TH9900006

TH9900006

ผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อวัวสดบด

เสาวพงศ์ เจริญ และ โกวิทย์ นุชประมูล

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ถนนวิภาวดีรังสิต เขตจตุจักร กทม ฯ 10900

โทรศัพท์ 5795230 โทรสาร 5613013

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาผลของรังสีแกมมาปริมาณ 2 และ 3 กิโลเกรย์ ที่มีต่อคุณภาพทางแบคทีเรีย เคมี และประสาทสัมผัสของเนื้อวัวสดบดเปรียบเทียบกับเนื้อวัวสดบดที่ไม่ได้ฉายรังสี การตรวจการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนแบคทีเรียชนิดต่างๆ ความเป็นกรด-ด่าง การออกซิเดชันของไขมัน (ค่า TBA number) และคุณภาพทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง ได้กระทำในวันรุ่งขึ้นหลังจากการฉายรังสี และเก็บที่อุณหภูมิ 3°ซ

ผลการทดลองพบว่าการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 2 และ 3 กิโลเกรย์ ช่วยลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดลง 1-2 และ 1-3 log cycles ตามลำดับ โดยที่จำนวน *Lactobacillus* spp. ก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การฉายรังสีปริมาณ 2 กิโลเกรย์ สามารถทำลายเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ที่มีอยู่ได้หมด ตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. ในตัวอย่างทั้งที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสี ค่า TBA number ของเนื้อวัวบดฉายรังสีเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในขณะที่ pH มีค่าลดลง

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและกลิ่นของเนื้อวัวสดบดที่ฉายรังสี และการทดสอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของเนื้อวัวบดที่ฉายรังสีแล้วทอด ไม่พบว่าให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี และอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับ ปริมาณรังสี 2 กิโลเกรย์จึงเพียงพอที่ใช้ในการฉายรังสีเพื่อปรับปรุงคุณภาพทางแบคทีเรียของเนื้อวัวสดบด

Effect of Gamma Radiation on Quality Changes of Fresh Ground Beef

Saovapong Charoen and Kovit Nouchpramool

Biological Science Division, Office of Atomic Energy for Peace, Chatuchak, Bangkok 10900

Tel.5795230 Fax.5613013

ABSTRACT

The effects of gamma irradiation at doses of 2 and 3 kGy on bacteriological, chemical and sensory quality of fresh ground beef were investigated and compared with non-irradiated controls. Changes in bacterial counts, pH, lipid oxidation (TBA number) and sensory quality of those samples were determined on the next day after irradiation and storage at 3°C.

The results indicated that irradiation at 2 and 3 kGy reduced total aerobic bacteria counts by 1-2 และ 1-3 log cycles, respectively. *Lactobacillus* spp. was also decreased significantly. Irradiation at 2 kGy eliminated *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Salmonella* spp. was not detected in both non-irradiated and irradiated samples. TBA number of irradiated fresh ground beef ball was significantly increased whereas pH values tended to be decreased.

The sensory test showed that color and odour scores of fresh irradiated samples and colour, odour, flavour and texture of fried irradiated samples were not significantly changed from those of non-irradiated controls and were accepted by the panelists. Dosage at 2 kGy appeared to be sufficient for improvement of bacterial quality of fresh ground beef.

บทนำ

เนื้อวัวสดบดเป็นอาหารประเภทเนื้อสัตว์ที่จัดว่ามีคุณค่าทางอาหารด้านโปรตีนสูง แต่เป็นอาหารที่เน่าเสียง่ายเก็บรักษาได้ไม่นานเนื่องจากมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่มาก ปกติเนื้อวัวชำแหละเป็นส่วนๆ มีจุลินทรีย์หลายชนิดที่ปนเปื้อนในระหว่างการฆ่าและชำแหละ แต่จุลินทรีย์เหล่านั้นปะปนอยู่มากเฉพาะบริเวณผิวของชิ้นเนื้อ เมื่อเนื้อวัวถูกนำมาบดเพื่อจัดจำหน่ายให้ผู้บริโภคสะดวกในการนำไปปรุงอาหาร จึงมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนภายในชิ้นเนื้อมากขึ้นในระหว่างที่ผ่านเข้าเครื่องมือเครื่องใช้ในการบด การบรรจุและการวางจำหน่าย จุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นสาเหตุให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหารหรืออาการอาหารเป็นพิษได้

เมื่อปี ค.ศ.1993 ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามีคนจำนวนมากป่วยเนื่องจากบริโภคแฮมเบอเกอร์ซึ่งปรุงไม่สุก โดยภายหลังตรวจพบเชื้อ *E. coli* O157:H7 ในเนื้อบดที่ใช้ประกอบอาหารนั้น (Mermelstein, 1993) ในประเทศไทยจากการสำรวจเนื้อวัวชำแหละที่วางจำหน่ายตามตลาดสดในกรุงเทพมหานคร จำนวน 109 ตัวอย่าง พบว่ามีเชื้อ *Staphylococcus aureus* ทุกตัวอย่าง ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้สามารถผลิต entrotoxin ที่เป็นสาเหตุให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษได้ (จริยา, 2424)

การฉายรังสีแกมมา เป็นวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารหลายประเภท รวมทั้งในอาหารประเภทเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ (Clavero et al., 1981; Fu et al., 1995; Thayer et al. 1985) ประเทศไทยจัดอาหารฉายรังสีเป็นอาหารที่มีหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 103 (พ.ศ. 2529) โดยที่อาหารประเภทเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ เช่น ไก่ แหนม หมูยอ ได้รับอนุญาตให้ฉายรังสี เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและยืดอายุการเก็บรักษา

เนื้อวัวสดบดที่วางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เกต มักบรรจุบนถาดโฟมหรือถาดพลาสติกปิดคลุมด้วยพลาสติกใสและวางจำหน่ายในตู้แช่เย็นแบบเปิดควบคุมอุณหภูมิประมาณ 3-8 องศาเซลเซียส ซึ่งยังไม่มีรายงานการสำรวจจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเนื้อวัวบดแบบนี้ จึงได้เริ่มงานวิจัยนี้ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจชนิดและปริมาณแบคทีเรียที่มีในเนื้อวัวบดวางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เกต และศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อปริมาณแบคทีเรียชนิดต่างๆ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และประสาทสัมผัส เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพทางจุลินทรีย์ และลดการเสี่ยงต่อการเกิดโรคระบบทางเดินอาหารจากการบริโภคเนื้อวัวบด

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมตัวอย่างเนื้อวัวสดบด

ตัวอย่างที่ใช้เป็นเนื้อวัวสดบดที่บรรจุบนถาดโฟมมีพลาสติกใสหุ้ม วางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เกต นำมาใส่ในขวดแก้วทรงกระบอกขนาด 500 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วขวดละ 300 กรัม แล้วนำไปฉายรังสีแกมมาด้วยเครื่อง Gamma Cell 220 ให้ได้รับปริมาณรังสี 2 และ 3 กิโลเกรย์ จากนั้นนำมาเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 3 °ซ เนื้อวัวสดทั้งหมดถูกบดในวันเดียวกับวันที่นำมาฉายรังสี ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางแบคทีเรีย เคมี และประสาทสัมผัสของตัวอย่างทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสีในวันรุ่งขึ้นหลังจากการฉายรังสี ทำการทดลองรวม 11 ครั้งรวมตรวจวิเคราะห์ 39 ตัวอย่าง

2.2 การตรวจวิเคราะห์ทางแบคทีเรีย

ชนิดของแบคทีเรียที่ตรวจคือจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อ coliform, *Escherichia coli*, *Lactobacillus* spp.,*Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp.การตรวจใช้วิธีของ Speck (1976)

การบ่มเชื้อ Mesophiles ทำในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 °ซ และการบ่มเชื้อ Psychrotropes ทำในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 17 °ซ

การตรวจ *Pseudomonas* spp. ทำโดยนับจำนวนโคโลนีบนจาน PIA agar หลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 20 °ซ

2.3 การตรวจวิเคราะห์ทางเคมี

ทำการวิเคราะห์ปริมาณ Thiobarbituric acid โดยใช้วิธีของ Vyncke (1975) และวัดค่า pH ด้วยวิธี AOAC (1984)

2.4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผู้ทดสอบคุณภาพคือข้าราชการและเจ้าหน้าที่ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติที่มีประสบการณ์ในการชิมจำนวน 10 คน ผู้ชิมต้องทดสอบคุณภาพด้านสีและกลิ่นของเนื้อวัวสดบดดิบ และทดสอบคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของเนื้อวัวสดบดที่ผ่านการทอดเป็นเวลา 4 นาที ทั้งตัวอย่างที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสี โดยการให้คะแนนตามความชอบมากน้อยลดหลั่นกันลงมาเช่น คะแนน 9 -6 = ชอบมากที่สุดถึงชอบเล็กน้อย

คะแนน 5 = ชอบ/ไม่ชอบก้ำกึ่งกัน

คะแนน 4-1 = ไม่ชอบเล็กน้อยถึงไม่ชอบมากที่สุด

วิธีการทดสอบและการวิเคราะห์คะแนนแบบ ANOVA ใช้วิธีของ Larmond (1977)

ผลการศึกษาวิจัย

ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของเนื้อวัวสดบด

ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพทางแบคทีเรียของเนื้อวัวสดบด แสดงไว้ในตารางที่ 1 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่เจริญได้ในเนื้อวัวสดบดและไม่ฉายรังสีอยู่ในช่วง $1.30x10^6$ - $3.00x10^7$ โคโลนีต่อกรัม หรือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1.19x10^7$ โคโลนีต่อกรัม โดยที่จำนวนแบคทีเรีย Psychrotropes มีปริมาณมากกว่าแบคทีเรีย Mesophiles ไม่เกิน 1 log cycle

การฉายรังสีปริมาณ 2 กิโลเกรย์ทำให้จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดลดลง 1-2 log cycles คืออยู่ในช่วง $6.60x10^4$- $2.00x10^6$ โคโลนีต่อกรัม หรือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $6.21x10^5$ โคโลนีต่อกรัม

การฉายรังสีปริมาณ 3 กิโลเกรย์ทำให้จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดลดลง 2-3 log cycles คืออยู่ในช่วง $1.20x10^3$- $1.10x10^6$ โคโลนีต่อกรัม หรือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2.51x10^5$ โคโลนีต่อกรัม

ปริมาณ *Lactobacillus* spp. และ *Pseudomonas* spp. ในเนื้อวัวสดบดไม่ฉายรังสี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $3.50x10^6$ และ $8.14x10^4$ โคโลนีต่อกรัมตามลำดับ การฉายรังสีปริมาณ 2 และ 3 กิโลเกรย์ทำให้จำนวน *Lactobacillus* spp. ลดลง 3 และ 4 log cycles ตามลำดับ และทำให้จำนวน *Pseudomonas* spp. ลดลง 3 log cycles

การฉายรังสีทำให้จำนวนแบคทีเรียชนิดต่างๆลดลงตามปริมาณของรังสี โดยปริมาณรังสี 2 กิโลเกรย์สามารถทำลายเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ได้หมด ส่วนการฉายรังสี 3 กิโลเกรย์สามารถทำลายเชื้อ Coliforms, *Escherichia coli* , *Staphylococcus aureus* และ *Pseudomonas* spp. ได้หมด ผลการตรวจตัวอย่างทั้งฉายและไม่ฉายรังสีจำนวน 39 ตัวอย่าง ปรากฏว่าไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp.

ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพด้านเคมีของเนื้อวัวสดบด

รูปที่ 1 แสดงผลของรังสีแกมมาที่มีต่อค่า TBA number และ pH ของเนื้อวัวสดบด การฉายรังสี 2 และ 3 กิโลเกรย์ ทำให้ค่า TBA number ของเนื้อวัวสดบดสูงขึ้นตามปริมาณของรังสี และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากเนื้อวัวสดบดที่ไม่ฉายรังสี ส่วนค่า pH ของเนื้อวัวสดบดฉายรังสี 2 และ 3 กิโลเกรย์ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามปริมาณรังสี 2 กิโลเกรย์ ไม่ทำให้ค่า TBA number และ pH ของเนื้อวัวสดบดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการฉายรังสีที่ 3 กิโลเกรย์

ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเนื้อวัวสดบด

ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของเนื้อวัวสดบด แสดงไว้ในตารางที่ 2 คะแนนความชอบด้านสีและกลิ่นของเนื้อวัวสดบดดิบที่ฉายรังสี และคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสของเนื้อวัวสดบดฉายรังสีและทอดแล้ว ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีและอยู่ในเกณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้ชิม

บทวิจารณ์และสรุปผล

เนื้อวัวสดบดบรรจุบนถาดโฟมมีพลาสติกใสคลุมที่วางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เกต ถูกนำมาทดลองฉายรังสี เพื่อดูผลของรังสีต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์ เคมี และประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับเนื้อวัวสดบดที่ไม่ได้ฉายรังสี จำนวนแบคทีเรียที่ตรวจพบในเนื้อวัวสดบดที่วางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เกต โดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.19×10^7 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเป็นจำนวนที่ใกล้เคียงกับที่ Tiwari และ Maxcy (1971) ตรวจพบในเนื้อวัวสดบดที่วางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เกตบางแห่งในประเทศอเมริกา อนึ่งยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ของเนื้อวัวสดบดที่แน่นอน U.S. FDA (1984) แนะนำว่าเนื้อสดควรมีจุลินทรีย์ไม่เกิน 2×10^6 - 5×10^6 โคโลนีต่อกรัม และจากการที่ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ (2524) ได้รวบรวมมาตรฐานอาหารชนิดต่างๆ รวมถึงเนื้อสด โดยได้ยกตัวอย่างมาตรฐานเนื้อบดให้มีจุลินทรีย์ได้ไม่เกิน 2.5×10^5 - 10^7 โคโลนีต่อกรัม

เนื่องจากยังไม่มีการสรุปแน่ชัดว่าปริมาณจุลินทรีย์เท่าใดในเนื้อวัวสด ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียหรือก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค แต่ปริมาณจุลินทรีย์มากน้อยจะเป็นตัวชี้ถึงคุณภาพของเนื้อวัวสดนั้นผ่านขั้นตอนการสุขาภิบาลดีเพียงใด ถึงแม้ว่าเนื้อวัวสดบดที่นำมาทดลองครั้งนี้ จะมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดค่อนข้างสูง แต่คุณภาพด้านประสาทสัมผัสยังอยู่ในเกณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การฉายรังสีด้วยปริมาณ 2 กิโลเกรย์ สามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดลงได้ 1-2 log cycles และทำลายเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ได้หมด ส่วนเชื้อ *Salmonella* spp. นั้นตรวจไม่พบทั้งในตัวอย่างฉายรังสีและไม่ฉายรังสี

การฉายรังสีด้วยปริมาณ 2 กิโลเกรย์ สามารถลดปริมาณ *Lactobacillus* spp. และ *Pseudomonas* spp. ได้ถึง 3 log cycles โดยทำให้ *Pseudomonas* spp. ลดลงจนมีปริมาณที่ต่ำมาก ซึ่งปริมาณแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดนี้ นอกจากจะมีผลต่อการเน่าเสียของเนื้อสดแล้ว ยังมีผลต่อคุณภาพด้านกลิ่นและการเกิดเมือกในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เมื่อต้องเก็บรักษาเนื้อสัตว์นั้นไว้เป็นเวลานานๆ (Stuzt et al., 1991 และ วิลาวัลย์, 2537)

การออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์ นิยมตรวจวิเคราะห์โดยวิธีการหาค่า TBA number หรือในรูปของปริมาณ malonaldehyde ต่อน้ำหนักอาหาร การฉายรังสีทำให้ค่า TBA number ของเนื้อวัวบดมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามปริมาณของรังสีที่มากขึ้น แต่ก็ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการฉายรังสี 2 และ 3 กิโลเกรย์ การทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองฉายรังสีลูกชิ้นเนื้อวัว (เสาวพงศ์ , 2539) และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อื่นๆ (Luchsinger et al., 1996) ทั้งนี้อาจเนื่องจากอนุมูลอิสระจากการฉายรังสีที่ปริมาณสูงกว่ามีมากกว่า ทำให้ปฏิกริยาออกซิเดชันของไขมันสูงขึ้น

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าเนื้อวัวสดบดทั้งที่ฉายรังสี และไม่ฉายรังสี มีค่า TBA number สูง 1.6 - 2.5 มิลลิกรัม malonaldehyde ต่อกิโลกรัม เนื่องจากเนื้อวัวบดอยู่ในสภาพการบรรจุแบบมีอากาศผ่านได้จึงเอื้ออำนวยต่อปฏิกริยาการเกิดออกซิเดชัน ถึงแม้ว่าค่า TBA number ของเนื้อวัวบดจะมีค่าสูงกว่า 1.0 ซึ่งเป็นระดับที่ผู้ชิมพบว่าเนื้อวัวดิบเริ่มมีกลิ่นหืน (Mattison, 1986) แต่จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของตัวอย่างทั้งหมดก็ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ Sudarmadji และUrbain (1972) รายงานว่า ปริมาณรังสี 2.5 กิโลเกรย์เป็นระดับของปริมาณรังสี (threshold) ที่ผู้ชิมสามารถบอกได้ว่าเป็นกลิ่นรสของเนื้อวัวที่ผ่านการฉายรังสีแล้ว จากการทดลองครั้งนี้ฉายรังสีถึง 3 กิโลเกรย์ ผู้ชิมยังไม่สามารถบอกความแตกต่างของกลิ่นรสของเนื้อวัวบดได้ทั้งในสภาพดิบและผ่านการให้ความร้อนโดยการทอดมาแล้ว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะคุณภาพเริ่มแรกของเนื้อวัวบด หรือความคุ้นเคยในการรับประทานเนื้อวัวของผู้ชิมที่แตกต่างกัน

จากการทดลองครั้งนี้จึงพอสรุปได้ว่า ปริมาณรังสี 2 กิโลเกรย์ เพียงพอที่จะใช้ปรับปรุงคุณภาพทางแบคทีเรียของเนื้อวัวสดบด โดยลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดลงได้ 1-2 log cycles และสามารถทำลายเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ได้หมด โดยที่คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสยังเป็นที่ยอมรับ

กิตติกรรมประกาศ

งานศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีจากกองการวัดกัมมันตภาพรังสี ที่ได้ให้บริการวัดปริมาณรังสีเพื่อทำ mapping และ process control ผู้เขียนขอขอบคุณข้าราชการ และเจ้าหน้าที่ของกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพทุกๆ ท่าน ที่ได้สละเวลาสำหรับการทดสอบคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของเนื้อวัวบดฉายรังสี

เอกสารอ้างอิง

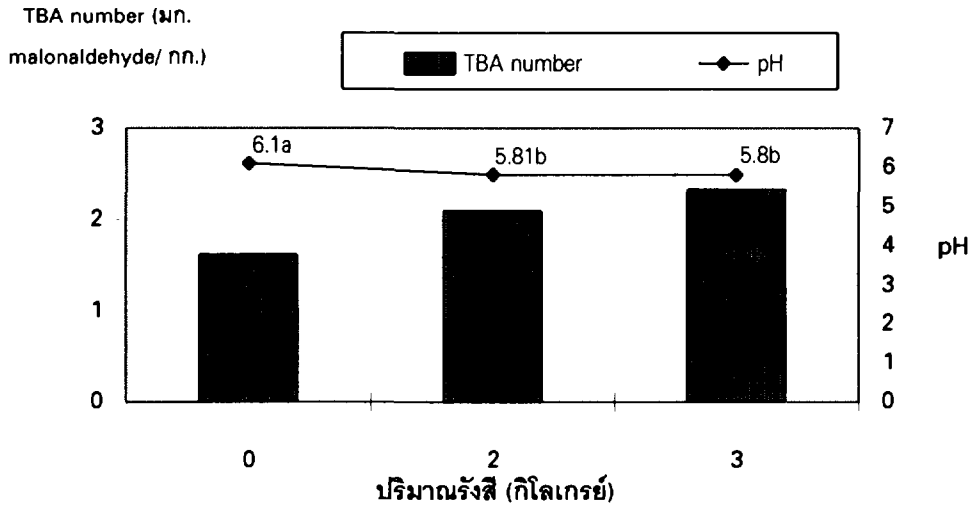
1. จริยา ชมวารินทร์ (2524) วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.
2. กระทรวงสาธารณสุข (2529) ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 103 (พ.ศ. 2529) เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการผลิตอาหารซึ่งมีกรรมวิธีการฉายรังสี กรุงเทพมหานคร
3. ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ (2524) จุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
4. วิลาวัลย์ เจริญจิระตระกูล (2537) การเน่าเสียของอาหารและการป้องกัน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
5. เสาวพงศ์ เจริญ และ โกวิทย์ นุชประมูล (2539) การปรับปรุงคุณภาพทางจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บลูกชิ้นเนื้อวัวด้วยรังสีแกมมา สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กรุงเทพมหานคร.
6. A.O.A.C. (1984) Official Methods of Analysis. 14th ed., The Association of Official Analytical Chemist, Virginia. U.S.A.
7. Clavero, M.C., et al. (1994) Appl. Enviro. Microbiol. Vol.60, p. 2069-2075.
8. FDA (1984) Bacteriological Analysical Manual for Foods 6th ed., Food and Drug Administration. Bareau of Food Division of Microbiology, Washington D.C. .
9. Fu, A-H., et al. (1995) J. of Fd. Sci. Vol.60 No.5, p. 972-977.
10. Larmond, E. (1977) Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Foods, Publication 1637. Canada Department of Agriculture, Canada.
11. Luchsinger, S.E., et al. (1996) J. of Fd. Sci. Vol. 61 No. 5, p.1000-1005.
12. Mattison, M.L., et.al. (1986) J.of Fd.Sci. Vol.51 No.2 , p. 284-287.
13. Mermelstein, N.H. (1993) Food Technology Vol.47 No.4, p. 90-91.
14. Speck, M.L. (1976) Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods American Public Health Association, Inc., U.S.A. .
15. Stuzt, H.K., et al. (1991) J.of Fd.Sci. Vol.56 No.5 , p. 1147-1153.
16. Sudarmadji, S. and W.M. Urbain. (1972) J.of Fd.Sci. Vol.37 , p. 671-672.
17. Thayer, D.W., et al. (1986) J.of Fd.Sci. Vol.60 No.1 , p. 63-67.
18. Tiwari, N.P. and R.B. Maxcy. (1971) J. of Fd. Sci. Vol. 36 , p.833-834.
19. Vyncke, W. (1975) Feete Scifen Antrichm Vol. 77 No. 6, p. 239-240.

ตารางที่ 1 ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพทางแบคทีเรียของเนื้อวัวสดบด

แบคทีเรีย	ปริมาณรังสี (กิโลเกรย์)		
	0	2	3
Mesophiles[1]	1.30×10^{6}-3.00×10^{7} (1.19×10^{7})	6.60×10^{4}-2.00×10^{6} (6.21×10^{5})	1.20×10^{3}-1.10×10^{6} (2.51×10^{5})
Psychrophiles[1]	7.40×10^{6}-4.90×10^{8} (1.29×10^{8})	5.40×10^{4}-2.00×10^{6} (6.55×10^{5})	5.40×10^{3}-3.50×10^{5} (2.34×10^{5})
Lactobacillus spp.[1]	1.30×10^{4}-1.40×10^{7} (3.50×10^{6})	<10 - 1.70×10^{4} (3.83×10^{3})	<10 - 3.60×10^{2} (7.21×10^{1})
Pseudomonas spp.[1]	5.80×10^{3}-6.50×10^{5} (8.14×10^{4})	10 - 2.50×10^{2} (40)	<10 (<10)
Coliforms[2]	1.10×10^{4} - >2.4×10^{5}	<0.3 - 0.9	<0.3
E. coli[2]	7.0×10^{2}-4.6×10^{4}	<0.3	<0.3
Staphyloccus aureus[2]	3.0 - 1.1×10^{4}	<0.3	<0.3
Salmonella spp.	Not Detected	Not Detected	Not Detected

1 หน่วยการตรวจนับเป็น CFU/g และค่าในวงเล็บเป็นค่าเฉลี่ยของ 13 การทดลอง

2 หน่วยการตรวจนับเป็น MPN/g



รูปที่ 1 ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อค่า TBA number และ pH* ในเนื้อวัวสดบด

* ค่า TBA number และ pH ที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P > 0.05)

ตารางที่ 3 ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อวัวสดบด

คุณภาพทางประสาทสัมผัส*		ปริมาณรังสี (กิโลเกรย์)		
		0	2	3
สี	เนื้อดิบ	6.73	6.82	6.89
	เนื้อสุก	7.25	7.22	7.29
กลิ่น	เนื้อดิบ	6.15	6.05	6.01
	เนื้อสุก	7.20	7.10	7.21
รสชาติ	เนื้อสุก	7.15	7.13	7.40
เนื้อสัมผัส	เนื้อสุก	7.19	7.11	7.19

* คะแนนจากผู้ชิม 10 คน เฉลี่ยจากการทดลอง 10 ครั้ง

หมายเหตุ คะแนนในแต่ละแถวมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P > 0.05)