1615

14919

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาเจลของไข่ขาวในสภาวะด่าง

(Study an alkaline gel albumin)

โดย

นางสาวชาดา อนันต์ปัญจาสุข

นางสาวปัทมา แซ่ฉั่ว

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... ๒๕ มิถุนายน ๔๐ **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

(อาจารย์ ดร. สุวพร ศรีชัยสุข)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 30 **เดือน** มิถุนายน **พ.ศ.** 2540

14919

21 มิ.ย. 2541

ปก.
ช465ท
2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาเจลของไข่ขาวในสภาวะด่าง

Study on alkaline gel albumin

T096929

นางสาวชาดา อนันต์ปัญจาสุข
นางสาวปัทมา แซ่ฉั่ว

ปพ.
ชA65ก
2540
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96929
วัน.เดือน.ปี.....5 JUN 2541

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ. ศ. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาดา อนันต์ปัญจาสุข และ ปัทมา แซ่ฉั่ว. 2540. : การศึกษาเจลของไข่ขาวในสภาวะด่าง (Study on alkaline gel albumin) . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สภาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์

บทคัดย่อ

จากคุณสมบัติของไข่ขาวที่สามารถเกิดเป็นเจลได้ในสภาวะด่างที่ pH 11.3 - 13.5 ทำให้โปรตีนในไข่ขาวเกิดการคลายตัวและจับตัวกันเป็นโครงสร้างร่างแหของกลุ่มเส้นโพลีเปปไทด์ตลอดทั้งโมเลกุล อีกทั้งมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยเอนไซม์ในไข่ขาวทำปฏิกิริยากับกลุ่มอะมิโนที่มีซัลเฟอร์อยู่ทำให้เกิดกาซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และกาซแอมโมเนียขึ้น ตามลำดับ เจลของไข่ขาวที่ได้มีลักษณะยืดหยุ่น ใส มีสีเหลืองอมเขียวเล็กน้อย จากการทดลองพบว่า การทำให้ไข่ขาวเกิดเป็นเจลใสที่อยู่ตัวดี ต้องแช่ในสารละลายด่างของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ เป็นเวลา 11 ชั่วโมง จะได้เจลที่มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิต สูงมากกว่าร้อยละ 90 โดยมีสารละลายด่างตกค้างเพียง 3706 ppm (มาตรฐานวัตถุเจือปนในอาหารอนุญาตให้มีปริมาณด่างตกค้างได้ไม่เกิน 5000 ppm) และมีความแข็งแรงของเจล 204 กรัม เมื่อนำเจลไข่ขาวที่ได้มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยรับประทานกับน้ำเชื่อมพบว่า สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และการยอมรับจากผู้บริโภค มีค่าคะแนนเป็น 6.0 6.5 5.8 6.0 และ 6.2 ตามลำดับ และเมื่อนำเจลไข่ขาวไปเติมลงในผลิตภัณฑ์กุนเชียง เพื่อทดแทนที่ไขมันในผลิตภัณฑ์ พบว่าได้รับการยอมรับในแง่ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (ไขมันร้อยละ 30) แต่ ในด้านเนื้อสัมผัสไม่ได้รับการยอมรับเพราะกุนเชียงที่แทนที่ไขมันด้วยเจลไข่ขาวมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่ากุนเชียงสูตรควบคุม.

ปัทมา แซ่ฉั่ว
ชาดา อนันต์ปัญจาสุข .... ๒๐ มี.ค. ๔๐

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ค
กิตติกรรมประกาศ ง
สารบัญตาราง ฉ
สารบัญรูป ช
สารบัญตารางภาคผนวก ช
สารบัญรูปภาคผนวก ฌ
บทที่
1. บทนำ 1
2. วารสารปริทัศน์ 2
3. อุปกรณ์และวิธีทดลอง 16
4. ผลการทดลอง 21
5. สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 27
เอกสารอ้างอิง 28
ภาคผนวก 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1. อัตราส่วนและปริมาณความชื้นของชั้นไข่ขาว 3
2. องค์ประกอบของไข่ขาวที่พบในไข่ 1 ฟอง 3
3. แสดงส่วนประกอบของแร่ธาตุต่าง ๆ ในไข่ขาวที่พบในไข่ทั้งฟอง 4
4. ชนิดและคุณลักษณะของโปรตีนในไข่ขาว 5
5. ผลของ pH ที่มีต่อระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาว 11
6. ผลของความเข้มข้นของด่างที่มีต่อระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้น ของไข่ขาวโดยใช้ปริมาณของไข่ขาว 20 มิลลิกรัม 12
7. แสดงเวลาการเกิดเจล เปอร์เซ็นต์ผลผลิต ปริมาณด่างตกค้าง ความแข็งแรงของเจล สีและความขุ่นในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1-0.5 โมลาร์ 23
8. แสดงเวลาการเกิดเจล เปอร์เซ็นต์ผลผลิต ปริมาณด่างตกค้าง ความแข็งแรงของเจล สีและความขุ่นในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.15-0.3 โมลาร์ 24
9. แสดงปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวสดเทียบกับเจลไข่ขาว 25
10. แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของ เจลไข่ขาวในน้ำเชื่อม 25
11. แสดงค่าคะแนนจากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ กุนเชียง 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

ภาพที่ **หน้า**

1. โครงสร้างตัดตามขวางของไข่ทั้งฟอง 2
2. การรวมตัวของคอปเปอร์และเหล็กไอออนกับคอนอัลบูมิน 6
3. การเกิดเจลโดยการรวมตัวของโกลบูลาร์โปรตีน 9
4. รูปทรงของไดเมอร์ในการเกิดสายโพลีเมอร์เส้นตรงของโอวัลบูมิน 10
5. ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาว 13
6. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาว 13
7. แสดงผลของพีเอชที่มีต่อความหนืดของไข่ขาว 14
8. แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมเจลไข่ขาว 18
9. แผนภาพแสดงขั้นการผลิตกุนเชียง 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่ **หน้า**

1. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมที่มีต่อเจลไข่ขาวในน้ำเชื่อม 39
2. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมที่มีต่อลักษณะสีของกุนเชียง 40
3. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมที่มีต่อกลิ่นของกุนเชียง 41
4. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมที่มีต่อรสชาติของกุนเชียง 42
5. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกุนเชียง 43
6. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมต่อการยอมรับโดยรวมของกุนเชียง 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาคผนวก

ภาพที่ **หน้า**

1. การแช่ไข่ขาวที่บรรจุในไส้หมูก่อนเป็นเจลไข่ขาวในสารละลายด่าง 45
2 . การแช่ไข่ขาวที่บรรจุในไส้หมูเมื่อเป็นเจลไข่ขาวเต็มลูกในสารละลายด่าง 45
3 . ลักษณะของเจลไข่ขาวในไส้หมูหลังต้มที่อุณหภูมิ 55-65°C เป็นเวลา 10 นาที 46
4. ลักษณะของเจลไข่ขาวที่นำไส้หมูออกแล้ว 46
5. ลักษณะเจลไข่ขาวตัดเป็นทรงกระบอก พันด้วยแถบพลาสติกใส 47
6. การวัดสีของเจลไข่ขาว 47
7. การวัดความแข็งแรงของเจลไข่ขาวด้วยเครื่อง Texture Analyser 48
8. การกดของหัวเจาะขนาด 10 มิลลิเมตร ในเจลไข่ขาว 48
9. ลักษณะของไข่ขาวหลังปรับปรุงคุณภาพ 49
10. เจลไข่ขาวในน้ำเชื่อม 49
11. ผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ถูกแทนที่ไขมันด้วยเจลไข่ขาว ในอัตราส่วน
เจลไข่ขาวต่อไขมัน 0:1 1:1 และ 2:1 ตามลำดับ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันนี้เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่าไข่เป็นอาหารชนิดหนึ่งที่ประชาชนทั่วโลกมีการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากไข่มีสารอาหารหลายอย่างที่จำเป็นต่อร่างการมนุษย์ ในการนำไข่ขาวมาใช้ประโยชน์สามารถใช้ได้ในรูปของไข่ทั้งฟองหรือแยกเป็นส่วนไข่ขาวและไข่แดง สำหรับไข่ขาวมีการใช้ประโยชน์กันมากไม่น้อยกว่าไข่แดง เนื่องจากองค์ประกอบของไข่ขาวส่วนใหญ่เป็นโปรตีน (globular protein) ที่มีคุณสมบัติหลายอย่าง เช่น การเกิดโฟม (foaming) การเป็นอิมัลซิฟายเออร์ (emulsifier) หรือสารที่ช่วยการเกิดอิมัลชั่น การเซตตัวเมื่อได้รับความร้อน (heat setting) การเป็นสารเชื่อม (binding) ในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ขนมหวานที่ทำจากไข่ผสมน้ำตาล (meringues) เป็นต้น

คุณสมบัติอย่างหนึ่งของไข่ขาวก็คือการเกิดเป็นเจล การเกิดเป็นเจลของไข่ขาวสามารถเกิดได้หลายสภาวะ โดยทั่วไปจะเห็นเจลไข่ขาวที่เกิดขึ้นโดยใช้ความร้อนซึ่งเจลที่ได้จะมีลักษณะขุ่น สีขาว แต่เจลไข่ขาวที่ได้จากการควบคุม พีเอชให้เป็นด่างในช่วง 11.5 - 13.5 เจลไข่ขาวที่ได้จะมีลักษณะใส ทั้งนี้เนื่องจากในสภาวะที่เหมาะสมสามารถทำให้โปรตีนเสียสภาพ (denature) เกิดการจัดเรียงตัวของโปรตีนขึ้นใหม่ ในกรณีที่การจัดเรียงตัวเป็นแบบไม่เป็นระเบียบเจลที่ได้จะมีลักษณะขุ่น และในทางกลับกันถ้ามีการจัดเรียงตัวที่เป็นระเบียบเจลที่ได้จะมีลักษณะใส (Doi ,1993)

วัตถุประสงค์ของการทำปัญหาพิเศษ

1. เพื่อศึกษาสภาวะด่างที่เหมาะสมของการเกิดเจลไข่ขาว
2. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเจลจากไข่ขาว
3. เพื่อนำเจลไข่ขาวที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

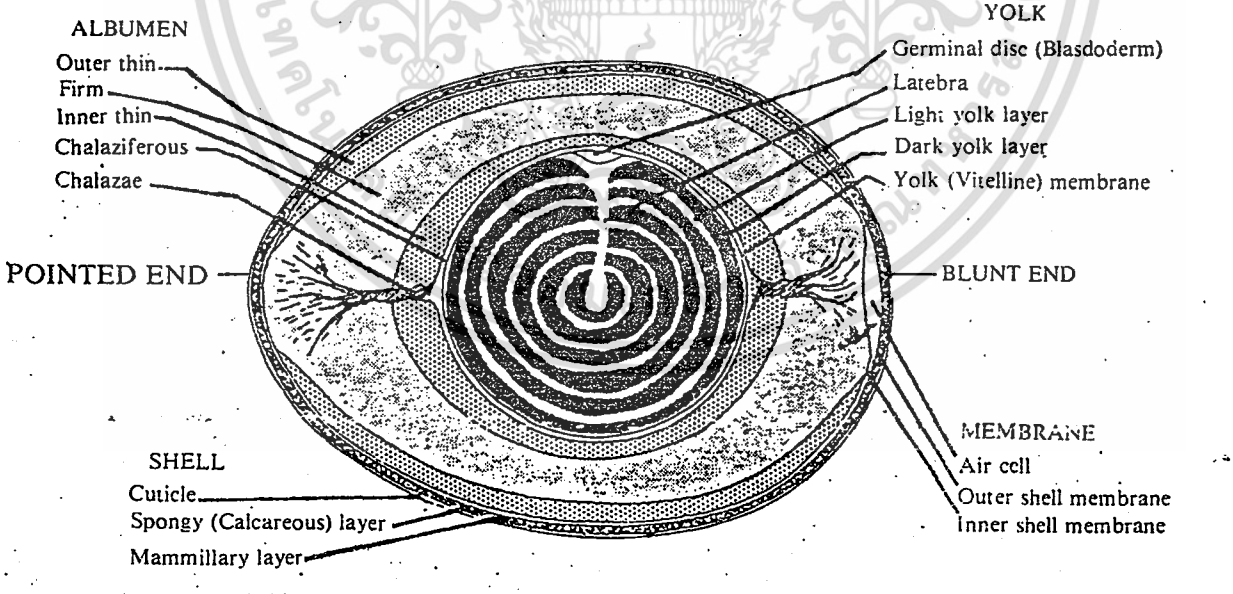
วารสารปริทัศน์

2.1 ไข่ขาว (Albumin)

ไข่สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างในอาหาร เช่น การทำให้เกิดฟอง การตกตะกอน หรือการเกิดเจล และการทำให้เกิดอีมัลชั่น องค์ประกอบโปรตีนของไข่ทั้งฟองสามารถทำให้เกิดรูปร่างเจลได้ แต่ไข่ขาวจะให้ลักษณะของเจลที่มีความคงตัวมากกว่าไข่แดงและไข่ทั้งฟอง เนื่องจากไข่ขาวมีไขมันเป็นองค์ประกอบน้อยมาก หรือแทบไม่มีเลย (Woodward, 1990)

2.1.1 โครงสร้างของไข่ขาว

ไข่ขาวแบ่งออกได้เป็น 4 ชั้น ได้แก่ไข่ขาวข้นชั้นใน(inner thick white or chalaziferous layer) ซึ่งเป็นส่วนของไข่ขาวที่ติดกับเยื่อหุ้มไข่แดง และต่อเนื่องกับชาลาเซ่ (chalazae) ชั้นถัดมาข้างนอกเป็นไข่ขาวเหลวชั้นใน(inner thin white) ซึ่งห้อมล้อมด้วยไข่ขาวข้นชั้นนอก (outer thick white or firm) ชั้นนอกสุดของไข่ขาวคือไข่ขาวเหลวชั้นนอก(outer thin white) แสดงดังรูปที่ 1



<u>รูปที่ 1</u> โครงสร้างตัดตามขวางของไข่ทั้งฟอง

ที่มา : รัชนี,2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ส่วนประกอบของไข่ขาว

ไข่ขาวประกอบด้วยไข่ขาวเหลวชั้นนอก ไข่ขาวเหลวชั้นใน ไข่ขาวข้นชั้นใน (chalaziferous layer) และไข่ขาวข้นชั้นนอก มีอัตราส่วนและปริมาณความชื้นแสดงดังตาราง ที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนและปริมาณความชื้นของชั้นไข่ขาว

ชั้นของไข่ขาว (Layer)	ปริมาณร้อยละของไข่ขาว (Albumin)		ความชื้น (Moistuer) ร้อยละ
	ช่วง (Range)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	
ไข่ขาวเหลวชั้นนอก	10-60	23.2	88.8
ไข่ขาวข้นชั้นนอก	30-80	57.3	87.6
ไข่ขาวเหลวชั้นใน	1-40	16.8	86.4
ไข่ขาวข้นชั้นใน	-	-	84.3

ที่มา : รัชนี,2532

ส่วนประกอบสำคัญของไข่ขาวคือโปรตีนซึ่งจะผันแปรไปตามอายุของสัตว์ พบว่าโปรตีนในไข่ขาวจะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.09 กรัมต่อไข่ซึ่งมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1 กรัม ส่วนไขมันมีปริมาณต่ำมาก หรือแทบไม่มีเลย องค์ประกอบของไข่ขาว แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของไข่ขาว

องค์ประกอบของ	ไข่ขาว (ร้อยละ)
ของแข็ง	11.13
โปรตีน	9.7-10.6
ลิปิด	0.3
คาร์โบไฮเดรท	0.4-0.9
เถ้า	0.5-0.6

ที่มา : รัชนี,2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์โบไฮเดรทของไข่ขาวอยู่ในรูปอิสระและรูปที่รวมกับโปรตีน คาร์โบไฮเดรททั้งหมดอาจมีมากถึง 1 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรทอิสระ (ประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรททั้งหมด) ของไข่ขาวเป็นกลูโคส

ส่วนประกอบแร่ธาตุที่สำคัญในเถ้าของไข่ขาว แสดงดังตารางที่ 3 ส่วนประกอบของแร่ธาตุในไข่ขาวมีค่าไม่แน่นอน ปริมาณแร่ธาตุในอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณของแร่ธาตุจำเพาะในไข่ขาว ปัจจัยอื่น ๆ เช่น สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ฤดูกาลและอายุ ก็มีส่วนเกี่ยวข้องด้วย

ตารางที่ 3 แสดงส่วนประกอบของแร่ธาตุต่าง ๆในไข่ขาวที่พบในไข่ทั้งฟอง

แร่ธาตุ	เปอร์เซ็นต์ของแร่ธาตุในไข่ขาว
ซัลเฟอร์	0.195
โพแทสเซียม	0.145-0.167
โซเดียม	0.161-0.169
ฟอสฟอรัส	0.018
แคลเซียม	0.008-0.02
แมกนีเซียม	0.009
เหล็ก	0.0009

ที่มา : รัชนี,2532

2.2 โปรตีนในไข่ขาว

ไข่ขาวอาจจะพิจารณาได้ว่าเป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยเส้นใยโอโวมิวซินอยู่ในสารละลายเอเควียสของโกลบูลาร์โปรตีนหลายชนิด ส่วนประกอบของโปรตีนในชั้นไข่ขาวข้นและไข่ขาวเหลวจะต่างกันที่ปริมาณของ โอโวมิวซิน โปรตีนสำคัญของไข่ขาวสามารถแยกได้โดยการแยกลำดับส่วนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน โดยใช้คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส และ ไดเอธิลอะมิโนเอธิลเซลลูโลส ชนิด ปริมาณ คุณสมบัติและลักษณะบางอย่างของโปรตีนของไข่ขาว แสดงดังตารางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ชนิดและคุณลักษณะของโปรตีนในไข่ขาว

โปรตีนในไข่ขาว	ปริมาณในไข่ขาว (%)	Isoeletric point (Ip)	น้ำหนักโมเลกุล	ลักษณะเฉพาะ
Ovalbumin	54	4.6-4.8	45,000	Phosphoglycoprotein
Conalbumin	13	6.6	80,000	จับกับโลหะโดยเฉพาะเหล็ก
Ovomucoid	11	3.9-4.3	28,000	ยับยั้งเอนไซม์ทริพซิน
Lysozyme	3.5	10.7	14,600	ทำลายแบคทีเรียบางส่วน
(G_1 globulin)				
G_2 globulin	4.0	5.5	30,000-45,000	-
G_3 globulin	4.0	5.8	-	-
Ovomucin	1.5	-	-	Siloprotein
Avidin	0.05	9.5	53,000	จับกับ Biotin
Ovoglycoprotein	0.5	3.9	24,000	Siloprotein
Ovomacroglobumin	0.5	4.5-4.7	760,000-900,000	-
Ovoinhibitor	0.01	5.2	44,000	ยับยั้งเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนหลายชนิด
Flavoprotien	0.8	4.1	35,000	จับกับ Ribofravin
Apoprotein	0.8	3.9-4.1	3,200-3,600	ขนถ่าย Ribofravin

ที่มา : Froning,1988

โปรตีนที่สำคัญได้แก่ โอวัลบูมิน คอนอัลบูมิน โอโวมิวคอยด์ ไลโซไซม์ และโกลบูลิน

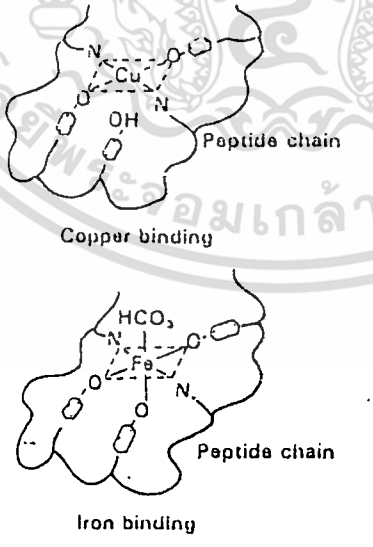
2.2.1 โอวัลบูมิน (Ovalbumin) เป็นส่วนของโปรตีนที่มีมากที่สุดในไข่ขาวประมาณร้อยละ 54 จัดเป็นพวกฟอสโฟไกลโคโปรตีน (Phosphoglycoprotein) เพราะมีคาร์โบไฮเดรทและหมู่ฟอสเฟตเกาะอยู่กับสายโซ่โพลีเปปไทด์ โอวัลบูมินที่บริสุทธิ์ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ตัว คือ เอ-1 เอ-2 และ เอ-3 (A_1 A_2 และ A_3) ซึ่งแตกต่างกันเฉพาะที่ปริมาณของฟอสฟอรัส เอ-1 มีหมู่ฟอสเฟต 2 หมู่ เอ-2 มี 1 หมู่ ส่วน เอ-3 ไม่มีเลย อัตราส่วนสัมพัทธ์ขององค์ประกอบ เอ-1 เอ-2 และ เอ-3 คือ 85:12:3 โมเลกุลของโอวัลบูมินประกอบด้วยหมู่ซัลไฟดริล 4 หมู่ และหมู่ไดซัลไฟด์ 2 หมู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 คอนอัลบูมิน (Conalbumin) ได้จากการแยกลำดับส่วนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต พบในไข่ขาวประมาณร้อยละ 13 คอนอัลบูมินไม่มีฟอสฟอรัสและหมู่ซัลไฟดริลในโมเลกุล แต่มีเฮกโซส (hexose) ร้อยละ 0.8 และเฮโซซามีน (heosamine) ร้อยละ 1.4

คอนอัลบูมินทนต่อความร้อนได้น้อยกว่า โอวัลบูมิน แต่ถูกทำให้เสียสภาพที่ผิว (surface denaturation) น้อยกว่าโอวัลบูมิน จากการวิจัยของ Froning(1988) พบว่าคอนอัลบูมิน 1 เปอร์เซ็นต์ในสารละลายบัฟเฟอร์ของฟอสเฟตไบคาร์บอเนต (phosphate-bicarbonate buffer) ทนความร้อนได้น้อยที่สุดที่ pH ใกล้ 6 อัลบูมิน 40 เปอร์เซ็นต์จะถูกทำให้เสียสภาพระหว่างที่ทำให้ร้อนถึง 57 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที คอนอัลบูมินที่ pH 9 เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อสารละลายของโปรตีนถูกต้มให้ร้อนภายใต้สภาวะเดียวกัน การทนต่อความร้อนของคอนอัลบูมินในไข่ขาวคล้ายคลึงกับคอนอัลบูมินในสารละลายบัฟเฟอร์

ไอออนของโลหะที่มีประจุเป็น 2 และ 3 (di-and tri-valent metallic ions) ถูกจับอย่างแน่นหนาโดยคอนอัลบูมิน เช่น Fe^{+3} Al^{+3} Cu^{+2} หรือ Zn^{+2} โดยไอออนของโลหะเหล่านี้ 1 อะตอม ต่อหนึ่งโมเลกุลของคอนอัลบูมินเกิดสารเชิงซ้อนที่เสถียร ที่ pH ประมาณ 6 สารเชิงซ้อนเหล่านี้มีสีแดง ไม่มีสี สีเหลือง และไม่มีสี ตามลำดับ สารเชิงซ้อนคอนอัลบูมินกับไอออนของโลหะทนต่อความร้อน เชื่อกันว่าไอออนของเหล็กถูกล้อมรอบด้วยหมู่ฟีนอลิกไฮดรอกซิล (phenolic hydroxyl groups) 3 หมู่ และคาร์บอเนตไอออน (carbonate ion) 1 หมู่



<u>รูปที่ 2</u> การรวมตัวของ คอปเปอร์ และเหล็กไอออนในคอนอัลบูมิน

ที่มา : Froning,1988

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 โอโวมิลคอยด์ (Ovomucoid) เป็นไกลโคโปรตีนซึ่งมีอยู่ 3 รูปแบบ ไกลโคโปรตีนทั้ง 3 รูปนี้ มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน (trypsin) ส่วนประกอบคาร์โบไฮเดรทของโอโวมิวคอยด์คือ ดี-กาแลกโตส (D-galactose) 1.0-1.5 เปอร์เซ็นต์ ดี-แมนโนส (D-mannose) 4.3-4.7 เปอร์เซ็นต์ 2-อะมิโน-2-ดีออกซิกลูโคส (2-amino-2-deoxyglucose) 12.5-15.4 เปอร์เซ็นต์ กรดไซลิก 0.4-4 เปอร์เซ็นต์ และเฮกโซส 6-9 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรทที่มีอยู่เป็นโอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharinds) ซึ่งแต่ละตัวจะติดกับโพลีเปปไทด์โดยทางแอสพาราจินิลเรซิดิว (asparaginyl residue) โพลีเปปไทด์ซึ่งมีพันธะไดซัลไฟด์ 8 พันธะ ประกอบด้วยโซ่โพลีเปปไทด์ที่มีโครงสร้างรูปเฮลิกซ์ (helical structure) 22 เปอร์เซ็นต์

โอโวมิวคอยด์อยู่ในตัวกลางที่เป็นกรด จะทนต่อการถูกทำให้เสียสภาพโดยความร้อนแต่ในสารละลายด่างโปรตีนนี้จะเสียสภาพอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

2.2.4 ไลโซไซม์ (Lysozyme) เป็นเอนไซม์ที่สามารถทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรีย และประกอบด้วยองค์ประกอบที่สามารถแยกโดย cation-exchange chromotography มีจุดไอโซอิเล็กตริก (Isoeletric point) คือ 10.7 ซึ่งสูงกว่าโปรตีนตัวอื่นๆ ของไข่ขาวมาก และมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (14,300)

ไลโซไซม์ประกอบด้วยกรดอะมิโนเรซิดิว 120 หน่วย และเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างปฐมภูมิที่กระจ่างแล้ว คือประกอบด้วยพันธะไดซัลไฟด์ 4 พันธะ แต่ไม่มีหมู่ -SH อิสระบนแต่ละโมเลกุลของโพลีเปปไทด์

การทำลายเอนไซม์นี้โดยการใช้ความร้อนขึ้นกับ pH และอุณหภูมิ ไลโซไซม์ที่อยู่ในไข่ขาวจะทนความร้อนได้น้อยกว่าเมื่ออยู่ตามลำพังในสารละลายบัฟเฟอร์ของฟอสเฟต ระหว่าง pH 7 และ pH 9 ไข่ขาวที่ต้มเป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 63.5 องศาเซลเซียส ไลโซไซม์จะถูกทำลายมากขึ้น เมื่อ pH เพิ่มขึ้นมากกว่า 7

2.2.5 โอโวมิวซิน (Ovomucin) เป็นไกลโคโปรตีน ซึ่งมีส่วนในการทำให้ไข่ขาวข้นมีลักษณะคล้ายเจล (gel-like structure) โปรตีนนี้ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารละลายเกลือเจือจางที่ pH 7 หรือ มากกว่า โอโวมิวซินประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ตัว ซึ่งสามารถแยกโดย moving-boundary eletrophoresis ปริมาณของคาร์โบไฮเดรทของไกลโคโปรตีนที่ทำให้บริสุทธิ์แล้วมีประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเฮกโซซามีน 10 - 12 เปอร์เซ็นต์และกรดไซลิก 2.6 - 8 เปอร์เซ็นต์

โอโวมิวซินที่ทำให้บริสุทธิ์จะทนต่อการถูกแปลงสภาพโดยความร้อน จากการวิจัยของ Froning(1988) พบว่าสารละลายโอโวมิวซินที่ pH ระหว่าง 7.1 และ 9.4 ความทึบแสงจะไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างที่ต้มให้ร้อนประมาณ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอโวมิวซินและไลโซไซม์สามารถเกิดสารเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำโดยแรงกระทำของไฟฟ้าสถิตที่มีต่อกันเมื่อ pH เพิ่มขึ้น ในไข่ขาวการเกิดสารเชิงซ้อนจะลดลงขณะที่ pH เข้าใกล้จุดไอโซอิเล็กตริกของไลโซไซม์ เชื่อกันว่าสารเชิงซ้อนโอโวมิวซิน-ไลโซไซม์มีบทบาทสำคัญในการทำให้ไข่ขาวข้นใสขึ้นในระหว่างเก็บรักษาไข่

2.2.6 โปรตีนอื่น ๆ ในไข่ขาว

2.2.6.1 อะวิดิน (Avidin) เป็นโปรตีนที่จับกับไบโอติน (Biotin) ได้ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ตัว คือ เอ บี และ ซี

2.2.6.2 โอโวโกลบูลิน จี-2 และ จี-3 (Ovoglobulin G_2 และ G_3) เป็นสารที่ช่วยให้ไข่ขึ้นฟูได้ดีที่สุด

2.2.6.3 โอโวอินฮีบิเตอร์ (Ovoinhibitor) สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน และไคโมทริปซิน

2.2.6.4 ฟลาโวโปรตีน (Flavoprotein) ประกอบด้วยอะโพโปรตีน (apoprotein) 2 ชนิด ซึ่งจับไรโบฟาวิน (ribolfavin) ไว้ อย่างแน่นหนา

2.3 เจล

โครงสร้างของเจลแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเจลส่วนมากจะมีโครงสร้างเป็นร่างแหของเส้นใยโมเลกุล ดังเช่น โพลีแซคคาไรด์ คอลลาเจน ไมโอซิน และแอคโตไมโอซิน (Doi ,1993)

Ziegler และ Foegeding , 1990 ได้แบ่งโครงสร้างพื้นฐานของเจลได้ 4 ชนิดดังต่อไปนี้

2.3.1 โครงสร้างบางอย่างที่มีระเบียบที่ดีรวมถึงเจลที่เกิดจากการปรับปรุงในระดับปานกลาง

2.3.2 โครงร่างแหที่เป็นพันธะโควาเลนท์ซึ่งมีการจัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบอย่างสมบูรณ์

2.3.3 โครงร่างแหทางกายภาพ คือ มีโครงร่างไม่เป็นระเบียบอย่างเด่นชัด แต่มีรายละเอียดของส่วนต่าง ๆ เป็นลำดับ

2.3.4 โครงสร้างที่มีบางส่วนไม่เป็นระเบียบ

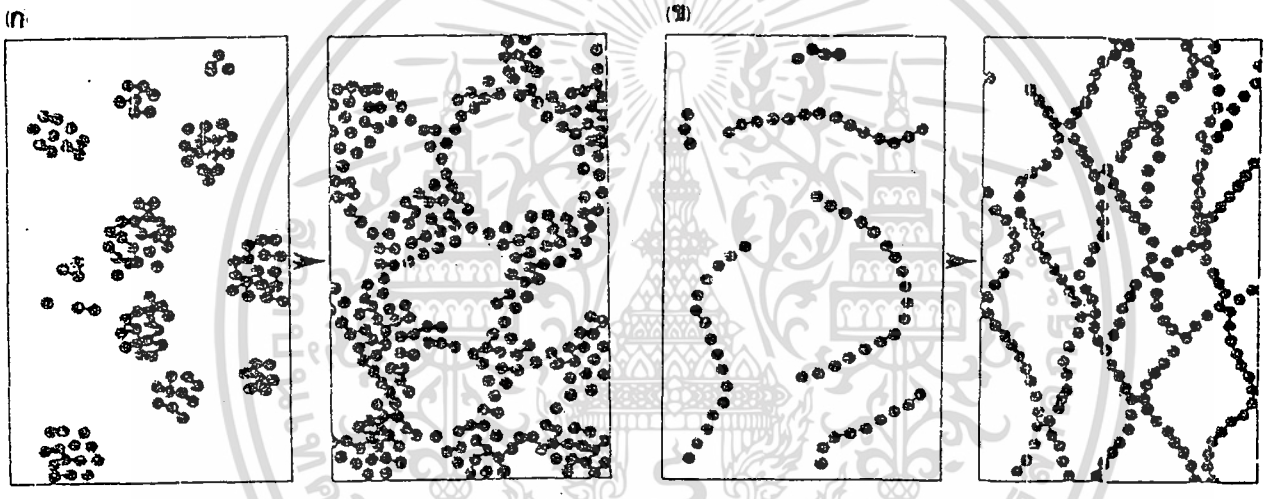
2.4 การเกิดเจลของไข่ขาว (globular proteins gels)ในสภาวะด่าง

2.4.1 กลไกการเกิดเจล

การเกิดเจลของไข่ขาวในสภาวะด่างมีลักษณะการเกิดคล้ายการเกิดเจลของไข่ขาวโดยใช้ความร้อน Doi (1993) ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ ระยะแรกโมเลกุลโปรตีนยืดตัวออกโดยพันธะที่เคยมีอยู่ในธรรมชาติได้แตกตัวออกบางส่วน ต่อมาโมเลกุลเหล่านั้นจะเข้ามาจับตัวกันเป็นตาข่าย 3 มิติ (tree dimention network) เกิดในสภาวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

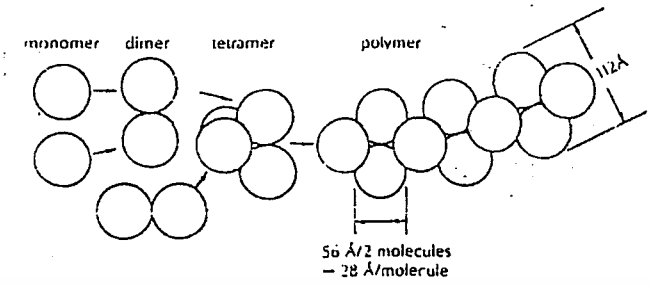
แวดล้อมที่เหมาะสม ในการเกิดเจลโดยใช้ความร้อน การใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส จะทำให้โมเลกุลของโกลบูลาโปรตีน (globular proteins) เกิดการยืดตัวออกไม่สมบูรณ์ (non completely unfold) แต่ในสภาวะที่เป็นด่างสูง หรือเมื่ออุณหภูมิสูงมาก จะทำให้โมเลกุลยืดตัวออกได้มาก จากนั้นโมเลกุลที่ยืดตัวออกจะจับตัวกันอย่างช้า ๆ โดยใช้พันธะไดซัลไฟด์ พันธะไฮโดรเจน พันธะไอโอนิค หรือพันธะไฮโดรโฟบิก เกิดเป็นเจลขึ้น ซึ่งรูปแบบการรวมตัวกัน (aggregation) ของโมเลกุลโปรตีนเป็นโปรตีนเจล มี 2 แบบ คือ การรวมตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ (radom aggregation) และการรวมตัวกันเป็นสายยาวของโมเลกุลโปรตีน เรียกว่า string of beads (รูปที่ 3) การรวมตัวที่เป็นระเบียบของโปรตีนจะได้เจลที่ใสมากกว่า



รูปที่ 3 การเกิดเจลโดยการรวมตัวของโกลบูลาร์โปรตีน (globular proteins)
(ก) การรวมตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ (radom aggregation)
(ข) การรวมตัวกันอย่างมีระเบียบคล้ายลูกปัด (string of beads polymers)
ที่มา : Doi,1993

โครงสร้างของ string of beads polymer มีลักษณะเป็นเกลียวทรงกระบอกคล้ายตัวหนอน(worm-like cylinder) ของโปรตีนที่มารวมกัน ซึ่งจะประกอบด้วย โมโนเมอร์ (monomers) มาจับกันเป็น ไดเมอร์ (dimer) และไดเมอร์ (dimer) จับกันเป็น เตตระเมอร์ (tetramer) และจับกันต่อไปจนเป็นพอลิเมอร์ (polymer) ดังรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>รูปที่ 4</u> รูปทรงของไดเมอร์ ในการเกิด สายโพลีเมอร์เส้นตรง ของ โอวัลบูมิน

ที่มา : Doi,1993

2.4.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเจลจากไข่ขาวในสภาวะด่าง

จากการผลิตไข่เยี่ยวม้า ไข่จะอยู่ในน้ำด่าง ซึ่งน้ำด่างนี้จะค่อย ๆ ซึมผ่านเข้าไปในเปลือกไข่จนถึงไข่แดงและไข่ขาว ทำให้โปรตีนหรือกรดอะมิโนเปลี่ยนสภาพไป ไข่ขาวจึงเกิดการแข็งตัว รุจี (2530) ได้แสดงกลไก (mechanism) การเปลี่ยนแปลงของปฏิกริยาทางเคมีของกรดอะมิโน (amino acid) ดังกล่าว ซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$HS\text{-}CH_2\text{-}CH(NH_2)\text{-}COOH \xrightarrow[\text{Desulfhydase}]{} CH_2{=}C(NH_2)\text{-}COOH + H_2S$$

cysteine (amino acid)		Amino unsaturated propionic acid	Hydrogen sulfide

$$CH_2{=}C(NH_2)\text{-}COOH + H_2O \xrightarrow[\text{Deaminase}]{} CH_3\text{-}CO\text{-}COOH + NH_3$$

Amino unsaturated propionic acid		Pyruvic acid	ammonia

โปรตีนหรือกรดอะมิโนในไข่ที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบและเอ็นไซม์ชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในไข่ เช่น ดีซัลฟีเดส (desulfhydase) ดีอะมิเนส (deaminase) ทริปซิน (trypsin) และ ไลเปส (lypase) เป็นต้น การนำเอาไข่มาเก็บไว้ในสภาวะที่เป็นด่างระยะเวลาหนึ่ง เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยเบื้องต้นของการเปลี่ยนแปลงเพื่อทำให้ไข่มีสภาพเป็นด่างอยู่ในค่า pH 11.3 ถึง 11.7 ในช่วงนี้เอ็นไซม์ในไข่ เช่น ดีซัลฟิเดส (desulfhydase) และ ดีอะมิเนส (deaminase) จะแปรสภาพกรดอะมิโนในไข่ให้เกิดการแข็งตัวขึ้น (denature) เปลี่ยนกำมะถันในโปรตีนให้เป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide, H_2S) และแปรหมู่อะมิโน (amino acid , $-NH_2$) ของโปรตีนให้เป็นแอมโมเนีย (ammonia , NH_3) ซึ่งไฮโดรเจนซัลไฟด์และแอมโมเนียที่เกิดขึ้นมีผลในด้านกลิ่น และสี ที่มีลักษณะเฉพาะตัวของเจลไข่ขาว

2.5 การทดลองที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเจลของไข่ขาว

การศึกษาของ Cotterill และคณะ(1959) ในการผลิตไข่เยี่ยวม้าพบว่าไข่ขาวจะแข็งตัวเป็นวุ้นได้ที่ pH 11.5 ระยะเวลาในการแข็งตัวของวุ้นของไข่ขาวจะแปรตามปริมาณของไข่ขาว ปริมาณและความแรงของด่างที่ใช้ อัตราเร็วในการเติมหรือผสมด่างลงไปในไข่ขาวและอุณหภูมิในการผสม ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้น ของไข่ขาว และ pH นั้น แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลของ pH ที่มีต่อระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาว

pH	เวลาที่ไข่ขาวแข็งตัวเป็นวุ้น (วินาที)
11.3	-
11.6	-
12.0	15,000
12.1	10,000
12.2	1,000
12.3	480
12.4	340
12.5	180
12.6	90
12.7	10

ที่มา : Cotterill และคณะ ,1959

เมื่อเพิ่ม pH ให้สูงกว่า 12.8 อย่างรวดเร็ว มีผลทำให้ไข่ขาวแข็งตัวเป็นวุ้นอย่างทันทีทันใด การตรวจสอบการแข็งตัวเป็นวุ้นนี้ใช้วิธีพิจารณาจากการที่วุ้นไม่มีการไหลเยิ้มเนื่องจากแรงโน้มถ่วง และได้วิจัยพบว่าความเข้มข้นและปริมาตรของด่างมีผลต่อระยะเวลาที่ไข่ขาวแข็งตัวเป็นวุ้น แสดงดังตารางที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ผลของความเข้มข้นของด่างที่มีต่อระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาวโดยใช้ปริมาณของไข่ขาว 20 มิลลิกรัม

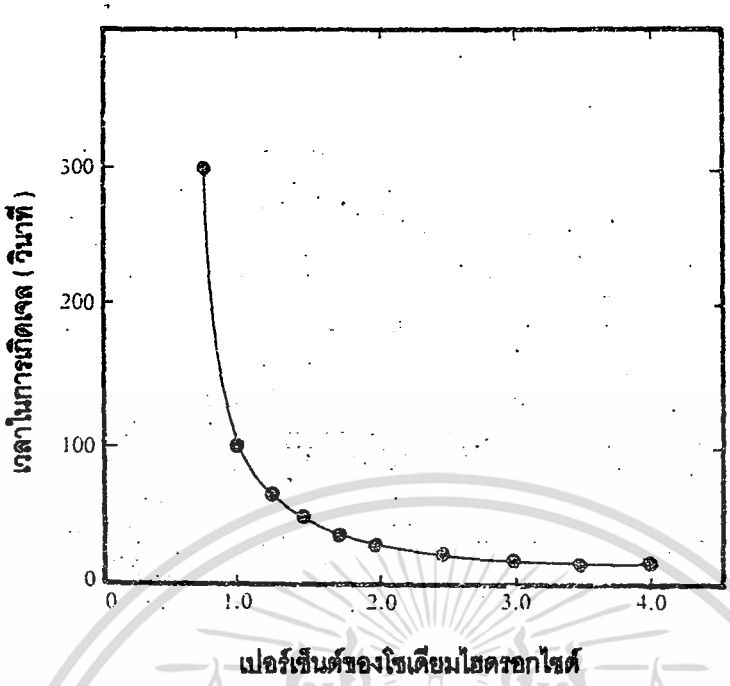
NaOH (โมลาร์)	ปริมาตรที่ใช้ (มิลลิลิตร)	pH สุดท้าย	เวลาที่ไข่ขาวแข็งตัวเป็นวุ้น (วินาที)
0.1	150	12.4	-
0.2	73	12.4	-
0.3	30	12.5	50,000
0.5	10	12.6	25,000
	6	12.2	50,000
1.0	4	12.5	300
	5	12.5	180
2.0	2	12.6	160
3.0	2	12.5	120
1.0	1	12.6	100
5.0	1	12.7	35

ที่มา : Cotterill และคณะ,1959

จากตารางที่ 6 เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลองตรวจสอบหลาย ๆ ครั้ง โดยใช้ไข่ขาว 20 มิลลิกรัม นับระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาวและตรวจค่าความเป็นกรดด่างของไข่ขาวเมื่อเพิ่ม pH ของไข่ขาวให้สูงกว่า 12.0 โดยใช้ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ และ 0.2 โมลาร์ ไข่ขาวไม่เกิดการแข็งตัวเป็นวุ้นเนื่องจากเป็นความเข้มข้นที่เจือจางมากเกินไป

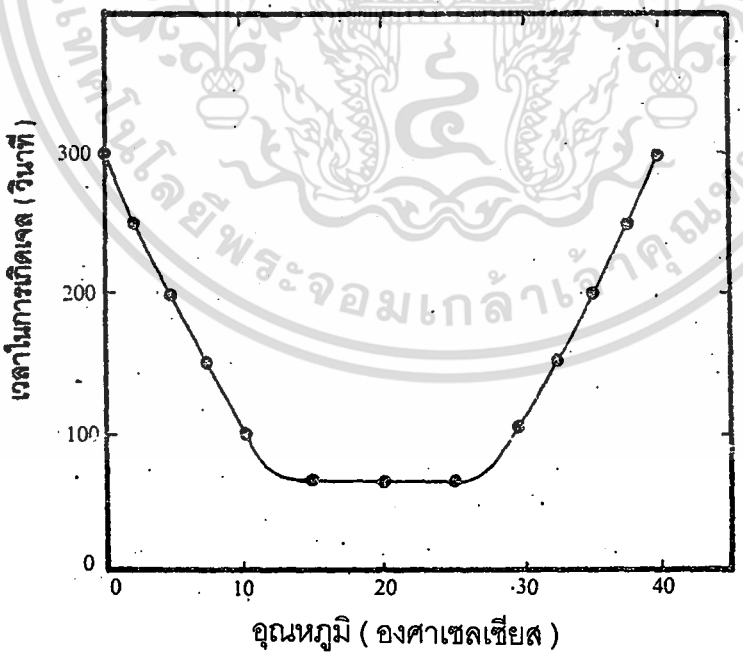
ความเข้มข้นของด่างมีผลต่อเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาว แสดงได้ดังรูปที่ 5 จากรูปที่ 5 Cotterill และคณะ (1959) อธิบายไว้ว่าเมื่อเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 2 ถึง 4 โดยน้ำหนักลงไปในไข่ขาวปริมาณเล็กน้อยมีผลทำให้ไข่ขาวแข็งตัวเป็นวุ้นทันที เมื่อใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักในปริมาณน้อยกว่า เล็กน้อยมีผลทำให้ระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาวเพิ่มขึ้นอย่างมาก สำหรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 0.35 โดยน้ำหนัก ในปริมาณเล็กน้อยก็มีผลต่อการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาวด้วยเช่นกัน แต่ระยะเวลาการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาวจะเพิ่มขึ้นอีกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีผลต่อระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาว
ที่มา : Cotterill และคณะ,1959

การแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาวที่อุณหภูมิต่าง ๆ จะใช้เวลาแตกต่างกันไป ดังแสดงในรูปที่ 6



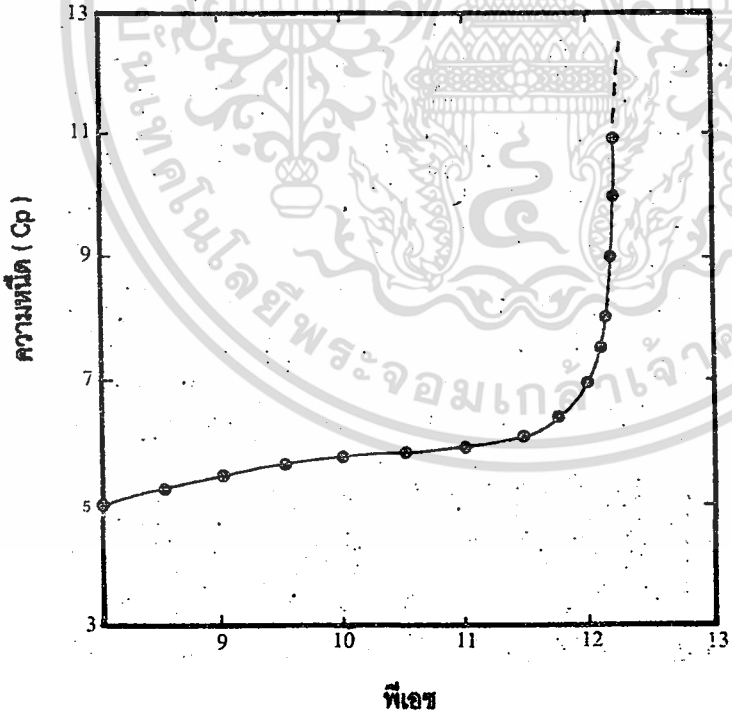
รูปที่ 6 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาว
ที่มา : Cotterill และคณะ,1959

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้ปริมาณของไข่ขาวและด่างที่คงที่พบว่า อุณหภูมิระหว่าง 10 ถึง 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาวจะสั้นกว่า เมื่อไข่ขาวถูกทำให้เย็นหรือร้อนขึ้น ระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นวุ้นของไข่ขาวจะนานขึ้น

Cunningham และ Cotterill (1962) ได้รายงานไว้ว่า ไข่ขาวที่แข็งตัวเป็นวุ้นเนื่องจากด่างนั้นจะเกิดการเหลวคืนตัวเป็นน้ำ (self-liquefaction) ซึ่งจะทำให้เกิดกาซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และทำให้เกิดหมู่ของกรดอะมิโนอิสระด้วย การคืนตัวเหลวของวุ้นเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว พบว่าเมื่อไข่ขาวแข็งตัวเป็นวุ้นที่ pH 12.6-12.8 การคืนตัวเหลวของวุ้นเกิดขึ้นได้เร็วกว่าวุ้นที่เกิดขึ้นที่ pH 12.2-12.5 แต่เมื่อวุ้นเกิดขึ้นที่ pH 12.1-12.2 การคืนตัวเหลวจะช้าลง ใช้เวลาหลายอาทิตย์ และอาจเป็นการคืนตัวเหลวเพียงบางส่วนเท่านั้น อย่างไรก็ตามการเกิดกาซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในขณะที่มีการคืนตัวเหลวเป็นน้ำไม่ได้เกิดขึ้นจากด่างแต่เป็นเพราะกรดที่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยซึ่งช่วยให้วุ้นเหลวที่คืนตัวเป็นน้ำมีสภาพเป็นกลางเป็นผลทำให้เกิดกาซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ขึ้นเป็นจำนวนมาก

การเติมสารละลายด่างลงไปในไข่ขาวมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของไข่ขาว แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงผลของพีเอช ที่มีต่อความหนืดของไข่ขาว

ที่มา : Cunningham และ Cotterill ,1962

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 7 เมื่อทำให้ pH ของไข่ขาวเพิ่มขึ้นจาก pH.ของไข่ขาวสดจนถึง 11.5 มีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อ pH เกิน 11.5 ความหนืดจะสูงมากอย่างเห็นได้ชัดเจน จนไข่ขาวกลายเป็นวุ้น Cunningham และ Cotterill (1962) ได้กล่าวไว้ว่ามีรายงานหลายฉบับที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของความหนืดในไข่ขาว ว่าเกิดเนื่องจากการเสียสภาพทางธรรมชาติของโปรตีนเกิดเป็นโครงร่างแหของโปรตีน ที่สามารถเก็บกักน้ำและของเหลวไว้ภายใน จึงมีผลให้ไข่ขาวมีความหนืดเพิ่มขึ้น และได้รายงานไว้อีกว่าวุ้นของไข่ขาวมีคุณสมบัติเป็น ทิคโซโทรฟี (thixotrophy) สามารถเปลี่ยนแปลงกลับคืนได้เมื่อมีการแข็งตัวเป็นวุ้น (reversible, isothermal gel-sol transformation) โดยที่เมื่อหยุดการสั่นสะเทือนของเหลวจะกลับมาเป็นวุ้น ในกรณีของไข่ขาวที่มีความเป็นด่างที่ pH 12.0 ถึง 12.2 เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิคงที่เป็นเวลา 1 คืน จะแข็งตัวเป็นวุ้นและเมื่อทำการเขย่าจะทำให้วุ้นเหลวได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ หลังจากหยุดการเขย่าก็จะกลายเป็นวุ้นแข็งได้เหมือนเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ไข่เป็ดใหม่สด

3.1.2 ไส้หมูที่ผ่านการล้างขูดภายในไส้จนสะอาด

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.2.2 สารละลายกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.01 N

3.2.3 สารละลายฟีนอฟทาลีนอินดิเคเตอร์

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

3.3.1 บีกเกอร์ขนาดต่างๆ

3.3.2 ปิเปตขนาด 25 มิลลิลิตร

3.3.3 บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร

3.3.4 ขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.3.5 ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.3.6 ผ้าขาวบาง

3.3.7 กาละมัง

3.3.8 มีด

3.3.9 เชือกขนาดเล็กสำหรับมัดไส้

3.3.10 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์

3.4.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก ความละเอียด 0.0001 กรัม

3.4.2 เครื่องวัด pH

3.4.3 เครื่องวัดความแข็งแรงของเจล Texture Analyser รุ่น TA-XT2

3.4.4 เครื่องวัดสี CHROMO-METER รุ่น CR-300 MINOLTA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การเตรียมวัตถุดิบเพื่อใช้ในการทดลอง

3.5.1.1 การเตรียมไส้เพื่อใช้ในการบรรจุ

นำไส้หมูส่วนที่เป็นไส้ขมมาขูดล้างทำความสะอาดพร้อมที่จะบรรจุโดยเลือกไส้ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.8-3.1 เซ็นติเมตร

3.5.1.2 การเตรียมไข่ขาว

นำไข่เป็ดมาล้างทำความสะอาด ต่อยไข่แล้วแยกส่วนที่เป็นไข่ขาวและไข่แดงออกจากกัน นำไข่ขาวมากรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ครั้ง เพื่อให้ไข่ขาวเป็นเนื้อเดียวกัน

3.5.3 การเตรียมไข่ขาวบรรจุไส้

ชั่งน้ำหนักไข่ขาวประมาณ 50 กรัม บรรจุลงในไส้แล้วมัดหัว-ท้ายของไส้ด้วยเชือก ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ทำการบันทึกค่าที่ได้

3.5.2 ศึกษาความเข้มข้นของด่างและเวลาที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของไข่ขาว

3.5.2.1 ศึกษาการเกิดเจลของไข่ขาวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 โมลาร์ตามลำดับ โดยนำไข่ขาวที่บรรจุไส้แล้ว ลงแช่ในสารละลายด่างซึ่งมีขั้นตอนดังรูปที่ 8 บันทึกช่วงเวลาที่ไข่ขาวเกิดเป็นเจลเต็มลูกในแต่ละความเข้มข้น นำเจลที่ได้ไปต้มที่อุณหภูมิ 55-65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้เจลคงตัวและนำไปวิเคราะห์ดังนี้

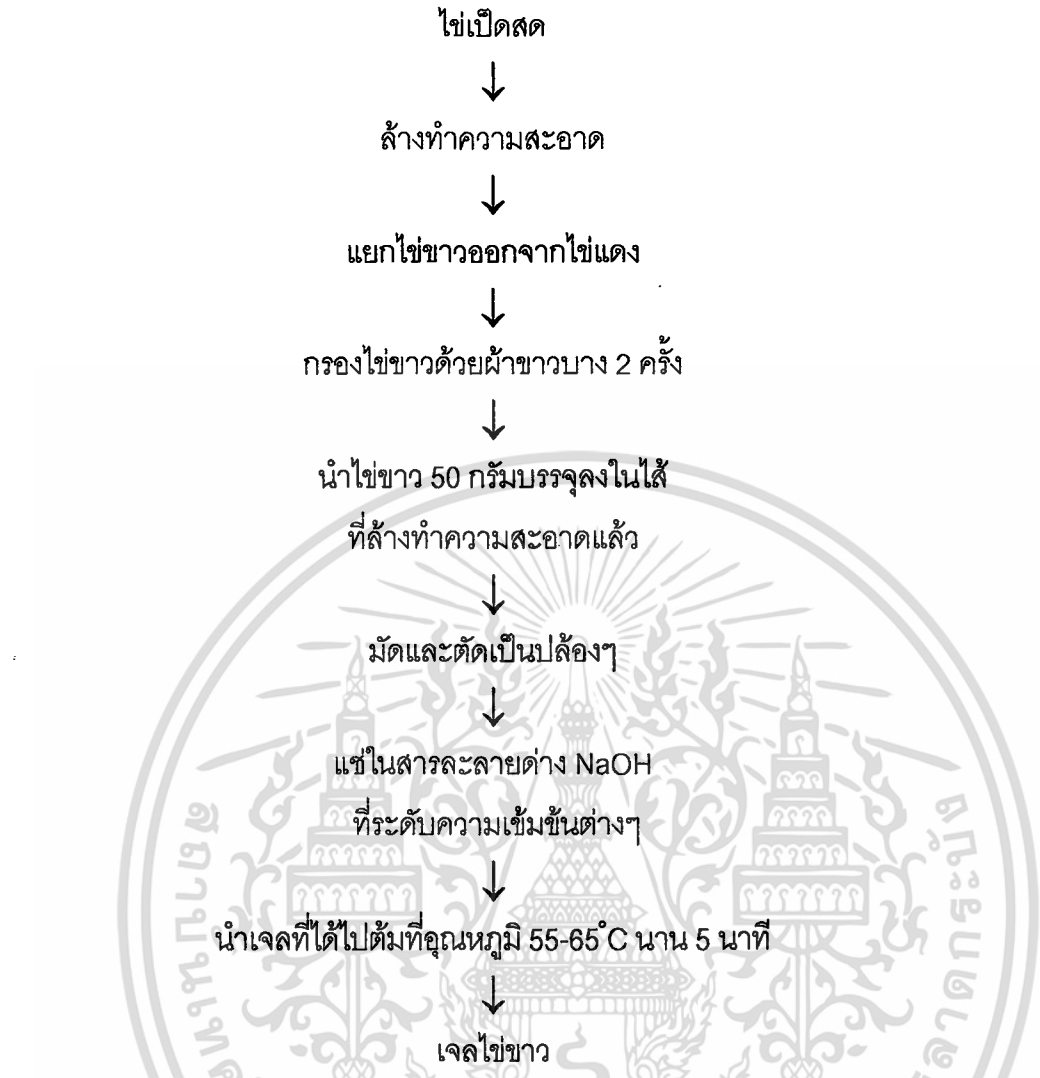
- ความแข็งแรงของเจล โดยใช้เครื่อง Texture Analyser (ภาคผนวก ก)
- ปริมาณด่างตกค้าง โดยวิธีการไตเตรท (ภาคผนวก ข)
- สี และความขุ่นโดยใช้เครื่อง CHROMO-METER รุ่น CR-300 MINOLTA (ภาคผนวก ค)
- เปอร์เซ็นต์ผลผลิต คำนวณได้จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักเจลที่ได้} \times 100}{\text{น้ำหนักไข่ขาวเริ่มต้น}}$$

ผลการทดลองที่ได้จะพิจารณาจากค่าความเข้มข้นของด่างที่ทำให้มีค่าความแข็งแรงสูงในขณะที่มีปริมาณด่างตกค้างน้อย และให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่สูง เพื่อนำไปทำการศึกษาต่อไป

การวางแผนการทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบ CRD จากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96929



<u>รูปที่ 8</u> แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมเจลไข่ขาว

3.5.2.2 นำค่าความเข้มข้นของด่างที่ได้จากวิธีทดลองที่ 3.5.2.1 มาศึกษาการเกิดเจลของไข่ขาวที่ความเข้มข้นของด่างในระดับ a ± 0.05 โมลาร์ 4 ระดับความเข้มข้น บันทึกผล และศึกษาผลการทดลองเช่นเดียวกับวิธีทดลองที่ 3.5.2.1

3.5.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเจลไข่ขาวที่ดีที่สุด

จากการทดลองที่ 3.5.2.2 ก่อนนำเจลไข่ขาวไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร นำเจลไข่ขาวมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

3.5.3.1 วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธี kjeldahl method (AOAC 1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นโดยวิธี oven method (AOAC 1984)

3.5.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC 1984)

3.5.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC 1984)

3.5.4 การใช้ประโยชน์จากเจลไข่ขาวในผลิตภัณฑ์อาหาร

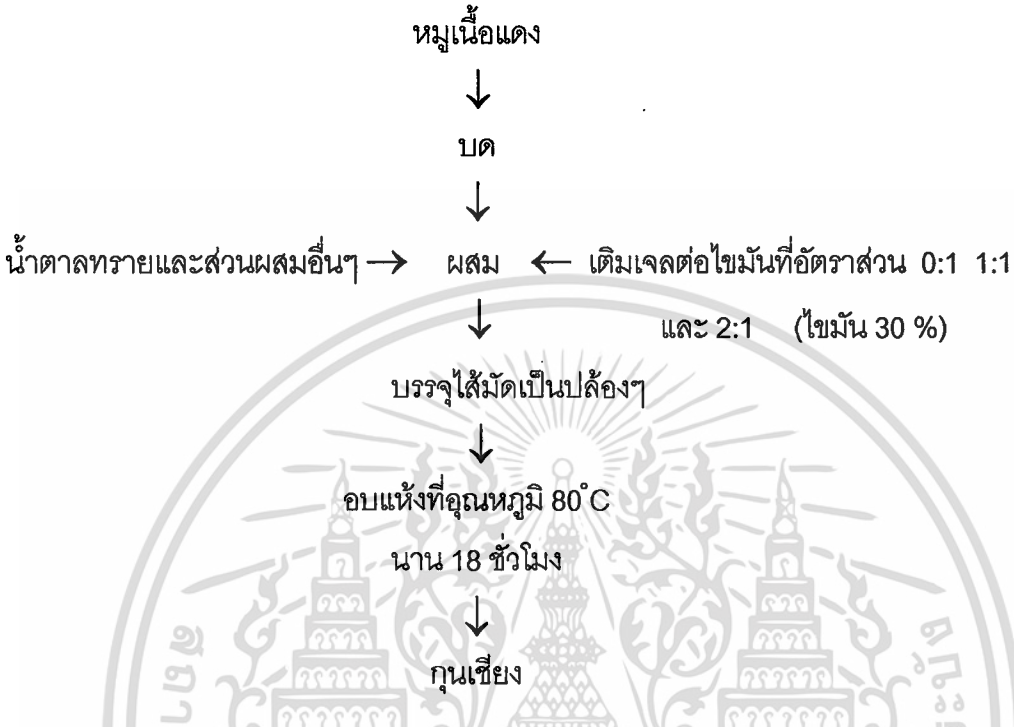
3.5.4.1 ปรับปรุงคุณภาพของเจลให้เหมาะสมต่อการรับประทานโดยนำเจลไข่ขาวที่ได้แช่ในตู้เย็นเป็นเวลา 7 วัน

3.5.4.2 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเจลไข่ขาวในน้ำเชื่อม โดยเตรียมเจลไข่ขาวด้วยการใช้ด่างที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากวิธีการทดลองที่ 3.5.2.2 มาผลิตในปริมาณมากเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบ เจลไข่ขาวที่เตรียมได้นำมาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าขนาด 1 x 1 x 1 เซ็นติเมตร^3 บรรจุใส่ถ้วยพร้อมน้ำแข็งและน้ำเชื่อมกลิ่นใบเตย ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเกี่ยวกับ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยวิธี Hedomic scale ที่ระดับ 9 คะแนน

3.5.4.3 นำเจลไข่ขาวไปใช้ประโยชน์ในแง่ของการทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียง ทำการศึกษาการใช้เจลไข่ขาวที่ได้แทนส่วนผสมที่เป็นไขมันในสูตรโดยใช้อัตราส่วนของ เจลไข่ขาวต่อไขมัน 0:1 1:1 และ 2:1 ตามลำดับ

การเตรียมกุนเชียงมีขั้นตอนต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 9 แล้วนำกุนเชียงที่ได้มาศึกษาผลของการใช้เจลไข่ขาวแทนไขมันในสูตรโดยทดสอบผลทางประสาทสัมผัสเกี่ยวกับ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยวิธีทดสอบแบบ Hedomic scale ที่ระดับ 5 คะแนน ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตกุนเชียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14919

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นของด่างและเวลาที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของไข่ขาว

ความเข้มข้นของด่างที่มีผลต่อการเกิดเจลไข่ขาวที่เวลาต่าง ๆ กันแสดงผลดังตารางที่ 7

จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ ไม่สามารถทำให้ไข่ขาวเกิดเจลทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของด่างน้อยเกินไป (Cotterill,1959) แต่เมื่อความเข้มข้นของด่างมากกว่า 0.2 โมลาร์ขึ้นไปจึงจะทำให้ไข่ขาวเกิดเจลได้ โดยเวลาที่ใช้แตกต่างกันไปตั้งแต่ 11.0-4.5 ชั่วโมงตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าถ้าความเข้มข้นของด่างมากขึ้นเวลาของการเกิดเจลของไข่ขาวได้เต็มลูกจะน้อยลง

ความเข้มข้นของด่างที่ใช้เป็นผลให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของเจลไข่ขาวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ความเข้มข้นของด่างที่ 0.2 โมลาร์ให้เปอร์เซนต์ผลผลิตที่สูงที่สุดถึง 90.58 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าเมื่อความเข้มข้นของด่างสูงมากขึ้นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตจะลดลงถึง 67.70 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากส่วนของไข่ขาวที่บรรจุอยู่ในไส้หมูบริเวณที่สัมผัสกับสารละลายด่างที่ความเข้มข้นสูงจะเกิดเป็นเจลก่อนบริเวณที่อยู่ตรงกลางไส้ เจลที่เกิดขึ้นก่อนหากเกิดการสัมผัสด่างที่มีความเข้มข้นสูง ๆ ต่อไป จะเกิดการคืนตัวเป็นน้ำ (Cotterill, 1959) เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้จึงมีค่าน้อยกว่า

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 7 พบว่าปริมาณด่างตกค้างในเจลไข่ขาวจะสูงมากขึ้นเมื่อใช้สารละลายด่างเข้มข้นสูงขึ้น โดยที่ความเข้มข้นของด่าง 0.2 โมลาร์จะทำให้เจลไข่ขาวมีด่างตกค้างอยู่น้อยที่สุดเป็น 3710 ppm ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานวัตถุเจือปนในอาหารที่อนุญาตให้มีปริมาณด่างตกค้างในอาหารได้ไม่เกิน 5000 ppm (ศิวาพร,2535) แต่เมื่อใช้ความเข้มข้นของด่างมากขึ้นจะทำให้มีปริมาณของด่างตกค้างสูงขึ้นเกินมาตรฐาน และเมื่อใช้ความเข้มข้นของด่างสูงขึ้นความแข็งแรงของเจลจะลดลงโดยที่ความเข้มข้นของด่างที่ 0.2 โมลาร์จะให้เจลไข่ขาวที่มีความแข็งแรงสูงสุดถึง 204.53 กรัม โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลอง เจลที่ได้มีลักษณะ ใส มีความยืดหยุ่น มีกลิ่นคาวของไข่ และมีสีเหลืองอมเขียวเล็กน้อยโดยมีค่าเฉลี่ยของสีและความขุ่น L = 65.22 a = -1.42 และ b = 18.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ

ตามลำดับ เมื่อทำการเก็บไว้ในภาชนะปิดสนิทจะมีกลิ่นของแอมโมเนียระเหยออกมาแต่ถ้านำมาตั้งในสภาวะเปิด กลิ่นนี้จะจางลง

ผลการทดลองจากตารางที่ 7 พบว่าที่ความเข้มข้นของด่าง 0.2 โมลาร์และ 0.3 โมลาร์ จะได้เจลไข่ขาวที่มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูง ปริมาณด่างตกค้างน้อย และค่าความแข็งแรงของเจลสูง แต่เวลาที่ใช้ในการเกิดเจลเต็มลูกนานถึง 11 ชั่วโมงซึ่งต่างจากที่ความเข้มข้นของด่าง 0.3 โมลาร์มาก ดังนั้นจึงนำเอาความเข้มข้นที่ 0.2-0.3 โมลาร์มาศึกษาเพิ่มเติมเพื่อดูแนวโน้มของการลดระยะเวลาของการเกิดเจลไข่ขาวให้น้อยลง

จากการทดลองเมื่อนำมาศึกษาถึงสภาวะด่างที่เหมาะสมในการเกิดเจลของไข่ขาวที่ความเข้มข้นด่าง a ± 0.05 โมลาร์ แสดงผลดังตารางที่ 8 พบว่าที่ความเข้มข้นของด่าง 0.15 โมลาร์ ก็ยังไม่สามารถทำให้ไข่ขาวเกิดเจลได้ ส่วนที่ความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ การเกิดเจลของไข่ขาวและลักษณะเจลที่ได้ มีลักษณะใกล้เคียงกับเจลไข่ขาวที่ได้จากความเข้มข้นของด่าง 0.2 โมลาร์ โดยมีปริมาณด่างตกค้างในเจลไข่ขาว มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด (มาตรฐานวัตถุเจือปนในอาหารที่อนุญาตมีได้ไม่เกิน 5000 ppm) และมีความแข็งแรงของเจลที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญกับเจลไข่ขาวที่ได้จากความเข้มข้นของด่าง 0.2 โมลาร์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตพบว่าเจลไข่ขาวที่ได้จากความเข้มข้นของด่างที่ 0.2 โมลาร์มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงกว่าเจลไข่ขาวที่ได้จากความเข้มข้นของด่างที่ 0.25 โมลาร์ถึง 9 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าจะใช้เวลาการเกิดเจลไข่ขาวมากกว่า 1 ชั่วโมง ดังนั้นที่ความเข้มข้นของด่าง 0.2 โมลาร์จึงเป็นสภาวะของด่างที่เหมาะสมที่สุดในการเกิดเจลของไข่ขาว

4.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเจลไข่ขาว

จากการนำเจลไข่ขาวที่ใช้ความเข้มข้นของด่าง 0.2 โมลาร์ ซึ่งเป็นสภาวะของด่างที่เหมาะสมที่สุดของการเกิดเจลจากไข่ขาว จากผลการทดลอง 4.1 แสดงผลดังตารางที่ 9

จากตารางที่ 9 พบว่า เจลไข่ขาวมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ คือ ปริมาณโปรตีน 8.49 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้น 89.49 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 1.18 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบไขมันในเจลไข่ขาว เจลไข่ขาวที่ได้จะมีปริมาณโปรตีนและไขมันน้อยกว่าในไข่ขาวสด แต่มีปริมาณเถ้าสูงกว่า ปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงเวลาการเกิดเจล เปอร์เซ็นต์ผลผลิต ปริมาณด่างตกค้าง ความแข็งแรงของเจล สีและความขุ่น ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1-0.5 โมลาร์

ความเข้มข้น (โมลาร์)	pH ของสารละลายด่างเริ่มต้น	เวลาการเกิดเจล (ชั่วโมง)	ผลผลิต (%)	ปริมาณด่างตกค้าง(ppm)	ความแข็งแรงของเจล(gm)	สีและความขุ่น		
						L	a	b
0.1*	12.01	-	-	-	-	-	-	-
0.2	12.49	11.0	90.58^{a}	3706.7^{a}	204.53^{a}	64.96	-1.93	16.14
0.3	12.70	7.0	75.29^{b}	5373.0^{b}	148.64^{b}	68.23	-1.32	17.98
0.4	12.81	6.0	72.50^{bc}	6485.7^{c}	133.75^{b}	64.08	-1.32	20.03
0.5	12.85	4.5	67.70^{c}	7398.3^{d}	125.31^{b}	63.62	-1.14	19.26
					ค่าเฉลี่ย	65.22	-1.42	18.35

หมายเหตุ * ไม่เกิดเจล

อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 8 แสดงเวลาการเกิดเจล เปอร์เซ็นต์ผลผลิต ปริมาณด่างตกค้าง ความแข็งแรงของเจล สีและความขุ่นในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.15-0.30 โมลาร์

ความเข้มข้น (โมลาร์)	pH ของสารละลายด่างเริ่มต้น	เวลาการเกิดเจล (ชั่วโมง)	ผลผลิต (%)	ปริมาณด่างตกค้าง(ppm)	ความแข็งแรงของเจล(gm)	สีและความขุ่น		
						L	a	b
0.15*	12.28	-	-	-	-	-	-	-
0.20	12.58	11.0	91.54[a]	3710.0[a]	204.53[a]	63.41	-1.14	13.11
0.25	12.62	10.0	82.98[b]	4626.0[b]	232.34[a]	62.02	-1.47	16.53
0.30	12.74	7.0	72.74[c]	5251.7[c]	148.65[b]	65.13	-1.86	15.20

หมายเหตุ * ไม่เกิดเจล

อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 9 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวสดเทียบกับเจลไข่ขาว

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณร้อยละ	
	ไข่ขาวสด	เจลไข่ขาว
โปรตีน	9.7-10.6	8.49
ความชื้น	87-89	89.49
ไขมัน	0.03	0
เถ้า	0.5-0.6	1.18

4.3 ผลของการนำเจลไข่ขาวไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร

4.3.1 การปรับปรุงคุณภาพของเจลให้เหมาะสมต่อการรับประทาน

โดยนำเจลไข่ขาวที่ได้มาแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 - 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วันเพื่อให้เกิดการระเหยของกาซแอมโมเนีย และกาซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีของกรดอะมิโน (รุจี,2530) จากการนี้เป็นผลให้เจลไข่ขาวเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่มีสีเหลืองปนเขียวเล็กน้อยและเจลใสไปเป็นเจลที่ไม่มีสีและเจลมีความขุ่นขาวขึ้นเล็กน้อย

4.3.2 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเจลไข่ขาวในน้ำเชื่อม

การยอมรับของผู้บริโภคต่อเจลไข่ขาวแสดงผลดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของเจลไข่ขาวในน้ำเชื่อม

คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส				
สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
6	6.5	5.8	6.0	6.2

จากตารางที่ 10 พบว่า ผลที่ได้อยู่ในเกณฑ์การยอมรับเนื่องจากมีค่าคะแนนเฉลี่ยเกินครึ่งหนึ่งของคะแนนการทดสอบด้าน กลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับอยู่ในช่วง 5.8-6.5 ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเจลไข่ขาวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กุนเชียง

จากการทดลองนำเจลไข่ขาวที่ได้ไปใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียง และนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงค่าคะแนนจากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ใช้เจลไข่ขาวแทนที่ไขมันในสูตร ในอัตราส่วน 0:1 1:1 และ 2:1

กุนเชียง	คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทางประสาทสัมผัส				
เจล :ไขมัน	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
0:1	3.6 ± 0.82^a	3.6 ± 0.54^a	4.0 ± 1.14^a	3.6 ± 0.82^a	3.6 ± 0.66^a
1:1	3.7 ± 0.49^a	3.6 ± 0.82^a	3.7 ± 1.06^a	2.3 ± 1.09^b	3.6 ± 0.95^a
2:1	3.3 ± 1.09^a	3.2 ± 0.49^a	3.5 ± 1.40^a	2.8 ± 1.40^b	3.2 ± 1.06^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 11 พบว่ากุนเชียงในสูตรที่มีการแทนที่ของไขมันด้วยเจลไข่ขาวในอัตราส่วนของเจลไข่ขาวต่อไขมัน 1:1 และ 1:2 กับสูตรควบคุม (0:1)ได้รับการยอมรับทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ให้ผลแต่ต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ได้รับการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัส เนื่องจากกุนเชียงที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่แห้งและแข็งกว่าสูตรควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อหมูในกุนเชียงจะดูดน้ำในเจลไข่ขาวรวมทั้งความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งทำให้กุนเชียงที่ได้มีลักษณะที่แห้งและแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเกิดเจลของไข่ขาวในสภาวะด่างสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 สภาวะของด่างที่เหมาะสมในการเกิดเจลคือที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 โมลาร์ เนื่องจากให้เปอร์เซนต์ผลผลิตสูงที่สุดซึ่งมีค่ามากกว่า 90 เปอร์เซนต์ ปริมาณด่างตกค้างในเจลมีปริมาณน้อยมีค่า 3710 ppm (ค่าไม่เกินมาตรฐาน) เจลมีความแข็งแรงสูงถึง 204 กรัม

5.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของเจลไข่ขาว มีปริมาณโปรตีน 8.49 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้น 89.49 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเถ้า 1.18 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบปริมาณไขมันในเจลไข่ขาว

5.1.3 เมื่อนำเจลมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยนำมารับประทานกับน้ำเชื่อมพบว่า สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และการยอมรับจากผู้บริโภค มีค่าคะแนนเป็น 6.0 6.5 5.8 6.0 และ 6.2 ตามลำดับ และเมื่อนำเจลเติมลงในผลิตภัณฑ์กุนเชียง เพื่อแทนที่ไขมันในผลิตภัณฑ์ พบว่าได้รับการยอมรับในแง่ สี กลิ่น รส และการยอมรับโดยรวมว่าไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (ไขมันร้อยละ 30) แต่ในด้านเนื้อสัมผัสไม่ได้รับการยอมรับเนื่องจากกุนเชียงที่แทนที่ไขมันด้วยเจลมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่ากุนเชียงสูตรควบคุม

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

เจลไข่ขาวที่นำมารับประทานกับน้ำเชื่อมได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ดังนั้นน่าที่จะมีความเป็นไปได้ในการนำเจลไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เจลในน้ำเชื่อมต่อไป แต่ไม่เหมาะในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อบแห้ง เนื่องจากจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

รุจี วานิชยาการ. 2530. ไข่เยี่ยวม้า. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2 (1) : 9 - 12.

รัชนี ตัณฑะพานิชกุล. 2532. เคมีอาหาร. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 381 หน้า.

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2533. เอกสารประกอบการปฏิบัติการเคมีอาหาร บทที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 47 หน้า.

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2533. การทำไข่เยี่ยวม้า. อุตสาหกรรมเกษตร. 1 (3) : 33 - 35.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. วัตถุเจือปนในผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 324 หน้า.

AOAC. 1984. Official Method of Analysis. 14 th ed. The Association of Official Analytical Chemist. Artington, Virginia. 1141 pp.

Cotterill, O.J. et al. 1959. Titration Curves and Turbidity of Whole Egg White. Poultry Science. Vol 38.

Cunningham, F.E. and O.J. Cotterill. 1962. Factors Affecting Alkaline Cogulation of Egg White. Poultry Science. 41 : 1453 - 1461.

Doi,E. 1993. Gels and Gelling of globular protein. Trend in Food Science and and Technology. 4 (1) : 1 - 5.

Froning, G.W. 1988. Developments in Food Protein - In Nutritional and Function Properties of Egg Protein. New York : Elsevier Science Publisher. 335 pp.

Woodward, S.A. and O.J. Cotterill. 1986. Texture and Microstructure of Heat-Formed Eggs White Gels. J. of Food Science. 51 (1) : 333 - 339.

Woodward, S.A. 1990. Egg Protein Gel. Food Gel. New York : 476 pp.

Ziegler,G.R. and E.A. Foegeding. 1990. The Gel of Protein. Advance in Food and Nutrition Reserch. New York. 34 : 463-465.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวัดความแข็งแรงของเจลไข่ขาว

เครื่องมือที่ใช้วัดความแข็งแรงของเจล - Texture Analyser รุ่น TA-XT2

วิธีการ

1. เลือกหัววัด และกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ ระยะทางในการกด แรงในการกด ของหัววัด ในคอมพิวเตอร์ควบคุม ดังนี้

   ขนาดหัววัด 10 mm. dia. cylinder Ebonite

   ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัดก่อนการกด (Pre - speed) 3.0 m/s

   ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัดขณะกดบนเจล (Speed) 1.8 m/s

   ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัดหลังการกด (Post - speed) 10 m/s

   ระยะทางในการกดบนเจล (Distance) 80 % ของความสูงเจลไข่ขาว

   แรงในการกด (Trigger) 10 g
2. ทำการ Calibate หัววัด
3. ตัดเจลไข่ขาวให้มีความสูง 1 นิ้ว โดยตัดให้ด้านบนและด้านล่าง เรียบ
4. นำเจลวางบนฐานสำหรับการวัด
5. กดคำสั่งในการวัด
6. ค่าความแข็งแรงของเจลจะปรากฏเป็นเส้นกราฟที่จอคอมพิวเตอร์
7. เครื่องจะทำการอ่านค่าความแข็งแรงของเจลจากจุดสูงสุดของกราฟ
8. สั่งพิมพ์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การหาปริมาณด่างตกค้าง (ppm)

การวิเคราะห์ปริมาณด่างตกค้างโดยวิธีไตเตรท (วรรณา,2533)

วิธีการ

1. ชั่งเจลไข่ขาว 10 กรัม (ชั่งละเอียด 0.0001) ละลายในน้ำร้อนจนเจลละลายหมด
2. นำมาปรับปริมาตร ในขวดปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
3. ปิเปตสารละลายในข้อ 2 มา 25 มิลลิลิตร ใส่ใน ขวดรูปชมพู่
4. หยด ฟีนอฟทาลีน 2 - 3 หยด จะได้สารละลายจะมีสีชมพู
5. ทำการ ไตเตรท กับ สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.01 N จนถึงจุดยุติ (เปลี่ยนจากสารละลายสีชมพูเป็นสารละลายใส ไม่มีสี)
6. ทำการบรรทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ในการไตเตรท
7. ทำ Blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายในข้อ 2
8. นำปริมาตรของกรดที่บันทึกในข้อ 6 มาทำการหัก Blank นำมาใช้ในการคำนวณ

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณด่างตกค้าง (ppm)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของกรด} \times \text{ปริมาตรของกรดที่ใช้} \times 40 \times 100}{\text{น้ำหนักเจล} \times 25}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวัดสีและความขุ่นของเจลไข่ขาว

เครื่องมือที่ใช้วัดสีและความขุ่น : CHROMO-METER รุ่น CR-300 MINOLTA

วิธีการ

1. ทำการ Calibate เครื่อง
2. ตัดเจลไข่ขาวให้มีความยาว 2.5 เซนติเมตร โดยตัดให้ด้านบน-ล่าง เรียบไม่เป็นคลื่นหรือเอียง
3. นำเจลในข้อ 2 วางบนกระดาษสีขาวแล้วนำแผ่นพลาสติกใส ไม่มีสีมาวางบนผิวหน้าเจล
4. นำหัววัดทาบบนแผ่นพลาสติก ให้หัววัดแนบสนิทกับเจล
5. กดวัด เครื่องจะทำการวัดให้ 3 ครั้ง (สังเกตุได้จากแสงไฟที่กระพริบ) ต่อการกดวัด 1 ครั้ง
6. ค่าที่แสดงออกบนหน้าจอจะเป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ครั้ง
7. สั่งพิมพ์ค่าการวัดสี หรือทำการบรรทึกจากหน้าจอของเครื่อง

หมายเหตุ

หากต้องการตัดเจลให้มีขนาดเท่ากันและตัดให้เรียบทุกอันควรใช้แผ่นพลาสติกตามขนาดความสูงของเจลที่ต้องการพันรอบตัวเจลแล้วจึงตัดส่วนที่ไม่ต้องการออกไปนอกจากนั้นการพันด้วยแผ่นพลาสติกยังทำให้เจลที่ได้คงรูปร่างเพื่อสะดวกในการวัดอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

การวิเคราะห์โปรตีนโดยใช้ kjeldahl method (AOAC 1984)

สารเคมี

1. กรดซัลฟุริก (Conc. H_2SO_4 93-98 % reagent grade)
2. กรดบอริก (H_3BO_3 2 %)
3. กรดซัลฟุริก 0.1 N.
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 %
5. คะตาลิสต์ (catalyst)

   ซิลิเนียมไดออกไซด์ (SeO_2)

   โปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)

   คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4 . 5H_2O$)

   ชั่งซิลิเนียมไดออกไซด์ 2.5 กรัม โปตัสเซียมซัลเฟต 100 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต 20 กรัม ผสมให้เข้ากันอย่างดี
6. การเตรียมอินดิเคเตอร์

   6.1 เตรียม 0.1 Bromocresol green (ใน 95 %แอลกอฮอล์) และ 0.1 % Methyl red (ใน 95 %แอลกอฮอล์)

   6.2 ผสม 1 มิลลิลิตร Bromocresol green กับ 2 มิลลิลิตร Methyl red ในขวดหยด สารละลายดังกล่าว 4 หยด มีปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 1 กรัม (ถ้าเป็นอาหารที่มีโปรตีนต่ำ เช่น ผลไม้ ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ผัก 3 กรัม เป็นต้น) ใส่ลงใน kjeldahl flask ขนาด 250 มิลลิลิตร อย่าให้ตัวอย่างเกาะตามคอขวด
2. เติมคะตะลิสต์ 2 กรัม และกรดซัลฟุริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร
3. นำ kjeldahl flask ไปตั้งบนชุดเครื่องย่อยโปรตีนที่มีระบบดูดไอกรดที่ดี ใช้เครื่องย่อยโปรตีนโปรตีน Buchi 425 ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งสารละลายมีสีฟ้าใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปล่อยให้สารละลายสีฟ้าอ่อนเย็น และหมดควันของไอกรด
5. ปล่อยให้สารละลายกรดบอริก 2 เปอร์เซ็นต์ 50 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่แห้งสะอาด หยดอินดิเคเตอร์ 4 หยด เขย่าสารละลายก่อนนำไปวางใต้เครื่องกลั่นให้ปลายคอนเดนเซอร์จุ่มลงในตัวสารละลาย นำ kjeldahl flask ที่ได้จากข้อ 4 ตั้งบนชุดเครื่องกลั่นโปรตีน Buchi 321 เปิดเครื่องเติมน้ำกลั่นลงไปจนปริมาตรสารละลายได้ถึง 100 มิลลิลิตร เติม 40 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ลงไปทำปฏิกริยาจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีดำ กลั่นโปรตีนเป็นเวลานาน 3 นาที
6. เมื่อกลั่นโปรตีนครบเวลาลดระดับของ Erlenmeyer flask ล้างปลายคอนเดนเซอร์ ด้วยน้ำกลั่น รอให้ปฏิกริยาดำเนินต่อไป ประมาณ 1-2 นาที ก่อนนำไปไตเตรทกับสารละลายกรดซัลฟุริก 0.1 N จนสีน้ำเงินเปลี่ยนไปเป็นไม่มีสี
7. ทำการทดลองกับ Blank เหมือนกับตัวอย่างทุกประการ

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน (crude protein)} = \frac{[6.25 \times 1.4 \times C \times (A - B)]}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

เมื่อ A = มิลลิลิตรของสารละลายกรดซัลฟุริกที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของสารละลายกรดซัลฟุริกที่ใช้ไตเตรท Blank

C = นอร์มอลของสารละลายกรดซัลฟุริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ความชื้น

การวิเคราะห์ความชื้นโดยใช้วิธีของ AOAC (1984)

วิธีการ

1. อบ aluminum can ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 - 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน dessicator
2. ชั่งตัวอย่างอาหารน้ำหนักแน่นอนประมาณ 5 กรัม ลงใน aluminum can จากข้อ 1 นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน dessicator
3. ชั่งน้ำหนัก คำนวณปริมาณความชื้นจากน้ำหนักที่หายไป คิดเป็นร้อยละ

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}) \times 100}{\text{น้ำหนักเปียก}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยใช้วิธีของ AOAC (1984)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่อบแห้ง 5-10 กรัม ใน thimble ปิดด้านบนของตัวอย่างด้วยสำลี หรือกระดาษกรองป้องกันการฟุ้งกระจายของตัวอย่าง
2. บรรจุ thimble ในชุดสกัดไขมัน soxhlet อยู่ใน extraction tube ซึ่งด้านบนต่อกับ condenser ส่วนด้านล่าง ต่อกับ round-bottom flask ชนิด 2 หรือ 3 คอ
3. ตวง anhydrous ether 150 มิลลิลิตร ในขวดแก้วก้นกลม ต่อสายยางนำน้ำเข้า-ออกจาก condenser ก่อนเปิดสวิสช์ของเตา heating mantle ปรับระดับความร้อนอย่างเหมาะสม เช่น 150 หยดต่อนาที เพื่อให้ไอของ anhydrous ether ควบแน่นหยดน้ำลงบนตัวอย่างต่อเนื่อง นาน 16 ชั่วโมง
4. แยก anhydrous ether ออกด้วย vacuum evaporator นำส่วนของไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที นำไปทำให้เย็นใน dessicator ก่อนไปชั่งน้ำหนักของ crude fat
5. คำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมัน = (น้ำหนักบีกเกอร์และไขมัน - น้ำหนักบีกเกอร์) x 100
   น้ำหนักตัวอย่างแห้ง

ข้อแนะนำ

นิยมใช้ anhydrous ethyl ether หรือ petroleum ether (จุดเดือด 35 องศาเซลเซียส) ในการสกัดน้ำมันจากตัวอย่างอาหาร petroleum ether มีราคาถูก ส่วน diethyl ether ควรเลือกชนิด anhydrous ทั้งนี้เนื่องจากถ้ามีน้ำปะปน จะสามารถละลายน้ำตาลและสารประกอบอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยใช้วิธีของ AOAC (1984)

วิธีการ

1. นำ poreclain dish ทำให้แห้งก่อนเผาใน muffle furnace นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน dessicator ก่อนนำไปชั่ง
2. ชั่งตัวอย่างใน poreclain dish 2 - 5 กรัม
3. เผาตัวอย่างด้วย hot plate ช้า ๆ จนเผาไหม้หมด (เผาจนหมดควันสีดำ) จึงนำ poreclain dish วางในเตาเผา อุณหภูมิในการเผา 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นสีขาว
4. ทำให้เย็นใน dessicator ชั่งน้ำหนัก คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้า

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังเผา})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

<u>แบบการประเมินผลทางประสาทสัมผัส</u>

ชื่อผลิตภัณฑ์.....

ชื่อผู้ทดสอบ..... เพศ ..... อายุ.....

วันที่ทำการทดสอบ.....

<u>ข้อปฏิบัติ</u>

1. เมื่อชิมแต่ละตัวอย่างแล้วให้ใช้น้ำเปล่าบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างต่อไป
2. การชิมให้ชิมแต่ละตัวอย่างแล้วให้คะแนนเลย ไม่ต้องเปรียบเทียบกับตัวอย่างทั้งหมด
3. เกณฑ์การให้คะแนน

5	คะแนน	ชอบมาก
4	คะแนน	ชอบ
3	คะแนน	เฉย ๆ
2	คะแนน	ไม่ชอบ
1	คะแนน	ไม่ชอบมาก

ตัวอย่าง	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม

ข้อเสนอแนะ .....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฌ

ตารางผนวกที่ 1 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมที่มีต่อ เจลไข่ขาวในน้ำเชื่อม

ลำดับผู้ชิม	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
1	5	9	7	5	7
2	7	7	5	5	7
3	7	5	7	7	7
4	7	7	5	5	7
5	5	7	7	7	7
6	5	7	5	7	5
7	5	5	5	7	5
8	5	7	5	5	5
9	5	7	5	7	5
10	9	9	7	5	7
รวม	60	65	58	60	62
เฉลี่ย	6.0	6.5	5.8	6.0	6.2

หมายเหตุ

9 คะแนน ชอบมาก

7 คะแนน ชอบ

5 คะแนน เฉยๆ

3 คะแนน ไม่ชอบ

1 คะแนน ไม่ชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ญ

ตารางแสดงคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์ทางสถิติของผลิตภัณฑ์กุนเชียง

ตารางผนวกที่ 2 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมที่มีต่อลักษณะสีของกุนเชียง

ลำดับที่ของผู้ชิม	อัตราส่วนเจลต่อไขมัน		
	A (0:1)	B (1:1)	C (2:1)
1	2	2	2
2	3	4	3
3	4	3	4
4	4	4	4
5	2	4	3
6	4	4	4
7	4	4	2
8	4	4	4
9	5	5	5
10	5	4	1
11	4	4	4
12	3	3	4
13	4	4	4
14	3	3	3
15	3	4	3
ผลรวม	54	56	50
ค่าเฉลี่ย	3.6	3.7	3.3

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F_{cal}	$F_{0.05}$
TREATMENT	1.244	2	0.622	0.118^{NS}	2.90
BLOCK	19.111	14	1.4365	2.725^{NS}	
ERROR	14.756	28	0.527		
TOTAL	35.111	44			

NS = แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมที่มีต่อกลิ่นของกุนเชียง

ลำดับที่ของผู้ชิม	อัตราส่วนเจลต่อไขมัน		
	A (0:1)	B (1:1)	C (2:1)
1	3	3	4
2	4	2	4
3	4	3	4
4	5	4	3
5	3	5	4
6	4	3	4
7	4	5	3
8	4	5	3
9	3	4	3
10	5	4	2
11	3	3	3
12	3	4	3
13	3	3	2
14	3	3	3
15	3	3	4
ผลรวม	54	54	49
ค่าเฉลี่ย	3.6	3.6	3.3

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F_{cal}	$F_{0.05}$
TREATMENT	1.111	2	0.556	0.823^{NS}	2.90
BLOCK	7.244	14	0.517	0.765^{NS}	
ERROR	18.889	28	0.675		
TOTAL	27.244	44			

NS = แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมที่มีต่อรสชาติของกุนเชียง

ลำดับที่ของผู้ชิม	อัตราส่วนเจลต่อไขมัน		
	A (0:1)	B (1:1)	C (2:1)
1	2	4	4
2	5	4	4
3	4	1	2
4	5	4	5
5	5	5	5
6	5	5	5
7	5	5	2
8	4	4	4
9	4	3	4
10	5	3	1
11	3	3	3
12	4	4	3
13	4	4	3
14	2	3	4
15	3	4	4
ผลรวม	60	56	53
ค่าเฉลี่ย	4	3.7	3.5

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F_{cal}	$F_{0.05}$
TREATMENT	1.644	2	0.822	0.896^{NS}	2.90
BLOCK	24.978	14	1.784	1.945^{NS}	
ERROR	25.689	28	0.917		
TOTAL	52.311	44			

NS = แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกุนเชียง

ลำดับที่ของผู้ชิม	อัตราส่วนเจลต่อไขมัน		
	A (0:1)	B (1:1)	C (2:1)
1	4	2	2
2	4	1	5
3	3	1	3
4	4	3	4
5	3	3	3
6	4	4	1
7	5	2	3
8	2	1	2
9	5	3	1
10	3	2	3
11	4	3	4
12	3	1	2
13	2	2	2
14	4	3	4
15	4	4	4
ผลรวม	54	35	43
ค่าเฉลี่ย	3.6	2.3	2.86

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F_{cal}	$F_{0.05}$
TREATMENT	12.133	2	6.067	6.566 *	2.90
BLOCK	20.800	14	1.486	1.608 NS	
ERROR	25.867	28	0.924		
TOTAL	58.800	44			

NS = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* = แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ะดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมต่อการยอมรับโดยรวมของกุนเชียง

ลำดับที่ของผู้ชิม	อัตราส่วนเจลต่อไขมัน		
	A (0:1)	B (1:1)	C (2:1)
1	3	3	4
2	4	3	4
3	3	1	2
4	5	4	5
5	4	5	4
6	4	4	3
7	4	5	2
8	4	3	3
9	2	4	3
10	5	4	1
11	3	3	4
12	4	4	3
13	4	4	3
14	3	4	4
15	3	4	4
ผลรวม	55	55	49
ค่าเฉลี่ย	3.6	3.6	3.26

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F_{cal}	$F_{0.05}$
TREATMENT	1.600	2	0.800	0.947^{NS}	2.90
BLOCK	14.533	14	1.038	1.259^{NS}	
ERROR	23.067	28	0.824		
TOTAL	39.200	44			

NS = แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

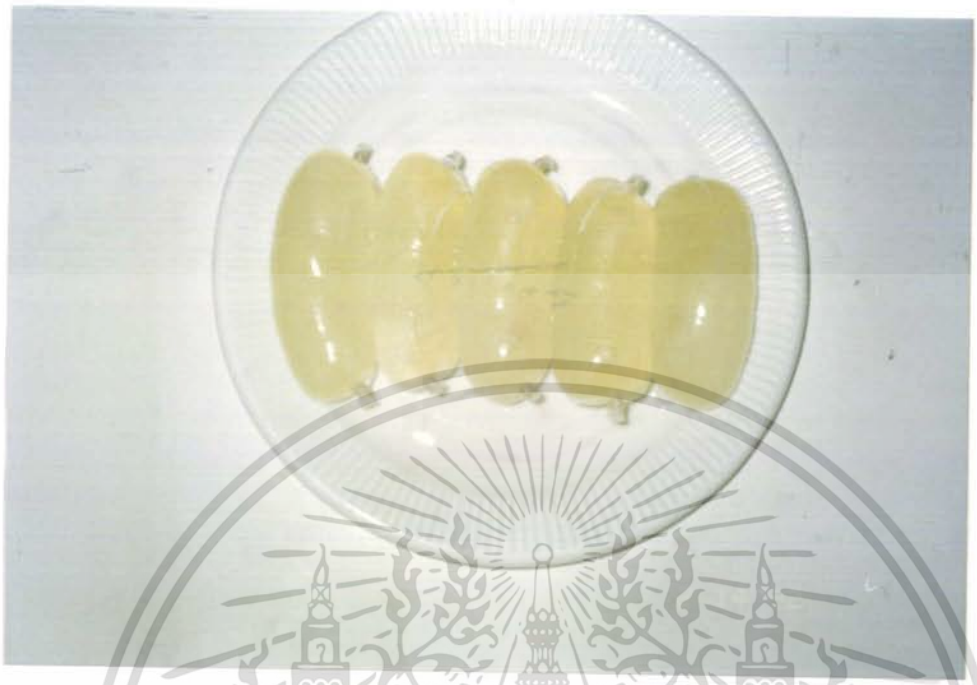
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฎ

ภาพที่ 1 การแช่ไข่ขาวที่บรรจุในไส้หมูก่อนเป็นเจลไข่ขาวในสารละลายด่าง

ภาพที่ 2 การแช่ไข่ขาวที่บรรจุในไส้หมูเมื่อเป็นเจลไข่ขาวเต็มลูกในสารละลายด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 ลักษณะของเจลไข่ขาวในไส้หมูหลังต้มที่อุณหภูมิ 55-65 °C เป็นเวลา 10 นาที

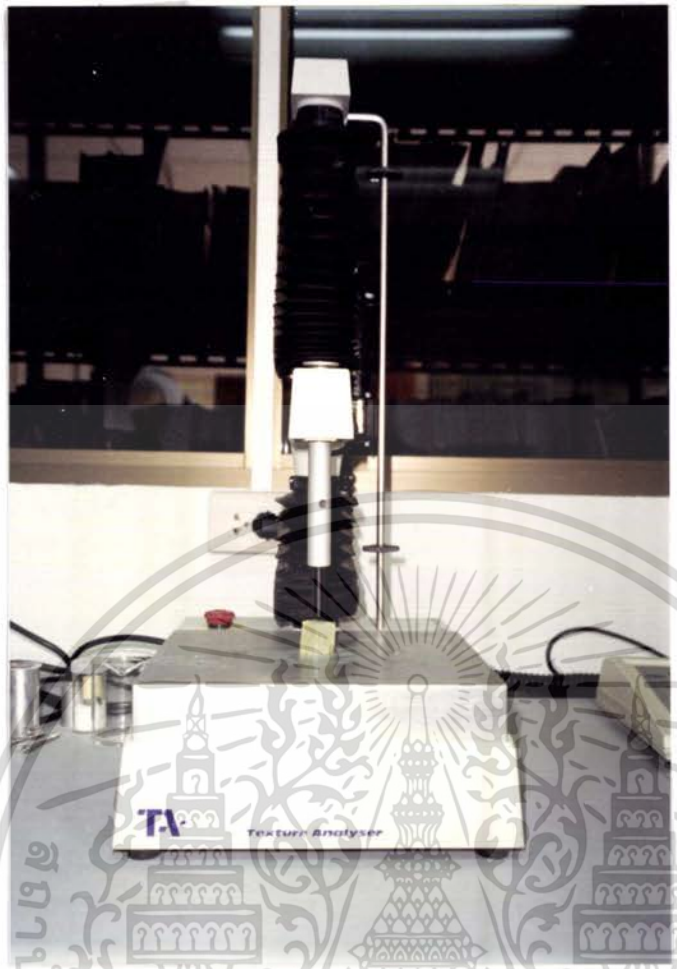
ภาพที่ 4 ลักษณะของเจลไข่ขาวที่นำไส้หมูออกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

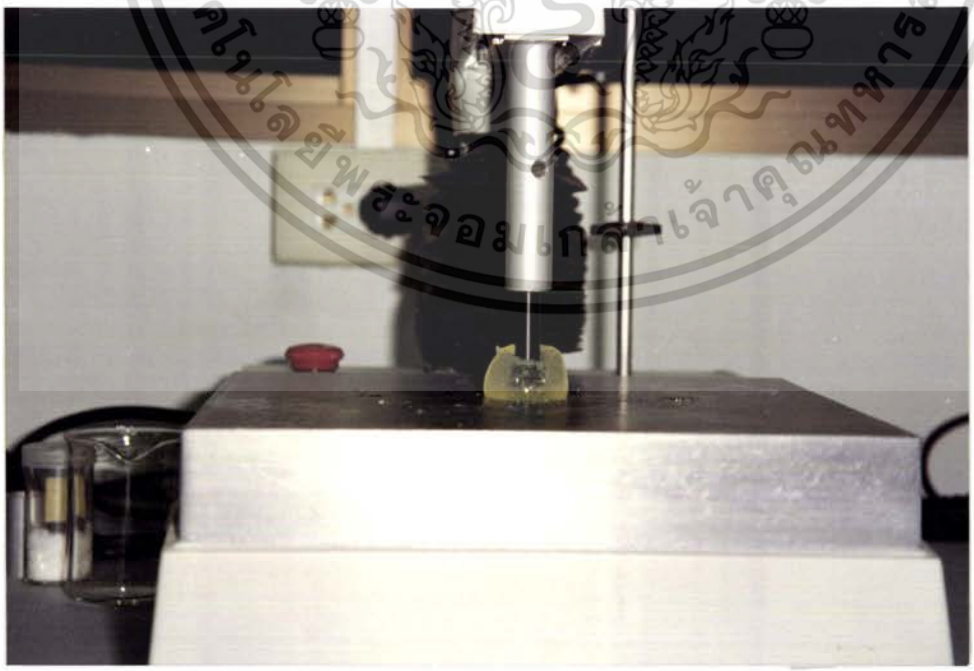
ภาพที่ 5 ลักษณะเจลไข่ขาวตัดเป็นทรงกระบอก พันด้วยแถบพลาสติกใส

ภาพที่ 6 การวัดสีของเจลไข่ขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 การวัดความแข็งแรงของเจลไข่ขาวด้วยเครื่อง Texture Analyser รุ่น TA-XT2



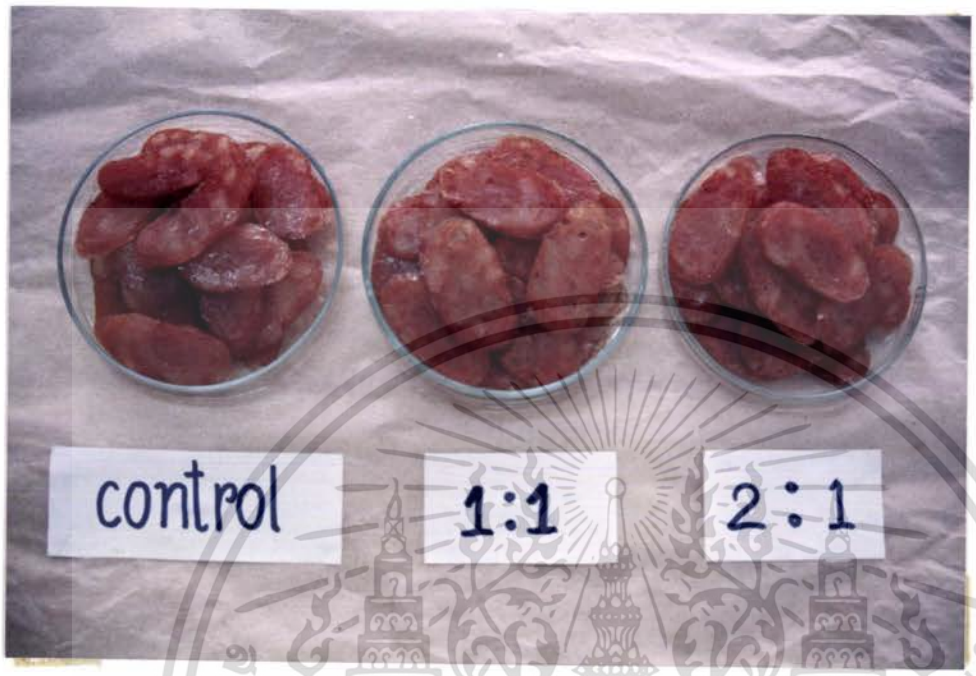
ภาพที่ 8 การกดของหัวเจาะขนาด 10 มิลลิเมตรในเจลไข่ขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 ลักษณะของเจลไข่ขาวหลังปรับปรุงคุณภาพ

ภาพที่ 10 เจลไข่ขาวในน้ำเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 ผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ถูกแทนที่ไขมันด้วยเจลไข่ขาว ในอัตราส่วนเจลไข่ขาวต่อไขมัน 0:1 1:1 และ 2:1 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้