

ผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพของปูอัด

เสาวพงศ์ เจริญ* และ สุรศักดิ์ สัจจบุต

กลุ่มงานวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

16 ถนนวิภาวดีรังสิต เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทรศัพท์ 0-2579-5230 ต่อ 2319 โทรสาร 0-2561-4075

e-mail : saovapon@oaep.go.th

บทคัดย่อ

การฉายรังสีปริมาณ 0.5, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ กับปูอัดที่นำมาจากผู้ผลิตทางการค้า บรรจุแบบมีอากาศบนถาดโฟมคลุมด้วยพลาสติก พบว่า สามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดลงได้ 1-2 Log cycles และปริมาณรังสีเพียง 0.5 กิโลเกรย์ ก็สามารถกำจัดแบคทีเรียพวก coliforms และ *Staphylococcus aureus* ได้หมด แม้ว่าค่า Thiobarbituric acid number ในปูอัดฉายรังสี 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากปูอัดไม่ฉายรังสี แต่คะแนนคุณภาพด้านประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้จะฉายรังสีสูงถึง 1.5 กิโลเกรย์ ปริมาณรังสี 1.5 กิโลเกรย์ จึงน่าจะเพียงพอสำหรับใช้ในการลดจำนวนจุลินทรีย์และกำจัดแบคทีเรียพวก coliforms และ *Staphylococcus aureus* ที่ปนเปื้อนในปูอัดได้โดยไม่ทำให้คุณภาพด้านประสาทสัมผัสเปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ : ปูอัด รังสีแกมมา จุลินทรีย์ก่อโรค ทดสอบทางประสาทสัมผัส ความหืน

Effect of Gamma Radiation on Quality of Imitation Crab Meat

Saovapong Charoen* and Surasak Sajjabut

Research and Development Division, Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization)

16 Vibhavadi Rungsit Road, Jatujak, Bangkok, 10900 Tel. 0-2579-5230 ext. 2319 Fax. 0-2561-4075

e-mail : saovapon@oaep.go.th

Abstract

Irradiation at 0.5, 1.0 and 1.5 kGy of some commercial imitation crab meats with non-vacuum packaging reduced the total viable count by 1-2 log cycles, while coliform and *Staphylococcus aureus* were eliminated by 1.5 kGy gamma radiation. Although TBA number of 1 and 1.5 kGy irradiated samples increased significantly, but the sensory evaluation did not show any significant differences compared with the controls. Radiation dosage of 1.5 kGy appeared to be sufficient for improving bacterial quality and eliminating coliform and *Staphylococcus aureus*.

Keywords : Imitation crab , Gamma radiation , Pathogens , Sensory evaluation , Thiobarbituric acid

บทนำ

ปูอัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากเนื้อปลาที่ดัดแปลงโดยการแต่งกลิ่นและรสชาติให้คล้ายกับเนื้อปู หรือเรียกว่าเนื้อปูเทียม (imitation crab meat) เป็นสินค้าที่นิยมบริโภคมากในตลาดปัจจุบัน เนื่องจากมีราคาถูกกว่าเนื้อปูแท้หรืออาหารทะเลอื่นๆ¹⁰ แม้ว่าปูอัดจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตที่ให้ความร้อนมาแล้ว แต่ส่วนใหญ่ผู้บริโภคมักนำมารับประทานโดยไม่ผ่านการใช้ความร้อน ประกอบอาหารอีกครั้ง เช่น ในอาหารญี่ปุ่น หรือนำมาเป็นไส้แซนวิช จึงอาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากการเก็บรักษาหลังกระบวนการผลิต การขนส่งและการวางจำหน่ายได้ จากการศึกษาของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถึงการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ ได้แก่ ลูกชิ้นเนื้อ ลูกชิ้นกุ้ง ปูอัด ไส้กรอกหมู ลูกชิ้นหมู ลูกชิ้นไก่ ไส้กรอกไก่ หมูยอ และลูกชิ้นปลา จำนวนทั้งสิ้น 223 ตัวอย่าง ที่จำหน่ายในตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ตในเขตกรุงเทพมหานครและนนทบุรี พบว่าการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* 42 ตัวอย่าง (ร้อยละ 18.82) โดยพบในผลิตภัณฑ์ปูอัด 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 30.00 ของตัวอย่างปูอัด)⁶ นอกจากนี้กองระบาดวิทยารายงานว่ามีการเกิดการระบาดของเชื้อ *Escherichia coli* 3 ครั้งระหว่างปี 2538-2543³ และหนึ่งในอาหารที่เป็นสาเหตุคือ ปูอัด การระบาดและการตรวจพบเชื้อแบคทีเรียก่อโรคเหล่านี้บ่งบอได้ว่าเกิดจากกระบวนการผลิต การขนส่ง การวางขายตามสถานที่ต่าง ๆ และสุขลักษณะส่วนบุคคลของผู้ผลิต และผู้ขายไม่ดีเพียงพอ

การใช้รังสีแกมมาเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร ทำให้มีระยะเวลาการเก็บรักษาได้นานขึ้น และไม่ทำให้สภาพของอาหารเปลี่ยนไปเหมือนการถนอมอาหารอื่นๆ⁹ การฉายรังสีในเนื้อสัตว์มักใช้ปริมาณรังสีปานกลาง ซึ่งมากกว่า 1 กิโลเกรย์ขึ้นไปเพื่อให้สามารถกำจัดจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้² การฉายรังสีจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาพิจารณาทดลองกับปูอัดเช่นกัน

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพทางแบคทีเรียเคมี กายภาพและทางประสาทสัมผัสของปูอัดที่มีเครื่องหมายการค้าต่างๆ ซึ่งวางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไปในกรุงเทพมหานคร

วิธีการ

1. การศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพของปูอัดบรรจุถุง 2 แบบ

นำปูอัดแช่แข็งจากโรงงานผู้ผลิต ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบแท่ง (sticks) ขนาด 8x1.7 ซม. มาจัดเรียงในถาดโฟมขนาด 19.5x12.8 ซม. ถาดละ 15 แท่ง ให้น้ำหนักสุทธิรวมประมาณ 225 กรัม ส่วนหนึ่งนำถาดปูอัดใส่ในถุงพลาสติกปิดปากถุงให้สนิท (non vacuum) อีกส่วนหนึ่งบรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิทแบบสุญญากาศ (vacuum) แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 °ซ เพื่อให้อูอัดเปลี่ยนจากสภาพแช่แข็งเป็นสภาพแช่เย็นเป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นจึงนำมาฉายรังสีด้วยปริมาณ 0.5 ,

1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมา Gamma Beam-650 ที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ อัตราปริมาณรังสี 3.8 กิโลเกรย์ต่อชั่วโมง ค่าปริมาณรังสีสูงสุด/ต่ำสุดเท่ากับ 1.5 หลังจากนั้นเก็บรักษาปุ๋ยอัดไว้ที่อุณหภูมิ 5 °ซ พร้อมกับตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี เพื่อวิเคราะห์ผลในวันต่อมา ตัวอย่างชุดที่เก็บในถุงพลาสติกแบบปิดธรรมดา ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนตัวอย่างชุดที่เก็บในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านแบคทีเรีย เคมี กายภาพและทางด้านประสาทสัมผัส

1.1 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางแบคทีเรีย ได้แก่ Total mesophilic counts, Total psychrotrophic counts , Coliforms , *Escherichia coli* , *Staphylococcus aureus* , *Vibrio cholera* และ *Salmonella* spp. การตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวมานี้กระทำตามวิธีของ Speck 1976¹⁵

1.2 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่

- ปริมาณ Thiobarbituric acid (TBA number)โดยวิธีของ Tarladgis อ้างโดย Ockerman 1991¹³ , คำนวณ เป็น มิลลิกรัม malonaldehyde ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง
- ปริมาณ Total volatile basic nitrogen (TVBN) และ Trimethylamine (TMA) โดยวิธี Conway microdiffusion ของ SEAFDEC ,1992¹⁴ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นมิลลิกรัม (% mg)
- pH วัดจากเครื่อง pH meter ของ Fischer Scientific รุ่น Accumet 910[®] โดยใช้ตัวอย่าง 10 กรัม ปั่นกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
- ความชื้นโดยการอบที่อุณหภูมิ 105°ซ จนน้ำหนักคงที่ ตามวิธีของ AOAC⁸ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

1.3 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

- การใช้เครื่องมือวัดคุณภาพด้านสีโดยใช้เครื่องวัดสี CHROMAMETER ของ Minolta รุ่น CR-300 ทำการวัดเนื้อปุ๋ยอัดทั้งด้านสีขาวและด้านสีแดง (สีผสมอาหาร)
- การใช้เครื่องมือวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสเป็นแรงดึง (Texture Strength) ของเนื้อปุ๋ยอัดแท่ง ของ Stable Micro System LTD. ,1996 รุ่น TA-XT2 วัดค่าเป็น นิวตันต่อมิลลิเมตร (N/mm.)

1.4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผู้ทดสอบคุณภาพคือข้าราชการและเจ้าหน้าที่ของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติที่มีประสบการณ์ในการชิมจำนวน 10 คน ผู้ชิมแต่ละคนได้ทดสอบคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณภาพโดยรวมของปุ๋ยอัด โดยการชิมปุ๋ยอัดสดหลังจากเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น 1 คืนก่อนการทดสอบ การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสนี้ใช้วิธีของ Larmond, 1977¹² โดยให้คะแนนตามความชอบ

(Nine point hedonic scale) คะแนน = 9 ถึง 1 คะแนนที่ผู้ชิมชอบมากที่สุด จนถึง ชอบน้อยไล่เรียงลงมา คะแนน =5 เป็นคะแนนที่ผู้ชิมชอบและไม่ชอบเท่ากัน คะแนน =4 ถึง 1 เป็นคะแนนที่ผู้ชิมไม่ชอบน้อยสุด จนถึง ไม่ชอบมากที่สุดไล่เรียงลงมา

2. การศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพปูอัดจากผู้ผลิต 4 แห่ง

การทดลองทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่ใช้ปูอัดจากแหล่งผลิต 4 แห่งๆละ 2 ซ้ำ (รวม 8 ชุดการทดลอง) โดยแบ่งปูอัดใส่ถาดโฟมและบรรจุลงปิดพลาสติกปากถุงให้สนิท (non-vacuum) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ แล้วจึงนำมาฉายรังสีด้วยปริมาณ 0.5 , 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 °ซ พร้อมกับตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี การวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ทำเช่นเดียวกับข้อ 1

3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของคุณภาพทางเคมี กายภาพและทางด้านประสาทสัมผัส ใช้วิธีของ Larmond , 1977¹² ทำโดยหาค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีตเมนต์ แล้วทำการวิเคราะห์โดยใช้ตาราง ANOVA และเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีตเมนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธีของ Tukey

ผลการทดลอง

1. การศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพของปูอัดในถุงที่มีการบรรจุ 2 แบบ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพปูอัดจากโรงงานผู้ผลิตแห่งหนึ่ง บรรจุแบบ vacuum และ non-vacuum ทั้งที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสี ดังแสดงใน Table 1

ปูอัดที่ไม่ฉายรังสีบรรจุแบบ vacuum และ non-vacuum มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ชนิด Mesophiles เฉลี่ยเท่ากับ 47.5 และ 21.7 โคโลนีต่อกรัมตามลำดับ ส่วนปูอัดที่ฉายรังสีทุก ทรีตเมนต์ พบว่ามีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด < 10 โคโลนีต่อกรัม แบคทีเรียพวก Coliforms, *Escherichia coli* , *Staphylococcus aureus* , *Vibrio cholera* , *Lactobacillus* spp. และ *Salmonella* spp. ตรวจไม่พบทั้งในตัวอย่างบรรจุทั้ง 2 แบบ ที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสี

คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ Total volatile base nitrogen (TVBN), Trimethylamine (TMA) , ปริมาณ Thiobarbituric acid number (TBA number) , ความชื้น, pH , Texture strength และ สี (วัดจากเครื่องมือ) ของปูอัดทุกทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ความเป็นกรดด่าง (pH) และ ความชื้นมีผลต่อเนื้อสัมผัสของปูอัด ค่า pH ที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 6.5-7.0 ส่วนความชื้นควรมีประมาณ 72-78% จึงจะทำให้ปูอัดมีความเหนียวพอดี¹ การวัด Texture strength บนแท่งปูอัดเป็นการวัดแรงกดสูงสุดบนผิวของปูอัดที่เริ่มทำให้เนื้อปูอัดแบบแท่งขาดออกจากกันจนถึงเนื้อปูอัดขาดออกจาก

กันอย่างสมบูรณ์ จะเห็นว่าแรงนี้ใช้เปรียบเทียบได้ว่าเนื้อปูมีเนื้อสัมผัสที่แข็งแรง ยืดหยุ่น มีความเหนียวหรือยุ่ย มากน้อยเพียงใด ซึ่งการฉายรังสีไม่ได้มีผลทำให้เนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณรังสีที่ใช้ อย่างมีนัยสำคัญ อนึ่งไข่ขาวซึ่งเป็นส่วนผสมในปูอัดเป็นส่วนที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาว มันวาว แต่ก็มีส่วนทำให้ความยืดหยุ่นลดลง แต่การใช้ความร้อนในกระบวนการผลิตก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นดีขึ้นแทน⁴

การฉายรังสีสูงขึ้นไปถึง 1.5 กิโลเกรย์ ก็ไม่ได้ทำให้คุณภาพที่วิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพของปูอัดบรรจุทั้งแบบ vacuum และ non-vacuum มีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คะแนนจากผู้ทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณภาพรวมทุกทริตเมนต์มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 6.85 - 7.63 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เป็นที่ยอมรับทั้งปูอัดที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสีบรรจุทั้งแบบ vacuum และ non-vacuum โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. การศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพของปูอัดจาก 4 แหล่งผลิตบรรจุแบบ

non-vacuum

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ เคมีและกายภาพของปูอัดจาก 4 แหล่งผลิต บรรจุแบบ non-vacuum ฉายรังสีและไม่ฉายรังสี ดังแสดงใน Table 2

ปูอัดจาก 4 แหล่งผลิตไม่ฉายรังสี มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดชนิด Mesophiles และ Psychrophiles อยู่ในช่วง <10-1750 และ <10-110 โคโลนีต่อกรัมตามลำดับ เชื้อแบคทีเรีย Coliforms และ *Staphylococcus aureus* พบในปริมาณน้อย โดยมีจำนวนไม่เกิน 9.3 และ 0.3 ต่อกรัม (MPN) ตามลำดับ เมื่อฉายรังสี 0.5 , 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ ทำให้แบคทีเรียทั้งหมดลดลง 1-2 Log cycles และปริมาณรังสีเพียง 0.5 กิโลเกรย์ ก็สามารถกำจัดแบคทีเรียพวก coliforms และ *Staphylococcus aureus* ได้หมด

คุณภาพทางเคมีได้แก่ Total volatile base nitrogen , ความชื้น และ pH ของปูอัดจาก 4 แหล่งผลิตฉายรังสีและไม่ฉายรังสี อยู่ในช่วง 4.48 %มิลลิกรัม, 71.72-71.87 % และ 6.84-7.03 ตามลำดับ ซึ่งคุณภาพทางเคมีดังกล่าวนี้ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการฉายรังสีและไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญ ไม่สามารถวิเคราะห์ปริมาณ Trimethylamine ในทุกตัวอย่าง (Non-detectable) เนื่องจากมีปริมาณน้อยเกินไป ปริมาณ TBA number ของปูอัดฉายรังสี 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ มีค่า 0.19, 0.27, 0.45 และ 0.70 มก.malonaldehyde ต่อ กก.ตามลำดับ ซึ่งการฉายรังสี 1 และ 1.5 กิโลเกรย์ ทำให้ TBA number มีค่าสูงขึ้นต่างจากปูอัดไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองวิเคราะห์ TBA number ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ฉายรังสีอื่นๆเช่น ลูกชิ้นเนื้อวัว ฉายรังสีประมาณ 1 และ 2 กิโลเกรย์⁵ ซึ่งมีค่าTBA numberสูงกว่าผลิตภัณฑ์ไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญ

เช่นกัน แต่ปริมาณ TBA number ของปุ๊อดก็ไม่ได้สูงจนทำให้สามารถสังเกตกลิ่นหืนจากการออกซิเดชันของไขมันได้ เนื่องจากปุ๊อดเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา จึงมีปริมาณไขมันน้อยอยู่แล้ว

คุณภาพด้านประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณภาพรวม อยู่ในเกณฑ์เป็นที่ยอมรับทั้งปุ๊อดที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสี โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ คะแนนความชอบปุ๊อดทุกทรีตเมนต์ ซึ่งเป็นคะแนนความชอบปานกลางเกือบถึงชอบมาก (ช่วงคะแนน 7.30 – 7.83)

บทวิจารณ์

ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาทดลอง ปุ๊อดจากโรงงานผู้ผลิตที่มีเครื่องหมายการค้ากำกับ และวางจำหน่ายทั่วไปในซูเปอร์มาร์เก็ต ส่วนใหญ่มักทำในรูปของปุ๊อดแช่แข็ง ส่วนปุ๊อดแช่เย็นเป็นสินค้าจากผู้ผลิตรายย่อยที่นำปุ๊อดแช่แข็งมาบรรจุใหม่ แล้ววางจำหน่ายปลีกเพื่อขายวันต่อวัน จึงไม่สมควรนำมาใช้ทำการทดลอง เพราะสุขอนามัยระหว่างกระบวนการบรรจุอาจไม่ดีพอแตกต่างกันไป และมีจำนวนไม่เพียงพอต่อการทดลอง จึงใช้ตัวอย่างจากโรงงานผู้ผลิตโดยตรงมาทำการทดลอง แต่เนื่องจากปุ๊อดจากโรงงานผู้ผลิตเก็บในสภาพแช่แข็งนี้ มีปริมาณจุลินทรีย์ค่อนข้างต่ำ จึงได้ทดลองเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิแช่เย็น 5°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เท่ากับหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิของตู้แช่เย็นที่วางจำหน่ายอาหารสดในซูเปอร์มาร์เก็ต ก่อนที่จะนำตัวอย่างมาฉายรังสีปริมาณต่างๆเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพกัน ดังการทดลองที่ 1 และ 2 ปุ๊อดแช่เย็นที่ไม่ได้ฉายรังสีในการทดลองที่ 1 มีปริมาณแบคทีเรียค่อนข้างต่ำ และไม่พบแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคทั้งในปุ๊อดฉายรังสีและไม่ฉายรังสีที่บรรจุทั้งแบบ vacuum และ non-vacuum ทั้งนี้เนื่องจากปุ๊อดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านกระบวนการที่ให้ความร้อนมาก่อน ทำให้ลดจุลินทรีย์ปนเปื้อนได้ระดับหนึ่ง และการแช่แข็งก็เป็นการช่วยถนอมอาหารได้อีกส่วนหนึ่ง แม้ว่าการฉายรังสีไม่มีผลต่อคุณภาพของปุ๊อดที่บรรจุทั้งแบบ vacuum และ non-vacuum แต่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและคุณภาพรวมต่อปุ๊อดฉายรังสีที่บรรจุแบบ non-vacuum มากกว่าปุ๊อดฉายรังสีที่บรรจุแบบ vacuum จึงได้ทำการทดลองที่ 2 เพิ่มเติมกับปุ๊อดจากผู้ผลิตอื่นอีก 4 รายโดยบรรจุแบบ non-vacuum

อนึ่งโรงงานผู้ผลิตปุ๊อดแช่แข็งส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นผู้ผลิตปลาสดปรุงรส (ซูริมิ) เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการทำปุ๊อดเอง แต่จัดซื้อจากผู้ผลิตอื่น ซึ่งไม่เป็นที่เปิดเผยว่ามีส่วนผสมของสารกันเสียหรือไม่ หรือมีมากน้อยเพียงใด จึงทำให้สามารถเก็บรักษาด้วยการแช่แข็งไว้ได้นานมากกว่า 1 ปีขึ้นไป และแม้ว่าหลังจากวันที่ทำการผลิต จะนำปุ๊อดมาเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็นนานถึง 2 สัปดาห์ ปุ๊อดแช่เย็นที่ไม่ได้ฉายรังสีในการทดลองที่ 1 ก็ยังคงมีปริมาณแบคทีเรียไม่สูงนัก อย่างไรก็ตาม ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในปุ๊อดไม่ฉายรังสีในการทดลองที่ 2 พบว่าสูงเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม⁷ (สูงกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม) และยังพบเชื้อแบคทีเรีย coliforms

และ *Staphylococcus aureus* ปนเปื้อนอยู่ แสดงว่ายังมีผลิตภัณฑ์ปูอัดบางส่วนยังไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทางจุลินทรีย์ อีกทั้งยังมีรายงานวิจัยของต่างประเทศพบว่าแม้ว่าปูอัดจะมีเชื้อจุลินทรีย์เริ่มแรกต่ำ ประมาณ $10^2 - 10^3$ โคโลนีต่อกรัม แต่ถ้าเก็บรักษาในอุณหภูมิตั้งแต่ 5°C ขึ้นไป จุลินทรีย์ทั้งหมดในปูอัดจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานภายใน 2 สัปดาห์¹¹ ฉะนั้นการลดจุลินทรีย์ด้วยการฉายรังสีจึงเป็นกรรมวิธีหนึ่งที่จะป้องกันไม่ให้เกิดการแพร่กระจายหรือเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ก่อโรค หลังการเก็บระยะเวลาขึ้นที่อุณหภูมิเย็นโดยไม่ต้องใช้สารกันเสีย

สรุปผลการทดลอง

ผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพปูอัดแช่เย็นบรรจุแบบปิดสนิทธรรมดาและแบบสุญญากาศไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากปูอัดไม่ฉายรังสี

การฉายรังสี 0.5 , 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ สามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในปูอัดแช่เย็นลงได้ 1-2 Log cycles และปริมาณรังสีเพียง 0.5 กิโลเกรย์ สามารถกำจัดแบคทีเรียพวก coliforms และ *Staphylococcus aureus* ได้หมด ปูอัดฉายรังสียังคงมีคุณภาพดีทั้งด้านแบคทีเรีย เคมี และ ภายนอก โดยคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของปูอัดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากปูอัดที่ไม่ฉายรังสีแม้จะฉายรังสีสูงถึงปริมาณ 1.5 กิโลเกรย์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านกวีชัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ กรมประมง ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส และบริษัท Lucky Unions ที่เอื้อเพื่อผลิตภัณฑ์ปูอัด

เอกสารอ้างอิง

1. วรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร (2533) ชูริมิ ผลิตภัณฑ์ที่น่าจับตามอง วารสารอุตสาหกรรมเกษตร 1(1): 20-26.
2. วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, รายงานวิชาการประจำปี 2533 (พ.ศ.-1-149) เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพทางแบคทีเรียของแฮมด้วยรังสีแกมมา, กรุงเทพมหานคร, 2533.
3. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2547. ปัญหาสภาพความเสี่ยงในห่วงโซ่อาหารด้านผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โครงการวิเคราะห์ปัญหาสภาพความเสี่ยงในห่วงโซ่อาหารที่มีต่อผู้บริโภค. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. น. 12 - 13.
4. สุภรัตน์ ชวนะ (2529) “ชูริมิ” กับผลิตภัณฑ์อาหารทะเลเทียม วารสารอาหาร 16(2) :76-84 .

5. เสาวพงศ์ เจริญและโกวิท นุชประมูล (2539) การใช้รังสีแกมมาเพื่อยืดอายุการเก็บและ ปรับปรุงคุณภาพทางแบคทีเรียของลูกชิ้นเนื้อวัว การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ครั้งที่ 6 . 14 หน้า.
6. อรุณ ปางตระกูลนนท์, ศรีรัตน์ พรเรืองวงศ์ และ สุมาลี บุญมา การสำรวจ *Salmonella* ผลิตภัณฑ์เนื้อชนิดที่จำหน่ายในตลาดสดและซูเปอร์มาร์เก็ต การประชุมวิชาการประจำปี กระทรวงสาธารณสุขครั้งที่ 6, 24 - 26 มิถุนายน 2541.
7. อุตสาหกรรม, กระทรวง (2548) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ปูอัด มพช. 727/2548. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 6 หน้า.
8. A.O.A.C. (1984) Official Methods of Analysis. 14th ed., The Association of Official Analytical Chemist, Virginia. U.S.A.
9. Diehl, J.F. (1990) Safety of irradiated foods. Mercel Dekker, Inc. U.S.A.
10. <http://www.jeducation.com/THAI/nippon/story11/story11.html>
11. In Hee Yoon, Jack R. Matches and Barbara Rasco. Microbiological and chemical changes of surimi-based imitation crab during storage. J. Food Science 53(5) : 1343-1346.
12. Larmond, E. (1977) Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Foods, p.32-37. Agriculture Canada Publication 1637/E. Minister of Supply and Services Canada, Canada.
13. Ockerman H.W. (1991) Source Book for the Scientist. The AVI Publishing Co. Inc. Connecticut, U.S.A. p.496-497.
14. Southeast Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC). (1992) Determination of Trimethylamine (TMA-N) , Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) by Conway's Microdiffusion Method. B3.1 - B3.7 , 2nd Edition, Marine Fisheries Research Department Singapore.
15. Speck, M.L. (1976) Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, American Public Health Association, Inc. U.S.A. p. 107-328.

Table 1 Effect of gamma radiation on bacterial, chemical and physical quality of imitation crab meat in 2 types of packaging.

Analysis (Unit)	Vacuum packed (2 replications)				Non-vacuum packed (3 replications)			
	Doses (kGy)				Doses (kGy)			
	0	0.5	1.0	1.5	0	0.5	1.0	1.5
BACTERIAL QUALITY								
Mesophiles (CFU/g)	47.5	<10	<10	<10	21.7	<10	<10	<10
Psychrotrophs (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
<i>Lactobacillus</i> spp. (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Coliforms (MPN /g)	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
<i>Escherichia coli</i> (MPN /g)	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
<i>S. aureus</i> (MPN /g)	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
<i>Vibrio cholerae</i> (MPN /g)	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
<i>Salmonella</i> spp.	Abs.	Abs.	Abs.	Abs.	Abs.	Abs.	Abs.	Abs.
CHEMICAL QUALITY								
TBA number (mg/kg sample) ^{ns}	0.18	0.18	0.28	0.34	0.27	0.37	0.38	0.46
TVBN (% mg) ^{ns}	4.48	4.48	4.48	4.48	4.77	4.77	4.77	4.77
TMA (% mg)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Moisture content (%) ^{ns}	70.9	72.2	71.3	70.9	70.7	70.8	71.3	71.1
pH ^{ns}	6.64	6.73	6.76	6.80	6.81	6.78	6.78	6.78
PHYSICAL QUALITY								
Texture strength (N/mm) ^{ns}	1.32	1.22	1.26	1.09	1.91	1.99	1.91	1.83
Color Hunter ,L (on white side) ^{ns}	71.8	72.4	72.7	73.7	70.9	70.7	69.5	69.0
Color Hunter ,a (on white side) ^{ns}	-1.20	-1.33	-1.50	-1.58	-1.13	-1.29	-1.18	-1.14
Color Hunter , b (on white side) ^{ns}	5.54	5.28	5.26	5.36	4.86	4.55	4.32	4.34
Color Hunter , L (on red side) ^{ns}	44.2	43.7	45.2	46.0	45.0	43.6	43.4	43.8
Color Hunter , a (on red side) ^{ns}	32.76	34.38	33.03	32.70	29.72	30.73	30.32	30.32
Color Hunter , b (on red side) ^{ns}	13.31	13.84	13.49	13.31	18.25	17.93	17.99	18.00
SENSORY QUALITY[#]								
Color ^{ns}	7.45	7.50	7.55	7.40	7.37	7.40	7.47	7.30
Odor ^{ns}	7.05	7.15	6.95	6.85	7.23	7.47	7.47	7.57
Taste ^{ns}	7.30	7.45	7.10	6.95	7.43	7.53	7.63	7.63
Texture ^{ns}	6.95	7.15	7.10	6.70	7.27	7.37	7.47	7.60
Overall appearance ^{ns}	7.00	7.35	7.25	7.00	7.37	7.43	7.53	7.57

N.D. Non-detectable

Abs. Absent in 25 g of sample

ns Statistical analysis of all treatments in each package are not significantly different ($p>0.05$)

Score 6-9 = Like Score 5 = Like and/or dislike Score 1-4 = Dislike

Table 2 Effect of gamma radiation on bacterial , physical and chemical quality of 4 brand names of imitation crab meat in non-vacuum packaging.

Analysis (Unit) (2 replications per brand name = 8 lots)	Doses (kGy)			
	0	0.5	1.0	1.5
<u>BACTERIAL QUALITY</u> [#]				
Mesophiles (CFU /g)	<10 - 1750	<10 -110	<10 - 10	<10
Psychrotrophs (CFU /g)	<10 - 58000	<10 - 4450	<10 - 410	<10 - 30
<i>Lactobacillus</i> spp. (CFU /g)	< 10	< 10	<10	< 10
Coliforms (MPN /g)	N.D. - 9.3	N.D.	N.D.	N.D.
<i>Escherichia coli</i> (MPN /g)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
<i>Staphylococcus aureus</i> (MPN /g)	N.D.- 0.3	N.D.	N.D.	N.D.
<i>Vibrio cholerae</i> (MPN /g)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
<i>Salmonella</i> spp. (in 25 g sample)	Absent	Absent	Absent	Absent
<u>CHEMICAL QUALITY</u> ^{##}				
TBA acid number (mg/kg sample)	0.19 ^x	0.27 ^{xy}	0.4 ^y	0.70 ^y
Total volatile base nitrogen (% mg TVBN) ^{ns}	4.48	4.48	4.48	4.48
Trimethylamine (% mg TMA)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Moisture content (%) ^{ns}	71.76	71.79	71.72	71.87
pH ^{ns}	6.84	7.03	6.95	6.98
<u>PHYSICAL QUALITY</u> ^{###}				
Color Hunter , L (on white side) ^{ns}	74.41	73.29	73.01	73.45
Color Hunter , a (on white side) ^{ns}	-1.51	-1.61	-1.59	-1.57
Color Hunter , b (on white side)	7.11 ^y	6.86 ^{xy}	6.77 ^x	6.84 ^{xy}
Color Hunter , L (on red side) ^{ns}	47.60	47.55	47.86	47.83
Color Hunter , a (on red side) ^{ns}	32.84	32.05	31.55	32.38
Color Hunter , b (on red side) ^{ns}	19.28	19.10	19.02	19.15
<u>SENSORY QUALITY</u> (10 panelists) ^{####}				
Color ^{ns}	7.74	7.85	7.83	7.81
Odor ^{ns}	7.46	7.60	7.56	7.54
Taste ^{ns}	7.53	7.59	7.61	7.48
Texture ^{ns}	7.39	7.33	7.41	7.30
Overall appearance ^{ns}	7.49	7.51	7.54	7.41

N.D. Non-detectable

Range amounts of 8 lots

Mean value of 8 lots

Score 6-9 = Like Score 5 = Like and/or dislike Score 1-4 = Dislike

ns Statistical analysis in the same row is not significantly different

x,y Means with a common superscript are not significantly different (p>0.05)