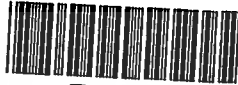


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



การทำเจลาตินจากเศษกระดูกไก่ให้ใส

(Clarification of Gelatin from Chicken Bone Residues)



T096479

นางสาวนุชรินทร์ อรรถประสิทธิ์  
นางสาวกรวิณา แสงฉายเพ็ญเพ็ญ

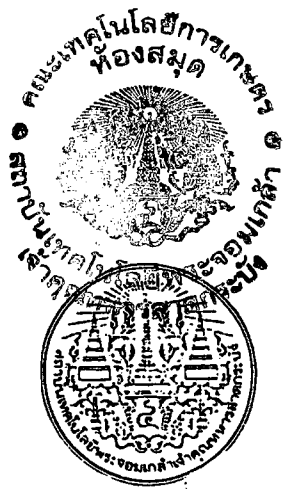
รฟ.  
ท ๖๒๘ก  
๒๕๓๘

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....๑๖๔๗๙  
วัน,เดือน,ปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

พ.ศ. ๒๕๓๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### ใบรับรองปัญหาพิเศษ

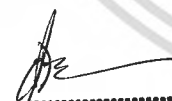
เรื่อง

การทำเจลาตินจากเศษกระดูกไก่ให้ใส  
 (Clarification of Gelatin from Chicken Bone Residues)


โดย

นางสาวนันทินทร์ อรรถประสิทธิ์  
 นางสาวกรวิษา แสงฉายเพียงเพ็ญ

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

 29/10/38 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ  
 (ผศ. เชาวลักษณ์ สूरนนชิตินธุ์)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

  
 ( ผศ. ดร. วราวุธ ครุสง )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นว่าไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มี  
 วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .... 2537

นุชรินทร์ อรรถประสิทธิ์ และ กรวีณา แสงฉายเพียงเพ็ญ. 2538. : การทำเจลาตินจาก  
เศษกระดูกไก่ให้ใส (Clarification of Gelatin from Chicken Bone Residues).  
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง. อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ. เหวอลักษณ์ สรพันธ์พิศิษฐ์. 57 หน้า

เจลาติน เป็นสารอินทรีย์ประเภทโปรตีนที่มีมูลค่าสูง และใช้กันอย่างแพร่หลายใน  
อุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งสามารถผลิตได้จาก เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน หนัง และกระดูกของสัตว์  
กระดูกไก่เป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจจะนำมาผลิตเจลาติน เนื่องจาก พฤติกรรมการบริโภคไก่มีมากขึ้น  
และมีปริมาณกระดูกไก่ ที่เหลือจากอุตสาหกรรมการส่งออกเนื้อไก่ไปจำหน่ายตลาดต่างประเทศ  
เพิ่มขึ้นทุกปี ได้มีการทดลองนำเศษกระดูกไก่มาสกัดเจลาติน พบว่าเจลาตินที่ได้มีลักษณะขุ่นมีสีคล้ำ  
ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงใช้สภาวะที่เหมาะสมทำเจลาตินจากเศษกระดูกไก่ให้ใสขึ้น โดย  
การใช้กieselguhr (Kieselguhr) ความเข้มข้น 0.5 % w/v และเขย่าด้วยความเร็ว 40 รอบ  
ต่อนาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วแยกสิ่งเจือปนออกด้วยเครื่อง  
หมุนเหวี่ยง ด้วยความเร็ว 8500 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที  
และกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 จะได้เจลาตินที่ใสขึ้น มีค่าการดูดกลืนแสงใน  
ช่วงความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ประมาณ 0.097 ค่าความแข็งแรงของเจล 5.64 กิโลแรง  
ค่าความเป็นกรดต่าง 4.07 ความหนืด 211.7 มิลลิพอยส์ ความชื้น 6.54 % ปริมาณเถ้า  
3.08 % และมีปริมาณเจลาติน 29.75 % ในผลิตภัณฑ์

นุชรินทร์ อรรถประสิทธิ์ กรวีณา แสงฉายเพียงเพ็ญ

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

29 ๗ 38

วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษ เรื่อง การทำเจลาตินจากเศษกระดูกไก่ให้ใส นี้ สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์ของหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน คือ พี่บัณฑิต จากบริษัทไก่สดศรีไทย ที่ได้เอื้อเฟื้อกระดูกไก่ รวมทั้ง คุณอดุลย์ เจ้าสกุล จากบริษัทอุดมกรวิศกรรมที่เอื้อเฟื้อเจลาตินทางการค้าที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งต้องขอขอบพระคุณไว้ในโอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผศ. เขาลักษณะ สุรพันธ์พิศิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ สำหรับความเมตตา ความช่วยเหลือ เอาใจใส่ห่วงใยในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้จนลุล่วงไปได้

ขอขอบพระคุณ ดร. กิตติชัย บรรจง และ อ. วิฬย์ อารีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ ตลอดจนอาจารย์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ ที่มีค่าต่อการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ และเจ้าหน้าที่ห้องธุรการทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือเอื้อเฟื้อความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

และสุดท้ายขอขอบคุณกำลังใจ และน้ำใจที่มีให้กันตลอดมา จากเพื่อนๆ และน้องๆ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกคน ที่ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้ สำเร็จโดยสมบูรณ์

หากปัญหาพิเศษฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้อื่นอยู่บ้าง ขอขอบคุณนี้ให้แก่ พ่อ แม่ ครู อาจารย์ ที่ได้อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ ให้ความการศึกษา และความหวังดีมาโดยตลอด

นุชรินทร์ อรรถประสิทธิ์  
กรวิภา แสงฉายเพียงเพ็ญ

มีนาคม 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฅ
บทที่	
1. บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
2. วารสารปริทรรศน์	3
2.1 เจลาติน	3
2.2 คอลลาเจน	3
2.3 กระบวนการผลิตเจลาติน	4
2.4 คุณสมบัติของเจลาติน	9
2.5 คุณสมบัติและหน้าที่ของเจลาติน	14
2.6 คุณสมบัติต่อการมองเห็น	17
2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของเจลาของเจลาติน	18
2.8 คุณสมบัติที่สำคัญในการเลือกเจลาติน	21
2.9 การวิเคราะห์ปริมาณเจลาติน	24
2.10 การละลายเจลาติน	24
2.11 เกณฑ์ด้านคุณค่าทางโภชนาการ	25
2.12 การใช้ประโยชน์ของเจลาติน	25
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	27
3.1 วัตถุประสงค์	27
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	27
3.3 สารเคมี	28
3.4 วิธีการทดลอง	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
4. ผลการทดลอง	32
4.1 การหาความแม่นยำของหัววัดจากเครื่อง KMITL Texture Measuring Instrument	32
4.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำเจลาคินจากเศษกระดูกไก่ให้ใส	37
4.3 การศึกษาคุณสมบัติและปริมาณเจลาคินในการสกัด	44
4.4 ผลการตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ของเจลาคินที่ผลิตได้	45
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	47
5.1 สรุปผลการทดลอง	47
5.2 ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก ก	51
ภาคผนวก ข	54
ประวัติผู้เขียน	57



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แสดงส่วนประกอบทางเคมีของเจลาติน	10
2. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด และค่าบวมของเจลาตินชนิด A และ B จากแหล่งวัตถุดิบต่าง ๆ กัน	11
3. ตารางแสดงคุณลักษณะทางเคมีของเจลาติน	22
4. แสดงค่าความแข็งแรงของเจลของเจลาตินทางการค้า ชนิด 150 บลุ่ม ที่ความเข้มข้น 3.8% 4.0% และ 4.2%	32
5. แสดงค่าความแข็งแรงของเจลของเจลาตินทางการค้า ชนิด 150 บลุ่ม ที่ความเข้มข้น 6.8% 7.0% และ 7.2%	33
6. แสดงค่าความแข็งแรงของเจลของเจลาตินทางการค้า ชนิด 150 บลุ่ม ที่ความเข้มข้น 8.8% 9.0% และ 9.2%	33
7. แสดงค่าความแข็งแรงของเจลของเจลาตินทางการค้า ชนิด 150 บลุ่ม ที่ระดับความเข้มข้น 9 ระดับ ในช่วง 3.8%-9.2%	34
8. แสดงค่าความแข็งแรงของเจลของเจลาตินทางการค้า ชนิด 240 บลุ่ม และ 150 บลุ่ม ที่ความเข้มข้น 6.67%	36
9. แสดงผลการตรวจพินิจ ค่าจากเครื่องวัดสีและค่าความแข็งแรงของเจลเมื่อใช้ที่เซลล์แก้ว เข้มข้น 5 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 % ในช่วงเวลาการแช่ 30 นาที 60 นาที 90 นาที และ 120 นาที	38
10. แสดงผลการตรวจพินิจ ค่าจากเครื่องวัดสี และค่าความแข็งแรงของเจลเมื่อใช้ เบนโทไนท์ เข้มข้น 5 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 % ในช่วงเวลาการแช่ 30 นาที 60 นาที 90 นาที และ 120 นาที	39
11. แสดงค่าการดูดกลืนแสง และค่าความแข็งแรงของเจล เมื่อใช้ที่เซลล์แก้วที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 % ในช่วงเวลาการแช่ 30 นาที 60 นาที และ 90 นาที	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง	หน้า
12. แสดงค่าการดูดกลืนแสง และค่าความเข้มแรงของเจล เมื่อใช้เบนโทไนท์ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 % ในช่วงเวลาการเขย่า 30 นาที 60 นาที และ 90 นาที	42
13. แสดงปริมาณเจลาตินที่สกัดได้ ค่าการดูดกลืนแสง และค่าความเข้มแรงของเจลในการสกัดเจลาตินครั้งที่ 1, 2 และ 3	44
14. แสดงคุณสมบัติของเจลาตินที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับเจลาตินทางการค้า ชนิด 150 บลุ่ม	45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1. แสดงความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ระหว่างความเข้มข้น และความหนืดของ เจลาติน	12
2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของเจลาติน และค่าความแข็งแรง ของเจล	18
3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ ของความเข้มข้นของเจลาติน ที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ค่าความ	19
4. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดหลอมเหลวและความเข้มข้นของเจล	20
5. แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายเจลาติน	29
6. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของเจลาตินทางการค้าที่ระดับความเข้มข้น ต่าง ๆ กัน กับความแข็งแรงของเจล	35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

เนื่องด้วยเจลาตินเป็นผลิตภัณฑ์พวกอินทรีย์วัตถุประเภทโปรตีนชนิดหนึ่ง ที่ได้จากการย่อยสลายของคอลลาเจนซึ่งพบมากในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน หนัง และกระดูกของสัตว์ เจลาตินมีความสำคัญมากในทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยใช้อุตสาหกรรมอาหารมากถึงประมาณร้อยละ 55 ของปริมาณเจลาตินที่ใช้ทั้งหมดในตลาดโลก โดยใช้เป็นสารให้ความคงตัว (Stabilizer) ในอาหารหวาน ไอศกรีมและใช้เป็นสารช่วยทำให้เกิดฟอง (Foaming agent) ในการทำขนม

ในอดีต การผลิตเจลาตินทำได้จากกระดูกของสัตว์ใหญ่ เช่น วัว ควาย และหนังสัตว์ ซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้ของโรงฆ่าสัตว์ เศษกระดูกไก่จากเครื่องถอดกระดูก เป็นวัสดุเหลือใช้ของโรงงานชำแหละไก่ มีองค์ประกอบที่น่าสนใจคือ โปรตีนคอลลาเจนซึ่งมีอยู่ถึงร้อยละ 38.7 ของโปรตีนทั้งหมด และเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี เพราะมีการดอมิโนจำเป็นอยู่ครบสมบูรณ์

ในปัจจุบัน เศษกระดูกไก่จากโรงงานชำแหละต่างๆ ในประเทศไทย มีอยู่เป็นปริมาณมาก ยิ่งปริมาณการส่งออกเนื้อไก่แช่แข็งไปจำหน่ายยังต่างประเทศเพิ่มมากขึ้นเท่าใดปริมาณเศษกระดูกไก่ที่เหลืออยู่จะมีมากขึ้นเท่านั้น แต่การใช้ประโยชน์จากโปรตีนที่มีอยู่ในเศษกระดูกไก่อย่างไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ดังนั้นจึงน่าที่จะได้มีการศึกษาเพื่อนำโปรตีนคอลลาเจนที่มีอยู่ในเศษกระดูกไก่ เหล่านี้ออกมาใช้ประโยชน์ก่อนในรูปของเจลาติน ซึ่งสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารประเภทต่าง ๆ ดังได้กล่าวมาแล้ว

และเนื่องจากงานวิจัยในปัจจุบันพบว่าเจลาตินที่สกัดได้จากเศษกระดูกไก่ มีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงต้องมีการทำให้บริสุทธิ์ขึ้น และศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ เพื่อให้ได้เจลาตินที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเจลาตินที่ผลิตในทางการค้า

## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาความสามารถของหัววัดจากเครื่อง KMITL Food Texture Measuring Instrument ในการวัดค่าความแข็งแรงของเจล
2. ศึกษาลักษณะที่เหมาะสมในการทำให้เจลาตินใส
3. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ของเจลาตินที่ผลิตได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### วารสารปริทัศน์

#### 2.1 เจลาติน (Gelatin)

เจลาตินเป็นสารประกอบประเภทโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นหลายชนิดโดยเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของคอลลาเจน (collagen) ในกระดูกและหนังสัตว์ โดยส่วนใหญ่จะใช้เจลาตินเป็นสารที่ทำให้เกิดเจลในอาหาร และผลิตภัณฑ์ประเภทรับประทานได้ทันที (ready-to-eat) ที่ต้องแช่ไว้ในตู้เย็น หรือในการพูน เช่น ใช้เป็นส่วนผสมหนึ่งในเทเบิลเจลลี่ (table jellies) หรือทำเป็นเจลที่มีความเข้มข้นสูง เช่น ฮาอมแก้ออร์สผลไม้ และ มาร์ชมอลโลว (marshmallow) ในอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่ จะนำเจลาตินมาใช้ในขบวนการผลิตมากกว่าสารที่ทำให้เกิดเจลชนิดอื่นๆ เนื่องจากมีราคาถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับในปริมาณที่เท่ากัน และเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมในการป้อนสู่โรงงาน

#### 2.2 คอลลาเจน (Collagen)

คอลลาเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของหนังและกระดูกของสัตว์ และเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ประมาณ 30% ของโปรตีนทั้งหมดในมนุษย์ และในสัตว์ คอลลาเจนพบมากทั้งในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง และไม่มีกระดูกสันหลัง ซึ่งแตกต่างกันที่องค์ประกอบของกรดอะมิโน แต่มีหน้าที่เหมือนกันคือให้ความแข็งแรง และค้ำจุนเนื้อเยื่อ รวมทั้งอวัยวะของสัตว์

##### 2.2.1 โครงสร้างของคอลลาเจน

โมเลกุลของคอลลาเจนมีลักษณะเป็นทริปเปิลเฮลิคซ์ (triple helix) ที่ประกอบด้วยสายอัลฟา ( $\alpha$  chain) 3 สายเชื่อมกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้มีความแข็งแรงหรือเสถียร โดยมีเปอ์เซนด์ไกลซีน (glycine) ในปริมาณสูงถึง 33% และกรดอิมิโนโพรลีน (iminoproline) และไฮดรอกซีโพรลีน (hydroxyproline) 22% คอลลาเจนชนิดที่รู้จักกันดี คือ ชนิดหนึ่ง (type 1) และชนิดสาม (type 3) ซึ่งนำไปใช้ในการผลิตเจลาตินในระดับอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเนื้อเยื่อส่วนใหญ่ คอลลาเจนจะอยู่ในรูปของบันเดิล (bundles) 4 หรือ 5 โมเลกุลเพื่อประกอบเป็นไฟบริล (fibrils) และจะไปจับกับไฟบริลอื่นเพื่อประกอบเป็นบันเดิลที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ขึ้น กระบวนการเกิดการเชื่อมไขว้ (cross-links) ระหว่างโมเลกุลของไลซีน หรือส่วนที่เหลือของไฮดรอกซีโพรลีน (hydroxyproline residue) จะทำให้ไฟบริลเหล่านี้เสถียร ระดับของการเชื่อมไขว้จะเพิ่มขึ้นเมื่อสัตว์เจริญเติบโตขึ้น

### 2.3 กระบวนการผลิตเจลาติน

เจลาตินทางการค้าผลิตได้จากออสซีน (ossein) ที่ได้จากวัตถุดิบ 3 ชนิด คือกระดูกหนังวัวและหนังหมู ซึ่งสามารถสกัดได้โดยการย่อยคอลลาเจนด้วยกรดหรือด่าง โดยแหล่งกำเนิดอายุ และชนิดของคอลลาเจน จะมีผลต่อคุณสมบัติของเจลาตินที่ได้ กระบวนการผลิตเจลาตินประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้คือ

#### 2.3.1 การล้าง (Washing)

การล้างทำความสะอาดวัตถุดิบเริ่มต้น เป็นการกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ รวมทั้งการกำจัดไขมันและกำจัดเกลือแร่ออกจากกระดูกเพื่อนำไปผลิตออสซีน

#### 2.3.2 การเตรียมการ (Pretreatment)

ขั้นตอนนี้เป็น การเปลี่ยนคอลลาเจน ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกับการสกัด ซึ่งจะเป็นการทำลายการเชื่อมไขว้ด้วยพันธะโคเวเลนต์ที่มีอยู่ในคอลลาเจนให้แตกออก เพื่อที่จะปลดปล่อยสายอัลฟาอิสระ (free  $\alpha$  chain) ออกมา ซึ่งเป็นการกำจัดสารอินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น โปรตีโอไกลแคน (proteoglycan) เลือด มิวซิน (mucin) และ น้ำตาล โดยขั้นตอนเตรียมการจะแตกต่างกันไปในแต่ละโรงงานผลิต ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของเจลาตินที่ผลิตในแต่ละโรงงาน ระดับของการเชื่อมไขว้ในคอลลาเจนจะเป็นตัวกำหนดกระบวนการในขั้นเตรียมการนี้เพื่อให้ได้เจลาตินตามต้องการ ในเนื้อเยื่อที่ยังอ่อนจะมีระดับการเชื่อมไขว้ต่ำที่สุด คอลลาเจนส่วนใหญ่สามารถละลายได้ในสารละลายบัฟเฟอร์ (buffer) ของกรดหรือด่างอ่อน คอลลาเจนจากสัตว์ที่มีอายุมากขึ้น จะมีส่วนที่ละลายได้ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่การเชื่อมไขว้มีเพิ่มมากขึ้น

ในการเปลี่ยนคอลลาเจนที่ไม่ละลายน้ำ เป็นเจลาตินที่สามารถละลายน้ำได้นั้นสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

2.3.2.1 การเตรียมการด้วยกรด (acid pretreatment) เป็นขั้นตอนก่อนที่จะนำไปสู่กระบวนการใช้กรดหรือได้เป็นเจลาตินชนิดเอ (type A)

2.3.2.2 การเตรียมการด้วยด่าง (alkali pretreatment) เป็นขั้นตอนที่จะนำไปสู่กระบวนการใช้ด่างหรือได้เจลาตินชนิดบี (type B)

กระบวนการเตรียมการด้วยกรด เป็นกระบวนการที่มีความรุนแรงน้อยกว่าการใช้ด่างจึงประยุกต์ใช้กับหนังหมและออสซี่นสดจากสัตว์ที่ยังไม่โตเต็มที่ กระบวนการเตรียมการด้วยด่างปกติจะประยุกต์ใช้กับหนังวัวและออสซี่น

### 2.3.3 การสกัด (Extraction)

กระบวนการสกัดที่จะทำให้ได้ผล (yield) สูงสุด คือการปรับให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างของสารละลาย อุนท์มูมิ และเวลาในการสกัด ในทางปฏิบัติเจลาตินจะได้จากการสกัดวัตถุดิบ 3 หรือ 4 ครั้งแยกกัน แต่ละครั้งจะเพิ่มอุนท์มูมิขึ้นเรื่อยๆ คือในการสกัดครั้งแรก ใช้อุนท์มูมิ 55 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 2 สกัดที่อุนท์มูมิ 60 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 3 สกัดที่อุนท์มูมิ 70 องศาเซลเซียส และครั้งสุดท้ายสกัดที่อุนท์มูมิ 80-90 องศาเซลเซียส ในแต่ละครั้งจะได้เจลาตินที่มีค่าความแข็งแรงของเจล และความหนืดลดลง รวมทั้งมีสีเข้มขึ้นด้วย

### 2.3.4 การทำให้บริสุทธิ์ (Purification)

จากขั้นตอนการสกัด จะนำเจลาตินมากรองเพื่อกำจัดสารแขวนลอยที่ไม่ละลายออกไป เช่นไขมัน หรือเส้นใยคอลลาเจนที่ไม่ถูกสกัด จากนั้นจึงทำเจลาตินให้บริสุทธิ์ต่อไปโดยวิธีกำจัดไอออน (deionization) ซึ่งจะแยกเอาเกลืออนินทรีย์ที่ได้จากขั้นตอนเตรียมการและปรับค่าความเป็นกรดต่างให้เหมาะสมต่อการนำไปจำหน่าย เจลาตินทางการค้าส่วนใหญ่จะมีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 5.0-5.8 ในการทำเจลาตินให้บริสุทธิ์นั้นจะรวมถึงการกรองและการทำให้ใส ซึ่งนับเป็นกระบวนการที่ยากและมีความซับซ้อน ดังจะได้กล่าวในส่วนถัดไป

### 2.3.5 การทำให้เข้มข้น (Concentration)

ขั้นตอนสุดท้าย คือการระเหย การสเตอริไลซ์ และการทำแห้ง ซึ่งทุกขั้นตอนจะต้องดำเนินการอย่างรวดเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้สูญเสียคุณสมบัติน้อยที่สุด หลังจากนำเจลาตินไปทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางจุลินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ

### 2.3.6 การกรองและการทำให้ใส (Filtration and Clarification)

### 2.3.6.1 การทำให้ใสด้วยกระบวนการทางเคมี

ในปัจจุบัน การทำเจลาตินเหลวให้ใสขึ้นด้วยกระบวนการทางเคมีเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็น เนื่องจากไม่เพียงแต่มีราคาแพงแล้วเจลาตินอาจมีคุณภาพลดลงในระหว่างขั้นตอนนี้อีกด้วย ในบางครั้งผู้ผลิตบางรายอาจนำเจลาตินจากการสกัดขั้นสุดท้าย มาทำให้ใสด้วยกระบวนการทางเคมี พบว่า ในขั้นตอนนี้จะสูญเสียสารคอลลอยด์ และอนุภาคละเอียดให้ตกตะกอน และหลังจากตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนแล้ว เจลาตินเหลวจะใสอย่างสมบูรณ์ โดยสามารถใช้ต่างเช่น แคลเซียมฟอสเฟต หรือสารส้มในการตกตะกอนได้

ในอดีตพบว่ามีการใช้ไข่ขาวในการทำเจลาตินให้ใส สำหรับความใสในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์นั้นสามารถนำไข่ขาวมาใช้ในการทำให้ใสได้ โดยใช้ไข่ขาวประมาณ 3 พินท์ (pints) เติมลงในสารละลายเจลาติน 10 แกลลอน แล้วให้ความร้อนจนถึงจุดเดือด และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ จนกระทั่งอัลบูมินตกตะกอนลงมาและพาล้างเจือปนลงมาด้วย วิธีนี้สามารถแยกทองแดงส่วนเกินออกมาได้ ถ้ามีปูนขาวตกค้างอยู่มากกว่า 0.15% ควรทำการตกตะกอนครั้งแรก ด้วยการเติมโซเดียมฟอสเฟต 3.5 ออนซ์ต่อแบ็งเจลาติน 10 ปอนด์ แล้วจึงนำมาทำให้ใสด้วยไข่ขาว การทำให้ใสด้วยวิธีนี้ไม่เป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรมในปัจจุบัน (Ward และ Courts, 1977)

### 2.3.6.2 การทำให้ใสเบื้องต้นด้วยตัวแยก (separator)

การทำให้ใสในขั้นแรกด้วยตัวแยก เป็นการกำจัดเม็ดไขมัน และอนุภาคที่กระจายตัวในเจลาตินเหลวอย่างหยาบๆ จากการวิจัยพบว่า เมื่ออนุภาคขนาดใหญ่ถูกกำจัดออกไปอนุภาคขนาดกลางและเล็กจะสามารถแยกออกจากกันได้ด้วยแรงหมุนเหวี่ยง และการแยกด้วยการหมุนเหวี่ยงสามารถใช้กับโรงงานผลิตได้หลายประเภท อนุภาคที่หนักกว่าจะถูกแยกออกไปโดยกระบวนการนี้ ถ้าของเหลวไม่เจือจางมาก ความจุต่อเครื่องจักรจะต่ำ และที่สำคัญ การแยกด้วยแรงหมุนเหวี่ยงไม่สามารถแยกโปรตีนที่ไม่บริสุทธิ์ เช่น อัลบูมิน หรือมิวซินได้

### 2.3.6.3 การกรอง

ในอดีตมีการนำตัวกรองพวกเซลลูโลสมาใช้ (cellulosic substance) เช่น ฝ้าย ในการกรองเจลาตินเหลว ถึงแม้ว่าจะเป็นการประหยัดสามารถใช้ได้หลายครั้ง แต่ก็มีข้อเสียคือ ถ้าจะนำกลับมาใช้ใหม่ จำเป็นต้องผ่านการฆ่าเชื้อ และต้องให้

แรงงานและค่าใช้จ่ายสูงในการอัดตัวกรองให้เป็นก้อน ด้วยเหตุนี้การนำเซลล์โลสมาใช้เป็นตัวกรองจึงลดความนิยมลงไป

ได้มีการศึกษาและพัฒนาสารกรอง ประกอบกับการใช้แรงหมุนเหวี่ยง โดยการใช้สารช่วยกรอง (filter aid) 2 ชนิด คือ

2.3.6.3.1 กieselgubh (Kieselgubh) ซึ่งมีราคาไม่แพง และมีความสำคัญ ในกระบวนการกรองสารละลายเจลาตินในปัจจุบัน ในระดับอุตสาหกรรมอนุภาคที่จะผ่านตัวกรองได้ต้องมีขนาด 100 ไมครอน ในการกรองมักไม่นิยมใช้กieselgubh หลายชนิดผสมกัน โดยปกติ กieselgubh ชนิดเดียวกันจะให้การกรองที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ถ้าต้องการศึกษาพฤติกรรมและคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของเจลาติน หรืออนุภาคที่ทำให้ข้นหรือตกตะกอนยิ่งจำเป็นต้องผ่านการกรอง

ที่สภาวะอุณหภูมิต่างกัน เจลาตินจะมีสภาพที่แตกต่างกัน คือที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเกิดเจล (set gel) (ในช่วง 32 องศาเซลเซียส) เจลาตินจะก่อตัวเป็นเจลแข็ง โดยความแข็งที่เพิ่มขึ้นวัดได้จากค่าความแข็งแรงของเจล (gel strength) และ ณ อุณหภูมิที่สูงกว่าจุดเกิดเจลหรือจุดหลอมเหลวจะมีผลทำให้โมเลกุลที่รวมตัวกันอยู่กระจายออกหลังจากที่อุณหภูมิสูงขึ้น มีผลทำให้ความหนืดลดลง ในการกรองจำเป็นต้องมีการจำกัดอุณหภูมิที่ใช้เพื่อหลีกเลี่ยงหรือทำให้เกิดสารเสื่อมสภาพน้อยที่สุด ดังนั้นถ้าจะใช้อุณหภูมิสูงเพื่อลดความหนืดในการกรองจึงเป็นสิ่งไม่ควรทำ

อนุภาคคอลลอยด์ที่กระจายตัวในเจลาติน สามารถแบ่งออกได้เป็น อนุภาคหยาบ กลาง และละเอียด อนุภาคหยาบจะถูกแยกออกโดยการเหวี่ยงแยก และอาจทำตัวเหมือนตัวช่วยกรองในระหว่างการกรอง ถ้าเจลาตินมีปริมาณไขมันสูง การเหวี่ยงแยกจะไม่มีผลมากนัก อนุภาคขนาดกลางที่กระจายตัวในเจลาติน สามารถใช้กieselgubh ขนาดหยาบ แยกออกได้ดีพอๆกับการกรองด้วยแผ่นเซลล์โลส แต่ปัญหาใหญ่คือ การกำจัดอนุภาคละเอียดที่กระจายตัวและทำให้สารละลายขุ่น และจำเป็นต้องใช้กieselgubh ในการกำจัดออกไป

การกรองให้ได้ผลดีควรทำเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. การกรองหยาบ (main filtration) เป็นการกรองสารละลายเจลาตินที่ความเข้มข้นต่ำ

## 2. การกรองอนุภาคละเอียด ของสารละลายเจลาตินเข้มข้น

ในการเตรียมตัวกลางที่ใช้ในการกรองหรือตัวช่วยกรองสามารถใช้น้ำร้อนหรือเจลาตินเจือจาง การใช้ น้ำร้อนมีข้อดีคือทำให้ตัวกรองมีอุณหภูมิเหมาะสมในการกรอง ในทางตรงกันข้าม ถ้าใช้เจลาตินเจือจาง จะต้องใช้น้ำร้อนหรือน้ำทำให้อุณหภูมิตัวกรองเหมาะสมก่อน หลังจากการกรองอย่างต่อเนื่องแล้ว ควรแน่ใจว่าความสามารถในการไหลผ่านของฟิวเตอร์เค้ก (filter cake) ยังคงมีประสิทธิภาพสูง ในระหว่างการกรองบางครั้งอาจต้องใช้ความดันร่วมด้วยเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองให้สูงขึ้น

ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อเจลาตินเหลวเข้มข้น คืออุณหภูมิ ยกตัวอย่างเช่น เจลาตินความเข้มข้น 30% กรองที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส มีอัตราการไหลประมาณ 80-90 ลิตร/ตารางเมตร/ชั่วโมง ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 60-65 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้อัตราการไหลเพิ่มขึ้นเป็น 150-180 ลิตร/ตารางเมตร/ชั่วโมง

เมื่อการกรองเสร็จสิ้นแล้ว จะทำการล้างเจลาตินที่ติดค้างอยู่ในตัวกรอง และตัวช่วยกรองออกด้วยน้ำร้อน ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียเจลาตินที่อาจเกิดขึ้น มีหลายกรณีที่การกรองละเอียดเป็นส่วนหนึ่งของการกรองหยาบ ถ้าฟิวเตอร์เค้กมีการสะสมต่างกัน ซึ่งการกระทำเช่นนี้ก่อให้เกิดความยุ่งยากและทำให้การกรองล่าช้า มีผลทำให้อัตราการไหลออกต่อการกรองลดลงอย่างเห็นได้ชัด ในระดับอุตสาหกรรม การกรองจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน เพื่อลดค่าใช้จ่าย และทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี การกรองละเอียดจะใช้ชั้นกรองพิเศษ ซึ่งหลักการเป็นเช่นเดียวกับ การกรองหยาบ เช่น ตัวกรองที่เตรียมครั้งเดียวสามารถกรองเจลาตินได้หลายครั้ง และเพื่อให้ได้ผลดีควรรีบน้ำร้อนไหลผ่านอย่างช้า ๆ ในช่วงพักระหว่างการกรอง เพื่อเป็นการเตรียมสภาพตัวกรองให้สามารถใช้งานได้ทันที

โดยสรุปแล้ว ข้อดีของการใช้กัเซลแก้ว เมื่อเปรียบเทียบกับ การกรองโดยใช้เซลลูโลสมีดังนี้

- 1) ราคาถูกและสามารถนำมาใช้ได้หลายครั้ง
- 2) สามารถกำจัดอันตรายที่อาจเกิดจากจุลินทรีย์ที่เข้ามาปนเปื้อนสารละลายเจลาติน
- 3) กระบวนการง่ายไม่ยุ่งยาก และราคาถูก

2.3.6.3.2 เบนโทไนท์ (Bentonite) คือ ดินที่เกิดจากปฏิกิริยาดีไนทริฟิเคชัน (denitrification) ของเถ้าภูเขาไฟ ดินชนิดนี้มีลักษณะเฉพาะตัวคือสามารถดูดซับน้ำได้ดีกว่าดินเหนียวชนิดอื่น เบนโทไนท์สามารถแยกได้เป็น 2 ประเภท โดยประเภทแรกคือประเภทที่สามารถดูดซับน้ำไว้ได้ในปริมาณมาก สามารถพองน้ำได้มาก และคงตัวในสารแขวนลอยที่มีน้ำเล็กน้อยได้ (Wyoming type) ซึ่งคุณสมบัติในการเกิดเจลเหล่านี้เรียกว่า คุณสมบัติไธโซโทรปิก (thixotropic properties) ประเภทที่ 2 เป็นชนิดที่ดูดซับน้ำได้มากกว่าดินเหนียวธรรมดาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น คุณสมบัติเฉพาะตัวคือ เจือยในการพองตัว และพองตัวได้น้อยเมื่ออยู่ในน้ำซึ่งเรียกเบนโทไนท์ประเภทนี้ว่าซับเบนโทไนท์(sub bentonite) หลายครั้งที่เบนโทไนท์ชนิดพองน้ำได้น้อยนี้ ยับยั้งความสามารถในการฟอกสีหลังจากผ่านกระบวนการใช้กรด

การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ทางเคมีของตัวอย่างเบนโทไนท์ทั้ง 2 ชนิดพบว่า อัตราส่วนความสัมพันธ์ของปูนขาวและโซดา เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณสมบัติทางกายภาพ อัตราส่วนของโซดาต่อปูนขาวที่มีค่าสูงจะบอกได้ว่าเบนโทไนท์นั้นพองตัวได้ดี และ อัตราส่วนที่ค่าต่ำบอกคุณลักษณะว่าเป็นประเภทไม่พองตัว

เบนโทไนท์มีหลายสี โดยประเภท Wyoming จะมีสีขาวครีมเมื่ออยู่ในสภาพแห้ง และถ้าอยู่ในสภาพเปียกจะมีสีแกมอ่อนๆ เบนโทไนท์ชนิดพองตัวต่ำมักพบว่ามีสีเทา น้ำเงิน เหลือง แดง และน้ำตาล เบนโทไนท์ที่สีขาวบริสุทธิ์หาได้ยาก ค่าความเป็นกรดต่างของเบนโทไนต์ชนิด Wyoming ที่เป็นสารแขวนลอยมีค่าประมาณ 8.5-9.8 และของซับเบนโทไนท์อยู่ในช่วง 4-7

การที่เบนโทไนท์มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่หลากหลายนี้ ทำให้กำหนดคุณสมบัติทางกายภาพที่ประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย

เบนโทไนท์มีส่วนประกอบหลัก คือ มอนท์มอริลโลไนท์ (montmorillonite) ซึ่งบางตัวอาจประกอบด้วยธาตุในดินที่หายาก เช่น เบเดิลไลท์ (beidellite) ซาโปไนท์ (saponite) เฮกโทไรท์ (hectorite) และนอนโทไนท์ (nontronite)

## 2.4 คุณสมบัติของเจลาติน

เจลาตินประกอบด้วยโปรตีนที่มีความบริสุทธิ์สูง และสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ใช่โปรตีนซึ่งส่วนใหญ่เป็นเถ้าและความชื้นที่หลงเหลืออยู่ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 1 : แสดงส่วนประกอบทางเคมีของเจลาติน

ส่วนประกอบทางเคมี	เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	85-90 %
ความชื้น	8-13 %
เถ้า	0.5-2 %

ที่มา : Imeson, 1992

เจลาตินมีลักษณะเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวต่างจากสารประกอบโปรตีนชนิดอื่น บางครั้งอาจมีสารประกอบอื่นเจือปนอยู่บ้าง เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งใช้เป็นสารยับยั้งสีในขณะทำการสกัด และการระเหย แต่ไม่ใช้เป็นสารกันเสีย เจลาตินมีสารประกอบคาร์โบไฮเดรตอยู่เพียงเล็กน้อย (1-1.5 %) โดยอยู่ในรูปของกลูโคสและกาแลคโตสเชื่อมต่อกับเจลาตินที่ตำแหน่งไฮดรอกซีโพรลีนส่วนที่เหลือ

คุณสมบัติหลักของเจลาตินที่ผู้ผลิตมักคำนึงถึง คือ

- ค่าบลูม (bloom value) ซึ่งเป็นค่าความแข็งแรงของเจลค่าหนึ่ง
- ความหนืด (viscosity) ซึ่งเป็นการวัดคุณสมบัติของสารละลาย
- แอกติวิตีของผิวสัมผัส (surface activity)

คุณสมบัติเหล่านี้เป็นปัจจัยหลักที่สามารถตัดสินคุณภาพของเจลาตินได้ดี โดยเฉพาะถ้าต้องการเปรียบเทียบเจลาตินที่ผลิตจากผู้ผลิตเดียวกัน

#### 2.4.1 ค่าบลูม (bloom value)

เป็นที่ทราบกันดีว่า คุณสมบัติด้านความแข็งแรงของเจล ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของสายอัลฟาและเบตา และความหนืดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติหลายประการ เช่น อัตราส่วนของเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ทำให้ไม่สามารถก่อตัวเป็นโครงสร้างเจลได้

ในระดับอุตสาหกรรมอาหารนั้น ค่าบลูมและความหนืด จะสามารถแสดงถึงคุณสมบัติของเจลได้ดี บลูม คือค่าความแข็งแรงของเจลที่ได้จากการเตรียมเจลาติน 6.67 เปอร์เซ็นต์ ที่

อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (16-18 ชั่วโมง) ซึ่งจะแปรผันตามค่าความหนืด ความหนืดที่สูงขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงขึ้นด้วย แต่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส จะให้ผลที่ตรงข้ามกัน

ตารางที่ 2 : แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด และค่าบลูมของเจลาตินชนิด A และ B จากแหล่งวัตถุดิบต่างๆกัน

ค่าบลูม (bloom)	ค่าความหนืด (มิลลิพอยส์) (mpoise)	แหล่งวัตถุดิบที่ใช้สกัดเจลาติน
180-300 (สูง)	30-70	หนังสัตว์(ต่าง)/ออสซีน
	30-60	หนังหมู(กรด)/ออสซีน
	70-130	หนังสัตว์เฉพาะ/ออสซีน
100-150 (ปานกลาง)	20-80	หนังสัตว์(ต่าง)/ออสซีน
	20-40	หนังหมู(กรด)/ออสซีน
50-100 (ต่ำ)	15-30	หนังสัตว์(ต่าง)/ออสซีน และ กระบวนการสปา (spa process)
	15-30	หนังหมู(กรด)/ออสซีน

ที่มา : Harris, 1990

#### 2.4.2 ความหนืด

โดยทั่วไป ความหนืดของเจลาตินวัดได้จากเวลาในการไหลของสารละลายเจลาตินที่ผ่านไปเปิดที่ปรับเพื่อวัดความหนืด (calibrated viscosity pipettes) โดยจะทำการเตรียมเจลาตินความเข้มข้น 6.67 เปอร์เซ็นต์ (7.5 กรัมในน้ำ 105 มล.) และวัดเวลาใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การไหลที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความหนืดของสารละลายจะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 15-75 มิลลิพอยส์

ค่าความหนืดของเจลาติน จะขึ้นอยู่กับ

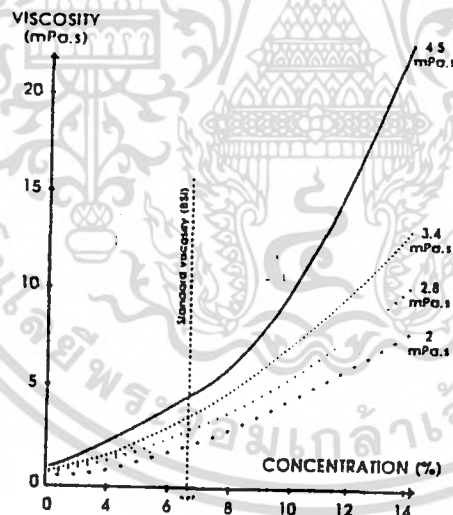
2.4.2.1 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ความหนืดจะลดลงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (exponential) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

2.4.2.2 ค่าความเป็นกรดต่าง ความหนืดจะมีค่าต่ำสุดที่จุดไอโซอิเล็กทริกพอยท์ (isoelectric point)

2.4.2.3 ความเข้มข้น จะสัมพันธ์กับค่าความหนืดในแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ดังรูปที่ 1

2.4.2.4 ความหนืดจำเพาะของเจลาติน (specific viscosity) ซึ่งวัดได้โดยใช้เครื่อง BSI U-tube viscometers

2.4.2.5 ความแรงของไอออน (ionic strength)



รูปที่ 1 : แสดงความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลระหว่างความเข้มข้นและความหนืดของเจลาติน  
ที่มา : Imeson, 1992.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่ความหนืดสูง จะมีอุณหภูมิที่จุดหลอมเหลวต่ำกว่า และมีเวลาในการเกิดเจลเร็วกว่า ขณะที่เวลาต้นความหนืดต่ำจะสามารถเตรียมให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลทำให้ความหนืดสูงขึ้นได้

ที่อุณหภูมิปกติ เวลาต้นจะมีคุณสมบัติเป็นของไหลประเภทนิวตันเนียน (newtonian) แต่ที่อุณหภูมิเหนือจุดของการเกิดเจล ความหนืดจะขึ้นกับเวลาอย่างเด่นชัด เนื่องจากระดับของการรวมตัวกันเกิดขึ้น สิ่งเหล่านี้จะเห็นได้ชัดที่ระดับความเข้มข้น และน้ำหนักโมเลกุลของเวลาต้นสูง

จากการศึกษาพบว่า ผลของค่าความเป็นกรดต่างมีอิทธิพลมาจากความแรงไอออนของสารละลาย ซึ่งจะเห็นได้ไม่ชัดเจนในสารละลายที่เข้มข้น แต่จะเห็นได้ชัดขึ้นในสารละลายที่เจือจางกว่า เมื่อมีการเติมเกลือซึ่งทำให้ค่าความเป็นกรดต่างเปลี่ยนแปลงจะมีผลทำให้ค่าความหนืดลดลง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการผลักกันภายในโมเลกุลและภายนอกโมเลกุล ค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นได้ถ้าประจุสุทธิของโมเลกุลเพิ่มขึ้น และค่าความหนืดสูงสุดจะพบที่ค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 3.5 และรองลงมาที่ระดับความเป็นกรดต่างที่สูงกว่า จากการเปรียบเทียบเวลาต้นชนิด A และ B พบว่าเวลาต้นชนิด A จะมีความหนืดต่ำกว่าชนิด B ที่ค่าความเข้มข้นของเจลเท่ากัน

#### 2.4.3 แอคติวิตีของผิวสัมผัส (surface activity)

โดยทั่วไป มักจะนำคุณสมบัติด้านความไวของผิวสัมผัสของเวลาต้น มาใช้ในการผลิตเพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์ในสารละลายอิมัลชันยิวาด เช่น มาร์ชมอลโลว์ (marshmallow) และ ไอศกรีม โดยจะยับยั้งการเติบโตของผลิตภัณฑ์น้ำตาลและน้ำแข็ง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและอาจนำไปใช้ในการทำอิมัลชัน เช่น มาของเนส การโฮโมจีไนส์ไขมันและเนื้อสัตว์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในการทำให้โฮเกิร์ตคงตัว และป้องกันการแยกตัวของเวย์หลังการพาสเจอร์ไรส์

คุณสมบัติโพลีอิเล็กโทรไลต์ของเวลาต้น จะนำมาใช้ในการทำให้ไวน์ใส และใช้น้ำแอปเปิ้ลที่มีกลิ่นอับเนื่องจากยีสต์ แทนนิน และสารประกอบโพลีแซคคาไรด์อื่นๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก คุณสมบัติเหล่านี้จะสัมพันธ์กับระดับของโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับ 3 ปัจจัย คือ

2.4.3.1 ประจุรวมทั้งหมดและการกระจายตัวตามสายโซ่

2.4.3.2 การกระจายตัวของหมู่ที่ไม่มีไอออน

2.4.3.3 น้ำหนักโมเลกุล (ความยาวสายโซ่เฉลี่ย)

## 2.5 คุณสมบัติและหน้าที่ของเจลาติน (Functional properties)

นอกเหนือจากคุณสมบัติ 3 ประการดังกล่าวข้างต้นแล้ว คุณสมบัติด้านอื่นๆของเจลาติน ได้แก่

### 2.5.1 ความแรงของเจล (Gel strength)

เมื่อนำเจลาตินมาละลายในน้ำเย็น และทำให้เกิดการพองตัว จากนั้นนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส และทำให้เย็นโดยไม่มีกรกวน เจลจะก่อตัวขึ้นที่อุณหภูมิไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของเจลาตินที่ใช้

เมื่อนำสารละลายเจลาตินมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 65 องศาเซลเซียส จะมีการปล่อยสายโซ่ที่ไม่เป็นโครงสร้าง เมื่อทำให้เย็นลง สายโซ่ที่สันนิษฐานว่ามีโครงสร้างแบบขด (coil structure) จะเริ่มไหลมารวมกัน และเมื่อทำให้เย็นต่อไปจะเกิดการเชื่อมต่อกัน ซึ่งตำแหน่งที่โครงสร้างแบบขด 2 เส้นมาเชื่อมกันนี้ เรียกว่า "junction zone" และเมื่อมี junction zone เกิดขึ้นมากพอ จะก่อให้เกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติหรือเจลขึ้น แม้ว่าโครงร่างตาข่ายหรือเจลจะเกิดขึ้นแล้ว แต่ยังคงมี junction zone ใหม่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเรียกว่าเป็นการเติบโตของเจล (maturation) โดยปกติใช้เวลา 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เพื่อให้เจลที่ได้มีความเสถียร ที่เวลานี้ความแข็งแรงของเจลยังคงเปลี่ยนแปลงอยู่ นั่นก็คือเหตุผลที่ทำให้ควรวัดค่าความแข็งแรงของเจลหลังจาก 10 ชั่วโมงผ่านไป เวลาในการเติบโตของเจลสามารถทำให้สั้นลงได้ ถ้าทำให้การเกิดเจลเกิดขึ้นในสภาวะที่ทำให้เย็นลงอย่างช้าๆมาก

ค่าความแข็งแรงของเจลหรือค่าบวม หมายถึง น้ำหนักที่ใช้ในการกดลูกสูบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร ลงบนเจลความเข้มข้น 6.67 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อน้ำหนักให้มีความลึก 4 มิลลิเมตร โดยทำการวัดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง ค่าความแข็งแรงของเจลที่ไม่ได้วัดที่สภาวะนี้จะไม่เรียกว่าค่าบวม

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าความแข็งแรงของเจล ได้แก่

- เครื่องวัดเจลโดยการยิงตะกั่ว (Lead shot gelometer) หรือ Bloom gelometer
- เครื่อง Beucher gelometer
- เครื่อง Stevens-LFRA texture analyzer

### 2.5.2 ขนาดของอนุภาคและความสามารถในการละลาย

แม้ว่าเจลาตินไม่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น และของเหลวอื่นๆ เช่น น้ำเชื่อม น้มนม สารละลายกรดเจือจาง แต่สามารถพองตัวและดูดซับน้ำได้ 10 เท่าของน้ำหนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคด้วย ซึ่งก็คือขนาดพื้นที่ผิวของเจลาตินต่อน้ำหนัก

ความสามารถในการพองตัว และดูดซับน้ำจะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค (particle size) และคุณลักษณะการพองตัวในน้ำเย็นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และปริมาณเกลือ หรือน้ำตาลในของเหลว ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนมีผลต่ออัตราการดูดซับน้ำทั้งสิ้น

การพิจารณาการกระจายตัวของอนุภาคในเจลาติน เพื่อให้ได้สภาวะที่เจลาตินสามารถละลายได้เร็ว และมีประสิทธิภาพในการเตรียมสารละลายความเข้มข้นสูง เช่น ในอุตสาหกรรมขนมหวาน ซึ่งเป็นอาหารที่มีปริมาณน้ำน้อย มักจะใช้อนุภาคขนาด 14-20 เมช (mesh) แต่บางครั้งผู้ผลิตต้องการอนุภาคขนาดใหญ่ประมาณ 6-8 เมช เมื่อมีปริมาณน้ำในอาหารน้อยแต่สามารถละลายได้

บ่อยครั้งที่ผู้ซื้อต้องการทราบขนาดอนุภาคเจลาตินที่ใหญ่ที่สุดและเล็กที่สุด เพื่อลดปัญหาการไม่ละลาย และการเกิดฟองของอนุภาคละเอียด ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งสามารถปรับปรุงการละลายของเจลาตินได้ ถ้ามีการใช้เทคนิคที่ทันสมัยในกระบวนการผลิต

### 2.5.3 จุดไอโซอิเล็กทริก และจุดไอโซไอออนิก (Isoelectric และ Isoionic Point)

จุดไอโซอิเล็กทริก หมายถึง ค่าความเป็นกรดด่างที่ไม่มีการเคลื่อนย้ายใดๆ เกิดขึ้นในสนามไฟฟ้า ขณะที่จุดไอโซไอออนิก หมายถึง ค่าความเป็นกรดด่างที่ไม่มีประจุสุทธิบนโมเลกุล ดังนั้น ค่าความเป็นกรดด่างที่ประจุสุทธิบนโมเลกุลเป็นศูนย์ ในสารละลายที่ไม่มีประจุจะมีจุดไอโซอิเล็กทริกและจุดไอโซไอออนิกเป็นจุดเดียวกัน

จุดไอโซอิเล็กทริกของเจลาติน ขึ้นอยู่กับวิธีการในขั้นเตรียมการ ที่จะประยุกต์ใช้ในโรงงาน เจลาตินชนิด A หรือเจลาตินจากกระบวนการใช้กรด มีจุดไอโซอิเล็กทริกอยู่ในช่วง 6.5-9.0 เจลาตินที่ผลิตจากออสซีน โดยกระบวนการใช้กรด มีจุดไอโซอิเล็กทริกอยู่ในช่วง 6.5-7.5 ขณะที่เจลาตินจากหนังหมู มีจุดไอโซอิเล็กทริกค่อนข้างใกล้เคียงกับเจลาตินชนิด A คืออยู่ในช่วง 7.5-9.0 และเจลาตินที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยใช้ด่างมีจุดไอโซอิเล็กทริกอยู่

ในช่วง 4.8-5.0 ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้เกิดจากปฏิกิริยาข้างเคียงระหว่างขั้นตอนการเตรียม การ ย่อยสลายหมู่เอไมด์ (amide) ของแอสพาราจีน และกลูตามีน จะได้แอมโมเนียออกมา ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ในช่วงเตรียมการ เวลาที่ได้จากการผลิตโดยตรงจะมีจุดไอโซอิเล็กทริกใกล้เคียงกับคอลลาเจน (ค่าความเป็นกรดต่าง 7.4) และ กรณีที่มีการผสมกับไฮโดรคอลลอยด์ที่มีประจุเป็นลบ เช่น คาราจีแนนนั้น เวลาตินชนิดนี้จะให้ประสิทธิภาพดีกว่า

#### 2.5.4 จุดหลอมเหลว

ในวิธีการของ BS757 (1975) แสดงไว้ว่าจุดหลอมเหลวคือ อุณหภูมิที่เจลของเจลาติน มีลักษณะอ่อนนุ่มลงหรือหลอมเหลวลง จนทำให้คาร์บอนเตตระคลอไรด์ที่หยดลงมาสามารถจมลงได้ ปัจจุบันที่มีผลต่อจุดหลอมเหลวคือ

##### 2.5.4.1 เวลาในการเคิบโตของเจลาติน จุดหลอมเหลวของเจลาติน

เกรดสูงจะขึ้นอยู่กับสภาวะของชั่วโมงแรกของการเคิบโต

##### 2.5.4.2 ความเข้มข้น จุดหลอมเหลวเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเจลาติน

สูงขึ้น

##### 2.5.4.3 เกลือ โซเดียมคลอไรด์จะทำให้จุดหลอมเหลวของเจลาตินต่ำลง

จุดหลอมเหลวของเจลาตินเข้มข้น 10% สามารถเปลี่ยนแปลงจาก 27 เป็น 37 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับค่าบลูมของเจลาติน และชนิดของขั้นตอนช่วงเตรียมการของวัตถุดิบเป็นหลัก

#### 2.5.5 จุดเกิดเจล (setting point)

จุดเกิดเจลของเจลาติน ขึ้นอยู่กับลักษณะทางเครื่องกลและอุณหภูมิ (ความร้อน) การกระทำทางกลจะยืดเวลาการเกิดเจล และอุณหภูมิของการเกิดเจลจะสูงขึ้นเมื่อทำให้สารละลายเย็นลงอย่างช้าๆ เปรียบเทียบกับเมื่อทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว จุดเกิดเจลของเจลาติน 10% จะแปรผันอยู่ในช่วง 24-29 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับค่าบลูม และชนิดของขั้นตอนช่วงเตรียมการ

#### 2.5.6 ความขุ่น

ความขุ่นของเจลาตินจะแสดงในหน่วยของ หน่วยเนปีโบลเมตริก (NTU) ความใสของสารละลายเจลาติน ขึ้นอยู่กับการสกัดและสภาวะของการสกัดช่วงหลังเป็นหลัก โดยทั่วไปการสกัดช่วงแรกจะให้เจลาตินที่มีคุณภาพสูงสุด และมีความใสที่มากที่สุด การสกัดช่วงหลังจะให้ผลตรงข้าม คือขุ่นและสีเข้มกว่า คุณภาพของเจลาตินที่สกัดครั้งหลังสามารถปรับปรุงได้ โดยผ่านขั้นตอนการทำให้ใส การฟอกสี และการกรอง สารละลายเจลาตินจะมีความขุ่นสูงสุดที่จุดไอโซอิเล็กทริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.7 ค่าความเป็นกรดต่าง

วัดได้โดยการเตรียมสารละลายเจลาติน 1% ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และใช้อิเล็กโทรด (glass electrode) ในการวัด

### 2.5.8 ความชื้น

ทำได้โดยการหยดน้ำ 1 มิลลิลิตร ลงในภาชนะที่มีเจลาตินอยู่ 1 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 18 ชั่วโมง

### 2.5.9 เถ้า

หาได้โดย ings เจลาติน 5 กรัมในครุชปีด และเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ อุณหภูมิที่สูงกว่านี้อาจจะระเหยเกลือแอมโมเนียมออกไปได้ ขณะที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้จะเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ได้ยาก

### 2.5.10 สี

สีของเจลาตินขึ้นอยู่กับวัตถุดิบเริ่มต้น วิธีการผลิต และจำนวนครั้งในการสกัด ซึ่งจะวัดได้โดยการตรวจวินิจฉัยเปรียบเทียบกับช่วงของเจลาตินที่ควบคุม ผลที่ได้จะแสดงในหน่วยของ Hellige units และเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 1.5 (สีเหลืองซีด) - 14 (สีน้ำตาล) การวัดด้วยเครื่องวัดสีจะวัดคุณลักษณะของสีของเจลาตินออกมาเป็นตัวเลขซึ่งมักใช้กันทั่วไป

## 2.6 คุณสมบัติการมองเห็น (Optical properties)

ลักษณะปรากฏของเจลาตินมีความสำคัญต่อการนำไปใช้งาน Saunder และ Wards (1952, 1953) ได้อธิบายการวัดสี และความใสโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) หรือเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (photoelectric absorptionmeter) วัดความเข้มของเจลาตินก่อนและหลังการกรอง โดยใช้ตัวกรองแบคทีเรีย (bacterial filter) (Ward และ Courts, 1977)

Kraemer (1926) สังเกตพบว่า ความขุ่นของเจลาตินเป็นผลมาจากค่าความเป็นกรดต่าง ความขุ่นที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่จุดไอโซไอออนิกในสารละลายที่ปราศจากเกลือ ในการหาจุดไอโซไอออนิกของเจลาตินจากกระบวนการใช้ต่าง ใช้วิธีวัดความขุ่นสูงสุดจะให้ผลดี เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วิธีขจัดไอออน (deionzation) หรือใช้การไทเทรตสำหรับเจลาตินจากกระบวนการใช้กรดจะมีความขุ่นที่ค่าความเป็นกรดต่างในช่วงกว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของเจลของเจลาติน

2.7.1 ความเข้มข้น ความสัมพันธ์ที่แปรตามกันระหว่างความเข้มข้นและความแข็งแรงของเจล (ดังรูปที่ 2)

ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งกำเนิดของเจลาติน แต่โดยทั่วไปจะนำเจลาตินมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น 100-250 บลูม ความสัมพันธ์เป็นดังสมการ

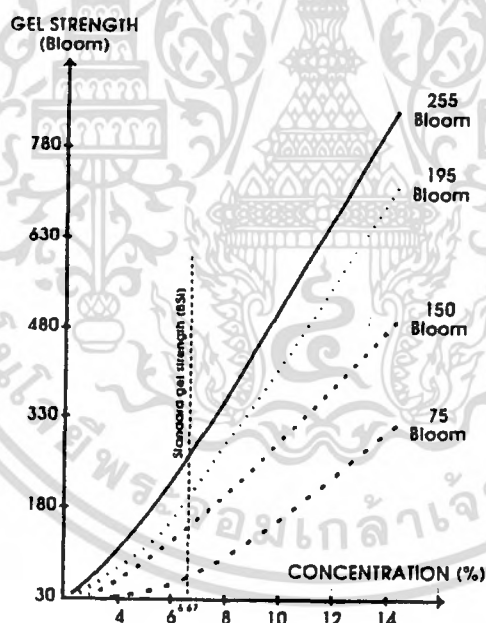
$$(C_1)^n \times (B_1) = (C_2)^n \times (B_2)$$

C คือ ความเข้มข้นของเจลาตินที่ใช้

B คือ ค่าบลูมของเจลาตินที่ใช้

n มีค่าเท่ากับ 1.7 กรณีที่เป็นเจลาตินที่มีค่าบลูมสูง

1.8-1.9 สำหรับเจลาตินที่มีค่าบลูมอยู่ในช่วง 100-150 บลูม



รูปที่ 2 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเจลาตินและความแข็งแรงของเจล

ที่มา : Imeson, 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

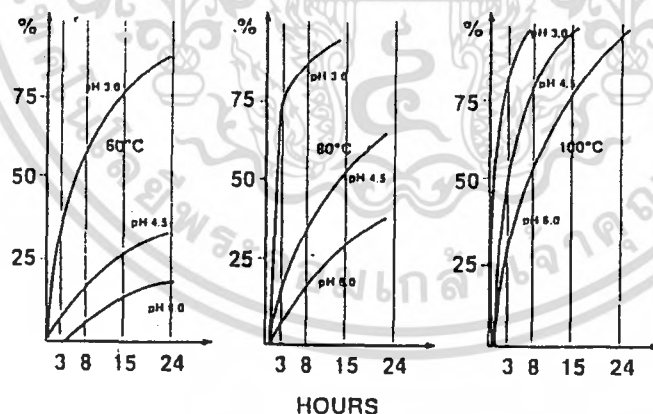
2.7.2 ค่าความเป็นกรดต่าง

สารละลายที่มีความเป็นกรดต่างอยู่ในค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของช่วง จึงจะมีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจล แต่ค่าความเป็นกรดต่างในช่วง 4-9 จะไม่มีผลนัก ค่าความเป็นกรดต่างจะมีผลต่อสารละลายเจลาตินเจือจาง(น้อยกว่า 2%) ในขณะที่สารละลายเจลาตินที่มีความเข้มข้นสูง (มากกว่า 10%) นั้น ค่าความเป็นกรดต่างจะไม่มีผลต่อความแข็งแรงของเจล

2.7.3 เวลาและอุณหภูมิในการเกิดเจล

ความแข็งแรงของเจลจะขึ้นอยู่กับ เวลาและอุณหภูมิของการเกิดเจล สัดส่วนของโมเลกุลที่พบ และความหนืด เมื่ออยู่ในกระบวนการของการเกิดเจล โครงสร้างที่เป็นแบบขด (coils) ส่วนใหญ่สามารถคลายตัวเป็นเส้นตรงได้เอง ก่อนหรือขณะเกิดการเติบโตของเจลาติน และจะเกิด Junction zone ขึ้นเป็นจำนวนมาก ถ้าให้ความเย็นแก่เจลาตินอย่างรวดเร็วจะมีผลทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลงอย่างเห็นได้ชัด ตำแหน่งต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเกิดพันธะไฮโดรเจน ไม่สามารถคลายตัวเป็นเส้นตรงได้เอง และ ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ที่จะผลิต junction zone ได้มากพอตามที่ต้องการ แต่ถ้าทำให้เจลอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเกิดเจลแล้ว ความแข็งแรงของเจลจะสูงขึ้นเกินกว่าที่ต้องการ

ค่าความแข็งแรงของเจล จากเจลาตินที่ได้จากกระบวนการใช้กรด ซึ่งมีค่าบลูม 210 บลูม ที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดต่าง และเวลา แสดงดังรูปที่ 3



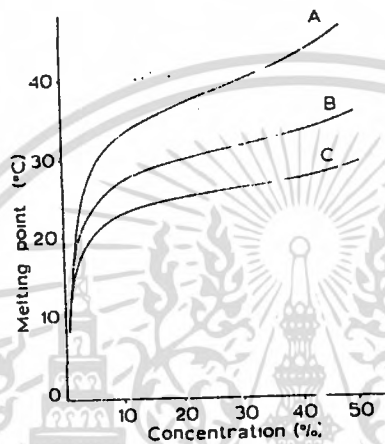
รูปที่ 3 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของเจลาตินที่เปลี่ยนแปลงตาม อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดต่าง และเวลา

ที่มา : Imeson, 1992

#### 2.7.4 จุดหลอมเหลว

คุณภาพทางการรับประทาน-กลิ่นของเจลาตินนั้น จะขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของเจลาติน ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามอิทธิพลหรือปัจจัยดังนี้คือ ความเข้มข้นของเจล ค่าบวมและความหนืดของเจลาติน

การเปลี่ยนแปลงของจุดหลอมเหลว (ดังรูปที่ 4) อาจเกิดขึ้นจากสารเจือปนที่เติมลงในอาหาร เช่น เกลือ น้ำตาล และสารที่ทำให้ข้นหนืดอื่นๆ เป็นต้น



รูปที่ 4 : แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดหลอมเหลวและความเข้มข้นของเจล

ที่มา : Harris, 1990

#### 2.7.5 สารประกอบน้ำหนึกโมเลกุลต่ำ

สิ่งเจือปนที่ละลายในเจลอื่น ๆ สามารถทำให้เจลมีความอ่อนตัวลงหรือเพิ่มความแข็งแรงของเจลขึ้นได้ น้ำตาลทั่วไป กลีเซอรอล และสารที่ไม่นำไฟฟ้า(non electrolyte) อื่นๆจะมีผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงของเจล ในขณะที่สารนำไฟฟ้าส่วนใหญ่จะให้ผลในทางตรงกันข้าม

#### 2.7.6 สภาวะของกระบวนการ

เจลาตินจะถูกย่อย และสูญเสียคุณสมบัติของการเป็นเจล เมื่อถูกทำให้อยู่ในสภาวะของความร้อน มีค่าความเป็นกรดต่างที่รุนแรง และสภาวะที่ง่ายต่อการเข้าทำลายของเอนไซม์

\*

2.8 คุณสมบัติที่สำคัญในการเลือกเจลาติน

2.8.1 สิ่งเจือปนต่าง ๆ

2.8.1.1 เถ้า แม้ว่าข้อกำหนดปริมาณเถ้า เป็นสิ่งที่กระทำกันโดยทั่วไป แต่อาจเป็นไปได้ ที่เถ้าไม่มีความสำคัญต่อการพิจารณาผลิตภัณฑ์ นอกจากในผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณ เถ้าอยู่น้อย หรือมีปริมาณแคลเซียมอยู่น้อย ซึ่งจะมีความสำคัญต่อการนำไปประยุกต์ใช้

2.8.1.2 แคลเซียม ถ้าต้องการได้ผลิตภัณฑ์เจลลี่ที่ใส ควรหลีกเลี่ยงจาก เจลาตินที่มีปริมาณแคลเซียมสูง ในปัจจุบัน กรดผลไม้ แคลเซียมซิเตรตหรือทาทเรต (tartrate) อาจทำให้เกิดการตกตะกอน (Silby, 1951) ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์บางอย่าง เช่น ลัน หรือ ไก่ ในเฮลลี่ที่บรรจุในโพลแก้ว ปริมาณแคลเซียมต่ำจะมีความสำคัญต่อการป้องกันชั้นสีขาว ที่เรียกว่า "ไวท์ฟุต" (white foots) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยากับฟอสเฟตในเนื้อสัตว์

เจลาตินที่มีซิลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ (ส่วนใหญ่พบในเจลาตินที่ได้การผลิตด้วยกรด) อาจ เกิดสารประกอบแคลเซียมซิลไฟต์ฟอสเฟต ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความขุ่นในผลิตภัณฑ์

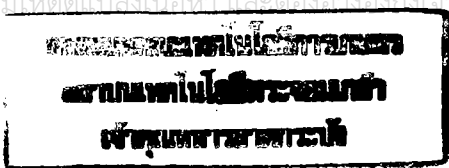
2.8.1.3 ทองแดง เจลาตินที่มีทองแดง 20-50 พีพีเอ็ม จะให้สีน้ำตาลบน ผิวของลันในเฮลลี่ และทองแดงจากเจลาตินสามารถให้สีแบบเดียวกันในไก่ด้วย พบว่าขณะที่ เจลาตินมีทองแดงมากกว่า 20 พีพีเอ็ม จะให้สีเทา การทำให้ใสโดยใช้อัลบูมินของไข่ สามารถ กำจัดทองแดงออกได้ 40-80% (Ward และ Courts, 1977)

2.8.1.4 เหล็ก พบว่า สภาวะที่เจลาตินมีปริมาณเหล็กมากกว่า 2 พีพีเอ็ม สามารถทำให้เกิดสีเทาในผลิตภัณฑ์เนื้อได้ (Ward และ Courts, 1977)

2.8.1.5 ซิลเฟอร์ไดออกไซด์ ซิลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณสูงสามารถสร้าง แคลเซียมซิลไฟต์ฟอสเฟต ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่ละลาย มีผลยับยั้งพัฒนาการของสีที่ไม่ต้องการ ได้ (Taylor, 1933) ซิลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณสูง อาจทำให้เกิดการลึกร้อนของภาชนะบรรจุ ที่เป็นโลหะได้

2.8.1.6 เปอร์ออกไซด์ Liestner (1956) รายงานถึงเปอร์ออกไซด์ ในตัวอย่างบางตัวของเจลาตินว่า ทำให้เปลี่ยนเป็นสีค่อนข้างเขียวในแฮม หลังจากเก็บในที่มืดที่ อุณหภูมิห้อง 2-4 ชั่วโมง แต่ไม่มีปฏิกิริยาใด ๆ ต่อเนื้อสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงเชิงพาณิชย์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 3 : แสดงคุณลักษณะทางเคมีของเจลาติน

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด		
	ประเภทอุตสาหกรรมยา	ประเภทอุตสาหกรรมอาหาร	
		ชนิดแห้ง	ชนิดเหลว
ทองแดง มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	30	-	-
ตะกั่ว มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	5	5	5
โลหะหนัก (เทียบเป็นตะกั่ว) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	-	50	50
ซิลเฟอร์ไดออกไซด์ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	40	40	40
เถ้า ร้อยละ ไม่เกิน	0.18	0.18	0.18

ที่มา : ม.อ.ก., 2531

### 2.8.2 กลิ่น รส และสี

เจลาตินที่ดีควรมี สี กลิ่น และรส เพียงเล็กน้อย ตามมาตรฐานสากลทั่วไปต้องการเจลาตินที่ปราศจากกลิ่นและรสที่ชัดเจน ซึ่งประเภทนี้เป็นมาตรฐานของเจลาตินคุณภาพสูง แต่เจลาตินที่มีลักษณะขุ่นจะยังคงมีกลิ่นอ่อนคล้ายขาว และเจลาตินชนิดราคาถูกต้องการเติมกลิ่นรสเพื่อปกปิดกลิ่นรสเดิม

### 2.8.3 ความใส (clarity)

ในผลิตภัณฑ์เนื้อ หรือ ลูกกวาดที่ต้องการลักษณะเจลที่ใสนั้น ถ้าเจลาตินขาดความใสจะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นได้รับการปฏิเสธ สิ่งแปลกปลอมในเจลาติน สามารถกำจัดออกได้ด้วยวิธีการทำให้ใส การกรองเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่ามาใช้กับเจลาติน แม้ว่าการทำให้บริสุทธิ์ด้วยการใช้เครื่องแยกเหวี่ยงยังใช้กันอยู่ แต่ในบางครั้ง ได้มีการนำวิธีการกรองมาช่วยด้วยหลังจากการทำให้ใส ความขุ่นอาจเกิดขึ้นได้จากการตกตะกอนของเกลือแคลเซียมที่ไม่ละลาย หรืออาจเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่าง เวลาเดินที่มีค่าความเป็นกรดต่างต่างๆ อาจทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีน ถ้าระบบนั้นเป็นบัฟเฟอร์อย่างอ่อน

#### 2.8.4 ค่าบลูม (ความแข็งแรงของเจล)

เวลาเดินทางการค้าโดยทั่วไปมีค่าบลูมอยู่ในช่วง 90-300 กรัมบลูม ในการผลิตสินค้าเซลล์ทุกชนิด จะหลีกเลี่ยงที่จะใช้เวลาเดินที่มีค่าบลูมสูง เนื่องจากมีราคาแพง ถ้าจำเป็นต้องใช้เวลาเดินบลูมสูง สามารถทำได้โดยการใช้เวลาเดินบลูมต่ำซึ่งมีราคาถูกกว่า มาทำให้เข้มข้นขึ้นจะช่วยลดค่าใช้จ่ายได้ ด้วยเหตุนี้ความต้องการในการเลือกเวลาเดินจึงต้องทำด้วยความระมัดระวัง และต้องคำนึงถึงคุณสมบัติอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับค่าบลูม และราคาในท้องตลาดด้วย

เพื่อที่จะให้สัมพันธ์กับราคาของผลิตภัณฑ์กับคุณภาพของเวลาเดิน ควรที่จะเปรียบเทียบความแข็งแรงของเจลที่ความเข้มข้นอื่นๆมากกว่าเปรียบเทียบกับบลูมมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น 6.67 %

นอกจากปัจจัยทางเศรษฐกิจแล้ว บางครั้งการควบคุมเนื้อสัมผัสให้ได้ผล อาจทำได้โดยการเลือกค่าบลูมที่เหมาะสม ค่าบลูมจะระบุไว้เพื่อการใช้งานได้หลากหลาย

#### 2.8.5 ความหนืด

ความหนืดของเวลาเดินมีผลเพียงเล็กน้อยต่อผลิตภัณฑ์สุดท้าย ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเวลาเดินและความเข้มข้นของปริมาณของแข็งทั้งหมด เวลาเดินจากออสเตรเลียถูกกล่าวถึงว่าให้ความยืด (tailing) ได้มาก (เมื่อนำเชื่อมหวานเล็กน้อย) กว่าเวลาเดินหนึ่งที่มีค่าบลูมเดียวกัน และเป็นสิ่งที่อ้างอิงของเวลาเดินที่มีความหนืดสูง เวลาเดินที่มีความหนืดสูง (และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง) จะให้เซลล์ที่หนึบกว่าเวลาเดินที่มีค่าความหนืดต่ำซึ่งเปราะมากกว่า

#### 2.8.6 แรงตึงผิว

เวลาเดินในสารละลายจะทำการกีดกันแรงตึงผิว ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติในการตีของมาร์ชเมลโลว การกีดกันจะเกิดในน้ำเชื่อมที่เข้มข้นได้ดีกว่าในน้ำ (Ward และ Courts, 1977)

#### 2.8.7 ค่าความเป็นกรดต่าง

ค่าความเป็นกรดต่างของเวลาเดิน ที่ได้จากกระบวนการผลิตด้วยกรด มีค่าต่างๆ อยู่ในช่วง 3.0-5.0 และจากกระบวนการใช้ด่างมีค่าอยู่ในช่วง 4.7-7.5 ค่าความเป็นกรดต่างตามธรรมชาติจะมีความสำคัญเฉพาะในระบบที่เป็นบัฟเฟอร์อย่างอ่อน และโปรตีนจากน้ำต้มกระดูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(meat stock) จะเกิดการตกตะกอนเนื่องจาก เจลาตินที่มีค่าความเป็นกรดต่ำ จะลดค่าความเป็นกรดของน้ำกระดูกจาก 5.4 เป็น 4.7 แต่ได้มีการแนะนำว่าควรเติมบัฟเฟอร์ลงไป ในกระบวนการทำลูกกวาดด้วย เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อเดียวกัน

#### 2.8.8 จุดหลอมเหลวและจุดเกิดเจล

น้ำหนักโมเลกุลของสารมีผลต่อจุดหลอมเหลว และความเข้มข้นของเจลาติน (ในช่วง 3-9%) ในเฮลลี่พายเนื้อจะไม่มีผลต่อจุดหลอมเหลว ซึ่งแตกต่างจากเจลาตินทางการค้าที่จะให้จุดหลอมเหลวในช่วง 24-33 องศาเซลเซียส โดยไม่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบในการผลิตเจลาติน เป็นที่น่าสังเกตว่าจุดหลอมเหลวมีความสำคัญต่อการเลือกเจลาตินในการทำพาย และผลิตภัณฑ์เนื้อเฮลลี่ เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการหลอมเหลวในสภาวะอุณหภูมิสูง

#### 2.9 การวิเคราะห์ปริมาณเจลาติน

การวิเคราะห์ปริมาณเจลาตินในอาหาร สามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบที่ประกอบอยู่ การย่อยสารประกอบไนโตรเจนด้วยวิธีเจดาห์ล (Kjeldahl) หรือวิธีการใช้สารไบยูเรต สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กรณีที่เราเชื่อมั่นว่าไม่มีสารประกอบโปรตีนชนิดอื่นประกอบอยู่ วิธีการวิเคราะห์แบบเจดาห์ล เป็นวิธีที่คุ้นเคยและไม่มีความยุ่งยาก การหาโปรตีนโดยวิธีเจดาห์ลได้ถูกพัฒนาให้มีความรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยการต้มตัวอย่างกับสารละลายต่างแล้ววัดปริมาณแอมโมเนียที่เกิดขึ้น วิธีนี้แม้ว่าโดยทั่วไปจะใช้ได้ผลดี แต่ก็พบว่าไม่เหมาะสมต่อโปรตีนประเภทคอลลาเจน ค่าคอนเวอร์ชันแฟคเตอร์ (conversion factor) ของการวิเคราะห์เจลาตินจะต่ำกว่าโปรตีนชนิดอื่น ๆ มาก (คอลลาเจนมีค่าเท่ากับ 5.36 เจลาตินชนิดบีมีค่าเท่ากับ 5.51 และเจลาตินชนิด A มีค่าเท่ากับ 5.46)

วิธีสุดท้าย คือการวิเคราะห์หาไฮดรอกซีโพรลีน ซึ่งเป็นวิธีที่ต้องควบคุมสภาวะในแต่ละขั้นตอนใหม่มีความถูกต้องแม่นยำสูง และประยุกต์ใช้ได้เกือบทุกกรณี

#### 2.10 การละลายเจลาติน

การละลายเจลาตินในปัจจุบันนิยมใช้อยู่ 2 วิธี

2.10.1 ละลายทางอ้อม (Indirect solution) การเติมเจลาตินลงในน้ำเย็นควรแน่ใจว่าอุณหภูมิทั้งหมดเย็นกว่า และไม่ให้เกาะตัวกันเป็นก้อน ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้ตัวกวน และเติมน้ำในปริมาณที่เหมาะสม สารละลายจะก่อตัวขึ้นเมื่อถูกให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิในช่วง 50-60 องศาเซลเซียส การกวนอย่างสม่ำเสมอจะทำให้เกิดการละลายที่สมบูรณ์

2.10.2 ละลายโดยตรง (Direct solution) วิธีนี้เป็นการกำจัดขั้นตอนที่ใช้ น้ำเย็นออกไป โดยใช้อุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้น (60-80 องศาเซลเซียส) และใช้การกวนอย่างรวดเร็ว เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีการเกาะตัวกันเป็นก้อน เมื่อเจลาตินเริ่มละลายเป็นของเหลว อัตราในการละลายจะขึ้นอยู่กับภาระกระจายตัวของขนาดอนุภาค (ความสม่ำเสมอของขนาด) กระบวนการนี้ ต้องให้ความร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำให้เป็น 60-80 องศาเซลเซียส และใช้การกวนอย่างรวดเร็ว เพื่อต้องการให้เกิดจุดหมุนวน (vortex) ในถังผสม ค่อยๆ เทเจลาตินลงไปช้าๆ และหยุดเป็นระยะ เพื่อให้เจลาตินเปียกให้ทั่วถึงก่อนที่จะเติมต่อไป เมื่อเจลาตินถูกเติมหมดแล้ว ตัวกวนจะหยุด 2-3 นาที เพื่อให้เกิดการกระจายตัวอย่างสมบูรณ์ในถังต้น อัตราการละลายจะขึ้นกับขนาดอนุภาค แต่อนุภาคที่ละเอียดจะทำให้เกิดการเกาะตัวเป็นก้อนได้ง่าย

## 2.11 เกษพัตินคณค้ทงภรชนการ

เนื่องจากเจลาตินไม่มีทริโปกเฟนเป็นส่วนประกอบ จึงไม่จัดเป็นโปรตีนที่สมบูรณ์ แต่จะมีสัดส่วนของกรดอะมิโนชนิดอื่นเพิ่มขึ้นแทน จึงสามารถใช้เป็นสารเสริมในโปรตีนชนิดอื่น เพื่อให้สารผสมมีค่าโปรตีนสูงกว่าในส่วนประกอบแต่ละชนิด เมื่อผสมในโปรตีนเนื้อสัตว์ ค่าโปรตีนสุทธิจะเพิ่มขึ้นจาก 84% เป็น 99%

ค่าพลังงานของเจลาตินมีเพียง 14.7 กิโลจูล (3.5 กิโลแคลอรี) ต่อกรัมเท่านั้น จึงสามารถกล่าวได้ว่าเป็นอาหารที่ให้พลังงานต่ำและเป็นอาหารสำหรับผู้ที่มีความอ้วน

## 2.12 การใช้ประโยชน์ของเจลาติน

### 3.1.1 การใช้ประโยชน์ของเจลาตินในการผลิตอาหาร

เจลาตินสามารถใช้เป็นสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมอาหารได้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีคุณสมบัติดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.1 ทำให้เกิดเป็นเจลคุณภาพสูงในสารละลายเจือจางซึ่งมีความสะอาด และให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่สามารถหลอมละลายในปาก

3.1.1.2 ก่อให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสแบบกัมชนิดยืด (elastic gum) ในเจลเข้มข้น สามารถละลายในปากได้อย่างช้า ๆ

3.1.1.3 ผลิตหรือก่อให้เกิดอิมัลชัน และการเสถียรของของผสมระหว่างของเหลวกับของเหลว ของเหลวกับของแข็ง หรือของเหลวกับอากาศ ที่ผสมกันไม่ได้

3.1.1.4 เป็นสารโพลีอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งทำให้อนุภาคแขวนลอยในคอลลอยด์ที่ไม่เสถียรตกตะกอนลงมาจากสารละลายเจือจาง

3.1.1.5 เป็นสารเชื่อม (binder) ที่มีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมการผลิตยาเม็ด

เจลาตินได้ถูกจำหน่ายไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายประเภท อุตสาหกรรมหลักที่ใช้ คือ การผลิตเทเบิลเจลลี่ (table jelly) การผลิตลูกกวาดหรือขนมหวาน ผลิตภัณฑ์เนื้อ และผลิตภัณฑ์นมแช่เย็น

การใช้ประโยชน์อื่นๆ คือ การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยา สำหรับโรงงานทำแคปซูลชนิดแข็งและอ่อน และในอุตสาหกรรมการถ่ายภาพ ซึ่งเป็นการนำคุณสมบัติของการเกิดเจลและแอกติวิตีที่ผันผวนร่วมกัน เพื่อให้อนุภาคของซิลเวอร์คลอไรด์ หรือสีย้อมที่มีความไวอ่อน (light-sensitive dyes) กระจายแขวนลอยในน้ำโดยไม่เกาะตัวกันเป็นก้อน

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

##### 3.1 วัสดุ

- เศษกระดูกไก่อบแห้ง

##### 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- โทลนแก้วทรงสูง
- ผ้าขาวบาง
- pH meter (Suntex ,Power:9V DC Dry Batter)
- Shaked bath , water bath
- Spectrophotometer
- เครื่องชั่งน้ำหนักหยาบ
- เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด (Mettler AE 240)
- Brookfield viscometer
- KMITL Food Texture Measuring Instrument
- กระดาษกรองเบอร์ 42
- เครื่องแก้ว ได้แก่ แท่งแก้วคน กระบอกตวง บีกเกอร์
- Vacuum pump
- เครื่องเหวี่ยงแยก (Jouan Centrifuge)
- Aluminium can
- Crucible
- ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Buchi 321)
- ตู้อบ (D06060 Model 400 Memmert)
- จานเพาะเชื้อ
- Desicator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 สารเคมี

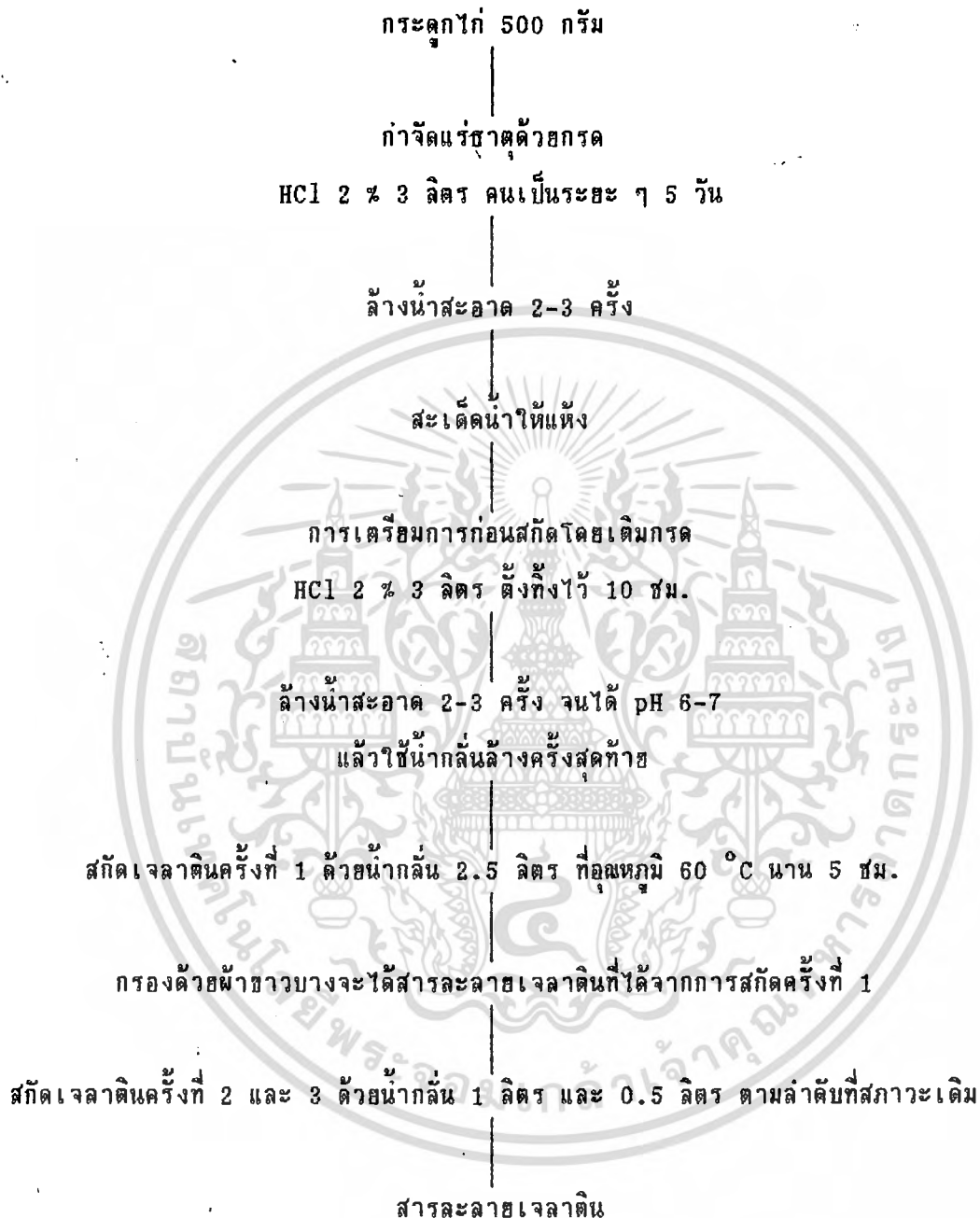
- กรด HCl 2 %
- ฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde)
- กรดแกลซีลอะซิติก (acetic acid)
- กรดบอริก (boric acid)
- น้ำกลั่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 วิธีการทดลอง

#### 3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบขั้นต้น



รูปที่ 5 : แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายเจลาติน

ที่มา : อุดมลักษณ์ และ อิศยา , 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.2 การหาความแน่นฮั่ววัด

3.4.2.1 การวัดค่าความแข็งแรงของเจล โดยใช้เครื่อง KMITL Food Texteture Measuring Instrument ในครั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบความแน่นฮั่วของฮั่ววัดดังนี้ วัดค่าความแข็งแรงของเจลจากเจลาตินทางการค้าที่มีค่าบวม 150 บวม ที่ระดับความเข้มข้นของเจลาตินแตกต่างกัน 0.2 % ในช่วง 3.8 %-4.2 % , 6.8 %-7.2 % และ 8.8 %-9.2 % โดยทำการเตรียมตัวอย่างที่ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ พิจารณาความสามารถของฮั่ววัดในการแยกความแตกต่างเจลาตินที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และหา % ความคลาดเคลื่อนของฮั่ววัดโดยใช้ค่าเฉลี่ยของแต่ละความเข้มข้น มาวิเคราะห์ผลความแตกต่างด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3.4.2.2 วัดค่าความแข็งแรงของเจลจากเจลาตินที่มีค่าบวม 240 บวม และ 150 บวม โดยใช้ระดับความเข้มข้น 6.67 % ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ตั้งทิ้งไว้ให้เจลเสกที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง พิจารณาความสามารถในการบอกความแตกต่างของฮั่ววัดจากเจลาตินที่มีค่าบวมเดียวกัน และค่าบวมต่างกัน

### 3.4.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำเจลาตินให้ใส

3.4.3.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในช่วงกว้างเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดสภาวะที่เลือกใช้ทำการทดลองต่อไป โดยเปรียบเทียบการใช้ตัวช่วยกรอง 2 ชนิดคือกัเซลแก้วและเบนโทไนท์ ที่ความเข้มข้น 6 ระดับ คือ 0.5 % 1.0 % 1.5 % 2.0 % 2.5 % และ 3.0 % ตามลำดับ และในช่วงเวลาการเขย่า 4 ระดับคือ 30 นาที 60 นาที 90 นาที และ 120 นาที ที่ความเร็วในการเขย่า 40 ครั้งต่อนาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง เลือกช่วงที่เหมาะสมโดยใช้การตรวจวินิจฉัยเครื่องวัดสี และวัดค่าความแข็งแรงของเจล

#### 3.4.3.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำเจลาตินให้ใส

โดยใช้ช่วงสภาวะเหมาะสมจากการทดลองในขั้นต้น คือการใช้กัเซลแก้ว และเบนโทไนท์ ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับคือ 0.5 % 1.0 % และ 1.5 % ในช่วงเวลาการเขย่า 3 ระดับคือ 30 นาที 60 นาที และ 90 นาที โดยทำการทดลองต่อเหมือนในขั้นแรกเลือก

สภาวะที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้การตรวจพินิจ การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 nm. (พิเชษฐ์ และอัญชลี, 2535) และวัดค่าความแข็งแรงของเจล และวิเคราะห์ผลโดยการประมาณค่าทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

#### 3.4.4 ศึกษาคุณสมบัติและปริมาณของเจลาตินในการสกัด

ในการสกัดเจลาตินดังรูปที่ 5 ได้สกัดเจลาติน 3 ครั้ง เพื่อเปรียบเทียบแตกต่างของเจลาตินที่สกัดได้ เพื่อหาปริมาณเจลาติน(yield)ที่สกัดได้ในแต่ละครั้ง การดูดกลืนแสงและวัดค่าความแข็งแรงของเจลจากเจลาติน (ภาคผนวก ก)

#### 3.4.5 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของเจลาตินที่ผลิตได้

##### 3.4.5.1 การตรวจคุณภาพทางกายภาพ (ภาคผนวก ก) โดยตรวจ

- ความใส ด้วยวิธีตรวจพินิจ ร่วมกับค่าการดูดกลืนแสง
- ค่าความแข็งแรงของเจลโดยใช้ KMITL Food Texture

##### Measuring Instrument

- ค่าความหนืดโดยใช้ Brookfield viscometer

##### 3.4.5.2 การตรวจวิเคราะห์ทางเคมี (ภาคผนวก ข) โดยการวิเคราะห์หา

- ความชื้น โดยวิธีของ AOAC (1984)
- pH โดย pH meter
- ปริมาณเถ้า โดยวิธีของ AOAC (1984)
- ปริมาณเจลาตินโดยวิธีของ Official Standardised and

##### Recommended Methods of Analysis 1973

##### 3.4.5.3 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Speck, 1984)
- ตรวจหา Salmonella sp. ในผลิตภัณฑ์ (Speck, 1984)
- ตรวจหาสปอร์ของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ (Speck, 1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการหาความแน่นอ้าของหัววัดจากเครื่อง KMITL Texture Measuring Instrument

4.1.1 ค่าความแข็งแรงของเจล ของเจลาคตินทางการค้าที่ระดับความเข้มข้นในช่วง 3.8 % - 4.2 % แสดงผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 : แสดงค่าความแข็งแรงของเจลของสารละลายเจลาคตินทางการค้า ชนิด 150 บลูม ที่ความเข้มข้น 3.8 % 4.0 % และ 4.2 %

ความเข้มข้น ( % )	ความแข็งแรงของเจล ( กิโลกรัมแรง )
3.8	1.86 <sup>NS</sup>
4.0	2.19 <sup>NS</sup>
4.2	2.16 <sup>NS</sup>

ประเมินค่าความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

จากตารางที่ 4 เห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของเจลของสารละลายเจลาคติน ที่ความเข้มข้น 3.8 , 4.0 และ 4.2 % ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.1.2 ค่าความแข็งแรงของเจลของเจลาคตินทางการค้าที่ระดับความเข้มข้น ในช่วง 6.8 , 7.0 และ 7.2 % แสดงผลดังตารางที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 : แสดงค่าความแข็งแรงของเจลของสารละลายเจลาตินทางการค้า ชนิด 150 บลูม ที่ความเข้มข้น 6.8 % 7.0 % และ 7.2 %

ความเข้มข้น ( % )	ความแข็งแรงของเจล ( กิโลกรัมแรง )
6.8	4.08 <sup>NS</sup>
7.0	4.11 <sup>NS</sup>
7.2	4.46 <sup>NS</sup>

ประเมินค่าความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 5 เห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของเจล ของสารละลายเจลาติน ที่ความเข้มข้น 6.8 , 7.0 และ 7.2 % ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.1.3 ค่าความแข็งแรงของเจล ของเจลาตินทางการค้าที่ระดับความเข้มข้น ในช่วง 8.8 % - 9.2 % แสดงผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 : แสดงค่าความแข็งแรงของเจลของสารละลายเจลาตินทางการค้า ชนิด 150 บลูม ที่ความเข้มข้น 8.8 % 9.0 % และ 9.2 %

ความเข้มข้น ( % )	ความแข็งแรงของเจล ( กิโลกรัมแรง )
8.8	5.35 <sup>NS</sup>
9.0	4.88 <sup>NS</sup>
9.2	5.84 <sup>NS</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเมินค่าความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 6 เห็นได้ว่าคุณค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของเจล ของสารละลายเจลาติน ที่ความเข้มข้น 8.8 ,9.0 และ 9.2 % ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.1.4 ค่าความแข็งแรงของเจลที่ความเข้มข้นแตกต่างกันในช่วง 3.8 % - 4.2 % 6.8 % -7.2 % และ 8.8 % -9.2 % แสดงผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 : แสดงค่าความแข็งแรงของเจลของสารละลายเจลาตินทางการค้า ชนิด 150 บลูม ที่ความเข้มข้น 9 ระดับ ในช่วง 3.8 % - 9.2 %

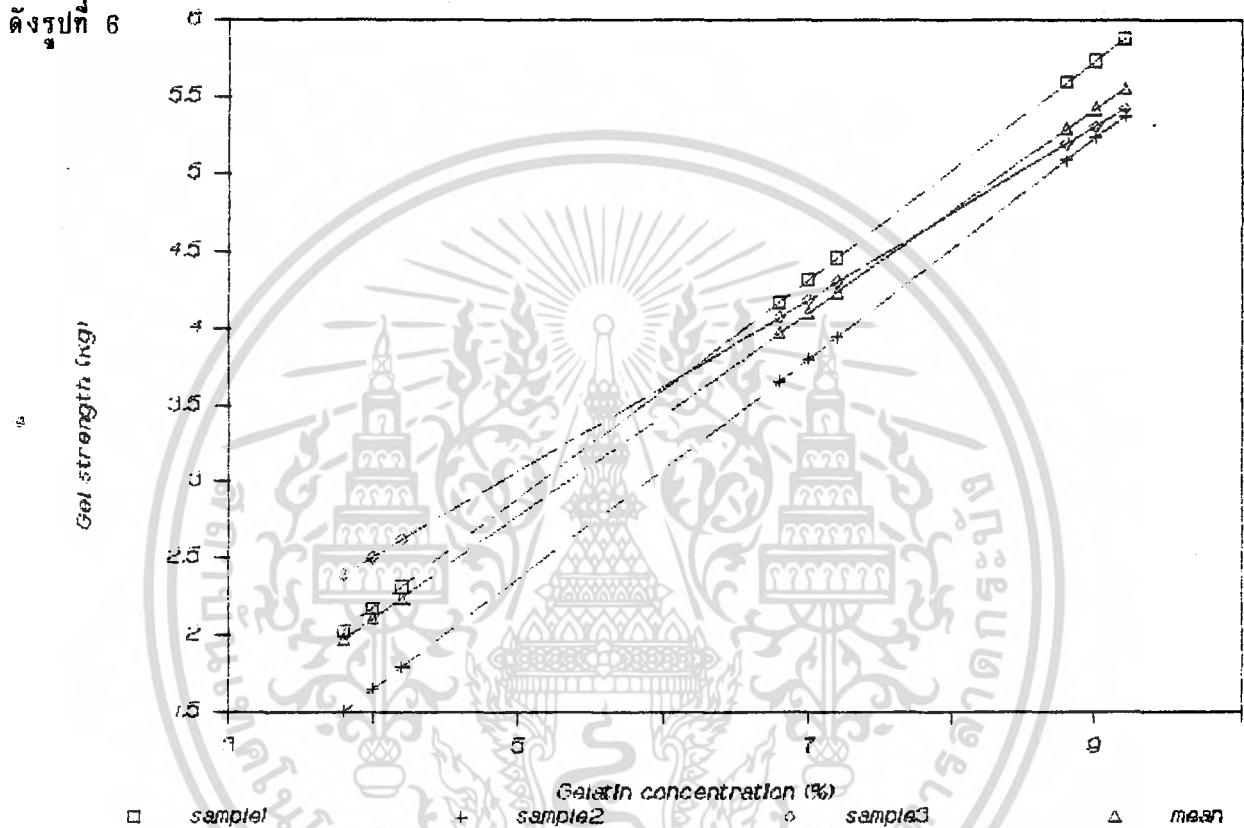
ความเข้มข้น ( % )	ความแข็งแรงของเจล ( กิโลกรัมแรง )	SD.	CV.
3.8	1.86 <sup>a</sup>	0.23	12.51
4.0	2.19 <sup>ab</sup>	0.52	23.61
4.2	2.16 <sup>a</sup>	0.18	8.20
6.8	4.08 <sup>bc</sup>	0.31	7.60
7.0	4.11 <sup>bc</sup>	0.99	24.02
7.2	4.46 <sup>bc</sup>	1.10	24.74
8.8	5.35 <sup>cd</sup>	0.60	11.20
9.0	4.88 <sup>bcd</sup>	0.89	18.16
9.2	5.84 <sup>d</sup>	0.66	11.25

a,b,c, อักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้หัววัดทดสอบความสามารถในการวัดความแข็งแรงของเจล ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้นใกล้เคียงกัน (ต่างกัน

0.2 % ) หัววัดไม่สามารถแยกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ได้ แต่ที่ระดับความเชื่อมั่นต่างกัน 1.6 % (8.8-7.2 ) และ 2.6 % (6.8-4.2) หัววัดสามารถบอกความแตกต่างได้

4.1.5 พิจารณาความคลาดเคลื่อนของหัววัด จากค่าความแข็งแรงของเจลที่เป็ยงเบนออกจากค่าเฉลี่ย โดยนำค่าความแข็งแรงของเจล ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันมา เขียนกราฟ แสดง ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเจลาตินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กับความแข็งแรงของเจล

จากรูปที่ 6 เมื่อนำค่าความชันของกราฟมาหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน พบว่า ตัวอย่างซ้ำที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนไปจากค่าเฉลี่ย = 7.58 %  
 ตัวอย่างซ้ำที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนไปจากค่าเฉลี่ย = 9.10 %  
 ตัวอย่างซ้ำที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนไปจากค่าเฉลี่ย = 15.15 %  
 ดังนั้นจึงบอกได้ว่าหัววัดนี้สามารถบอกความแตกต่าง ในการวัดค่าความแข็งแรงของ เจลที่ความเข้มข้นมากกว่า 1.6 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน 10.61 %

4.1.6 การใช้หัววัด วัดค่าความแข็งแรงของเจลเพื่อหาความแตกต่างระหว่าง เวลาเดินทางการค้ำที่มีค่าบลูมเดียวกัน และ ต่างกัน โดยใช้เวลาเดินทางที่มีความเข้มข้น 6.67 % ผล ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 : แสดงค่าความแข็งแรงของเจลของเวลาเดินทางการค้ำที่มีค่าบลูม 240 บลูมและ150 บลูม ที่ความเข้มข้น 6.67 %

ชนิดเวลาเดินทาง	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของเจล (กิโลแรง)
A 240 bloom	6.55
B 240 bloom	5.94
C 150 bloom	4.13

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้หัววัดวัดความแข็งแรงของเจลที่ความเข้มข้น 6.67 % เท่ากันที่ค่าบลูมเดียวกัน (240 บลูม) พบว่าจะมีความแตกต่างกันในระดับหนึ่ง ซึ่งอาจมีผลมาจากค่าความคลาดเคลื่อนของหัววัด และเมื่อวัดค่าความแข็งแรงของเจลสำหรับเวลาเดินทาง 240 บลูม และ 150 บลูม พบว่าหัววัดสามารถวัดค่าความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด และบอกได้ว่า เวลาเดินทางที่มีค่าบลูมสูงกว่า จะให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงกว่าเช่นกัน

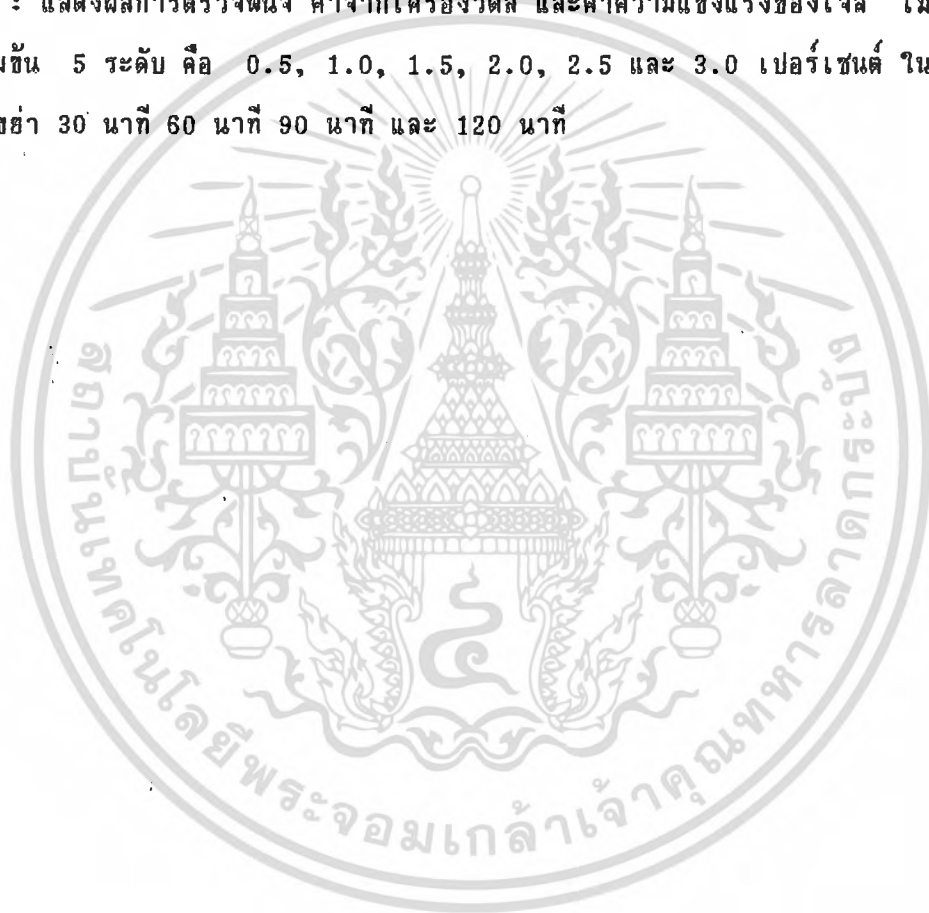
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำเจลาตินจากเศษกระดูกไก่ให้ใส่

4.2.1 การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในช่วงกว้าง เพื่อเป็นแนวทางในการหาช่วง เวลาและความเข้มข้นที่เลือกใช้ทำการทดลองต่อไป

โดยเปรียบเทียบการใช้ กีเซลกัว และเบนโทไนท์ ที่ความเข้มข้น 5 ระดับคือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในช่วงเวลาการเขย่า 30 นาที 60 นาที 90 นาที และ 120 นาที แสดงผลดังตารางที่ 9 และตารางที่ 10

ตารางที่ 9 : แสดงผลการตรวจพินิจ ค่าจากเครื่องวัดสี และค่าความแข็งแรงของเจล เมื่อใช้ กีเซลกัวเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง เวลาการเขย่า 30 นาที 60 นาที 90 นาที และ 120 นาที



Filter aids	ความเข้มข้น (%)	เวลา (นาที)	ตรวจพินิจเทียบ control	ค่าจากเครื่องวัดสี L / a / b'	Gel strength (กิโลแรง)
กัเซลแก้ว	0.5	30	ใสกว่า	35.59/+0.58/+9.33	0.88
		60	ขุ่นกว่า	27.99/+0.06/+4.89	0.88
		90	ใสกว่า	35.82/+0.95/+9.25	0.87
		120	ขุ่นกว่า	32.67/+0.53/+7.69	0.73
	1.0	30	ใสกว่า	32.75/+0.53/+8.84	1.08
		60	ขุ่นกว่า	29.57/+0.02/+5.35	0.87
		90	ใสกว่า	34.08/+0.78/+8.53	0.89
		120	ขุ่นกว่า	29.12/-0.33/+5.86	0.90
	1.5	30	ใสกว่า	39.01/+0.66/+11.94	0.93
		60	ใสกว่า	32.95/+0.60/+9.58	0.93
		90	ขุ่นกว่า	25.50/+0.05/+2.64	0.81
		120	ขุ่นกว่า	29.75/+0.09/+3.78	0.96
	2.0	30	ขุ่นกว่า	30.47/+0.15/+5.74	0.97
		60	ขุ่นกว่า	27.94/+0.15/+4.56	1.09
		90	ใสกว่า	32.67/+0.43/+7.85	0.97
		120	ขุ่นกว่า	29.89/-0.44/+3.24	0.81
2.5	30	ใสกว่า	30.00/+0.21/+4.94	0.79	
	60	ใสกว่า	26.50/+0.25/+5.41	0.98	
	90	ขุ่นกว่า	33.53/+1.64/+9.47	0.92	
	120	ขุ่นกว่า	30.30/+0.30/+6.57	0.72	
3.0	30	เท่ากัน	29.46/+0.64/+8.65	0.90	
	60	เท่ากัน	33.39/+1.75/+13.10	0.81	
	90	ใสกว่า	33.44/+1.21/+9.72	0.78	
	120	ขุ่นกว่า	30.32/-0.02/+4.71	0.72	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 : แสดงผลการตรวจพินิจ ค่าจากเครื่องวัดสี และค่าความแข็งแรงของเจล เมื่อใช้ เบนโทไนท์เข้มข้น 5 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง เวลาการเขย่า 30 นาที 60 นาที 90 นาที และ 120 นาที

Filter aids	ความเข้มข้น ( % )	เวลา ( นาที )	ตรวจพินิจเทียบ control	ค่าจากเครื่องวัดสี L / a / b	Gel strength ( กิโลแรง )
เบนโทไนท์	0.5	30	ขาวใส	34.13/+4.12/+4.87	0.90
		60	ขาวขุ่น	29.53 -0.09/+2.72	0.91
		90	ขาวใส	31.04/+0.56/+4.75	0.95
		120	ขาวขุ่น	32.91/+1.14/+6.12	0.90
	1.0	30	ขาวใส	32.44/+1.26/+6.46	0.8
		60	ขาวใส	31.48/+0.27/+4.37	0.79
		90	ขาวใส	32.21/+1.43/+6.79	0.89
		120	ขาวขุ่น	34.85/+0.86/+3.59	0.81
	1.5	30	ขาวใส	35.14/+0.66/+6.30	0.82
		60	ขาวขุ่น	33.58/+1.07/+5.5/	0.92
		90	ขาวใส	35.30/+1.59/+1.55	0.73
		120	ขาวขุ่น	33.22/+0.93/+1.68	0.79
2.0	30	ขาวใส	33.27/+0.66/+3.61	0.81	
	60	ขาวขุ่น	32.29/+1.41/+1.47	0.81	
	90	ขาวขุ่น	33.81/+1.14/+1.41	0.86	
	120	ขาวใส	33.02/+1.17/+2.76	0.95	
2.5	30	ขาวขุ่น	33.71/+1.48/+5.12	1.01	
	60	ขาวขุ่น	32.34/+0.30/+1.35	0.89	
	90	ขาวขุ่น	33.57/+0.28/-0.47	0.82	
	120	ขาวขุ่น	32.92/+0.87/+0.27	0.89	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filter aids	ความเข้มข้น ( % )	เวลา ( นาที )	ตรวจพินิจเทียบ control	ค่าจากเครื่องวัดสี L / a / b	Gel strength ( กิโลแรง )
เบนโทไนท์	3.0	30	ขาวขุ่น	33.61/+0.95/+2.91	0.81
		60	ขาวขุ่น	33.91/+0.74/+0.33	0.96
		90	ขาวใส	37.81/+2.40/+5.24	0.91
		120	ขาวขุ่น	36.64/+1.33/-1.04	0.74

หมายเหตุ: เมื่อ control ( เจลาตินที่สกัดได้และผ่านการแยกเหวียงแล้ว ) อ่านค่าจากเครื่องวัดสี ได้ 33.93/+1.16/+9.39 และวัดความแข็งแรงของเจลได้ 1.20 กิโลกรัมแรง

จากตารางที่ 9 และ 10 เมื่อพิจารณาความใสจากการตรวจพินิจพบว่า ในการใช้ เบนโทไนท์จะให้ผลิตภัณฑ์สีค่อนข้างขาวแต่ไม่ค่อยใส เนื่องจากเบนโทไนท์ตกค้าง และที่ความเข้มข้นของการใช้เบนโทไนท์สูงขึ้นจะยิ่งเพิ่มความขุ่นขาวในเจลาตินมากขึ้น แสดงว่าเบนโทไนท์ไม่สามารถแยกออกได้จากเจลาตินในสภาวะนี้

เมื่อพิจารณาผลจากเครื่องวัดสี เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับการตรวจพินิจพบว่า ค่าจากเครื่องวัดสีไม่สอดคล้องกับค่าตรวจพินิจ จึงไม่อ้างอิงผลของเครื่องวัดสีในการทดลองครั้งนี้

เมื่อพิจารณาค่าความแข็งแรงของเจล พบความแตกต่างกันในบางสภาวะ แต่โดยส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกัน

ดังนั้นจึงเลือกช่วงทำการทดสอบอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.5 % - 1.5 % และในช่วงเวลา 30 - 90 นาที เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำให้เจลาตินใส

#### 4.2.2 เปรียบเทียบหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ในการทำเจลาตินให้ใส

โดยใช้เบนโทไนท์ และ กัมเซลักว ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 0.5 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในช่วงเวลาการเขย่า 30 นาที 60 นาที และ 90 นาที แสดงผลดังตารางที่ 11 และตารางที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 : แสดงค่าการดูดกลืนแสง และค่าความแข็งแรงของเจล เมื่อใช้กัเซลแก้ว ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลาการเขย่า 30 นาที 60 นาที และ 90 นาที

Filter aids	ความเข้มข้น ( % )	เวลา ( นาที )	ค่าการดูดกลืนแสง	ความแข็งแรงของเจล ( กิโลแรง )
กัเซลแก้ว	0.5	30	0.097 <sup>a</sup>	2.58 <sup>NS</sup>
		60	0.135 <sup>abc</sup>	1.87 <sup>NS</sup>
		90	0.183 <sup>de</sup>	2.00 <sup>NS</sup>
	1.0	30	0.208 <sup>ef</sup>	2.26 <sup>NS</sup>
		60	0.167 <sup>de</sup>	2.33 <sup>NS</sup>
		90	0.111 <sup>ab</sup>	1.76 <sup>NS</sup>
	1.5	30	0.159 <sup>cd</sup>	2.24 <sup>NS</sup>
		60	0.237 <sup>ef</sup>	2.28 <sup>NS</sup>
		90	0.250 <sup>f</sup>	1.78 <sup>NS</sup>

หมายเหตุ: เมื่อเวลาต้นทางการค้า	มีค่าการดูดกลืนแสงเป็น	0.05
เวลาที่สกัดได้ในตอนแรก	มีค่าการดูดกลืนแสงเป็น	0.59
เวลาที่สกัดได้นำไปแยกเหวียง	มีค่าการดูดกลืนแสงเป็น	0.38

a, b, c, อักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 : แสดงค่าการดูดกลืนแสง และค่าความแข็งแรงของเจล เมื่อใช้เบนโทไนด์ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลาการเขย่า 30 นาที 60 นาที และ 90 นาที

Filter aids	ความเข้มข้น (%)	เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง	ความแข็งแรงของเจล (กิโลแรง)
เบนโทไนด์	0.5	30	0.214 <sup>NS</sup>	1.45 <sup>NS</sup>
		60	0.212 <sup>NS</sup>	1.65 <sup>NS</sup>
		90	0.224 <sup>NS</sup>	1.99 <sup>NS</sup>
	1.0	30	0.224 <sup>NS</sup>	2.51 <sup>NS</sup>
		60	0.269 <sup>NS</sup>	1.51 <sup>NS</sup>
		90	0.350 <sup>NS</sup>	1.02 <sup>NS</sup>
	1.5	30	0.340 <sup>NS</sup>	2.69 <sup>NS</sup>
		60	0.252 <sup>NS</sup>	1.57 <sup>NS</sup>
		90	0.368 <sup>NS</sup>	1.47 <sup>NS</sup>
หมายเหตุ:	เมื่อเจลาตินทางการค้า	มีค่าการดูดกลืนแสงเป็น	0.05	
	เจลาตินที่สกัดได้ในตอนแรก	มีค่าการดูดกลืนแสงเป็น	0.59	
	เจลาตินที่สกัดได้นำไปแยกเหวียง	มีค่าการดูดกลืนแสงเป็น	0.38	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเจลาตินที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงต่ำที่สุด จะมีลักษณะใสที่สุด จากตารางที่ 11 จึงพิจารณาสภาวะที่ใช้ก็เซลลิว 0.5 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาเขย่า 30 นาที และสภาวะที่ใช้ก็เซลลิว 1.0 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาเขย่า 90 นาที ซึ่งจากการคำนวณค่าทางสถิติ พบว่าทั้ง 2 สภาวะนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จึงสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำเจลาตินให้ใส โดยใช้ก็เซลลิว 0.5 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาเขย่า 30 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่ใช้สารและใช้เวลา น้อยที่สุด เพื่อเป็นการประหยัดในทุก ๆ ด้าน

และเมื่อพิจารณาค่าความแข็งแรงของเจลในแต่ละสภาวะที่ใช้ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แสดงว่าสภาวะต่าง ๆ ที่ใช้ไม่ทำให้ความแข็งแรงของเจลสูญเสียไป

จากตารางที่ 12 เห็นได้ว่าค่าทางสถิติของค่าการดูดกลืนแสง และค่าความแข็งแรงของเจล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

แต่เนื่องจากว่า ลักษณะปรากฏของเจลาตินที่ได้จากการใช้เบนโทไนท์เป็นตัวช่วยกรอง จะให้ความข้นขาว อาจเป็นเพราะการแยกโद्यการใช้ เครื่องหมุนเหวี่ยงการกรองที่ทำการทดลอง ไม่สามารถแยกเบนโทไนท์ออกได้หมด ทำให้ตะกอนเบนโทไนท์ตกค้างอยู่ ซึ่งเกิดความข้นขาวในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงไม่เลือกใช้เบนโทไนท์ ในการทำให้ใส

#### 4.3 การศึกษาคุณสมบัติ และปริมาณเจลาตินในการสกัด

ทำการเปรียบเทียบปริมาณเจลาตินที่สกัดได้ ค่าการดูดกลืนแสง และค่าความแข็งแรงของเจล เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของเจลาตินที่สกัดได้ในครั้งที่ 1, 2 และ 3 แสดงผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 : แสดงปริมาณเจลาตินที่สกัดได้ ค่าการดูดกลืนแสง และค่าความแข็งแรงของเจลในการสกัดเจลาตินครั้งที่ 1, 2 และ 3

ครั้งที่ของการสกัด	ปริมาณน้ำที่ใช้สกัด ( มิลลิลิตร )	ปริมาณเจลาติน ( กรัม )	ค่าการดูดกลืนแสง	Gel strength ( กิโลกรัมแรง )
ครั้งที่ 1	2500	67.47	0.92	1.93
ครั้งที่ 2	1000	25.85	1.77	1.82
ครั้งที่ 3	500	13.30	2.00	1.79

จากตารางพบว่า ในการสกัดครั้งที่ 1 จะมีเจลาตินประมาณ 67.47 กรัมซึ่งมีค่าสูงสุด และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่สกัดได้ในครั้งที่ 2 และ 3 มีค่าประมาณ 25.8 และ 13.30 กรัม ตามลำดับ สรุปได้ว่ายิ่งจำนวนครั้งที่สกัดมากขึ้น จะได้เจลาตินน้อยลง โดยเจลาตินที่ได้ส่วนใหญ่จะได้รับการสกัดในครั้งที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงพบว่า เมื่อจำนวนครั้งที่สกัดมากขึ้น จะให้ค่าการดูดกลืนแสงที่สูงขึ้น นั่นคือ เจลาตินจะมีความข้นมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีเศษกระดูก เศษเนื้อที่ถูกสกัดจนเปื่อยปะปนมาในระหว่างการสกัดมากขึ้น ทำให้ข้นมากขึ้น

และในการหาความแข็งแรงของเจล ผลที่ออกมาอาจแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการสกัดแต่ละครั้งลดลง ทำให้ความเข้มข้นของเจลาตินที่สกัดได้ในแต่ละครั้งใกล้เคียงกัน ค่าความแข็งแรงของเจลจึงต่างกันไม่มาก

#### 4.4 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ของเจลาตินที่ผลิตได้

จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของเจลาตินที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับเจลาตินทางการค้า ได้ผลเปรียบเทียบดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 : แสดงคุณสมบัติของเจลาตินที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับเจลาตินทางการค้าชนิด 150บลูม

คุณลักษณะที่ตรวจสอบ	เจลาตินที่ผลิตได้	เจลาตินทางการค้า
สีและลักษณะทั่วไป	เกล็ดสีออกน้ำตาลค่อนข้างใส	เกล็ดสีเหลืองใส
ค่าการดูดกลืนแสง	0.097	0.050
ค่าความเป็นกรดต่าง	4.07	5.70
ความแข็งแรงของเจล ( กิโลแรง )	5.64	4.13
ความหนืด ( มิลลิพอยส์ )	211.7	149.2
ปริมาณเจลาติน ( % )	29.75	42.35
ปริมาณความชื้น ( % )	6.54	10.30
ปริมาณเถ้า ( % )	3.08	ไม่เกิน 3.2
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด	$2.8 \times 10^3$	ไม่เกิน 1000 โคโลนี/กรัม ( นอก.31 ไม่เกินร้อยละ $1 \times 10^5$ โคโลนี/กรัม )
<i>Salmonella sp.</i>	ไม่พบใน 25 กรัม	ไม่พบใน 25 กรัม
Spore ในผลิตภัณฑ์	ไม่พบ	ไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 14 พบว่าเจลาตินที่ผลิตได้มีสีเข้มกว่าซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงมากกว่า เจลาตินทางการค้า ทั้งนี้เนื่องจากการบวนการทำให้บริสุทธิ์ยังไม่ดีพอถึงระดับการค้าได้ อาจเป็น เพราะประสิทธิภาพและวิธีการไม่ละเอียดถึงระดับอุตสาหกรรม และเมื่อพิจารณาค่าความหนืด และค่าความแข็งแรงของเจลจากเจลาตินที่ผลิตได้กับเจลาตินทางการค้า พบว่ามีค่าความหนืดและความแข็งแรงของเจลสูงกว่า อาจเป็นไปได้ว่า เจลาตินที่สกัดได้มีค่าบลูมสูงกว่า 150 บลูมซึ่งเป็นเจลาตินทางการค้าที่ใช้เปรียบเทียบ เจลาตินที่สกัดได้มีเปอร์เซ็นต์เจลาตินน้อยกว่าเจลาตินทางการค้า อาจเป็นเพราะในเจลาตินที่ผลิตได้มีโปรตีนชนิดอื่นปะปนอยู่ด้วย ส่วนค่าความชื้น และปริมาณเถ้า พบว่า มีค่าน้อยกว่าเจลาตินทางการค้า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด การตรวจหา *Salmonella* sp. และตรวจสปอร์ในผลิตภัณฑ์ ให้ผลไม่ต่างกับเจลาตินทางการค้าและเป็นไปตามมาตรฐาน ม.อ.ก.31 (ม.อ.ก.799, 2531)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1. จากการหาความแน่นฮ่าของหัววัด พบว่าหัววัดที่ใช้สามารถบอกความแตกต่างในการวัดค่าความแข็งแรงของเจลที่ความเข้มข้น  $> 1.6\%$  ขึ้นไปได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ 10.61 และจากการวัดความแข็งแรงของเจลตามทางการค้า 240 บลูมและ 150 บลูม พบว่าหัววัดสามารถหาความแตกต่างได้ชัดเจน และเจลลิตินที่มีค่าบลูมสูงกว่าจะมีความแข็งแรงของเจลสูงกว่า ดังนั้นหัววัดขนาดกลางของเครื่อง KMITL Food Texture Measuring Instrument สามารถนำมาใช้วัดค่าความแข็งแรงของเจลลิตินในระดับหนึ่ง

2. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเจลลิตินจากเศษกระดูกไก่ให้ใสคือ การนำสารละลายเจลลิตินผสมกับบักโซอิกว ที่ความเข้มข้น  $0.5\%$  เวลาที่ใช้เขย่า 30 นาที ที่อุณหภูมิ  $50^{\circ}\text{C}$  ทำการเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็ว 8,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ  $30^{\circ}\text{C}$  แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 โดยเจลลิตินที่ได้จะใสขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

3. เจลลิตินที่ได้จากการสกัดในครั้งหลังจะมีปริมาณน้อยกว่าจากการสกัดครั้งแรก และจะมีสีเข้มขึ้น มีลักษณะขุ่น และความแข็งแรงของเจลก็จะลดลงด้วย

4. เจลลิตินที่ผลิตได้จากการทดลองที่สภาวะที่เลือก มีคุณสมบัติบางประการค่อนข้างใกล้เคียงกับเจลลิตินทางการค้า เช่น ค่าการดูดกลืนแสง ความแข็งแรงของเจล ความข้น ปริมาณเถ้า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด การตรวจหา Salmonella sp. และสปอร์ในจุลินทรีย์

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรควบคุมอุณหภูมิของเจลลาติน ขณะวัดความแข็งแรงของเจลให้คงที่ที่  $10^{\circ}\text{C}$  หรือใกล้เคียง เพราะจะเป็นสภาวะมาตรฐานที่ใช้วัดค่าบวมของเจลลาติน
2. ขณะทำการวัดความแข็งแรงของเจลอย่าให้หัววัดมีความสั่นสะเทือน เพราะอาจมีผลต่อการอ่านค่าความแข็งแรงของเจล
3. การเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงถ้าเพิ่มความเร็วรอบให้สูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการแยกสูงขึ้น และในการกรองถ้าใช้ตัวกรองเป็นแผ่นเซลลูโลส (Cellulose sheet) ร่วมกับการอัดความดันจะทำให้เจลลาตินที่กรองได้ใสขึ้น
4. ในการพิจารณาความข้นหรือความในของเจลลาติน ควรใช้เครื่องวัดความข้นของเจลลาติน เพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้องแน่นอนยิ่งขึ้น
5. เจลลาตินที่สกัดได้ในแต่ละครั้งจะมีความแตกต่างกันเนื่องจาก ความไม่สม่ำเสมอในวัตถุดิบเช่น ปริมาณกระดูก ปริมาณเศษเนื้อติดกระดูกที่หลงเหลือ ปริมาณไขมันทั้งนี้ควรพยายามคัดเลือกวัตถุดิบให้สม่ำเสมอ และมีเศษเนื้อติดกระดูกอยู่น้อย
6. หลังจากการสกัดเจลลาตินครั้งแรกแล้วสามารถสกัดเจลลาตินได้อีก ในทางการค้า ควรพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจและคุณภาพของเจลลาตินที่สกัดได้ด้วย

### เอกสารอ้างอิง

- พิเชษฐ์ สมผดุงและอัญชลี วรพงษ์วัฒน์. 2535. การตรึงรูปเซลล์สัตว์สำหรับการผลิตไวน์.  
 ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า  
 คุณทหาร ลาดกระบัง.
- มอก.799.2531. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานมาตรฐาน  
 ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- วนิดา จิตต์หมวด. 2534. การศึกษาเบื้องต้นของปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่อปริมาณโปรตีนในเนื้อ  
 สัตว์และผลิตภัณฑ์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยี  
 พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- อุดมลักษณ์ ภักดีภิญโญ และอิชชา ภูวนกิจ. 2536. การสกัดเจลาตินจากเศษกระดูกไก่. ปัญหา  
 พิเศษปริญญาตรี สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
 ทหาร ลาดกระบัง.
- AOAC. 1984. Association of Official Analytical Chemists, 14 th ed.  
 Virginia : Association of Official Chemist, Inc. 1141 pp.
- Bogue, R.H. 1924. The Theory and Application of Colloidal Behavior.  
 London : McGraw-Hill book Company Inc.
- BS 757.1975. Method for sampling and testing gelatin. British Standard  
 Institution.
- Duerr, P.E. and Earle, M.D. 1973. The utilisation of bones. Food  
 Technology in New Zealand. 8(6) : 28-31.
- Guenel, J.M. 1992. Thermoreversible gelatin of polymers and biopolymers.  
 London : Academic Press. 280 pp.
- Harris, P. 1990. Food Gels. London : Elsevier Applied Science.
- Imeson, A. 1992. Thickening and Gelling Agents for Food. London :  
 Blackie Academic and Professional.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Kraemer, E.O. 1926. Colloid Syrup Monograph. 4 : 102.
- Leistner, L. 1956. Fleischwirtsch. 8 : 118.
- Marsh, A.R. 1970. Protein Chemistry. London : Heinemann Educational Books Ltd.
- OSRMA. 1973. Official Standardised and Recommended Methods of Analysis. London : W. Heffer & Sons Ltd.
- Pearson, D. 1976. The Chemical Analysis of Foods, 7 th ed. London. 575 pp.
- Saunders, P.R., and Ward, A.G. 1953. J.Soc.Food Agric. 4 : 523-527.
- Saunders, P.R., and Ward, A.G. 1952. BGGRA Research Report Series B3.
- Siddiqui, M.K. 1968. Bleaching Earths. 1st ed. London: Pergamon Press.
- Speck, M.L. 1984. Compendium of Methods for the Microbiology of Foods. 2 nd ed. Washington D.C.:Capha Inc.
- Ward, A.G. and Courts, A. 1977. The Science and Technology of Gelatin. London : Academic Press. 564 pp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

#### 1. การวิเคราะห์หาความชื้น AOAC (1984)

##### วิธีการ

1. อบ aluminium can ที่ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desicator ซึ่งน้ำหนักอย่างละเอียด
2. ชั่งตัวอย่างเจลาตินน้ำหนักแน่นอน 1 กรัม ลงใน aluminium can นำไปอบที่ อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ทั้งให้เย็นใน desicator
3. ชั่งน้ำหนัก คำนวณปริมาณความชื้นจากน้ำหนักที่หายไป คิดเป็นร้อยละ

#### 2. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า BS757 (1975)

##### วิธีการ

1. ล้าง crucible แล้วเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นใน desicator ก่อนชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด
2. ชั่งตัวอย่างเจลาตินน้ำหนักแน่นอน 5 กรัม ลงใน crucible
3. เผาตัวอย่างด้วย hot plate จนเผาไหม้หมด (completly carbonized) จึงนำ crucible ไปเผาต่อใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desicator ก่อนนำไปชั่งน้ำหนัก
4. คำนวณปริมาณเถ้าที่เหลือ คิดเป็นร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การวัดความแข็งแรงของเจล

การวัดความแข็งแรงของเจลโดยใช้เครื่อง KMITL Food Texture Measuring Instrument

#### วิธีการ

1. นำสารละลายเจลาตินตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการแข็งตัว

2. ดันคันโยกให้ระบบไฮดรอลิกทำงาน หัวกดซึ่งต่อกับ load cell ของเครื่อง KMITL Food Texture Measuring Instrument จะถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ลงมาด้วยความเร็ว 12 เซนติเมตร/วินาที กดผ่านเจลาตินจนถึงระยะห่างจากฐานพิมพ์ประมาณ 1 มิลลิเมตร

4. อ่านค่าความแข็งแรงของเจลจากจุดสูงสุดของกราฟ

### 4. การวัดค่าการดูดกลืนแสง

การวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง Spetophotometer ที่ความยาวคลื่น 660 nm.

#### วิธีการ

1. ปรับความยาวคลื่นให้เป็น 660 nm.

2. ปรับให้ค่าการดูดกลืนแสงเป็นศูนย์ ด้วยแบลงค์ (เจลาตินทางการค้าความเข้มข้น

6.67%)

3. rinse สารละลายเจลาตินที่ต้องการวัดให้ทั่ว cuvette แล้วเททิ้ง

4. ใส่สารละลายเจลาตินตัวอย่างที่ต้องการวัดลงใน cuvette

5. วัดค่าการดูดกลืนแสง และบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. การหา Yield ของเจลาคติน

### วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียม ที่อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง
2. นำสารละลายเจลาคติน 150 ml. ใส่ถ้วยอลูมิเนียม แล้วอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท
3. ชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมที่อบได้ บันทึกผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

#### 1. การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง BS757 (1975)

##### วิธีการ

1. เตรียมสารละลายเจลาตินเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ในน้ำกลั่น
2. วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ด้วยหัววัด electrode

#### 2. การวิเคราะห์ปริมาณเจลาติน

การวิเคราะห์ปริมาณเจลาตินโดยใช้วิธีของ Official Standardised and Recommended Methods of Analysis 1973

สารเคมี : สารเคมีทุกตัวควรใช้ AR grade และใช้น้ำกลั่น หรือน้ำปราศไอออนในการทดลอง

1. กรดแกลเซียส อะซิติก (Glacial acetic acid)
2. สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) 40 % w/v
3. สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์เจือจาง เตรียมโดยละลายสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ 2.5 มิลลิลิตร ละลายน้ำให้มีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

##### วิธีการ

1. ชั่งเจลาติน 10 กรัม ใส่ปิเปกเกอร์ 250 ml เติมน้ำกลั่น 125 ml ต้มให้เดือดพร้อมกับคนตลอดเวลา
2. เติมกรดอะซิติก 0.5 ml ต้มให้เดือดประมาณ 15-30 นาที จนสารที่ไม่ละลายตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 ล้างเจลาตินที่ติดค้างด้วยน้ำกลั่น ต้มร้อน ปล่อยให้เย็นจนมีอุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 250 ml

4. เปิดสารละลาย 25 ml ใส่ถ้วยระเหยพร้อมกับเติมสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ 0.25 มิลลิกรัม ผสมให้เข้ากัน แล้วระเหยของผสมบน waterbath ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนได้สารชั้นเหนียว

5. เติมสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์อีก 0.25 ml คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้ว แล้วเกลี่ยให้แผ่กว้าง (smear) สก๊าดบน waterbath ที่เดือดรุนแรง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

6. สก๊าดกากที่ได้ด้วย สารละลายฟอร์มาลดีไฮด์เจือจาง 100 ml ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

7. กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 54

8. นำกากมาสก๊าดอีกครั้งด้วยสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์เจือจาง 100 ml จากนั้นนำไปกรองผ่านกระดาษกรองแผ่นเดิม พยายามล้างกากที่เหลือออกให้หมดโดยใช้สารละลายฟอร์มาลดีไฮด์เจือจาง 100 ml ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

9. นำกากที่ได้ไปหาปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธีเจดาห์ล

#### การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธีเจดาห์ล

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc.  $H_2SO_4$  93-98 % reagent grade)
2. กรดบอริก ( $H_3BO_3$  2 %)
3. กรดไฮโดรคลอริก 0.1 N.
4. Catalyst

โดยใช้โปแตสเซียมซัลเฟต ( $K_2SO_4$ ) 8 ส่วน : คอปเปอร์ซัลเฟต ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) 1

ส่วน

5. Mixed indicator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1เตรียม 0.1 Bromocresol green ( ในแอลกอฮอล์ 95 % ) และ 0.1 Methyl red (ในแอลกอฮอล์ 95 %)

5.2ผสม Bromocresol green 0.1 ml กับ Methyl red 2 ml

#### วิธีการ

1. ใส่ตัวอย่างในหลอดกลั่นโปรตีน เติมคะตะลิสต์ 7 กรัม ใส่กรดซัลฟูริก 15 ml ใส่เศษกระเบื้อง

2. นำไปติดตั้งบนชุดย่อยโปรตีนที่มีระบบดูดไอกรดที่ดี ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งสารละลายมีสีฟ้าใส

3. ปลอกให้สารละลายสีฟ้าอ่อนเห็นตัว และหมดควันของไอกรด

4. นำสารละลายกรดบอริก 2 % 100 ml ใส่ลงใน flask ขนาด 500 ml ที่สะอาด หยอดอินดิเคเตอร์ 4 หยด เขย่าสารละลายก่อนนำไปวางใต้เครื่องกลั่น ให้ปลายคอนเดนเซอร์ จุ่มลงในสารละลาย

5. นำหลอดย่อยโปรตีนถ่ายลงใส่หลอดกลั่นโปรตีน แล้วล้างส่วนตัดค้างด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวางบนชุดกลั่นโปรตีน เติม NaOH ลงไปทำปฏิกิริยาจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีดำ กลั่นโปรตีนเป็นเวลานาน 3 นาที

6. เมื่อกลั่นโปรตีนครบเวลาแล้ว นำสารละลายใน flask ไปไตเตรตกับ HCl 0.1 N. จนสารละลายเปลี่ยนสีจากสีฟ้าเป็นสีม่วง

7. ทำการทดลองกับ Blank เหมือนกับตัวอย่างทุกประการ

#### การคำนวณ

$$\% \text{ ไนโตรเจน} = \frac{5.55 \times (A-B) \times N.HCl \times 14 \times 100}{D \times 100}$$

A = ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง

B = ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรตกับ blank

N.HCl = ความเข้มข้นเป็น Normal ของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรต

D = น้ำหนักเป็นกรัมของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

นางสาวนุชรินทร์ อรรถประสิทธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 6 กันยายน พ.ศ.2515 ที่จังหวัด  
กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนปทุมธานี ในปีพ.ศ.2533

นางสาวกรวิภา แสงฉายเพียงเพ็ญ เกิดเมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ.2517 ที่จังหวัด  
กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนปากเกร็ด ในปีพ.ศ.2534



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้