# อิทธิพลของโซเดียมไดอะซิเตทและโพแทสเซียมซอร์เบทต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น

# Effect of Sodium Diacetate and Potassium Sorbate on Shelf Life of Meat Ball

รัตนภัทร มะโนชัย[1], นันทินา ดำรงวัฒนกูล[1], พงศ์นรินทร์ สุภาพันธ์[2], ศราวุธ มณีวงศ์[2], และ ณัฐฌา เหล่ากุลดิลก[1*]

Rattanapath Manochai[1], Nanthina Damrongwattanagool[1], Pongnarin Supapun[2], Sarawout Maneewong[2] and Natcha Laokuldilok[1*]

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโซเดียมไดอะซิเตทและโพแทสเซียมซอร์เบทที่มีต่อการยอมรับของผู้บริโภคและคุณภาพทางจุลินทรีย์ของลูกชิ้น โดยอ้างอิงปริมาณการใช้ตามมาตรฐาน USDA ที่อนุญาตให้ใช้โซเดียมไดอะซิเตทและโพแทสเซียมซอร์เบทเป็นสารกันเสียได้ไม่เกิน 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ จากการศึกษาการใช้โซเดียมไดอะซิเตทปริมาณ 0, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมซอร์เบทปริมาณ 0, 1,000, 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า ผลการประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของลูกชิ้นในแต่ละชุดทดลองมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเก็บรักษาลูกชิ้นที่ใช้สารโพแทสเซียมซอร์เบทในปริมาณ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโซเดียมไดอะซิเตทในปริมาณ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่า มีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 16 วัน และ 10 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ลูกชิ้นสูตรควบคุมที่ไม่มีการใช้สารกันเสียมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 8 วัน และเมื่อเก็บรักษาลูกชิ้นหมูที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ลูกชิ้นหมูที่ใช้สารโพแทสเซียมซอร์เบทในปริมาณ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 32 วัน ลูกชิ้นที่ใช้โซดียมไดอะซิเตทในปริมาณ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและสูตรควบคุมมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 28 วัน

**คำสำคัญ:** ลูกชิ้น, โพแทสเซียมซอร์เบท, โซเดียมไดอะซิเตท, อายุการเก็บ

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง 52100

[2] สำนักงานสาธารณสุข จังหวัดลำปาง 52100

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Lampang Rajabhat University, Lampang Province 52100

[2] Lampang Provincial Health Office, Lampang Province 52100

*Corresponding author e-mail: nutcha@lpru.ac.th, nutcha@live.lpru.ac.th

## Abstract

This research was aimed to study the effects of sodium diacetate and potassium sorbate on consumer acceptance and microbiology property of meatball. Potassium sorbate is generally recognized as safe (GRAS) when used in accordance with good manufacturing. The maximum level of sodium diacetate in processed meat products improved by USFDA is 1,000 mg/kg. Three levels of potassium sorbate sodium diacetate were thus varied for 0, 1,000 and 1,500 while those of sodium diacetate were 0, 500 and 1,000 mg/kg. The results showed that the scores of sensory tests among the groups of samples were not significantly different ($p > 0.05$). The shelf life of meatball with potassium sorbate (1,500 mg/kg) kept at 15°C was 16 days while those of meatball with sodium diacetate (1,000 mg/kg) and control sample were 10 days and 8 days, respectively. The results also showed that meatball with potassium sorbate (1,500 mg/kg) could be kept for 32 days at 4°C while meatball with sodium diacetate (1,000 mg/kg) and control sample could be kept for 28 days.


**Keywords:** Meatball, Potassium sorbate, Sodium diacetate, Shelf life

## บทนำ

ด้วยหน่วยงานภาครัฐ คือ กระทรวงสาธารณสุขได้ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ที่วางจำหน่ายในท้องตลาดมาอย่างต่อเนื่อง ทั้งทางด้านความสด สะอาด และความปลอดภัย ทั้งนี้เพื่อให้ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจในการเลือกซื้อมารับประทาน จากรายงานการสุ่มตรวจ พบว่า อันตรายหลักที่พบในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ในประเทศไทย คือ อันตรายทางเคมี ซึ่งมีสาเหตุหลัก 2 ประการ ได้แก่ การใช้งานผิดประเภท โดยการนำวัตถุที่ห้ามใช้ในอาหารมาใส่เจือปนและการใช้วัตถุเจือปนในปริมาณที่มากเกินกว่ากฎหมายกำหนด ซึ่งการกระทำดังกล่าวล้วนเป็นส่งผลให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ นอกเหนือจากอันตรายทางเคมีข้างต้นแล้ว อันตรายทางจุลินทรีย์ที่พบในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์สามารถเกิดได้จากการปนเปื้อนของ *Salmonella* spp. และ *C. perfringens* จากวัตถุดิบเนื้อสัตว์ การปนเปื้อนของ *E. coli* จากน้ำใช้หรือน้ำแข็ง รวมถึงการปนเปื้อนของ *S. aureus* จากผู้ปฏิบัติงานที่ขาดสุขอนามัยส่วนบุคคล ทั้งนี้ อันตรายดังกล่าวสามารถควบคุมได้โดยการใช้หลักการปฏิบัติที่ดีในการผลิตอาหาร แต่ด้วยข้อจำกัดของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ที่กำหนดให้เก็บรักษาในตู้เย็นตลอดเวลานับตั้งแต่สิ้นสุดกระบวนการผลิตจนถึงมือผู้บริโภค [1] เพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และสปอร์ที่เหลือรอดจากกระบวนการผลิต อันจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นในระดับหนึ่ง

อย่างไรก็ตาม ด้วยลักษณะของสถานประกอบการส่วนใหญ่ในประเทศไทยรวมถึงจังหวัดลำปางนั้น จัดเป็นสถานประกอบการขนาดเล็ก อีกทั้งผู้ค้าปลีกส่วนใหญ่ก็ล้วนแต่เป็นผู้ดำเนินการรายเล็กที่ไม่สามารถควบคุมประสิทธิภาพของระบบการขนส่งและการเก็บรักษาในตู้เย็นตลอดระยะเวลาระหว่างรอการจำหน่ายได้ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสียเร็ว ไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค ด้วยสาเหตุดังกล่าว จึงทำให้ผู้ประกอบการหันมาใช้วัตถุกันเสียในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป ซึ่งจากรายงานการสุ่มตรวจวัตถุเจือปนในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น พบว่า มีการใช้วัตถุกันเสียชนิดโซเดียมเบนโซเอท (sodium benzoate) ในปริมาณสูง ถึงแม้ว่าโซเดียมเบนโซเอทจะได้รับอนุญาตให้ใช้เป็นวัตถุกันเสียในผลิตภัณฑ์อาหาร แต่กฎหมายกำหนดให้ใช้ในผลิตภัณฑ์บางประเภทเท่านั้น เนื่องจากสารดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพสูงเฉพาะในอาหารที่มีสภาวะเป็นกรด และหากใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อให้มีคุณสมบัติด้านการป้องกันการเสื่อมเสีย จะต้องใช้ในปริมาณสูงจนอาจเกิดอันตรายได้ ในปัจจุบันยังไม่อนุญาตให้ใช้วัตถุกันเสียกลุ่มนี้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

ทุกชนิด แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตเนื้อสัตว์แปรรูปส่วนใหญ่ก็ยังมีการใช้สารดังกล่าวในการยืดอายุของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีราคาถูก ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้

ดังนั้น สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดลำปางร่วมกับสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำสารกันเสียในกลุ่มเกลือของกรดอะซิติก คือ โซเดียมไดอะซิเตท (sodium diacetate) และเกลือของกรดซอร์บิก คือ โพแทสเซียมซอร์เบท (potassium sorbate) มาทดสอบใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น ซึ่งโซเดียมไดอะซิเตทได้รับการรับรองในใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จากองค์กรอาหารและยาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ทั้งนี้ ต้องใช้ในปริมาณไม่เกินที่กฎหมายกำหนด ส่วนโพแทสเซียมซอร์เบทเป็นสารเคมีที่ผ่านการรับรองโดยองค์การอาหารและยาว่าสามารถใช้เติมลงไปในอาหารได้อย่างปลอดภัย (GRAS) โดยทางคณะผู้วิจัยจะได้ศึกษาปริมาณการใช้โซเดียมอะซิเตทและโพแทสเซียมซอร์เบทที่เหมาะสมต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น โดยยังคงรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส นอกจากนี้ ยังทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่ใช้โซเดียมอะซิเตทและโพแทสเซียมซอร์เบทเป็นวัตถุกันเสียทั้งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสและในตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) เพื่อประโยชน์ต่อผู้ประกอบการในการใช้วัตถุกันเสียได้อย่างเหมาะสม ประหยัด และปลอดภัยต่อผู้บริโภค

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

**การทดลองที่ 1** ศึกษาผลของโพแทสเซียมซอร์เบทและโซเดียมไดอะซิเตทที่มีต่อคุณภาพของลูกชิ้นและการยอมรับของผู้บริโภค

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 การใช้โพแทสเซียมซอร์เบทผันแปรปริมาณที่ระดับ 0, 1000, 1500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และชุดที่ 2 การใช้โซเดียมไดอะซิเตทผันแปรปริมาณที่ระดับ 0, 500, 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (USFDA : 21CFR184.1754 กำหนดไว้ไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โดยจะผสมสารกันเสียแต่ละระดับร่วมกับส่วนผสมอื่น ๆ ในการผลิตลูกชิ้น มีขั้นตอนดังภาพที่ 1

***ภาพที่ 1*** กระบวนการผลิตลูกชิ้นหมูที่มีการเติมโซเดียมไดอะซิเตทและโพแทสเซียมซอร์เบทเป็นวัตถุกันเสีย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบคุณภาพด้านต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบคุณภาพกับสูตรควบคุมที่ไม่ใส่สารกันเสียใด ๆ ดังนี้

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง
- คุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 1-9 (9-point hedonic scale) [2] ทำการเตรียมตัวอย่างโดยต้มตัวอย่างลูกชิ้นในแต่ละสิ่งทดลองในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที บรรจุในถ้วยพลาสติกทนร้อนที่มีฝาปิดสนิท และเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบ ตัวอย่างจะถูกนำเสนอต่อผู้ทดสอบทีละ 1 ตัวอย่างด้วยรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว โดยมีการสุ่มลำดับนำเสนอ และให้ผู้ทดสอบบ้วนปากระหว่างรอการประเมินตัวอย่างต่อไป คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

**การทดลองที่ 2** ศึกษาอายุการเก็บลูกชิ้นหมูที่มีการเติมสารกันเสียที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 15 องศาเซลเซียส

เมื่อได้ปริมาณของสารกันเสียแต่ละชนิดจากการทดลองที่ 1 แล้ว จะทำการผลิตลูกชิ้นตามขั้นตอนข้างต้น แล้วนำมาบรรจุในถุงเย็นชนิด High Density Polyethylene (HDPE) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 15 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count; TPC) *E.coli* และ *Salmonella* spp. ทุก ๆ 2 วัน กำหนดให้วันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา คือ เมื่อปริมาณจุลินทรีย์เกินมาตรฐานกำหนด โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนลูกชิ้นหมู (มผช.304/2555) กำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน $10^6$ CFU/g *E.coli* ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม (โดยวิธี MPN) และต้องไม่พบ *Salmonella* spp. ในตัวอย่าง 25 กรัม

## ผลการศึกษา

**การทดลองที่ 1** ศึกษาผลของโซเดียมไดอะซิเตทและโพแทสเซียมซอร์เบทที่มีต่อคุณภาพของลูกชิ้นและการยอมรับของผู้บริโภค

จากการศึกษาผลของการเติมสารกันเสีย ได้แก่ โซเดียมไดอะซิเตทและโพแทสเซียมซอร์เบทต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคจำนวน 100 คน เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสารกันเสียใด ๆ ได้ผลดังตารางที่ 1-2

**ตารางที่ 1** คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นหมูที่เติมโซเดียมไดอะซิเตทในปริมาณต่างๆ

| ปริมาณโซเดียมไดอะซิเตท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | ลักษณะทางประสาทสัมผัส | | | |
|---|---|---|---|---|
| | กลิ่น ns | เนื้อสัมผัส ns | รสชาติโดยรวม ns | ความชอบโดยรวม ns |
| 0 | 7.56 ± 1.095 | 7.74 ± 0.818 | 7.61 ± 1.016 | 7.74 ± 0.938 |
| 500 | 7.43 ± 0.882 | 7.79 ± 0.732 | 7.33 ± 0.898 | 7.56 ± 0.718 |
| 1,000 | 7.61 ± 0.847 | 7.89 ± 0.680 | 7.59 ± 0.677 | 7.71 ± 0.793 |

**หมายเหตุ:** ns แสดงถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 1 พบว่า คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของผู้บริโภคที่มีต่อลูกชิ้นทั้ง 3 สูตร (ทั้งที่เติมและไม่เติมโซเดียมไดอะซิเตท) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก จะเห็นได้ว่าการใช้โซเดียมไดอะซิเตทไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น

**ตารางที่ 2** คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นหมูที่เติมโพแทสเซียมซอร์เบทในปริมาณต่าง ๆ

| ปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | ลักษณะทางประสาทสัมผัส | | | |
|---|---|---|---|---|
| | กลิ่น ns | เนื้อสัมผัส ns | รสชาติโดยรวม ns | ความชอบโดยรวม ns |
| 0 | 7.02 ± 1.06 | 7.24 ± 1.00 | 7.05 ± 0.96 | 7.25 ± 0.88 |
| 1,000 | 7.04 ± 0.97 | 7.37 ± 0.86 | 7.21 ± 1.02 | 7.35 ± 0.85 |
| 1,500 | 7.32 ± 1.06 | 7.66 ± 0.98 | 7.62 ± 0.96 | 7.71 ± 1.04 |

**หมายเหตุ** ns แสดงถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อเติมโพแทสเซียมซอร์เบทในปริมาณมากขึ้น คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในทุกคุณลักษณะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อลูกชิ้นทั้ง 3 สูตร (ทั้งที่เติมและไม่เติมโพแทสเซียมซอร์เบท) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้น การใช้โพแทสเซียมซอร์เบทจึงไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยทั่วไปแล้ว ปริมาณการใช้ซอร์เบทในอาหารอยู่ระหว่างร้อยละ 0.02 ถึง 0.3 ซึ่งระดับช่วงดังกล่าวนี้ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร แต่เมื่อใช้ในปริมาณมากขึ้นอาจส่งผลต่อรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ [3] สำหรับการทดลองนี้ ใช้โพแทสเซียมซอร์เบทคิดเป็นร้อยละ 0, 0.1 และ 0.15 และไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร

**ตารางที่ 3** ค่าความเป็นกรด–ด่างของลูกชิ้นหมูที่เติมโซเดียมไดอะซิเตทในปริมาณต่าง ๆ

| ปริมาณโซเดียมไดอะซิเตท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | ค่าความเป็นกรด–ด่างของลูกชิ้น | | |
|---|---|---|---|
| | หลังจากผ่านการต้มในหม้อต้มที่ 1 (60–65°C) ns | หลังจากผ่านการต้มในหม้อต้มที่ 2 (80–85°C) ns | ลูกชิ้นเมื่อทำให้เย็นแล้ว ns |
| 0 | 6.49 ± 0.30 | 6.81 ± 0.42 | 6.70 ± 0.26 |
| 1000 | 6.50 ± 0.21 | 6.63 ± 0.24 | 6.58 ± 0.17 |
| 1500 | 6.35 ± 0.00 | 6.57 ± 0.28 | 6.52 ± 0.22 |

**หมายเหตุ** ns แสดงถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงค่าความเป็นกรด–ด่างของลูกชิ้นที่มีการเติมสารกันเสียโซเดียมไดอะซิเตทในปริมาณต่าง ๆ พบว่า ค่า pH ของลูกชิ้นทั้ง 3 สิ่งทดลองที่ผ่านกระบวนในแต่ละขั้นตอนมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาแนวโน้มค่า pH ของลูกชิ้น พบว่า จะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณสารโซเดียมไดอะซิเตทเพิ่มมากขึ้น

สอดคล้องกับงานวิจัย [4] ที่พบว่าเมื่อเติมโซเดียมไดอะซิเตทร้อยละ 0.1 ลงในเนื้อไก่จะส่งผลให้ค่า pH ลดลงซึ่งเป็นผลมาจากค่า pH ของโซเดียมไดอะซิเตทมีค่าเท่ากับ 4.3 ซึ่งค่อนข้างต่ำ เมื่อเติมลงไปในอาหารจะเป็นผลให้ค่า pH ลดลง

**ตารางที่ 4** ค่าความเป็นกรด-ด่างของลูกชิ้นหมูที่เติมโพแทสเซียมซอร์เบทในปริมาณต่าง ๆ

| ปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | ค่าความเป็นกรด-ด่างของลูกชิ้น | | |
|---|---|---|---|
| | หลังจากผ่านการต้มในหม้อต้มที่ 1 (60-65°C) ns | หลังจากผ่านการต้มในหม้อต้มที่ 2 (80-85°C) ns | ลูกชิ้นเมื่อทำให้เย็นแล้ว ns |
| 0 | 6.53 ± 0.35 | 6.37 ± 0.35 | 6.33 ± 0.19 |
| 1,000 | 6.55 ± 0.21 | 6.36 ± 0.21 | 6.42 ± 0.19 |
| 1,500 | 6.54 ± 0.14 | 6.41 ± 0.21 | 6.45 ± 0.18 |

**หมายเหตุ** ns แสดงถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของลูกชิ้นที่มีการเติมสารกันเสียโพแทสเซียมซอร์เบทในปริมาณต่างๆ พบว่า ค่า pH ของลูกชิ้นทั้ง 3 สิ่งทดลองที่ผ่านกระบวนในแต่ละขั้นตอนมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยภาพรวมแล้วจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.33 ถึง 6.55

ผลการทดสอบคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงได้คัดเลือกใช้สารกันเสียโพแทสเซียมซอร์เบทที่ระดับ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโซเดียมไดอะซิเตทที่ระดับ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ระดับสูงสุดที่ยอมให้ใช้ได้ในผลิตภัณฑ์) เพื่อใช้ในการผลิตลูกชิ้นและศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป

**การทดลองที่ 2** ศึกษาอายุการเก็บลูกชิ้นหมูที่มีการเติมสารกันเสียที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 15 องศาเซลเซียส

ทำการผลิตลูกชิ้นสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้สารกันเสีย ได้แก่ โพแทสเซียมซอร์เบทที่ระดับ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและโซเดียมไดอะซิเตทที่ระดับ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากนั้นนำมาบรรจุในถุงชนิด HDPE และเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 4 และ 15 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (aerobic plate count) *E.coli* และ *Salmonella* spp. ทุกๆ 2 วัน ได้ผลดังตารางที่ 5

จากตารางที่ 5 พบว่า ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สูตรควบคุมที่ไม่มีการใช้สารกันเสียมีอายุการเก็บรักษา 8 วัน คือตรวจพบจุดเหลืองที่ผิวลูกชิ้นและเมื่อตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ $3.19\times10^5$ CFU/g (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น มผช.304/2555 กำหนดไว้ไม่เกิน $10^6$ CFU/g) สำหรับสูตรที่ใช้โซดียมไดอะซิเตทในปริมาณ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมจะมีอายุการเก็บรักษาที่ 10 วัน โดยพบเมือกปรากฏบริเวณผิวและมีปริมาณจุลินทรีย์เท่ากับ $2.40\times10^5$CFU/g และสูตรที่ใช้สารโพแทสเซียมซอร์เบทในปริมาณ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมมีอายุการเก็บรักษาที่ 16 วัน โดยเกิดเมือกที่บริเวณผิวลูกชิ้นและเมื่อตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ $1.47\times10^5$ CFU/g โดยทุกสูตรตรวจไม่พบ *Salmonella* sp. และ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 6) พบว่า สูตรควบคุมที่ไม่มีการใช้สารกันเสียมีอายุการเก็บรักษาที่ 28 วัน โดยพบโคโลนีสีดำที่ผิวของลูกชิ้นและมีปริมาณจุลินทรีย์เท่ากับ $2.59\times10^5$ CFU/g เช่นเดียวกับสูตรที่ใช้โซดียมไดอะซิเตทในปริมาณ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับสูตรที่ใช้สารโพแทสเซียมซอร์เบทในปริมาณ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีอายุการเก็บรักษาที่ 32 วัน โดยเกิดเมือกที่บริเวณผิวลูกชิ้นและมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ $7.5\times10^5$CFU/g

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้โพแทสเซียมซอร์เบทในปริมาณ 1,500 มิลลิกรัมส่งผลให้อายุการเก็บรักษาลูกชิ้นนานกว่าการใช้สารอื่น ๆ รองลงมาคือ สูตรที่ใช้โซดียมไดอะซิเตทในปริมาณ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถัดมาคือสูตรควบคุม

## วิจารณ์และสรุปผล

สารต้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เติมลงในอาหาร โดยทั่วไปแล้ว ถ้าใช้ปริมาณมากขึ้น ประสิทธิภาพก็จะมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งมักจะใช้ในปริมาณที่เพียงพอต่อการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตาม จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะตอบสนองต่อสารต้านการเจริญแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอายุและจำนวนของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารนั้น ๆ ด้วย

**โซเดียมไดอะซิเตท**

สำหรับการใช้สารกันเสียโซเดียมไดอะซิเตทในรูปเกลือของกรดอะซิติกจะช่วยเพิ่มการละลาย ซึ่งสะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น โดยประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของกรดอินทรีย์จะอยู่ในสภาพที่ไม่แตกตัวหรือในสภาวะของอาหารที่มีค่า pH ใกล้เคียงกับค่าคงที่ของการแตกตัว (pKa) โดยค่า pH ของกรดทั้งหมดที่แตกตัวได้ร้อยละ 50 ของโซเดียมไดอะซิเตทมีค่าเท่ากับ 4.75 ดังนั้น สัดส่วนของโมเลกุลที่ไม่แตกตัวที่เหลือร้อยละ 50 คาดว่าจะมีประสิทธิภาพในการต้านจุลินทรีย์ ดังนั้น จึงเป็นข้อจำกัดในการใช้โซเดียมไดอะซิเตทในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีค่า pH ต่ำกว่า 5

ในการทดลองนี้ เมื่อเก็บรักษาลูกชิ้นที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสและตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า สูตรควบคุมที่ไม่มีการใช้สารกันเสียสามารถเก็บรักษาได้ 8 วัน และสูตรที่ใช้โซดียมไดอะซิเตทในปริมาณ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมสามารถเก็บรักษาได้ 10 วัน จะเห็นได้ว่าการใช้โซเดียมไดอะซิเตทสามารถยืดอายุการเก็บรักษาลูกชิ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [4] ที่รายงานว่า เมื่อเก็บรักษาเนื้อไก่ที่เติมโซเดียมไดอะซิเตทร้อยละ 0.1 ในสภาวะอุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 10 วัน จะมีปริมาณจุลินทรีย์น้อยกว่า 6 log CFU/g ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมที่สามารถเก็บรักษาได้เพียง 4 วันเท่านั้น แสดงให้เห็นว่า โซเดียมไดอะซิเตทสามารถยืดช่วง lag phase ของเชื้อจุลินทรีย์ออกไปได้ ทำให้ในช่วงแรกของการเก็บรักษามีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกิน 6 log CFU/g

โดยกลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารกันเสียประเภทกรดจะเกี่ยวข้องกับการซึมผ่านกรดสู่ผนังเซลล์ของแบคทีเรีย และเกิดการสะสมทำให้ pH ภายในเซลล์สูงกว่าภายนอกเซลล์ กรดอินทรีย์ที่สะสมภายในเซลล์จะแตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออน (hydrogen ion) เป็นจำนวนมากซึ่งจะไปรบกวนกระบวนการเมทาบอลิซึมของเซลล์แบคทีเรีย โดย Hoffman *et al.* [5] รายงานว่า กรดที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมน้อยกว่า 7 จะมีประสิทธิภาพที่ pH ต่ำ ส่วนกรดที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมระหว่าง 8–12 จะมีประสิทธิภาพที่ค่าความเป็นกลางขึ้นไป จากสูตรโมเลกุลของโซเดียมไดอะซิเตท $C_4H_7O_4Na.H_2O$ พบว่ามีจำนวนคาร์บอนอะตอมเท่ากับ 4 จึงเหมาะสมกับอาหารที่มีค่า pH ต่ำหรือมีความเป็นกรดค่อนข้างสูง

| ชนิดของสาร | ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| **สูตรควบคุม** | | | | | | | | | | |
| – ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) | $3.38x10^3$ | $2.63x10^3$ | $3.19x10^4$ | $6.9x10^4$ | $3.19x10^5$ | $6.0x10^7$ | TNTC | TNTC | TNTC | TNTC |
| – *E. Coli* | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| – *Salmonella sp.* | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| **โพแทสเซียมซอร์เบท** (1,500 mg/kg) | | | | | | | | | | |
| – ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | $8.70x10^3$ | $3.40x10^3$ | $4.47x10^4$ | $8.55x10^4$ | $3.52x10^4$ | $1.47x10^5$ | $1.86x10^6$ |
| – *E. Coli* | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| – *Salmonella sp.* | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| **โซเดียมไดอะซิเตท** (1,000 mg/kg) | | | | | | | | | | |
| – ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) | <10 (EAPC) | <10 (EAPC) | <10 (EAPC) | $7.70x10^3$ | $2.33x10^5$ | $2.40x10^5$ | $3.41x10^6$ | TNTC | TNTC | TNTC |
| – *E. Coli* | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| – *Salmonella sp.* | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |

**ตารางที่ 5** ปริมาณจุลินทรีย์ในลูกชิ้นหมูระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

**หมายเหตุ** TNTC (Too Numerous To Count)

EAPC (Estimated Aerobic Plate Count)

| ชนิดของสาร | ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0–24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 |
| **สูตรควบคุม** | | | | | | | | | | | | |
| – ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) | ไม่พบ | ไม่พบ | $7.80x10^5$ | $3.70x10^6$ | $2.77x10^5$ | $2.95x10^6$ | $2.95x10^6$ | $3.98x10^6$ | TNTC | TNTC | TNTC | TNTC |
| – *E. Coli* | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| – *Salmonella sp.* | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| **โพแทสเซียมซอร์เบท** (1,500 mg/kg) | | | | | | | | | | | | |
| – ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด(CFU/g) | ไม่พบ | ไม่พบ | $2.76x10^5$ | $3.40x10^5$ | $7.5x10^5$ | $1.75x10^6$ | $1.86x10^6$ | $2.40x10^6$ | $4.75x10^6$ | $3.41x10^6$ | TNTC | TNTC |
| – *E. Coli* | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| – *Salmonella sp.* | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| **โซเดียมไดอะซิเตท** (1,000 mg/kg) | | | | | | | | | | | | |
| – ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) | ไม่พบ | $1.38x10^5$ | $1.89x10^5$ | $2.19x10^6$ | $7.8x10^5$ | $1.95x10^6$ | $2.56x10^6$ | TNTC | TNTC | TNTC | TNTC | TNTC |
| – *E. Coli* | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| – *Salmonella sp.* | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |

**ตารางที่ 6** ปริมาณจุลินทรีย์ในลูกชิ้นหมูระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

**หมายเหตุ** TNTC (Too Numerous To Count)

EAPC (Estimated Aerobic Plate Count)

**โพแทสเซียมซอร์เบท**

ซอร์เบทเป็นสารต้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิดทั่วโลก เป็นสารที่ผ่านการรับรองโดยองค์การอาหารและยาว่าสามารถใช้เติมลงไปในอาหารได้อย่างปลอดภัย (Generally Recognized as Safe; GRAS) แต่ทั้งนี้ควรใช้เท่าที่จำเป็นและเป็นไปตามการปฏิบัติที่ดีในการผลิตอาหาร การใช้ซอร์เบทที่ระดับความเข้มข้นน้อยกว่า 0.3% สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ หากใช้ในปริมาณที่มากขึ้นจะส่งผลต่อการอยู่รอดของจุลินทรีย์ จากประกาศกระทรวงสาธารณสุขเลขที่ 398 พ.ศ.2561 กำหนดให้ใช้ซอร์เบทเป็นสารกันเสียในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์บดและผ่านกรรมวิธีในปริมาณไม่เกิน 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยการใช้งานในรูปของเกลือโพแทสเซียมซอร์เบทจะช่วยเพิ่มการละลายได้มากขึ้นและสะดวกต่อการใช้งาน ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของกรดซอร์บิกคล้ายคลึงกับสารกันเสียประเภทกรดอินทรีย์อื่นๆ เมื่อกรดอ่อนละลายในน้ำจะอยู่ในรูปของสมดุลระหว่างโมเลกุลที่ไม่แตกตัวกับประจุลบ โดยซอร์เบทที่ไม่แตกตัวจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อค่า pH เข้าใกล้ค่าคงที่ของการแตกตัว (pKa) โดยค่า pKa ของกรดซอร์บิกมีค่าเท่ากับ 4.74 [6] จากรายงานพบว่า ที่ระดับค่า pH เท่ากับ 3 มีค่าร้อยละของกรดซอร์บิกที่อยู่ในรูปไม่แตกตัวเท่ากับ 94.8 แต่เมื่อค่า pH เพิ่มขึ้นเป็น 3.7 จะมีค่าร้อยละของกรดที่อยู่ในรูปไม่แตกตัวเหลือร้อยละ 92.6 [7] จะเห็นได้ว่ากรดซอร์บิกจะมีประสิทธิภาพสูงในสภาวะที่เป็นกรด แต่อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า เมื่อใช้ซอร์เบทในอีมัลชันของเนื้อไก่ที่มีค่า pH มากกว่า 6.0 ยังคงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ [8] และจากงานวิจัยการใช้สารโพแทสเซียมซอร์เบทเพื่อยืดอายุการเก็บเนื้อสเต็ก พบว่า โพแทสเซียมซอร์เบทส่งผลต่อแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic) และแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (psychrotrophic) รวมถึงแบคทีเรียที่ไม่ใช้อากาศและใช้อากาศเพียงเล็กน้อย (anaerobic and facultative anaerobic bacteria) รวมถึงแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก (lactobacilli) [9]

สำหรับกระบวนการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของกรดซอร์บิกจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางสัณฐานวิทยา องค์ประกอบ และหน้าที่การทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้ความสามารถในการซึมผ่านของสารต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งขัดขวางการดูดซึมธาตุอาหารเข้าสู่เซลล์ นอกจากนี้ การแตกตัวของกรดภายในเซลล์ทำให้เอนไซม์ที่สำคัญต่อการอยู่รอดสูญเสียกิจกรรมไป [10] นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่า ซอร์เบทจะไปยับยั้งการงอกของสปอร์ที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยกรดอะมิโน และยังพบว่าซอร์เบทจะยับยั้งสปอร์ในขั้นตอนที่ถูกกระตุ้นให้งอกหรือภายหลังจากการเกาะกลุ่มการงอกของสปอร์ นอกจากนี้ การยับยั้งการงอกของสปอร์อาจเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างซอร์เบทกับเยื่อหุ้มสปอร์และทำให้ของเหลวภายในเซลล์มีลักษณะหนืดขึ้น [4]

จากงานวิจัยนี้ จึงเป็นข้อสรุปเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้สารกันเสียในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่กำหนดให้ใช้โซเดียมไดอะซิเตทไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือโพแทสเซียมซอร์เบทในปริมาณที่ไม่เกิน 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ประกอบการปรับมาใช้สารทั้งสองดังกล่าวข้างต้นทดแทนการใช้โซเดียมเบนโซเอตที่ไม่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น ทั้งนี้ ควรมีการควบคุมสุขาภิบาลให้เป็นไปตามมาตรฐานการปฏิบัติที่ดีในการผลิตอาหาร (GMP) รวมถึงควบคุมปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิวัตถุดิบเริ่มต้น อุณหภูมิภายในห้องผลิตและห้องเก็บสินค้า เพื่อควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (finish goods) ไม่ให้สูงจนส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาที่สั้นลง สำหรับงานวิจัยในอนาคตจะมุ่งเน้นการศึกษาผลของสารกันเสียที่ใช้ร่วมกันหลายชนิด (combination) ที่คาดว่าจะมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางและสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดลำปาง ประจำปีงบประมาณ 2560

## เอกสารอ้างอิง

1. FAO. Meat and meat products in human nutrition in developing countries. FAO Food and nutrition paper No.53; 1992. (http://www.fao.org/3/t0562e/t0562e00.html)
2. Peryam, D. R. and Pilgrim, F. J. Hedonic scale method of measuring food preferences. J. Food Sci. Technol, 11(Suppl.); 1957, 9–14.
3. Stopforth J.D., Sofos J.N and Busta F.F. Sorbic Acid and Sorbates. In: P. Michael D, John N. S and A. Larry B, editors. Antimicrobials in foods, 3rd ed., Boca Raton, FL: CRC Press; 2005, 49–90.
4. Shafit H. M. and Williams S. K. Sodium diacetate and sodium lactate affect microbiology and sensory and objective characteristics of a restructured turkey breast product formulated with a fibrin cold–set binding system. Poult Sci, 89; 2010, 594–602.
5. Hoffman C., Schweitzer T. R., and Dalby G. Fungistatic properties of the fatty acids and possible biochemical significance. J. Food Sci, 4(6); 1939, 539 – 545.
6. Stratford M. and Anslow, P. A. Evidence that sorbic acid does not inhibit yeast as a classic 'weak acid preservative'. Lett Appl Microbiol, 27; 1998, 203–206.
7. Zoecklein, B.W., Fugelsang K.C., Gump B.H. and Nury F.S. Sorbic Acid. Benzoic Acid, and Dimethyldicarbonate. In: Zoecklein, B.W., Fugelsang K.C., Gump B.H. and Nury F.S, editors. Wine analysis and production, Springer Science+Business Media Dordrecht (eBook); 1995, 209–215.
8. Huhtanen C. N. and J. J. Feinberg. Sorbic acid inhibition of Clostridium botulinum in nitrite–free poultry frankfurters. J. Food Sci, 45; 1980, 453–457.
9. Unda J. R., Molins R. A., and Walker H. W. Clostridium sporogenes and Listeria monocytogenes: Survival and inhibition in microwave–ready beef roasts containing selected antimicrobials. J. Food Sci, 56(1); 1991, 198–205.
10. Davidson P. M. and Harrison M. A. Resistance and adaptation to food antimicrobials, sanitizers, and other process controls. Food Technol, 56; 2002, 69–78.