ทัง หลิง : การเกิดเจลของซูริมิปลาเขตร้อนภายใต้อัลตร้าซาวด์ความเข้มสูง (GELATION OF TROPICAL FISH SURIMI UNDER HIGH INTENSITY ULTRASOUND)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล, 143 หน้า.

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของแอคโตไมโอซินจากปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่ได้รับคลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูง (high intensity ultrasound; HIU) ภายใต้สภาวะที่ความเข้มข้นของเกลือต่ำพบว่า โปรตีนที่สามารถสกัดได้ในสภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในช่วง 0.1 – 0.3 โมลลาร์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มของคลื่นอัลต้าซาวน์เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) ปริมาณของหมู่ซัลฟ์ไฮดริล (reactive sulfhydryl; SH) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0.2 โมลลาร์ เพิ่มขึ้นหลังจากได้รับคลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูงติดต่อกันเป็นเวลานาน ซึ่งบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของโปรตีนภายใต้คลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูง ค่าพื้นผิวไฮโดรโฟบิก (surface hydrophobicity; S_0-ANS) ของแอคโตไมโอซินที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0.6 โมลลาร์ เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มของคลื่นอัลตร้าซาวน์และเวลาที่ได้สัมผัสเพิ่มขึ้นในระดับที่สูงกว่าในสภาวะที่โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.2 โมลลาร์ ความสามารถในการละลายของโปรตีนไมโอซินสายหนัก (myosin heavy chain; MHC) และ แอคติน (actin) ที่โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.2 โมลลาร์เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดภายใต้การใช้คลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูง สารละลายแอคโตไมโอซินที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0.6 โมลลาร์ถูกทำลายด้วยคลื่นอัลตร้าซาวน์มากกว่าที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0.2 โมลลาร์ จะเห็นได้ว่าแอคโตไมโอซินสามารถถูกสกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ต่ำโดยใช้คลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูง ซึ่งแสดงถึงศักยภาพของเทคโนโลยีคลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูงในการผลิตเจลซูริมิ (surimi gel) ที่มีปริมาณเกลือลดลง

การศึกษาเกิดเจลของซูริมิจากปลาทรายแดง (*Nemipterus* spp.) ที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในระดับ 0.5, 1, และ 2% ภายใต้ความเข้มของคลื่นอัลตร้าซาวน์ที่แตกต่างกัน (10.01, 13.28, และ 16.45 W/cm^2) พบว่า ความสามารถในการสกัดโปรตีนที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0.5% มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มของคลื่นอัลตร้าซาวน์ ($p < 0.05$) ปริมาณของหมู่ซัลฟ์ไฮดริลและค่าพื้นผิวไฮโดรโฟบิกเพิ่มขึ้นหลังจากการใช้คลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูง ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์แคลเซียมเอทีพีเอส (Ca^{2+} - ATPase) ลดลง ซึ่งบ่งชี้ถึงการเปิดตัวและการเปลี่ยนแปลงโครงร่างของโปรตีนภายใต้คลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูง คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเจลซูริมิที่ความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในระดับ 0.5% ดีขึ้นเมื่อความเข้มของคลื่นอัลตร้าซาวน์เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) ในขณะที่คลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูงส่งผลคุณภาพเจลลดลงในซูริมิที่เติมโซเดียมคลอไรด์ในระดับ 1 และ 2% การวิเคราะห์จุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบกวาดแสดงให้เห็นถึง

โครงข่ายร่างแหที่เป็นระเบียบในในระดับที่เพิ่มสูงขึ้นในตัวอย่างที่ความเข้มข้น 0.5% โซเดียมคลอไรด์ที่ได้รับคลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูง ผลการศึกษาฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (Fourier transform infrared; FT-IR, spectroscopy) บ่งชี้ว่าโครงสร้างเกลียวแอลฟา (α-helix) ของเจลซูริมิลดลง ในขณะที่โครงสร้างที่ไม่มีระเบียบ (random coil) มีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มของคลื่นอัลตร้าซาวน์ ซึ่งยืนยันถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยคลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูงที่มากขึ้นตามความเข้มของคลื่น ผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่าเทคโนโลยีอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูงสามารถประยุกต์เพื่อปรับปรุงเจลซูริมิที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นในระดับ 0.5% เท่านั้น

เมื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการสัมผัสคลื่นอัลตร้าซาวน์ (15, 30, และ 45 นาที) ของซูริมิปลาทรายแดงที่ใช้คลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูงในระดับ 13.28 W/cm^2 เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดเจลพบว่า ความสามารถในการสกัดโปรตีน และค่าพื้นผิวไฮโดรโฟบิกเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาการสัมผัส โดยที่กิจกรรมของเอนไซม์แคลเซียมเอทีพีเอสลดลง ($p < 0.05$) การใช้คลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูงส่งผลให้ค่ามอดูลัสสะสม (storage modulus; G') ของซูริมิที่เติมโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5% เพิ่มขึ้น ซึ่งบ่งชี้ว่าโครงข่ายร่างแหของเจลดีขึ้นเมื่อใช้คลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อได้รับคลื่นอัลตร้าซาวน์เป็นเวลา 30 นาที นอกจากนี้ สมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเจลซูริมิที่มีโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นในระดับ 0.5% เหมาะสมที่สุดเมื่อได้รับคลื่นอัลตร้าซาวน์เป็นเวลา 30 นาที จากผลการศึกษาฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี การเพิ่มเวลาในการสัมผัสคลื่นอัลตร้าซาวน์ส่งผลให้ปริมาณโครงสร้างเกลียวแอลฟาลดลง ในขณะที่ โครงสร้างที่ไม่มีระเบียบสูงขึ้น ซึ่งแสดงถึงการเปิดตัวของโปรตีนที่มากขึ้น การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า เจลซูริมิเกลือต่ำหรือเจลที่มีปริมาณเกลือลดลงสามารถผลิตได้โดยการใช้เทคโนโลยีคลื่นอัลตร้าซาวน์ความเข้มสูงและการให้คลื่นอัลตร้าซาวน์ที่ความเข้ม 13.28 W/cm^2 เป็นเวลา 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเหนี่ยวนำให้เกิดเจลซูริมิที่ความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในระดับ 0.5%

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร ลายมือชื่อนักศึกษา Ling Tang

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

TANG LING : GELATION OF TROPICAL FISH SURIMI UNDER HIGH INTENSITY ULTRASOUND. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. JIRAWAT YONGSAWATDIGUL, Ph.D., 143 PP.

TROPICAL SURIMI/HIGH INTENSITY ULTRASOUND/GELATION/ MYOFIBRILLAR PROTEINS/REDUCED SALT

Physicochemical changes of tilapia (*Oreochromis niloticus*) actomyosin exposed to high intensity ultrasound (HIU) under low salt concentrations were investigated. The extractable protein in 0.1-0.3 M NaCl increased with increasing ultrasonic intensity ($p < 0.05$). Reactive sulfhydryl (SH) content at 0.2 M NaCl increased after a prolonged exposure to HIU, suggesting conformational changes induced by HIU. Surface hydrophobicity (S_0-ANS) of actomyosin in 0.6 M NaCl increased with increasing ultrasonic intensity and exposure time to a higher degree than that in 0.2 M NaCl. A drastic increase in the solubility of myosin heavy chain (MHC) and actin with 0.2 M NaCl were evident under HIU treatments. Actomyosin in 0.6 M NaCl underwent more disruption by HIU than that in 0.2 M NaCl. Actomyosin can be efficiently extracted in low NaCl concentration by HIU, suggesting the potential of HIU technology in production of low/reduced-salt surimi gel.

Gelation of threadfin bream (*Nemipterus* spp.) surimi at 0.5, 1 and 2% NaCl under different ultrasonic intensities (10.01, 13.28 and 16.45 W/cm^2) were elucidated. Protein extractability at 0.5% NaCl was increased with increasing ultrasonic intensity ($p < 0.05$). Reactive SH content and S_0-ANS values increased after HIU treatments and were accompanied by a decrease in Ca^{2+}-ATPase activity, indicating greater protein

unfolding and conformational changes induced by HIU. Textural properties of surimgels at 0.5% NaCl were improved with an increase in ultrasonic intensity ($p < 0.05$), whereas HIU resulted in inferior gels at 1 and 2% NaCl. Scanning electron microscopy (SEM) revealed that HIU resulted in higher levels of regular networks at 0.5% NaCl. Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy indicated that α-helix content of surimi gels decreased, while the random coil content increased with an increase in ultrasonic intensity, confirming that structural changes induced by HIU were more profound at higher ultrasonic intensity. The results suggested that HIU technology can be applied to improve only the 0.5% NaCl surimi gel.

When the effect of ultrasonic exposure time (15, 30 and 45 min) of HIU-assisted gelation of 0.5% NaCl threadfin bream surimi at ultrasonic intensity of 13.28 W/cm^2 was elucidated, protein extractability and S_0-ANS increased with time, accompanied by a decrease in Ca^{2+}-ATPase activity ($p < 0.05$). HIU treatments increased storage modulus (G') of 0.5% NaCl surimi, indicating gel network formation was improved by HIU, particularly at ultrasonic exposure time of 30 min. Textural properties of 0.5% NaCl surimi gel ($p < 0.05$) was also optimal at ultrasonic exposure time of 30 min. According to FT-IR spectroscopy, an increase in ultrasonic exposure time resulted in lower α-helix but higher random coil content, suggesting that a longer ultrasonic exposure time induced greater protein unfolding. This study demonstrated that low/reduced-salt surimi gel could possibly be achieved by HIU technology, and ultrasonic exposure time of 30 min at ultrasonic intensity of 13.28 W/cm^2 optimally induced surimi gelation at 0.5% NaCl.

School of Food Technology Student's Signature Ling Tang

Academic Year 2019 Advisor's Signature