

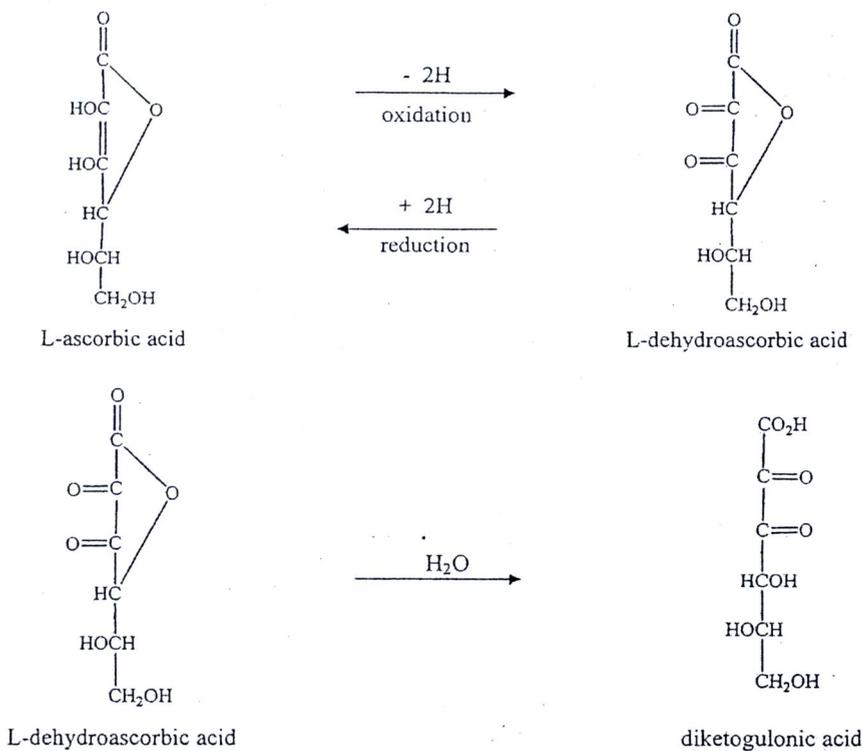
## บทที่ 4

### ผลการวิจัย และ อภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบนซีน กรดเบนโซอิก กรดแอสคอร์บิก โลหะหนัก (ทองแดง และเหล็ก) ในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์สูตรที่ผลิตในโรงงานเพื่อจำหน่ายทางการค้าดังตารางที่ 6 ซึ่งพบว่าทุกสูตรตรวจไม่พบเบนซีน สูตรที่เติมโซเดียมเบนโซเอต 200 ppm ในสภาวะที่เป็นกรดจะแตกตัวเป็นกรดเบนโซอิก (Aprea *et al*, 2008) เมื่อคำนวณจากน้ำหนักโมเลกุลของโซเดียมเบนโซเอต และกรดเบนโซอิก เท่ากับ 144.11 และ 122.12 กรัมต่อโมล ตามลำดับจะมีค่าเท่ากับ 169.48 ppm คิดเป็นร้อยละ 84.74 % ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ที่มีค่าอยู่ระหว่าง  $165.00 \pm 2.00 - 170.00 \pm 2.05$  ppm คิดเป็นร้อยละ 81.5 - 86.02 แสดงว่าไม่มีการสูญเสียโซเดียมเบนโซเอตที่เติมในผลิตภัณฑ์ หรือสูญเสียน้อยมาก เนื่องจากเป็นสารที่มีจุดเดือดสูงถึง  $249^{\circ}\text{C}$  (Aprea *et al*, 2008) ในขณะที่ใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์จากการทดลองเท่ากับ  $100^{\circ}\text{C}$  จึงไม่มีการสูญเสียเกิดขึ้น และค่าที่ตรวจพบไม่เกินข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 214 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ที่กำหนดให้มีปริมาณกรดเบนโซอิกได้ไม่เกิน 200 ppm (กองควบคุมอาหาร, 2543) สูตรที่เติมกรดแอสคอร์บิก 60 และ 120 ppm ตรวจพบ  $32.00 \pm 3.00 - 35.00 \pm 2.00$  ppm และ  $73.00 \pm 8.00 - 81.00 \pm 9.00$  ppm ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละของกรดแอสคอร์บิกที่สูญเสียเท่ากับ 51.67 - 38.33 และ 45.83 - 25.00 ตามลำดับ โดยการสูญเสียเกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ (Cvetkovic and Jokanovic, 2009) ผลิตภัณฑ์ตรวจไม่พบทองแดงแต่พบเหล็กปริมาณ  $1.87 \pm 0.01 - 2.19 \pm 0.07$  ppm ซึ่งไม่เกินข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 214 พ.ศ.2543 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ที่กำหนดให้มีปริมาณเหล็กในผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 15 ppm ค่าพีเอช, เเปอร์เซ็นต์กรด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสำหรับทุกสูตรมีค่าแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

2. ผลิตน้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์ เติมโซเดียมเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิก ปริมาณสูงสุดที่ใช้ในข้อที่ 1 คือ 200 และ 120 ppm ตามลำดับ ปรับค่าพีเอชเป็น 2, 3, 4 และ 3.7 (เท่ากับที่ผลิตในทางการค้า) ด้วยกรดซิตริก (ค่าพีเอชผลิตภัณฑ์ที่วัดได้เท่ากับ  $2.06 \pm 0, 3.12 \pm 0.02, 4.04 \pm 0.01$  และ  $3.73 \pm 0.01$  ตามลำดับ) นำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์ เบนซีน กรดเบนโซอิก และกรดแอสคอร์บิก พบว่ามีเบนซีนเกิดขึ้นเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่ปรับพีเอชเป็น 2 ในปริมาณมากกว่าพีเอช 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เท่ากับ  $5.6 \pm 0.24$  และ  $4.40 \pm 0.28$  ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 7) แสดงให้เห็นว่าความเป็นกรดของอาหารมีผลต่อการเกิดเบนซีน ซึ่งผลการศึกษาของ American Institute of Baking (AIB) International Inc. ก็พบในลักษณะเดียวกันนี้ โดยผลจากการทดลองพบว่าส่วนผสมที่มีพีเอช 2 ทำให้เกิดเบนซีนปริมาณ

สูงสุด และ เกิดน้อยลงเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นเป็น 3 - 5 โดยที่พีเอช 7 ไม่เกิดเบนซีน ปริมาณกรดเบนโซอิกในผลิตภัณฑ์ที่มีพีเอช 2, 3, 4 และ 3.7 มีปริมาณ  $176.00 \pm 4.00$ ,  $171.00 \pm 6$ ,  $177.00 \pm 5.00$  และ  $177.00 \pm 2.00$  ppm ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 86.00 - 90.00, 82.5 - 88.5, 86.00 - 91.00, 87.5 - 89.5 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ส่วนกรดแอสคอร์บิกมีการสูญเสียเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ร้อยละของการสูญเสียเท่ากับ 34.17 - 17.50 ที่พีเอช 2, 45.83 - 35.83 ที่พีเอช 3, 50.83 - 40.83 ที่พีเอช 4, และ 59.17 - 54.17 ที่พีเอช 5 ตามลำดับ เนื่องจากในสภาวะที่มีค่าพีเอชสูง และมีแก๊สออกซิเจน กรดแอสคอร์บิกจะถูกออกซิไดส์เป็นกรดแอล-ดีไฮโดรแอสคอร์บิก (L-dehydroascorbic acid) ที่ไม่คงตัวและจะถูกไฮโดรไลส์ต่อไปเป็นกรด ไดคีโตกูโลนิก (diketogulonic acid) (ภาพที่ 6) ซึ่งไม่แสดงคุณสมบัติของกรดแอสคอร์บิก (Lawrence, 2010) จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งของการลดลงของปริมาณเบนซีนในสภาวะที่มีพีเอชสูง



ภาพที่ 6 ปฏิกริยาการออกซิไดส์ของกรดแอสคอร์บิก เป็นกรดไดคีโตกูโลนิก  
ที่มา : Lawrence (2010)

3. ผลิตน้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์ เดิมโซเดียมเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิกปริมาณ 200 และ 120 ppm ตามลำดับ ปรับค่าพีเอชเท่ากับ 2 ด้วยกรดซิตริก แปรอุณหภูมิและระยะเวลาฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เป็น 100 °ซ นาน 10 และ 20 นาที 90 °ซ นาน 15 20 และ 30

นาที่ วิเคราะห์เบนซีน กรดเบนโซอิก และกรดแอสคอร์บิก ตรวจพบเบนซีนเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อน  $100^{\circ}\text{C}$  นาน 10 และ 20 นาทีเท่ากับ  $5.32 \pm 0.16$  และ  $8.82 \pm 0.22$  ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) แสดงว่าอุณหภูมิสูงขึ้นมีผลช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดเบนซีนในผลิตภัณฑ์ (Gardner and Lawrence, 1993 ; Aprea *et al*, 2008) ปริมาณกรดเบนโซอิกของสูตรที่ฆ่าเชื้ออุณหภูมิ  $90^{\circ}\text{C}$  นาน 15 , 20 และ 30 นาที,  $100^{\circ}\text{C}$  นาน 10 และ 20 มีค่าเท่ากับ  $171 \pm 4$ ,  $176 \pm 2$ ,  $172 \pm 3$ ,  $176 \pm 2$ ,  $169 \pm 6$  ppm ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ในขณะที่ปริมาณกรดแอสคอร์บิกมีการสูญเสียร้อยละ 40.83 - 25.83, 45.00 - 30.00, 46.67 - 35.00, 48.33 - 31.67, 50.83 - 40.83 ตามลำดับ เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและเป็นระยะเวลา นาน ผลิตภัณฑ์ตรวจไม่พบทองแดง แต่พบเหล็กปริมาณ  $0.38 \pm 0.03 - 0.52 \pm 0.02$  ppm ตามลำดับ ค่าพีเอช, เปอร์เซ็นกรด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสำหรับทุกสูตร มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

4. ผลิตภัณฑ์ส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์ เดิมโซเดียมเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิก ปริมาณ 200 และ 120 ppm ตามลำดับ ปรับค่าพีเอชเท่ากับ 2 ด้วยกรดซิตริก และฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}\text{C}$  นาน 20 นาที เก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะที่แตกต่างกันดังนี้คือ อุณหภูมิตู้เย็น ( $4^{\circ}\text{C}$ ), อุณหภูมิห้อง ( $35^{\circ}\text{C}$ ) และอุณหภูมิ  $45^{\circ}\text{C}$  ในสภาวะที่มี และไม่มีแสงสว่าง นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์เบนซีน กรดเบนโซอิก และกรดแอสคอร์บิก ที่ระยะเวลาการเก็บนาน 1, 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน ได้ผลดังตารางที่ 9 - 10 และ ภาพที่ 7 - 18 ซึ่งสรุปได้ดังนี้คือ

4.1 อุณหภูมิในการเก็บรักษา ปริมาณเบนซีนที่เกิดในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ  $4^{\circ}\text{C}$  ทั้งในที่มืดและที่มีแสงสว่างมีปริมาณแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่แต่ละช่วงเวลาของการเก็บรักษา ( $P > 0.05$ ) และปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ  $35^{\circ}\text{C}$  และ  $45^{\circ}\text{C}$  ทั้งในที่มืดและมีแสงสว่าง เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา นานขึ้นมีผลทำให้เกิดเบนซีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) โดยที่อุณหภูมิ  $45^{\circ}\text{C}$  มีเบนซีนเกิดขึ้นมากกว่าที่อุณหภูมิ  $35^{\circ}\text{C}$  และ  $4^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 10 ภาพที่ 7 และ 8) ซึ่งผลการศึกษาของ Aprea *et al* (2008) ก็พบในทำนองเดียวกันนี้ โดยพบว่า เมื่อเก็บสารละลายผสมระหว่าง โซเดียมเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิก (เข้มข้น  $400 \text{ mg / L}$ ) ในขวดแก้วขนาด 500 มล. ที่อุณหภูมิ  $25^{\circ}\text{C}$  มีเบนซีนเกิดขึ้นปริมาณเล็กน้อยในช่วงเวลา 12 ชั่วโมงแรก และเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆจนมีปริมาณ  $0.44 \mu\text{g / L}$  ภายหลังการเก็บนาน 70 ชั่วโมง แต่เมื่อตัวอย่างที่อุณหภูมิสูงขึ้นเป็น  $45^{\circ}\text{C}$  พบว่ามีเบนซีนเกิดขึ้นปริมาณมากภายในเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น  $118.5 \mu\text{g / L}$  และ  $125 \mu\text{g / L}$  เมื่อเก็บไว้นาน 24 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ และจากการทดลองของ McNeal *et al* (1993) ที่พบว่าเมื่อเก็บสารผสม

ระหว่างโซเดียม และโพแทสเซียมเบนโซเอต กับกรดแอสคอร์บิก ในสภาวะที่สัมผัสแสงยูวีนาน 20 ชั่วโมง และให้ความร้อน 45 °ซ ตรวจพบเบนซีน 300 ppb ส่วนสารละลายที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง ในที่มืด เกิดเบนซีนเพียง 4 ppb

4.2 แสงสว่างไม่มีผลต่อการเกิดเบนซีนในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 35 และ 45 °ซ (ตารางที่ 10 ภาพที่ 9 - 11) ซึ่งให้ผลที่แตกต่างจากรายงานการทดลองของ Louis *et al* (2008), American Institute of Baking (AIB) International Inc. (2006), Codex Alimentarius Commission (2009) และ International Council of Beverages Associations (2006) ที่พบว่าแสงยูวีมีผลช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดสารเบนซีนในเครื่องดื่ม

4.3 อุณหภูมิ ระยะเวลา และสภาวะการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรดเบนโซอิกในผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 9 - 10 และภาพที่ 12 - 13) เนื่องจากมีความคงตัวในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงถึง 350 °ซ (Makino *et al*, 2007) สำหรับกรดแอสคอร์บิก มีการสูญเสียเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 90 วัน โดยผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °ซ ในที่มืดมีการสูญเสียน้อยกว่าที่มีแสงสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) จนถึงระยะเวลาเก็บนาน 60 วัน (ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในที่มืด และที่สว่าง เท่ากับ 65 และ 48 ppm ตามลำดับ) ซึ่งให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับที่อุณหภูมิ 35 และ 45 °ซ โดยมีระยะเวลาที่ทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกซึ่งเก็บในที่มืด และที่สว่างมีความแตกต่างกัน นาน 30 และ 15 วัน ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 45 °ซ ทำให้สูญเสียแอสคอร์บิกมากกว่าที่ 35 °ซ และ 4 °ซ ตามลำดับ (ตารางที่ 9 และภาพที่ 14 - 18) ดังนั้น แสงสว่าง อุณหภูมิ และระยะเวลา การเก็บรักษา จึงมีผลต่อการลดลงของกรดแอสคอร์บิกในผลิตภัณฑ์ (Cvetkovic and Jokanovic, 2009., Phattaraworrasuth and Chiewchan, 2008., Rojas and Gerschenson, 1997) ผลิตภัณฑ์ตรวจไม่พบทองแดงแต่พบเหล็กปริมาณ  $0.28 \pm 0.02$  ppm ในผลิตภัณฑ์ เริ่มต้น ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง  $1.94 \pm 0.0141$  ถึง  $2.09 \pm 0.03$ ,  $9.973 \pm 0.11$  ถึง  $11.31 \pm 0.7280$  และ  $16 \pm 0$  ถึง  $17.4 \pm 0$  ตามลำดับ

4.4 สาเหตุการเกิดเบนซีนในผลิตภัณฑ์ที่พบจากการทดลอง เกิดจากการมีกรดเบนโซอิกอย่างเดียว หรือ สารผสมระหว่างกรดเบนโซอิก และกรดแอสคอร์บิก โดยในกรณีที่สองมีปริมาณเบนซีนเกิดขึ้นมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 11) กลไกการเกิดเบนซีนในกรณีแรก และกรณีที่สองดังภาพที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ในกรณีแรกเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกรดเบนโซอิก และ กรดแอสคอร์บิก โดยมีโลหะหนัก เช่น ทองแดง (Cu (II)) และ เหล็ก (Fe(II)) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้เกิดอนุมูลอิสระของไฮดรอกซิล (Hydroxyl radical) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับกรดเบนโซอิกและเกิดเป็นสารเบนซีน ส่วนในกรณีที่สองเกิดจากการที่กรดเบนโซอิกแตกตัวให้เบนซีนโดยตรง หรือ เกิดเป็นสาร

benzaldehyde ก่อนแล้วจึงเปลี่ยนเป็นเบนซีน แต่ในกรณีดังกล่าวทำให้เกิดเบนซีนปริมาณน้อยกว่า

5 ศึกษาชนิดและปริมาณของสารจับไอออนโลหะ (chelating agent) โดยใช้สาร 2 ชนิด คือ Disodium ethylenediamine tetraacetic acid (Disodium EDTA) และ Sodium hexametaphosphate (SHMP) แปรปริมาณสารชนิดแรกเป็น 75 และ 150 มิลลิกรัมต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้เติมในผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารละลายผสมของวิตามินรวม (<http://www.accessdata.fda.gov/scrrips/cdrh/cfdocs/cfcr/CFRSearch.cfm>) และสารชนิดที่สองเป็น 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ในซุปรตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 281 พ.ศ.2547 เรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร (กองควบคุมอาหาร, 2547) เติมโลหะหนัก 2 ชนิดได้แก่ คอปเปอร์ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) และเฟอร์รัสซัลเฟต ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) โดยคำนวณเป็นปริมาณเหล็ก และทองแดง เท่ากับ 5 และ 15 มิลลิกรัมต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้พบได้ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 214 (กองควบคุมอาหาร, 2543) ในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์ ตามสภาวะที่ได้จากการศึกษาข้อ 1 - 4 วิเคราะห์ปริมาณโลหะ ทองแดง และเหล็ก เริ่มต้นในผลิตภัณฑ์ ปริมาณเบนซีน กรดเบนโซอิกและกรดแอสคอร์บิก ที่ระยะเวลาเก็บนาน 1 และ 30 วัน (อุณหภูมิเก็บรักษา  $45^{\circ}\text{C}$  และมีแสงสว่าง) สรุปได้ว่า

#### 5.1 เครื่องดื่มที่มีการเติมโลหะหนักทั้งสองชนิดมีผลทำให้เกิดเบนซีน

ปริมาณมากกว่าไม่เติม (ตารางที่ 12) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Gardner and Lawrence (1993) ที่พบว่า การเติมทองแดง (ในรูปของ copper sulfate) หรือ เหล็ก (ในรูปของ iron sulfate) ปริมาณ 1.0 mM และ 0.05 mM ตามลำดับ ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 6.25 และ 8.0 mM ตามลำดับ เก็บที่อุณหภูมิ  $25^{\circ}\text{C}$  พบว่ามีผลทำให้เกิดเบนซีนปริมาณสูงสุด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณ copper sulfate และ iron sulfate กลับมีผลทำให้เกิดเบนซีนลดลง ในกรณีดังกล่าว Gardner and Lawrence ได้อธิบายว่าไอออนของโลหะหนักทั้งสองชนิดมีความจำเป็นต่อการเร่งปฏิกิริยาการเกิด hydroxyl radical (ปฏิกิริยาตามภาพที่ 2) แต่เมื่อมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นสามารถบวกรบกวนการเกิดเบนซีนในกลไกของ free radical chain จึงทำให้ไม่ผลิตเบนซีน ในสภาวะที่ไม่เติมไอออนโลหะ แต่มี และไม่มีสาร disodium EDTA และ SHMP ไม่มีผลต่อการเกิดเบนซีนในผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา แต่เมื่อเก็บไว้นาน 30 วัน ผลิตภัณฑ์ที่เติม disodium EDTA มีเบนซีนเกิดมากกว่าสูตรที่ไม่เติม และสูตรที่เติม SHMP ตามลำดับ (ตารางที่ 13) ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากสาร disodium EDTA สามารถทำปฏิกิริยากับวิตามินซีในผลิตภัณฑ์ และทำให้เกิดเบนซีนได้ ([http://www.ehow.com/facts\\_5007478-what-disodium-edta.html](http://www.ehow.com/facts_5007478-what-disodium-edta.html))

5.2 ในสภาวะที่มีการเติม เหล็ก ทองแดง และสารจับไอออนโลหะทั้งสองชนิด (ตารางที่ 13 - 15) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมเหล็ก และสาร disodium EDTA ทำให้เกิดเบนซีน มากกว่าที่ไม่เติมสาร disodium EDTA และที่เติมสาร SHMP ตามลำดับ ทั้งระยะเวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา และเมื่อเก็บไว้นาน 30 วัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในข้อที่ 5.1 แต่ให้ผลที่แตกต่างจากการเติมทองแดงในผลิตภัณฑ์ร่วมกับสารจับไอออนทั้งสองชนิด เนื่องจากในกรณีหลัง ผลิตภัณฑ์ที่เติมสารจับไอออนโลหะทั้งสองชนิดมีเบนซีนเกิดขึ้นปริมาณน้อยกว่าที่ไม่เติม ที่ระยะเวลาการเก็บรักษานาน 30 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สาร disodium EDTA สามารถรวมตัวกับทองแดงได้ดีกว่าเหล็ก ส่วนสาร SHMP สามารถรวมตัวได้ดีทั้งเหล็กและทองแดง ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่า Stability Constant ( $\log K$ ) ของไอออนโลหะ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสารจับไอออนโลหะ (sequestering หรือ chelating agents) โดยถ้ามีค่าสูงแสดงว่าสามารถรวมตัวและเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้เร็วกว่าค่าต่ำ ทำให้ทั้งโลหะหนัก และสารจับโลหะหนักจะอยู่ในรูปไอออนมากกว่า ในกรณีดังกล่าวทองแดง ( $\text{Cu}^{2+}$ ) และเหล็ก ( $\text{Fe}^{2+}$ ) มีค่า stability constant ในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารจับโลหะหนักเท่ากับ 18.8 และ 14.3 ตามลำดับ ([http://www.george-eby-research.Com/html/stability\\_constants.htm](http://www.george-eby-research.Com/html/stability_constants.htm), 1972; Igoe and Hui 2001) จึงทำให้ทองแดงเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้ดีกว่าเหล็ก ตัวอย่างการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง disodium EDTA และโลหะหนัก ดังภาพที่ 4



ตารางที่ 6 ปริมาณเบบเนซึนในน้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์สูตรที่ผลิตในโรงงาน และมีการเติมโซเดียมเบนโซเอตและกรดแอสคอร์บิกปริมาณต่างกัน

สูตรที่	ปริมาณที่เติม		ปริมาณที่เหลือหลังให้ความร้อน		Benzene (ppb)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	TSS (° Brix)	pH	% acidity
	Sodium Benzoate (ppm)	Ascorbic acid (ppm)	Benzoic acid (ppm)	Ascorbic acid (ppm)						
1	0	0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	1.87 <sup>ns</sup> ± 0.01	ไม่พบ	10.2 <sup>ns</sup> ± 0	3.7 <sup>ns</sup> ± 0	0.24 <sup>ns</sup> ± 0
2	200 (169.48)	0	168 ± 2	ไม่พบ	ไม่พบ	1.92 <sup>ns</sup> ± 0.02	ไม่พบ	10.2 <sup>ns</sup> ± 0	3.7 <sup>ns</sup> ± 0	0.25 <sup>ns</sup> ± 0
3	0	60	ไม่พบ	32 ± 3	ไม่พบ	1.91 <sup>ns</sup> ± 0.03	ไม่พบ	10.2 <sup>ns</sup> ± 0	3.7 <sup>ns</sup> ± 0	0.25 <sup>ns</sup> ± 0
4	0	120	ไม่พบ	73 ± 8	ไม่พบ	1.98 <sup>ns</sup> ± 0.01	ไม่พบ	10.2 <sup>ns</sup> ± 0	3.7 <sup>ns</sup> ± 0	0.25 <sup>ns</sup> ± 0
5	200 (169.48)	60	165 ± 2	35 ± 2	ไม่พบ	2.04 <sup>ns</sup> ± 0.02	ไม่พบ	10.2 <sup>ns</sup> ± 0	3.7 <sup>ns</sup> ± 0	0.25 <sup>ns</sup> ± 0
6	200 (169.48)	120	170 ± 2	81 ± 9	ไม่พบ	2.19 <sup>ns</sup> ± 0.07	ไม่พบ	10.2 <sup>ns</sup> ± 0	3.7 <sup>ns</sup> ± 0	0.25 <sup>ns</sup> ± 0

Note : 1) ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงปริมาณกรดเบนโซอิกที่ได้จากการคำนวณ

2) <sup>ns</sup> = not significant = แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางที่ 7 ปริมาณเบนซีนในน้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์สูตรที่ผลิตในโรงงาน และปรับค่าพีเอชต่างกัน

pH ก่อนให้ ความร้อน	Benzoic Acid (ppm)	Ascorbic acid (ppm)	Benzene (ppb)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	TSS ( °Brix)	pH ผลิตภัณฑ์	% acidity
pH 2	176 <sup>ns</sup> ± 4	89 <sup>A</sup> ± 10	5.60 <sup>A</sup> ± 0.24	0.24 <sup>ns</sup> ± 0.03	ไม่พบ	18.0 <sup>ns</sup> ± 0	2.06 <sup>ns</sup> ± 0	11.63 <sup>ns</sup> ± 0.07
pH 3	171 <sup>ns</sup> ± 6	71 <sup>B</sup> ± 6	4.40 <sup>B</sup> ± 0.28	0.22 <sup>ns</sup> ± 0	ไม่พบ	10.8 <sup>ns</sup> ± 0	3.12 <sup>ns</sup> ± 0.02	8.49 <sup>ns</sup> ± 0.22
pH 4	177 <sup>ns</sup> ± 5	52 <sup>C</sup> ± 3	Not detect	0.22 <sup>ns</sup> ± 0.05	ไม่พบ	10.0 <sup>ns</sup> ± 0	4.04 <sup>ns</sup> ± 0.01	0.21 <sup>ns</sup> ± 0.00
Control (สูตรที่ผลิตใน โรงงาน)	177 <sup>ns</sup> ± 2	65 <sup>BC</sup> ± 6	Not detect	0.21 <sup>ns</sup> ± 0.02	ไม่พบ	10.0 <sup>ns</sup> ± 0	3.73 <sup>ns</sup> ± 0.01	0.25 <sup>ns</sup> ± 0.01

27

- หมายเหตุ : 1) เดิมโซเดียมเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิก 200 และ 120 ppm ตามลำดับ และฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 90 ° ซ นาน 15 นาที  
 2) ตัวเลขในคอลัมน์ที่มี subscript ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )  
 3) <sup>ns</sup> = not significant = แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 8 ปริมาณเบนซีน กรดเบนโซอิก และกรดแอสคอร์บิก ในน้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์สุตรที่ผลิตในโรงงาน และฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างกัน

สภาวะฆ่าเชื้อ	Benzoic Acid (ppm)	Ascorbic acid (ppm)	Benzene (ppb)	TSS (°Brix)	pH	% acidity
90 °C, 15 min (สุตรที่ผลิตในโรงงาน)	171 <sup>ns</sup> ± 4	80 <sup>ns</sup> ± 9	ไม่พบ	18.0 <sup>ns</sup> ± 0.00	2.06 <sup>ns</sup> ± 0.00	13.3 <sup>ns</sup> ± 0.00
90 °C, 20 min	176 <sup>ns</sup> ± 2	75 <sup>ns</sup> ± 9	ไม่พบ	18.6 <sup>ns</sup> ± 0.00	1.97 <sup>ns</sup> ± 0.00	12.93 <sup>ns</sup> ± 0.17
90 °C, 30 min	172 <sup>ns</sup> ± 3	71 <sup>ns</sup> ± 7	ไม่พบ	18.3 <sup>ns</sup> ± 0.00	2.08 <sup>ns</sup> ± 0.00	11.98 <sup>ns</sup> ± 0.07
100 °C, 10 min	176 <sup>ns</sup> ± 2	72 <sup>ns</sup> ± 10	5.32 <sup>B</sup> ± 0.16	18.2 <sup>ns</sup> ± 0.00	2.03 <sup>ns</sup> ± 0.00	12.96 <sup>ns</sup> ± 0.00
100 °C, 20 min	169 <sup>ns</sup> ± 2	65 <sup>ns</sup> ± 6	8.82 <sup>A</sup> ± 0.22	18.0 <sup>ns</sup> ± 0.00	1.98 <sup>ns</sup> ± 0.00	13.3 <sup>ns</sup> ± 0.00

หมายเหตุ : 1) เดิมโซเดียมเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิก 200 และ 120 ppm ตามลำดับ และปรับพีเอชผลิตภัณฑ์เท่ากับ 2

2) ตัวเลขในคอลัมน์ที่มี subscript ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

3) <sup>ns</sup> = not significant = แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 9 ปริมาณเบนซีนในน้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์เก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน เป็นระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลา (วัน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา ( <sup>o</sup> ศ)	ปริมาณที่วิเคราะห์ได้ในผลิตภัณฑ์					
		ที่มีด			ที่มีแสงสว่าง		
		Benzoic acid(ppm)	Ascorbic acid(ppm)	Benzene (ppb)	Benzoic acid(ppm)	Ascorbic acid(ppm)	Benzene (ppb)
1	4	177 ± 3	97 ± 17	7.31 ± 0.07	177 ± 3	67 ± 5	7.31 ± 0.07
	35	177 ± 3	72 ± 7	7.31 ± 0.07	177 ± 3	52 ± 6	7.31 ± 0.07
	45	177 ± 3	59 ± 9	7.31 ± 0.07	177 ± 3	41 ± 3	7.31 ± 0.07
15	4	177 ± 5	82 ± 8	6.13 ± 0.39	176 ± 7	62 ± 4	6.87 ± 0.58
	35	171 ± 4	65 ± 5	10.56 ± 0.58	172 ± 2	49 ± 2	10.28 ± 0.37
	45	173 ± 3	49 ± 8	19.46 ± 0.92	172 ± 5	40 ± 4	18.89 ± 0.94
30	4	168 ± 3	78 ± 9	5.95 ± 0.34	169 ± 5	60 ± 6	6.53 ± 0.07
	35	170 ± 5	63 ± 10	12.23 ± 0.24	168 ± 5	47 ± 7	12.52 ± 0.48
	45	172 ± 2	45 ± 9	31.89 ± 0.66	174 ± 6	38 ± 6	36.01 ± 2.29
45	4	177 ± 4	69 ± 6	5.53 ± 0.44	174 ± 5	53 ± 5	7.17 ± 0.19
	35	177 ± 5	59 ± 9	14.66 ± 0.29	175 ± 4	40 ± 8	14.98 ± 0.50
	45	174 ± 5	39 ± 8	36.16 ± 1.92	177 ± 5	35 ± 5	35.48 ± 3.07
60	4	176 ± 7	65 ± 9	6.82 ± 0.58	174 ± 6	48 ± 8	7.43 ± 0.32
	35	178 ± 6	55 ± 5	17.96 ± 0.17	170 ± 6	38 ± 8	25.4 ± 1.47
	45	171 ± 3	35 ± 3	44.31 ± 2.68	172 ± 3	33 ± 1	39.14 ± 0.71

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ระยะเวลา (วัน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา		สภาวะการเก็บรักษา						
	ที่มืด			ที่สว่าง					
	4	35	45	4	35	45	4	35	45
	Benzoic acid(ppm)	Ascorbic acid(ppm)	Benzene (ppb)	Benzoic acid(ppm)	Ascorbic acid(ppm)	Benzene (ppb)	Benzoic acid(ppm)	Ascorbic acid(ppm)	Benzene (ppb)
75	173 ± 4	59 ± 7	7.29 ± 0.89	172 ± 4	41 ± 4	7.55 ± 0.97	168 ± 5	49 ± 9	24.62 ± 4.51
	174 ± 5	31 ± 6	44.54 ± 1.35	177 ± 5	29 ± 3	45.65 ± 2.68	176 ± 2	45 ± 5	7.23 ± 0.18
90	178 ± 4	30 ± 3	29.15 ± 2.73	172 ± 5	29 ± 2	30.17 ± 3.70	173 ± 2	25 ± 2	43.16 ± 0.43

หมายเหตุ : นำส้มที่ใช้ในการทดลอง เดิมโซเดียมเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิก เท่ากับ 200 และ 160 ppm ตามลำดับ ปรับพีเอชเป็น 2 มาเชื่อมที่อุณหภูมิ 100 °ซ นาน 20 นาที

ตารางที่ 10 ปริมาณเบนซีน กรดเบนโซอิก และกรดแอสคอร์บิกในน้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์เก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน เป็นระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลา (วัน)	อุณหภูมิเก็บรักษา ( <sup>o</sup> ซ)	ปริมาณเบนซีน (ppb)		ปริมาณกรดเบนโซอิก (ppm)		ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (ppm)	
		ที่มีด	ที่สว่าง	ที่มีด	ที่สว่าง	ที่มีด	ที่สว่าง
1	4	7.31 <sup>ns</sup> ± 0.07	7.31 <sup>ns</sup> ± 0.07	177 <sup>ns</sup> ± 3	177 <sup>ns</sup> ± 3	97 <sup>ns</sup> ± 17	67 <sup>B</sup> ± 5
	35	7.31 <sup>ns</sup> ± 0.07	7.31 <sup>ns</sup> ± 0.07	177 <sup>ns</sup> ± 3	177 <sup>ns</sup> ± 3	72 <sup>ns</sup> ± 7	5 <sup>B</sup> ± 6
15	45	7.31 <sup>ns</sup> ± 0.07	7.31 <sup>ns</sup> ± 0.07	177 <sup>ns</sup> ± 3	177 <sup>ns</sup> ± 3	59 <sup>ns</sup> ± 9	41 <sup>B</sup> ± 3
	4	6.13 <sup>ns</sup> ± 0.39	6.87 <sup>ns</sup> ± 0.58	177 <sup>ns</sup> ± 5	176 <sup>ns</sup> ± 7	82 <sup>ns</sup> ± 8	62 <sup>B</sup> ± 4
30	35	10.56 <sup>ns</sup> ± 0.58	10.28 <sup>ns</sup> ± 0.37	171 <sup>ns</sup> ± 4	172 <sup>ns</sup> ± 2	65 <sup>ns</sup> ± 5	49 <sup>B</sup> ± 2
	45	19.46 <sup>ns</sup> ± 0.92	18.89 <sup>ns</sup> ± 0.94	173 <sup>ns</sup> ± 3	172 <sup>ns</sup> ± 5	49 <sup>ns</sup> ± 8	40 <sup>B</sup> ± 4
45	4	5.95 <sup>ns</sup> ± 0.34	6.53 <sup>ns</sup> ± 0.07	168 <sup>ns</sup> ± 3	169 <sup>ns</sup> ± 5	78 <sup>ns</sup> ± 9	60 <sup>B</sup> ± 6
	35	12.23 <sup>ns</sup> ± 0.24	12.52 <sup>ns</sup> ± 0.48	170 <sup>ns</sup> ± 5	168 <sup>ns</sup> ± 5	63 <sup>ns</sup> ± 10	47 <sup>B</sup> ± 7
60	45	31.89 <sup>ns</sup> ± 0.66	36.01 <sup>ns</sup> ± 2.29	172 <sup>ns</sup> ± 2	174 <sup>ns</sup> ± 6	45 <sup>ns</sup> ± 9	38 <sup>A</sup> ± 6
	4	5.53 <sup>ns</sup> ± 0.44	7.17 <sup>ns</sup> ± 0.19	177 <sup>ns</sup> ± 4	174 <sup>ns</sup> ± 5	69 <sup>ns</sup> ± 6	53 <sup>B</sup> ± 5
45	35	14.66 <sup>ns</sup> ± 0.29	14.98 <sup>ns</sup> ± 0.50	177 <sup>ns</sup> ± 5	175 <sup>ns</sup> ± 4	59 <sup>ns</sup> ± 9	40 <sup>A</sup> ± 8
	45	36.16 <sup>ns</sup> ± 1.92	35.48 <sup>ns</sup> ± 3.07	174 <sup>ns</sup> ± 5	177 <sup>ns</sup> ± 5	39 <sup>ns</sup> ± 8	35 <sup>A</sup> ± 5
60	4	6.82 <sup>ns</sup> ± 0.58	7.43 <sup>ns</sup> ± 0.32	176 <sup>ns</sup> ± 7	174 <sup>ns</sup> ± 6	65 <sup>ns</sup> ± 9	48 <sup>B</sup> ± 8
	35	17.96 <sup>ns</sup> ± 0.17	18.4 <sup>ns</sup> ± 1.47	178 <sup>ns</sup> ± 6	170 <sup>ns</sup> ± 6	55 <sup>ns</sup> ± 5	38 <sup>A</sup> ± 8
45	44.31 <sup>ns</sup> ± 2.68	39.14 <sup>ns</sup> ± 0.71	171 <sup>ns</sup> ± 3	172 <sup>ns</sup> ± 3	35 <sup>ns</sup> ± 3	33 <sup>A</sup> ± 1	

ระยะเวลา (วัน)	อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	ปริมาณเบนซีน (ppb)		ปริมาณกรดเบนโซอิก (ppm)		ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (ppm)	
		ที่มีด	ที่สว่าง	ที่มีด	ที่สว่าง	ที่มีด	ที่สว่าง
75	4	7.29 <sup>ns</sup> ± 0.89	7.55 <sup>ns</sup> ± 0.97	173 <sup>ns</sup> ± 4	172 <sup>ns</sup> ± 4	59 <sup>ns</sup> ± 7	41 <sup>A</sup> ± 4
	35	24.62 <sup>ns</sup> ± 4.51	24.78 <sup>ns</sup> ± 2.83	168 <sup>ns</sup> ± 5	169 <sup>ns</sup> ± 6	49 <sup>ns</sup> ± 9	35 <sup>A</sup> ± 3
	45	44.54 <sup>ns</sup> ± 1.35	45.65 <sup>ns</sup> ± 2.68	174 <sup>ns</sup> ± 5	177 <sup>ns</sup> ± 5	31 <sup>ns</sup> ± 6	29 <sup>A</sup> ± 3
90	4	7.23 <sup>ns</sup> ± 0.18	7.84 <sup>ns</sup> ± 0.43	176 <sup>ns</sup> ± 2	175 <sup>ns</sup> ± 3	45 <sup>ns</sup> ± 5	35 <sup>A</sup> ± 6
	35	29.15 <sup>ns</sup> ± 2.73	30.17 <sup>ns</sup> ± 3.70	178 <sup>ns</sup> ± 4	172 <sup>ns</sup> ± 5	30 <sup>ns</sup> ± 3	29 <sup>A</sup> ± 2
	45	43.16 <sup>ns</sup> ± 0.43	47.17 <sup>ns</sup> ± 3.95	173 <sup>ns</sup> ± 2	176 <sup>ns</sup> ± 3	25 <sup>ns</sup> ± 2	23 <sup>A</sup> ± 1

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขในแถวที่มี subscript ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) (เปรียบเทียบคู่ระหว่างปริมาณเบนซีน  
กรดเบนโซอิก และกรดแอสคอร์บิก ในที่มีด และที่สว่าง)

2) นำสัมที่ใช้ในการทดลอง เดิมโซเดียมเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิก เท่ากับ 200 และ 160 ppm ตามลำดับ ปรับพีเอชเป็น 2 ค่าเชื้อที่  
อุณหภูมิ 100 °ซ นาน 20 นาที

3) <sup>ns</sup> = not significant = แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 11 ปริมาณเบนซีนในน้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์ซึ่งเติมกรดเบนโซอิกและกรดแอสคอร์บิกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 °ซ มีแสงสว่างเป็นระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณที่เติม				ปริมาณในผลิตภัณฑ์			
	Benzoic acid, (ppm)	Ascorbic acid (ppm)	Benzoic acid (ppm)	Ascorbic Acid (ppm)	Benzoic Acid (ppm)	Ascorbic Acid (ppm)	Benzene (ppb)	
1	0	0	0	0	0	0	Not detected	
	200	0	177 ± 3	0	0	0	10.35 <sup>A</sup> ± 0.34	
	200	160					7.31 <sup>B</sup> ± 0.07	
	0	160	0	97 ± 17			Not detected	
30	0	0	0	0	0	0	Not detected	
	200	0	174 ± 6	0	0	0	21.82 <sup>B</sup> ± 1.12	
	200	160					36.01 <sup>A</sup> ± 2.29	
	0	160	0	38 ± 6			Not detected	
60	0	0	0	0	0	0	Not detected	
	200	0	172 ± 3	0	0	0	37.28 <sup>B</sup> ± 0.01	
	200	160					39.14 <sup>A</sup> ± 0.71	
	0	160	0	33 ± 1			Not detected	
90	0	0	0	0	0	0	Not detected	
	200	0	176 ± 3	0	0	0	40.45 <sup>B</sup> ± 0.42	
	200	160					47.17 <sup>A</sup> ± 3.95	
	0	160	0	23 ± 1			Not detected	

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขในคอลัมน์ที่มี subscript ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2) น้ำส้มที่ใช้ในการทดลอง เติมโซเดียมเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิก เท่ากับ 200 และ 160 ppm ตามลำดับ ปรับพีเอชเป็น 2 ซ้ำเชื้อที่อุณหภูมิ 100 °ซ นาน 20 นาที

ตารางที่ 12 ปริมาณเบนซีนในน้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์ ซึ่งเติมเหล็กและทองแดง

เหล็ก	ปริมาณโลหะหนักที่เติม (ppm)		ปริมาณเบนซีน (ppb)		Degree Brix	pH	% Acidity
	ทองแดง	ระยะเวลาเก็บ 1 วัน	ระยะเวลาเก็บ 30 วัน				
0	0	8.19 <sup>ns</sup> ± 1.67	26.64 <sup>B</sup> ± 0.36	18.4 <sup>ns</sup> ± 0	2.25 <sup>ns</sup> ± 0	12.25 <sup>ns</sup> ± 0	
15	0	8.12 <sup>ns</sup> ± 0.39	31.67 <sup>A</sup> ± 1.26	17.0 <sup>ns</sup> ± 0	2.25 <sup>ns</sup> ± 0	12.74 <sup>ns</sup> ± 0.15	
0	5	10.44 <sup>ns</sup> ± 0.24	35.38 <sup>A</sup> ± 0.51	18.2 <sup>ns</sup> ± 1.13	2.25 <sup>ns</sup> ± 0.01	12.95 <sup>ns</sup> ± 0.35	

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขในคอลัมน์ที่มี subscript ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )  
 2) น้ำส้มที่ใช้ในการทดลอง เติมนิโคตินเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิก เท่ากับ 200 และ 160 ppm ตามลำดับ ปรับพีเอชเป็น 2 ฆ่าเชื้อ  
 อุณหภูมิ 100 °C นาน 20 นาที  
 3) <sup>ns</sup> = not significant = แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 13 ปริมาณเบนซีนในน้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์ ซึ่งเติมสารจับไอออนโลหะในปริมาณต่างกัน

ปริมาณสารจับ ไอออนโลหะ (ppm)	ปริมาณเบนซีน (ppb)		TSS ( °Brix)	pH	% Acidity	
	ระยะเวลาเก็บ 1 วัน	ระยะเวลาเก็บ 30 วัน				
Disodium. EDTA	Sod. hexameta phosphate					
0	0	8.19 <sup>ns</sup> ± 1.67	26.64 <sup>B</sup> ± 0.36	18.4 <sup>ns</sup> ± 0	2.25 <sup>ns</sup> ± 0	12.25 <sup>ns</sup> ± 0
75	0	7.04 <sup>ns</sup> ± 0.18	28.77 <sup>A</sup> ± 0.25	18.2 <sup>ns</sup> ± 1.13	2.25 <sup>ns</sup> ± 0	12.69 <sup>ns</sup> ± 0.93
150	0	5.84 <sup>ns</sup> ± 0.35	28.39 <sup>A</sup> ± 0.25	18.7 <sup>ns</sup> ± 0.42	2.25 <sup>ns</sup> ± 0	13.12 <sup>ns</sup> ± 0.51
0	500	6.71 <sup>ns</sup> ± 0.83	25.35 <sup>C</sup> ± 0.21	17.9 <sup>ns</sup> ± 0.71	2.23 <sup>ns</sup> ± 0	12.46 <sup>ns</sup> ± 0.11
0	1000	5.64 <sup>ns</sup> ± 1.26	24.77 <sup>C</sup> ± 0.18	17.9 <sup>ns</sup> ± 0.71	2.24 <sup>ns</sup> ± 0.03	12.14 <sup>ns</sup> ± 0.04

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขในคอลัมน์ที่มี subscript ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2) น้ำส้มที่ใช้ในการทดลอง เดิมโซเดียมเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิก เท่ากับ 200 และ 160 ppm ตามลำดับ ปรับพีเอชเป็น 2 ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 °ซ นาน 20 นาที

3) <sup>ns</sup> = not significant = แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 14 ปริมาณเบนซีนในน้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์ ซึ่งเติมเหล็ก 15 ppm และสารจับไอออนโลหะในปริมาณต่างกัน

ปริมาณสารจับ ไอออนโลหะ (ppm)	ปริมาณเบนซีน (ppb)		TSS ( °Brix)	pH	% Acidity	
	ระยะเวลาเก็บ 1 วัน	ระยะเวลาเก็บ 30 วัน				
Disodium. EDTA	Sod. hexameta phosphate					
0	0	8.12 <sup>B</sup> ± 0.39	31.67 <sup>B</sup> ± 1.26	17.00 <sup>ns</sup> ± 0	2.25 <sup>ns</sup> ± 0	12.74 <sup>ns</sup> ± 0.15
75	0	12.42 <sup>A</sup> ± 0.16	38.31 <sup>A</sup> ± 0.80	17.20 <sup>ns</sup> ± 0.28	2.26 <sup>ns</sup> ± 0	12.70 <sup>ns</sup> ± 0.62
150	0	10.76 <sup>A</sup> ± 0.42	38.82 <sup>A</sup> ± 0.95	17.00 <sup>ns</sup> ± 0	2.25 <sup>ns</sup> ± 0.01	12.70 <sup>ns</sup> ± 0.62
0	500	7.87 <sup>B</sup> ± 1.05	25.29 <sup>C</sup> ± 4.05	17.60 <sup>ns</sup> ± 1.13	2.24 <sup>ns</sup> ± 0.01	11.90 <sup>ns</sup> ± 0.55
0	1000	8.44 <sup>B</sup> ± 0.66	22.59 <sup>C</sup> ± 0.30	17.60 <sup>ns</sup> ± 1.13	2.24 <sup>ns</sup> ± 0.01	11.67 <sup>ns</sup> ± 0.27

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขในคอลัมน์ที่มี subscript ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2) น้ำส้มที่ใช้ในการทดลอง เดิมโซเดียมเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิก เท่ากับ 200 และ 160 ppm ตามลำดับ ปรับพีเอชเป็น 2 ค่าเชื้อที่  
อุณหภูมิ 100 °ซ นาน 20 นาที

3) <sup>ns</sup> = not significant = แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

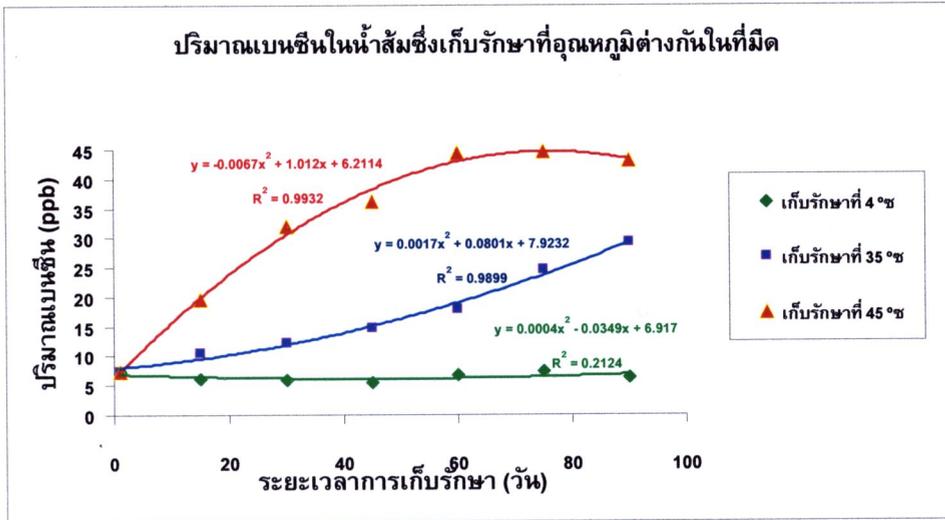
ตารางที่ 15 ปริมาณเบนซีนในน้ำส้ม 25 % พาสเจอร์ไรส์ ซึ่งเติมทองแดง 5 ppm และสารจับไอออนโลหะในปริมาณต่างกัน

ปริมาณสารจับ ไอออนโลหะ (ppm)	ปริมาณเบนซีน (ppb)			TSS ( °Brix)	pH	% Acidity
	ระยะเวลาเก็บ 1 วัน	ระยะเวลาเก็บ 30 วัน	ระยะเวลาเก็บ			
Disodium. EDTA	Sod. hexameta phosphate					
0	0	10.44 <sup>ns</sup> ± 0.24	35.38 <sup>A</sup> ± 0.51	18.20 <sup>ns</sup> ± 1.13	2.25 <sup>ns</sup> ± 0.01	12.95 <sup>ns</sup> ± 0.35
75	0	9.61 <sup>ns</sup> ± 0.94	30.45 <sup>B</sup> ± 0.35	17.00 <sup>ns</sup> ± 0	2.23 <sup>ns</sup> ± 0	12.27 <sup>ns</sup> ± 0.02
150	0	8.16 <sup>ns</sup> ± 0	32.36 <sup>B</sup> ± 1.13	18.20 <sup>ns</sup> ± 1.13	2.23 <sup>ns</sup> ± 0.01	13.18 <sup>ns</sup> ± 0.37
0	500	10.13 <sup>ns</sup> ± 0.50	23.09 <sup>C</sup> ± 0.15	17.60 <sup>ns</sup> ± 0.85	2.23 <sup>ns</sup> ± 0.01	12.29 <sup>ns</sup> ± 0.18
0	1000	7.47 <sup>ns</sup> ± 1.91	22.45 <sup>C</sup> ± 0.64	17.90 <sup>ns</sup> ± 0.71	2.23 <sup>ns</sup> ± 0	12.06 <sup>ns</sup> ± 0.07

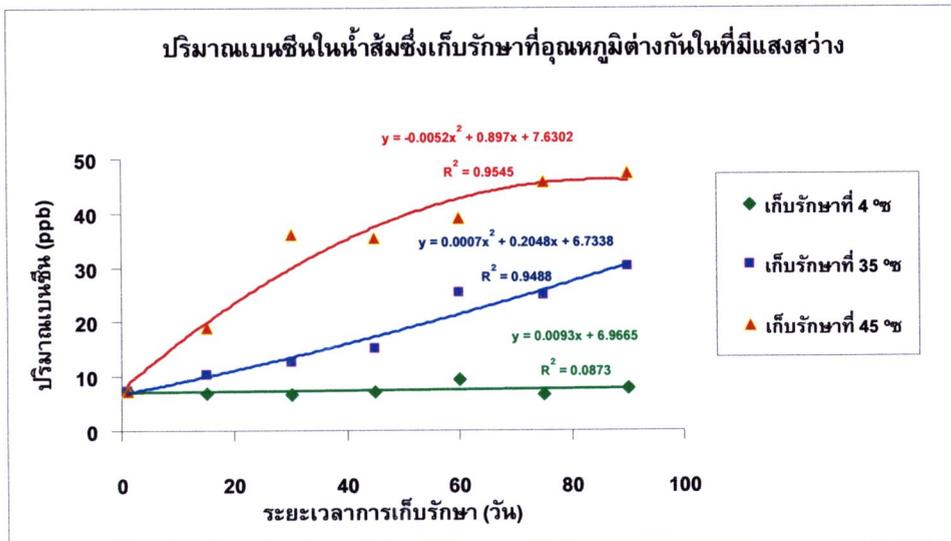
หมายเหตุ : 1) ตัวเลขในคอลัมน์ที่มี subscript ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

2) น้ำส้มที่ใช้ในการทดลอง เดิมโซเดียมเบนโซเอต และกรดแอสคอร์บิก เท่ากับ 200 และ 160 ppm ตามลำดับ ปรับพีเอชเป็น 2 ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 20 นาที

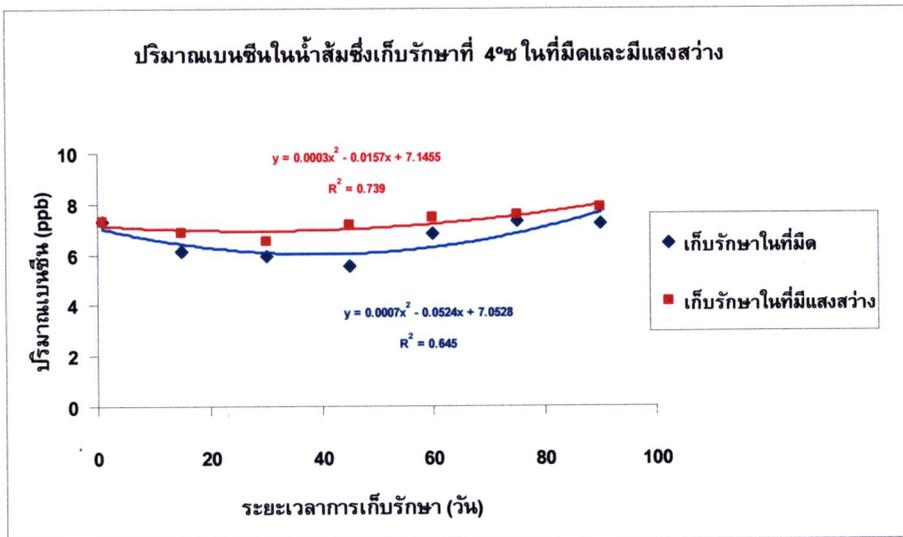
3) <sup>ns</sup> = not significant = แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )



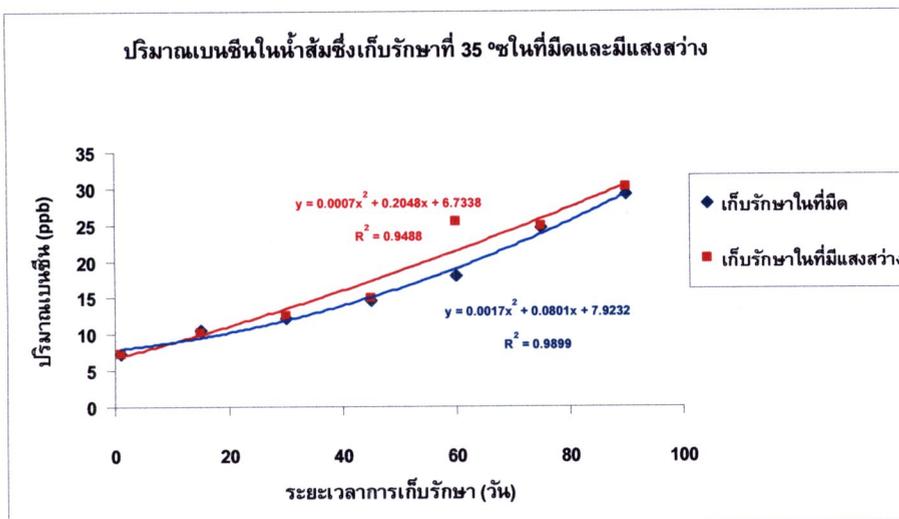
ภาพที่ 7 ปริมาณเบนซินในน้ำส้มซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันในที่มีด



ภาพที่ 8 ปริมาณเบนซินในน้ำส้มซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันในที่มีแสงสว่าง

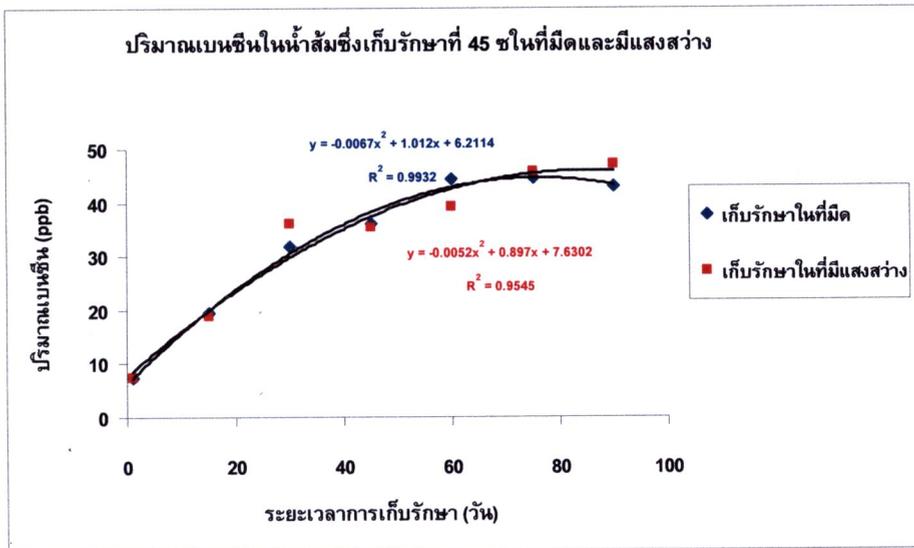


ภาพที่ 9 ปริมาณเบนซินในน้ำส้มซึ่งเก็บรักษาที่ 4 °ซในที่มืดและมีแสงสว่าง

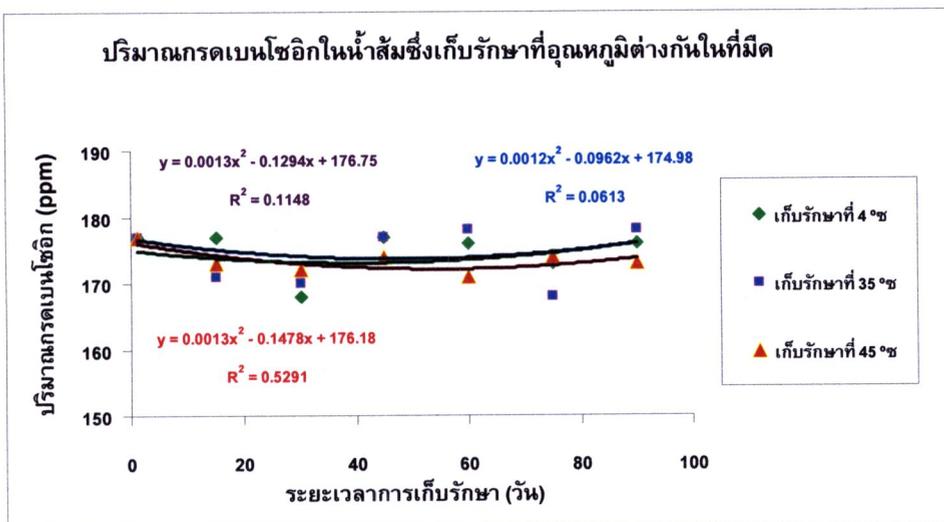


ภาพที่ 10 ปริมาณเบนซินในน้ำส้มซึ่งเก็บรักษาที่ 35 °ซในที่มืดและมีแสงสว่าง

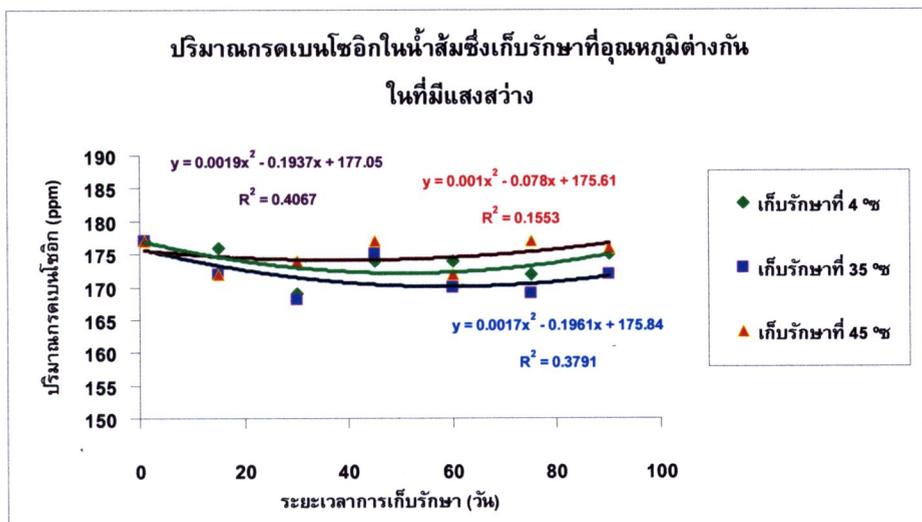




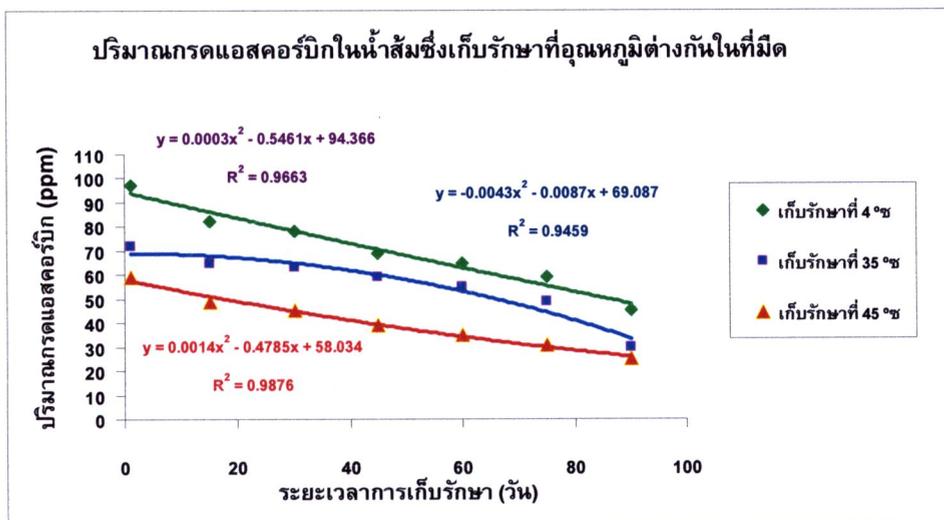
ภาพที่ 11 ปริมาณเบนซินในน้ำส้มซึ่งเก็บรักษาที่ 45 °C ในที่มีดและมีแสงสว่าง



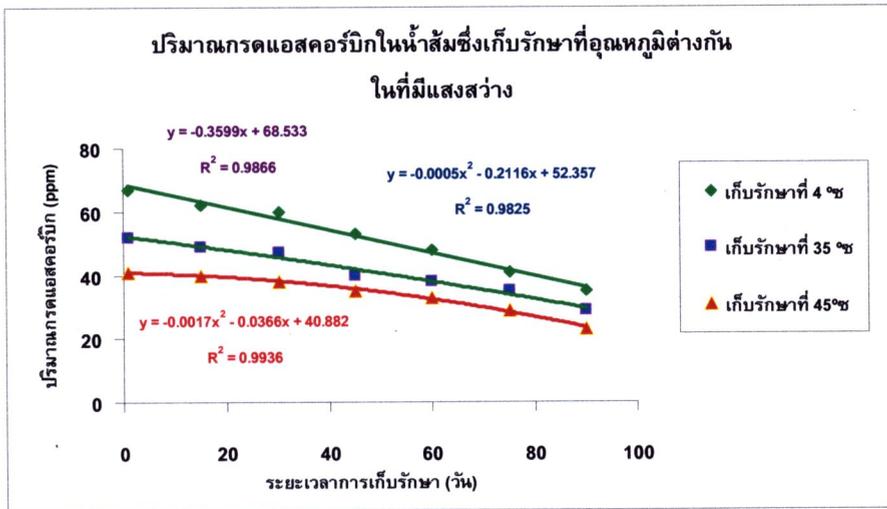
ภาพที่ 12 ปริมาณกรดเบนโซอิกในน้ำส้มซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันในที่มืด



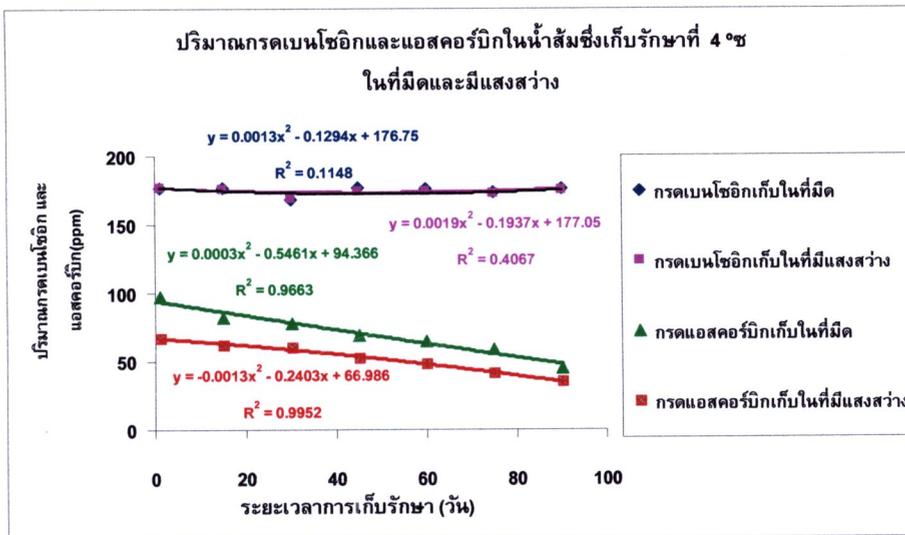
ภาพที่ 13 ปริมาณกรดเบนโซอิกในน้ำส้มซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันในที่มืด



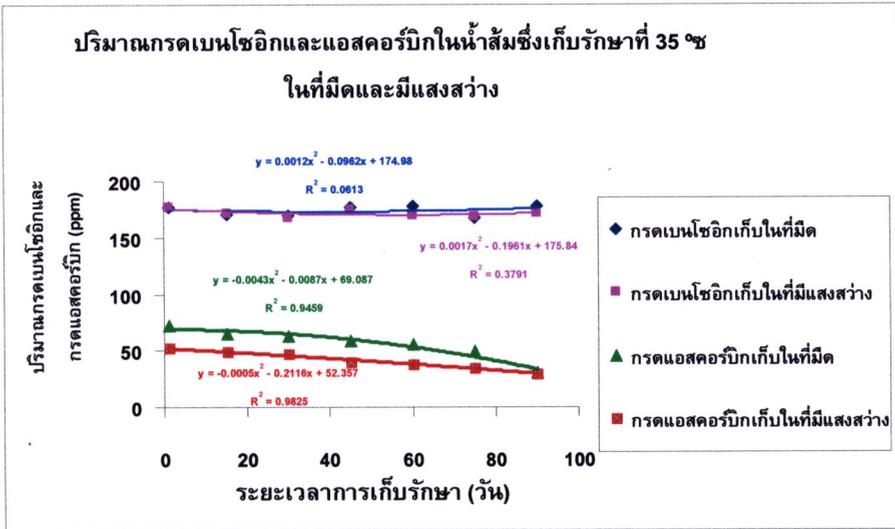
ภาพที่ 14 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในน้ำส้มซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันในที่มืด



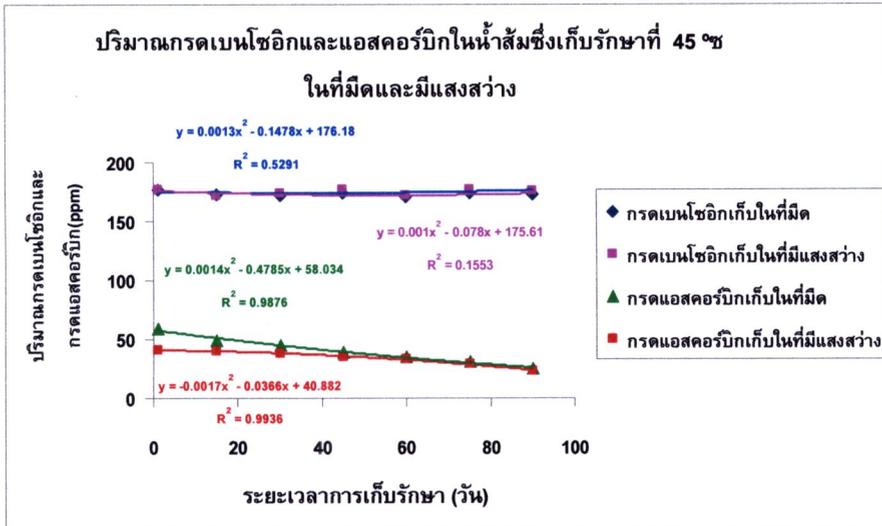
ภาพที่ 15 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในน้ำส้มซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันในที่มืดและแสงสว่าง



ภาพที่ 16 ปริมาณกรดเบนโซอิกและแอสคอร์บิกในน้ำส้มซึ่งเก็บรักษาที่ 4 °ซ ในที่มืดและมีแสงสว่าง



ภาพที่ 17 ปริมาณกรดเบนโซอิกและแอสคอร์บิกในน้ำส้มซึ่งเก็บรักษาที่ 35 °ซ ในที่มืดและมีแสงสว่าง



ภาพที่ 18 ปริมาณกรดเบนโซอิกและแอสคอร์บิกในน้ำส้มซึ่งเก็บรักษาที่ 45 °ซ ในที่มืดและมีแสงสว่าง