บทคัดย่อ

กระดูกปลาเกล็ดเงินและปลานิลได้ถูกนำมากำจัดสารอินทรีย์ด้วยการให้ความร้อนในน้ำและสารละลายด่างเป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนให้ความร้อนสูงภายใต้หม้อนึ่งความดัน (121 องศาเซลเซียส, 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน บดเป็นผงและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 38 ไมโครเมตร ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าการใช้สารละลายด่างช่วยกำจัดไขมันและโปรตีนได้มากกว่าส่งผลให้เถ้าในผงกระดูกจากปลาเกล็ดเงินหรือปลานิลมีค่าสูงขึ้น การสั่นของโมเลกุลภายใต้รังสีอินฟราเรดพบว่าไม่แตกต่างกันสำหรับปลาเกล็ดเงิน แต่ผงกระดูกปลานิลพบการดัดแปรหมู่เชิงหน้าที่ของสารอินทรีย์เมื่อเตรียมด้วยสารละลายด่าง นอกจากนั้นผงกระดูกปลาประกอบด้วยไฮดรอกซีแอพพาไทท์ พื้นผิวของผงกระดูกปลาที่ได้จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่งกราดทำให้เห็นว่าการใช้สารละลายด่างส่งผลให้พื้นผิวมีลักษณะผุกร่อนในขณะที่การใช้น้ำจะทำให้ได้พื้นผิวที่มีความหนาแน่นและแข็งแรง สีของผงกระดูกที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดสีพบว่าการใช้สารละลายด่างทำให้ความสว่างลดลงและค่าความเป็นสีแดงและเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้น้ำ แคลเซียมทั้งหมดในผงกระดูกปลาทั้งสองชนิดมีค่าร้อยละ 32 แต่แคลเซียมละลายได้มีค่าเพียงร้อยละ 0.52-0.6 เมื่อสกัดผงกระดูกต่อน้ำด้วยสัดส่วน 1:4 แคลเซียมละลายได้จากผงกระดูกปลาเกล็ดเงินมีค่ามากกว่าปลานิลชี้ให้เห็นว่าสามารถถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง

การสกัดแคลเซียมจากผงกระดูกปลานิลด้วยกรด 5 ชนิด (กรดกำมะถัน กรดเกลือ กรดไนตริค กรดอะซิติคและกรดซิตริค) จึงได้รับการศึกษา และพบว่าความสามารถในการสกัดแคละเซียมของกรดน้ำส้มสายชูมีความเหมาะสมต่อการสกัดแคลเซียมจากกระดูกปลาเพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร ความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดคือ 0.25 โมลาร์และ 48 ชั่วโมง เมื่อสกัดแคลเซียมที่สภาวะดังกล่าวด้วยสัดส่วน 1:20 พบว่ามีความเข้มข้นแคลเซียมเป็น 2,372 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมากกว่าการใช้น้ำสกัดถึง 13 เท่า

แคลเซียมละลายได้จากผงกระดูกปลาเกล็ดเงินที่สกัดด้วยน้ำสามารถกระตุ้นการทำงานของทรานสกลูทาเนสได้ถึงแม้ว่าจะให้กิจกรรมที่น้อยกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ การเชื่อมข้ามของโปรตีนที่ถูกเร่งด้วยทรานสกลูทามิเนสในสภาวะที่มีแคลเซียมละลายได้ได้ถูกพิสูจน์โดยแบบแผนของโปรตีนที่ได้จากการแยกภายใต้สนามไฟฟ้าด้วยเทคนิคอิเลคโทโฟลิซีส ผงกระดูกปลาเกล็ดเงินได้ถูกเสริมในไส้กรอกปลาที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าการเติมผงกระดูกไม่กระทบต่อปริมาณความชื้น ไขมันและโปรตีนแต่ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในไส้กรอกเพิ่มขึ้น 15 เท่า เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม สีของไส้กรอกไม่มีความแตกต่างกันเมื่อพิจารณาเฉพาะค่าความสว่างแต่ค่าความเป็นสีเหลืองและค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ผลจากการวิเคราะห์แบบแผนเนื้อสัมผัสพบว่าค่าความแข็งและความเป็นกัมมีค่าเพิ่มมากขึ้นในตัวอย่างที่เสริมผงกระดูก ผลจากการประเมินความชอบของผู้บริโภคพบว่าการเสริมผงกระดูกได้รับคะแนนความชอบด้านสี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ปลาเกล็ดเงิน ปลานิล ผงกระดูกปลา ทรานสกลูทามิเนส ไส้กรอกปลา

Abstract

Silver carp and tilapia bone samples were soaked in either hot water or hot alkaline (NaOH, 0.8%) for 1 h and were softened in an autoclave (121 C/15 lb.cm^2) for 1 h. The obtained bones were dried in an oven dryer at 100 C for 12 h, ground into powder, sieved through the sieving mesh to collect only particle smaller than 38 μm. The proximate analysis revealed that alkaline treatment eliminated effectively the organic matters (fat and protein), resulting in the higher ash content. The vibrational spectroscopy showed similar signal between tilapia bones, while the modification of organic compounds by alkaline was found in silver carp bones. This technique also indicated that the bone powder comprised of hydroxyapatite. The microstructure showed the corrosive surface in sample treated with alkaline but the compact structure was observed in sample treated with water. Color measurement showed that the lightness of bone powders decreased when it is treated with alkaline, while the redness and yellowness were increased.

Total calcium in bone powder treated with alkaline was found at 32 %, regardless fish species. The soluble calcium was observed at only 176 and 189 mg/L for tilapia and silver carp, when those powders were extracted by water (powder:water at 1:4). Due to higher calcium solubility, silver carp bone powder may be applied directly in food system. Calcium extraction from tilapia bone powder with 5 types of acid solution (sulfuric acid, hydrochloric acid, nitric acid, acetic acid, and citric acid) was investigated. An acetic acid was considered to be the suitable acid for calcium extraction for food applications. The suitable concentration and extraction time were optimized to be 0.25 M and 48 h. When tilapia bone was extracted (powder:acid at 1:20), the calcium content was observed at 2,372 mg/L. This soluble calcium extracted by acetic acid was higher than that extracted with water for 13 fold.

The water soluble calcium from silver carp bone activated TGase. Cross-linking of myofibrillar protein catalyzed by TGase in the presence of soluble calcium was evidenced by the changes of protein patterns, assessed by SDS-PAGE. Silver carp bone powder was incorporated into fish sausage at 1% (w/w) prior being compared its qualities to the control. The addition of fish bone powder did not affect the moisture, fat, and protein contents. The ash content increased significantly and total calcium increased for 15 fold when comparing to the control. The color value was not changed when only lightness was considered. The yellowness and redness values were increased significantly. Texture profile analysis showed that the hardness and gumminess values of sample were improved by fish bone powder. The product acceptability, evaluated by consumer test, showed that incorporation of fish bone powder could increase the overall acceptance. This was due to an increase in the preference regarding the color, texture and taste of the sample.

Key words: silver carp, tilapia, fish bone powder, transglutaminase, fish sausage