



วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

University of the Thai Chamber of Commerce Journal

ปีที่ 25 ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน - ธันวาคม 2548

บทความวิชาการ

จริยธรรมทางธุรกิจเพื่อการเติบโตขององค์กรอย่างยั่งยืน

เขवालักษณ์ จิตต์วีโรดม

ร่างพระราชบัญญัติเขตพิเศษหรือเขตเศรษฐกิจพิเศษ

พงษ์ธร ส้าราญ

สงครามเย็นยุคใหม่: สงครามเย็นในอวกาศ

พงษ์นคร นครสันติภาพ

Recent Advances in Analysis of Plant Phenolics Considering

Maximum Ultra-Violet Absorption

พิชญ์อร โหมสุทธิสกุล

The Resource-Based View of the Firm

ปพฤกษ์ อุดสาหะวณิชกิจ

บทความวิจัย

การปรับปรุงประสิทธิภาพของจุดควบคุมกระบวนการเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย

ปารเมศ ชูติมา และอนันต์ บูชาบุญพาทจารย์

ผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของซิงสดแห้งฝอย

เกษร น้อยนาง ภาสุรี อุทธิเลิศ นพมาศ วรเนตร์ ศรีบุญญา ศรีปริวัณณี ปรียะทัศน์ย์ ประไซโย และ ชีรพร กงบังเกิด

การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์โปรตีนจากเชื้อ

alkaliphilic *Bacillus* sp. โดยใช้กากเมล็ดดอกทานตะวันเป็นวัตถุดิบ

รัชณี ไสยประจง

คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารปรุงสำเร็จที่จำหน่ายบริเวณมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

อุษามาศ จริยวานุกุล

สมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของวุ้นชาเขียว

สิรินาด ตันจกเกษม

รูปแบบการดำเนินชีวิต และพฤติกรรมการเปิดรับสื่อโฆษณาของกลุ่มคนโสดในเขตกรุงเทพมหานคร

กมลัญ วรพิทยุต

การประยุกต์ใช้แบบจำลองการล้มละลายกับบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

สุดา ปีตะวรรณ

Acculturation and Communication of Thai Students in an American University

รุ่งรัตน์ ชัยสำเร็จ

เกร็ดความรู้ที่น่าสนใจ

โฆเซ ซารามาโก กับรางวัลโนเบลสาขาวรรณกรรมปี ค.ศ.1998

เหรียญ หล่อวิมจล

ISSN 0125-2437

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

ปีที่ 25 ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน - ธันวาคม 2548

	หน้า
บทบรรณาธิการ	
บทความวิชาการ	
* จริยธรรมทางธุรกิจเพื่อการเติบโตขององค์กรอย่างยั่งยืน ยาวลักษณ์ จิตต์วโรดม	7
* ร่างพระราชบัญญัติเขตพิเศษหรือเขตเศรษฐกิจพิเศษ พงษ์ธร สำราญ	20
* สงครามเย็นยุคใหม่: สงครามเย็นในอวกาศ พงษ์นคร นครสันติภาพ	28
* Recent Advances in Analysis of Plant Phenolics Considering Maximum Ultra-Violet Absorption พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล	47
* The Resource-Based View of the Firm ปฟฤกษ์ อุตสาหะวานิชกิจ	66
บทความวิจัย	
* การปรับปรุงประสิทธิภาพของจุดควบคุมกระบวนการเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย ปารเมศ ชุติมา และอนันต์ นุชาบุพพาคารย์	78
* ผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกต่อ คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของซิงสดหั่นฝอย เกษร น้อยนาง ภาสุรี ฤทธิเลิศ นพมาศ วรเนตร์ ศรัญญา ศรีปริวุฒิ ปรียะทัศน์ย์ ประไชโย และ อีรพร กงบังเกิด	93
* การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์โปรตีนจากเชื้อ alkaliphilic Bacillus sp. โดยใช้กากเมล็ดดอกทานตะวันเป็นวัตถุดิบ วิชณี ไสยประจง	105
* คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารปรุงสำเร็จที่จำหน่ายบริเวณมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย อุษามาส จริยวรรณกุล	115
* สมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของวุ้นชาเขียว สิรินาถ ตันตเกษม	126

ผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของขิงสดหั่นฝอย

Effect of Sodium metabisulfite and Ascorbic acid on Quality and Shelf life of Shredded Ginger

เกษร น้อยนาง ภาสุรี อุทธิเลิศ นพมาศ วรเนตร์ ศรัญญา ศรีปริวุดิ
ปริยัตตนี้อยู่ ประไซโย ชีรพร กงบังเกิด

อาจารย์ประจำภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
พิษณุโลก 65000

E-mail: teerapornk@nu.ac.th , preyatud@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ขิงสดหั่นฝอยที่วางจำหน่ายในท้องตลาดเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเกิดสีน้ำตาลทำให้มีคุณภาพและอายุการเก็บรักษาลดลง งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของขิงสดหั่นฝอยโดยนำขิงสดหั่นฝอยไปจุ่มในสารเคมีแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 + 2 องศาเซลเซียส วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสี กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และเชื้อรา พบว่าการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล โดยขิงสดหั่นฝอยมีค่า L* และ b* สูงกว่าขิงสดหั่นฝอยชุดควบคุมและชุดที่จุ่มในกรดแอสคอร์บิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 และ 9 วันตามลำดับและมีกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่ำกว่าชุดควบคุมประมาณ 4 เท่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และเชื้อรามีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมประมาณ 1 log cycle และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อ ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดในขิงสดหั่นฝอย

คำสำคัญ : ขิงสดหั่นฝอย โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดแอสคอร์บิก อายุการเก็บรักษา

Abstract

Shredded ginger in the market is most likely deteriorated by the enzymatic browning reaction leading to the unacceptable quality and shortens shelf-life. This study was to investigate the effects of sodium metabisulfite and ascorbic acid at various concentrations on the quality and shelf-life of ready-to-eat shredded ginger. Shredded ginger was soaked under Na₂SO₅ or ascorbic acid solution at three different levels of concentration (0.1%, 0.3% and 0.5% w/v) and subsequently stored at 4 ± 2⁰C. The color, PPO activity, total microbial counts and total yeast and mold were evaluated. The results showed that shredded ginger treated with 0.3% Na₂SO₅ found to be efficiently effective and had significantly higher L* and b* values compared to control and that treated with ascorbic acid (p>0.05) after 6 and 9 days of storage. PPO activity was four times lower than the control, while the total microbial count and yeast and mold count decreased 1 log cycle lower than the control. In addition, both Na₂SO₅ and ascorbic acid can be used in the treatment of shredded ginger with no effect on both pH and total acidity.

Keywords : shredded ginger, sodium metabisulfite, ascorbic acid, shelf-life

บทนำ

การแปรรูปผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเนื่องจากให้ความสะดวกในด้านการเตรียมอาหาร และการนำไปบริโภค ประเทศไทยมีการนำผักและผลไม้หลายชนิดมาแปรรูปพร้อมบริโภค เช่น ชিং หอมหัวใหญ่ ผักกาดหอม แตงโม สับปะรด ผลไม้ชนิดต่างๆ ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเล็กน้อยจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเซลล์ถูกทำลาย (Brecht, 1995) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์อ่อนแอ และง่ายต่อการเข้าทำลายหรือการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดความเสื่อมเสียเป็นผลให้มีอายุการเก็บรักษาสั้นลง และอาจมีผลต่อความปลอดภัยในการบริโภค การใช้เทคโนโลยีเฮิร์ดเดิล (Hurdle Technology) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้ โดยการใช้วิธีการต่างๆ หลายวิธีการร่วมกัน เช่น การใช้สารเคมี การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำร่วมกับการบรรจุในภาชนะที่เหมาะสม เป็นต้น (Leistner, 2000) ซึ่งมีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวกับผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้สดตัดแต่งหลายชนิดและพบว่าสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งของการผลิตผักและผลไม้สดตัดแต่งคือการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ โดยเฉพาะเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้อยลง (Wiley, 1994) และ การใช้สารเคมีชนิดต่างๆ เช่น สารประกอบซัลไฟต์และการใช้กรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของชিংสดหั่นฝอยพร้อมบริโภค (Ahvenainen, 1996)

ชিং (*Zingiber officinalis* Rosc.) เป็นเครื่องเทศอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาแปรรูปเล็กน้อยให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมบริโภค โดยรูปแบบที่พบมากที่สุดคือชিংสดหั่นฝอย (Shredded) ซึ่งปัญหาที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวคือการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของชিংสดหั่นฝอยพร้อมบริโภค

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างชিংหั่นฝอยและสารเคมี

1.1 ชিংสด คัดเลือกหัวที่ไม่มีตำหนิและแตกหักหรือบาดแผลจากแมลง หรือโรคที่เกิดจากจุลินทรีย์ นำมาล้างในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 ppm เป็นเวลา 2 นาที นำมาปอกเปลือก และหั่นเป็นฝอยให้มีความหนาประมาณ 2.0 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 3.0-5.0 เซนติเมตร ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง

1.2 สารเคมี ได้แก่ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Fluka, Germany) และกรดแอสคอร์บิก (food grade) (ไอวีเคมีคัล แอนด์ซัพพลาย, ไทย) โดยนำมาเตรียมให้มีความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 (ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายที่อุณหภูมิห้อง)

2. การศึกษาผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของซิงสดหั่นฝอยพร้อมบริโภค มีวิธีการดังนี้

2.1 นำซิงสดหั่นฝอยที่เตรียมได้มาจุ่มในสารเคมีที่มีความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 2 นาที (Gonzalez-Aguilar, et al., 2004) โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบกำหนดเวลานำซิงสดขึ้นและผึ่งให้แห้งนาน 20 นาที บรรจุซิงสดหั่นฝอย 80.0 กรัมในภาชนะขนาด 5x5 ตารางนิ้ว หุ้มด้วยฟิล์มพีวีซีขนาด 10 ไมครอน (โดยชุดควบคุมคือซิงสดหั่นฝอยจุ่มในน้ำกลั่น) นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส

2.2 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (โดยเครื่อง Hunter lab รุ่น DP 9000 ประเทศสหรัฐอเมริกา) ลักษณะเนื้อสัมผัส (โดยเครื่อง Instron รุ่น 4411 ประเทศสหรัฐอเมริกา) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ ค่า pH (โดยเครื่อง pH meter Horiba F-21 ประเทศญี่ปุ่น) ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดซิตริก) โดยการไตเตรท (AOAC, 2000) และกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Selvaraj and Kumar, 1989) และวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และเชื้อราและรายงานผลเป็น log CFU/g (Kiss, 1984) ทำการวิเคราะห์ทุก 3 วัน เป็นเวลา 15 วัน การทดลองทั้งหมดและการวิเคราะห์ทำ 3 ซ้ำ และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS[®] เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของซิงสดหั่นฝอย

1.1 ผลต่อค่า L* และค่า b*

การศึกษาผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของซิงสดหั่นฝอยในด้านการเปลี่ยนแปลงของค่า L* ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กำหนดความสว่างของซิงสดแสดงในตารางที่ 1 และค่า b* ซึ่งเป็นค่ากำหนดสีเหลืองของซิงสดแสดงในตารางที่ 2 ตามลำดับ จากตารางที่ 1 พบว่าค่า L* ของซิงสดหั่นฝอยทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส โดยซิงสดหั่นฝอยชุดที่จุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นไปจะสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีขึ้น ดังจะเห็นได้จากค่า L* ที่มีค่าสูงขึ้น จากตารางยังพบว่าค่า L* ของซิงสดหั่นฝอยที่จุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 มีค่าสูงกว่าค่า L* ของซิงสดหั่นฝอยที่จุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 ($p < 0.05$) เมื่อเก็บรักษาในช่วงระยะเวลา 6 วันแรกแต่หลังจากนั้นพบว่าค่า L* ของซิงสดหั่นฝอยในชุดทดลองทั้งสองไม่มีความแตกต่างกัน

ในขณะที่ชิงสดหั่นฝอยชุดที่จุ่มในสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นต่างๆ มีค่า L^* ต่ำกว่าค่า L^* ของชิงสดหั่นฝอยชุดที่จุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญในแต่ละวันของการเก็บรักษา ($p < 0.05$) ยกเว้นวันที่ 0 ของการเก็บรักษาซึ่งค่า L^* ของชิงสดหั่นฝอยที่จุ่มในสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 มีค่าสูงที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างจากค่า L^* ของชิงสดหั่นฝอยที่จุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 และ 0.5 โดยมีค่าสูงกว่าค่า L^* ของชิงสดหั่นฝอยชุดควบคุมและชุดที่จุ่มด้วยกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นที่ร้อยละ 0.3 และ 0.1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ในส่วน of ค่า b^* พบว่าค่า b^* ของชิงสดหั่นฝอยทุกชุดมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกับค่า L^* ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลทำให้สีของชิงสดหั่นฝอยคล้ำลง ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วันพบว่าชิงสดหั่นฝอยที่จุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 มีค่า b^* สูงกว่าชิงสดหั่นฝอยชุดควบคุมและชุดที่จุ่มในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน พบว่าค่า b^* ของชิงสดหั่นฝอยที่จุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 มีค่าสูงกว่าค่า b^* ของชิงสดหั่นฝอยที่จุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากผลการทดลองนี้ทำให้สรุปได้ว่าโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในชิงสดหั่นฝอยได้ดีกว่ากรดแอสคอร์บิก

ตารางที่ 1 ค่า L^* ของชิงสดหั่นฝอยที่แช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส

Treatment	ค่า L^*						
	Day	0	3	6	9	12	15
Control		67.1 ^c	54.0 ^b	54.3 ^b	50.5 ^a	49.6 ^a	47.6 ^a
AA 0.1%		66.1 ^{ab}	56.4 ^b	59.9 ^d	59.1 ^c	55.2 ^b	52.6 ^b
AA 0.3%		65.4 ^a	54.3 ^a	56.2 ^b	57.0 ^b	54.4 ^b	52.1 ^b
AA 0.5%		68.9 ^d	56.6 ^b	57.1 ^c	57.5 ^b	55.1 ^b	52.5 ^b
Na ₂ SO ₅ 0.1%		66.4 ^{bc}	63.2 ^c	61.2 ^e	62.5 ^d	60.5 ^c	58.1 ^c
Na ₂ SO ₅ 0.3%		68.2 ^d	67.1 ^d	66.7 ^f	70.4 ^e	68.4 ^d	66.3 ^d
Na ₂ SO ₅ 0.5%		68.4 ^d	69.1 ^e	67.6 ^g	71.0 ^e	69.0 ^d	63.6 ^d

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), (AA คือ กรดแอสคอร์บิก และ Na₂SO₅ คือโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์)

ตารางที่ 2 ค่า b* ของซิงสตันฝอยที่แช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์และกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ และ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส

Treatment Day	ค่า b*					
	0	3	6	9	12	15
Control	21.9 ^a	21.0 ^b	20.5 ^b	21.3 ^b	20.8 ^b	19.8 ^{ab}
AA 0.1%	23.1 ^b	19.7 ^a	20.3 ^b	21.5 ^b	19.9 ^a	19.5 ^{ab}
AA 0.3%	23.7 ^{bc}	19.5 ^a	19.5 ^a	21.3 ^b	20.9 ^b	20.4 ^{bc}
AA 0.5%	23.1 ^b	20.8 ^b	19.6 ^a	20.7 ^a	19.8 ^a	18.9 ^a
Na ₂ SO ₅ 0.1%	24.3 ^c	22.7 ^c	19.4 ^a	20.7 ^a	20.4 ^{ab}	19.4 ^a
Na ₂ SO ₅ 0.3%	25.8 ^d	23.5 ^c	23.1 ^c	24.0 ^c	22.0 ^c	21.1 ^c
Na ₂ SO ₅ 0.5%	26.5 ^d	23.5 ^d	23.3 ^c	24.5 ^c	23.4 ^d	22.0 ^d

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละแถวในแนวดิ่งเดียวกัน แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), (AA คือ กรดแอสคอร์บิก และ Na₂SO₅ คือโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์)

1.2 ผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

ผลการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่า กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของซิงสตันฝอยทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส โดยซิงสตันฝอยชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์สูงกว่าซิงสตันฝอยที่จุ่มในสารเคมีทั้งสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และซิงสตันฝอยที่จุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 มีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่ำกว่าซิงสตันฝอยชุดทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์มีคุณสมบัติในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสโดยอาจทำปฏิกิริยากับสารประกอบตัวกลางในระหว่างปฏิกิริยาการเกิดสารหรือรงควัตถุสีน้ำตาลหรือทำปฏิกิริยากับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสโดยตรงหรืออาจทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์สารประกอบควิโนน (quinones) กลับไปเป็นสารประกอบฟีนอลที่ไม่มีสี (Lambrecht, 1995) ในส่วนของซิงสตันฝอยที่จุ่มในสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นต่างๆพบว่ากิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกัน แต่ค่าที่ได้สูงกว่ากิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของซิงสตันฝอยที่จุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ในระหว่างการเก็บรักษา การที่กรดแอสคอร์บิกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้มีสาเหตุมาจากการที่กรดแอสคอร์บิกสามารถรีดิวซ์ควิโนนให้กลับไปเป็นสารประกอบไดไฮดรอกซีโพลีฟีนอล

ซึ่งเมื่อไม่มีการสะสมของควิโนน อัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลก็จะลดลง แต่ถ้าในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลง การสะสมของควิโนนก็จะเพิ่มขึ้นทำให้เกิดอัตราการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นได้ (Whitaker, 1972) นอกจากนี้ Pizzocaro et al. (1993) ได้รายงานว่าการแช่ชิ้นแอปเปิ้ลในสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ร่วมกับสารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 เป็นเวลานาน 5 นาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลงได้ร้อยละ 90-100

1.3 ผลต่อค่าความแน่นเนื้อ

ผลการวิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อของซิงสดหั่นฝอย (ตารางที่ 4) แสดงให้เห็นว่าค่าความแน่นเนื้อของซิงสดหั่นฝอยทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา เช่นเดียวกับรายงานของ Abbey et al. (1988) ที่ทดลองพบว่าแดงกว่าหั่นชิ้นที่เก็บรักษาในสภาวะที่ไม่ได้หุ้มด้วยฟิล์มที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน จะสูญเสียความแน่นเนื้อถึงร้อยละ 47 และ Cantwell and Portela (1997) รายงานว่าแคนตาลูปตัดแต่ง (ลูกเต๋า) สูญเสียความแน่นเนื้อมากกว่าร้อยละ 25 หลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตามค่าความแน่นเนื้อของซิงสดหั่นฝอยที่จุ่มสารละลายและชุดควบคุมในการทดลองนี้ โดยส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในแต่ละวันที่ทำการวิเคราะห์หัตถลวดระยะเวลาของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำของตัวผลิตภัณฑ์เอง และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวของผลิตภัณฑ์ เช่น Pectin methylesterase และ Polygalacturonase ทำให้เกิดการสลายตัวของแป้งส่งผลให้เซลล์สลายตัว และทำให้เซลล์ที่อยู่ติดกันไม่สามารถเกาะเกี่ยวกันได้จึงสูญเสียความแน่นเนื้อ (สายชล, 2526)

ตารางที่ 3 กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของซิงสดหั่นฝอยที่แช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส

Treatment Day	กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (หน่วย)					
	0	3	6	9	12	15
Control	256.5 ^f	186.0 ^e	91.0 ^f	17.1 ^c	17.5 ^c	17.5 ^b
AA 0.1%	235.0 ^d	14.5 ^b	26.0 ^c	9.6 ^b	7.9 ^{ab}	7.4 ^a
AA 0.3%	216.5 ^c	125.4 ^d	49.0 ^d	8.6 ^b	7.9 ^{ab}	7.4 ^a
AA 0.5%	203.5 ^b	38.4 ^c	60.0 ^e	8.6 ^b	7.9 ^{ab}	7.4 ^a
Na ₂ SO ₅ 0.1%	240.5 ^e	241.2 ^f	28.0 ^c	14.4 ^c	9.6 ^b	4.1 ^a
Na ₂ SO ₅ 0.3%	220.0 ^c	14.4 ^b	11.0 ^b	4.8 ^a	4.1 ^a	4.1 ^a
Na ₂ SO ₅ 0.5%	187.0 ^a	4.8 ^a	5.0 ^a	4.8 ^a	4.1 ^a	4.1 ^a

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวดิ่งเดียวกัน แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), (AA คือ กรดแอสคอร์บิก และ Na₂SO₅ คือโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์)

ตารางที่ 4 ความแน่นเนื้อของซิงสดหั่นฝอยที่แช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส

Treatment Day	ค่าความแน่นเนื้อ (kgf)					
	0	3	6	9	12	15
Control	2.4 ^a	2.1 ^c	1.2 ^a	0.6 ^a	0.6 ^a	0.5 ^a
AA 0.1%	3.4 ^b	1.6 ^{abc}	1.4 ^a	1.2 ^{bc}	0.8 ^{ab}	0.9 ^a
AA 0.3%	3.6 ^d	1.3 ^{ab}	1.4 ^a	1.3 ^c	0.9 ^{abc}	0.8 ^a
AA 0.5%	3.6 ^d	1.0 ^a	0.8 ^a	0.8 ^{ab}	0.9 ^{abc}	0.7 ^a
Na ₂ SO ₅ 0.1%	3.5 ^c	2.2 ^c	1.3 ^a	0.9 ^{ab}	1.0 ^c	0.8 ^a
Na ₂ SO ₅ 0.3%	4.2 ^f	1.8 ^{bc}	1.4 ^a	0.9 ^{ab}	0.9 ^{abc}	0.8 ^a
Na ₂ SO ₅ 0.5%	4.1 ^e	1.7 ^{abc}	1.3 ^a	1.0 ^{abc}	0.9 ^{abc}	0.7 ^a

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), (AA คือ กรดแอสคอร์บิก และ Na₂SO₅ คือโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์)

1.4 ผลต่อค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดซิตริกของซิงสดหั่นฝอย (ตารางที่ 5 และ 6) แสดงให้เห็นว่าค่า pH ของซิงสดหั่นฝอยชุดควบคุม ชุดที่จุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และชุดที่จุ่มในสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 และ 0.5 มีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5) ในขณะที่ซิงสดหั่นฝอยที่จุ่มในสารละลายทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีแนวโน้มลดลง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าปริมาณกรดทั้งหมดของซิงสดหั่นฝอยชุดที่จุ่มในสารละลายทั้งสองชนิดและซิงสดหั่นฝอยชุดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นแต่ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดในซิงสดหั่นฝอยอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารภายในเซลล์ที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการหายใจ (จริงแท้, 2544)

ตารางที่ 5 ค่า pH ของขิงสดหั่นฝอยที่แช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส

Treatment Day	pH					
	0	3	6	9	12	15
Control	6.0 ^a	6.0 ^b	6.8 ^c	7.1 ^d	7.1 ^e	7.1 ^e
AA 0.1%	5.9 ^a	5.3 ^a	5.1 ^a	5.4 ^a	5.5 ^a	5.5 ^a
AA 0.3%	5.9 ^a	5.3 ^a	5.2 ^a	6.2 ^c	6.5 ^d	6.1 ^d
AA 0.5%	5.9 ^a	5.5 ^a	5.6 ^b	6.3 ^c	6.2 ^c	6.2 ^d
Na ₂ SO ₅ 0.1%	5.9 ^a	5.8 ^b	5.7 ^b	5.7 ^b	5.6 ^b	5.7 ^b
Na ₂ SO ₅ 0.3%	5.8 ^a	5.6 ^a	5.5 ^b	6.1 ^c	6.2 ^c	6.2 ^e
Na ₂ SO ₅ 0.5%	5.8 ^a	5.4 ^a	5.3 ^a	6.0 ^c	5.9 ^c	5.9 ^c

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), (AA คือ กรดแอสคอร์บิก และ Na₂SO₅ คือโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์)

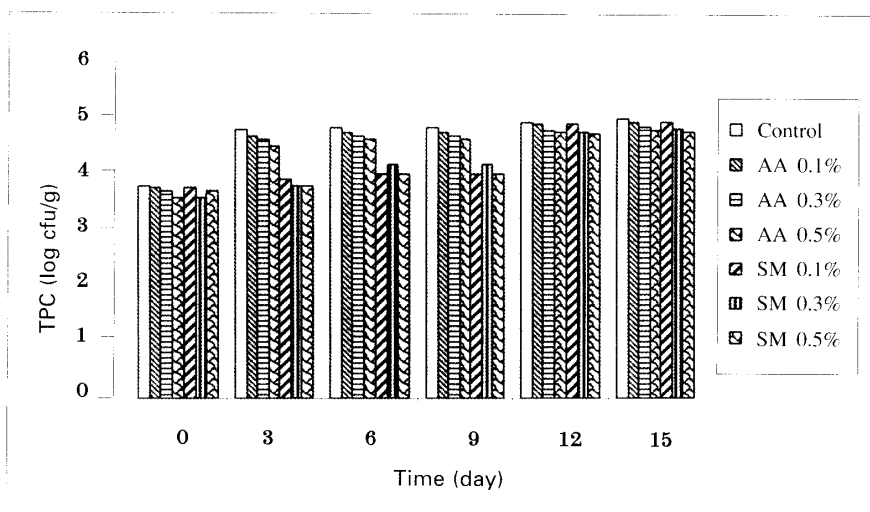
ตารางที่ 6 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดซิตริก) ของขิงสดหั่นฝอยที่แช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส

Treatment Day	ปริมาณกรดซิตริก ^{ns} (%)					
	0	3	6	9	12	15
Control	0.13	0.06	0.13	0.06	0.06	0.06
AA 0.1%	0.13	0.06	0.13	0.13	0.13	0.19
AA 0.3%	0.13	0.06	0.13	0.06	0.13	0.19
AA 0.5%	0.13	0.06	0.13	0.19	0.13	0.13
Na ₂ SO ₅ 0.1%	0.13	0.06	0.13	0.13	0.13	0.13
Na ₂ SO ₅ 0.3%	0.15	0.06	0.13	0.13	0.13	0.19
Na ₂ SO ₅ 0.5%	0.11	0.06	0.13	0.13	0.13	0.19

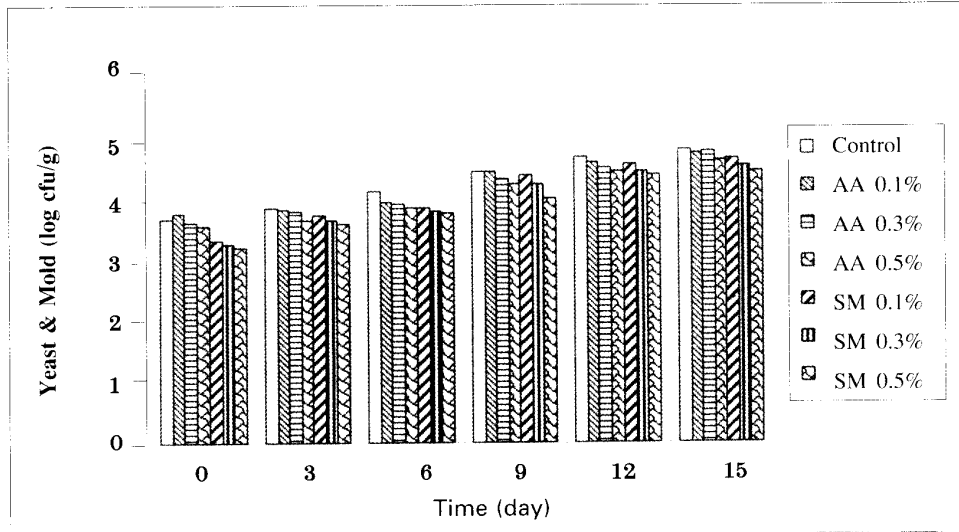
NS แสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$), (AA คือ กรดแอสคอร์บิกและ Na₂SO₅ คือโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์)

1.5 ผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราทั้งหมด

ภาพที่ 1 และ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราทั้งหมดของซิงสดแห้งฝอยที่แช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียสตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าในระยะเวลา 6 วันแรกปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในซิงสดแห้งฝอยชุดที่จุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นต่างๆมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ต่ำกว่าซิงสดแห้งฝอยชุดควบคุมและซิงสดแห้งฝอยชุดที่จุ่มในสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นต่างๆ ประมาณ $1 \log \text{ cfu/g}$ แต่หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในซิงสดแห้งฝอยทุกชุดทดลองมีค่าใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในส่วนของปริมาณยีสต์และราทั้งหมดพบว่าในซิงสดแห้งฝอยชุดที่จุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นต่างๆ มีปริมาณยีสต์และเชื้อร่าต่ำกว่าชุดควบคุมเพียงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องมาจากโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ โดยจะมีผลต่อการทำลายผนังเซลล์และการทำงานของเอนไซม์ในเชื้อจุลินทรีย์ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ (Roland et al., 1984)



ภาพที่ 1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในซิงสดแห้งฝอยที่แช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SM) และกรดแอสคอร์บิก (AA) ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาที่ 4 ± 2 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2 ปริมาณยีสต์และเชื้อราในซิงสดหั่นฝอยที่แช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SM) และกรดแอสคอร์บิก (AA) ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 ± 2 องศาเซลเซียส

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าการแช่ซิงสดหั่นฝอยในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ถึงแม้ว่าจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.3 ในการยับยั้งปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลและจุลินทรีย์ เมื่อพิจารณาจากค่า L^* และ b^* ที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 6 และ 9 วันตามลำดับ แต่หลังจากการเก็บรักษาในเวลาที่ต่อมาจนถึงวันที่ 15 พบว่าค่า L^* และค่า b^* ของซิงสดหั่นฝอยที่แช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.3 และ 0.5 ไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้การใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.3 และ 0.5 พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ใกล้เคียงกันและสามารถลดกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ประมาณ 4 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองควบคุม ดังนั้นจึงควรเลือกใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.3 เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาซิงสดหั่นฝอย ซึ่งจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 15 วัน ที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส และการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อ ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดในซิงสดหั่นฝอย

บรรณานุกรม

- จิ่งแท้ ศิริพานิช. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544.
- สายชล เกตุษา. การใช้สารเคลือบผิว. ข่าวสารชมรมพืชสวนหลังเก็บเกี่ยว. 3(1-2), 2536 หน้า 7-8.
- Abbey, S.D., Heaton, E.K., Golden, D.A. and Beuchat, L.A. Microbiological and sensory quality changes in unwrapped and wrapped sliced watermelon. J. Food Protection 51, pp. 531-533, 1988.
- Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruits and vegetables. Trends in Food Sci. & Technol. 7, pp. 179-187, 1996.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Maryland: Official Methods of Analysis of the AOAC International, 2000.
- Brecht, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetable. Hort. Sci. 30(1), pp. 15-17, 1995.
- Cantwell, M. and Portela, S. Comparing varieties and storage method. FreshCut, (Oct), pp. 14-18, 1997.
- Gonzalez-Aguilar, G. A., Ruiz-Cruz, S., Cruz-Valenzuela, R., Rodriguez-Felix, A. and Wang, C.Y. Physiological and quality changes of fresh cut pineapple treated with antibrowning agents. Lebensm.-Wiss. U. -Technol. 37, pp. 369-376, 2004
- Kiss, I. Testing method in food microbiology. Amsterdam : Elsevier Science, 1984.
- Lambrech, H. S. Sulfites substitutes for the prevention of enzymatic browning in foods. In Enzymatic browning and its prevention. Washington, D.C. : American Chemical Society , 1995.
- Leistner, L. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. Int. J. Food Microbiol. 55, 181-186, 2000.
- Pizzocaro, F., Torreggiani, D. and Gilardi, G. Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. J. Food Proc. Preserv. 17, pp. 21-30, 1993.
- Roland, J. O., Beuchat, L. R., Worthington, R. E. and Hitchcock, H. L. Effects of sorbate, benzoate, sulfur dioxide and temperature on growth and patulin production by *Byssoschlamys nivea*. In Sair, L. 1966. Conf. on the Destruction of Salmonella. Western Region Research Laboratory, U.S.D.A., California, 1984.
- Selvaraj, Y. and Kumar, R. Studies on fruit softening enzymes and polyphenol oxidase activity in ripening mango (*Mangifera indica*. L.) fruit. J.Food. Sci. Technol., 26(4) pp. 18-22, 1989.
- Whitaker, J. R. Introduction to the oxidoreductases. In Principles of Enzymology for the Food Science. New York : Marcel Dekker, 1972.
- Wiley, R. C. Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. London : Chapman &Hall, 1994.