วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 33 : 3 (70 - 78)

ผลของสภาวะการเก็บรักษาเนื้อโคและปริมาณกลีเซอรอลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขึ้นรูปกึ่งแห้ง

Effects of Beef Storage Conditions and Glycerol Contents on Reformed Semi-dried Beef Products

ศุภลักษณ์ สรภักดี[1] จันทร์เพ็ญ เอื้อสกุลรุ่งเรือง[1] คมแข พิลาสมบัติ[1] และ รณชัย สิทธิไกรพงษ์[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้ทำขึ้นเพื่อเปรียบเทียบอิทธิผลของสภาวะการเก็บรักษาเนื้อโค (แบบแช่เย็น และแบบแช่แข็ง) และปริมาณกลีเซอรอล (ร้อยละ 0 หรือกลุ่มควบคุม 10 และ 15 โดยน้ำหนัก) ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขึ้นรูปกึ่งแห้ง โดยทำการตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ในระหว่างการอบแห้ง รวมทั้งทำการตรวจวิเคราะห์ค่าร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้ง ความเป็นกรด-ด่าง ค่าสีในรูปแบบ CIE L*a*b* ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้ง ผลการศึกษาพบว่า หลังจากอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยตู้อบรมร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจะมีอุณหภูมิใจกลางอยู่ในช่วง 74-77 องศาเซลเซียส จากนั้นเมื่ออบต่อที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์จะมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.65-0.77 นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งที่เตรียมจากเนื้อแช่แข็งจะมีค่า a_w ค่าความแข็ง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองที่ต่ำกว่าเนื้อกึ่งแห้งที่เตรียมจากเนื้อแช่เย็น ($P<0.05$) ส่วนเนื้อกึ่งแห้งที่มีส่วนผสมของกลีเซอรอลร้อยละ 15 จะมีค่า a_w ต่ำที่สุด ($P<0.05$) และการผสมกลีเซอรอลทั้งที่ปริมาณร้อยละ 10 และ 15 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งและค่าความเหนียวคล้ายยางที่น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ พบว่า ในทุกสูตรการผลิตมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (< 10 cfu/g)

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง การแช่แข็ง สารฮิวเมกเตนท์ เนื้อโค การทำแห้ง

Abstract

This study was conducted to compare effects of beef storage conditions (chilled and frozen beefs) and glycerol contents (0 or control, 10% and 15% w/w) on qualities of reformed semi-dried beef products. Changes in temperature and water activity (a_w) during drying process was monitored as well as drying yield, pH, color (CIE L*a*b*), texture profile analysis, and total aerobic bacteria counts were analyzed among samples. The results showed that after cooking at 85°C for 2 hours in convection oven, the core temperature of samples attained around 74-77°C. Further dehydration at 60°C for 4 hours could reduce a_w values of all products attained about 0.65-0.77 depending on treatments. Additionally, semi-dried beef product processed from frozen beef exhibited lower a_w, hardness, a* and b* values as compared to those processed from chilled beef ($P<0.05$). The addition of 15% glycerol into jerky formulation could contribute the lowest a_w ($P<0.05$) and both jerky treated with 10% and 15% provided lower hardness and gumminess values than control ($P<0.05$). Regarding total aerobic bacteria counts, there was lower than limit of detection for various formulations of products (< 10 cfu/g).

Keywords : semi-dried meat products, freezing, humectants, beef, dehydration

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ลาดกระบัง, กรุงเทพฯ 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ผลิตภัณฑ์เนื้อแห้งหรือกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน หรือเจอร์กี้ (Jerky) เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อที่ผ่านการกำจัดน้ำออกจากผลิตภัณฑ์บางส่วนด้วยวิธีการอบแห้ง และบรรจุในบรรจุภัณฑ์พร้อมรับประทาน กำลังได้รับความนิยมอย่างสูงในต่างประเทศ โดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าธุรกิจผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งพร้อมรับประทานมีตลาดที่เติบโตมาก โดยมียอดขาย

ผลิตภัณฑ์เนื้อพร้อมรับประทานเพิ่มจาก 631.6 ล้านเหรียญสหรัฐ ในปี 1994 เพิ่มเป็น 2.7 พันล้านเหรียญสหรัฐ ในปี 2004 โดยส่วนใหญ่มีขายตามร้านสะดวกซื้อ ห้างสรรพสินค้า และปั๊มน้ำมัน (Konieczny *et al*., 2007; Yang *et al*., 2009; USDA-FSIS, 2012) นอกจากนี้ยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกระบวนการผลิตไม่ยุ่งมาก ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางอาหารโปรตีนสูง มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity, a_w) ต่ำ ประมาณ 0.60-0.85 จึงสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องได้เป็นระยะเวลานานเมื่อบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม (Konieczny *et al*., 2007; Yang *et al*., 2009; USDA-FSIS, 2012) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังมีจำหน่ายน้อยมากในประเทศไทย และเกือบทั้งหมดที่มีจำหน่ายยังเป็นผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศ

ผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งพร้อมรับประทานสามารถผลิตได้หลายรูปแบบ เช่น การใช้เนื้อทั้งแผ่นหั่นเป็นชิ้น หรือใช้เนื้อบดผสมไขมันแล้วขึ้นรูปตามลักษณะที่ต้องการ จากนั้นหมักผสมเครื่องเทศ และทำให้แห้งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน (Yang *et al*., 2009) โดย USD-FSIS (2012) แนะนำว่าในกระบวนการผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งพร้อมรับประทานควรทำให้สุกที่อุณหภูมิ 71.1 องศาเซลเซียส ก่อน จากนั้นจึงตามด้วยกระบวนการอบแห้ง ซึ่งหากผลิตภัณฑ์หลังอบมีค่า a_w <0.70 จะช่วยสามารถป้องกันการเจริญของราในระหว่างการเก็บรักษาได้ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์ในการทำแห้งเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการอบแห้งเนื้อสัตว์อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการแปรรูปชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติและจับตัวกันก่อให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ และทำให้กล้ามเนื้อเหนียว แข็ง และเปราะ (วิไล, 2547) โดยที่การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในเนื้อโค (beef) เนื่องจากผลของความร้อนจะเกิดขึ้นสองช่วง คือ ช่วงแรกที่อุณหภูมิประมาณ 30-50 องศาเซลเซียส ความร้อนในช่วงนี้มีผลทำให้โปรตีนระบบแอกโตไมโอซินเกิดการจับรวมตัวกัน (coagulation) และจะเริ่มตกตะกอนจับรวมตัวกันอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิระหว่าง 50-60 องศาเซลเซียส จากนั้นที่ช่วงอุณหภูมิประมาณ 60-90 องศาเซลเซียส ความร้อนจะส่งผลต่อการเสียสภาพธรรมชาติของระบบที่เกี่ยวข้องกับโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (ทำให้เกิดการหดตัวและการละลายของคอลลาเจน) และ/หรือทำให้เกิดการเชื่อมโยงข้าม (cross-link) ระหว่างไมโอซินที่ตกตะกอนและจับรวมตัวกัน (Huang and Nip, 2001) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะทำในเนื้อสัตว์เหนียวและแข็งขึ้นในระหว่างกระบวนการอบแห้ง โดยเฉพาะกระบวนการอบแห้งที่ใช้ความร้อนสูง และใช้ระยะเวลาสั้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าแต่ใช้เวลานาน (วิไล, 2547) ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อบแห้ง จึงจำเป็นต้องมีการปรับสูตรการผลิตและกรรมวิธีการอบแห้งให้เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องคำนึงถึงในประเด็นของความนุ่มเพื่อให้เกิดการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

หนึ่งในการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์หลังการอบที่แห้งและเปราะเกินไปสามารถทำได้โดย การควบคุม a_w ในผลิตภัณฑ์โดยการใช้สารในกลุ่มฮิวเมกเตนท์ (Humactant) (Huang and Nip, 2001) สารในกลุ่มนี้เป็นสารที่เติมลงไปเพื่อจับกับน้ำและควบคุมปริมาณ a_w ในผลิตภัณฑ์ สารในกลุ่มนี้ได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในอาหารมาเป็นเวลานาน โดยที่สารฮิวเมกเตนท์ที่เก่าแก่ที่สุดที่นิยมใช้คือ เกลือ น้ำตาล เพื่อให้ผลในการลดค่า a_w ในอาหารกึ่งแห้ง อย่างไรก็ตามการใช้เกลือ และน้ำตาลในการลด a_w อาจมีข้อจำกัดด้านรสชาติที่เค็มจัด และหวานจัดให้กับผลิตภัณฑ์ จึงอาจไม่เหมาะกับการใช้ในผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น เนื้อสัตว์กึ่งแห้งที่รับประทานเป็นอาหารว่าง (snack) ปัจจุบันจึงมีการใช้สารฮิวเมกเตนท์ชนิดอื่น ๆ เช่น กลีเซอรอล และซอร์บิทอล เนื่องจากสารทั้งสองไม่ส่งผลเสียต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Varnam, 1995) นอกจากนี้สารเหล่านี้ยังเป็นสารที่ให้ความยืดหยุ่น (plasticizer) ให้กับโครงข่ายของโปรตีนได้ กล่าวคือ ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ไม่แข็งกระด้าง (Barret *et al*., 1998) ซึ่งมีงานวิจัยหลายชิ้นที่ได้ทำการศึกษาผลของการเติมสารสารฮิวเมกเตนท์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลีเซอรอลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง (Guilbert *et al*. 1981; Kim *et al*.1989; Chen *et al*. 2000)

นอกเหนือจากการใช้สารกลีเซอรอลก่อนที่จะดำเนินการทดลองทำผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปกึ่งแห้ง ทางผู้วิจัยเห็นว่าควรดำเนินการศึกษาในส่วนของสภาวะการเก็บรักษาวัตถุดิบเนื้อโคเริ่มต้นที่นำมาใช้ ระหว่างเนื้อในสภาพแช่เย็น (chilled beef)และเนื้อที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง (frozen beef) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพผลิตภัณฑ์จากเนื้อที่ผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแตกต่างกัน ทั้งนี้ถ้าผลการทดลองเบื้องต้นปรากฏว่าสามารถนำเนื้อที่ผ่านการแช่เยือกแข็งมาใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการแปรรูปได้ จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในอนาคต ในกรณีที่หากบางช่วงมีวัตถุดิบมากจนล้นตลาด ทำให้สามารถนำวัตถุดิบมาแช่แข็งเก็บไว้ แล้วค่อยนำออกมาแปรรูปในยามที่วัตถุดิบเนื้อขาดแคลน ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะการอบที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อโคขึ้นรูปกึ่งแห้ง และศึกษาผลของสภาวะการเก็บรักษาเนื้อโคและปริมาณกลีเซอรรอลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. แผนการทดลอง

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบแบบ 2×3 Factorial in Completely Randomized Design เพื่อศึกษาผลของ 2 ปัจจัย ได้แก่ 1) ผลของสภาวะการเก็บรักษาเนื้อโค 2 รูปแบบ ได้แก่ เนื้อโคแช่เย็น และเนื้อโคแช่แข็ง 2) ผลของการเติม กลีเซอรอลจำนวน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0 (ชุดการทดลองควบคุม) 10 และ 15 โดยน้ำหนัก การทดลองมีการทดลองซ้ำจำนวน 3 ชุดการผลิต (batch)

2. กระบวนการผลิตเนื้อขึ้นรูปกึ่งแห้ง

2.1 วัตถุดิบเนื้อโค: เนื้อโคบริเวณสะโพกที่ซื้อมาจากตลาดสดในเขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ จะถูกนำมาตัดแต่งส่วนของไขมันด้านนอก แล้วแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกใช้เป็นวัตถุดิบเนื้อแช่เย็น (chilled beef) และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนที่เหลือใช้เป็นวัตถุดิบเนื้อแช่แข็ง (frozen beef) โดยการนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจะนำมาทำละลายด้วยการเปิดน้ำไหลผ่าน (running tap water) ที่อุณหภูมิประมาณ 28 ± 2 องศาเซลเซียส จนกระทั่งอุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้ออยู่ในช่วง 4 ± 1 องศาเซลเซียส เนื้อทั้งสองส่วนจะถูกนำมาหั่นและบดผ่านแผ่นเพลทที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร จำนวน 1 รอบ จากนั้นชั่งส่วนผสมเนื้อและส่วนผสมอื่น ๆ ตามสูตรใน Table 1

Table 1 Formulation of semi-dried beef.

Ingredients	Contents	
	(g)	(%)
Beef	1,000	100
Salt	8	0.8
Monosodium glutamate	2	0.2
Sugar	20	2.0
Soy sauce	20	2.0
BBQ powder	10	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การเติมส่วนผสม เครื่องเทศ และกลีเซอรอล: เติมเกลือลงในเนื้อสะโพกโคบด จากนั้นนวดจนเหนียวแล้ว จึงเติมเครื่องปรุงส่วนที่เหลือแล้วนวดต่อ จากนั้นแบ่งส่วนผสมออกเป็น 3 ชุด โดยแต่ละชุดจะถูกเติมกลีเซอรอลที่ความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0 (ชุดการทดลองควบคุม) 10 และ 15 โดยน้ำหนัก ตามด้วยการผสมให้เข้ากัน

2.3 ขึ้นรูป และอบผลิตภัณฑ์: นำไปขึ้นรูปแบบกลมเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตรด้วยเจอร์กี้กัน (LEM Jerky Gun, LEM products Direct, West Chester, OH) และอบที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) (FP115, Binder Inc., Bohemia, NY) จนได้อุณหภูมิใจกลางเนื้อผลิตภัณฑ์มากกว่าหรือเท่ากับ 71 องศาเซลเซียส แล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่ง $a_w < 0.85$ โดยมีการสุ่มตรวจวัดอุณหภูมิและค่า a_w ระหว่างการอบทุก 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล (52 Series II, Fluke Corp., Everett, WA) และเครื่องวัดค่า a_w (Novasina LabMaster-aw, Axair Ltd., Switzerland) ตามลำดับ

3. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพ

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปทั้ง 6 ชุดการทดลองจะถูกนำมาสุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

3.1 ร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้ง (% drying yield)

โดยการคำนวณน้ำหนักของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง เปรียบเทียบกับน้ำหนักก่อนอบ ดังสมการ

% Drying yield = (น้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังอบ / น้ำหนักผลิตภัณฑ์ก่อนอบ) × 100

3.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ตัวอย่าง 2 กรัม เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่อง homogenizer (IKA Labortechnik, Selangor, Malaysia) จากนั้นนำไปวัด pH ด้วยเครื่อง pH-meter (SevenGo SG2, Mettler Toledo, Schwerzenbach, Switzerland) บันทึกผล ทำการทดลองชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ

3.3 ค่าสี (CIE L*a*b*)

สุ่มตัวอย่างชุดการทดลองละ 3 ชิ้น มาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี MiniScan EZ 4000L (Hunter Lab Inc, Reston, VA, USA) แสดงผลเป็นค่า CIE L*a*b*

3.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis, TPA)

ตัวอย่างขนาด1 × 1 เซนติเมตร (ชุดการทดลองละ 10 ชิ้น) จะถูกนำมาวิเคราะห์ TPA ด้วยเครื่อง Instron model 1011 (Instron Engineering Corp., Canton, MA) โดยใช้หัววัดแบบกด (compression) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 เซนติเมตร ทำการกดตัวอย่างด้วยระยะทางร้อยละ 40 ของความสูงตัวอย่าง และรายงานผลเป็นค่าความแข็ง (hardness, N) ค่าการเกาะตัวกัน (cohesiveness, ratio) ค่าความเหนียวคล้ายยาง (gumminess, N) ค่าความยืดหยุ่น (springiness, ratio) และค่าความยากในการเคี้ยว (chewiness, N) ตามวิธีการของ (Bourne. 2002)

3.5 ปริมาณจุลินทรีย์รวม (Total plate count)

นำตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการอบมาตรวจวิเคราะห์หาเชื้อจุลินทรีย์รวม ตามวิธีการของ (AOAC, 2006) โดยใช้ตัวอย่าง 25 กรัม เติมสารละลายเปปโทน ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่าง จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นดูดสารละลายเจือจาง 1 มิลลิลิตร และถ่ายลงในจานเพาะเชื้อ เทอาหาร Plate Count Agar สำหรับตรวจวิเคราะห์หาจุลินทรีย์รวมลงจานเพาะเชื้อปริมาตรจานละ 15-20 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ รอจนอาหารแข็งแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำจานเพาะเชื้อทั้งหมดไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น cfu/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในระหว่างการอบผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากเนื้อโคแช่เย็น และแช่แข็ง ด้วยวิธี Independent-sample t-test ส่วนการศึกษาอิทธิพลของ 2 ปัจจัย ได้แก่สภาวะการเก็บรักษาเนื้อโค และการเติมกลีเซอรอล) ทำโดยวิธี General Linear Model (GLM) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระหว่างผลของการเติมกลีเซอรอลด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windows version 11.5: SPSS Inc)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ในระหว่างกระบวนการอบ

จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างการอบผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปกึ่งแห้งที่เตรียมจากเนื้อโคแช่เย็น และเนื้อโคแช่แข็ง พบว่า อุณหภูมิใจกลางของผลิตภัณฑ์ในช่วง 6 ชั่วโมงของการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 2) ซึ่งในรายละเอียดของกระบวนการอบผลิตภัณฑ์เริ่มจากการตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องอบ (hot air oven) ในช่วง 2 ชั่วโมงแรกของการอบที่ 85 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพื่อเพิ่มอัตราการระเหยของน้ำและเร่งระยะเวลาการอบแห้ง และจนกระทั่งอุณหภูมิใจกลางของผลิตภัณฑ์มีค่ามากกว่า 71.1 องศาเซลเซียสเพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์จะปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค (Daigle, 2005; USDS-FSIS, 2012) โดยจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าทั้งกลุ่มของผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปที่เตรียมจากเนื้อแช่เย็นและเนื้อแช่แข็ง ณ เวลา 2 ชั่วโมงของการอบที่ 85 องศาเซลเซียส จะเพียงพอที่ทำให้อุณหภูมิใจกลางของผลิตภัณฑ์มีค่ามากกว่า 71.1 องศาเซลเซียส (Table 2) หลังจากนั้นในชั่วโมงที่ 3 ของการอบเป็นต้นไปจะเป็นการลดอุณหภูมิของการอบแห้งลงเหลือเพียง 60 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการแข็งของเปลือกหน้าผลิตภัณฑ์ในระหว่างการอบ ทำให้ผลิตภัณฑ์ค่อย ๆ ระเหยน้ำออกจนผลิตภัณฑ์มีค่า a_w น้อยกว่า 0.85 อันจะทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาโดยสามารถลดการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (Daigle, 2005; USDA-FSIS, 2012) ผลการทดลองดัง Figure 1 ที่แสดงชี้ให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการอบนานขึ้น a_w ของผลิตภัณฑ์จะค่อย ๆ ลดลง โดยผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากเนื้อแช่เย็นจะมีค่า a_w ลดลงและเริ่มคงที่ในชั่วโมงที่ 5 ของการอบ (ทั้งสูตรที่เติมและไม่เติมกลีเซอรอล) (Figure 1a) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากเนื้อแช่แข็งจะมี a_w ลดลงอย่างต่อเนื่องตลอด 6 ชั่วโมงของการอบ (Figure 1b) ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อที่ผ่านการแช่เยือกแข็งจะมีโอกาสที่โครงสร้างเซลล์กล้ามเนื้อถูกทำลายอันเนื่องมาจากผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแช่แข็ง (Leygonie *et al*., 2012) ส่งผลให้เนื้อในกลุ่มนี้อาจมีน้ำอิสระไหลออกจากผลิตภัณฑ์ในระหว่างการอบแห้งได้มากกว่ากลุ่มเนื้อสด จึงสามารถตรวจพบค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากเนื้อแช่เย็นมีค่าสูงกว่า a_w ของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากเนื้อแช่แข็ง ($P<0.05$) ดังแสดงใน Table 3 นอกจากนี้ ณ ชั่วโมงที่ 6 ของการอบแห้งผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปกึ่งแห้งที่เติมกลีเซลรอลร้อยละ15 จะมีค่า a_w ต่ำที่สุด ตามด้วยสูตรที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 และสูตรที่ไม่เติมกลีเซอรอล (สูตรควบคุม) ตามลำดับ ซึ่งเกิดจากกลีเซอรอลที่จัดเป็นสารในกลุ่มฮิวเมกเตนท์ (humectant) สามารถจับน้ำอิสระ จึงสามารถลด a_w ในผลิตภัณฑ์ได้ (Brown, 2008) โดยจะเห็นได้ชัดว่าในสูตรที่มีการเติมกลีเซอรอล (ร้อยละ 10 และ 15) จะมีค่า a_w ต่ำกว่า เท่ากับ 0.715 และ 0.651 ตามลำดับ ซึ่งค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ที่ต่ำกว่า 0.70 ถือเป็นข้อดีคือผลิตภัณฑ์จะสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าเนื่องจากสามารถควบคุมการเจริญของราได้ (Daigle and Eifert, 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2 Changes in core temperature of jerky processed from chilled and frozen beef during the hot air drying process.

Time of drying (hours)	Hot air oven temperature (°C)	Core temperature (°C)	
		Chilled beef (°C)	Frozen beef (°C)
0	-	11.14 ± 2.26	12.25 ± 2.15
1	85	63.45 ± 4.03	64.10 ± 1.98
2	85	77.00 ± 3.25	74.20 ± 3.54
3	60	53.50 ± 2.55	54.00 ± 2.12
4	60	52.85 ± 1.77	55.40 ± 2.40
5	60	49.85 ± 0.35	52.85 ± 2.19
6	60	52.90 ± 0.99	52.60 ± 1.41

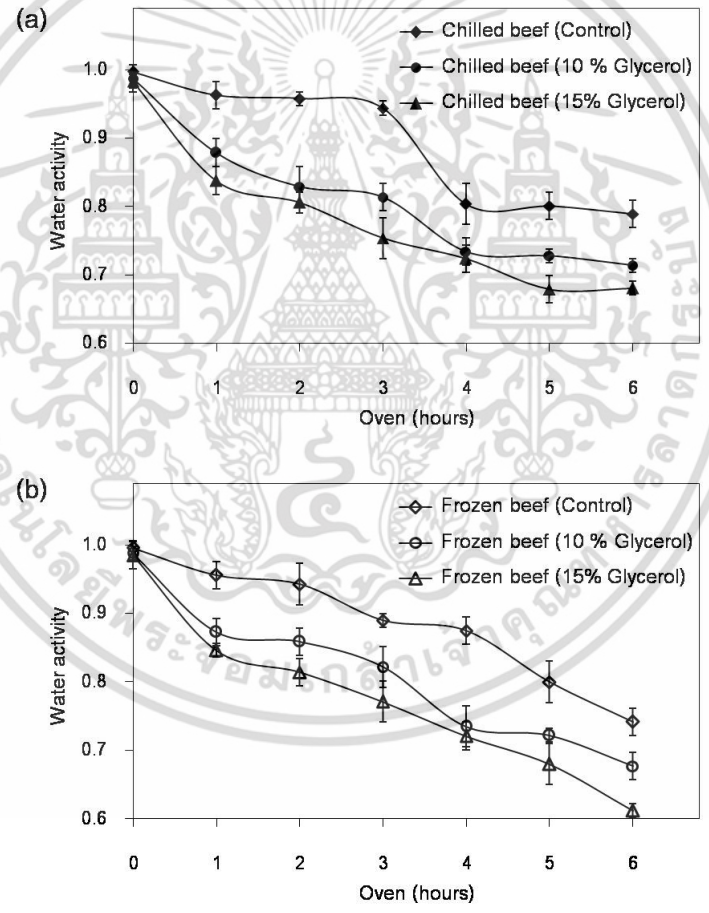

Figure 1 Changes in water activity of semi-dried beef products made from chilled (a) and frozen beef (b) with different concentration of glycerol contents (0, 10 and 15% w/w) during 6 hours of hot air drying process. Bars represent the standard deviation of each processing batch (n=3).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปกึ่งแห้งในด้านเคมี-กายภาพ, จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส

เมื่อคำนวณร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้ง (% drying yield) พบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปกึ่งแห้งมีร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้งอยู่ในช่วง 31-38 ดังแสดงใน Table 3 โดยผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากเนื้อสดจะมีร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้ง ที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากเนื้อแช่แข็ง ($P<0.05$) ที่อาจเกิดจากโครงสร้างเซลล์กล้ามเนื้อที่ผ่านการแช่เย็นมีสภาพสมบูรณ์กว่าจึงช่วยลดการสูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ในระหว่างการอบแห้ง สำหรับผลของการเติมกลีเซอรอล พบว่า การเติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 15 จะช่วยเพิ่มร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้งได้มากขึ้นเป็นลำดับ ($P<0.05$) ด้วยผลของการเข้าจับของสารชนิดนี้กับน้ำอิสระที่มีในผลิตภัณฑ์ตามที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้งที่สูง และช่วยป้องกันผลิตภัณฑ์จากการสูญเสียน้ำระหว่างการทำแห้ง

Table 3 Effects of storage conditions and glycerol contents on physico-chemical properties of semi-dried beef products.

Parameters	Storage condition		Glycerol content			*P*-value†		
	Chill	Freeze	Control	10% Glycerol	15% Glycerol	S	G	S×G
a_w	0.739 ± 0.01^{b,‡}	0.689 ± 0.01^{a}	0.772± 0.01^{c}	0.715± 0.01^{b}	0.651± 0.01^{a}	<0.001	<0.001	0.578
Drying yield (%)	38.06 ± 0.24^{b}	31.23 ± 0.24^{a}	31.65 ± 0.29^{a}	35.22 ± 0.29^{b}	37.08 ± 0.29^{c}	<0.001	<0.001	0.061
$pH_{product}$	5.91 ± 0.16^{a}	6.02 ± 0.16^{b}	6.04 ± 0.20^{b}	5.95 ± 0.02^{a}	5.90± 0.02^{a}	<0.001	0.002	0.958
CIE L*	21.17 ± 0.66^{a}	21.83± 0.66^{a}	22.75 ± 0.81^{a}	19.90 ± 0.81^{a}	21.85 ± 0.81^{a}	0.505	0.113	0.111
CIE a*	4.06 ± 0.26^{b}	3.57 ± 0.26^{a}	3.99 ± 0.10^{a}	3.57 ± 0.10^{a}	3.89 ±0.10^{a}	0.006	0.059	0.213
CIE b*	7.27 ± 0.25^{b}	4.15 ± 0.25^{a}	6.22 ± 0.31^{a}	5.15 ± 0.31^{a}	5.77± 0.31^{a}	<0.001	0.127	0.394
Hardness(N)	15.75 ± 0.58^{b}	13.34 ± 0.58^{a}	18.94 ± 0.71^{b}	11.82 ± 0.71^{a}	12.88± 0.71^{a}	0.013	<0.001	0.053
Cohesiveness(ratio)	0.64 ± 0.01^{a}	0.69 ± 0.01^{b}	0.64 ± 0.01^{a}	0.69 ± 0.01^{b}	0.67 ± 0.01^{ab}	<0.001	0.029	0.841
Gumminess(N)	9.14 ± 0.34^{a}	9.26 ± 0.34^{a}	10.44 ± 0.42^{b}	8.91 ± 0.42^{a}	8.27 ± 0.42^{a}	0.807	0.009	0.810
Springiness(ratio)	0.83 ± 0.02^{a}	0.84 ± 0.02^{a}	0.81 ± 0.02^{a}	0.84 ± 0.02^{a}	0.87 ± 0.02^{a}	0.614	0.236	0.268
Chewiness(N)	7.62 ± 0.31^{a}	7.53 ± 0.31^{a}	8.03 ± 0.37^{a}	7.49 ± 0.37^{a}	7.20 ± 0.37^{a}	0.838	0.318	0.560

† Statistical significance after applying GLM procedure

‡ Values are given as means ± standard error of each processing batch (n=3).

จากการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปกึ่งแห้งพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากเนื้อแช่แข็งมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่ากลุ่มที่เตรียมจากเนื้อสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 3) ทั้งนี้เนื่องจากผลของการแช่แข็งและการทำละลายเนื้ออาจมีส่วนทำให้เกิดกระบวนการกำจัดหมู่เอมีน (deamination) ของโปรตีนโดยปฏิกิริยาที่อาศัยเอนไซม์ ซึ่งมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสูงขึ้น (Leygonie *et al*., 2012) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นตามไปด้วย ส่วนการเติมกลีเซอรอลที่ระดับ 10% และ 15% มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่าสูตรควบคุม ($P<0.05$) โดยอาจเกี่ยวข้องกับการเข้าจับของสารกลีเซอรอลกับน้ำอิสระที่มีในผลิตภัณฑ์ ทำให้ตัวถูกละลายต่าง ๆ รวมทั้งไฮโดรเจนไอออน (H^+) เข้มข้นขึ้น จนทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงได้ ซึ่งผลเหล่านี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Boyle *et al.* (1993) ที่พบว่าการใช้กลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อหัวใจโคขึ้นรูปใหม่ (restructured beef heart meat) โดยผ่านการลดค่า a_w และค่าความเป็นกรด-ด่าง รวมทั้งช่วยเพิ่มการเกาะติด (binding) ให้กับผลิตภัณฑ์

ในด้านคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับสีของผลิตภัณฑ์ พบว่าสภาวะการเก็บรักษาเนื้อและการเติมกลีเซอรอล ไม่ส่งผลต่อค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์ ($P>0.05$) (Table 3) อย่างไรก็ตามหากนำเนื้อแช่แข็งมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ที่ต่ำกว่าเนื้อแช่เย็น ($P<0.05$) ซึ่งอาจเกิดจากการสูญเสียไมโอโกลบินของเนื้อที่ผ่านการแช่แข็งและทำละลาย (Leygonie *et al*., 2012) ส่วนผลของการเติมกลีเซอรอลพบว่าไม่ส่งผลให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

สำหรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ หลังจากการทดสอบ Texture Profile Analysis ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer) ดังแสดงใน Table 3 พบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปกึ่งแห้งที่เตรียมจากเนื้อแช่เย็นมีค่าความแข็ง (hardness) ที่มากกว่า และมีค่าการเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) ที่น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่เตรียมจากเนื้อแช่แข็ง ($P<0.05$) บ่งบอกถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่แข็งและเปราะกว่า ส่วนผลของการเติมกลีเซอรอล พบว่าสามารถช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ โดยพบว่าการเติมกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 15 ส่งผลลดค่าความแข็ง และค่าความเหนียวคล้ายยาง (gumminess) ของผลิตภัณฑ์ลงได้ เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ($P<0.05$) ซึ่งถ้าพิจารณาในแง่ของความเหมาะสมในการใช้เพื่อปรับปรุงความนุ่มจะเห็นว่าสามารถใช้กลีเซอรอลที่ปริมาณร้อยละ10 ถือว่าเพียงพอ รวมทั้งการเติมกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 จะช่วยให้การเกาะรวมตัวกันของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นได้ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ($P<0.05$) ผลเหล่านี้สอดคล้องกับ Kim *et al*. (1989) และ Chen *et al*. (2000) ที่กล่าวว่านอกเหนือจากการเติมกลีเซอรรอลจะช่วยลดค่า a_w ในผลิตภัณฑ์ของเนื้อสัตว์กึ่งแห้งแล้ว ยังมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่แห้งและแข็งกระด้าง โดยจะทำให้ผลิตภัณฑ์นุ่มขึ้น อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองเบื้องต้นที่คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองพบว่า การเติมกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ไม่สามารถช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะค่าเนื้อสัมผัสด้านความนุ่มได้ (data not shown)

จากผลการศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์พบว่าในทุกสูตรการผลิตมีค่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<10 cfu/g) ดังแสดงใน Table 4 นั่นหมายความว่าผลของสภาวะการเก็บรักษาเนื้อโค (เนื้อแช่เย็น และเนื้อแช่แข็ง) และการเติมกลีเซอรอล ไม่ส่งผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง

Table 4 Total aerobic bacteria counts (cfu/g) of semi-dried beef products from different storage conditions and glycerol contents.

Treatment	Chilled beef (CFU/g)	Frozen beef (CFU/g)
Control	ND[†]	ND
10% Glycerol	ND	ND
15% Glycerol	ND	ND

[†] Counts below the detection level at the dilution of 10 (< 10 CFU/g).

สรุปผลการทดลอง

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อโคขึ้นรูปกึ่งแห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นตามด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง สามารถลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ในทุกชุดการทดลองได้ต่ำกว่า 0.80 ซึ่งการใช้เนื้อแช่เย็นและแช่แข็ง รวมทั้งการเติมกลีเซอรอลส่งผลสำคัญต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ หากมีการนำเนื้อแช่แข็งมาผลิตเป็นเนื้อกึ่งแห้งจะส่งผลให้เกิดข้อดีกับผลิตภัณฑ์คือ ผลิตภัณฑ์มี a_w ที่ต่ำ และมีค่าเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่เตรียมจากเนื้อแช่เย็น แต่จะส่งผลเสีย คือ ผลิตภัณฑ์มีร้อยละของผลผลิตหลังการอบแห้งต่ำ รวมทั้งมีค่าสีแดง และค่าสีเหลืองที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่เตรียมจากเนื้อแช่เย็น ส่วนการเติมกลีเซอรอลเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยช่วยลดค่า a_w เพิ่มร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของผลผลิตหลังการอบแห้ง และปรับปรุงค่าความนุ่มของผลิตภัณฑ์ได้เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ไม่เติมกลีเซอรอล โดยที่ผลจากงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าการเติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นระดับที่เหมาะสมในการช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านที่สำคัญ คือ เพิ่มความนุ่มให้กับผลิตภัณฑ์เนื้อโคขึ้นรูปกึ่งแห้งได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายเกษตร ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยผ่านโครงการเลขที่ RDG5620043 และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนเงินวิจัยผ่านงบประมาณรายได้จากงบยุทธศาสตร์โครงการพี่เลี้ยง

เอกสารอ้างอิง

วิไล รังสาดทอง.2547. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมครั้งที่ 4.กรุงเทพฯ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

AOAC. 2006. Chapter 17 AOAC Official Method 966.23. In W. Horwitz and W. Latimer, eds. Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International, Maryland.

Barrett, A.H., J. Briggs, M. Richardson and T. Reed. 1998. Texture and storage stability of processed beef sticks as affected by glycerol and moisture levels. J. Food Sci. 63: 84-87.

Bourne, M. 2002. Principles of objective texture measurement. In M. Bourne, ed. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement, (Chapter 4). Academic Press, New York.

Boyle, E.A.E., J.N. Sofos and G.R. Schmidt. 1993. Depression of aw by soluble and insoluble solids in alginate restructured beef heart meat. J Food Sci. 58: 959–962.

Brown, A.C. 2008. Understanding Food: Principles and Preparation. (3rd ed.). Thomson-Wadsworth, Belmont, CA.

Chen, W.S., D.C. Liu, M.T. Chen and H.W. Ockerman. 2000. Improving texture and storage stability of Chinese-sytle pork jerky by the addition of humectants. J. Anim. Sci. 13: 1455-1460.

Daigle, S. and J. Eifert. 2005. Safe processing of meat and poultry jerky. (Available Source): http://pubs.ext.vt.edu/458/458-501/458-501_PDF.pdf., 26 May 2013.

Guilbert, S., O. Clement and J.C. Cheftel 1981. Relative efficiency of various aw-lowing agents in aqueous solutions and in intermediate moisture foods. Lebensm. Wiss.u-Technol. 14: 245-251.

Huang, T.C. and W.K. Nip. 2001. Intermediate-Moisture Meat and Dehydrated Meat. In Y.H. Hu, W.K. Nip, R.W. Rogers and O.A. Young, eds. Meat Science and Application. Marcel Dekker, Inc, New York.

Kim, S.M. and S.K. Sung. 1989. Effects of level of glycerol addition on physicochemical characteristics of intermediate moisture meat. Korean J. Anim. Sci. 31: 342–352.

Konieczny, P., J. Stangierski and J. Kijowski.2007. Physical and chemical characteristics and acceptability of home style beef jerky. Meat Sci. 76: 253–257.

Leygonie, C., T.J. Britz and L.C. Hoffman. 2012. Impact of freezing and thawing on the quality of meat : Review. Meat Sci. 91: 93-98.

USDA-FSIS. 2012. FSIS Compliance guideline for meat and poultry jerky produced by small and very small establishments. (Available Source) : http//www.fsis.usda.gov/PDF/ Compliance_Guideline_Jerky_2012., 26 May 2013.

Varnam, A.H. 1995. Meat and meat products: Technology, chemistry and microbiology. Chapman & Hall, London.

Yang, H.S., Y.H. Hwang, S.T. Joo and G.B. Park. 2009. The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. Meat Sci. 82: 289-294.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้