง ตามลำดับ ซึ่งผลของคุณภาพไส้กรอกหมูแตกต่างกันเนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการทำให้เกิดเจลแตกต่างกัน Lee และคณะ (1990) รายงานว่าในการใช้แป้งเพื่อปรับปรุงคุณภาพซูริมิ สัดส่วนของแป้งที่ใช้และปริมาณน้ำมีความสำคัญต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของซูริมิ การใช้แป้งในปริมาณที่สูงเกินไปจะทำให้ซูริมิเปราะและแตกง่าย ปกติปริมาณแป้งที่ใช้จะอยู่ในช่วงร้อยละ 5-8 เปอร์เซ็นต์

การเกิดเจลภายในเมื่อบ้างจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการพองตัวของแป้งแต่ละชนิดซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณอะไมโลสและไขมัน นอกจากนี้ระดับอุณหภูมิในการเกิดเจลลาตินในเซชันจะแตกต่างกันไปตามชนิดและองค์ประกอบของแป้ง เช่น ปริมาณไขมัน สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน การจัดเรียงตัวและขนาดของเมื่อบ้าง เนื่องจากการจัดเรียงตัวของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินภายในเมื่อบ้างมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอทำให้เมื่อบ้างมีขนาดต่างกัน แป้งชนิดต่างๆ มีอุณหภูมิในการเกิดเจลลาตินในเซชันที่ต่างกันไป ดังตารางที่ 2 (Swinkle,1985)

ตารางที่ 2 ช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลลาติโนเซชันของแป้งชนิดต่าง ๆ ที่มีน้ำอยู่มากพอ โดยใช้ DSC (DSC gelatinization temperature ranges)

แป้ง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
แป้งข้าวโพด	70 – 89
แป้งมันฝรั่ง	57 – 87
แป้งสาลี	50 – 86
แป้งมันสำปะหลัง	68 – 92
แป้งข้าวโพดข้าวเหนียว	68 - 90

ที่มา: Swinkle(1985)

การเกิดเจลลาติโนเซชันของแป้งทำให้เจลมีความแข็งแรง แต่การเติมแป้งที่เกิดเจลลาติโนเซชันลงในเนื้อปลาสดโดยตรงจะทำให้เกิดเจลที่เปราะและไม่แข็งแรง ดังนั้นการเพิ่มความแข็งแรงของเจลจะได้ผลดีเมื่อกระบวนการเจลลาติโนเซชันของแป้งเกิดขึ้นในเนื้อปลาสด ซึ่งการเกิดเจลลาติโนเซชันของแป้งทำให้เม็ดแป้งมีการดูดซับน้ำและมีลักษณะยึดหยุ่นส่งผลต่อให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น โดยเม็ดแป้งที่ผ่านกระบวนการเจลลาติโนเซชันจะมีความทนทานต่อแรงต่างๆ มากกว่าโปรตีนจากเนื้อปลา ส่งผลให้ความแข็งแรงของเจลในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น(Suzuki ,1981)

การเติมแป้งหรือสตาร์ชลงในผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยในด้านความยึดหยุ่น ซึ่งเมื่อนำเนื้อปลาสดที่นวดและให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส โมเลกุลของแป้งจะเกิดการพองตัว พบว่าโมเลกุลของแป้งที่พองตัวนั้นไปดันให้โมเลกุลของโปรตีนมาชิดกันมากขึ้น การเกิดเจลลาติโนเซชันของแป้งช่วยก่อให้เกิดความแข็งแรงของเจล แต่การเติมแป้งที่เกิดเจลลาติโนเซชันลงในเนื้อปลาสด จะได้ผลดีเมื่อกระบวนการเจลลาติโนเซชันเกิดขึ้นในเนื้อปลาสด (โสธยา,2545)

Wu และคณะ(1985) ศึกษาความสามารถในการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในเนื้อปลาที่มีการผสมแป้งและให้ความร้อน พบว่าการเกิดเจลลาติโนเซชันของแป้งเป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแน่นขึ้น เนื่องจากเกิดการจับกันของส่วน actomyosin จากโปรตีนปลากับแป้ง เกิดเป็น actomyosin-starch combination ในระหว่างที่มีการให้ความร้อน โดยเม็ดแป้งจะเกิดการบวมพองในขณะที่เกิดเจลและการที่มีส่วนผสมของเกลือและน้ำตาลซูโครส ในกระบวนการเป็นสาเหตุทำให้แป้งเกิดเจลลาติโนเซชันที่อุณหภูมิสูงขึ้นด้วย

Sikorski(1990) พบว่า ในขณะที่มีการให้ความร้อนแป้งจะดูดซับน้ำจากเนื้อปลาสด ทำให้แป้งเกิดเจลลาติโนเซชันบางส่วน และแทรกตามช่องว่างของโครงสร้างโปรตีน มีผลทำให้โครงสร้างแข็งแรงมากขึ้น นอกจากนี้แป้งยังทำหน้าที่เป็นสารดูดความชื้น(humectant) และเพิ่มความคงตัวของเนื้อปลาสดในกระบวนการแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความรู้เบื้องต้นและความสำคัญของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชชั้นสูง พบในคลอโรพลาสต์ที่อยู่ในใบและในส่วนที่พืชใช้เป็นแหล่งเก็บอาหาร เช่น เมล็ดและหัว มนุษย์ได้รับแป้งจากพืชแตกต่างกันตามภูมิภาคในโลก แต่แป้งที่นิยมใช้กันทั่วโลกคือ แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวสาลี และแป้งมันสำปะหลัง ถึงแม้ว่าบทบาทที่สำคัญของแป้งคือ ใช้เป็นแหล่งอาหารพลังงานสูงของมนุษย์ แต่จากคุณสมบัติเฉพาะของแป้งจึงมีการนำแป้งมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของอาหาร เช่น ทำให้เกิดเจล ควบคุมความคงตัว และเนื้อสัมผัสของอาหาร แป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่นๆอยู่มาก จะเรียกว่า ฟลาวร์(flour) แต่เมื่อ สิ่งเจือปนอันหมายถึง โปรตีน ไขมัน เกลือแร่อื่นๆ ถูกสกัดออกไป จนเหลือแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่จึงเรียกว่าแป้งสตาร์ช (starch) แป้งจะสะสมอยู่ที่ส่วนต่างๆของพืชดังนี้ สะสมในเมล็ด(ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวเจ้า ข้าวฟ่าง) สะสมในราก(มันสำปะหลัง) สะสมในส่วนหัว(มันฝรั่ง มันเทศ ท้าว ยายม่อม) สะสมในลำต้น(สาธู ลับปะรด)

2.4.1 องค์ประกอบภายในแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน ในอัตราส่วน 6:10:5 มีสูตรเคมี โดยทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส ซึ่งประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคสมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glucosidic linkage) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ทางตอนปลายของสายพอลิเมอร์ที่มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่แอลดีไฮด์ เรียกว่าปลายรีดิวซิง แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (อะมิโลส) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (อะมิโลเพกติน) วางตัวในแนวรัศมี แป้งจากแหล่งที่ต่างกันจะมีอัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกตินแตกต่างกัน

ตารางที่ 3 สมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน

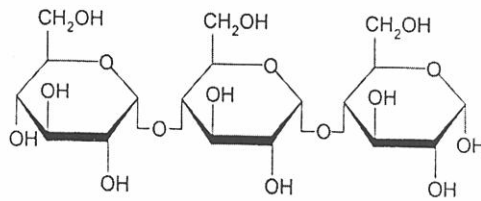
คุณสมบัติ	อะมิโลส	อะมิโลเพกติน
ลักษณะโครงสร้าง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นเส้นตรง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นกิ่งก้าน
พันธะที่จับ	α -1,4	α -1,4 และ α -1,6
ขนาด	200-2000 หน่วยกลูโคส	มากกว่า 10000 หน่วยกลูโคส
การละลาย	ละลายน้ำได้น้อยกว่า	ละลายน้ำได้ดีกว่า
การทำปฏิกิริยากับไอโอดีน	สีน้ำเงิน	สีแดงม่วง
การจับตัว	เมื่อให้ความร้อนแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง	ไม่จับตัวเป็นแผ่นแข็ง

ที่มา : ดัดแปลงจาก กล้าณรงค์ (2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.1 อะมิโลส

อะมิโลส เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก ชนิดแอลฟา-1,4 (α -1,4) ดังภาพที่ 3



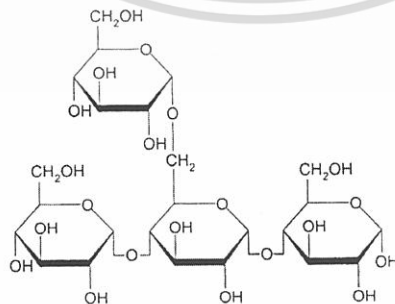
ภาพที่ 3 โครงสร้างของอะมิโลส

ที่มา : ดัดแปลงจาก กล้าณรงค์ (2543)

แป้งธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด ข้าวสาลี แป้งข้าวฟ่าง มีปริมาณอะมิโลสสูงประมาณ 28% แป้งจากรากและหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาขามีปริมาณอะมิโลสต่ำประมาณ 20% แป้งข้าวเหนียวไม่มีอะมิโลสเลย ซึ่งอะมิโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันไป ในแป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลัง มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าในแป้งข้าวโพดและแป้งสาลี แป้งแต่ละชนิดมีขนาดโมเลกุลหรือระดับขั้นการเกิดพอลิเมอร์ (Degree of polymerization, DP) ของอะมิโลสแตกต่างกัน แป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมีขนาดโมเลกุลของอะมิโลสอยู่ในช่วง 1000 ถึง 6000 สูงกว่าแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีซึ่งมีขนาดโมเลกุลของอะมิโลสในช่วง 200 ถึง 1200 แป้งที่มีโมเลกุลของอะมิโลสยาวขึ้นจะมีแนวโน้มการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ลดลง

2.4.1.2 อะมิโลเพกติน

อะมิโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคส เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก ชนิด α -1,4 และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น มีขนาดโมเลกุล (DP) อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก α -1,6 ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างอะมิโลเพกติน

ที่มา : ดัดแปลงจาก กล้าณรงค์ (2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดโมเลกุลของอะมิโลเพกตินในแป้งแต่ละชนิดจะมีค่าประมาณ 2 ล้านหน่วย น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1000 เท่าของอะมิโลส คือประมาณ 10^7 ถึง 10^9 ดาลตัน และมีอัตราการคืนตัวต่ำ เนื่องจากอะมิโลเพกตินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่ง สำหรับอะมิโลเพกตินของแป้งข้าวเจ้า ข้าวเหนียว มันสำปะหลัง และมันฝรั่ง สายส่วนใหญ่ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยกลุ่มเดี่ยวๆ และสายที่เหลืออีก 10-20 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นส่วนเชื่อมต่อของแต่ละกลุ่ม ในการจับกันเป็นกลุ่มของอะมิโลเพกตินทำให้เกิดเป็นเกลียวคู่ซึ่งช่วยให้เม็ดแป้งมีความคงทนต่อการทำปฏิกิริยาด้วยกรดและเอนไซม์

2.4.2.2 ส่วนประกอบอื่นๆภายในเม็ดแป้ง

ส่วนประกอบอื่นที่มีผลต่อลักษณะและคุณสมบัติของเม็ดแป้งที่สำคัญ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เถ้า และ ฟอสฟอรัส ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งชนิดต่างๆ

ชนิดแป้ง	ความชื้น (65% RH, 20°C)	ไขมัน (%)	โปรตีน (%)	เถ้า (%)	ฟอสฟอรัส (%)
แป้งข้าวโพด	13	0.6	0.35	0.1	0.015
แป้งมันฝรั่ง	19	0.05	0.06	0.4	0.08
แป้งสาลี	14	0.8	0.4	0.15	0.06
แป้งมันสำปะหลัง	13	0.1	0.1	0.2	0.01
แป้งข้าวโพด เหนียว	13	0.2	0.25	0.07	0.007
แป้งข้าวฟ่าง	13	0.7	0.3	0.08	ไม่มี รายงาน
แป้งข้าวเจ้า	ไม่มีรายงาน	0.8	0.45	0.5	0.1
แป้งสาธู	ไม่มีรายงาน	0.1	0.1	0.2	0.02
แป้งข้าวโพด อะมิเลส	13	0.4	ไม่มี รายงาน	0.2	0.07
แป้งมันเทศ	13	ไม่มี รายงาน	ไม่มี รายงาน	0.1	ไม่มี รายงาน

ที่มา : ดัดแปลงจาก กล้าณรงค์ (2543)

ไขมันที่รวมอยู่ในเม็ดแป้งจะส่งผลกระทบต่อลักษณะและคุณสมบัติของแป้ง โดยจะลดความสามารถในการพองตัว การละลาย การจับตัวกับน้ำของแป้ง โปรตีนจะทำให้เกิดประจุลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนพื้นผิวเมล็ดแป้ง มีผลต่อการกระจายของเมล็ดแป้ง ทำให้แป้งมีอัตราการดูดซับน้ำ อัตราการพองตัว และอัตราการเกิดเจลาตินไนซ์เปลี่ยนแปลงไป

2.4.2 คุณสมบัติของแป้ง

2.4.2.1 การดูดซับน้ำ การพองตัวและการละลาย

เมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เม็ดแป้งจะดูดซับน้ำที่เติมลงไป ภายใต้สภาวะบรรยากาศของห้องจนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับน้ำที่เติมและความชื้นในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แป้งส่วนใหญ่เมื่อเกิดสมดุลภายใต้บรรยากาศปกติจะมีความชื้น 10 ถึง 17 เปอร์เซ็นต์ น้ำที่อยู่ในเม็ดแป้งมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ น้ำในผลึก น้ำในรูปที่ไม่อิสระ (bound water) และน้ำในรูปอิสระ (free water) โดยมีการจับกับแป้งได้แน่นตามลำดับ

แป้งดิบจะไม่ละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาตินไนซ์ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ๆ กันเชื่อมกันอยู่ แต่เมื่ออุณหภูมิของสารผสมน้ำแป้งเพิ่มสูงกว่าช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาตินไนซ์ พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดแป้งเกิดการพองตัว ทำให้การละลาย ความหนืด และความใสเพิ่มขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัว และความสามารถในการละลายคือ ชนิดของแป้ง ความแข็งแรง และลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำในสารละลายแป้ง รูปแบบในการพองตัว และการละลายของเม็ดแป้งแต่ละชนิดจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันไป

เมื่อให้ความร้อน แก่สารละลายน้ำแป้ง เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัว และบางส่วนของแป้งจะละลายออกมา กำลังการพองตัวของแป้งจะแสดงเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ

แป้งแต่ละชนิดมีรูปแบบในการพองตัวและการละลายแตกต่างกันเมื่อพิจารณาตามความสามารถในการพองตัวและการละลายของแป้งแล้ว สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ แป้งจากธัญพืช แป้งจากส่วนราก และแป้งจากส่วนหัว

- แป้งจากธัญพืช มีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ชั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิดคือ พันธะบริเวณผลึก และบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้ง แป้งจำพวกนี้มีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มีกำลังการพองตัวและการละลายต่ำสุด เนื่องจากมีปริมาณอะมิโลสสูง ซึ่งอะมิโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ

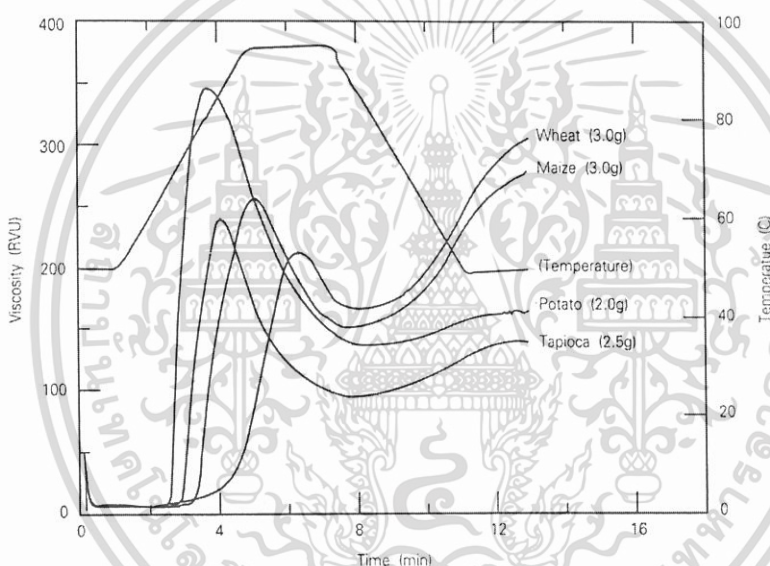
- แป้งจากส่วนรากหรือส่วนกลางลำต้น (pith) เช่นแป้งมันสำปะหลัง มีการพองตัวเพียงชั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แป้งจากส่วนหัว เช่นแป้งมันฝรั่ง จะมีการพองตัวสูงเนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ นอกจากนี้หมู่ฟอสเฟตภายในแป้งมันฝรั่ง ยังทำให้เกิดการพองตัวสูงขึ้น เนื่องจากสามารถก่อให้เกิดแรงผลักดันทางไฟฟ้าได้ การพองตัวในแป้งจากส่วนหัวจะเกิดเพียงชั้นเดียว

2.4.2.2 ความหนืด

ความหนืดเป็นสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญของแป้ง เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความหนืดของแป้งได้แก่ ชนิดของแป้ง และการตัดแปรงแป้งด้วยวิธีต่างๆ แป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติความหนืดแตกต่างกัน ไปดังแสดงในภาพที่ 5 ความหนืดที่เกิดขึ้นของน้ำแป้ง เมื่อให้ความร้อนและมีการกวนหรือคนอย่างสม่ำเสมอ จากอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ไปถึง 95 องศาเซลเซียส และคงที่เป็นเวลา 2.5 นาทีจึงลดลงเป็น 50 องศาเซลเซียส อีกครั้ง จะเห็นว่าแป้งแต่ละชนิดจะให้ลักษณะของความหนืดแตกต่างกัน



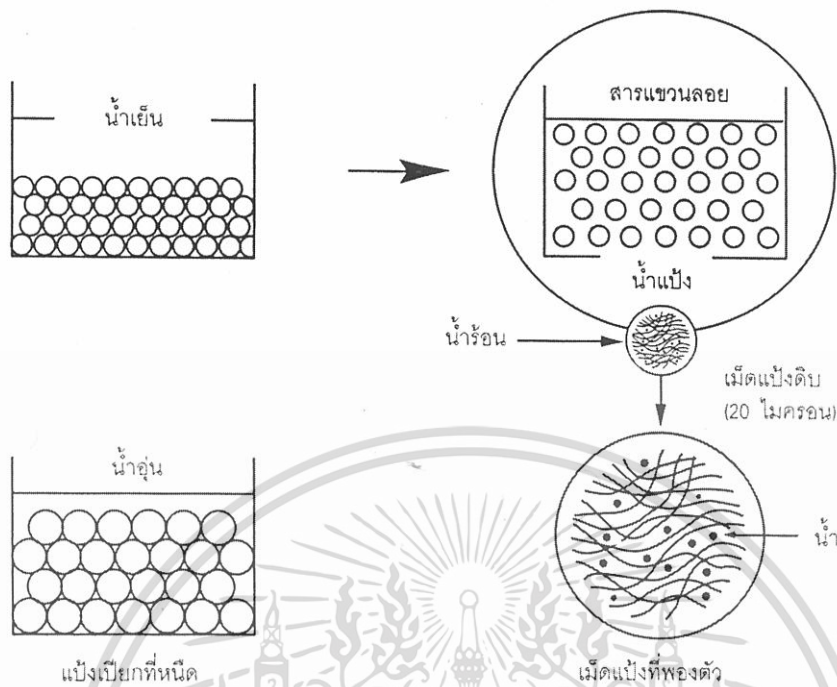
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวสาลี แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลัง

ที่มา : ดัดแปลงจาก กล้าณรงค์ (2543)

2.4.2.3 การเกิดเจลลิตินในเซชัน

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้ จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่เม็ดแป้งอยู่ในน้ำเย็นแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้น้อย แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำ และพองตัวดังภาพที่ 6 ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆเม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้ง

เคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาตินในเซชัน (gelatinization) อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลาตินไนซ์



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม

ที่มา : ดัดแปลงจาก กล้าณรงค์ (2543)

การเกิดเจลาตินในเซชันของเม็ดแป้งแบ่งได้ 3 ระยะ คือ ระยะแรกเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัดและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่างโมเลกุลยึดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เมื่อใส่สารเคมี หรือเพิ่มอุณหภูมิให้สารละลายน้ำแป้งจนถึงประมาณ 65 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิที่แท้จริงขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง) เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหระหว่างโมเลกุลภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามามาก และเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่าการเกิดเจลาตินในเซชัน เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนรูปร่างและโครงสร้าง ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมา เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีกจนเข้าสู่ระยะที่ 3 รูปร่างเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล การเกิดเจลาตินในเซชันของแป้งจะทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ได้ดีขึ้น รวมทั้งพร้อมที่จะถูกย่อยด้วยน้ำย่อยต่างๆ ได้ดีกว่า

ตารางที่ 5 ลักษณะการเกิดเจลลิตินในเซชันของแป้งแต่ละชนิด

ชนิดของแป้ง	Kofler gelatinization temperature range (°C)	swelling power ที่ 95 °C
แป้งข้าวโพด	62-67-72	24
แป้งมันฝรั่ง	58-63-68	1153
แป้งสาลี	58-61-64	21
แป้งมันสำปะหลัง	59-64-69	71
แป้งข้าวเจ้า	68-74-78	19
แป้งข้าวฟ่าง	68-74-78	22
แป้งมันเทศ	58-65-72	46

ที่มา : คัดแปลงมาจาก กล้าณรงค์ (2543)

หมายเหตุ : Kofler hot-stage microscope เป็นวิธีหนึ่งในการวัดอุณหภูมิเจลลิตินในเซชันของเม็ดแป้ง

การเกิดเจลลิตินในซีไม่ได้อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง แต่เกิดเป็นช่วงอุณหภูมิประมาณ 8 ถึง 12 องศาเซลเซียส การตรวจสอบกระบวนการการเจลลิตินในเซชัน นอกจากการใช้การสังเกตการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการบิดระนาบแสงโพลาไรซ์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เช่น Kofler gelatinization temperature rage แล้วสามารถตรวจสอบโดยเครื่องมือที่วัดและบันทึกปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการซึ่งเครื่องมือที่นิยมในปัจจุบันนี้คือเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) ที่ใช้วัดก็เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพหรือทางเคมีของวัสดุในรูปฟังก์ชันกับอุณหภูมิ ปกติพอลิเมอร์ต่าง ๆ ในรูปผลึก และอสัณฐานจะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะได้เมื่อได้รับความร้อน แป้งก็เช่นเดียวกันในสภาพที่มีน้ำน้อย เมื่อให้ความร้อนจะมีอุณหภูมิหลอมละลายที่สูงมาก กลางคือในช่วงของ 160 ถึง 200 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมากขึ้นอุณหภูมิของการหลอมละลายก็จะลดลง

2.4.2.4 การเกิดรีโทรเกรเดชัน

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลลิตินในเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น จนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะมิโลสขนาดเล็กระยะจัดกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัว โมเลกุลอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติ โครงสร้างใหม่นี้สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการควบแน่นเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียว คล้ายฟิล์มหรือผลึก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) หรือการคืนตัว (setback) การคืนตัวของแป้งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของแป้ง ความเข้มข้นของแป้ง กระบวนการให้ความร้อน กระบวนการให้ความเย็น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ ระยะเวลา ความเป็นกรด-เบสของสารละลาย ปริมาณและขนาดของอะมิโลส อะมิโลเพกติน และองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ในแป้ง แป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงจะเกิดการคิ่นตัวได้มากและเร็วกว่าแป้งที่มีปริมาณอะมิโลเพกตินสูง อัตราในการคิ่นตัวจะสูงสุด(อัตราในการละลายต่ำสุด) เมื่อขนาดโมเลกุล ของอะมิโลสเท่ากับ 100 ถึง 200 อัตราการคิ่นตัวจะลดลงเมื่อโมเลกุลของอะมิโลสยาวหรือสั้นกว่านี้ ดังนั้นแป้งแต่ละชนิดจะมีอัตราการคิ่นตัวที่ต่างกัน ในแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวจะมีอัตราการคิ่นตัวของแป้งต่ำที่สุด เนื่องจากไม่มีอะมิโลส ในแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว สำหรับแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีจะมีอัตราการคิ่นตัวสูงกว่าแป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากในแป้งธัญพืชมีปริมาณอะมิโลสสูง (ประมาณ 28 %)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1. เนื้อหมูส่วนสันนอกจากห้างสรรพสินค้า (เนื้อที่ผ่านการบ่มหลังแช่เย็นที่อุณหภูมิ 3-5 องศาเซลเซียส)
2. แป้งข้าวโพด
3. แป้งสาลี
4. แป้งมันสำปะหลัง
5. เกลือแกง

3.2 อุปกรณ์

1. เครื่องแก้วเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมี
2. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่งและ 4 ตำแหน่ง
3. เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer : TA-XT2)
4. เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)
5. เครื่องปั่นผสม(Blender)
6. เทอร์โมมิเตอร์
7. อุปกรณ์ในครัวเรือน
8. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
9. น้ำกลั่น

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาผลของแป้งและปริมาณน้ำต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก

ใช้เนื้อหมูสดส่วนสันนอกหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด $2 \times 3 \times 1$ เซนติเมตร³ ที่แช่เย็น อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส มาหมักรวมกับแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งสาลี หรือแป้งมันสำปะหลัง ที่ระดับ 4.0 เปอร์เซ็นต์โดยเติมเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ ผสมรวมกับน้ำที่ 20 , 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียสจากนั้นทำการนวดเนื้อเป็นเวลา 5 นาที แล้วพักไว้ 20 นาที และนวดต่ออีก 5 นาที นำเนื้อหมูที่นวดแล้วใส่ถุงพลาสติกก่อนนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำไปต้มให้สุกในอ่างน้ำร้อน 76 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วตรวจสอบคุณภาพของเนื้อหมูด้านต่างๆดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.1 เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (%yield)

3.3.1.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน (%cooking loss)

3.3.1.3 ค่าแรงตัดเฉือน (shear force) โดยใช้เครื่อง Texture analyzer

3.3.1.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) โดยใช้วิธีการเหวี่ยง แยกน้ำออกด้วยความเร็วสูง 2000 รอบต่อนาที (rpm) 5 นาที โดยเครื่องcentrifuge (Wierbicki และคณะ,1962)

เลือกปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับแป้งแต่ละชนิด ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) ที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม SPSS และวิเคราะห์ความแตกต่างของปัจจัยด้วย วิธี Duncan Multiple Range Test

3.3.2 ศึกษาปริมาณของแป้งที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก

โดยใช้แป้ง 3 ชนิดและปริมาณน้ำที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.1 โดยใช้ระดับแป้ง 0, 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับและเติมเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลงในเนื้อหมูสดส่วนสันนอกที่หั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 2x3x1 เซนติเมตร³ ที่แช่เย็นอุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส ทำการนวดเนื้อเป็นเวลา 5 นาที แล้วพักไว้ 20 นาที และนวดต่ออีก 5 นาที นำเนื้อหมูที่นวดแล้วใส่ถุงพลาสติก ก่อนนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำไปต้มให้สุกในอ่างน้ำร้อน 76±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วตรวจสอบคุณภาพของเนื้อหมูด้านต่างๆดังนี้

3.3.2.1 เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (%yield)

3.3.2.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน (%cooking loss)

3.3.2.3 ค่าแรงตัดเฉือน (shear force) โดยใช้เครื่อง Texture analyzer

3.3.2.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) โดยใช้วิธีการเหวี่ยง แยกน้ำออกด้วยความเร็วสูง 2000 รอบต่อนาที (rpm) 5 นาที โดยเครื่องcentrifuge (Wierbicki และคณะ,1962)

เลือกปริมาณของแป้งที่เหมาะสมที่สุดต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) ที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม SPSS และวิเคราะห์ความแตกต่างของปัจจัยด้วย วิธี Duncan Multiple Range Test

3.3.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมกับชนิดและปริมาณของแป้งต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก

โดยใช้แป้ง 3 ชนิดในปริมาณที่คัดเลือกจากข้อ 3.2 และปริมาณน้ำที่เหมาะสมจากข้อ 3.1 หลังจากเติมเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ ทำการหมักเนื้อโดยวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.1 แต่ศึกษาอุณหภูมิในการต้มเนื้อให้สุกในอ่างน้ำร้อน โดยเลือกใช้อุณหภูมิตามชนิดของแป้ง ดังนี้

ชนิดที่ 1 แป้งข้าวโพด ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 ± 2 , 80 ± 2 , และ 85 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีตามลำดับ

ชนิดที่ 2 แป้งสาลี ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 59 ± 2 , 68 ± 2 , และ 77 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีตามลำดับ

ชนิดที่ 3 แป้งมันสำปะหลัง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 74 ± 2 , 80 ± 2 , และ 86 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีตามลำดับ แล้วตรวจสอบคุณภาพของเนื้อหมูด้านต่างๆดังนี้

3.3.3.1 เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (%yield)

3.3.3.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน (%cooking loss)

3.3.3.3 ค่าแรงตัดเฉือน (shear force) โดยใช้เครื่อง Texture analyzer

3.3.3.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) โดยใช้วิธีการเหวี่ยงแยกน้ำออกด้วยความเร็วสูง 2000 รอบต่อนาที (rpm) 5 นาที โดยเครื่อง centrifuge (Wierbicki และคณะ,1962)

เลือกปริมาณของแป้งที่เหมาะสมที่สุดต่อคุณภาพของเนื้อหมู ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) ที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม SPSS และวิเคราะห์ความแตกต่างของปัจจัยด้วย วิธี Duncan Multiple Range Test

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับแป้งแต่ละชนิดต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก

ใช้เนื้อหมูสดส่วนสันนอกที่แช่เย็นอุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส นำมาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด $2 \times 3 \times 1$ เซนติเมตร³ หมักรวมกับแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งสาลี หรือ แป้งมันสำปะหลัง ที่ระดับ 4.0 เปอร์เซ็นต์โดยเติมเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ ผสมรวมกับน้ำที่ 20 , 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียสจากนั้นทำการนวดเนื้อเป็นเวลา 5 นาที แล้วพักไว้ 20 นาที และนวดต่ออีก 5 นาที (สกุลดีและกุลธิดา, 2547) นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำไปต้มให้สุกในอ่างน้ำร้อน 76 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วตรวจคุณภาพของเนื้อหมูด้านต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 6 , 7 และ 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ผลของปริมาณน้ำต่อคุณภาพของเนื้อหมูเมื่อหมักด้วยแป้งข้าวโพด 4.0 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณน้ำ (%)	water holding capacity (%)	cooking loss (%)	yield (%)	shear force (g)
20	61.286 ± 0.22^b	26.885 ± 0.81^b	85.230 ± 0.34^a	1940.090 ± 5.14^b
30	65.687 ± 0.14^c	21.935 ± 0.26^a	89.850 ± 0.90^b	1746.700 ± 26.23^a
40	59.438 ± 0.47^a	29.410 ± 0.77^b	81.945 ± 1.21^a	2067.100 ± 31.35^c

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 6 พบว่าเนื้อหมูที่หมักด้วยแป้งข้าวโพดเมื่อเติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ นั้นจะมีความนุ่มชุ่มน้ำมากที่สุด โดยพิจารณาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ใช้ทั้ง 3 ระดับ พบว่า เนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุดคือ 65.687 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์จะมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 61.286 เปอร์เซ็นต์ และ 59.438 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื้อหมูหมักที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงจะสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโมเลกุลได้มาก เมื่อทำให้สุก เนื้อที่ได้จะสูญเสียให้น้อยและไม่แข็งกระด้าง จึงส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าเนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์จะสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกเพียง 21.935 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเนื้อหมูที่เติมน้ำ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ อยู่ 4.95 และ 7.47 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ผลผลิต พบว่าเนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 89.850 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเนื้อหมูที่เติมเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำ 20 เปอร์เซ็นต์และ 40 เปอร์เซ็นต์ ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิต 85.230 เปอร์เซ็นต์ และ 81.945 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงตัดเฉือนที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อหมูหมัก พบว่าเมื่อเนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแรงตัดเฉือนเท่ากับ 1746.70 กรัม ซึ่งน้อยกว่าเนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์ อยู่ 193.39 กรัม และ 320.4 กรัมตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากแรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อชิ้นน้อย แสดงว่าเนื้อมีความนุ่มและชุ่มน้ำมาก ซึ่งการเคี้ยวจะช่วยให้น้ำหมูหมักอุ้มน้ำได้มากขึ้น เนื่องจากแป้งที่แทรกอยู่ในเนื้อขณะนวดเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการเจลาติไนซ์ขึ้นจึงจับน้ำไว้ในโครงสร้างของเนื้อได้ดีขึ้น ทำให้ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ผลผลิตและเป็นการลดต้นทุนอีกด้วย แต่ถ้าหากเคี้ยวแป้งเพียงอย่างเดียวจะทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งกระด้างไม่น่ารับประทาน จึงต้องเติมน้ำเข้าไปด้วย อีกทั้งการนวดและการเคี้ยว ยังช่วยให้น้ำหมักซึมเข้าสู่ชิ้นเนื้อได้มากขึ้น จะเห็นได้ว่าการใช้น้ำปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เนื้อหมูหมักมีความนุ่มชุ่มน้ำมากที่สุด มีเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตสูงสุดและ สูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกน้อยกว่า การใช้น้ำปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์และ 40 เปอร์เซ็นต์ จึงเลือกใช้ปริมาณน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ในแป้งข้าวโพด เพื่อทำการศึกษาระดับแป้งต่อคุณภาพเนื้อหมูหมักต่อไป

ตารางที่ 7 ผลของปริมาณน้ำต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมักด้วยแป้งสาลี 4.0 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณน้ำ (%)	water holding capacity (%)	cooking loss (%)	yield (%)	shear force (g)
20	57.717±0.17 ^b	27.135±2.07 ^a	86.805±0.48 ^b	1432.535±49.49 ^b
30	59.979±0.06 ^c	24.190±1.53 ^a	89.490±0.19 ^c	1151.090±36.26 ^a
40	54.155±0.04 ^a	29.845±0.86 ^a	84.625±0.50 ^a	1715.075±24.70 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 7 พบว่าการใช้น้ำปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เติมน้ำในเนื้อหมูหมักผสมกับแป้งสาลี ทำให้เนื้อหมูหมักมีความนุ่มชุ่มน้ำมากที่สุด โดยพิจารณาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ใช้ทั้ง 3 ระดับ พบว่า เนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุดคือ 59.979 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 57.717 เปอร์เซ็นต์ และ 54.151 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำดี จึงสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโมเลกุลมาก เมื่อทำให้เนื้อสุก เนื้อจะสูญเสียน้ำน้อยลงทำให้เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าเนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์จะสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกเพียง 24.190 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ผลผลิต พบว่าเนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 89.490 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมากกว่าเนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์และ 40 เปอร์เซ็นต์ อยู่ 2.68 และ 4.88 เปอร์เซ็นต์ และค่าแรงตัดเนื้อที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อหมูหมักเมื่อเติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ ก็มีค่าน้อยที่สุดเช่นเดียวกัน คือ 1151.090 กรัม แสดงว่าเนื้อหมูที่หมักด้วยแป้งสาลีเมื่อเติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ เนื้อจะมีความนุ่มและชุ่มน้ำมากที่สุด มีเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตสูงสุด และ สูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกน้อยกว่า การใช้ปริมาณน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์และ 40 เปอร์เซ็นต์ จึงเลือกใช้ปริมาณน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ในแป้งสาลี เพื่อทำการศึกษาระดับแป้งต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมักต่อไป

ตารางที่ 8 ผลของปริมาณน้ำต่อคุณภาพของเนื้อหมูเมื่อหมักด้วยแป้งมันสำปะหลัง 4.0 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณน้ำ (%)	water holding capacity (%)	cooking loss (%)	yield (%)	shear force (g)
20	56.878±0.02 ^c	24.935±1.58 ^a	86.440±0.11 ^c	2157.560±47.07 ^a
30	52.708±0.31 ^a	27.075±2.94 ^a	82.825±0.08 ^b	2511.380±27.56 ^b
40	54.211±0.06 ^b	29.000±2.14 ^a	81.900±0.14 ^a	2669.360±41.92 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 8 พบว่า เนื้อหมูหมักผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่เติมน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ มีความนุ่มชุ่มน้ำมากที่สุด โดยสังเกตจากค่าความสามารถในการอุ้มน้ำคือมีค่าเท่ากับ 56.878 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าเนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์อยู่ 4.17 และ 2.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เนื้อหมูหมักที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำดี จะเก็บกักน้ำไว้ในโมเลกุลมาก เมื่อทำให้เนื้อสุก เนื้อจะสูญเสียน้ำน้อย ทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพิ่มสูง พบว่าการใช้ปริมาณน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์จะทำให้เนื้อหมูหมักสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุก เท่ากับ 24.935 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปริมาณน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตพบว่า การใช้ปริมาณน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเท่ากับ 86.440 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์และ 40 เปอร์เซ็นต์ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิต น้อยกว่า อยู่ 3.62 เปอร์เซ็นต์ และ 4.54 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนค่าแรงตัดเนื้อที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อหมูหมักเมื่อเติมน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์, 30 เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 2157.560 กรัม, 2511.380 กรัม และ 2669.360 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างน้ำปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ กับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณ 30,40 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าการใช้น้ำปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เนื้อหมูหมักมีเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตสูง สูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกน้อย มีความนุ่ม ชุ่มน้ำมากกว่าการใช้น้ำปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์ จึงเลือกใช้ปริมาณน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ในแป้งมันสำปะหลัง เพื่อทำการศึกษาระดับแป้งต่อคุณภาพเนื้อหมูหมักต่อไป

4.2 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งแต่ละชนิดต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก

โดยใช้แป้ง 3 ชนิดและเติมน้ำที่ระดับซึ่งคัดเลือกได้จากหัวข้อ 4.1 โดยใช้แป้งที่ระดับ 0, 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและเติมเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลงในเนื้อหมูสดส่วนสันนอกที่หั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 2x3x1 เซนติเมตร³ ที่แช่เย็นอุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส ทำการนวดเนื้อเป็นเวลา 5 นาที แล้วพักไว้ 20 นาที และนวดต่ออีก 5 นาที นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำไปต้มให้สุกในอ่างน้ำร้อน 76 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ก่อนตรวจสอบคุณภาพของเนื้อหมักด้านต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 9,10 และ 11 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ผลของการเติมแป้งข้าวโพดที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก

ปริมาณแป้ง (%)	water holding capacity (%)	cooking loss (%)	yield (%)	shear force (g)
0	52.408±0.25 ^a	36.530±0.34 ^d	70.835±0.69 ^a	4132.950±109.60 ^c
2	62.015±1.44 ^b	26.605±0.75 ^c	86.270±0.00 ^b	2919.260±26.00 ^d
4	65.392±0.21 ^b	18.995±0.28 ^{ab}	94.985±1.32 ^c	1834.100±43.00 ^b
6	66.127±0.02 ^b	17.720±0.84 ^a	96.930±0.10 ^c	1575.315±26.85 ^a
8	63.953±4.81 ^b	20.360±0.51 ^b	95.225±0.39 ^c	2670.000±10.25 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 9 เมื่อพิจารณาเนื้อหมูหมักที่เติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ที่เลือกได้จากตอนที่ 1 ผสมกับแป้งข้าวโพดระดับต่างๆ พบว่าเนื้อหมูหมักที่เติมแป้ง 6 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 66.127 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแป้งที่ 2, 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเนื้อหมูหมักที่ไม่ได้ผสมแป้ง โดยเนื้อหมูหมักที่ไม่ได้ผสมแป้งมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 52.408 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าเนื้อหมูหมักที่เติมแป้ง 6 เปอร์เซ็นต์ถึง 13.719 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อหมูหมักจะมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุก โดยพบว่าเนื้อหมูหมักที่เติมแป้ง 6 เปอร์เซ็นต์จะสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกน้อยที่สุดเท่ากับ 17.720 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่า เนื้อหมูที่ไม่ได้เติมแป้งถึง 17.71 เปอร์เซ็นต์ การที่เนื้อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมูหมักสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกน้อย ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้เพิ่มขึ้น โดยเนื้อหมูหมักที่เค็มแป้ง 6 เปอร์เซ็นต์จะมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตมากที่สุดคือ 96.930 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แป้ง 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้แป้ง 0 และ 2 เปอร์เซ็นต์ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณแป้งที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้เนื้อหมูหมักมีผลผลิตเพิ่มขึ้นเพราะแป้งมีส่วนช่วยเพิ่มเนื้อสัมผัสให้แก่เนื้อหมูหมักและยังทำให้เนื้อหมูหมักมีความนุ่มชุ่มน้ำซึ่งเนื้อหมูหมักที่เค็มแป้ง 6 เปอร์เซ็นต์จะมีความนุ่มมากที่สุด โดยพิจารณาจากแรงเฉือนที่ใช้ตัดชิ้นเนื้อ โดยวัดค่าได้เท่ากับ 1575.315 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแป้งที่ 0, 2, 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าน้อยกว่า อยู่ 2557.635 , 1343.945, 258.785 และ 1094.685 กรัมตามลำดับทั้งนี้เนื่องจากแรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้ออย่างน้อยแสดงว่าเนื้อหมูหมักมีความนุ่มและชุ่มน้ำมากขึ้น แสดงว่าปริมาณแป้งมีผลต่อคุณภาพเนื้อหมูหมัก โดยปริมาณแป้งที่ 6 เปอร์เซ็นต์จะทำให้เนื้อหมูหมักมีคุณภาพที่ดีที่สุด จึงเลือกปริมาณแป้งข้าวโพดที่ 6 เปอร์เซ็นต์เพื่อทำการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพเนื้อหมูหมักต่อไป

ตารางที่ 10 ผลของปริมาณแป้งสาลีต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก

ปริมาณแป้ง (%)	water holding capacity (%)	cooking loss (%)	yield (%)	shear force (g)
0	52.408±0.25 ^a	36.530±0.34 ^d	70.835±0.69 ^a	4132.950±109.60 ^d
2	55.806±1.01 ^b	27.950±0.85 ^c	83.960±0.48 ^b	3005.150±18.20 ^c
4	61.029±0.22 ^c	21.585±0.94 ^a	90.155±0.22 ^d	1143.615±14.48 ^a
6	61.693±1.72 ^c	24.330±0.01 ^b	86.185±0.06 ^c	1389.300±20.05 ^b
8	60.419±0.19 ^c	21.885±0.32 ^a	87.330±0.03 ^c	1281.050±47.35 ^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 10 พบว่าการหมักหมูที่เติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์และผสมกับแป้งสาลีในปริมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ที่เลือกได้จากตอนที่ 1 เมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการอุ้มน้ำ พบว่าปริมาณแป้งที่ 6 เปอร์เซ็นต์มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 61.693 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแป้งที่ 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณแป้งที่ 0 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยกว่าเนื้อหมูหมักที่เค็มแป้ง 6 เปอร์เซ็นต์อยู่ 9.258 และ 5.887 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อหมูหมักจะมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกยังมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกก็จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยิ่งน้อย โดยพบว่าปริมาณแป้งที่ 4 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เนื้อหมูหมักสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.585 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแป้งที่ 8 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณแป้งที่ 0 , 2 และ 6 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกน้อยกว่าอยู่ 14.945 , 6.365 และ 2.745 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เนื่องจากเนื้อหมูหมักมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีจึงสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโมเลกุลของเนื้อหมูหมักได้มากเมื่อทำให้สุกเนื้อจึงมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยลง ทำให้เนื้อหมูหมักที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตมากที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 90.155 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแป้งที่ระดับต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ผลผลิตของเนื้อหมูหมักที่ได้เพิ่มขึ้นเพราะแป้งช่วยเพิ่มเนื้อสัมผัสให้แก่เนื้อหมูหมัก และยังทำให้เนื้อหมูหมักมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มมากขึ้น เนื้อหมูที่ได้จึงไม่แห้งแข็ง แต่ปริมาณแป้งที่ 6 เปอร์เซ็นต์จะไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณแป้งที่ 8 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากปริมาณแป้งที่มากเกินไปจะทำให้เนื้อหมูหมักเกิดการอิมตัวเมื่ออิมตัวจะไม่สามารถดูดซึมน้ำแป้งได้มากนัก ซึ่งปริมาณแป้งที่ 4 เปอร์เซ็นต์จะทำให้เนื้อหมูหมักมีความนุ่มมากที่สุด โดยพิจารณาจากแรงเฉือนที่ใช้ตัดชิ้นเนื้อซึ่งวัดค่าได้เท่ากับ 1143.615 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแป้งที่ 0, 2, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณแป้งที่ 4 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าแรงเฉือนที่ใช้ตัดชิ้นเนื้อน้อยกว่าที่ 0, 2, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์อยู่ 2989.335, 1861.535, 245.685 และ 137.435 กรัมตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากแรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อยิ่งน้อยแสดงว่าเนื้อหมูหมักมีความนุ่มและชุ่มน้ำมาก แสดงว่าปริมาณแป้งมีผลต่อคุณภาพเนื้อหมูหมัก โดยปริมาณแป้งที่ 4 เปอร์เซ็นต์จะทำให้เนื้อหมักมีคุณภาพที่ดีที่สุด ซึ่งค่าการสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกและความสามารถในการอุ้มน้ำไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตและค่าแรงเฉือนมีความแตกต่างกันทางสถิติ จึงเลือกปริมาณแป้งที่ 4 เปอร์เซ็นต์เพื่อทำการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพเนื้อหมูหมักต่อไป

ตารางที่ 11 ผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก

ปริมาณแป้ง (%)	water holding capacity (%)	cooking loss (%)	yield (%)	shear force (g)
0	52.408±0.25 ^a	36.530±0.34 ^d	70.835±0.69 ^a	4132.950±109.60 ^d
2	57.167±0.01 ^b	32.495±1.62 ^c	76.800±1.66 ^b	3424.490±168.01 ^c
4	60.659±0.09 ^d	22.875±0.94 ^b	88.680±0.95 ^c	2261.000±55.95 ^a
6	61.736±0.24 ^c	14.180±0.52 ^a	98.980±0.05 ^d	2074.125±28.40 ^a
8	58.339±0.45 ^c	24.025±0.59 ^b	85.665±0.29 ^c	2891.425±42.37 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 11 พบว่าการหมักหมูที่เติมน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์และผสมกับแป้งมันสำปะหลังในปริมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ที่เลือกได้จากตอนที่ 1 มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 61.736 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแป้งที่ระดับต่าง ๆ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแป้งที่ 0, 2, 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์จะมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าอยู่ 9.328, 4.569, 1.077 และ 3.397 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อหมูหมักจะมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุก โดยพบว่าปริมาณแป้งที่ 6 เปอร์เซ็นต์จะทำให้เนื้อหมูหมักสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกน้อยที่สุด เท่ากับ 14.180 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแป้งที่ 0, 2, 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณแป้งที่ 6 เปอร์เซ็นต์ จะมีการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกน้อยกว่าอยู่ 22.35, 18.315, 8.695 และ 9.845 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เนื่องจากเนื้อหมูหมักมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีจึงสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโมเลกุลได้มากทำให้เนื้อหมูหมักที่ได้ไม่แห้งแข็งและเนื้อหมูหมักจะสูญเสียน้ำหนักน้อยลงหลังทำให้สุก เนื้อหมูหมักมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตมากที่สุดคือ 98.980 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแป้งที่ระดับต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ปริมาณแป้ง 6 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตมากกว่าปริมาณแป้งที่ 0, 2, 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณแป้งมากขึ้นจะทำให้ผลผลิตของเนื้อหมูหมักเพิ่มขึ้นเพราะแป้งมีส่วนช่วยเพิ่มเนื้อสัมผัสให้แก่เนื้อหมูหมัก และยังทำให้เนื้อหมูหมักมีความนุ่มชุ่มน้ำซึ่งปริมาณแป้งที่ 6 เปอร์เซ็นต์จะทำให้เนื้อหมูหมักมีความนุ่มมากที่สุด โดยพิจารณาจากแรงเฉือนที่ใช้ตัดชิ้นเนื้อ ซึ่งวัดค่าได้เท่ากับ 2074.125 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแป้งที่ 0, 2 และ 8 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแป้งที่ 4 เปอร์เซ็นต์พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากแรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อยิ่งน้อยแสดงว่าเนื้อหมูหมักมีความนุ่มและชุ่มน้ำมากขึ้น แสดงว่าปริมาณแป้งมีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก โดยปริมาณแป้งที่ 6 เปอร์เซ็นต์จะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหมูหมักมีคุณภาพที่ดีที่สุด แม้ว่าค่าแรงเฉือนที่ได้จะไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ แต่ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิต ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อหมูหมักมีความแตกต่างกันทางสถิติ จึงเลือกปริมาณแบ่งที่ 6 เปอร์เซ็นต์เพื่อทำการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพเนื้อหมูหมักต่อไป

4.3 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมกับชนิดและปริมาณของแป้งแต่ละชนิดต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก

โดยใช้แป้ง 3 ชนิดในปริมาณที่คัดเลือกจากตอนที่ 2 และปริมาณน้ำที่เหมาะสมจากตอนที่ 1 หลังจากเติมเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ ทำการหมักเนื้อโดยวิธีการเช่นเดียวกับตอนที่ 1 ให้ความร้อนแก่เนื้อหมูหมักโดยการต้มให้สุกในอ่างน้ำร้อน โดยเลือกใช้อุณหภูมิตามชนิดของแป้งดังนี้

ชนิดที่ 1 แป้งข้าวโพด ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 ± 2 , 80 ± 2 , และ 85 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีตามลำดับ

ชนิดที่ 2 แป้งสาลี ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 59 ± 2 , 68 ± 2 , และ 77 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีตามลำดับ

ชนิดที่ 3 แป้งมันสำปะหลัง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 74 ± 2 , 80 ± 2 , และ 86 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีตามลำดับ แล้วตรวจสอบคุณภาพของเนื้อหมักด้านต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 12, 13 และ 14 ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของเนื้อหมูเมื่อหมักด้วยแป้งข้าวโพด

อุณหภูมิ (°C)	water holding capacity (%)	cooking loss (%)	yield (%)	shear force (g)
75±2	65.219±0.64 ^a	17.370±0.48 ^b	95.395±0.57 ^a	1802.765±43.63 ^b
80±2	68.740±0.26 ^b	15.495±0.17 ^a	97.215±0.18 ^b	1653.250±17.55 ^{ab}
85±2	69.850±0.49 ^b	14.210±0.25 ^a	98.915±0.20 ^c	1497.050±88.75 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อหมักหมูด้วยแป้งข้าวโพดโดยใช้ปริมาณน้ำที่คัดเลือกได้จากตอนที่ 1 คือ 30 เปอร์เซ็นต์และปริมาณแป้งข้าวโพดที่คัดเลือกได้จากตอนที่ 2 คือ 6 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ดังตารางที่ 12 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ เนื้อหมูหมักจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุดเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 85 ± 2 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซลเซียส และ 75 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียสอยู่ 1.11 และ 4.631 เฟอร์เซนต์ตามลำดับ ซึ่งที่อุณหภูมิ 85±2 องศาเซลเซียส และ 80±2 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ อุณหภูมิ 75±2 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับค่าการสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกคือ เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85±2 องศาเซลเซียส จะมีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดคือ 14.210 เฟอร์เซนต์ และมีค่าน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 80±2 องศาเซลเซียส และ 75±2 องศาเซลเซียสเท่ากับ 3.16 และ 1.258 เฟอร์เซนต์ตามลำดับ จึงเห็นได้ว่าเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85±2 องศาเซลเซียส เนื้อ หมูหมักจะมีคุณภาพดีที่สุดคือมีความนุ่มชุ่มน้ำและมีการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกน้อยจึงทำให้ เฟอร์เซนต์ผลผลิตที่ได้มากที่สุดเท่ากับ 98.915 เฟอร์เซนต์ และมีความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 80±2 องศาเซลเซียสและ 75±2 องศาเซลเซียส ซึ่งมีเฟอร์เซนต์ผลผลิตเท่ากับ 97.215 และ 95.395 เฟอร์เซนต์ ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 85±2 องศาเซลเซียส เนื้อหมูหมักจะมีความนุ่มมากที่สุด ซึ่งมีค่าแรงตัดเนื้อที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อ เท่ากับ 1497.050 กรัม ส่วนค่าแรงตัดเนื้อเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80±2 องศาเซลเซียส และ 75±2 องศาเซลเซียส เท่ากับ 1653.250 กรัม และ 1802.765 กรัมตามลำดับ เนื้อหมูหมักที่มี ค่าแรงตัดเนื้อน้อย เนื่องจากเนื้อนั้นมีการกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้มากจึงทำให้เนื้อมีความ นุ่ม

ตารางที่ 13 ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมักด้วยแป้งสาลี

อุณหภูมิ (°C)	water holding capacity (%)	cooking loss (%)	yield (%)	shear force (g)
59±2	55.336±0.17 ^a	23.795±0.45 ^b	88.185±0.42 ^a	1644.850±14.35 ^c
68±2	57.878±0.16 ^b	21.745±0.53 ^{ab}	90.330±0.17 ^b	1423.050±11.85 ^b
77±2	60.672±0.49 ^c	21.150±0.38 ^a	91.750±0.50 ^b	1157.050±16.75 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความ เชื่อมั่น 95 %

ระดับอุณหภูมิในการเกิดเจลาตินเซชันจะแตกต่างกันไปตามชนิดและองค์ประกอบ ของแป้ง เนื้อหมักหมูด้วยแป้งสาลีโดยใช้ปริมาณน้ำที่คัดเลือกได้จากตอนที่ 1 คือ 30 เฟอร์เซนต์ และปริมาณแป้งสาลีที่คัดเลือกได้จากตอนที่ 2 คือ 4 เฟอร์เซนต์ แล้วนำมาให้ความร้อนที่ อุณหภูมิต่างๆ ดังตารางที่ 13 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ เนื้อหมูหมักจะมี ความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุดเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 77±2 องศาเซลเซียสซึ่งมีค่า เท่ากับ 60.672 เฟอร์เซนต์ และรองลงมาคือ 68±2 องศาเซลเซียส และ 59±2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 77±2 องศาเซลเซียสอยู่ 2.794 และ 5.336 เฟอร์เซนต์ ซึ่งเนื้อหมูหมักที่ให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิ 59±2 องศาเซลเซียส จะมี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยที่สุดและเนื้อหมูหมักจะมีการอุ้มน้ำได้มากที่สุดเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 77 ± 2 องศาเซลเซียส อาจเป็นเพราะว่าที่อุณหภูมิ 77 ± 2 องศาเซลเซียส แป้งสาทิจะเกิดการเจลาติไนซ์ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 68 ± 2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 59 ± 2 องศาเซลเซียส ทำให้เนื้อหมูหมักสามารถเก็บกักน้ำไว้ในโครงสร้างได้มาก เนื้อหมูหมักจึงมีการสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกเพียง 21.150 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่อุณหภูมิ 68 ± 2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 59 ± 2 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 21.745 และ 23.795 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเนื้อหมูหมักมีการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกที่อุณหภูมิ 77 ± 2 องศาเซลเซียส น้อยจึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตมากที่สุดเท่ากับ 91.750 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่อุณหภูมิ 68 ± 2 องศาเซลเซียส แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับที่อุณหภูมิ 59 ± 2 องศาเซลเซียส และเนื้อหมูหมักจะมีความนุ่มมากที่สุดที่อุณหภูมิ 77 ± 2 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีค่าแรงตัดเนื้อน้อยที่สุดเท่ากับ 1157.050 กรัม ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 68 ± 2 องศาเซลเซียส และ 59 ± 2 องศาเซลเซียสอยู่ 487.8 และ 266.0 กรัมตามลำดับ ซึ่งพบว่ามี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะเห็นได้ว่าเนื้อหมูที่หมักด้วยแป้งสาทิจะมีคุณภาพดีที่สุดใน ความนุ่ม ชุ่มน้ำ การสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุก และ เปอร์เซ็นต์ผลผลิต เมื่อให้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 77 ± 2 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 14 ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของเนื้อหมูเมื่อหมักด้วยแป้งมันสำปะหลัง

อุณหภูมิ (°C)	water holding capacity (%)	cooking loss (%)	yield (%)	shear force (g)
74±2	60.138±0.03 ^a	14.010±0.91 ^a	97.360±0.17 ^a	2069.800±44.60 ^c
80±2	64.305±0.92 ^b	13.220±0.28 ^a	98.120±0.07 ^b	1802.550±75.25 ^b
86±2	66.208±0.11 ^b	11.755±0.41 ^a	99.420±0.15 ^c	1502.500±2.20 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อหมักหมูด้วยแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้ปริมาณน้ำที่คัดเลือกได้จากตอนที่ 1 คือ 20 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่คัดเลือกได้จากตอนที่ 2 คือ 6 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมา ให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ดังตารางที่ 14 พบว่า เนื้อหมูหมักที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 86 ± 2 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุดเท่ากับ 66.208 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซลเซียส และ 74 ± 2 องศาเซลเซียสอยู่ 1.903 และ 6.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิ 86 ± 2 องศาเซลเซียสจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับที่ อุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซลเซียส แต่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับที่อุณหภูมิ 74 ± 2 องศาเซลเซียส ซึ่งเนื้อหมูหมักที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงเมื่อทำให้สุกจะมีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเนื้อหมูหมักจะมีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 11.755 เปอร์เซ็นต์เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 86 ± 2 องศาเซลเซียส การใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมทำให้ป้องกันการเจลาติไนซ์ได้ดีเนื้อหมูหมักจึงสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโมเลกุลได้มากทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้มีค่ามากที่สุดถึง 99.420 เปอร์เซ็นต์ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 74 ± 2 องศาเซลเซียสและ 80 ± 2 องศาเซลเซียส ซึ่งได้เปอร์เซ็นต์ผลผลิต มีค่าเท่ากับ 97.360 เปอร์เซ็นต์ และ 98.120 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าที่อุณหภูมิ 86 ± 2 องศาเซลเซียส เนื้อหมูหมักจะมีค่าแรงตัดเนื้อที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 74 ± 2 องศาเซลเซียส และ 80 ± 2 องศาเซลเซียสคือ มีความนุ่มมากที่สุดเท่ากับ 1502.500 กรัม ส่วนค่าแรงตัดเนื้อเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 74 ± 2 องศาเซลเซียส และ 80 ± 2 องศาเซลเซียสจะมีใช้แรงตัดเนื้อชิ้นเนื้อมากกว่าอยู่ 567.30 และ 300.05 กรัมตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ มาเปรียบเทียบ จะเห็นได้ว่าเมื่อให้ความร้อนแก่เนื้อหมูหมักที่อุณหภูมิ 86 ± 2 องศาเซลเซียส เนื้อหมูหมักจะมีความนุ่ม ชุ่มน้ำมากที่สุด มีการสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกน้อย และมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตมากที่สุดเช่นกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณภาพของเนื้อหมูที่หมักด้วยแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งสาลี และแป้งมันสำปะหลัง พบว่า เนื้อหมูที่หมักด้วยแป้งข้าวโพด 6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเติมน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ และทำให้สุกที่อุณหภูมิ 85 ± 2 องศาเซลเซียส จะมีความนุ่มชุ่มน้ำมากขึ้น มีการสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกน้อยลง เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี จึงสามารถเก็บกักน้ำไว้ในโครงสร้างของเนื้อหมูได้มากขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้เพิ่มขึ้น ส่วนเนื้อหมูที่หมักด้วยแป้งสาลีจะมีคุณภาพดีขึ้นเมื่อใช้แป้ง 4 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ และทำให้สุกที่อุณหภูมิ 77 ± 2 องศาเซลเซียส ต่างจากการหมักเนื้อหมูด้วยแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งเนื้อหมูจะมีคุณภาพดีขึ้นเมื่อใช้แป้ง 6 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ และทำให้สุกที่อุณหภูมิ 86 ± 2 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาแป้งทั้ง 3 ชนิด และปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมัก พบว่า ควรเลือกใช้แป้งสาลีในการหมักเนื้อหมู เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเนื้อหมูหมักให้ดีขึ้น เนื่องจากแป้งสาลีช่วยทำให้เนื้อหมูหมักมีความนุ่มชุ่มน้ำมาก มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยเมื่อทำให้สุก และมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง เมื่อใช้แป้งเพียง 4 เปอร์เซ็นต์ แต่แป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังจะช่วยทำให้คุณภาพของเนื้อหมูหมักดีขึ้นได้เมื่อใช้แป้งถึง 6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้แป้งสาลียังมีราคาถูกจึงทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลง

ข้อเสนอแนะ

อุณหภูมิมีผลต่อความหนืดของแป้งแต่ละชนิด โดยพบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความหนืดของแป้งจะลดลง โดยแป้งมันสำปะหลังจะมีความหนืดลดลงมากที่สุดที่อุณหภูมิสูง เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งสาลีและแป้งข้าวโพด จึงทำให้แป้งมันสำปะหลังสามารถเข้าแทรกใน โครงสร้างของเนื้อหมูได้มากขึ้น เนื้อจะมีความนุ่มชุ่มน้ำมาก ดังนั้นถ้าจะเลือกใช้แป้งมันสำปะหลังในการหมักเนื้อหมู ควรเพิ่มอุณหภูมิในการทำให้สุกให้สูงขึ้น เพราะจะช่วยให้คุณภาพของเนื้อหมูหมักดีขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. **เทคโนโลยีของแป้ง**. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. ปาริฉัตร หงส์ประภาส. 2542. **เคมีกายภาพของอาหารคอลลอยด์ อิมัลชัน และเจล**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 92 หน้า.
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : เก.ยู.เพลส. 135 หน้า.
- วรางคณา สมพงษ์. 2542. การใช้แป้งในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา. *อาหาร* 29(4) : 243-249.
- สกุลดี เอกปัญญาสกุล และกุลธิดา กุลสิงห์. 2547. ผลของการนวดและสารปรุงแต่งต่อคุณภาพเนื้อหมูหมัก. **ปัญหาพิเศษ. สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.**
- โสธยา เกิดพิบูลย์. 2545. **การศึกษาวิธีการผลิตลูกชิ้นปลาผสมเนื้อหอย**. วิทยานิพนธ์. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Acton, J.C. 1972. The effect of meat particle size on extractable protein, cooking loss and binding strength in chicken loaves. *J. Food Sci.* 37 : 240-243.
- Akahane, T.; Chihara, S.; Niki, T.; Sano, T.; Tsuchiya, T.; Ookami, S.F. and Matsumoto, J. 1985. Differential scanning calorimetric studies on thermal behavior of myofibrillar protein. *Bull Jap. Soc-Sci. Fish.* 51 : 1814-1846
- Bernthel, P.H.; Booren, A.M. and Gray, J.I. 1991. Effect of heating rate on meat batter stability, texture and gelation. *J. Food Sci.* 55 : 334-337.
- Damodaran, S. 1994. **Structure – Function relationship of food protein : Protein functionality in food system**. Institute of technologists. Chicago, Illinois : 639-680.
- Harsveldt, A. 1962. Starch requirements for paper coating. *TAPPI.* 45 : 85-89.
- Iwata, K. and Okada, M. 1971. Protein denaturation in stored frozen alaska – Pollock muscle – 1, protein extractability and kamaboko forming ability of frozen surimi. *Bull Jap. Soc Sci. Fish.* 137 : 1191 – 1198
- Katsuji, S.; Takayasu, K. and Masaya, F. 1988. Relation between gelation behavior of ground chicken muscle and soybean protein and their differential scanning calorimetric studies *J. Food Sci.* 53 : 1076-1080.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Kong,C.S.; Gawa,H.O. and Iso,N. 1991. Compression properties of fish-meat gel as affectinization of added starch. **J.Food Sci.** 64 : 283-286
- Lan,Y.H.; Novakofski,J.; Mccusker,R.H.; Brewea,M.S.; Carr,T.R. and Mckeith.F.K. 1995b. Thermal gelation of pork, beff, fish, chicken and turkey muscles as affected by heating rat and p.H. **J.Food Sci.** 60 : 936-940, 945.
- Lee,C.M. and Yoon,K.S. 1990. Effect of Powdered Cellulose on the Texture and Freeze-thaw Stability of Surimi-based Shellfish Analog Products. **J.Food Sci.** 55 : 87-91.
- Montejano,J.G.; Hamann,D.D. and Lanier.T.C. 1984. Thermally induced gelation of selected communed muscle system - rheological changes during processing final strength and microstructure. **J.Food Sci.** 49 : 1496-1505.
- Motzer,E.A.; Carpenter,J.A.; Reynolds,A.E. and Lyon,C.E. 1998. Quality of restructured hams manufactured with PSE pork as affected by water binders. **J. Food Sci.** 63 : 1007-1011.
- Mills,E.W. 1995. Nonmeat binders for use in cook- in-bag and smoked ham. **J. Muscle Foods.** 6 :23-35.
- Niwa,E. 1992. Chemistry of surimi gelation. Edited by Lanica T.C. and M.C. Lee. **Surimi technology.** Marcle Dekker ; Inc : New York : 389-421.
- Noitup,R. 1997. Process development and storage of fish-cutte balls. **Asean Food J.** 18 : 426.
- Pappa,I.C.; Bloukas,J.G. and Arvanitoyannis,I.S. 2000. Optimization of salt, olive oil and pectin level for low-fat frankfurters produced by replacing pork backfat with olive oil. **Meat Sci.** 56 : 81-88.
- Pepper,F.H. and Schemidt,G.R. 1975. Effect on blending time, salt, phosphate and not-boned beef on binding strength and cook yield of beef rolls. **J.Food. Sci.** 40 : 227-229.
- Ranken,M.D. 2000. **Handbook of Meat product Technology.** Oxford : Blackwell Science, 212 pp.
- Saliba,D.A.; Foegeding,E.A. and Hamann,D.D. 1987. Sturctur failure and nondestructive rheological analysis of frankfurter batters : Effects of heating rate and sugar. **J.Texture Studies.** 18 : 241.
- Sheard,P.A. and Tali,A. 2004. Inject of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solution to improve the yield and tenderness of cooked pork loin. **Meat Sci.** 68,2 : 305-311.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Skrede,G. 1989. Comparison of various types of starch when used in meat sausages .**Meat Sci.** 25 : 21-36.
- Sikorshi,H. 1990. Surimi process technology. **Food Technology.** 46 : 107-114.
- Swinkel,J.M. 1985. **Sources of Starch, its chemistry and physics.** In G.M.A.van Beynum and J.A.Roles (Eds.) Starch Conversion Technology. Marcel Dekker, Inc : Newyork : 563-611.
- Suzuki,T. 1981 .**Fish and Krill Protein : Processing and Technology.** Applied Sci.Publisher,London. 260pp.
- Takeshi,S.; Noguchi.S.H.; Matsumoto,J.J. and Tsuchiya,T. 1990. Thermal gelation characteristics of myosin subfragment . **J. Food Sci.** 55 : 55-58, 70.
- Thomas,D.J. and Atwell,W.A. 1999. Starches: practical guide to the food industry. **American association of cereal chemists.** St. Paul, Minnesota : 841-878.
- Whistler,R.L. and Daniel,J.R. 1985. Carbohydrates Ch.3 In: Fenemma O.R., editor. **Food Chemistry.** 2nd Ed. Marcel Dekker, Inc. New York : 629-687.
- Wierbicki,E. and Deatherage,F.E. 1958. Determination of water-holding capacity of fresh meats. **J. Agric. Food Chem.** 6 : 387-392.
- Wierbicki,E.; Tiede,M.G. and Borell,R.C. 1962. A comparison method of estimate water holding capacity. **Fleischwirts.** 14 : 948
- Wu,M.C.; Lanier,T.C. and Hummann,P.D. 1985. Thermal transition of admixed starch/fish protine system during heating. **J. Food Sci.** 50 : 20-25
- Xiong,Y.L. and Breake,C.J. 1989. Changes in protein solubility asnd gelatin properties of chicken myofibrils during storage. **J. Food Sci.** 54 : 1141-1146.
- Xiong,Y.L. and Breake,C.J. 1990a. Thermal transition of salt-soluble protein form pre and postrigor chicken muscle. **J. Food Sci.** 55 : 1540-1543, 1570.
- Xiong,Y.L. and Breake,C.J. 1990b. Physicochemical and gelation properties of pre and postrigor chicken proteins salt-soluble . **J. Food Sci.** 55 : 1544-15438.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์ความสารถในการอุ้มหน้า คำสูญเสียเมื่อได้รับความร้อนและเปอร์เซ็นต์ผลผลิต
 ภายหลังจากความร้อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิธีวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC)

(Wierbicki และคณะ, 1962)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 20 กรัม ปั่นรวมกับน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ด้วยเครื่อง Homogenizer เป็นเวลา 2 นาที
2. นำส่วนผสมที่เป็นเนื้อเดียวกันมา 10 กรัม ใส่ในหลอด Centrifuge แล้วนำไปเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 5 นาที
3. เทน้ำส่วนบนทิ้งแล้วชั่งน้ำหนักที่เหลือ

$$\text{ร้อยละ WHC} = \frac{\text{น้ำหนักโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ}}{\text{น้ำหนักก่อนเหวี่ยง}} \times 100$$

2. วิธีวิเคราะห์ค่าสูญเสียเมื่อได้รับความร้อน (Cooking loss, CL) (Bernthel และคณะ, 1991)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนให้ความร้อนภายในภาชนะบรรจุ โดยบันทึกน้ำหนักภาชนะเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนตามวิธีการทดลอง
2. นำหนักตัวอย่างภายหลังการให้ความร้อนและทำให้เย็นแล้ว โดยนำตัวอย่างที่ได้มาชั่งน้ำให้แห้ง

$$\text{ร้อยละ CL} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนให้ความร้อน} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังให้ความร้อน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนให้ความร้อน}} \times 100$$

3. วิธีวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนทำการผสมน้ำหมัก หลังจากนั้นนำไปผสมกับน้ำหมักและนำไปผ่านความร้อนตามวิธีการทดลอง
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างภายหลังผ่านความร้อนและทำให้เย็นแล้ว โดยตัวอย่างจะต้องชั่งน้ำให้แห้ง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ ผลผลิต (Yield)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังให้ความร้อน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างสด}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยวิธีวัดค่า Shear Force



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวัดค่าแรงเฉือน (Shear Force) (Lan และคณะ, 1995a)

สำหรับการเตรียมผลิตภัณฑ์เพื่อทดสอบการวัดค่าแรงเฉือน (Shear Force) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสทำได้โดย นำผลิตภัณฑ์เนื้อขนาด 2 x 3 x 1 เซนติเมตรที่ผ่านการหมักและให้ความร้อนแล้วมาทำการวัดค่าแรงเฉือน โดยใช้หัวตัด (Blade set with Guillotine)

วิธีทดสอบ

1. ทำการ Calibrate Force ที่เครื่อง Texture analysis รุ่น TA-XT2 โดยใช้ลูกตุ้ม 5 กิโลกรัมขณะทำการ Calibrate Force ต้องแน่ใจว่าไม่มีหัววัดอยู่ โดยเลือกที่ TA – Calibrate Force

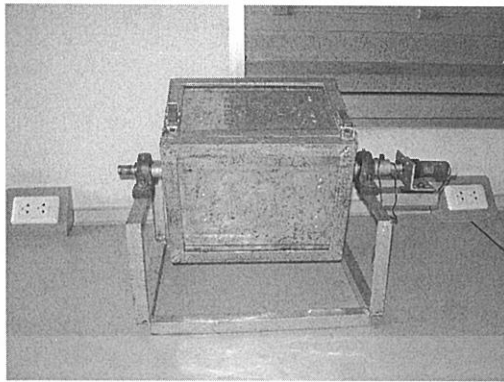
2. ทำการ Calibrate Probe โดยการติดตั้งหัววัดลูกตุ้ม (Spherical probe) เข้ากับตัวเครื่องให้เรียบร้อยและตั้งระยะห่างระหว่าง Probe กับฐานแท่นที่วัด 15 มิลลิเมตร จากนั้นจึงทำการ Calibrate Probe โดยการเลือกที่ TA - Calibrate Probe

3. นำตัวอย่างมาวางบนฐานของเครื่องวัดและทำการตั้งค่าการทดสอบ

กำหนดค่าการทดสอบดังนี้

Setting Mode	:	Measure Force in Compression
Option	:	Return to Start
Pre – Test Speed	:	1.0 mm/s
Test Speed	:	1.1 mm/s
Post – Test Speed	:	10.0 mm/s
Distance	:	15 mm
Trigger Force	:	Auto – 10 g
Data Acquisition Rate	:	200 pps

4. ทำการวัดค่าแรงเฉือน โดยการเลือก TA – Run a test



ภาพที่ 1 เครื่องนวดเนื้อ



ภาพที่ 2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer :TA-XT2)



ภาพที่ 3 เครื่องเหวี่ยงแยก(Centifuge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้