

ชื่อโครงการ “การพัฒนาเจลลาตินจากเศษหนังบดเพื่อใช้เป็นตัวประสานในผลิตภัณฑ์ชั้นขบเคี้ยว”

ณรงค์ชัย แก้วนาถ, ดนัย วิษณุณรงค์, พรราวศิริ จารุโสลพงษ์ และวิทย์ สุนทรนันท์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย* Email : wit.s@chula.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นโครงการการสกัดเจลลาตินจากเศษหนังบด โดยใช้สภาวะในการดำเนินการต่างๆ ได้แก่ เวลาในการทดลองได้แก่ 6-48 ชั่วโมง อุณหภูมิที่ใช้คือ 60-80 °C และชนิดของหนังได้แก่ หนังเกรด A ชนิดฟอกขาว และไม่ฟอกขาว และหนังเกรด C เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นตัวประสานสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชั้นขบเคี้ยว โดยนำมาเปรียบเทียบกับน้ำแป้ง และเจลลาตินแท่งที่เคยใช้เป็นตัวประสาน โดยจะทำการวัดปริมาณโปรตีน และความหนืด จากนั้นเมื่อทำการขึ้นรูปแล้วจะนำมาทดสอบความแข็งแรง พบว่าเมื่อเวลาในการทดลองเพิ่มมากขึ้นความเข้มข้นของโปรตีนจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดๆหนึ่งความเข้มข้นของโปรตีนจะลดลง ส่วนความหนืดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความเข้มข้นของโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่ความหนืดจะลดลง และหนังชนิด C มีความเข้มข้นของโปรตีนสูงสุด รองลงมาคือ A ฟอกขาว และ A ไม่ฟอกขาวตามลำดับ แล้วนำสภาวะที่เหมาะสมมาทำการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชั้นขบเคี้ยว จะได้ว่า เจลาตินที่เกิดจากการไฮโดรไลซิสเศษหนังบด A ฟอกที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงนั้น เมื่อนำมาใช้เป็นตัวประสานจะให้ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์เทียบเท่ากับการใช้น้ำแป้ง

คำสำคัญ : เศษหนังบด เจลาติน ไฮโดรไลซิส

1. บทนำ

โครงการนี้ เป็นโครงการที่นำเสนอวิธีการลดต้นทุนในการผลิต เพื่อใช้กับโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ชั้นขบเคี้ยวสุนัข ในปัจจุบันกระบวนการผลิตชั้นขบเคี้ยวที่มีลักษณะเป็นรูปทรงต่างๆนั้น ในขั้นตอนของการผสมหนังบดกับตัวประสาน โดยทั่วไปจะใช้น้ำแป้งต้มสุก แต่จากการศึกษาพบว่าเจลลาติน ซึ่งสามารถสกัดได้จากเศษหนังบดนั้น มีสมบัติเป็นตัวประสานเช่นเดียวกับน้ำแป้ง ซึ่งเศษหนังบดนั้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตชั้นขบเคี้ยวชนิดนี้ ดังนั้นการที่เราสามารถใช้วัตถุดิบเพียงอย่างเดียวได้ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรในการผลิตผลิตภัณฑ์ชั้นขบเคี้ยวได้

2. ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 หนังสือ

2.1.1 โครงสร้างของหนังสือ

- ผิวหนังของสัตว์มีกระดูกสันหลังประกอบด้วย 3 ชั้น
- ก) ชั้นที่ 1 Epidermis เป็นชั้นนอกสุด ที่เป็นหนังกำพร้า
 - ข) ชั้นที่ 2 Dermis แบ่งเป็นชั้นย่อยๆ อีก 2 ชั้น คือ Papillary layer ที่มีโครงสร้างเป็นอีลาสติน (Elastin) ที่อยู่รอบๆรากขน และ Reticular layer ซึ่งเป็นส่วนที่มีคอลลาเจน (Collagen) โดยจะนำหนังส่วนนี้ไปสกัดเจลลาติน
 - ค) ชั้นที่ 3 Hydrodermis เป็นชั้นในสุดที่เป็นหลอดเลือด ไขมัน เนื้อ

2.2 เจลาติน

คำว่า เจลาติน มีรากศัพท์ในภาษาละตินว่า Gelatum ซึ่งแปลว่า การแข็งตัว เจลาตินเป็นโพลีเปปไทด์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 15,000 ถึงกว่า 250,000 กรัมต่อโมล สังเคราะห์ได้จากการไฮโดรไลซิสคอลลาเจน ซึ่งเป็นโปรตีนที่พบทั่วไปในกระดูกและหนังของโค กระบือ และสุกร เจลาตินในสถานะของแข็งจะมีลักษณะแข็ง สีคล้ายแก้ว มีสีเหลืองปนน้ำตาล

เจลาตินประกอบด้วยกรดอะมิโน ประเภท ไกลซีน (Gly) ประมาณร้อยละ 33 โพรลีน (Pro) และ 4-ไฮดรอกซีโพรลีน (Hyp) ร้อยละ 22 และอื่นๆอีก ร้อยละ 17 โครงสร้างโดยทั่วไปเป็นดังนี้

-Ala-Gly-Pro-Arg-Gly-Glu-4Hyp-Gly-Pro-

การผลิตเจลาตินประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ก) การปรับสภาพ (Conditioning)

เป็นการนำวัตถุดิบมาตัดให้มีขนาดที่เหมาะสม แล้วจึงล้างเพื่อกำจัดส่วนที่เป็นไข น้ำมัน และแร่ธาตุบางส่วนออก ซึ่งจะทำให้ได้คอลลาเจนมีสภาพที่เหมาะสมก่อนที่จะนำไปสกัดเจลาติน

ข) การสกัด (Extraction)

โดยนำวัตถุดิบมาผสมกับน้ำอุ่นที่สะอาดซึ่งต้องควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมเพื่อให้เจลาตินถูกสกัดออกมา

ค) การกรอง (Filtration)

นำของเหลวที่ได้จากการสกัดมาแยกส่วนที่ยังเป็นกากออก โดยการปั่นแยกอนุภาคขนาดเล็กที่ไม่สามารถกรองได้ออกแล้วค่อยนำมากรองแยกอีกครั้งหนึ่ง

ง) การทำให้เข้มข้น (Concentration)

น้ำส่วนใหญ่จะถูกระเหยไปในขั้นตอนนี้จะทำให้ได้เจลาตินในรูปของเหลวที่มีความหนืดสูงสีเหลืองปนน้ำตาล

จ) การทำให้แห้ง (Drying)

สารละลายเจลาตินจะถูกทำให้แห้งกลายเป็นของแข็งสีคล้ายแก้ว แล้วจะนำไปบดเป็นอนุภาคตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการใช้

2.3 การหาความเข้มข้นของโปรตีนตามวิธี

ของลาวารี (Lowry's method)

ใช้หลักการของการทำปฏิกิริยาของพันธะเปปไทด์กับ Cu^{2+} ในสภาวะเบส ซึ่งจะให้น้ำเงิน และการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction) ของ Phosphomolybdate ใน Folin-Ciocalteu reagent โดยเกิดการคอนจูเกตกับสายโซ่ของกรดอะมิโนไทโรซีน (Tyrosine) และทริปโตฟาน (Tryptophan) ให้สีเขียวแกมน้ำเงิน แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสง จากนั้นนำมาหาความเข้มข้นของโปรตีนโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

ข้อดีของวิธีนี้คือสามารถใช้กับสารตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของโปรตีนต่ำ สามารถใช้ได้หลายความยาวคลื่น สีที่เกิดขึ้นสามารถเห็นได้ชัด และสารเคมีราคาไม่สูงนัก

ข้อเสียของวิธีนี้คือ ให้ความถูกต้องในช่วง pH แคบๆ ทำให้ต้องใช้ปริมาณสารตัวอย่างจำนวนน้อย จึงจะทำให้เกิดผลกระทบน้อย และสารประกอบบางอย่างอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน เช่น อนุพันธ์ของกรดอะมิโนบางชนิด กรดนิวคลีอิก แอมโมเนียมไอออน สารประกอบไฮดรอล ฯลฯ ทำให้ต้องนำสารเหล่านี้แยกก่อนหรือทำการเจือจางก่อนทำการวิเคราะห์ แล้วสร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลาย BSA (Bovine Serum Albumin) ที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสง

3. วิธีการทดลอง

3.1 วัสดุที่ใช้

เศษหนึ่งบดจาก บ. เวลด์เพ็ท อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ เกรต A ฟอก, เกรต A ไม่ฟอก และเกรต C ดังแสดงในรูปที่ 1



หนังเกรด A ฟлок หนังเกรด A ไม่ฟлок หนังเกรด C

รูปที่ 1 แสดงเศษหนังชนิดต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การปั่นเศษหนังบด

1. ชั่งหนังเกรด A ฟлок 15 g ใส่ในน้ำกลั่น 240 cm³ ในบีกเกอร์
2. ทำการติดตั้งเครื่องกวน กวนหนังกับน้ำกลั่นที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จึงทำการเก็บตัวอย่างและนำไปทำการเซนตริฟิวส์ โดยใช้ที่ความเร็วในการหมุน 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 25°C
3. นำไปกรอง เพื่อกรองเอาเศษหนังออกให้หมด ชั่งน้ำหนักเศษหนังที่ได้ทั้งหมด
4. นำเศษหนังที่กรองได้มาชั่งหาน้ำหนัก บันทึกค่าที่ได้ แล้วนำไปอบจนกระทั่งเศษหนังแห้ง หาน้ำหนักของเศษหนังแห้งอบ บันทึกค่าที่ได้
5. นำของเหลวที่กรองได้มาชั่งน้ำหนักและวัดปริมาตร บันทึกค่า
6. นำของเหลวที่ได้มาทำการวัดความเข้มข้นของเจลาติน โดยใช้วิธีการทดสอบ Lowry
7. จากนั้นนำของเหลวที่เหลือชั่งน้ำหนักและวัดปริมาตร บันทึกค่า แล้วนำของเหลวที่เหลือเข้าตู้อบจนกระทั่งน้ำในของเหลวระเหยหมดเหลือแต่เจลาติน
8. ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนอุณหภูมิที่ทำเป็น 70°C, 60°C เปลี่ยนเวลาในการทดลองเป็น 12, 24, 48 ชั่วโมง และเปลี่ยนชนิดของหนังเป็น A ไม่ฟлок และ C ตามลำดับ

3.2.2 วิเคราะห์หาความเข้มข้นของโปรตีนตามวิธีของลาวรี

1. เตรียมสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตเข้มข้น ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (เรียกว่าสารละลาย A)
 2. เตรียมสารละลายโซเดียมโปแตสเซียมทาร์เทรต (Sodium Potassium tartrate) เข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (เรียกว่าสารละลาย B)
 3. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.2 mol/l (เรียกว่าสารละลาย C)
 4. เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น ร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (เรียกว่าสารละลาย D)
 5. Folin – Ciocalteu reagent
 6. เตรียมสารละลาย E โดยผสม C กับ D อย่างละ 49 cm³ กับ D 49 cm³ แล้วเติม A 1 cm³ จากนั้นจึงใส่ B 1 cm³
 7. นำ Folin – Ciocalteu reagent 2 cm³ ผสมกับน้ำกลั่น 2 cm³ เรียกว่าสารละลาย F
 8. ทำการเจือจางสารตัวอย่างจำนวน 0.5 cm³ ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 50 และ 100 cm³ อย่างละ 3 หลอด แล้วเติม E 2.5 cm³ ส่วนอีกหลอดใช้น้ำกลั่นเป็น blank เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
 9. ใส่ F จำนวน 0.25 cm³ ลงในหลอดในข้อ 8 เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที
 10. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 650 nm นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้นของเจลาติน
- หมายเหตุ กราฟมาตรฐานสร้างโดยใช้สารละลาย BSA แล้วทำการทดสอบด้วยวิธีข้างต้น โดยใช้ความเข้มข้นระหว่าง 0.05 – 0.3 mg/cm³

3.2.3 การหาความหนืดของเจลลาติน

1. นำเจลลาตินที่อบแห้งแล้วมาทำละลายในน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้นร้อยละ 6 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แล้วอุ่นให้ได้อุณหภูมิ 60 °C
2. นำไปหาความหนืดโดยใช้เครื่อง Rheometer

3.2.4 การขึ้นรูปชิ้นงาน

1. นำสารละลายเจลลาตินที่ได้ในภายหลังจากการปั่นเศษหนังมาผสมกับเศษหนังบด ตามอัตราส่วนต่างๆ
2. นำมาอัดลงแม่พิมพ์ที่มีขนาด 2.5 cm × 6 cm × 0.3 cm
3. อบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง
4. นำออกจากแม่พิมพ์แล้วมาขัดผิวเพื่อให้ได้ขนาดชิ้นงานที่กำหนดสำหรับนำไปทดสอบสมบัติต่อไป

3.2.5 การทดสอบสมบัติเชิงกล

ใช้เครื่อง Universal Testing Machine ดังรูปที่ 2 ทดสอบการทนแรงกระแทกของวัสดุ โดยหลักการ Three Point Bending สำหรับชิ้นงานใช้รูปร่างตามมาตรฐาน ASTM D256 (1990)



รูปที่ 2 Universal Testing Machine

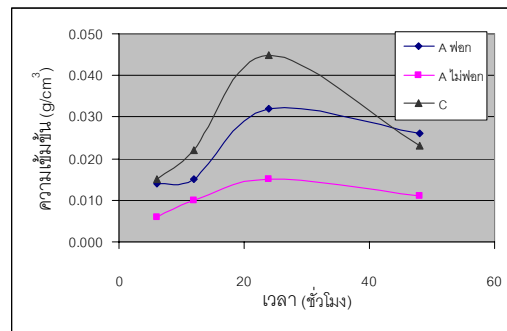
4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลของเวลาต่อความเข้มข้นของโปรตีนและความหนืด

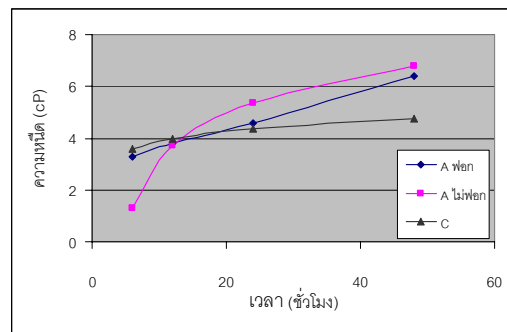
จากการศึกษาพบว่าเมื่อเวลาที่ใช้ในการไฮโดรไลซิสเพิ่มมากขึ้น ความเข้มข้นของโปรตีนจะเพิ่มขึ้น แต่ที่เวลาสูงสุดคือ 48 ชั่วโมง ความเข้มข้น

ของโปรตีนจะลดลงในเศษหนังทั้ง 3 ประเภท ทั้งนี้ คาดว่าเป็นผลจากเสื่อมสภาพของเจลลาติน

คอนเวอร์ชันของการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มโอกาสในการสลายตัวของหนังบด ส่วนความหนืดนั้นจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากความเข้มข้นของสารที่ละลายนั้นมีมากขึ้น (รูปที่ 4)



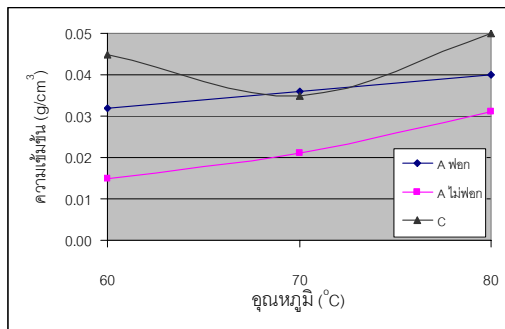
รูปที่ 3 ความเข้มข้นของโปรตีนจากการไฮโดรไลซิสหนังที่อุณหภูมิ 60 °C ที่เวลาต่างๆ



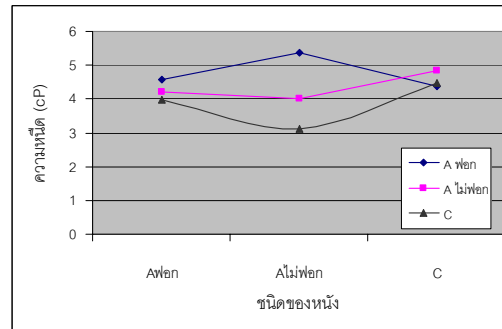
รูปที่ 4 ความหนืดของสารละลายเจลลาตินที่สกัดได้จากการไฮโดรไลซิสหนังที่อุณหภูมิ 60 °C

4.2 ผลของอุณหภูมิต่อความเข้มข้นของโปรตีนและความหนืด

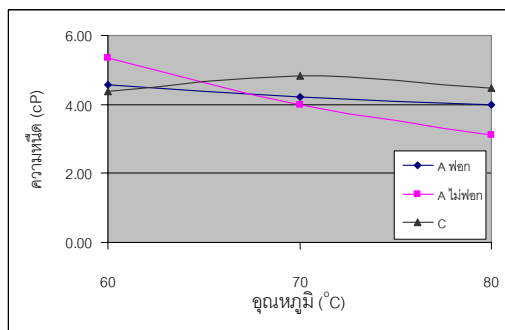
เมื่ออุณหภูมิในการไฮโดรไลซิสเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของโปรตีนจะสูงขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน เมื่อเพิ่มพลังงานความร้อนเข้าไปในระบบ จึงไปกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยามากขึ้น ทำให้เศษหนังบดเกิดการสลายตัวมากขึ้นคอนเวอร์ชันจึงสูงขึ้น



รูปที่ 5 ความเข้มข้นของโปรตีนที่อุณหภูมิต่างๆเมื่อผ่านการไฮโดรไลซิสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง



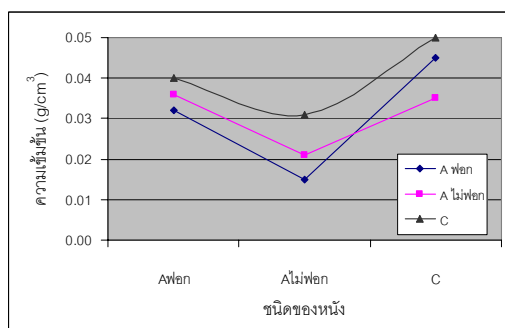
รูปที่ 8 ความหนืดของสารละลายเจลาตินที่สกัดได้จากหนังชนิดต่างๆที่เวลาในการไฮโดรไลซิส 24 ชั่วโมง



รูปที่ 6 ความหนืดของเจลาตินที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.3 ผลของชนิดของหนังต่อความเข้มข้นของโปรตีนและความหนืด

จากรูปที่ 7 พบว่าหนัง A ฟลอกและหนัง C มีค่าใกล้เคียงกัน โดยหนัง A ไม่ฟลอกที่ค่าความเข้มข้นโปรตีนที่เกิดจากการไฮโดรไลซิสต่ำที่สุด



รูปที่ 7 ความเข้มข้นของโปรตีนของหนังชนิดต่างๆที่ผ่านการไฮโดรไลซิสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ทั้งนี้ เป็นที่สังเกตได้ว่าความหนืดของเจลาตินที่สกัดได้มีแนวโน้มทำนองเดียวกัน (รูปที่ 8)

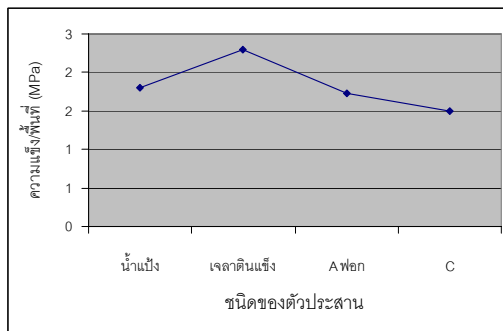
4.4 ผลของการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชั้นขบเคี้ยว

เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติเรื่องความเข้มข้นของโปรตีนและความหนืดจากเจลาตินแต่ละลายน้ำ และน้ำแข็งที่ใช้เป็นตัวประสานพบว่า เจลาตินที่เกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซิสที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการขึ้นรูปคือ เศษหนังเกรด C และ A ฟลอกที่อุณหภูมิ 60°C ที่เวลา 24 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของโปรตีนและความหนืดของตัวประสานต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

ตัวประสาน	ความเข้มข้นโปรตีน (g/cm³)	ความหนืด (cP)
น้ำแข็ง	-	46
เจลาตินแข็ง	0.3	6.6 *
C (60°C 24 ชั่วโมง)	0.045	4.37 *
A ฟลอก (60°C 24 ชั่วโมง)	0.032	4.56 *

* ความหนืดของเจลาตินที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 โดยปริมาตร



รูปที่ 9 ความแข็งแรงดึงของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยตัวประสานชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 9 พบว่าเมื่อทำการขึ้นรูปเป็นชิ้นงานแล้ว เจลาตินที่สกัดได้จากหนัง A ฟอก สามารถนำมาทดแทนน้ำแป้งได้ ทั้งนี้พิจารณาจากความแข็งแรงของชิ้นงานเพียงอย่างเดียว แต่ทั้งนี้ในทางปฏิบัติอาจจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆประกอบด้วยเช่น คุณสมบัติการละลายน้ำ ฯลฯ

5. สรุปผลการทดลอง

1. ระยะเวลาและอุณหภูมิในการไฮโดรไลซิสที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความเข้มข้นของโปรตีนที่ได้จะสูงขึ้น แต่ทั้งนี้เวลาและอุณหภูมิที่มากเกินไปจะทำให้เจลาตินเกิดการเสื่อมสภาพ
2. ชนิดของหนังมีผลต่อความเข้มข้นของเจลาตินที่เกิดขึ้น โดยหนังเกรด C จะมีความเข้มข้นของเจลาตินมากที่สุด รองลงมาคือ หนังเกรด A ฟอก และหนังเกรด A ไม่ฟอกตามลำดับ
3. เจลาตินที่เกิดจากการไฮโดรไลซิสเศษหนังบด A ฟอกที่ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงนั้น เมื่อ

นำมาใช้เป็นตัวประสานจะให้ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์เทียบเท่ากับการใช้น้ำแป้ง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม สำหรับปริญญาดุษฎี ประจำปี 2546

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท เวิลด์เพปทีนเตอร์ เนชั่นแนล จำกัดสำหรับการจัดหาวัตถุดิบ และข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์ชั้นขบเคี้ยว และคุณบัณฑิต เจริญกุลมล ที่สละเวลาช่วยกำกับดูแลการปฏิบัติการทดลองและให้คำแนะนำอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- www.technopreneur.net/timeis/technology/sctechFebMarch/entre13.html
- www.gelatin.co.za/age-ex1.htm
- www.basf.de/basf/img/produkte/farbmittel/leder/pdf/pb/raw_skin23_3_2001.pdf
- www.uspto.gov
- Lauer-Fields, J. L.; Tuzinski, K. A.; Shimokawa, K., Nagase, H. and Fields, G. B., "Hydrolysis of Triple-helical Collagen Peptide Models by Matrix Metalloproteinases", J. Biol. Chem., 2000, 275 (18), pp 13282-13290.