ลักษณะทางโครงสร้างและเนื้อสัมผัสของเนื้อเทียมจากโปรตีนถั่วเหลือง

STRUCTURE AND TEXTURE CHARACTERISTICS OF SOY PROTEIN MEAT ANALOG

ขจีรัตน์ ระรื่นรมย์ สุนันทา ทองทา และ จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล

Kajirat Rareunrom, Sunanta Tongta and Jirawat Yongsawatdigul

สาขาเทคโนโลยีอาหาร สำนักเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา ประเทศไทย 30000

School of Food Technology, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University, Nakhon Ratchasima, Thailand 30000

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ผสมกับแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน ในการทำเนื้อเทียมด้วยเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์สกรูคู่ โดยเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณ 20, 40, 60 และ 80 % ตรวจสอบเนื้อสัมผัสของเนื้อเทียมหลังจากตัวอย่างดูดน้ำคืน ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่าเนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มจาก 20 % ถึง 80 % มีค่าความเครียดลดลงจาก 2477 เป็น 1446 กรัม/ตารางเซนติเมตร เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Quantitative Descriptive Analysis พบว่าเนื้อเทียมที่มีปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มขึ้น ลักษณะการฉีกได้ลดลง และมีลักษณะเส้นใยของเนื้อเทียมลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะโครงสร้างภายในของเนื้อเทียมที่ดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด โดยเมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มขึ้น ขนาดของช่องรูพรุนในโครงสร้างของเนื้อเทียมใหญ่ขึ้น ผนังของรูพรุนหนา ขรุขระ มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง และมีลักษณะการเป็นเส้นใยลดลง

ABSTRACT

The effect of soy protein isolate mixed with defatted soy flour was studied on fabricating of soy protein meat analog using twin-screw extruder. Soy protein isolate was added as 20, 40, 60, and 80 %. The texture of rehydrated meat analog was measured using Texture Analyzer. As increasing soy protein isolate, the normal stress was decreased from 2477 to 1446 gram per square centimeters. Quantitative Descriptive Analysis was used in sensory test. It showed that the tearing and fibrousness of soy protein meat analog was decreased with an increase in protein. These results were relevant to the microstructure of products examined by Scanning Electron Microscope. The microstructure of high protein meat analog appears a large pore size, and thick, rough, and noncontinuous cell wall with a decreased in fibrous characteristic.

คำนำ

เนื้อเทียมเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโปรตีนถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบหลัก วิธีการที่นิยมนำมาใช้ผลิตเนื้อเทียมได้แก่ กระบวนการเอกซ์ทรูชัน เนื่องจากเป็นวิธีการที่ให้ผลผลิตสูง ต้นทุนในการผลิตต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโครงสร้างและเนื้อสัมผัสแบบเส้นใยคล้ายเนื้อสัตว์ (Haper, 1981) ลักษณะโครงสร้างเนื้อสัมผัสและสมบัติเชิงหน้าที่ของเนื้อเทียมที่ผลิตด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันมีผลกระทบจาก สภาวะในการแปรรูป และองค์ประกอบของวัตถุดิบ (Phillips and Finley, 1989) ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาได้ศึกษาการใช้แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันและโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเนื้อเทียม (Boison และคณะ, 1983; Hager,1984; Ning และ Villota, 1994) และมีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพื่อช่วยเสริมคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น (Sheard และคณะ, 1984; Ha, 1992)

ปริมาณและคุณภาพของโปรตีนถั่วเหลือง มีผลต่อลักษณะโครงสร้าง และเนื้อสัมผัสของเนื้อเทียมเป็นอย่างมาก เนื่องจากโปรตีนมีบทบาทในการเกิดเนื้อสัมผัส (Texturization) โดยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีนและโปรตีนกับองค์ประกอบอื่น ๆ ในระหว่างการเอกซ์ทรูชัน ซึ่งทำให้เกิดโครงสร้างหลักซึ่งเป็นเส้นใยของเนื้อเทียมที่ให้ลักษณะคล้ายเนื้อสัตว์ขึ้น (Stanley, 1989; Dahl และ Villota, 1991) Maurice และ Stanley (1978) และ Rhee (1981) ได้ศึกษาผลของการเอกซ์ทรูชันที่มีต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าเมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้เนื้อเทียมมีค่าของแรงเฉือนมากขึ้น และการจัดเรียงตัวของโปรตีนดีขึ้นเมื่อดูโครงสร้างของเนื้อเทียมด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด ในการแปรรูปเนื้อเทียมนั้นถ้าปริมาณโปรตีนของวัตถุดิบลดลง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแน่น (compact) เพิ่มขึ้นแต่มีความสมบูรณ์ของเนื้อสัมผัส (texture integrity) และความสามารถในการกักเก็บน้ำลดลง (Kearns และคณะ, 1989) โดย Leigh (1978) และ Kearns และคณะ (1989) มีความเห็นที่สอดคล้องกันว่าในการทำเนื้อเทียมด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันนั้น วัตถุดิบควรมีปริมาณโปรตีนตั้งแต่ 50 เปอร์เซ็นต์ และจากงานวิจัยของ Kazemzadeh และคณะ (1986) รายงานไว้ว่าแรงที่กระทำต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อเทียมมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดอยู่ในช่วง 40 – 70 % และเมื่อส่องดูโครงสร้างของเนื้อเทียมด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่ำประมาณ 20% ผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็ก มีโพรงอากาศแตกแยกและมีรูปร่างผิดปกติ ผนังของโพรงอากาศแตกแยกออกจากกันและไม่ต่อเนื่อง เมื่อปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มขึ้น พบโพรงอากาศเพิ่มขึ้น ผนังของโพรงอากาศดูละเอียดเรียบและต่อเนื่องขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัสและโครงสร้างภายในของเนื้อเทียมที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเหลือง ที่มีปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดแตกต่างกัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันและโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Profam) จาก บริษัท ADM Protein Specialties, Decatur, IL, USA. แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน มีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และ ไขมัน 50, 40, 0.22 % ตามลำดับ และโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีโปรตีน 90 % ผสมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดลงในแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน ในปริมาณ 20, 40, 60 และ 80 %

การแปรรูปเนื้อเทียมด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน

นำแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันที่มีส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในระดับต่างๆ ป้อนเข้าเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ (MPF 19:25, APV Baker,Inc, UK) มีสภาวะการแปรรูป ดังนี้ อัตราการป้อนวัตถุดิบ 65 กรัมต่อนาที, อุณหภูมิของบาเรล 60,

90, 140 และ 160 องศาเซลเซียส ความเร็วของสกรู 250 รอบต่อนาที ปรับให้มีความชื้นเป็น 30% นำผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

การวัดเนื้อสัมผัส

ตัดเนื้อเทียมให้มีความยาว 3 เซนติเมตร นำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที จนกระทั่งตัวอย่างมีความชื้น 80 % นำไปวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TA-XT2 Texture Analyzer) ด้วยหัววัดแบบ Warner - Bratzler shear cell และบันทึกแรงตัด (Cutting force) ที่ใบมีดกระทำต่อเนื้อเทียม ทำการทดสอบ 15 ซ้ำ นำมาคำนวณค่าความเครียด ด้วยการหารแรงตัด (กรัม) ด้วยพื้นที่ (ตารางเซนติเมตร)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

เตรียมตัวอย่างเนื้อเทียมยาว 5 เซนติเมตร ที่ดูดน้ำกลับคืนตัวอย่างด้วยวิธการเดียวกับกับการวัดเนื้อสัมผัส นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) โดยการสังเกตลักษณะการฉีกได้และการจัดเรียงตัวของเส้นใยภายในชิ้นเนื้อเทียม ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว 10 คน

การตรวจสอบโครงสร้างภายใน

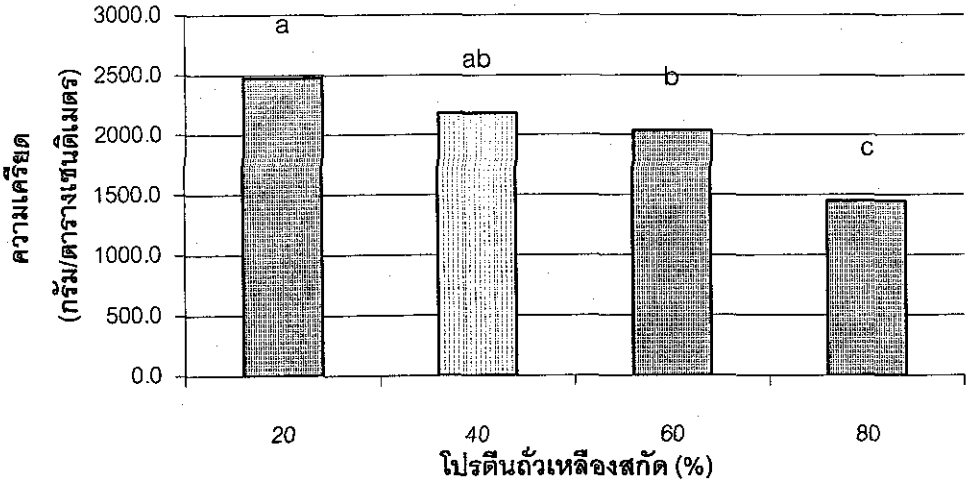
ตัดเนื้อเทียมหลังอบแห้งออกเป็นชิ้นบาง ๆ ขนาดกว้าง 0.4 เซนติเมตร ยาว 0.6 เซนติเมตรและหนา 0.2 เซนติเมตร วางตัวอย่างให้ติดแน่นบนแท่นวางตัวอย่าง แล้วเคลือบตัวอย่างด้วยทองที่ 10 mA เป็นเวลา 3 นาที แล้วดูโครงสร้างภายในของเนื้อเทียมด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (JSM 6400,JEOL, Japan) ที่ 8 kV

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยการวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan' s Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม Statistical Analysis System (SAS)

ผลการทดลองและวิจารณ์

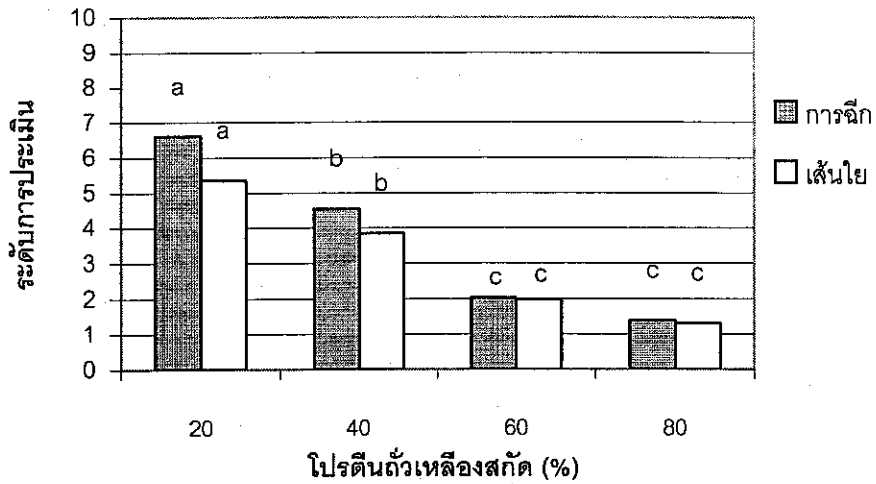
จากการวัดความเครียดของเนื้อสัมผัสของเนื้อเทียมที่มีความชื้น 80 % ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยใช้ Warner - Bratzler Blade ตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกัน พบว่าเมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณมากขึ้นจาก 20 เป็น 80 % ความเครียดของเนื้อเทียมมีค่าลดลงจาก 2477 เป็น 1446 กรัม/ตาราง ซึ่งแสดงดังกราฟในรูปที่ 1 โปรตีนถั่วเหลืองสกัดในวัตถุดิบที่เพิ่มขึ้นจาก 20 ถึง 80 % ทำให้วัตถุดิบมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 58 ถึง 82 % ซึ่งผลดังกล่าวทำให้ค่าความเครียดของเนื้อเทียมที่ลดลงนี้ แสดงให้เห็นถึงค่าแรงที่ใบมีดกระทำต่อตัวอย่างมีค่าลดลง ซึ่งบ่งบอกถึงการใช้พลังงานน้อยลงในการทำลายโครงสร้างของตัวอย่าง จึงเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงหรือความแน่นของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีค่าลดลง จากงานวิจัยของ Kazemzadeh และคณะ (1986) รายงานไว้ว่าแรงที่กระทำต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อเทียมมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดอยู่ในช่วง 40 – 70 % และถ้าหากเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมากกว่า 70 % ขึ้นไปจะทำให้แรงที่กระทำต่อของเนื้อสัมผัสเนื้อเทียมมีค่าลดลง แสดงว่าโครงสร้างของเนื้อเทียมมีความแข็งแรงลดลง ดังนั้นวัตถุดิบที่จะนำใช้ในการแปรรูปเนื้อเทียมนั้นควรมีระดับโปรตีนที่เหมาะสม หากปริมาณโปรตีนสูงเกินไปอาจไม่ได้ส่งผลสนับสนุนให้โครงสร้างของเนื้อเทียมให้มีเนื้อสัมผัสดีขึ้น



รูปที่ 1 ความเครียดของเนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 20, 40, 60, และ 80%

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เนื่องจากความต้องการที่จะพัฒนาเนื้อเทียมให้มีเนื้อสัมผัสคล้ายหรือใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์มากที่สุด ดังนั้นจึงนำลักษณะการฉีกและความเป็นเส้นใยซึ่งเป็นลักษณะเด่นของเนื้อสัตว์มาใช้ในการทดสอบ จากการฉีกเนื้อเทียมออกจากกันตามแนวยาวของชิ้นตัวอย่างและลักษณะการเป็นริ้วหรือชั้นคล้ายเนื้อเยื่อของเส้นใยของเนื้อเทียม ของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ผ่านการฝึกฝนมา พบว่าเมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณมากขึ้นจาก 20 ถึง 80% ทำให้ลักษณะของการฉีกได้ของเนื้อเทียมลดลงจาก 6.61 ถึง 1.38 และลักษณะของความเป็นริ้วเส้นใยลดลงจาก 5.36 ถึง 1.31 ดังแสดงในรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าเนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณต่ำที่สุด มีลักษณะของการฉีกและความเป็นเส้นใยของเนื้อเทียมมากที่สุด แสดงว่าปริมาณโปรตีนที่สูง อาจไม่ได้ส่งผลให้เนื้อเทียมมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น เนื่องจากเนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 80% มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีนและมีคาร์โบไฮเดรตน้อย ดังนั้นโครงสร้างของโปรตีนจึงได้รับอิทธิพลจากความร้อน ความดันและแรงเฉือนภายในบาเรลเป็นอย่างมาก ทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพทางธรรมชาติอย่างถาวรอาจเกาะตัวกันเป็นกลุ่มก้อน ไม่เกิดการจัดเรียงตัวเป็นเส้นใยเหมือนกับเนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณต่ำ จึงทำให้เนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณสูงไม่เกิดลักษณะการจัดเรียงตัวแบบเส้นใยที่สามารถฉีกได้



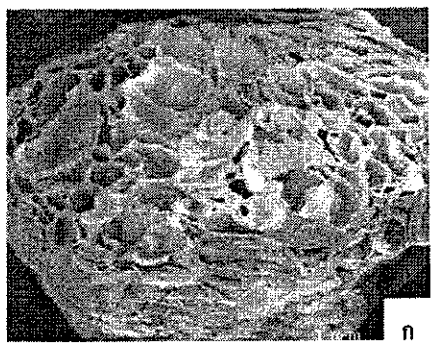
รูปที่ 2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อเทียมด้านลักษณะการฉีกได้และความเป็นเส้นใย ของเนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลือง

สกัด 20, 40, 60, และ 80%

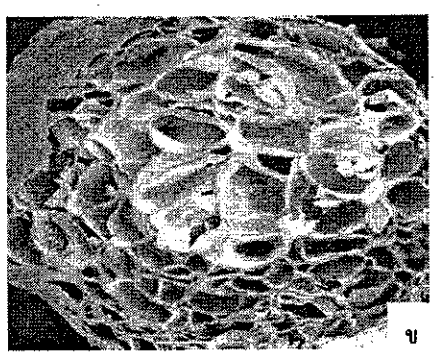
หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากโครงสร้างภายในของชิ้นเนื้อเทียมในรูปที่ 3 ก - ง เป็นภาพถ่ายตามขวางที่กำลังขยาย 17 เท่า ของเนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณ 20 – 80% พบว่าการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มขึ้น ทำให้ลักษณะการจัดเรียงตัวเป็นชั้นวงคล้ายรังผึ้ง (honeycomb) ของโครงสร้างในเนื้อเทียมหายไป จำนวนรูพรุนลดลง ขนาดของรูพรุนในโครงสร้างของเนื้อเทียมใหญ่ขึ้น เกิดลักษณะคล้ายฟองน้ำ (spongy like) มากขึ้น ผนังของรูพรุนหนาขรุขระและเว้าแหว่งมากขึ้น และรูปที่ 3 จ – ช เป็นภาพตัดตามยาวที่กำลังขยาย 120 เท่า ซึ่งสังเกตได้อย่างชัดเจนว่า ผนังของรูพรุนของเนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณสูง มีความหนามากเกิดลักษณะขรุขระ พื้นผิวแตกแยกไม่ต่อเนื่อง และเห็นลักษณะของเส้นใยลดลง

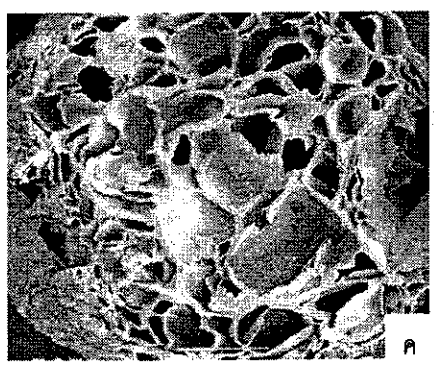
จากผลการทดลองทั้งหมดจะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณสูงถึง 80% มีลักษณะการฉีกได้น้อย เนื่องจากมีรูพรุนขนาดใหญ่คล้ายฟองน้ำ เมื่อฉีกเนื้อเทียมออกตามทางยาวทำให้เนื้อเทียมแยกออกเป็นชิ้นเล็กๆ ไม่เป็นเส้นใย รูพรุนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและผนังของรูพรุนที่หนา และมีการเรียงตัวที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้ความแข็งแรงของเนื้อสัมผัสของเนื้อเทียมลดลง ดังเห็นได้จากค่าความเครียดของเนื้อสัมผัสที่วัดด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสที่มีค่าต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับผลจากงานวิจัยของ Kazemzadeh และคณะ (1986) ที่พบว่าเมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมากกว่า 70 % ลงในวัตถุดิบ ทำให้ความแข็งแรงของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลดลง จึงเป็นไปได้ว่าคาร์โบไฮเดรตมีความสำคัญต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เช่นกัน ในทางตรงกันข้ามเนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 20 % มีลักษณะการจัดเรียงตัวเป็นชั้นวงคล้ายรังผึ้ง คือมีรูพรุนจำนวนมาก ขนาดของรูพรุนเล็ก ผนังของรูพรุนละเอียดต่อเนื่องและมีลักษณะการจัดเรียงตัวเป็นเส้นใยจึงทำให้เนื้อเทียมมีความแข็งแรงสูงขึ้น ดังแสดงจากค่าความเครียดที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าเนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดสูงมีความแข็งแรงของโครงสร้างภายในน้อยกว่าเนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่ำ และลักษณะจัดเรียงตัวแบบเส้นใยของเนื้อเทียมอาจบ่งบอกถึงความแข็งแรงของโครงสร้างของเนื้อเทียมได้

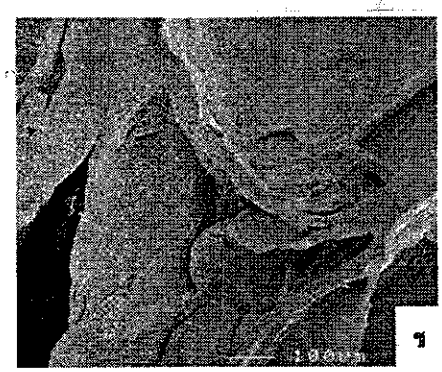

ก

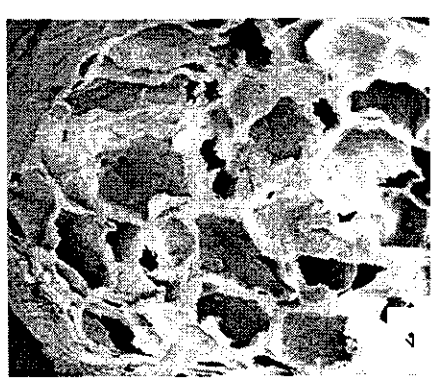
จ

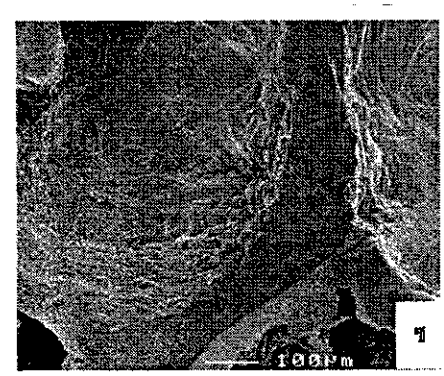

ข

ฉ


ค


ช


ง


ซ

รูปที่ 3 ภาพถ่ายตามขวาง ที่กำลังขยาย 17 เท่า(ก - ง) และภาพถ่ายตามยาวที่กำลังขยาย 120 เท่า(จ - ช) ของเนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 20% (ก และ จ), โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 40% (ข และฉ), โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 60% (ค และ ช), และ โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 80% (ง และ ช)

จากผลการทดลองดังกล่าว อาจเป็นผลเนื่องมาจากคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของวัตถุดิบ มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่หลักในการดูดซับน้ำไว้ในโครงสร้าง ที่มีอิทธิพลต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อเทียมเป็นอย่างมาก จากงานวิจัยของ Sheard และคณะ (1984) ได้รายงานว่าคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนที่กระจายตัวอยู่ตามส่วนต่างๆ ของโครงสร้าง มีหน้าที่คล้ายกับเป็นตัวประสานให้โปรตีนที่เป็นโครงสร้างแกนหลัก (network) ของเนื้อเทียมเกาะติดกันได้ดียิ่งขึ้น เมื่อคาร์โบไฮเดรตเข้าไปฝังติดตรึง (embed) ในโครงสร้างของโปรตีน จะช่วยสนับสนุนโครงสร้างของเนื้อเทียมให้มีความเสถียรมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tolstoguzov (1993) ที่ทำเอกซ์ทรูชันแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน พบว่าโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตอยู่ร่วมกันในลักษณะของโพลีเมอร์แบบระบบเฟสไม่ที่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยคาร์โบไฮเดรตจะกระจายตัวอยู่ทั่วไปเกิดโครงสร้างผสมแบบ anisotropic structure เมื่อเคลื่อนตัวเข้าสู่หัวแปลน เกิดการจัดเรียงตัวแบบเส้นใยที่ยึดติดกันเป็นเนื้อสัมผัสที่แน่น (compact) นอกจากนี้ Rhee และคณะ (1981) ยังพบว่าคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถละลายได้ (insoluble carbohydrate) ได้แก่ crude fiber มีส่วนช่วยพัฒนาให้เกิดโครงสร้างภายในแบบโพรงอากาศ (air cell) ที่ดีขึ้น และแนะนำว่าอัตราส่วนระหว่างโปรตีนกับคาร์โบไฮเดรต อย่างน้อยควรเป็น 1.0 ดังนั้นเนื้อเทียมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณสูง มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ จึงมีส่วนที่จะไปกระจายตัวและช่วยประสานโครงสร้างของโปรตีนลดลง ทำให้ความแข็งแรงของโครงสร้างของเนื้อเทียมลดลง

สรุปผลการทดลอง

การเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้วัตถุดิบมีปริมาณโปรตีนเพิ่มจาก 58 เป็น 82 %มีผลต่อโครงสร้างทางกายภาพของเนื้อเทียม ทำให้ลักษณะของการฉีกได้และความเป็นเส้นใยลดลง ซึ่งลักษณะทางกายภาพขนาดใหญ่นี้เกิดขึ้นจากโครงสร้างขนาดเล็กของโพรงอากาศที่มีการเรียงตัวเป็นชั้นวงรอบคล้ายรังผึ้งของเนื้อเทียมที่หายไป แสดงถึงลักษณะการจัดเรียงตัวเป็นเส้นใยที่ต่อเนื่องลดลง ดังนั้นปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นใยของเนื้อเทียมที่มีความแข็งแรงควรมีปริมาณต่ำ คือ 20%

เอกสารอ้างอิง

[1] Dahl, S.R. and Villota, R. 1991. Twin-Screw ExtrusionTexturization of Acid and Alkali Denaturated Soy Proteins. J. of Food Sci. 56: 1002-1007.

[2] Gwiazada, S., Noguchi, A., Saio, K. 1987. Microstructural Studies of Texturized Vegetable Protein Products : Effect of Oil Addition and Transformation of Raw Material in Various Sections of a Twin Screw Extruder. Food Microstructure. 6: 57-61.

[3] Ha,T.T. 1995. Texturization of Low-Fat Extruded / Expelled Soy Flour by Twin-Screw Extruder. M.S. Thesis. Univ. of Illinois, Urbana.

[4] Hager,D.F.1984. Effects of Extrusion upon Soy Concentrate Solubility. J. Agric. Food Chem. 32: 293-296.

[5] Haper, J.M. 1981. Extrusion of Food II. CRC Press, Inc. Florida, USA. 174 p.

[6] Kazemzadeh, M.,Diehl, K.C. JR., Rhee, K. C., and Dahm, P.F. 1986. Mechanical and Structural Evaluation of

Texturized Soy Proteins of Varying Protein Content. Cereal Chem. 63(4): 304-310.

[7] Kearns, J.P., Rokey, G.J. and Huber, G.R. 1989. Extrusion of Texturized Protein. In " Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs". Applewhite, T.H. (Ed.). Am. Oil Chem.

Soc. Champaign IL

[8] Leigh, J.S. 1978. Extrusion Texturization of Whole Soybean for Use in Meat Analogs.Ph.D. Dissertation.

Univ. of Illinois. Urbana,USA.

[9] Maurice, T.J. and Stanley, D.W. 1978. Texture-Structure Relationships in Texturized Soy Protein IV Influence of Process Variables on Extrusion Texturization. J. Ints. Can. Sci.Technol. Aliment. 11: 1-6.

[10] Ning, L. and Villota, R. 1994. Influence of 7S and 11S Globulins on The Extrusion Performance of Soy Protein Concentrate.J. Food Proc. and Pres. 18: 421-436.

[11] Phillips, R.D., and Finley, J.W. 1989. Protein Quality and the Effects of Processing. Marcel Dekker,Inc. New York. USA. 397 p.

[12] Rhee, K.C., Kuo, C.K., and Lusas, E.W.1981. Texturization. In " Protein functionality in Food". Cherry, J.P. (Ed.) American chemistry Soicty, Washington, DC.

[13] Sheard, P.R., Ledward, D.A. and Mitchell,J.R. 1984. Role of Soya Extrusion. J. Food Tech. 19: 475-483.

[14] Stanley, D. W. 1989. Protein reactions during extrusion processing. In " Extrusion cooking". Mercier, C., Linko, P. Haper, J.M. Eds. :321-341.

[15] Tolstoguzov, V. B. 1993. Thermoplastic Extrusion-the Mechanism of the Formation of Extrudate Structure and Properties.JAOCS. 70(4): 417-424.

คำแนะนำสำหรับการอ้างอิง

Citation Guide

Author's Last name, First Name. "Title of presentation". Proceedings of the 6th Agro-Industrial Conference, 28-29 May 2004. CD-ROM. Nakhon Pathom: Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University.