

ผลของสารโซเดียม ไตรโพลีฟอสเฟตต่อการปรับปรุงคุณภาพด้านสีและการยับยั้งการ
เกิดกลิ่นผิดปกติของเนื้อแช่แข็ง

EFFECT OF THE SOLUTION OF SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE ON THE IMPROVEMENT OF
COLOR AND THE INHIBITION OF OFF - FLAVOR IN FROZEN MEAT

นายฉัตรชัย ศรีชัย 40120126

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

สารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่มีผลช่วยให้ผลิตภัณฑ์เนื้อ
มีคุณภาพดีขึ้น ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 (2527) เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร
กำหนดปริมาณการใช้สารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตสูงสุดในเนื้อสัตว์แช่แข็งไม่เกิน 5,000
mg/Kg การใช้สารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตช่วยในการปรับปรุงคุณภาพด้านสีและกลิ่นผิด
ปกติของเนื้อแช่แข็งได้โดยนำชิ้นเนื้อสุกรที่ผ่านการตัดแต่งซากให้ได้น้ำหนักประมาณ 50-70
กรัม และแช่ในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.5 และ 5.0
เป็นเวลา 15 และ 30 นาที บรรจุลงในถุงพลาสติกชนิดในลอน/โพลีเอทิลีนชนิดกึ่งทึบด้วยระบบ
สุญญากาศ ก่อนผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18°C องศาเซลเซียส เป็น
เวลา 60 วันและ 90 วัน สามารถปรับปรุงค่า pH ของเนื้อให้มีค่าสูงขึ้นทำให้มีแนวโน้มการ
สูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุกน้อย และแนวโน้มของดัชนีการเกิดกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นไม่มาก
รวมทั้งสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกรแช่แข็งได้ สำหรับเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่ใน
สารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5.0 เป็นเวลา 30 นาทีที่มีปริมาณ
ฟอสเฟตตกค้างสูงสุดคือ 2,941 mg/Kg ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

คำสำคัญ : โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต เนื้อแช่แข็ง

บทนำ

ในสถานการณ์ปัจจุบัน วิธีชีวิตความเป็นอยู่ของประชากรมักคำนึงถึงคุณภาพชีวิตในทุกๆด้าน โดยเฉพาะในเรื่องอาหารประเภทเนื้อสัตว์เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคพิจารณาถึงคุณภาพเป็นพิเศษ คุณภาพที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการ ได้แก่ คุณภาพด้านสี ความนุ่ม กลิ่น การกระจายของไขมันในเนื้อและคุณภาพด้านสุขอนามัย การเปลี่ยนแปลงจากกล้ามเนื้อไปเป็นเนื้อเพื่อการบริโภคของมนุษย์ที่เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ได้แก่ ปฏิกริยาทางชีวเคมีและสภาวะทางสรีระวิทยาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีดังนี้ ความเป็นกรด-ด่าง(pH)ของกล้ามเนื้อ การแข็งและเกร็งตัวของกล้ามเนื้อและการย่อยสลายตัวเองของกล้ามเนื้อ(เยาวัลักษณ์,2536) จากกระบวนการการเปลี่ยนแปลงข้างต้นนี้ มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพและคุณค่าทางอาหารของเนื้อ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีกระบวนการที่จะช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของเนื้อ อาทิเช่น การเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ/การแช่เยือกแข็งเนื้อสัตว์ เป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และชะลอการเกิดปฏิกริยาทางเคมีของเอนไซม์ต่างๆได้(สุวรรณ,2538) การบรรจุแบบสุญญากาศ(Vacuum-packing) Pearson และ Dutson(1994)รายงานว่า ในการค้าการบรรจุแบบสุญญากาศและการควบคุมอุณหภูมิ จะช่วยทำให้สีของเนื้อสดมีความคงตัวในระหว่างการจัดจำหน่าย และการใช้สารเคมีเติมลงในผลิตภัณฑ์ มีจุดประสงค์เพื่อการถนอมอาหารและคุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ ในการศึกษาของ Voteและคณะ(1984) พบว่าสารโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อได้โดยเฉพาะด้านความชุ่มน้ำและความนุ่มของเนื้อ

การตรวจเอกสาร

คุณสมบัติของเนื้อสัตว์ที่เป็นผลทำให้เนื้อสีคุณภาพ

1. สี (Color)

เนื้อสัตว์ต่างชนิดกันก็มีสีแตกต่างกันไป รวมไปถึงเนื้อสัตว์จากสัตว์ชนิดเดียวกันที่มีอายุต่างกันก็มีสีแตกต่างกันด้วยเหมือนกัน ซึ่งมีผลมาจากปริมาณรงควัตถุไมโอโกลบิน (Myoglobin pigments)ซึ่งเป็นรงควัตถุในกล้ามเนื้อพบได้ในปริมาณร้อยละ 80-90 ของรงควัตถุทั้งหมด โมเลกุลของไมโอโกลบินประกอบด้วยอนุของธาตุเหล็ก ซึ่งถูกห่อหุ้มด้วย Porphyrin ring ของโปรตีน การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของอนุธาตุเหล็กโดยการสูญเสียหรือรับอิเล็กตรอน และการรวมตัวเข้ากับสารเคมีอื่น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ ดังนี้

ในสภาวะ Oxidized ธาตุเหล็กอยู่ในสภาวะเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) จะไม่สามารถทำปฏิกริยารวมกับสารใดๆได้อีกต่อไป ยกเว้นพวก NO และ H_2S เป็นต้น เนื้อจะมีสีน้ำตาลของ Metmyoglobin (กรณีนี้เกิดได้หากนำเนื้อที่ตัดไปวางในที่อับอากาศ แต่ถ้าปล่อยให้สัมผัสกับอากาศก็จะสามารถเปลี่ยนเป็นสีแดงได้)และในสภาวะ Reduced ธาตุเหล็กอยู่ในสถานะเฟอร์ริไอออน (Fe^{2+})จะสามารถรวมตัวกับโมเลกุลของน้ำ(กรณีภายในเนื้อที่ยังไม่ตัด)หรือรวมตัวกับ

ออกซิเจน(กรณีเนื้อที่ตัดที่ผิวสัมผัสกับอากาศ)หรือรวมกับสารประกอบอื่นๆ เช่น NO และ H₂S เป็นต้น จะมีสีแดงสดของ Oxy myoglobin (ชัยณรงค์,2529)

การเปลี่ยนสี(Discoloration) ของเนื้อสัตว์จากสีธรรมชาติที่ไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีของรงควัตถุ แต่เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อและความเป็นกรด-ด่าง(pH)ซึ่งจะพบในเนื้อพวก เนื้อ Pale Soft Exudative (PSE) โดยเนื้อ PSE เกิดจาก pH ของกล้ามเนื้อลดต่ำลงอย่างรวดเร็วในขณะที่อุณหภูมิของซากยังคงสูงอยู่ ทำให้โปรตีนเกิดการแปรสภาพจากธรรมชาติไปและเหนียวนำไปเกิดการ Oxidation ของ Fe²⁺ ใน Heme ของ Myoglobin ให้กลายเป็น Fe³⁺ เป็นผลทำให้ไม่สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบใดได้ ทำให้เนื้อมีสีน้ำตาลและเส้นใยโปรตีนไม่สามารถจับกับน้ำได้ น้ำจึงไหลออกมาโดยน้ำเป็นตัวพาเอา Myoglobin ออกมานอกเซลล์ สีของเนื้อจึงซีดจางค่อนข้างถาวรและเนื้อ Dark Firm Dry (DFD) เกิดจากเนื้อสัตว์ที่มี pH ค่อนข้างสูงที่ให้ความสามารถในการจับน้ำของโปรตีนสูง ดังนั้นน้ำในเนื้อส่วนใหญ่จะถูกจับไว้ภายในกล้ามเนื้อ เหล็กในฮีโมโกลบินยังคงอยู่ในสภาวะที่เป็น Fe²⁺ จึงทำให้เนื้อมีสีแดงคล้ำค่อนข้างถาวร(ชัยณรงค์,2529 และ เยาวลักษณ์,2536)

2. ความสามารถในการอุ้มน้ำ(Water holding capacity)

สภาพความเป็นกรด-ด่าง เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความสามารถการอุ้มน้ำของเนื้อ เนื้อในสภาพปกติจะมี pH ประมาณ 6.8 – 7.0 พบว่าโมเลกุลของโปรตีนในเนื้อจะมีประจุ(ขั้วบวกหรือขั้วลบ)สูง เนื่องจากมีกลุ่มของ Carboxyl Amino Carbonyl Hydroxyl Sulhydryl และ Imidazole อยู่ภายในโดยสารเหล่านี้จะจับน้ำที่มีอยู่ในเซลล์ของเนื้อไว้ได้ด้วยแรงดึงดูดไฮโดรเจน (Hydrogen bond)ทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงและไม่ซึมออกมาจากเนื้อเมื่อเซลล์ถูกตัด หั่นหรือบด และการเกิดที่หดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อในเนื้อที่มีคุณภาพปกติ (Normal meat)ทำให้การสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อประมาณสองในสามของการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำทั้งหมด ส่วนที่เหลือเป็นผลจาก pH ของเนื้อลดต่ำลง ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อมีค่าไม่เท่ากัน ในระหว่างมัดกล้ามเนื้อแตกต่างกันหรือในสัตว์ต่างชนิดกัน(เยาวลักษณ์,2536)

3. ความแน่น(Firmness)

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนาแน่นของเนื้อได้แก่ สภาวะการหดตัวของกล้ามเนื้อ(Rigor mortis) ไขมันแทรก(Marbling fat) เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ขนาดของมัดกล้ามเนื้อและความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ(เยาวลักษณ์,2536)

4. การกระจายตัวของไขมันในเนื้อ

เยาวลักษณ์(2536)กล่าวว่า ไขมันที่กระจายอยู่ในเนื้อเกิดจากการสะสมไขมันที่แทรกอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นใน(Perimysium)ที่ห่อหุ้มระหว่างมัดกล้ามเนื้อแต่ละมัด สัตว์ที่ออกแรงน้อย ใ้รับอาหารดีจะทำให้มีปริมาณไขมันกระจายเพิ่มมากในเนื้อ ปริมาณไขมันที่กระจายแทรกในเนื้อ มีรสชาด กลิ่นดี เมื่อนำไปทำให้สุก

5. ความชุ่มน้ำ(Juiciness)

เนื้อสัตว์ที่มีอายุน่าจะมีไขมันแทรกสูงจะมีผลทำให้ความชุ่มน้ำของเนื้อเพิ่มขึ้นและเนื้อสัตว์อายุน้อยจะมีความชุ่มน้ำสูงกว่าเนื้อสัตว์ที่มีอายุมาก โดยความชุ่มน้ำจะเป็นความรู้สึกที่ประสาทสัมผัสภายในปากได้รับจากการที่ของเหลวถูกบีบและกดดันออกมาจากเนื้อบดอยู่ในปาก ส่วนของเหลวที่ออกมาเป็นซีรัม(Serum)และไขมันจะไปทำให้เกิดการเร้งเร้าให้น้ำลายไหล (Salivation) (เยาวลักษณ์,2536)

6. กลิ่น(Odours)และรสชาติ(Taste)

กลิ่นเป็นปัจจัยที่สำคัญของรสชาติ เนื้อสัตว์สด ๆ มีกลิ่นบางเบาและรสชาติจะออกไปทางเค็ม ๆ เกิดขึ้นจากน้ำและส่วนของเลือดที่มีอยู่ในเนื้อ รสชาติของเนื้อสัตว์แต่ละชนิดหรือในสัตว์ชนิดเดียวกัน ส่วนของกล้ามเนื้อต่างจุดกันจะมีความแตกต่างกัน สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของรสชาติ คือ กรดอะมิโนอิสระ(Free amino acids)และน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่ง (Reducing suger) สารที่ละลายหรือคงอยู่ร่วมกับไขมันในเนื้อสัตว์ ซึ่งสารพวกนี้เมื่อถูกความร้อนในขณะที่กำลังทำให้สุกจะมีผลทำให้สารเคมีระเหยออกมาได้(Volatile substance)ส่งกลิ่นกระจายออกมาแตกต่างกัน เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีต้องมีกลิ่นผิดปกติในเนื้อ ได้แก่ กลิ่นของเพต กลิ่นอาหาร กลิ่นอาซิโตน (Acetone flavour)ที่เกิดจากปฏิกิริยาการทำลายของไขมันสะสมในร่างกายที่มากเกินไปและกลิ่นที่เนื้อดูตมมาจากสภาวะแวดล้อมภายนอก(เยาวลักษณ์,2536)

การเน่าเสียของเนื้อสัตว์

ชัยณรงค์(2539)กล่าวว่า การเน่าเสียของเนื้อสัตว์มีสาเหตุมาจากสารย่อยของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อหรือจากปฏิกิริยาการย่อยของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับเนื้อสัตว์และการเกิด Oxidation ของไขมันก็เป็นสาเหตุได้เช่นกัน สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เนื้อสัตว์จะเกิดการย่อยสลาย (Degradation) ของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และอื่นๆ โดยสารย่อยภายในเนื้อสัตว์เอง แต่ในเวลาต่อมาเมื่อจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น จึงทำให้มีกิจกรรมและการสร้างสารย่อยออกมา สารย่อยจากจุลินทรีย์จะย่อยสลายโมเลกุลขนาดใหญ่และมีโครงสร้างที่ยุงยากของเนื้อสัตว์เป็นโมเลกุลย่อยๆและมีโครงสร้างแบบง่ายๆธรรมดา จนกลายเป็นแหล่งโภชนาของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น และถ้าหากสภาวะแวดล้อมมีออกซิเจนพอเพียงแล้ว ผลผลิตสุดท้ายของจุลินทรีย์ที่ได้จะเป็นพวกเปปไทด์และกรดอะมิโน แต่ถ้าหากสภาวะแวดล้อมไม่มีออกซิเจนแล้วโปรตีนจะถูกย่อยสลายไปเป็นสารประกอบจำพวกกำมะถันหลากหลายชนิด ซึ่งสารประกอบเหล่านี้ทำให้มีกลิ่นเหม็นรุนแรงของเนื้อเน่าเสีย สารย่อยจากจุลินทรีย์จำพวกไลเปส(Lipases)ซึ่งสามารถย่อยสลายพวกไขมัน และ Phospholipids ไปเป็น Glycerol และ Fatty acids หรือในอีกกรณีหนึ่ง Phospholipids ก็จะได้ Nitrogenous bases และฟอสฟอรัส การย่อยดังกล่าวเรียกว่า Lypolysis ถ้าเกิดขึ้นมากๆจะทำให้เกิด Oxidation ของไขมันดังนั้นจึงทำให้เหม็นหืน ในเนื้อสัตว์จะมีคาร์โบไฮเดรตเพียง 1 เปอร์เซ็นต์หรือต่ำกว่านี้ เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์มากกว่าอย่างอื่น ดังนั้นคาร์โบไฮเดรต

ในเนื้อก็จะถูกใช้ให้หมดไปอย่างรวดเร็วและผลิตผลสุดท้ายที่ติดตามมาก็จะเป็นพวกแอลกอฮอล์ และกรดอินทรีย์ต่างๆ

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเนื่องจากจุลินทรีย์แบ่งออกเป็น 2 อย่างด้วยกันคือ การเน่าเสียแบบใช้อากาศ(Aerobic Spoilage) และ การเน่าเสียแบบไม่ใช้อากาศ(Anaerobic spoilage) ซึ่งการเน่าเสียแบบใช้อากาศโดยแบคทีเรียหรือยีสต์ มักจะมีน้ำเมือกกลิ่น มีกลิ่นที่เน่าเหม็น สีเปลี่ยนไป และมีการเปลี่ยนแปลงของไขมัน การเหม็นหืนแบบ Autoxidation จนทำให้มีกลิ่นและรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ ส่วนมากจะมี Lypolytic แบคทีเรียและยีสต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่เสมอ การเน่าเสียโดยราจะทำให้ผิวหน้าของเนื้อเหนียว การเก็บซากสัตว์ไว้นานๆจะทำให้ราเกิดขึ้นอยู่เสมอ ทำให้ที่ผิวของเนื้ออาจมีสีต่างๆเช่นสีดริม สีดำ หรือสีเขียว เป็นต้น การเกิดมีรามากๆจะเป็นปัจจัยที่ช่วยเร่งให้เกิดการเหม็นหืนแบบ Autoxidation ได้เร็วขึ้นด้วย การเน่าเสียแบบใช้อากาศ จะต้องมียอกซิเจนเสมอ ดังนั้นจึงเกิดขึ้นอยู่ที่บริเวณผิวนอกของก้อนเนื้อเท่านั้น ส่วนการเน่าเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะเกิดขึ้นบริเวณภายในของก้อนเนื้อหรือภายในผลิตภัณฑ์เนื้อที่ออกซิเจนเข้าไปไม่ได้ การเน่าเสียแบบนี้เกิดจากแบคทีเรียชนิด Facultative และ Anaerobic โดยส่วนมากจะเกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยวและกลิ่นฟุ้งแรง ซึ่งมีสาเหตุมาจากการสะสมกันของกรดอินทรีย์ ที่ได้มาจากการสลายย่อยของแบคทีเรียไปย่อยสลายสารประกอบที่มีโครงสร้างของโมเลกุลที่ซับซ้อน นอกจากนั้นการเกิด Proteolysis โดยไม่มีการเน่าเสีย ก็อาจทำให้เกิดความเปรี้ยวได้ด้วยเช่นกัน(ชัยณรงค์,2539)

การถนอมอาหารโดยการแช่เยือกแข็ง

การแช่เยือกแข็งเป็นวิธีที่ดีและสามารถปฏิบัติได้ด้วยวิธีหนึ่ง เพื่อใช้ถนอมอาหารระยะยาว เมื่อปฏิบัติอย่างถูกต้องวิธีนี้จะสามารถรักษากลิ่น สี และคุณค่าทางอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ แต่จะสามารถรักษาเนื้อสัมผัสไว้ได้ปานกลางเท่านั้น แม้ว่าการแช่เยือกแข็งจะเป็นวิธีที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการถนอมอาหารอื่นๆก็ตามแต่ก็ยังพบว่ายังมีผลทำลายผลิตภัณฑ์ที่นำไปแช่เยือกแข็งด้วย ความรุนแรงของการทำลายนั้นขึ้นกับลักษณะของกระบวนการแช่เยือกแข็ง และลักษณะของผลิตภัณฑ์(นพวรรณและนฤดี,2538)

ธนกร(2537)กล่าวว่า การแช่เยือกแข็งเป็นกระบวนการ การถ่ายเทความร้อนกับน้ำยาเครื่องเย็น ซึ่งไหลเวียนอยู่ภายในของท่อความเย็น กระบวนการแช่เยือกแข็งแบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นตอนการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ โดยนับจากอุณหภูมิเริ่มต้นจนถึงอุณหภูมิต่ำสุด ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิต่ำสุดแตกต่างกัน
2. ขั้นตอนการตกผลึกเป็นน้ำแข็ง นับจากอุณหภูมิต่ำสุดจนถึงจุดเยือกแข็ง น้ำในผลิตภัณฑ์จะกลายเป็นน้ำแข็ง การแช่เยือกแข็งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีจะต้องใช้เวลาสั้น
3. ขั้นตอนการลดลงของอุณหภูมิต่ำสุดจนถึง -18 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า

ไพบูลย์(2532)ได้แบ่งกรรมวิธีการแช่เยือกแข็งออกได้ดังนี้

1. วิธีการแช่เยือกแข็งด้วยอากาศ (Air Freezing) การแช่เยือกแข็งด้วยอากาศแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 Still air freezing เป็นการแช่เยือกแข็งด้วยอากาศหรือลมเย็นมีการหมุนเวียนอย่างช้าๆหรือไม่มีการหมุนเวียนของลมเย็นเลย มีอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งต่ำมาก

1.2 Air blast freezing เป็นวิธีแช่เยือกแข็งที่อาศัยอากาศหรือลมเป่าเป็นตัวกลาง เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงพัดผ่านหมุนเวียนอยู่เหนือผลิตภัณฑ์ ลมเย็นจะระบายความร้อนออกจากชั้นผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิลดลง อุปกรณ์ที่เรียกว่า Air blast freezer มีลักษณะเป็นห้องแช่เยือกแข็ง ลมเย็นมีอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ถึง -34 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า ความเร็วของลมจะอยู่ที่ช่วง $100 - 3500$ ฟุตต่อนาที โดยใช้ตัวทำความเย็น เป็นพวกแอมโมเนียหรือ R-2 (Dichlorodifluoromethane) ซึ่งไหลภายในท่อและจะสัมผัสกับลมเย็นที่ใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน

2. วิธีการแช่เยือกแข็งแบบเพลท(Plate Freezing)

เป็นวิธีการแช่เยือกแข็งโดยระบบผลิตภัณฑ์จะถูกสัมผัสทั้ง 2 ด้าน โดยแผ่นโลหะให้ความเย็น ซึ่งมีน้ำยาเครื่องเย็นไหลผ่านภายใน วิธีนี้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปได้ดีมาก ทำให้การแช่เยือกแข็งเป็นไปอย่างรวดเร็ว ใช้เวลาสั้น ข้อจำกัดของการเลือกใช้วิธีนี้คือ ผลิตภัณฑ์จะต้องมีขนาดและรูปร่างสม่ำเสมอ ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งจะขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์ ถ้าหนามากก็ใช้เวลามากขึ้น ความหนาสูงสุดที่นิยมใช้คือ 50 มิลลิเมตร การแช่เยือกแข็งโดยวิธีนี้นิยมทำเป็นตู้มากกว่าจะทำเป็นห้องเย็นขนาดใหญ่ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการแช่เยือกแข็งเป็นครั้งคราวไป โดยใช้เวลาในแต่ละครั้งไม่เกิน 4 ชั่วโมง

3. วิธีการแช่เยือกแข็งโดยการจุ่มในของเหลว(Immersion Freezing)

เป็นวิธีการทำให้อาหารเย็นจนแข็งโดยการจุ่มหรือฉีดาอาหาร(มีภาชนะบรรจุห่อหุ้มหรือไม่ก็ได้)ลงไป ใน Liquid coolant เช่น ไนโตรเจนเหลว ไนตรัสออกไซด์เหลว อากาศเหลว และน้ำเกลือ เป็นต้น วิธีนี้จะทำให้การส่งผ่านความร้อนเกิดได้เร็ว

4. วิธีการแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจนิค(Cryogenic Freezing)

เป็นวิธีการที่เร็วมาก สารลดอุณหภูมิ (Coolant)ที่ใช้คือไนโตรเจนเหลว หรือฮีลียมเหลว หรือน้ำแข็งแห้ง สัมผัสกับอาหารที่ต้องการแช่แข็ง เวลาที่ใช้ในการทำให้อาหารเย็นจนแข็งนี้ใช้เวลาสั้นมาก โดยวัดเป็นวินาที วิธีนี้มีประโยชน์กับอาหารที่มีขนาดเล็ก วิธีนี้ต้องใช้อาหารด้วยความระมัดระวัง มิฉะนั้นจะเกิด Thermal shock ได้ เนื่องจากความแตกต่างกันอย่างมากระหว่างอุณหภูมิของอาหารและ Coolant

สารโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต(Sodium tripolyphosphate)

สารโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตจัดเป็นสารประกอบฟอสเฟตชนิดหนึ่ง ศิวาพร(2535)

กล่าวว่า สารประกอบฟอสเฟตซึ่งเป็นวัตถุเจือปนอาหารชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมากเนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตมีคุณสมบัติที่ช่วยปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้นและได้มาตรฐาน การเติมสารประกอบฟอสเฟตลงในเนื้อจะช่วยปรับปรุงคุณลักษณะต่างๆของเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อให้ดีขึ้นได้ดังนี้

1. ช่วยให้อายุของเนื้อคงตัว
2. ช่วยให้อาหารจับตัวได้ดีขึ้น
3. ช่วยให้อาหารนุ่ม
4. ช่วยเพิ่มความสามารถอุ้มน้ำของเนื้อ
5. ช่วยปรับปรุง กลิ่น รสของเนื้อและผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น
6. ช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นไม่ดี
7. ช่วยป้องกันการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์

ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84(2527)กล่าวถึง คุณสมบัติของสารโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต มีสูตรทางเคมี คือ $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ มีน้ำหนักโมเลกุล 767.86 คุณสมบัติเป็นผงหรือเม็ดหยาบสีขาว สามารถดูดความชื้นได้เล็กน้อย และสามารถละลายน้ำได้ดี สารนี้มี 2 ชนิดคือ ชนิดอโนไฮเดรต (Unhydrate) และชนิดไฮเดรต(Hydrate)

ผลของสารโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตต่อคุณภาพของเนื้อแช่แข็ง

ฐะฎฐฎฎฎ(2536)ได้ทำการทดลองโดยนำเนื้อสุกร(เนื้อสันใน)แช่ในสารละลาย STPP ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.5 และ 5.0 เป็นเวลา 15 และ 30 นาที บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนทำการผืนึกสุญญากาศด้วยเครื่อง แล้วผ่านการแช่เยือกแข็งโดยใช้ลมเย็น (Air blast freezing) ที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส เก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน พบว่าเนื้อสุกรแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายร้อยละ 5.0 STPP นาน 30 นาทีที่มีการเปลี่ยนแปลง Thiobarbituric acid number (TBA number) การสูญเสียน้ำหนักหลังการทำให้สุก(Cooking loss)และค่า pH น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสุกรที่ไม่ผ่านการแช่ในสารละลาย STPP ในด้านการยอมรับของผู้ทดสอบพบว่า ผู้ชิมให้การยอมรับตัวอย่างเนื้อสุกรแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายร้อยละ 5.0 STPP นาน 30 นาที โดยเฉพาะด้านกลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมากกว่าตัวอย่างอื่น

ฐฐฐฐฐ(2537)ได้ทำการทดลองนำเนื้อสุกร(Ham)แช่ในสารละลาย STPP ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.5 และ 5.0 แช่เนื้อสุกรเป็นเวลา 15 และ 30 นาที บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนโดยเครื่องผืนึกสุญญากาศ นำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส เก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน จึงทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า เนื้อสุกรแช่เยือกแข็งที่ผ่านการ

แช่ในสารละลาย STPP ร้อยละ 5 เป็นเวลา 15 และ 30 นาที มีคุณภาพดีที่สุกและมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อย ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ให้ผลที่ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรเลือกใช้สารละลาย STPP ความเข้มข้นร้อยละ 5.0 แช่เนื้อสุกรเป็นเวลา 15 นาทีก่อนทำการแช่เยือกแข็ง

ในการศึกษาผลของสารโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่มีต่อคุณภาพของเนื้อสุกรส่วนขาหน้าแช่เยือกแข็ง ซึ่งในการทดลองได้ใช้สารละลาย STPP ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.5 และ 5.0 โดยนำเนื้อที่ผ่านการตัดแต่งเรียบร้อยแล้วแช่ลงในสารละลาย STPP เป็นเวลา 15 และ 30 นาทีนำไปบรรจุด้วยระบบสุญญากาศ แล้วแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วันในระหว่างการเก็บรักษาทำการประเมินคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ จำนวนจุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสพบว่า เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรแช่เยือกแข็งนาน 90 วัน ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านต่าง ๆ ต่ำตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่พบว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพส่วนใหญ่ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย STPP และผลิตภัณฑ์ที่แช่ในสารละลาย STPP ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 30 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์ Cooking loss ปริมาณเปอร์เซ็นต์ Metmyoglobin และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำ ส่วนคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงกว่าชุดทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่อย่างไรก็ตาม ในการใช้สารละลาย STPP ในระดับนี้ ยังมีสารฟอสเฟต (P_2O_5) ตกค้างในปริมาณร้อยละ 0.2941 (นพวรรณและนฤดี, 2538)

อารยาและสิงหนาท(2542)ได้ทำการวิจัยการปรับปรุงคุณภาพด้านสีและการยับยั้งการเกิดกลิ่นผิดปกติของเนื้อสุกรส่วนสะโพกแช่แข็งโดยการใช้แช่สารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตเข้มข้นร้อยละ 2.5 และ 5.0 ซึ่งนำเนื้อสุกรแช่ลงในสารละลายนาน 15 และ 30 นาที ก่อนการแช่เยือกแข็งและทำการประเมินคุณภาพในด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง TBA number ค่าเปอร์เซ็นต์ Cooking loss ปริมาณฟอสเฟตและคุณภาพด้านสี เพื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสุกรที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย STPP ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง การใช้สารละลาย STPP ช่วยเพิ่มค่า pH ในเนื้อสุกรซึ่งแตกต่างจากเนื้อสุกรที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย STPP อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลาในการเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งของเนื้อสุกร(ภาพที่ 1)

2. ค่าไทโอบาร์บิทูริคินัมเบอร์ (TBA number) เป็นค่าดัชนีบอกถึงการเกิดกลิ่นหืนของเนื้อสุกรแช่แข็ง เนื้อสุกรแช่แข็งที่ไม่ผ่านการแช่ในสารละลาย STPP มีแนวโน้มของค่า TBA number เพิ่มขึ้นมากกว่า เนื้อสุกรแช่แข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลาย STPP ($P < 0.05$) เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตสามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอนุมูลอิสระในเนื้อ ทำให้ช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และสารประกอบฟอสเฟตยังทำให้ค่า pH ของเนื้อเพิ่มสูงขึ้นทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อพองตัวและจับตัวกันแน่น ทำให้ป้องกันการแพร่ผ่านของออกซิเจน แต่

อย่างไรก็ตามเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP เป็นเวลา 5 นาน 15 และ 30 นาที มีการเปลี่ยนแปลงค่า TBA number ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ภาพที่ 2)

3. ค่าเปอร์เซ็นต์ Cooking loss เนื้อสุกรแช่แข็งที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเนื้อสุกรที่ไม่แช่ในสารละลาย STPP ก่อนการแช่แข็ง อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)เนื้อสุกรที่ผ่านการแช่ในสารละลาย STPP เข้มข้นสูงหรือระยะเวลาการแช่นาน จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ Cooking loss ต่ำลง อย่างไรก็ตาม เนื้อสุกรที่ผ่านการแช่ในสารละลาย STPP เข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 15 และ 30 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์ Cooking loss ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

4. ปริมาณฟอสเฟต ($\% P_2O_5$) เนื้อสุกรโดยทั่วไปมีธาตุฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีปริมาณฟอสเฟตประมาณ 2,000 mg/Kg (จุฑารัตน์, 2538) ในการทดลองเนื้อสุกรผ่านการแช่ในสารละลาย STPP มีปริมาณฟอสเฟตตกค้างแตกต่างจากเนื้อสุกรที่ไม่ผ่านการแช่ในสารละลาย STPP อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่ในสารละลาย STPP เข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 15 และ 30 นาที มีปริมาณฟอสเฟตตกค้างไม่แตกต่างกันคือ ร้อยละ 0.261 – 0.263 (2,610 – 2,630 mg/Kg)ที่ระยะเวลาเก็บรักษานาน 60 วันซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับคือไม่เกินข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 (2527) เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร โดยกำหนดปริมาณการใช้สูงสุดของสารละลาย STPP ในเนื้อสัตว์แช่แข็งไม่เกิน 5,000 mg/Kg

5. คุณภาพด้านสี การใช้สารชะลอการเปลี่ยนแปลงจาก Oxymyoglobin ไปเป็น Metmyoglobin โดยเนื้อสุกรที่แช่ในสารละลาย STPP มีแนวโน้มของค่าการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อ (Hunter a value) สูงกว่าเนื้อสุกรที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย STPP ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P < 0.05$) จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP จากสีแดงไปเป็นสีแดงปนน้ำตาลมีน้อยกว่าเนื้อสุกรที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย STPP เนื้อสุกรที่ผ่านการแช่ในสารละลายระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.5 และ 5.0 และระยะเวลาในการแช่นาน 15 และ 30 นาที มีค่าสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ภาพที่ 3)

วิจารณ์

การนำสารละลาย STPP มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพต่างของเนื้อแช่แข็งซึ่งสามารถปรับปรุงคุณภาพในด้านต่างๆได้ดีกว่าการแช่แข็งแบบที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย STPP การใช้สารละลาย STPP ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงจาก Oxy myoglobin ไปเป็น Metmyoglobin เนื้อสุกรที่แช่สารละลาย STPP มีแนวโน้มของค่า Hunter a value สูงกว่า เนื้อสุกรที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย STPP ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากว่าสาร STPP เป็นสารประกอบจำพวกฟอสเฟต จึงมีคุณสมบัติเพิ่มความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสุกรแช่แข็งทำให้ในเนื้อมี pH สูง โดยห่างจาก Isoelectric range ที่อยู่ในช่วง 5.2 – 5.3 ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อพองตัวขึ้นและจับกันแน่น สามารถป้องกันการแพร่ของออกซิเจนจึงสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จาก Oxy myoglobin ไปเป็น Metmyoglobin ดังนั้นจึงทำให้การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP จากสีแดงไปเป็นสีแดงปนน้ำตาลมีน้อยกว่าเนื้อสุกรที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย STPP แต่ในการใช้สาร STPP ควรคำนึงถึงปริมาณการใช้ที่มีผลตกค้างที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคด้วยโดยปริมาณสูงสุดของสาร STPP ในเนื้อสัตว์แช่แข็งมีไม่เกิน 5000 mg/Kg ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 (2527)เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร

สรุป

เนื้อสุกรที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเนื้อแช่แข็งที่ไม่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โดยเฉพาะในด้านคุณภาพสีของเนื้อแช่แข็งการใช้สารละลาย STPP จะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงจาก Oxy myoglobin ไปเป็น Metmyoglobin และคุณภาพด้านกลิ่น การใช้สารละลาย STPP ก็ยังสามารถช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน อันเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นหืนได้ เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตสามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอนุมูลโลหะในเนื้อได้

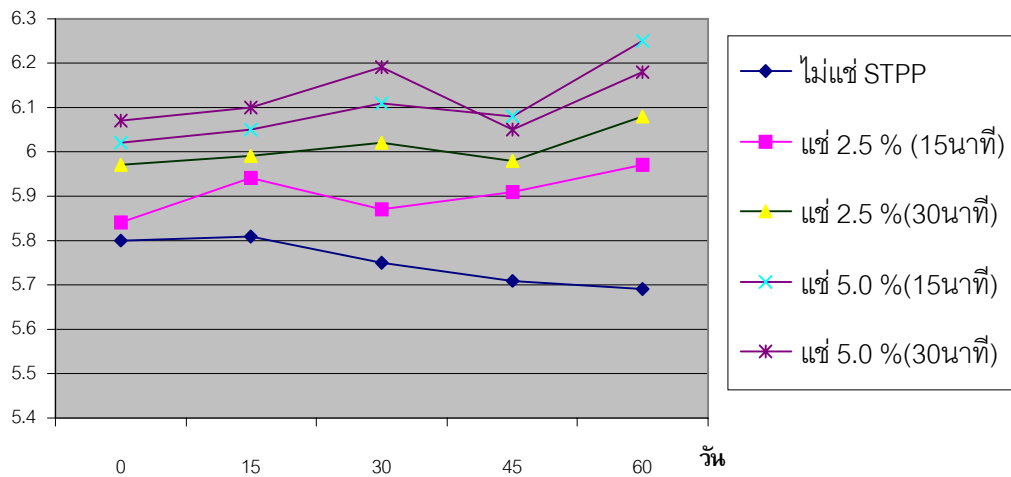
เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข.2527.ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84(2527) เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร.กรุงเทพฯ:งานควบคุมอาหาร กระทรวงสาธารณสุข
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล.2538. เอกสารการฝึกอบรมเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 2.อ้างโดย อารยา เชาวน์เรื่องฤทธิ์และสิงหนาท พวงจันทร์แดง.2542.การปรับปรุงคุณภาพด้านสีและการยับยั้งการเกิดกลิ่นผิดปกติของเนื้อหมูส่วนสะโพกแช่แข็ง.วารสารวิจัย มข. ปีที่ 4 ฉบับที่ 2
- ชัยณรงค์ คันทพนิต.2529 .วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์.พิมพ์ครั้งที่ 1 .ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.275 น.
- ฐะฎาวุฒิ สังขวรรณะ.2536.ผลของโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่มีต่อคุณภาพของเนื้อสุกรแช่แข็ง.ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ชิติกาน เมฆจรสกุล และหทัยกาญจน์ จิระสวัสดิตระกูล.2537.การปรับปรุงคุณภาพด้านสีและการยับยั้งการเกิดกลิ่นผิดปกติของเนื้อหมูแช่เยือกแข็ง.ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ชรกร โรจนกร.2537.เอกสารประกอบการสอนวิชา 667 332 การแปรรูปอาหาร 2. อ้างโดย นพวรรณ เฉลิมวารงกุลและนฤดี พงศ์กิจวิฑูร.2538.ผลของโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่มีต่อคุณภาพของเนื้อสุกรส่วนขาหน้าแช่เยือกแข็ง.ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- นพวรรณ เฉลิมวารงกุลและนฤดี พงศ์กิจวิฑูร.2538.ผลของโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่มีต่อคุณภาพของเนื้อสุกรส่วนขาหน้าแช่เยือกแข็ง.ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาลิก .2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร.อ้างโดย ชิติกาน เมฆจรสกุล และหทัยกาญจน์ จิระสวัสดิตระกูล.2537.การปรับปรุงคุณภาพด้านสีและการยับยั้งการเกิดกลิ่นผิดปกติของเนื้อหมูแช่เยือกแข็ง.ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์นิษฐ์.2536.เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.พิมพ์ครั้งที่ 2.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ศิวาพร ศิวเวชช .2535.วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร.พิมพ์ครั้งที่ 1.ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.328 น.
- อารยา เชาวน์เรื่องฤทธิ์และสิงหนาท พวงจันทร์แดง.2542.การปรับปรุงคุณภาพด้านสีและการยับยั้งการเกิดกลิ่นผิดปกติของเนื้อหมูส่วนสะโพกแช่แข็ง.วารสารวิจัย มข. ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 : 55 - 62 น.

Pearson, A.M and T.R.Dutson.1994. Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish product. New York Blackie Academic & Professional

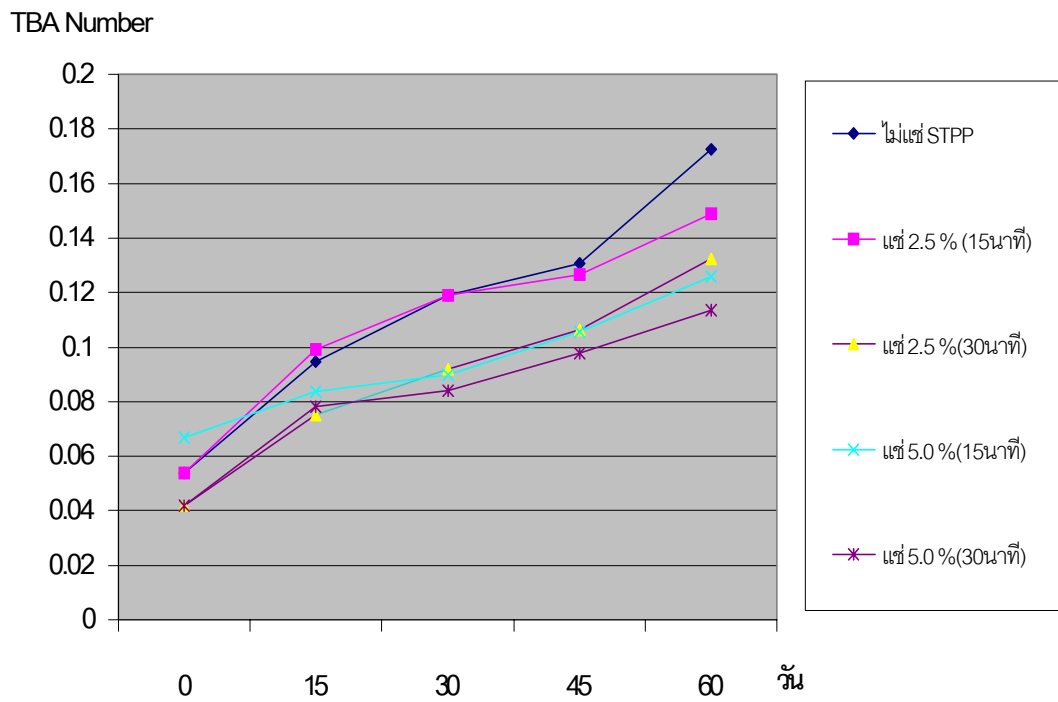
Vote, D.J., W.J.Platter, J.D.Tatum, G.R.Schmidt,K.E. Belk,G.C.Smith and N.C.Speer. 2000. Injection of beef strip lion with solutions containing sodium tripolyphosphate, sodium lactate and sodium choride to enhance palatability. J. of Animal Science.78:952-957

ค่า pH

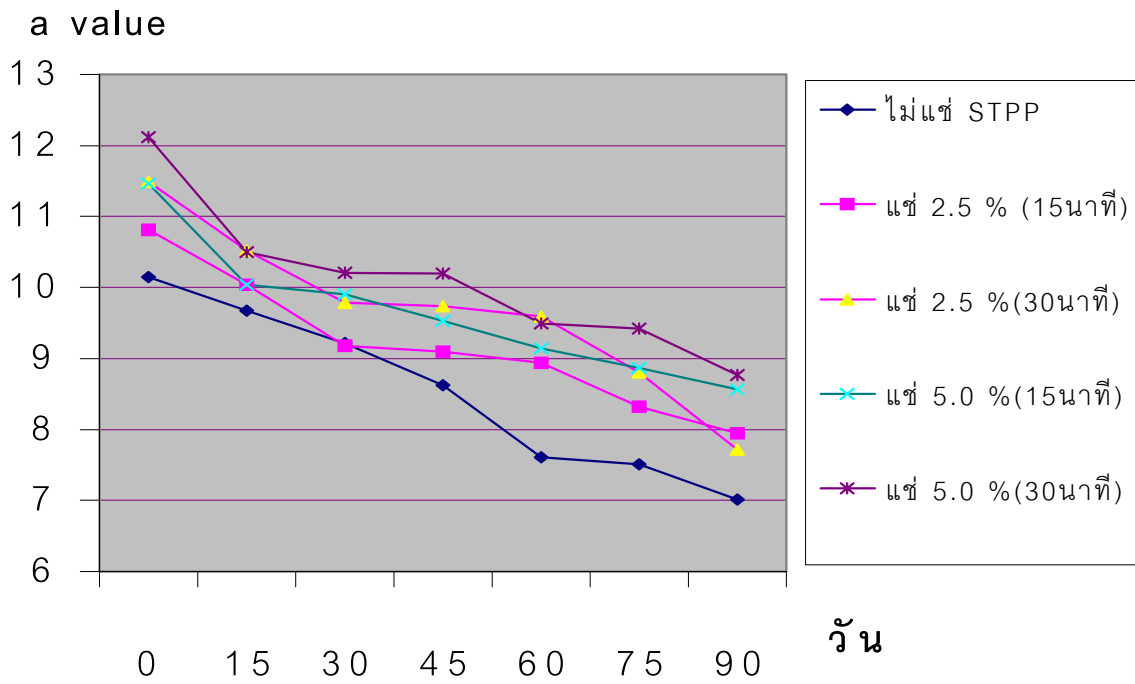


ภาพที่ 1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสุกร ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งที่ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

ที่มา : ทิตติกาน และ หทัยกาญจน์ (2537)



ภาพที่ 2 TBA Number ของเนื้อสุกรแช่แข็ง ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งที่ อุณหภูมิ -18°C . เป็นเวลา 60 วัน
 ที่มา : ทิตติกันและหทัยกาญจน์(2537)



ภาพที่ 3 ค่าสี (Hunter a value) ของเนื้อสุกรแช่แข็ง ที่เก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำ -18 °ซ. เป็นเวลา 90 วัน
 ที่มา : นพวรรณและนฤดี(2538)

