1290

# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

## เรื่อง

## การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

## (INHIBITION OF ENZYMATIC BROWNING REACTION IN CANDIED PINEAPPLE)

## โดย

นางสาว กัญญารัตน์ เฉลิมรัฐติภา

นางสาว สุมณทิพย์ จินต์สุภาวงศ์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

[illegible] 23 มี.ค. 37 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ดร. [illegible])

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

..........................................................

( [illegible] )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 28 เดือน [illegible] พ.ศ. 37

ฟพ.
ก 384ก
2536

14500

# การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

(Inhibition of Enzymatic Browning Reaction in Candied Pineapple)

T096532

นางสาวกัญญารัตน์ เฉลิมฐิติภา

นางสาวสุมณทิพย์ จินต์สุภาวงศ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปพ.

พ.ศ. 2537

ก384ก
2537

เลขหมู่.......
เลขทะเบียน....96532
วัน เดือน ปี.......

2537-02-22

กัญญารัตน์ เฉลิมฐิติภา และ สุมณทิพย์ จินต์สุภาวงศ์ 2537. : การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง(Inhibition of Enzymatic Browning Reaction in Candied Pineapple). ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำและทำให้วิตะมินซีในผลิตภัณฑ์ลดลงนั้น เป็นปัญหาที่พบอยู่ในอุตสาหกรรม จึงจำเป็นต้องศึกษากระบวนการที่เหมาะสมและการใช้สารเคมีบางชนิดในการยับยั้งปฏิกิริยาดังกล่าว จากการศึกษาถึงกิจกรรมของของเอนไซม์Polyphenoloxidase(PPO) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 4 หลังการเก็บเกี่ยว แล้วจึงลดลง ซึ่งผลของการวัดระดับการเกิดสีน้ำตาล(Degree of Browning)ก็แสดงผลสอดคล้องกัน เมื่อศึกษาหาระยะเวลาและอุณหภูมิในการลวกที่เหมาะสม เพื่อทำลายเอนไซม์ PPO พบว่า ที่อุณหภูมิ 80 °C เวลา 20 นาที กับ100 °C เวลา 10 และ 20 นาที ให้ระดับการเกิดสีน้ำตาลต่ำสุด ผลของการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์($Na_2S_2O_5$)พบว่า การใช้ $Na_2S_2O_5$ ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์($CaCl_2$) ในช่วงก่อนการลวก หรือ/และ ร่วมกับกรดซิตริก(Citric acid)ในการแช่สับปะรดในน้ำเชื่อมครั้งสุดท้าย(60 °Brix) ให้สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีค่าระดับการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าที่ไม่ได้ใช้ $Na_2S_2O_5$เลย ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

| สุมณทิพย์ จินต์สุภาวงศ์ | รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต | ๒๓ มี.ค. 37 |
|---|---|---|
| ลายมือชื่อนักศึกษา | ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา | วัน เดือน ปี |

# กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ดร. รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต ที่กรุณามาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษให้ ซึ่งท่านได้ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำ ปรึกษาตลอดจนแก้ไขปัญหาพิเศษนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา ขอขอบคุณพี่ ๆเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ทั้งเจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการภาค ฯ และฝ่ายประจำห้องปฏิบัติการ ในการให้เอื้ออำนวยความสะดวกต่าง ๆ

ตลอดจนทั้งขอบคุณเพื่อน ๆทุกคน ที่ช่วยเป็นกำลังใจ และช่วยทดสอบ ชิมผลิตภัณฑ์ในการทดลองค้นคว้า จนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กัญญารัตน์ เฉลิมรัฐิภา
สุมณทิพย์ จินต์สุภาวงศ์

# สารบาญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | ง |
| สารบาญตาราง | ช |
| สารบาญภาพ | ซ |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ | 1 |
| 1.1 บทนำ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 2. วารสารปริทัศน์ | 3 |
| 3. การทดลอง | 32 |
| 3.1 อุปกรณ์ | 32 |
| 3.2 วัตถุดิบและสารเคมี | 32 |
| 3.3 วิธีการทดลอง | 33 |
| 4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง | 41 |
| 5. สรุปผลการทดลอง | 67 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 67 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 68 |
| เอกสารอ้างอิง | 69 |
| ภาคผนวก | 72 |
| ประวัติผู้เขียน | 112 |

สารบาญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทที่ใช้ในการเตรียมน้ำเชื่อมความเข้มข้นต่าง ๆสำหรับกระบวนการแช่อิ่ม | 18 |
| 4.1 | การเปลี่ยนแปลงกิจกรรม ของเอนไซม์ PPO และองค์ประกอบต่าง ๆของสับปะรดภายหลังการเก็บเป็นระยะเวลา 10 วัน | 41 |
| 4.2 | Degree of browning และองค์ประกอบต่าง ๆของสับปะรดที่เปลี่ยนแปลงไป ภายหลังการลวกที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ เปรียบเทียบกับสับปะรดสดที่ไม่ผ่านการลวก | 48 |
| 4.3 | ค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการอบแห้งที่ระยะเวลาต่าง ๆ | 50 |
| 4.4 | แสดง% Total Soluble Solid( $^{o}$Brix)ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งภายหลังการอบในTray dryer | 51 |
| 4.5 | แสดงค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มภายหลังการแช่ในน้ำเชื่อมความเข้มข้นสุดท้าย ก่อนอบใน Tray dryer เมื่อใช้$Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้ายเท่านั้น | 52 |
| 4.6 | ค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ภายหลังการอบแห้ง เมื่อใช้ $Na_2S_2O_5$ในน้ำเชื่อมสุดท้ายเท่านั้น | 53 |
| 4.7 | ปริมาณ Total Soluble Solid ( $^{o}$Brix) และ ปริมาณความชื้นในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง เมื่อมีการใช้$Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้ายเท่านั้น | 54 |
| 4.8 | เปรียบเทียบDegree of Browning ของสับปะรดแช่อิ่มก่อนการอบและหลังอบเมื่อมีการใช้$Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้ายเท่านั้น | 55 |
| 4.9 | คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่าง ๆของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีการใช้ $Na_2S_2O_5$ในน้ำเชื่อมสุดท้ายเท่านั้น | 56 |
| 4.10 | ปริมาณ $SO_2$ ที่เหลืออยู่ในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายที่มีการเติม$Na_2S_2O_5$400 ppm | 57 |
| 4.11 | เปรียบเทียบสีของสับปะรดแช่อิ่มก่อนการอบแห้งและหลังการอบแห้ง เมื่อมีการใช้ $Na_2S_2O_5$ แช่สับปะรดก่อนการลวกและในน้ำเชื่อมสุดท้าย | 58 |

ตารางที่ หน้า


4.12 ปริมาณ Total Soluble Solid($^{\circ}$Brix)และปริมาณความชื้นในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง เมื่อมีการใช้ $Na_2S_2O_5$ แช่สับปะรดก่อนการลวกและในน้ำเชื่อมสุดท้าย 60

4.13 เปรียบเทียบDegree of Browning ของสับปะรดแช่อิ่มก่อนการอบและหลังอบแห้ง เมื่อมีการใช้$Na_2S_2O_5$ แช่สับปะรดก่อนการและในน้ำเชื่อมสุดท้าย 61

4.14 คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่าง ๆ ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีการใช้ $Na_2S_2O_5$แช่สับปะรดก่อนการลวกและในน้ำเชื่อมสุดท้าย 62

4.15 ปริมาณ Combined $SO_2$ ที่เหลืออยู่ภายหลังการลวกที่อุณหภูมิ100 $^{\circ}$Cเป็นระยะเวลา 10 และ 20 นาที 65

4.16 แสดงปริมาณ $SO_2$ ที่เหลืออยู่ในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ภายหลังการอบที่อุณหภูมิ 64-66 $^{\circ}$C เป็นระยะเวลา 20-21 ชั่วโมง 66

# สารบาญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | แสดงขั้นตอนการเกิด Furfural ใน Millard Reaction | 20-21 |
| 2.2 | แสดงปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และไฮดรอกซิเลชั่นของmonophenolและ o-diphenol โดยเอนไซม์Catechol oxidase | 24 |
| 2.3 | แสดงProposed mechanism ของปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชั่น และออกซิเดชั่น ของฟีนอล โดยเอนไซม์tyrosinase จาก Neurospora | 24 |
| 2.4 | แสดงปฏิกิริยาSecondary non-enzymatic จากo-quinone | 27 |
| 3.1 | แผนภาพแสดงการศึกษาผลของเวลาในการลวก | 36 |
| 3.2 | แผนภาพแสดงผลการใช้$Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้ายต่อการเกิดสีน้ำตาลในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งร่วมกับการใช้ความร้อน | 38 |
| 3.3 | แผนภาพแสดงผลการใช้$Na_2S_2O_5$ ก่อนการลวก และในน้ำเชื่อมสุดท้ายต่อการเกิดสีน้ำตาลในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งร่วมกับการใช้ความร้อน | 40 |
| 4.1 | การเปลี่ยนแปลงของสับปะรดภายหลังการเก็บเกี่ยวที่อุณหภูมิห้อง | 42-43 |
| 4.2 | เปรียบเทียบผลของการใช้อุณหภูมิและเวลาในการลวกสับปะรด | 45-47 |
| 4.3 | แสดงผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากการทดลอง และนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้ง 8 Treatment | 64 |

# บทที่ 1
# บทนำ

สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีผู้นิยมปลูกกันมากในประเทศไทยและได้ผลดี ในปีหนึ่ง ๆเมื่อถึงฤดูของสับปะรดจะมีสับปะรดออกสู่ตลาดมากมายจนเกินกว่าความต้องการของผู้บริโภค เป็นเหตุให้ราคาของสับปรระรดถูกลงและสับปะรดที่เหลืออยู่ขายไม่ออก เน่า และต้องทิ้งเสียเป็นอันมาก ด้วยเหตุนี้จึงควรจะพิจารณาเก็บถนอมสับปะรดไว้ให้ใช้รับประทานได้นาน ๆ การเก็บถนอมมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งวิธีที่นิยมวิธีหนึ่งคือ การทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง แต่มักเกิดปัญหาเนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงด้านสี ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำ ลักษณะไม่น่ารับประทาน และทำให้วิตะมินซีในผลิตภัณฑ์ลดลงอีกด้วย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงด้านสีของผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งนั้นมีสาเหตุที่สำคัญมาจาก activity ของเอนไซม์ Polyphenoloxidase(PPO) ที่มีอยู่ในสับปะรด โดยจะออกซิไดส์สารประกอบ Phenolic compoundในสับปะรดไปเป็น O-quinone ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยา polymerization ต่อได้เป็นสารที่มีสีน้ำตาล ดังนั้นวิธีการยับยั้งactivityของเอนไซม์Polyphenoloxidase(PPO) จึงเป็นวิธีการที่สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งได้

การยับยั้ง activity ของเอนไซม์Polyphenoloxidase(PPO) นั้นมีหลายวิธี ได้แก่ การใช้ความร้อน,การใช้สารเคมี และการใช้วิธีทางกายภาพ แต่วิธีที่ใช้ส่วนใหญ่และสามารถนำมาใช้กับโรงงานแปรรูปต่าง ๆได้ดี คือ การใช้ความร้อนหรือ/และการใช้สารเคมี โดยผลของการใช้ความร้อนหรือ/และสารเคมีในปริมาณหรือระดับที่เหมาะสมนั้น จะทำให้สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ผลิตได้มีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

<u>วัตถุประสงค์</u>

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบต่าง ๆในสับปะรดหลังการเก็บเกี่ยวที่ระยะเวลาต่าง ๆ

2. เพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการลวกสำหรับการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด

3. เพื่อศึกษาผลของการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งโดยวิธีการใช้ความร้อนและ/หรือการใช้สารเคมี คือ Sodiummetabisulfite($Na_2S_2O_5$)

# บทที่ 2
# วารสารปริทัศน์

## 2.1 สับปะรด

สับปะรด(Pineapple)จัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Ananas commosus (L.) Merr. และจัดอยู่ในตระกูล Bromeliacese จำพวกไม้ดิน (Terrestrial) คือมีระบบรากอาหารอยู่ในดิน และยังมีลักษณะบางประการของไม้อากาศ คือ สามารถเก็บน้ำเอาไว้ตามซอกใบได้เล็กน้อย และมีเซลพิเศษสำหรับเก็บน้ำเอาไว้ในใบ ทำให้ทนทานต่อช่วงแห้งแล้วได้ดี ขนาดของต้นแตกต่างกันออกไปจากหนึ่งนิ้วจนถึง 35 ฟุตหรือมากกว่านี้ การเติบโตอาจเป็นต้นเดี่ยว เป็นพุ่ม เป็นกอ หรือปกคลุมแผ่ปริมาณครอบคลุมพื้นที่หลาย ๆไร่ก็มี บางครั้งอาจพบพืชตระกูลนี้บนโขดหิน บนหน้าผาหิน บนคาคบไม้ บนพื้นดิน ในป่าทึบมืดและชื้นหรือ อาจพบตามแนวหาดทรายชายทะเล บางพวกอาจพบเป็นดงเตี้ยสุดลูกหูลูกตา ตามพื้นที่ราบสูงที่เยือกเย็นและแห้งแล้ง บางชนิดพบว่าเกาะอยู่ตามลำต้นตะบองเพชรในทะเลทราย(จารุพันธ์,2536)

### 2.1.1 การจำแนกทางอนุกรมวิธานของสับปะรด

| | |
|---|---|
| Kingdom | Plant kingdom |
| Sub-kingdom | Spermatophyta |
| Class | Angiospermae |
| Sub-class | Monocotyledones |
| Order | Farinosae |
| Family | Bromilaceae |
| Genera | Ananas and Pseudananas |

### 2.1.2 การขยายพันธุ์ของสับปะรด

สับปะรดมีช่อดอกและผลที่ส่วนยอดของลำต้น ซึ่งเมื่อออกผลแล้วก็จะเจริญเติบโตต่อไป โดยตาที่โคนใบ(Axillary buds) จำนวน 1 หรือมากกว่านั้นก็ได้ ตาเหล่านี้จะเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ และจะออกผลทั้ง ๆที่ยังติดกับโคนต้นแม่ซึ่งทำหน้าที่ส่งอาหารให้

สับปะรดต้นแรกเริ่มซึ่งเราอาจจะใช้หน่อขยายแยกมาปลูกลงในดินนั้น เราเรียกว่า

$1^{st}$ crop plant หรือสับปะรดต้นแม่ ส่วนที่เรียกว่า $1^{st}$ ratoon plant นั้นก็คือต้นที่เกิดจากตาข้าง ซึ่งเจริญออกมาเป็นต้นใหม่ติดกับแกนของต้นแม่อยู่ $1^{st}$ ratoon นี้ก็จะทำหน้าที่ผลิต $2^{nd}$ ratoon plant ต่อไปเรื่อย ๆ เป็นระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งอาจถึง 50-60 ปีก็ได้ ถ้าสภาพการอำนวยให้

2.1.3 <u>การเก็บผลของสับปะรด</u>

ในประเทศไทยสับปะรดเป็นพืชที่ให้ผลมากเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงสับปะรดที่ออกระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน กับสับปะรดที่ออกตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน แต่ปกติแล้วในตลาดจะมีผลสับปะรดสดขายอยู่เป็นประจำตลอดทั้งปี เนื่องจากการปลูกสับปะรดในประเทศไทยนั้นสามารถกระทำได้เกือบทั้งปี ยกเว้นในช่วงที่มีฝนตกชุกเท่านั้น

สำหรับหลักเกณฑ์ที่ช่วยในการเก็บเกี่ยวผลแก่ของสับปะรดอาจพิจารณาได้จาก

ก. ลักษณะภายนอกของผล เช่นสีของเปลือกผลที่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลืองส้ม กลีบเลี้ยงเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีส้มหรือน้ำตาลอมแดง ตาของผลย่อยจะแบนราบ ร่องของตาบนผลย่อยจะตึงเต็มที่ ผลจะไม่เพิ่มขนาดอีกต่อไป ก้านผลมีร่องรอยของการเหี่ยวตามแนวยาว ผลสับปะรดจะส่งกลิ่นหอม ใบเล็ก ๆที่รองดอกย่อย(bract)จะเหี่ยวแห้ง นอกจากนี้ความแน่นของผลจะลดลง ซึ่งจากการใช้นิ้วมือดีดหรือสันมีดเคาะจะมีเสียงโปร่ง ซึ่งชาวบ้านมักเรียกว่า "แปะ" หมายถึงผลแก่จัดได้ที่แล้วนั่นเอง

ข. คุณสมบัติภายในของผล ผลสับปะรดใกล้แก่จัดจะมี TSS (Total Soluble Solids)และกรดสูงเพิ่มกว่าผลที่ยังดิบ นอกจากนี้จะมีปริมาณ Sucrose และ total sugar เพิ่มสูงสุด และจะมีปริมาณคงที่จนกว่าผลจะเน่าเสียไป

ค. ลักษณะอื่น ๆเช่น น้ำหนักสดและแห้งของผลจะคงที่เมื่อผลแก่จัด อายุของผลนับจากวันแทงช่อดอก เช่นผลดิบ (prematuration) จะมีอายุน้อยกว่า 120 วัน ผลแก่ไม่จัด (early maturation)มีอายุ 120-150 วัน ผลแก่จัด(late maturation) มีอายุ150-165 วัน ส่วนระยะผลเริ่มเสีย(Sebescence) มีอายุมากกว่า 165 วัน

2.1.4 <u>องค์ประกอบของสับปะรด</u> (Duckworth,1966)

องค์ประกอบของสับปะรดในส่วนที่กินได้ทั้งหมด 100 กรัมมีดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| น้ำ | 77-91 | กรัม |

| | | |
|---|---|---|
| น้ำตาล | 9.7-12.1 | กรัม |
| เถ้า(Ash) | 0.2-0.42 | กรัม |
| ไขมัน | 0-0.31 | กรัม |
| เยื่อใย(fiber) | 0.27-1.2 | กรัม |
| โปรตีน | 0.36-0.5 | กรัม |
| พลังงาน | 46-57 | แคลอรี |
| Ascorbic acid | 15-165 | มิลลิกรัม |
| Carotene | 0.01-0.12 | มิลลิกรัม |
| Thiamine | 0.08-0.12 | มิลลิกรัม |
| Riboflavin | 0.02-0.06 | มิลลิกรัม |
| Niacin | 0.1-0.59 | มิลลิกรัม |
| Folic acid | 3-8 | มิลลิกรัม |
| Calcium | 12-32 | มิลลิกรัม |
| Iron | 0.3-0.6 | มิลลิกรัม |
| Total acidity | 3.8-7.0 | มิลลิอิควิเวอเรนท์(m-equiv.) |

2.1.5 <u>พันธุ์ของสับปะรด</u>

สับปะรดเป็นผลไม้ที่คนไทยเรารู้จักกันมานาน ซึ่งพันธุ์ของสับปะรดที่นิยมปลูกกันในประเทศไทยได้แก่ สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตและ พันธุ์ปัตตาเวีย แต่สับปะรดพันธุ์ที่นิยมนำมาแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหารมากที่สุดก็คือ พันธุ์ปัตตาเวียหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า สับปะรดศรีราชา ซึ่งมีแหล่งที่ปลูกกันมากที่จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์,ชลบุรี,เพชรบุรีและลำปาง เป็นต้น โดยผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียหลังจากเก็บจากแปลงปลูกมาแล้ว เราอาจจะทำการคัดแบ่งออกเป็นเบอร์ต่าง ๆ ตามสภาพการแก่ของผล ซึ่งอาจดูได้จากสีของตา(fruitlets) ดังนี้

No. 0 - ตาทุกตาสีเขียวไม่มีเหลือง

No. 1 - ตาเหลืองไม่เกิน 20 %

No. 2 - ตาเหลืองไม่น้อยกว่า 20 % แต่ไม่เกิน 40 %

No. 3 - ตาเหลืองไม่น้อยกว่า 40 % แต่ไม่เกิน 55 %

No. 4 - ตาเหลืองไม่น้อยกว่า 55 % แต่ไม่เกิน 90 %

No. 5 - ตาเหลืองไม่น้อยกว่า 90 % แต่ไม่เกิน 90 % กว่า 20 % ของตาจะมีสีส้ม

No. 6 - 20-100 % ของตามีสีน้ำตาลอมแดง

No. 7 - เปลือกสีน้ำตาลอมแดงและแสดงอาการเน่า

## 2.2 ผลไม้แช่อิ่ม

### 2.2.1 การแช่อิ่ม

การแช่อิ่ม คือการแช่ผลไม้ในน้ำเชื่อมใส ๆแล้วค่อย ๆเพิ่มให้ข้นทีละน้อยจนข้นจัดขนาดที่จะรักษาตัวของมันมิให้เสียได้ ขณะที่ข้นที่สุดจะมีน้ำตาลร้อยละ 75 ซึ่งการที่ค่อย ๆเพิ่มความเข้มข้นทีละน้อยนั้นก็เพื่อจะให้น้ำตาลค่อย ๆเข้าไปแทนที่น้ำที่มีอยู่ในผลไม้และน้ำในผลไม้ค่อย ๆซึมออกมาเช่นกัน ดังนั้นจึงต้องใช้เวลานานเพราะถ้าไม่ทำเช่นนั้น น้ำในผลไม้จะซึมออกมาเร็วเกินไปจะทำให้ผลไม้เหี่ยวและแข็งไม่อิ่มตัวเท่าที่ควร ผลไม้ที่เหมาะแก่การทำแช่อิ่ม คือผลไม้ประเภทรสจัด ถ้ารสอ่อนจะถูกน้ำตาลข่มหมด ซึ่งสับปะรดก็เป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีความเหมาะสมในแง่ดังกล่าว โดยการทำแช่อิ่มนี้มีหลักอยู่ทั่ว ๆไปว่า จะต้องแช่ตั้งแต่น้ำตาลยังใสจนน้ำตาลเข้มข้นขึ้นทุกวัน โดยการถ่ายน้ำเชื่อมที่แช่มาแล้วตั้งไฟพร้อมกับเพิ่มน้ำตาลใหม่ น้ำตาลที่แช่อิ่มนี้ จำเป็นจะต้องมีน้ำตาลกลูโคส(glucose)ปนอยู่ด้วย เพื่อเวลาน้ำเชื่อมเข้มข้นขึ้น จะได้ไม่มีการตกผลึก จะทำได้โดยการเติมน้ำตาลกลูโคสลงไป หรือโดยการเติมกรดลงไปให้เกิดปฏิกิริยากับน้ำตาลทราย(sucrose) เปลี่ยนบางส่วนมาเป็นกลูโคสก็ได้ (กรมวิทยาศาสตร์บริการ)

ศิริลักษณ์ (2525) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ว่า การแช่อิ่มผลไม้มีหลักการคล้ายกับการเชื่อม คือ การพยายามทำให้น้ำเชื่อมที่เข้มข้นซึมเข้าสู่ผลไม้นั้นจนมีความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 70 การแช่อิ่มต่างจากการเชื่อมตรงที่ว่าการซึมของน้ำเชื่อมเข้าสู่ผลไม้นั้นค่อยเป็นค่อยไป โดยการแช่ผลไม้ในน้ำเชื่อมที่ต้องเพิ่มความเข้มข้นขึ้นเรื่อย ๆจนผลไม้อิ่มตัวด้วยน้ำเชื่อม โดยผลไม้ที่นำมาทำการแช่อิ่มควรจะเลือกชนิดที่มีกลิ่นรสจัด ควรแก่จัดหรือห่าม ผลไม้ที่สุกเมื่อนำมาแช่อิ่มจะทำให้มีเนื้อสัมผัสเละ ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวหรือฝาดควรแช่น้ำเกลือเข้มข้นประมาณร้อยละ 15 ก่อน นอกจากนี้การแช่ผลไม้ในน้ำปูนใสก่อนจะช่วยทำให้ผลไม้แช่อิ่มที่ได้มีลักษณะกรอบ ก่อนแช่ผลไม้ในน้ำเชื่อมควรลวกหรือนึ่งผลไม้ให้เนื้อนิ่มลง ช่วยให้น้ำเชื่อมซึมได้ง่ายขึ้นและ

เป็นการทำลายเอนไซม์มิให้ผลไม้เปลี่ยนสี ถ้าเป็นผลไม้เนื้อแน่นหรือแข็งจะต้องต้มให้เนื้อนิ่มลง น้ำเชื่อมแรกแช่ควรจะเป็นชนิดใส เพื่อให้น้ำเชื่อมซึมเข้าสู่ผลไม้ ถ้าน้ำเชื่อมข้างนอกข้นไปน้ำในผลไม้จะซึมออกมาข้างนอกทำให้ผลไม้เหี่ยว ผลไม้เนื้อหยาบน้ำมาก เช่น สับปะรด ใช้น้ำเชื่อมแรกในอัตราส่วน 2 ส่วนต่อน้ำ 3 ส่วนโดยน้ำหนัก น้ำที่ใช้ผสมน้ำตาลควรจะใช้น้ำที่ต้มผลไม้ให้อ่อนตัว แต่การใช้น้ำตาลทรายอย่างเดียวอาจเกิดผลึกได้ง่ายเมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีการใช้น้ำตาลกลูโคสปนด้วย หรืออาจจะใช้วิธีทำให้เกิดกลูโคสและฟรุคโตสโดยเติมสิ่งที่มีรสเป็นกรดลงไปให้เกิดปฏิกิริยากับน้ำตาลทรายซึ่งจะเปลี่ยนบางส่วนมาเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เอาน้ำเชื่อมร้อนเทราดลงบนผลไม้ให้ท่วม ทิ้งค้างคืนไว้ วันต่อ ๆมานำน้ำเชื่อมมาต้มใหม่ทำให้เข้มข้นขึ้น ถ้าน้ำเชื่อมงวดลงมากก็เพิ่มน้ำตาลและน้ำอีกเพื่อให้มีพอท่วมผลไม้แช่ค้างคืนทำอย่างนี้เรื่อย ๆ จนผลไม้อิ่มน้ำเชื่อมซึ่งจะต้องทำไม่น้อยกว่า 4-5 ครั้ง อาจสังเกตดูได้จากน้ำเชื่อมจะข้นดังน้ำผึ้ง ผลไม้ที่อิ่มด้วยน้ำเชื่อมนี้เรียก ผลไม้แช่อิ่มชื้น เก็บไว้ได้ไม่นานนัก เพราะอาจจะเกิดกลิ่นหมักได้ถ้าเก็บไว้นานขึ้น ควรจะนำผลไม้แช่อิ่มชื้นนั้นมาจุ่มในน้ำเพื่อล้างน้ำเชื่อมข้างนอกออกแล้ววางบนตะแกรง นำไปตากแห้งหรืออบที่อุณหภูมิ 65.5 °C (150 °F) เวลา 8-10 ชั่วโมงหรือจนผลไม้แห้งจนไม่ติดมือ ผลไม้ที่ได้เรียก ผลไม้แช่อิ่มแห้ง

การแช่อิ่ม คือ การทำให้ผักหรือผลไม้อิ่มตัวด้วยน้ำตาล โดยมีหลักการผลิตคือ เพิ่มความหวานในวัตถุดิบทีละน้อย โดยเพิ่มปริมาณน้ำตาลในน้ำเชื่อมที่ใช้แช่ จนปริมาณน้ำตาลสูงถึง 70 องศาบริกซ์ โดยไม่ทำให้เนื้อเยื่อของวัตถุดิบเหี่ยวย่น การเพิ่มปริมาณน้ำตาลอาจเป็นแบบช้าหรือแบบเร็วก็ได้ (Cruss,1958)

ผลไม้ที่แช่อิ่มควรเป็นผลไม้ที่มีเนื้อแน่น และไม่สุกจนเกินไป ผลไม้บางชนิดอาจนำมาใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องแช่ในกรดซัลฟูรัส เช่น มะเดื่อ พีช แพร์ สับปะรด(Cruss,1958) เปลือกผลไม้ต่าง ๆ หรือผลไม้ที่มีรสชาติไม่น่ารับประทาน ก่อนแช่อิ่มจะนำมาแช่ในน้ำเกลือเข้มข้น 10 % เพื่อลดรสชาติที่เปรี้ยวฝาดหรือขมเสียก่อน (ณรงค์ และคณะ,2524) ส่วนผลไม้ที่แข็งควรต้มกับน้ำ หรือน้ำเชื่อมอย่างเจือจางเสียก่อน จะช่วยทำให้เนื้อผลไม้อ่อนนุ่มขึ้น ทำให้น้ำเชื่อมซึมผ่านได้ง่าย (อรวิน และประชา,2522)

2.2.2 <u>วิธีการแช่อิ่ม</u> วิธีการแช่อิ่ม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

1. <u>วิธีการแช่อิ่มแบบช้า</u>

เตรียมน้ำเชื่อมเข้มข้นประมาณ 30-35 องศาบริกซ์ นำผลไม้ที่เตรียมไว้แช่ลงไป นำขึ้นตั้งไฟเดือด 5 นาที ยกลงตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ควรหาภาชนะปิดเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกลงไปปะปนจะเกิดการออสโมซีสขึ้น น้ำเชื่อมจะถูกทำให้เจือจางลง วันรุ่งขึ้นนำน้ำเชื่อมที่แช่มาต้มให้เดือดเพิ่มความเข้มข้นวันละ 10 องศาบริกซ์ โดยใช้น้ำตาลทราย แล้วนำผลไม้แช่ลงไปตามเดิมขบวนการนี้จะเกิดขึ้นซ้ำ ๆกันจนความเข้มข้นของน้ำเชื่อมขึ้นสูงถึง 50 องศาบริกซ์เติมกรดมานาวลงไปร้อยละ 0.1 เพื่อป้องกันการตกผลึกแล้วเพิ่มความเข้มข้นขึ้นวันละ 5องศาบริกซ์ จนความเข้มข้นสุดท้ายสูงถึง 70 องศาบริกซ์แล้วจึงแช่ทิ้งไว้ 3-4 วัน หรือจนกระทั่งความเข้มข้นคงที่ ถึงแม้วิธีนี้จะใช้เวลานานแต่ก็เป็นวิธีที่ทำให้ผลไม้แช่อิ่มมีคุณภาพดี คือ ผลไม้แช่อิ่มที่ได้จะไม่เหี่ยวย่นหรือเสียรูปทรง,มีความหวานของน้ำตาลที่ซึมอยู่ตามเนื้อผลไม้อย่างสม่ำเสมอ และมีสีไม่คล้ำ(วิชัย,2518)

อรวินและประชา(2522) ได้กล่าวถึงวิธีการแช่อิ่มแบบช้าไว้ดังนี้ โดยได้กล่าวว่าวิธีแช่อิ่มแบบช้าจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่าการแช่อิ่มแบบเร็ว ผลไม้ไม่หดตัวมาก ซึ่งเริ่มต้นที่ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมปานกลาง คือ ประมาณร้อยละ 30 ต้มผลไม้ในน้ำเชื่อมเป็นเวลา 5 นาที แล้วยกลงแช่ในขวดโหลที่ปิดมิดชิดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หาน้ำหนักกดให้ผลไม้จมอยู่ในน้ำเชื่อม วันรุ่งขึ้นแยกผลไม้ออก แล้วเติมน้ำตาลลงในน้ำเชื่อมให้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 10 แช่ผลไม้อีก 24 ชั่วโมง ทำซ้ำ ๆกันทุกวัน จนมีความเข้มข้นของน้ำเชื่อมไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ซึ่งใช้เวลาประมาณ 6-7 วัน เมื่อความเข้มข้นของน้ำเชื่อมมากกว่าร้อยละ 60 ต้องเติมรกดซิตริกลงไป(ร้อยละ 0.1 )เพื่อป้องกันมิให้น้ำตาลตกผลึกเมื่อผลไม้อิ่มน้ำตาลแล้ว ก็นำไปตากหรือผึ่งแดดให้แห้ง

2. <u>วิธีการแช่อิ่มแบบเร็ว</u>

ณรงค์และคณะ(2524)ได้กล่าวถึงการแช่อิ่มแบบเร็วว่าสามารถทำได้โดย การใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งวิธีนี้จะใช้เวลาเพียง 2-3 วันเท่านั้น ซึ่งขั้นตอนการผลิตมีดังนี้

1. เตรียมผักหรือผลไม้แบบเดียวกับการแช่อิ่มแบบช้า
2. ใส่ลงในน้ำเชื่อมที่มีน้ำตาลและกรด หรือน้ำมะนาวผสมอยู่ด้วย โดยใช้อัตราส่วนเช่นเดียวกับกรรมวิธีการผลิตแบบช้า
3. ค่อย ๆระเหยน้ำที่อุณหภูมิ 65.5 องศาเซลเซียส เติมน้ำ

เชื่อมที่มีความข้น 40 องศาบริกซ์ลงไปเรื่อย ๆ เพื่อรักษาระดับของน้ำเชื่อมไว้ เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ความเข้มข้นของน้ำตาลจะประมาณ 68 องศาบริกซ์ ปล่อยทิ้งไว้ที่ความเข้มข้นนี้ประมาณ 2-3 วัน หรือจนกระทั่งความหวานของผลไม้ หรือผักถึงจุดที่ต้องการ

วิชัย(2518) ได้กล่าวว่า การทำแช่อิ่มแบบเร็ว เริ่มต้นด้วยน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นของน้ำตาล 35 องศาบริกซ์ นำผลไม้ที่เตรียมไว้ใส่ลงไป นำขึ้นตั้งไฟต้มจนกระทั่งเดือด 5-10 นาที แล้วลดไฟอ่อน ๆค่อย ๆเคี่ยวจนน้ำเชื่อมสุดท้ายมีความเข้มข้น 68-70 องศาบริกซ์ วิธีนี้มักใช้กับผลไม้ที่มีแป้งและน้ำตาลสูงมีน้ำค่อนข้างน้อย เช่น มัน กล้วย เป็นต้น วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือ ผลไม้ที่แช่อิ่มโดยวิธีนี้จะมีลักษณะเหี่ยวย่น สีและกลิ่นจะสูญเสียไประหว่างการทำ

นอกจากนี้ อาจนำน้ำเชื่อม พร้อมผลไม้ ไปเคี่ยวในหม้อลดความดัน น้ำเชื่อมจะเดือดที่อุณหภูมิต่ำ และอาจรวดเร็วกว่าเคี่ยวในหม้อธรรมดา วิธีใช้หม้อลดความดันอาจจะดีกว่าหม้อธรรมดา แต่ผลไม้เชื่อมก็ยังมีลักษณะไม่ดี ยกเว้นสีอาจจะคล้ำน้อยกว่า(วิชัย,2521)

หลังจากปริมาณน้ำตาลได้ในปริมาณตามต้องการ อาจนำไปบริโภคได้ทันที หรือนำไปอบแห้งเสียก่อน โดยคงที่อุณหภูมิ 120-140 องศาฟาเรนไฮต์ จนเหลือความชื้นประมาณ 20 เปอร์เซนต์ (Cruess,1958) ผลิตภัณฑ์ที่แช่อิ่มไม่เหมาะที่จะเก็บในบรรยากาศที่มีความชื้น ปกติจะเก็บในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซนต์และอุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาฟาเรนไฮต์(Woodroof และ Luh,1975)

2.2.3 <u>ชนิดของผลิตภัณฑ์แช่อิ่ม</u>

ผลไม้ที่ทำให้อิ่มตัวด้วยน้ำตาลนั้น เราจัดเป็น Preserved Fruit ชนิดหนึ่ง จุมพล (2520-2521) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ผลไม้แช่อิ่มที่ได้นี้ สามารถนำไปทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆได้หลายชนิด เช่น

1. <u>Candying</u> มีลักษณะเหมือนผลไม้แช่อิ่มทั่วไป แต่มีเปอร์เซนต์ของน้ำตาลอยู่สูงถึง 75องศาบริกซ์

2. <u>Crystallizing</u> คือการที่น้ำตาลเกิดเป็นผลึกที่ผิวของของชิ้นผลไม้ แล้วนำมาอบให้แห้งซึ่งขบวนการนี้แตกต่างจาก glacing แต่คล้ายกับพวก ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน(Confectionary) โดยเริ่มจากที่เราเตรียมน้ำเชื่อมจากน้ำตาลกลูโคสเข้มข้น 70

องศาบริกซ์ นำผลไม้แช่อิ่มที่สะเด็ดน้ำเชื่อมแล้ววางบนตะแกรงซึ่งถูกบรรจุอยู่ในภาชนะก้นลึกอีกชั้นหนึ่ง จากนั้นจึงค่อย ๆเทน้ำเชื่อมที่เตรียมไว้ลงไปจนท่วมชิ้นผลไม้ ตั้งทิ้งไว้ 12-18 ชั่วโมง ก็จะเกิดผลึกน้ำตาลบาง ๆจับที่ผิวของผลไม้ ยกตะแกรงขึ้น ทำให้สะเด็ดน้ำเชื่อม แล้วทำให้แห้งที่ 120 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเวลา 6-8 ชม. เพื่อป้องกันการเกิดเม็ดของน้ำตาลที่ผิวหน้าน้ำเชื่อม ดังนั้นในขณะที่ทำให้ใช้กระดาษไขปิดหน้า

3. Draining

หลังจากแช่อิ่มจนได้ที่แล้ว นำผลไม้มาทำให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงนานประมาณ 20-30 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำเดือด 1 นาที เพื่อขจัดน้ำเชื่อมที่ติดอยู่ที่ผิวของผลไม้ออกไป จากนั้นนำขึ้นวางบนตะแกรงสะเด็ดน้ำอีกครั้ง ตากให้แห้งในร่มหรืออบที่อุณหภูมิ 120 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเวลา 10-12 ชม. แล้วแต่ชนิดของผลไม้นั้น ๆ ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า ผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง

4. Glacing

Glacing คือ ผลไม้แช่อิ่มที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำตาลที่อิ่มตัว ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะแห้งเป็นเงาและใส เนื่องจากผนึกของน้ำตาลที่เคลือบบาง ๆ

5. Sanding

Sanding คือการคลุกผลไม้แช่อิ่มด้วยน้ำตาลทรายที่แห้งเพื่อให้เกิดเป็นผลึกน้ำตาลบาง ๆ เคลือบผลไม้ในการทำต้องใช้น้ำตาลที่ขาวสะอาดและขนาดเท่า ๆกัน นำผลไม้แช่อิ่มที่สะเด็ดน้ำเชื่อมจุ่มลงในสารละลายarabic gum ก่อน แล้วนำไปคลุกกับน้ำตาล จะช่วยให้น้ำตาลจับได้ทั่วถึง และไม่หลุดง่าย จากนั้นนำไปอบแห้ง

2.2.4 สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

กรมวิทยาศาสตร์บริการ(2523)ได้ทำการทดลองผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งไว้ 2 วิธี คือ (ก)วิธีที่ 1 ปอกสับปะรด เฉือนตาออกให้หมด หั่นเป็นชิ้นตามขวางของลูก เอาแกนกลางออกโดยใช้พิมพ์รูปวงกลมเจาะให้เป็นวงกลมชิ้นสับปะรดที่ได้เป็นแว่นกลม มีรูตรงกลาง(ก่อนตากจุ่มลงในน้ำยาที่มี $SO_2$ ประมาณ1000 PPM ทิ้งไว้สัก 20 นาที เมื่อตากแห้งสีจะอ่อนลง) นำสับปะรดที่เตรียมไว้เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C ประมาณ 1 ชม. เพื่อระเหยน้ำออก

เสียบ้าง แล้วนำไปแช่ในน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นประมาณ 21 องศาบริกซ์ 2-3 ชั่วโมง ต่อไปจึงเปลี่ยนไปแช่ในน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นประมาณ 60องศาบริกซ์ ประมาณ 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปตากที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนผิวนอกแห้งสนิท

(ข)วิธีที่ 2 เลือกสับปะรดที่สดที่มีเนื้อแข็ง และไม่ฉ่ำ มาปอกเปลือกทำเป็นแว่นตามวิธีที่ 1 นำไปต้มประมาณ 20 นาที แล้วเอาน้ำที่ต้มมาทำน้ำเชื่อมให้มีความเข้มข้นประมาณ 46 องศาบริกซ์ แช่สับปะรดทิ้งไว้ค้างคืน(24 ชั่วโมง) แล้วเติมน้ำตาลลงในน้ำเชื่อมประมาณ 60 กรัมต่อ 250 ซม.$^3$ จนวัดได้ 65 องศาบริกซ์จึงหยุดเติม แช่ต่อไปอีก 1-2 วัน แล้วนำมาตากที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาบริกซ์ ไปจนผิวข้างนอกแห้งสนิท

นอกจากนี้ยังได้สรุปผลวิธีการทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละวิธีไว้ดังนี้ คือ วิธีที่ 1 เมื่ออบแห้งแล้วจะยุดเหี่ยวลงไปบ้าง สับปะรดที่เลือกใช้ควรจะเป็นสับปะรดที่ไม่งอมและไม่ฉ่ำ

วิธีที่ 2 จะได้ผลิตภัณฑ์ที่ผิวภายนอกแห้ง ภายในลักษณะใส ฉ่ำน่ารับประทาน และมีรสหวานจัดกว่าชนิดที่ทำตามวิธีที่ 1

กรมวิทยาศาสตร์บริการ(2522) ได้เผยแพร่วิธีการทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งไว้ดังนี้ คือเลือกสับปะรดที่สด สุก เนื้อแข็ง ปอกและหั่น ต้มกับน้ำให้อ่อนตัว ประมาณ 10-20 นาที แล้วเอาน้ำที่ต้มมาทำน้ำเชื่อมซึ่งใช้น้ำ 300 ซม.$^3$ ต่อน้ำตาล 200 กรัม หรือน้ำตาล 70 กรัม กับกลูโคส 130 กรัม แช่สับปะรดลงในน้ำเชื่อมนี้ ทิ้งไว้ค้างคืน จากนั้นวันต่อ ๆไปเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลโดยใช้น้ำตาลวันละ 70 กรัม ต้มน้ำเชื่อมให้เดือด แล้วเทลงกลับคืนให้ท่วมผลไม้ ทำเช่นนี้ 7 วัน จนกระทั่งถึงวันที่ 8 เติมน้ำตาล 100 กรัม และต้มผลไม้ในน้ำเชื่อมนี้ด้วยประมาณ 3-4 นาที แล้วเทคืนภาชนะเดิม ทิ้งไว้ 2 วัน จากนั้นจึงนำผลไม้ขึ้นมาล้างน้ำ แล้วนำมาวางบนตะแกรงตากแดด หรือในเตาอบอุณหภูมิขนาดแดด ตากจนแห้งไม่ติดมือ แล้วเก็บในภาชนะที่สะอาด ในที่ไม่อับชื้น

## 2.4 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง

2.4.1 การลวก การลวกหรืออบผักและผลไม้ด้วยน้ำร้อน น้ำเดือด หรือไอน้ำก็ตาม ทั้งนี้ด้วยจุดประสงค์ต่าง ๆดังนี้

ก. เพื่อทำความสะอาดสับปะรด

ข. เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์

ค. เพื่อทำลายเอนไซม์ที่อยู่ในเนื้อสับปะรด ซึ่งจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆเกิดขึ้น โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของสีของเนื้อสับปะรด และการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรส

ง. ช่วยให้น้ำเชื่อมซึมเข้าไปในเนื้อสับปะรดได้ง่ายขึ้นเนื่องจากการลวกทำให้เนื้อสัมผัสของสับปะรดมีความอ่อนนุ่มขึ้น

จ. ช่วยไล่อากาศออกจากเนื้อสับปะรด ทำให้ลดปฏิกิริยาการเกิด Oxidation ซึ่งจะก่อให้เกิดผลเสียในด้านต่าง ๆต่อผลิตภัณฑ์ได้

ช. ช่วยรักษาสีของสับปะรด

2.4.2 <u>การใช้วัตถุเจือปน</u>

การใช้วัตถุเจือปนอาหารมีความสำคัญต่อวงการอุตสาหกรรมอาหารมาก ทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค โดยเฉพาะในปัจจุบันความจำเป็นในการใช้วัตถุเจือปนก็ยิ่งเพิ่มความจำเป็นมากขึ้น เนื่องจากในประเทศไทยเป็นประเทศที่ร้อนและมีความชื้นสูง โอกาสที่จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับอาหารหรือเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารจะเจริญเติบโตหรือเกิดปฏิกิริยาได้เร็วจะยิ่งมีมากขึ้น ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยวัตถุเจือปนอาหารบางอย่างเข้าช่วย

Codex Alementarius Commissions ได้ให้คำจำกัดความของวัตถุเจือปนอาหารไว้ว่า

วัตถุเจือปน หมายถึงสารซึ่งปรกติมิได้ใช้บริโภคเป็นอาหาร หรือมิได้ใช้เป็นส่วนประกอบหลัก(ingredients)ของอาหาร การเติมสารนั้นอย่างตั้งใจลงในอาหาร เพื่อประโยชน์ในด้านเกี่ยวกับเทคนิคในการผลิตและสี กลิ่น รสของอาหารนั้น โดยอาจเติมลงไปในระหว่างขบวนการแปรรูปอาหาร หรือในระหว่างการบรรจุ หรือในภาชนะบรรจุ หรือในระหว่างการขนส่งอาหาร และทำให้สารนั้นหรือผลิตผลพลอยได้ของสารนั้น(อาจจะโดยทางตรงหรือทางอ้อม)กลายเป็นส่วนประกอบของอาหาร หรือทำให้มีผลต่อคุณลักษณะของอาหาร ซึ่งในที่นี้ไม่รวมถึง

สารปนเปื้อน หรือสารที่เติมลงไปเพื่อช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารของอาหารนั้น

2.4.2.1 วัตถุเจือปนที่นิยมใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่

1. วัตถุที่ใช้เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่าง(acidity regulators) ความเป็นกรด-ด่างของอาหาร เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของอาหาร โดยนอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณกรดแล้ว ยังช่วยเพิ่มกลิ่นรสอาหาร ช่วยควบคุมความเป็นกรด-ด่าง ช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของจุลทรีย์ การงอกของสปอร์ ช่วยเสริมประสิทธิภาพของวัตถุกันหืนและช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เป็นต้น

การที่กรดที่เติมลงไปในอาหารสามารถช่วยเพิ่มกลิ่นและรสของอาหารได้นั้น เนื่องจากกรดที่เติมลงไปนี้จะไปมีผลต่อปุ่มประสาทรับความรู้สึก ทำให้ผู้บริโภครู้สึกได้ถึงกลิ่นและรสของกรดที่เติมลงไป กรดที่ใช้ในอาหารส่วนใหญ่จะให้รสเปรี้ยว โดยความรู้สึกในรสเปรี้ยวนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้(total titratable acidity) buffering effect of salts และเกลือหรือน้ำตาลที่มีอยู่ในอาหารนั้น ๆ โดยความรู้สึกในรสเปรี้ยวสำหรับกรดอ่อนที่เป็นกรดอินทรีย์ จะรู้สึกได้ที่ช่วงความเป็นกรด-ด่าง 3.7 - 4.1 นอกจากนี้ยังมีการทดลองที่พบว่า ความหวานของglucose จะถูกทำให้ลดลงด้วย ถ้าในอาหารหรือเครื่องดื่มนั้นมีกรดอะซีติค(acetic) หรือกรดเกลือ hydrochloric อยู่ แต่ความหวานจะคงเดิมในกรณีที่ผู้ผลิตใช้กรดชนิดอื่น ๆ แต่ความหวานของน้ำตาลทรายจะเพิ่มขึ้น ถ้าในอาหารหรือเครื่องดื่มนั้นมีกรดแลคติค กรดมาลิค กรดซิตริค และกรด ตาร์ตาริคอยู่

การใช้กรดช่วยถนอมอาหารหรือยืดอายุการเก็บของอาหาร กรดที่ใช้ในอาหารนั้นนอกจากจะช่วยเพิ่มกลิ่นและรสให้กับอาหารแล้วยังช่วยยืดอายุในการเก็บอาหารด้วย โดยกรดที่เติมลงไปจะไปช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของวัตถุกันเสีย ลดอุณหภูมิที่ใช้ในการการฆ่าเชื้อ นอกจากนี้ยังพบว่ากรดที่ใช้ในอาหารนี้ยังสามารถช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลด้วย ซึ่งจะช่วยให้ผลไม้และผักมีกลิ่น รส สี และลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงธรรมชาติมากขึ้น

ปัญหาที่สำคัญที่มักจะพบในการทำผักและผลไม้แห้ง คือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ การทำแอปเปิลแห้งหรือเยือกแข็งที่ฝานเป็นชิ้นบาง ๆ การป้องกันอาจทำได้โดยการจุ่มหรือผลไม้ที่ปอกหรือหั่นแล้ว ลงในสารละลายกรดแอสคอร์บิค(Ascorbic) หรือกรดชนิดอื่น ๆ ซึ่งกรดที่ใช้ในที่นี้จะช่วยป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนเป็น

สีน้ำตาลขึ้น นอกจากนี้กรดที่ใช้ยังทำหน้าที่ช่วยเสริมฤทธิ์กับกรดascorbic ซึ่งทำหน้าที่เป็นวัตถุกันหืนด้วย หรืออาจช่วยป้องกันปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น โดยทำหน้าที่เป็นChelating agents ทั้งนี้เพราะว่าโลหะที่ปนเปื้อนมาอาจทำหน้าที่เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยา oxidative browning reactions ให้เกิดเร็วขึ้นนอกจากนี้ในการป้องกันสีคล้ำหรือปฏิกิริยาสีน้ำตาล ในผลิตภัณฑ์ผักแห้งหรือผลไม้แห้งหรือผลิตภัณฑ์ผักหรือผลไม้แปรรูปอื่น ๆ สีธรรมชาติบางชนิดที่มีอยู่ในผักหรือผลไม้ เช่นแอนโทไซยานินนั้น จะมีสีเปลี่ยนแปลงไปตามความเป็นกรด-ด่างของวัตถุดิบหรือของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสีสวยเป็นไปตามความต้องการ จึงต้องมีการใช้กรดช่วยปรับความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการเลือกใช้ชนิดการในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้นั้น จะขึ้นกับชนิดของกรดที่มีอยู่มากในผักหรือผลไม้นั้นเป็นสำคัญ ตัวอย่างเช่นในผลิตภัณฑ์ประเภทส้มและสับปะรดนั้นจะใช้กรดซิตริก ส่วนในผลิตภัณฑ์ประเภทองุ่นจะใช้กรดทาร์ทาริก เป็นต้น

กรดต่าง ๆที่นิยมใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหารมีมากมายหลายชนิด แต่ในที่นี้ขอยกตัวอย่างเพียงกรดซิตริก(Citric Acid)เท่านั้น

กรดซิตริกเป็นกรดประเภท tricarboxylec ที่มีการรู้จักใช้ในอาหารมานานกว่า 100 ปีแล้ว และมีการใช้มากกว่ากรดชนิดอื่น ๆด้วย โดยมีการใช้ถึง 60 % ของบรรดากรดทั้งหมดและพบมากในธรรมชาติอีกด้วย กรดซิตริกมีคุณสมบัติดีกว่ากรดชนิดอื่น ๆ คือสามารถละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับ และเป็น Chelating agent ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยจะช่วยทำปฏิกิริยากับโลหะที่อาจปนเปื้อนมาในวัตถุดิบเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ทำให้สีและกลิ่นรสของอาหารคงตัว

ในผลิตภัณฑ์ผักหรือผลไม้หรือผลิตภัณฑ์ผักหรือผลไม้เยือกแข็ง กรดซิตริคที่เติมนอกจากจะไปช่วยปรับความเป็นกรด-ด่างแล้ว ยังไปช่วยรวมตัวกับโลหะที่ปนเปื้อนมาเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ทำให้กรดascorbicที่มีอยู่ตามธรรมชาติในผักหรือผลไม้นั้นคงตัวขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อเนื่องไปถึงความคงตัวของสีและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เพราะกรดascorbicจัดเป็นวัตถุกันหืนตามธรรมชาติและกรดซิตริคที่เติมลงไปนี้ ยังไปช่วยทำปฏิกิริยากับด่างที่อาจจะหลงเหลือมาจากขั้นตอนการปอกเปลือกด้วย ซึ่งด่างที่เหลือมานี้ จะไปทำให้กรดascorbicสลายตัวไป ส่วนในผลิตภัณฑ์ประเภทขนมหวานนั้น การใช้กรดcitricจะช่วยป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล และป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของส่วนประกอบอื่น ๆด้วย นอกจากนี้การจุ่มกล้วยหรือแอปเปิลลงในสารละลาย

ผสมระหว่างกรดซิตริคและกรดerythorbic จะช่วยชะลอสีน้ำตาล(browning)ที่จะเกิดขึ้นด้วย

2. วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส

สำหรับการใช้วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทผักและผลไม้นั้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่น ๆแล้ว จะมีการใช้น้อยกว่ากันมาก เนื่องจากในตัวผักและผลไม้จะมีกลิ่นรสอยู่แล้วตามธรรมชาติ จึงไม่จำเป็นต้องใช้ แต่ในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้บางชนิด เช่น ผลไม้แช่อิ่มที่ใช้ในการแต่งหน้าเค้กหรือไอสครีมนั้น มักจะมีการใช้วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส เพื่อช่วยปรุงแต่งผลไม้ให้มีกลิ่นรสเป็นไปตามที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น มะละกอแช่อิ่ม อาจมีการแต่งกลิ่นด้วยกลิ่นรสส้มหรือสับปะรดหรือราสเบอรีเป็นต้น หรือในผลไม้กระป๋องต่าง ๆจะมีการเติมกรด ซึ่งนอกจากเพื่อลดอุณหภูมิและระยะเวลาที่จะต้องใช้ในการฆ่าเชื้อแล้วยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติดีขึ้นด้วย

3. วัตถุที่ใช้เพื่อช่วยให้คงรูป (firming agents)

ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารประเภทผักและผลไม้นั้น มักจะพบว่าหลังการแปรรูปแล้ว ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนไปในลักษณะที่เลวลง เช่น นิ่มเละหรือแตกเป็นต้น จึงได้มีการศึกษาค้นคว้าหาสารต่าง ๆที่จะช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสคงตัวหรือคงรูปดีขึ้น ซึ่งในสมัยโบราณจะใช้ปูนขาวปูนแดงหรือสารส้ม ในการช่วยให้ผลไม้แช่อิ่ม ผลไม้เชื่อม และผลไม้ดองต่าง ๆ มีลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น ส่วนการศึกษาทดลองที่ได้มีการทำการค้นคว้าวิจัยกันต่อมาพบว่าเกลือแคลเซียมจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับความคงตัวของเนื้อเยื่อของผักและผลไม้ โดยไปทำปฏิกิริยากับ pectic substances ในผักและผลไม้ ทำให้โครงสร้างเซลของผักและผลไม้แข็งแรงขึ้น ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ในระหว่างการแปรรูปลดลง ดังรายงานของ Soutyและคณะ(1981)ที่ได้ทดลองใช้แคลเซียมคลอไรด์ในการแปรรูปแอพริคอตกระป๋อง พบว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่คงตัวดีขึ้น ซึ่งพ้องกับผลการทดลองของ weinertและคณะ (1990)ที่ได้ทดลองผลิตพลัมกระป๋องในน้ำเชื่อมที่มีการเติม$CaCl_2$ 500 ส่วนในล้านส่วน เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ใส่น้ำเชื่อมเพียงอย่างเดียว โดยพบว่าตัวอย่างที่มีการใช้แคลเซียมคลอไรด์ จะมีความคงตัวดีกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้ใช้อย่างเห็นได้ชัดเจนหรืออย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการทดลองในการผลิตแตงกวาดอง โดยการใช้แคลเซียมคลอไรด์เพียงชนิดเดียว หรือแคลเซียมคลอไรด์ โปแตสเซียมคลอไรด์ แมกนีเซียมคลอไรด์ และสารส้มหรือแคลเซียมคลอไรด์

และสารส้ม ปรากฏว่าทุกตัวอย่างของผลิตภัณฑ์แตงกวาดองที่มีการเติมสารต่าง ๆที่กล่าวข้างต้นลงไปด้วย จะมีความคงตัวของลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น (Hudson และ Buescher, 1980, Kuwahara และคณะ, 1985 และ Buescher และ Burgin, 1988) นอกจากนี้ Webster และ Reed (1980) ยังได้ทดลองแช่ผลแอปเปิลสดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และพบว่าความคงตัวของลักษณะเนื้อสัมผัสของแอปเปิลดังกล่าวจะดีขึ้นในระหว่างการเก็บ และเมื่อนำตัวอย่างแอปเปิลดังกล่าวมาวิเคราะห์ พบว่าจะมีปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นจาก 40.8-53.5 ppm(ก่อนแช่)ไปเป็น 100-120.7 ppm(หลังแช่) โดยแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้นี้นอกจากจะมีปฏิกิริยากับ pectic substances ในผักและผลไม้แล้ว ยังพบว่าจะช่วยยับยั้งปฏิกิริยาของ pectinolytic enzymes เช่น pectinesterase และ polygalacturonase เป็นต้น

4. <u>ซีเควสเตรนท์</u>(Sequestering agents) หรือChelating agents

ซีเควสเตรนท์ จัดเป็นวัตถุเจือปนอาหารอีกชนิดหนึ่ง ที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหาร เป็นสารที่ช่วยให้สี กลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความคงตัว โดยจะไปทำปฏิกิริยากับโลหะที่มีอยู่ในอาหาร ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขึ้น

สำหรับซีเควสเตรนท์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารที่จัดอยู่ในพวก Hydroxycarboxylec acids ได้แก่ กรดซิตริค กรดมาลิค และ กรดตาร์ตาลิค โดยมักจะใช้กรดเหล่านี้ในผักและผลไม้ เนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้มักจะมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการผลิต ซึ่งรวมถึงการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ เช่น สีอาจจะซีดหรือคล้ำไป ส่วนการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสนั้น อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากกลิ่นและรสหายไป หรือกลิ่นผิดปรกติไปหลังจากผ่านกรรมวิธีการผลิตแล้ว นอกจากนี้บางครั้งพบว่าการใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในการลวกวัตถุดิบเพื่อฆ่าเชื้อนั้น จะเป็นสาเหตุให้โลหะที่มีอยู่ในอาหารถูกปล่อยออกมา และเกิดการรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งสารประกอบที่เกิดจากการรวมตัวนี้ จะเป็นสาเหตุให้กลิ่นรส สีและลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์เสียไป ดังนั้นการเติมซีเควสเตรนท์ลงไป ก่อนที่จะทำการลวกวัตถุดิบหรือนำเข้ากรรมวิธีการฆ่าเชื้อ จะเป็นการช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ดีที่จะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ได้

นอกจากนี้การทำผลไม้กระป๋องโดยใช้วัตถุดิบผลไม้ประเภทที่ถูกออกซิไดส์ได้ง่าย(oxygensensitive fruits)นั้น มักจะพบว่ามีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล(browning) ขึ้น ซึ่งปรกติจะแก้ไขโดยการเติมกรดแอสคอร์บิค(ascorbic) ลงไป และจะต้องเติมในปริมาณ

ที่มากกว่า 1000 ppm จึงจะป้องกันได้ แต่ถ้าหากมีการเติมซีเควสเตรนท์ลงไปด้วย พบว่าสามารถลดปริมาณascorbic acid ที่จะต้องเติมลงไปได้ ในขณะที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังคงเหมือนเดิม เช่น จากเดิมต้องเติมมากกว่า 1000 ppm แต่เมื่อเติม $Na_2EDTA$ ลงไป 250 ppm จะเติม ascorbic acid ลงไปเพียง 250 ppm เท่านั้น

ในผลิตภัณฑ์ประเภทผลไม้เยือกแข็งก็เช่นกัน ที่มักจะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่นและรสขึ้น เนื่องจากascorbic acid ที่มีอยู่ธรรมชาติในผลไม้จะถูกเอนไซม์ทำลายไป การจุ่มผลไม้ลงในcitric acid ซึ่งมีความเข้มข้น 1-2 % ก่อนนำผลไม้เข้ากรรมวิธีแปรรูปเป็นผลไม้เยือกแข็ง จะสามารถช่วยแก้ปัญหานี้ได้

5. <u>สารให้ความหวาน</u>

สารให้ความหวานเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งในผลิตภัณฑ์ผลไม้ โดยสารที่ให้ความหวานในผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งที่สำคัญมี 3 ชนิดคือ

5.1 <u>น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครส</u>

น้ำตาลทรายเป็นสารให้ความหวานที่สำคัญผลิตได้จากอ้อยหรือหัวบีท สารละลายของน้ำตาลทรายจะมีจุดอิ่มตัวที่ประมาณ 68 % ถ้ามีการใช้น้ำตาลทรายเพียงชนิดเดียวจึงไม่สามารถเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ให้สูงกว่า 68 %ได้ ซึ่งที่ความเข้มข้นของน้ำตาลในระดับนี้ ยังไม่ถึงระดับที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลทรีย์ได้ ดังนั้นในกระบวนการแช่อิ่มจึงจำเป็นต้องมีการป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลเพราะต้องใช้น้ำตาลมากถึง 70 เปอร์เซนต์ ซึ่งทำได้โดยการเติมสารเคมีที่เรียกว่า "ดอกเตอร์" เช่นกรดน้ำส้ม (น้ำส้มสายชู) ,กรดซิตริก(กรดมะนาว)และกรดทาร์ทาริก เป็นต้น หรืออาจมีการใช้สารให้รสหวานชนิดอื่นร่วมไปกับการใช้น้ำตาลทราย โดยสารที่นิยมใช้คือน้ำตาลอินเวอร์ทและน้ำเชื่อมกลูโคส สำหรับการใช้กรดเพื่อป้องกันการตกผลึกน้ำตาลซูโครสอาจได้ผลไม่แน่นอน เพราะไม่สามารถควบคุมปริมาณ Invert sugar ที่เกิดขึ้นได้อย่างแน่นอน อัตราการเปลี่ยนซูโครสเป็นน้ำตาลอินเวอร์ทจะขึ้นกับความเป็นกรดด่างและอุณหภูมิ โดยอัตราเร็วจะเพิ่มขึ้นประมาณ 25 % เมื่อความเป็นกรดด่างลดลง 0.1 และอัตราเร็วจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

5.2 <u>น้ำตาลอินเวอร์ท</u> (Invert Sugar)

น้ำตาลอินเวอร์ทเป็นของผสมซึ่งได้จากการนำน้ำตาลทราย

96532

มาทำให้แตกตัวด้วยกรด ประกอบด้วยกลูโคสและฟรุคโตส นิยมนำมาใช้เตรียมน้ำเชื่อมร่วมกับน้ำตาลทราย เพื่อให้สามารถเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมได้สูงกว่า 68 % โโยไม่เกิดผลึก ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทที่ใช้จะขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ต้องการเตรียม คือถ้าต้องการเตรียมน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จะต้องใช้น้ำตาลอินเวอร์ทเพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทที่นิยมใช้เตรียมน้ำเชื่อมควาวมเข้มข้นต่าง ๆสำหรับกระบวนการแช่อิ่ม แสดงในตารางดังนี้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทที่ใช้ในการเตรียมน้ำเชื่อมความเข้มข้นต่าง ๆสำหรับกระบวนการแช่อิ่ม

| ความเข้มข้นของน้ำเชื่อม (%) | ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ท(%) |
|---|---|
| 65 | 3-43 |
| 68 | 11-38 |
| 70 | 20-36 |
| 72 | 28-34 |

ที่มา : กิตติพงษ์ (2535)

นอกจากจะช่วยป้องกันการตกผลึกในน้ำเชื่อมแล้ว น้ำตาลอินเวอร์ทยังช่วยให้เนื้อสัมผัสของผักและผลไม้แช่อิ่มไม่แห้ง เหนียว และแข็งจนเกินไป เนื่องจากฟรุคโตสสามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ดี และยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวานขึ้นเล็กน้อย เพราะฟรุคโตสมีความมากกว่าซูโครส

5.3 น้ำเชื่อมกลูโคส(glucose syrup)

เป็นของเหลวข้น ประกอบด้วยกลูโคส มอลโตสและเด็กซ์ตริน ผลิตจากแป้ง โดยการสลายตัวด้วยกรด หรือ/และเอนไซม์ แต่การที่จะมีส่วนประกอบที่แท้จริงเป็นอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับเวลา อุณหภูมิ pH และเอนไซม์ที่ใช้

หน้าที่ของน้ำเชื่อมกลูโคส คือ ป้องกันการตกผลึกของซูโครส โดยปริมาณที่ใช้คือ 35-50 % ของปริมาณซูโครส การใช้น้ำเชื่อมกลูโคส จะช่วยให้ผลิต

ภัณฑ์มีความในมากกว่าการใช้น้ำตาลซูโครส และยังช่วยทำให้ผิวของผลไม้หรือผักแช่อิ่มแห้งดีกว่าการใช้น้ำตาลอินเวอร์ท แต่การใช้ในปริมาณมากเกินไป ผิวของผลิตภัณฑ์จะเหนียวเหนอะหนะ และและไม่รับประทาน

## 2.5 การเกิดสีน้ำตาลในผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง

ปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนในการทำให้ผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งไม่ได้มาตรฐาน คือ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล(browning reaction) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีผิดปกติเกิดขึ้น ซึ่งดูแล้วไม่น่ารับประทาน หรืออาจเป็นสาเหตุให้กลิ่นรสเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังมีผลทำให้คุณค่าทางอาหารที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ลดลงด้วย เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลนี้มีผลทำให้ปริมาณวิตามินในผลิตภัณฑ์เสื่อมสลายไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีป้องกันมิให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมามีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

### 2.5.1 <u>ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล</u> (BROWNING REACTION)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เป็นส่วนหนึ่งที่พบในธรรมชาติ ชีวสารขณะแห้ง,สลาย หรือถูกทำลาย ทั้งนี้เนื่องจากชีวสาร หรือสารที่สำคัญต่อขบวนการของสิ่งมีชีวิตถูกออกซิไดซ์,สูญเสียน้ำได้ เป็นสารประเภท reactive intermediates สารเหล่านี้จะ polymerize จนได้สารประกอบที่มีสีคล้ำ(dull brown) โดยปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเป็นผลของปฏิกิริยาต่อเนื่อง(วรรณา,2534)

สามารถจำแนกปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลตามความจำเป็นของการใช้สารเร่งปฏิกิริยาหรือเอนไซม์ได้ 2 ประเภท คือ

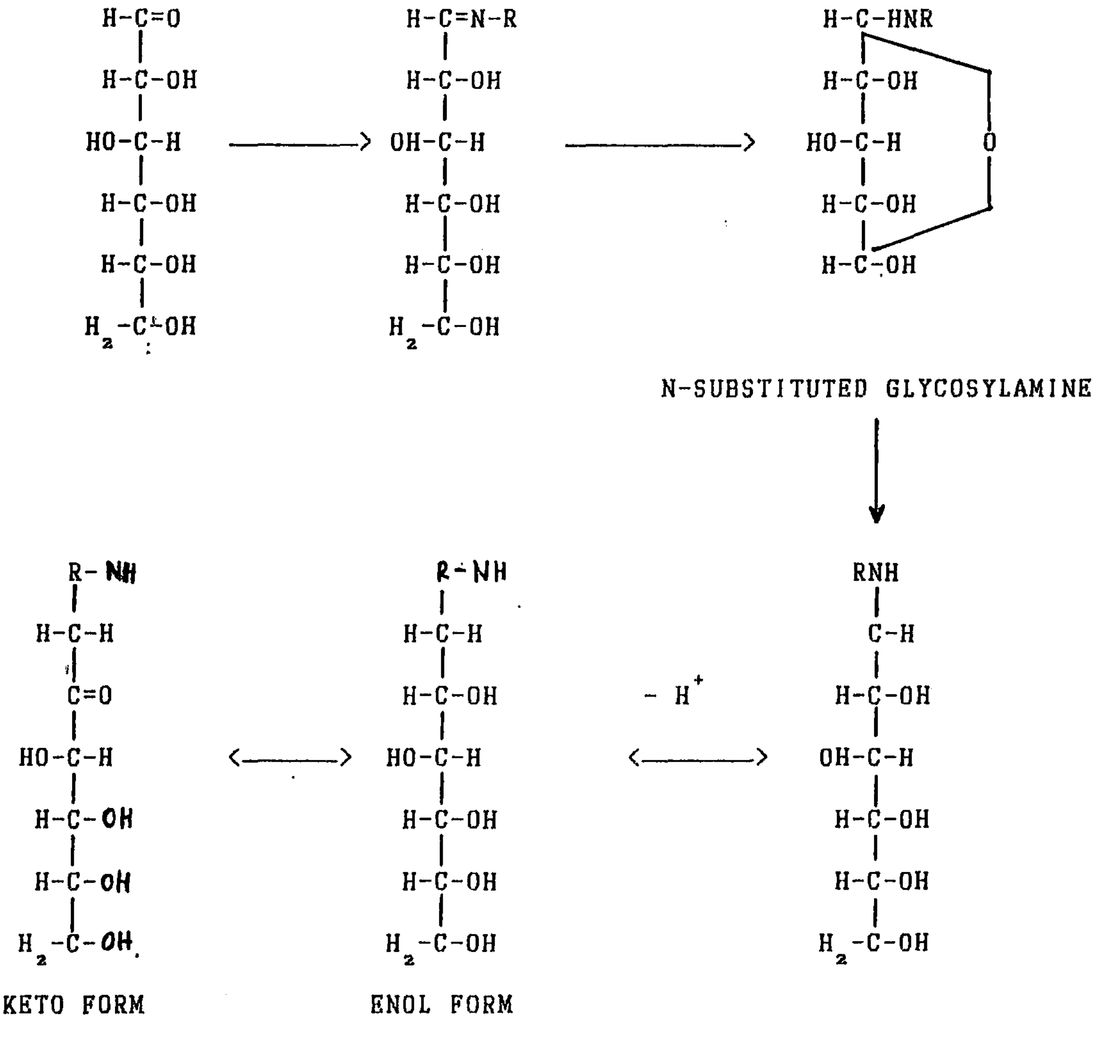
#### 2.5.1.1 <u>NON-ENZYMATIC BROWNING</u>

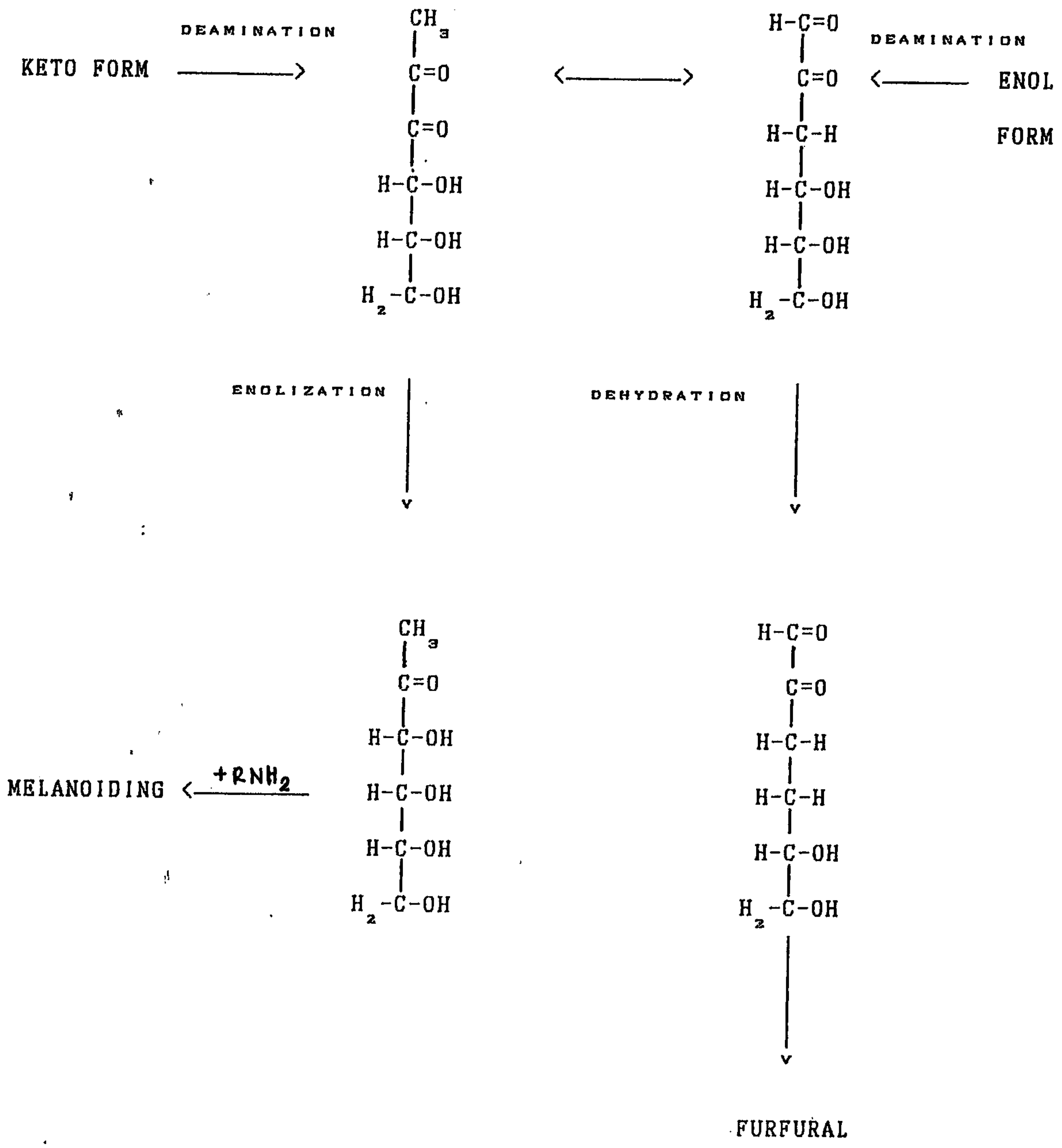
เป็นการเกิดปฏิกิริยา browning ที่พบมากในอาหารที่ได้ผ่านกระบวนการผลิตมาแล้ว โดยจะมีผลทำให้เกิดสีน้ำตาล มีกลิ่นไหม้ และทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง ซึ่งสามารถแยกประเภทของปฏิกิริยาได้อีก 3 ประเภท(สุภารัตน์และสุวลักษณ์,2534)คือ

1. <u>MILLARD REACTION</u> พบว่า สารตั้งต้นของปฏิกิริยานี้คือ สารประเภท amine,amino acids หรือ

โปรตีน กับสารที่มีCarbonyl group เช่น reducing sugar ดังนั้นจึงอาจเรียกปฏิกิริยานี้ว่า carbonyl-amine reaction

การเกิดปฏิกิริยานั้นจะเกิดจากการรวมกัน(condensation)ระหว่างสารที่มี α-amino group กับสารที่มี carbonyl group แล้วเกิดการ cyclizationได้เป็นสารที่อยู่ในรูปของ enol form และketo form แล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจนได้ melanoidins ซึ่งเป็นสารที่ให้สีน้ำตาล ดังสมการต่อไปนี้






ภาพที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการเกิด Furfural ใน Maillard Reaction

ซึ่งโมเลกุลเล็ก ๆของ furfural นี้ เริ่มจะมีสีเหลืองอ่อน ๆให้เห็น สารพวกนี้เป็น bicarbonyl compound ทั้งสิ้น เพราะฉะนั้นจึงสามารถทำปฏิกิริยารวมตัวกับ amino acids, protein,amine,alcohol เกิด polymerization ให้สาร polymer ที่มีโครงสร้างซับซ้อนมีสีน้ำตาล ที่เรียกว่า Melanoidins

ผลของMaillard reaction ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ คือ ทำให้สี รสชาติของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ,ลดคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีน เพราะจะเกิดการสูญเสีย amino acids เช่น lysine ซึ่งเป็น essential amino acid และเกิดการสูญเสียวิตามินซี(ascorbic)ด้วย

2. <u>Caramelization</u>

เป็นการเกิดปฏิกิริยา non-enzymatic browning ที่เกี่ยวข้องกับการเกิด degradation ด้วยความร้อน การfragmentation และการ polymerization ของสารประกอบคาร์บอน โดยเฉพาะน้ำตาล เมื่อได้รับความร้อนประมาณ 200 องศาเซลเซียส จะเกิดการหลอมเหลว แล้วให้สารที่มีสีน้ำตาล ใช้ในการเคี่ยวน้ำตาล หรือ syrup ใช้ในพวกอุตสาหกรรม โคคาโคลา เบียร์ ซ๊อส และการทำลูกกวาด เป็นต้น น้ำตาลที่ใช้ต้องเป็นซูโครส กลูโครส หรือคอร์นไซรัป เท่านั้น

2.5.1.2 <u>ENZYMATIC BROWNING</u>

เป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยมีเอนไซม์เป็นตัวเกี่ยวข้องและเร่งปฏิกิริยาให้เกิดสีน้ำตาลขึ้น ซึ่งมักเกิดขึ้นกับผักและผลไม้เป็นส่วนใหญ่ เช่น มะม่วง แอปเปิล มันฝรั่ง สับปะรดและกล้วย โดยมักจะเกิดสีน้ำตาล(browning)ขึ้นหลังจากการปอก หั่น หรือตัด เพราะภายในเนื้อเยื่อผักผลไม้เหล่านี้มีเอนไซม์Polyphenoloxidase(PPO)และสารประกอบฟีนอลิค (phenolic compounds) เช่น caffeic acid,chlorogenic acid , catechin เป็นต้น ซึ่งโดยปกติจะอยู่แยกกัน แต่เมื่อเนื้อเยื่อของผักและผลไม้เกิดการฉีกขาด จะทำให้ PPO เร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนสารประกอบ phenolic ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไป เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำตาลได้ นอกจากนี้สารฟีนอลิคอาจจะถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศ โดยมีPPO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นผลให้เกิดปฏิกิริยาอื่น เช่น polymerization ตามมาและเกิดสีน้ำตาลขึ้นได้เช่นกัน

Polyphenoloxidase(PPO)เป็นเอนไซม์ที่จัดอยู่ในกลุ่ม

oxidoreductases ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ตามความสามารถในการใช้substrate โดยที่เอนไซม์ทั้งสองกลุ่มนี้ต่างก็จัดอยู่ใน monophenol;dihydroxyphenylalanine:$O_2$ oxidoreductase(EC 1.14.18.1) ดังนี้

1. Catechol oxidase (o-diphenol:oxygen oxidoreductase ,EC 1.10.3.1)เป็นPPO ที่มีsubstrate เป็นพวก o-diphenol มีชื่อเรียกได้หลายชื่อ เช่น tyrosinase,polyphenolase,phenolase,cresolase และ catecholase เป็นต้น ซึ่งชื่อต่าง ๆเหล่านี้ จะเรียกตามชนิดของsubstrate

2. Laccase (p-diphenol:oxygen oxidoreductase,EC 1.10.3.2) เป็นPPO ที่มีsubstrate เป็นพวก p-phenol

อย่างไรก็ตามการเกิด browning reaction ในผลไม้เกี่ยวข้องกับ Catechol oxidaseหรือ o-diphenol oxidase เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงนิยมเรียกเอนไซม์ต่าง ๆเหล่านี้ว่าPPO และจะกล่าวถึงเฉพาะกลไกการทำงานของ o-diphenol oxidase เท่านั้นคือ

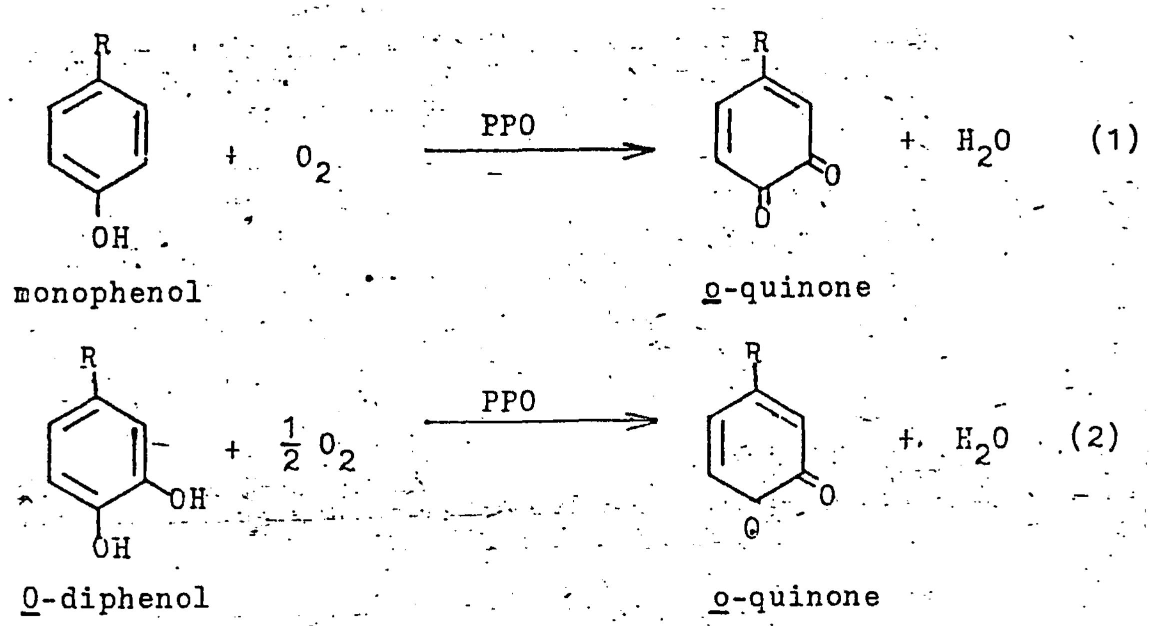
Catechol oxidase เป็นเอนไซม์ที่มี $Cu^{2+}$ เป็น prosthetic group โดยเอนไซม์ชนิดนี้จะทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยา 2 ชนิดคือ

- เร่งปฏิกิริยา Hydroxylation ของ monophenol ไปเป็น o-diphenol ซึ่งมักจะตามด้วยการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของo-diphenol ไปเป็นo-quinone โดยที่จะหมายถึงการทำงานของ cresolase
- เร่งปฏิกิริยา oxidation ของ o-diphenol ไปเป็น o-quinone ซึ่งจะหมายถึงการทำงานของ catecholase

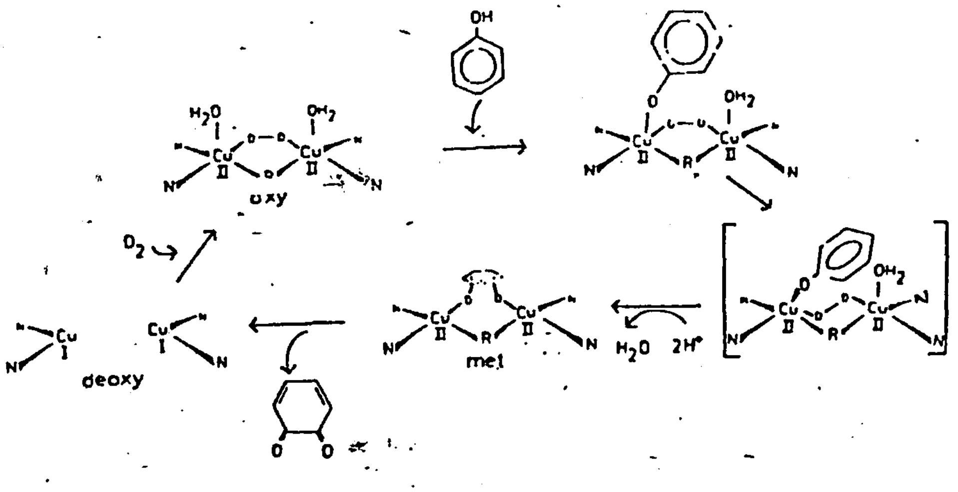
1) <u>สาเหตุที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา Enzymatic browning</u>

ปฏิกิริยา Enzymatic browning เกิดขึ้นเนื่องจากมีปัจจัยต่าง ๆดังนี้

1. เนื้อเยื่อของผักผลไม้มีการฉีกขาด ซึ่งอาจเกิดขึ้นโดยการปอก หั่น ตัด หรือทำให้ช้ำ เนื่องจากในเซลของผัก ผลไม้ปกติ เอนไซม์ PPO จะแยกกันจากสารพวกฟีนอลิค แต่เมื่อเนื้อเยื่อของผักผลไม้ เกิดการฉีกขาด เอนไซม์ PPO จึงจะทำงานโดยการเร่งปฏิกิริยา oxidationสารฟีนอลิค ทั้งประเภท monophenols และo-diphenols ดังภาพที่ 2.2 และ 2.3




ภาพที่ 2.2 แสดงปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและไฮดรอกซิเลชั่นของ monophenol และ o-diphenol โดยเอนไซม์ Catechol oxidase ที่มา : วรรณา (2528)




ภาพที่ 2.3 แสดงProposed mechanism ของปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชั่น และออกซิเดชั่นของฟีนอล โดยเอนไซม์ tyrosinase จาก Neurospora ที่มา : วรรณา(2528)

เป็นผลให้เกิดสารที่มีสีต่าง ๆตั้งแต่ ม่วง ชมพู ถึงสีน้ำตาลในบริเวณที่เนื้อเยื่อถูกตัด จึงเรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นว่าเอนไซมาติคบราวนิ่ง(Enzymatic browning )

2. สารประกอบฟีนอลิก(phenolic compond)ซึ่งเป็นsecondary plant metabolites ที่พบในผักและผลไม้ตามธรรมชาติ ประกอบด้วย phenolic acid และ flavonoid ตัวอย่างของสารประกอบฟีนอลิกในผักผลไม้ เช่น cholorogenic coumaric caffeic catechin epicatechin phloridzinและ phloretinxygal เป็นต้น โดยที่ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในผักผลไม้แต่ละชนิด พันธุ์ จะแตกต่างกันออกไป ซึ่งการที่สารประกอบฟีนอลิกเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเกิดEnzymatic browning เนื่องจากเป็นsubstrate ของเอนไซม์PPO นั่นเอง โดยสารประกอบฟีนอลิกที่มีบทบาทในการเกิดEnzymatic browning ที่สำคัญคือสารฟีนอลิกพวก o-quinone ซึ่งสารตัวนี้โดยธรรมชาติมีสีเล็กน้อย แต่เป็นreactive intermediate ที่จะก่อให้เกิดปฏิกิริยาต่อไป

o-quinone ในการทำให้เกิดสีน้ำตาลดังนี้

ก) o-quinone ทำให้เกิดpolymerlization และสามารถถูกออกซิไดซ์ อย่างรวดเร็ว ซึ่งpolymerที่ได้มีสีน้ำตาลคล้ำละลายน้ำได้เล็กน้อย

ข) o-quinone ทำปฏิกิริยากับamineได้ดี เช่น aniline ดังสมการ

o-benzoquinone + 2 aniline --------> 4,5-dianilinine-1,2-benzoquinone

หรือกับ amino acid ตัวอย่างดังสมการ

o-benzoquinone + glycine ----------> 4-N-glycyl-o-benzoquinone

ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาทั้งสองเป็นintermediates สุดท้ายจะได้ pigments สีคล้ำ

ค) o-quinone ที่เกิดจาก o-dihydroxy-phenol นั้นจะทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วกับSulphydryl group เช่น cysteins ผลก็คือ ทำให้เกิด pigments ที่มีลักษณะเฉพาะ

3. เอนไซม์Polyphenoloxidase(PPO) พบทั่วไปในผักและผลไม้ตามธรรมชาติ เป็นปัจจัยที่สำคัญในการทำให้เกิดEnzymatic browning เนื่องจากเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยา oxidation ซึ่งทำให้เกิดเป็นสารประกอบ o-quinone ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาอื่นต่อ

ไป เช่น polymerization และเกิดสีน้ำตาลขึ้น ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้จะมีช่วง pH ที่เหมาะสมกับการทำงานต่างกันตามชนิดและพันธุ์ของผัก ผลไม้ แต่โดยทั่วไปแล้ว pH ที่เหมาะสมแก่การทำงานของเอนไซม์คือ 4-7 การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้จะมีผลป้องกันการเกิด Enzymatic browning ได้ เช่นการใช้ความร้อนทำให้เอนไซม์สูญเสียสภาพธรรมชาติ, ปรับสภาพ pH ให้ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์หรือใช้สารเคมีซึ่งจะมาเกาะกับเอนไซม์ PPO ที่ active site ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาต่อไปได้

4. โลหะ ซึ่งทำหน้าที่เป็น Co-factor ของเอนไซม์ PPO คือ $Cu^{2+}$ ถ้าหากไม่มี$Cu^{2+}$ เอนไซม์ก็จะไม่สามารถทำงานได้ เพราะฉะนั้นการเติมสารเคมีที่สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียรกับ$Cu^{2+}$ได้ ก็จะเป็นการป้องกันการเกิด Enzymatic browningได้

ปกติแล้ว phenolase ที่ active จะอยู่ร่วมกับ copper(Cu) โดย 1 โมเลกุลของเอนไซม์ ต่อ 4 อะตอมของCu และความร้อนประมาณ 60 องศาเซลเซียส สามารถinactivated เอนไซม์ได้ นอกจากนี้ $H_2S$ KCN CO และ P-amino benzoic acid สามารถ inactivated เอนไซม์ โดยเกิดComplex กับCu

กลไกระหว่างPolyphenoloxidaseกับ phenolic componds ค่อนข้างซับซ้อน แต่ที่น่าสนใจคือ activity ของเอนไซม์ ขึ้นกับ 'form'ของCu โดยCu เป็น prosthetic group ของPPO (Cu-PPO)

'Substrate' เมื่อถูกออกซิไดส์ (สูญเสีย $2e^-$และ$2H^+$) $Cu^{++}$-PPO จะจับ $2e^-$ เปลี่ยนเป็น$Cu^+$ - PPO และส่งผ่าน$2e^-$ ต่อไปให้กับ$O_2$ อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ$2H^+$ (ได้เป็นโมเลกุลของ$H_2O$) PPO ก็จะอยู่ในสภาพ active form คือ $Cu^{++}$ - PPO และพร้อมที่จะทำงานต่อไป

$$4Cu^{++} - PPO + 2Catechol \longrightarrow 4Cu^{+} - PPO + 2\ o\text{-}quinone + 4H^{+}$$

$$4Cu^{+} - PPO + 4H^{+} + O_2 \longrightarrow 4Cu^{++} - PPO + H_2O$$

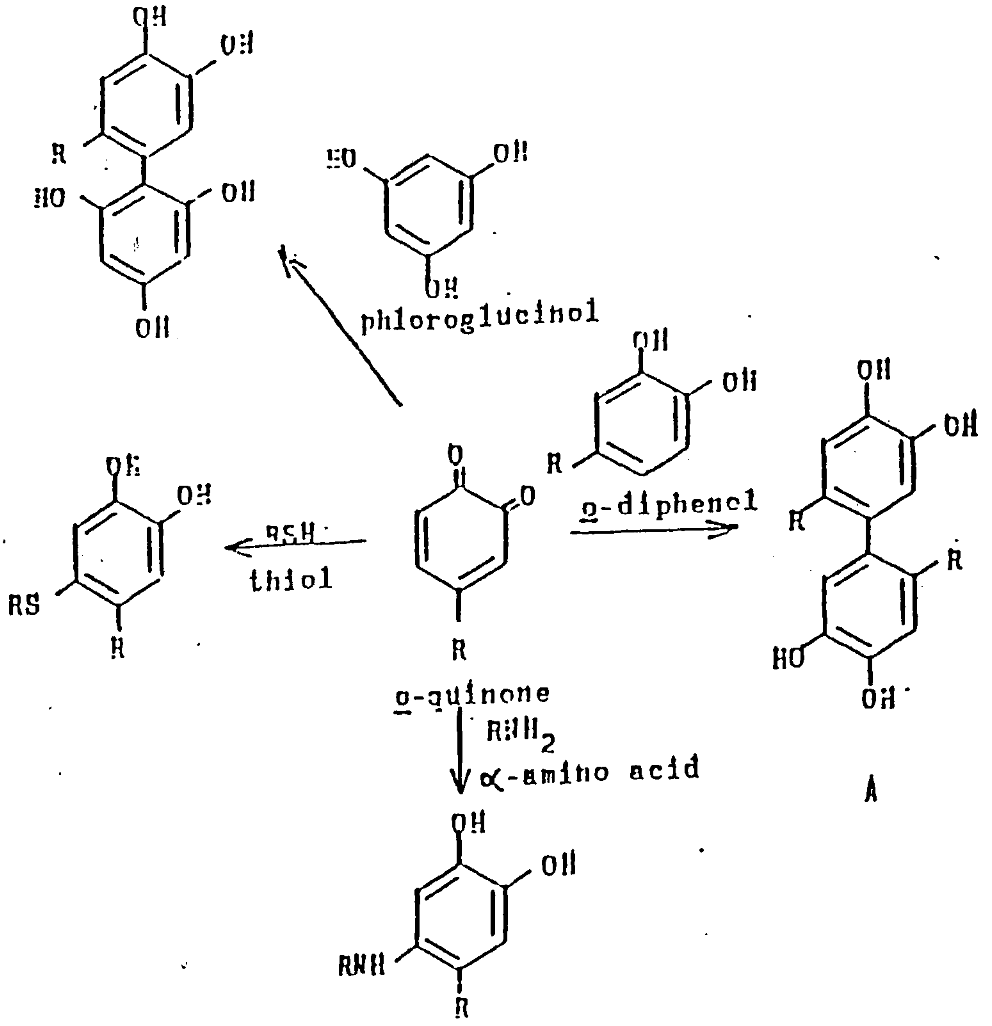
5. ออกซิเจน เนื่องมาจากเกิดEnzymatic browning เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา oxidation ดังที่กล่าวมาแล้ว เพราะฉะนั้นปฏิกิริยานี้จะเกิดได้ก็ต่อเมื่อมีออกซิเจน หรือสัมผัสกับอากาศเท่านั้น

2) <u>กลไกการเกิด Enzymatic browning</u>

การเกิดEnzymatic browningในผักและผลไม้เกิดขึ้นเนื่องจากเอนไซม์ PPO เป็นตัวเร่งปฏิกริยาออกซิเดชั่นและไฮดรอกซิเลชั่น โดยทำหน้าที่เป็นทั้ง hydroxylase ของmonophenols และoxidase ของo-quinone ปฏิกริยาทั้งสองจะต้องมีออกซิเจนอยู่ด้วย และการทำงานของเอนไซม์จะเป็นจะต้องมีอิออนของทองแดงเสมอ

สารo-quinone ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นตัวการสำคัญในการทำให้เกิดพวกสารโมเลกุลใหญ่ที่มีสีดังนี้

- o-quinone สามารถทำปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชั่น กับสาร o-diphenol อีก เป็นผลทำให้เกิดสารโพลีเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น
- o-quinone สามารถทำปฏิกิริยากับพวกกรดอะมิโนต่าง ๆ และโปรตีน ทำให้เกิดสารโมเลกุลที่มีสี ดังที่ได้กล่าวไปตอนต้น ซึ่งการเกิดของปฏิกิริยา secondary nonnezymatic reaction สามารถอธิบายแบบง่าย ๆได้ดังแสดงในภาพที่ 2.4




ภาพที่ 2.4 แสดงปฏิกิริยา Secondary non-enzymatic จาก o-quinone

ที่มา : วรรณา (2528)

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อสารฟีนอลิกในผลไม้ถูกออกซิไดซ์ โดยมีPPO เป็นตัวเร่งจะได้ o-quinone เกิดขึ้น ซึ่งo-quinoneเป็นสารที่ไวต่อปฏิกริยามากเมื่อเกิดขึ้น สามารถทำปฏิกริยา (Michael Addition) รวมตัวกับ o-quinone อีกทำให้ได้สาร o-diphenolic dimer ขึ้น(รูปที่ A) สารdimer ที่เกิดขึ้นนี้จะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายขึ้นซึ่งปฏิกิริยาในช่วงนี้จะเป็นประเภท nonenzymic oxidation และปฏิกริยาโพลีเมอไรเซชั่นแบบนี้จะทำให้ได้สารที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น จาก dimer เป็น trimer tetramer เป็นต้น และมี double bond conjugation เพิ่มขึ้นในโมเลกุล ทำให้เกิดสีขึ้น

กรดอะมิโนและสารโปรตีนก็สามารถทำปฏิกิริยา addition กับo-quinoneที่เกิดขึ้นได้ ทำให้เกิดสารโมเลกุลใหญ่ที่มีสี นอกจากนี้ o-quinone อาจทำปฏิกิริยากับ Sulphydryl group เช่น cysteine ผลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดสีต่าง ๆ เช่น แดง ม่วงแดง น้ำตาลแดงถึงน้ำตาลดำ ในผักและผลไม้ ทั้งนี้พบว่าสีเกิดขึ้นอยู่กับชนิดของกรดอะมิโนและสารฟีนอลิกด้วย

phloroglucinol(1,3,5 -trihydroxybenzene) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น nucleopile ก็สามารถทำปฏิกิริยา addition กับo-quinone เช่นเดียวกับกรดอะมิโนได้ ในผักและผลไม้ปกติจะไม่มี freephlorogoucinol แต่จะมี phlouoglucinol ring เป็นโครงสร้างส่วนหนึ่งในสารพวก flavonoids เช่น (+)-catechin และ (-)-epicatechin เป็นต้น เพราะฉะนั้นการสร้าง dimer จึงสามารถเกิดขึ้นได้ในทำนองเดียวกันและ dimer ที่เกิดก็จะถูกออกซิไดซ์ได้ต่อไปอีก จากความไวต่อปฏิกิริยาของสาร o-quinone ที่เกิดขึ้น จึงทำให้เกิดการ regenerate สารฟีนอลิคขึ้นใหม่ ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถถูกออกซิไดซ์ต่อไปได้อีก การทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนและโปรตีนในผักและผลไม้ จึงทำให้ยากต่อการศึกษาและการหาโครงสร้างสีน้ำตาลที่เกิดขึ้น

3. <u>การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล</u>(browning reaction)

เนื่องจากปัญหาของการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์Polyphenoloxidase(PPO) ดังนั้นความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าว ก็จะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ที่ได้มีคุณภาพดี เป็นที่ต้องการและยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการป้องกันการสีน้ำตาลอันเนื่องมาจากเอนไซม์ PPO นี้มีหลายวิธี แต่วิธีที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมการแปรรูปผักและผลไม้ ได้แก่

3.1 การใช้ความร้อน

มีการใช้ความร้อนในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์มาเป็นเวลานานแล้ว เนื่องจากเอนไซม์เป็นสารจำพวกโปรตีน เมื่อได้รับความร้อนจนถึงระดับหนึ่งจะเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ(protein denature)ซึ่งมีผลยับยั้งการทำงานได้ ซึ่งโดยปกติการใช้ความร้อนเพื่อทำลายเอนไซม์นั้นจะทำในลักษณะการลวกหรือต้มที่อุณหภูมิ 70-90 °C ซึ่งที่อุณหภูมิดังกล่าวก็สามารถทำลาย PPO ได้

3.2 การใช้สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักและผลไม้ได้แก่ สารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์และสารประกอบซัลไฟต์ ซึ่งนิยมใช้ทั้งในผักและผลไม้สดและผลิตภัณฑ์ โดยมีคุณสมบัติเป็นสาร non-specific reducing agent ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดEnzymatic browningและNon-enzymatic browning ได้ โดยไปทำให้สารที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับกรดอะมิโนอยู่ในรูปที่คงตัวขึ้น(Joslynและ Braverman,1954) นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารกันหืนและสารฟอกสีอีกด้วย ซึ่งคุณสมบัติการเป็นวัตถุกันหืนของซัลเฟอร์ไดออกไซด์นี้จะช่วยลดการสูญเสียของกรดแอสคอร์บิก คาโรตีน และพวกสารชีวภาพที่ออกซิไดซ์ได้ง่าย นอกจากนี้การใช้กรดซัลฟูรัสเพื่อรักษาสี และทำลายจุลทรีย์นั้นได้ใช้ควบคู่กับการควบคุมการเปลี่ยนสีและการเกิดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการในระหว่างการแปรรูปอีกด้วย

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีน้ำหนักโมเลกุล 64.06 ที่อุณหภูมิห้องและที่ความดันปกติเป็นกาซที่ไม่มีสี และไม่ติดไฟ มีกลิ่นฉุนแสบ ได้จากการเผากำมะถันในอากาศ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถละลายน้ำได้และอยู่ในรูปของกรดซัลฟูรัสที่ไม่แตกตัว ไบซัลไฟต์ไอออน และซัลไฟต์ไอออน โดยซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะแตกตัวอยู่ในรูปใดมากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับ pHของสารละลายนั้น ๆ

กลไกในการยับยั้งEnzymatic browningนั้น Joslyn และPonting(1957)ได้ชี้ให้เห็นว่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไปลดปริมาณออกซิเจนโดยทำปฏิกิริยากับออกซิเจน นอกจากนี้ยังสามารถเกิดปฏิกิริยา additionกับo-quinoneหรือสารที่ได้จากปฏิกิริยาโพลีฟีนอลออกซิเดชั่น เกิดเป็นสารประกอบที่ไม่มีสี ดังนั้นจึงมีผลป้องกันการเกิด Enzymatic browningที่เกิดขึ้นในผักและผลไม้ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งEnzymatic

browningยังขึ้นอยู่ค่าพีเอชด้วย โดยปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้ ปริมาณความชื้นและสภาพการเก็บ

Leviและคณะ(1980)ได้ศึกษาผลของการใช้ความร้อนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยที่มีความชื้นปานกลาง พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการลวกจะมีความแน่นแข็งมากกว่าของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการลวก เมื่อผลิตภัณฑ์ทั้งสองมีความชื้นเท่ากัน สำหรับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์พบว่ามีผลต่อความแน่นแข็งของผลิตภัณฑ์เช่นกัน กล่าวคือในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการลวก มีค่าความแน่นแข็งเมื่อไม่ผ่านกระบวนการซัลไฟต์น้อยกว่าในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการซัลไฟต์และจะมีค่าความแน่นแข็งเพิ่มขึ้นอีกเมื่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวผ่านการลวกและกระบวนการซัลไฟต์ ซึ่งสาเหตุเกิดจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะไปทำให้เอนไซม์เพกโตลิติกหมดความว่องไวไป

กระบวนการซัลไฟต์ไม่เพียงแต่ช่วยรักษาสี กลิ่นรส ปริมาณคาโรตีนและกรดแอสคอร์บิกแล้ว ยังทำให้สามารถใช้อุณหภูมิในการอบแห้งขั้นสุดท้ายสูงขึ้นได้ด้วย ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาการทำแห้งลง นอกจากนี้จากการรายงานของGhoshและChakravorty (1979) ที่ได้ทดลองใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ป้องกันการเกิดEnzymatic browningในresogollas กระป๋อง พบว่าใช้ในปริมาณ100 ppm นอกจากจะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ทำให้กลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงแล้ว ยังช่วยยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ออกไปเป็น 6 เดือนด้วย แต่เนื่องจากพบว่าสารซัลไฟต์ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคที่ไวต่อสารนี้ โดยมีผลทำให้เกิดโรคหอบหืด และถ้าหากใช้ในปริมาณที่มากเกินไป สามารถทำอันตรายกับผู้บริโภคได้ ดังนั้นจึงได้มีการค้นคว้าหาสารเคมีชนิดอื่น ๆมาใช้แทน ซึ่งสารเคมีที่มีการนำมาใช้กันได้แก่ กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก และแคลเซียมคลอไรด์ เป็นต้น

Mukerjee และ Srivastava(1979)แสดงให้เห็นว่าการใช้กรดซิตริกร้อยละ 0.1-0.5 แช่มะม่วงก่อนนำมะม่วงไปทำเยือกแข็ง พบว่าจะช่วยป้องกันปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่จะเกิดขึ้นได้

อนงค์และอนงค์นุช(2527)ได้ทดลองการป้องกันการเกิด Enzymatic browning พบว่าฝรั่งที่แช่ในสารละลาย Citric acid 0.75 % เป็นเวลา 30 นาที สามารถยับยั้งปฏิกิริยาดังกล่าว ส่วนมะละกอพบว่า การแช่ในสารละลาย Citric acid

ที่ความเข้มข้นต่าง ๆให้ผลไม่แตกต่างจากสภาวะที่ไม่แช่

Langdon(1987)ได้ทดลองใช้กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก เปรียบเทียบกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในการควบคุมปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในมันฝรั่ง ซึ่งปรากฏว่าตัวอย่างที่ใช้กรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกให้ผลไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และมีคุณภาพใกล้เคียงมันฝรั่งสด แม้ว่าจะมีการเก็บไว้นานถึง 20 วันแล้ว

Snapyan และคณะ(1984)ได้ทดลองใช้แคลเซียมคลอไรด์ ในการแปรรูปแอพริคอตและพีชเยือกแข็งเปรียบเทียบกับกรดแอสคอร์บิก ปรากฏว่าได้ผลดีมาก สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีไม่แพ้กรดแอสคอร์บิก

ซึ่งการที่กรดซิตริกสามารถป้องกันปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ เนื่องจากสภาพที่มี pH เป็นกรด จะไม่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์Polyphenoloxidase ส่วนกรดแอสคอร์บิก สามารถป้องกันปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้เนื่องจาก กรดแอสคอร์บิกสามารถรีดิวซ์ o-quinone กลับไปเป็น o-diphenol ได้

การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักหรือผลไม้ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพดี บางครั้งจำเป็นต้องใช้หลายวิธีร่วมกัน เพื่อให้ได้ผลดี เช่น การใช้กรดซิตริกควบคู่กับการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือใช้กรดแอสคอร์บิกควบคู่กับการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น

# บทที่ 3

# การทดลอง

## 3.1 อุปกรณ์

3.1.1 เครื่อง Blender

3.1.2 magnetic stir plate

3.1.3 เครื่อง Centrifuge (GR 4.11)ของ Jouan

3.1.4 เครื่อง Spectrophotometer(CECIL 292)

3.1.5 pH Meter (SP-701)ของ SUNTEX

3.1.6 Refractometer ของ ATAGO

3.1.7 บิวเรต,ปิเปต,บีกเกอร์,Flask และหลอดทดลอง

3.1.8 เครื่องเจาะแกน

3.1.9 Tray dryer

3.1.10 ตู้อบ

3.1.11 เครื่องย่อยโปรตีน (Digestion Unit)

3.1.12 เครื่องกลั่นโปรตีน(321. Distillation Unit)

3.1.13 Colour Chart ของ The Royal Horticultural Society London Holland:R.H.S จาก Flower Council of Holland ซึ่งอยู่ในชุด FAN 1ของกลุ่ม Yellow)

## 3.2 วัตถุดิบและสารเคมี

3.2.1 สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

3.2.3 น้ำตาลทรายขาว (Sucrose)

3.2.3 น้ำเชื่อมกลูโคสหรือแบะแซ(Glucose syrup)

3.2.4 Phosphate buffer pH 7.2

3.2.4.1 $Na_2HPO_4.7H_2O$

3.2.4.2 $NaH_2PO_4.H_2O$

3.2.5 Cysteinehgdrochloride(Sigma Chemical Co.)

3.2.6 1 % KCl

3.2.7 0.1 M Sodium Acetate-Acetic buffer,pH 5.0

3.2.7.1 Acetic acid

3.2.7.2 Sodium Acetate

3.2.8 0.5 M Catechol(Sigma Chemical Co.)

3.2.9 95 % ethanol

3.2.10 Standard 0.1 N NaOH

3.2.11 Fehling Solution

3.2.11.1 $CuSO_4.5H_2O$

3.2.11.2 $KNaC_4H_4O_6.4H_2$

3.2.12 Glucose

3.2.13 methylene blue indicator

3.2.14 Sodium metabisulfite($Na_2S_2O_5$,Baker grade)

3.2.15 1 % $CaCl_2$

3.2.16 Citric acid

## 3.3 วิธีการทดลอง

### 3.3.1 การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบต่าง ๆในสับปะรดภายหลังการเก็บเกี่ยว

นำสับปะรดซึ่งเก็บจากไร่ของบริษัท อาหารสยาม จำกัด โดยมีอายุของการเพาะปลูก และเก็บเกี่ยวเหมือนกัน จำนวน 50 ลูก มาเก็บที่อุณหภูมิห้อง สับปะรดที่เริ่มต้นนั้นต้องไม่สุกเกินไป โดยสีของตาสับปะรดทุกตายังคงมีสีเขียว เนื้อมีสีเหลืองซีดไม่ช้ำหรือเน่า มาทำการวิเคราะห์หาActivity ของเอนไซม์ Polyphenoloxidase โดยดัดแปลงใช้ของ CosetengและLee(1987) และองค์ประกอบต่าง ๆของสับปะรด ดังวิธีวิเคราะห์ที่แสดงในภาคผนวก ก. และการใช้เครื่องในภาคผนวก ข. เป็นระยะเวลา 10 วันนับตั้งแต่ภายหลังการ

เกี่ยว 1 วัน และในแต่ละวันจะวิเคราะห์จะวิเคราะห์จากสับปะรด 3 ผล โดยองค์ประกอบต่าง ๆ ซึ่งได้ทำการวัดหาค่า คือ

- ความเป็นกรดด่าง วัดโดยใช้เครื่องpH Meter
- ปริมาณกรด(% Titratable acidity as citric acid)โดยวิธีของ A.O.A.C. (1978)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้(Total Soluble Solid) โดยใช้เครื่องRefractometer
- ปริมาณของแข็งทั้งหมด(Total Solid)โดยวิธีของ Ranganna(1977)
- ปริมาณReducing Sugar โดยวิธีของ LaneและEynon(1923)
- ระดับการเกิดสีน้ำตาล(Degree of Browning)โดยวิธีของ CosetengและLee(1987)
- ปริมาณไนโตรเจน(% Nitrogen)โดยวิธีMicro-Kjeldahl (Ranganna,1977)

จากนั้นนำค่าต่าง ๆที่ได้มาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ทำการทดสอบเป็นระยะเวลา 10 วัน

3.3.2 <u>ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ให้ความร้อนต่อการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล</u>

นำสับปะรดที่มีอายุภายหลังการเก็บที่แสดงค่าระดับการเกิดสีน้ำตาลที่ต่ำมาลวกที่อุณหภูมิ 80 °C และ 100 °C เป็นเวลา 5,10,20 และ 30 นาที จากนั้นทำการวัดคุณภาพของสับปะรดที่ผ่านการลวกดังนี้

- ระดับการเกิดสีน้ำตาล(Degree of browning)
- ความเป็นกรดด่าง(pH)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้(Total Soluble Solid)
- ปริมาณกรด(Titratable acidity)

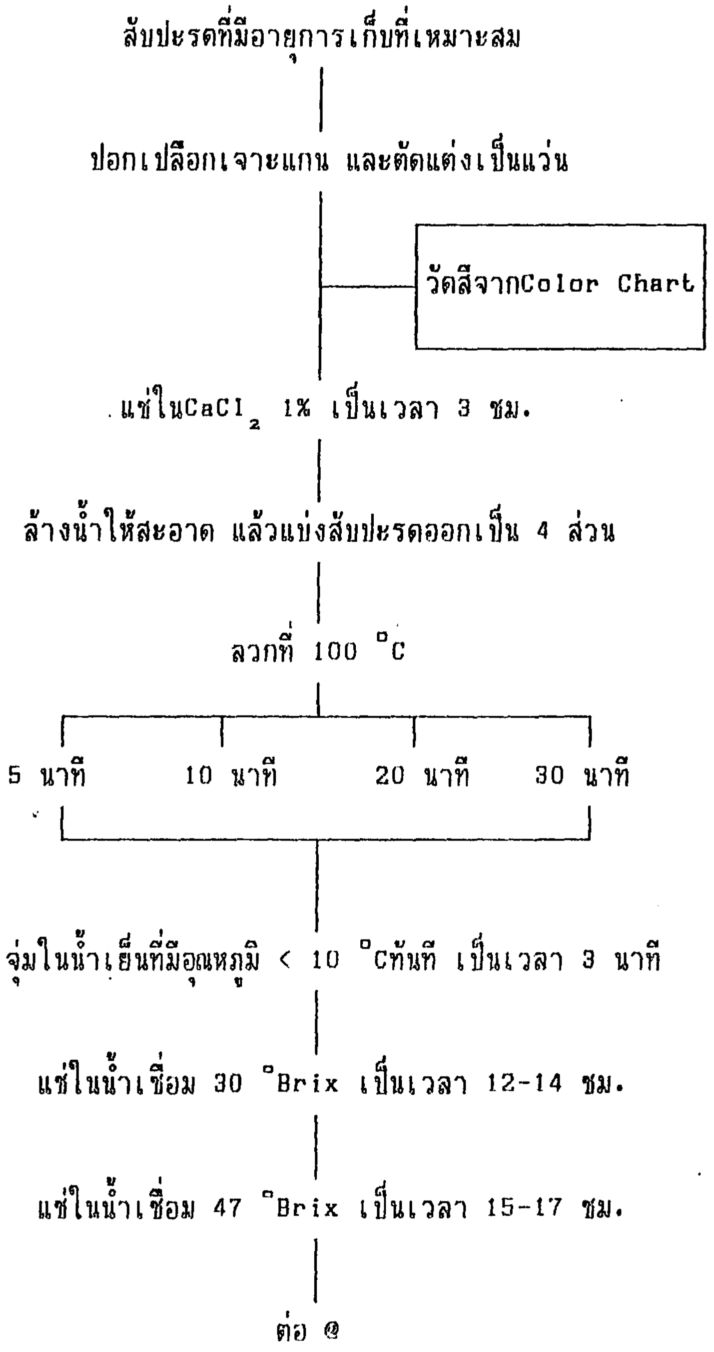
ตามวิธีที่ได้กล่าวมาแล้วในข้อ 3.3.1

3.3.3 <u>ศึกษาผลของเวลาในการลวกก่อนการทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง</u>

1. นำสับปะรดที่มีอายุการเก็บที่เหมาะสมซึ่งหาได้จากข้อ 3.3.1มาประมาณ 25 ลูก มาทำการปอกเปลือก หั่นเป็นแว่นหนาประมาณ 1 นิ้ว และเจาะแกน จากนั้นจึง

ทำการวัดสีของสับปะรดโดยรวมโดยใช้Colour Chart

2. นำสับปะรดที่ได้ไปทดลองและตรวจสอบคุณภาพดังแสดงในภาพที่ 3.1 และการเตรียมน้ำเชื่อมที่ความเข้มข้นต่าง ๆแสดงในภาคผนวก ค.



@ปรับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมให้ได้ 60°Brix โดยมีน้ำเชื่อมกลูโคส 30 %
แล้วเติมCitric acid 0.75%

|

แช่สับปะรดลงในน้ำเชื่อมดังกล่าว เป็นเวลาประมาณ 24 ชม.

|

สะเด็ดน้ำเชื่อมบนตะแกรง แล้วล้างน้ำที่ผิวสับปะรดเล็กน้อย

|

อบใน Tray dryer ที่อุณหภูมิ 64-66 °C เป็นเวลา 20-21 ชม.

|

สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

|

(1) วัดสีจากColour Chart
(2) % Total Soluble Solid
(3) ปริมาณความชื้น

ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงการศึกษาผลของเวลาในการลวก

3.3.4 เปรียบเทียบผลของการใช้ $Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้ายต่อการเกิดสีน้ำตาลในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งร่วมกับการใช้ความร้อน

นำสับปะรดที่มี pH เริ่มต้น3.6-3.71 โดยเฉลี่ยมาปอกเปลือก เจาะแกน หั่นเป็นแว่น แล้วนำไปทดลองและตรวจสอบคุณภาพดังแสดงในภาพที่ 3.2

สับปะรดที่มี pHเริ่มต้น 3.6-3.71โดยเฉลี่ย

|

ปอกเปลือกเจาะแกน และตัดแต่งเป็นแว่น

| — (1)วัดสีจากColor Chart
(2)Degree of Browning

ต่อ $

*แช่ใน $CaCl_2$ 1% เป็นเวลา 3 ชม.

ล้างน้ำให้สะอาด แล้วแบ่งสับปะรดออกเป็น 2 ส่วน

ลวกที่ 100 °C

10 นาที | 20 นาที

จุ่มในน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิ < 10 °C ทันที เป็นเวลา 3 นาที

แช่ในน้ำเชื่อม 30 °Brix เป็นเวลา 12-14 ชม.

แช่ในน้ำเชื่อม 47 °Brix เป็นเวลา 15-17 ชม.

ปรับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมให้ได้ 60 °Brix โดยมีน้ำเชื่อมกลูโคส 30 %

แบ่งน้ำเชื่อมออกเป็น 2 ส่วน

เติม Citric acid 0.75% | เติม Citric acid 0.75% + $Na_2S_2O_5$ 400 ppm

แบ่งสับปะรดออกเป็นอีก 2 ส่วนแล้วแช่สับปะรดลงในน้ำเชื่อมดังกล่าว
เป็นเวลาประมาณ 24 ชม.

วัด Degree of Browning

ต่อ &

&สะเด็ดน้ำเชื่อมบนตะแกรง แล้วล้างน้ำที่ผิวสับปะรดเล็กน้อย

|

อบใน Tray dryer ที่อุณหภูมิ 64-66 °C เป็นเวลา 20-21 ชม.

|

สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

|

(1) วัดสีจากColour Chart
(2) % Total Soluble Solid
(3) ปริมาณความชื้น
(4) Degree of Browning
(5) ปริมาณ $SO_2$
(6) Sensory Test

ภาพที่ 3.2 แผนภาพแสดงผลการใช้ $Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้าย ต่อการเกิดสีน้ำตาลในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ร่วมกับการใช้ความร้อน

3.3.5 เปรียบเทียบผลของการใช้ $Na_2S_2O_5$ ก่อนการลวกและในน้ำเชื่อมสุดท้าย ต่อการเกิดสีน้ำตาลในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ร่วมกับการใช้ความร้อน

นำสับปะรดที่มี pH เริ่มต้น3.6-3.71 โดยเฉลี่ยมาปอกเปลือก เจาะแกน หั่นเป็นแว่น แล้วนำไปทดลองและตรวจสอบคุณภาพดังแสดงในภาพที่ 3.3

สับปะรดที่มี pHเริ่มต้น 3.6-3.71โดยเฉลี่ย

|

ปอกเปลือกเจาะแกน และตัดแต่งเป็นแว่น

|— (1)วัดสีจากColor Chart
(2)Degree of Browning

ต่อ *

*แช่ใน$CaCl_2$ 1% + $Na_2S_2O_5$ 500 ppmเป็นเวลา 3 ชม.

วัดปริมาณ $SO_2$

ล้างน้ำให้สะอาด แล้วแบ่งสับปะรดออกเป็น 2 ส่วน

ลวกที่ 100 °C

10 นาที | 20 นาที

จุ่มในน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิ < 10 °Cทันที เป็นเวลา 3 นาที

วัดปริมาณ $SO_2$

แช่ในน้ำเชื่อม 30 °Brix เป็นเวลา 12-14 ชม.

แช่ในน้ำเชื่อม 47 °Brix เป็นเวลา 15-17 ชม.

ปรับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมให้ได้ 60°Brix โดยมีน้ำเชื่อมกลูโคส 30 %

แบ่งน้ำเชื่อมออกเป็น 2 ส่วน

เติม Citric acid 0.75% | เติม Citric acid 0.75% + $Na_2S_2O_5$ 400 ppm

ต่อ #

#แบ่งสับปะรดออกเป็นอีก 2 ส่วนแล้วแช่สับปะรดลงในน้ำเชื่อมดังกล่าว
เป็นเวลาประมาณ 24 ชม.

→ วัดDegree of Browning

#สะเด็ดน้ำเชื่อมบนตะแกรง แล้วล้างน้ำที่ผิวสับปะรดเล็กน้อย

อบใน Tray dryer ที่อุณหภูมิ 64-66 $^{o}C$ เป็นเวลา 20-21 ชม.

สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

(1) วัดสีจากColour Chart
(2) % Total Soluble Solid
(3) ปริมาณความชื้น
(4) Degree of Browning
(5) ปริมาณ $SO_2$
(6) Sensory Test

ภาพที่ 3.3 แผนภาพแสดงผลการใช้ $Na_2S_2O_5$ ก่อนการลวกและในน้ำเชื่อมสุดท้าย ต่อการเกิดสีน้ำตาลในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งร่วมกับการใช้ความร้อน

# บทที่ 4
# ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

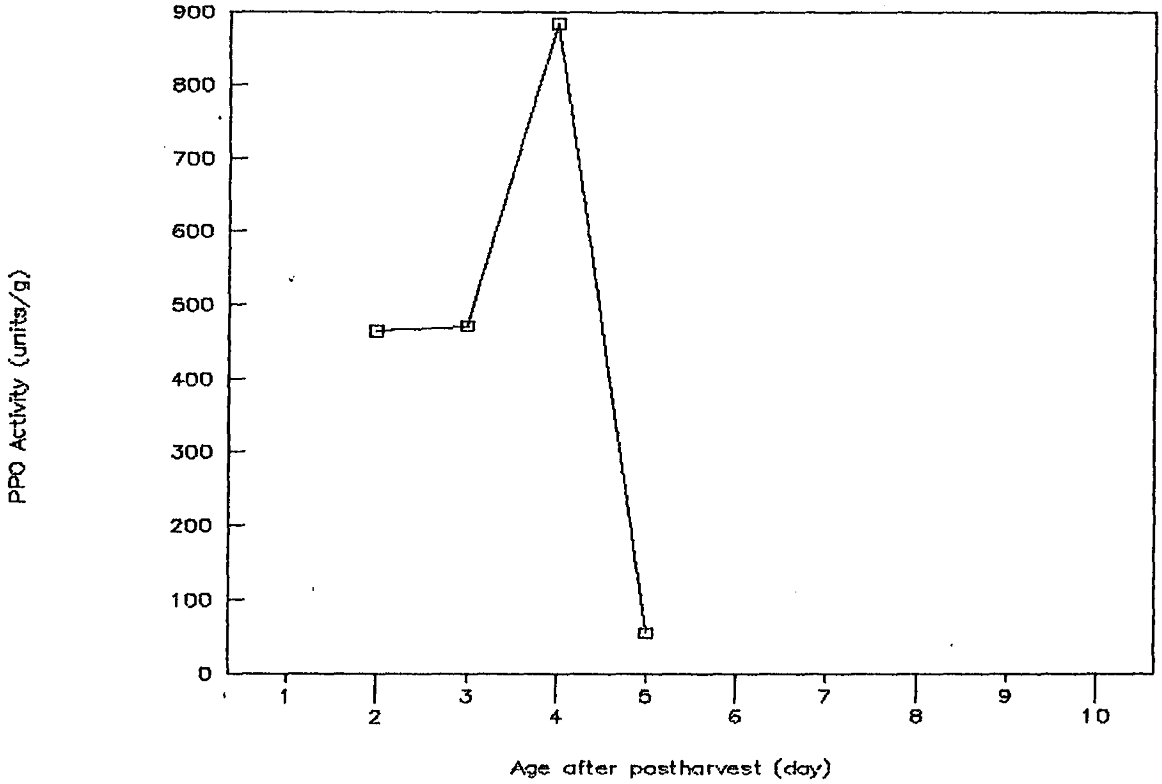
4.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบต่าง ๆในสับปะรดที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นระยะเวลา 10 วัน

จากการทดลองหากิจกรรม ของเอนไซม์Polyphenoloxidase และองค์ประกอบต่าง ๆของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่เปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 10วัน ได้ผลดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

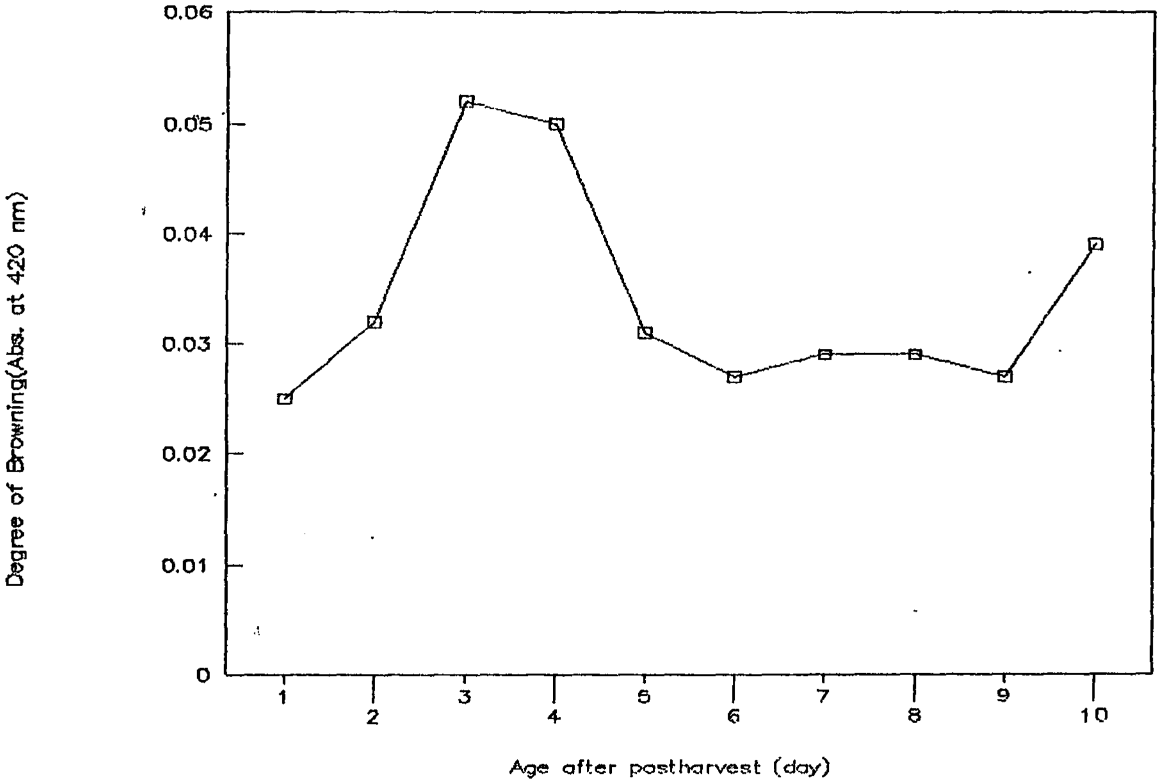
ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรม ของเอนไซม์ PPO และองค์ประกอบต่าง ๆของสับปะรดภายหลังการเก็บเป็นระยะเวลา 10 วัน

| อายุ (วัน) | Activity of PPO (Units/g) | pH | % acidity (citric) | ° Brix | % Total Solid | % Reducing sugar | Degree of browning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ND | 3.82 | 1.52 | 15.07 | 16.72 | 4.40 | 0.025 |
| 2 | 446.27 | 3.86 | 1.68 | 14.90 | 17.04 | 4.34 | 0.032 |
| 3 | 472.22 | 3.89 | 1.94 | 14.97 | 16.99 | 4.00 | 0.052 |
| 4 | 883.33 | 3.82 | 1.74 | 14.73 | 16.95 | 4.28 | 0.050 |
| 5 | 55.56 | 3.71 | 1.72 | 13.73 | 17.09 | 3.90 | 0.031 |
| 6 | ND | 3.70 | 1.69 | 13.80 | 16.49 | 3.85 | 0.027 |
| 7 | ND | 3.60 | 1.50 | 13.57 | 14.95 | 3.81 | 0.029 |
| 8 | ND | 3.44 | 1.87 | 13.50 | 14.13 | 3.39 | 0.029 |
| 9 | ND | 3.55 | 1.91 | 13.67 | 15.00 | 2.89 | 0.027 |
| 10 | ND | 3.51 | 2.07 | 13.90 | 17.32 | 2.76 | 0.039 |

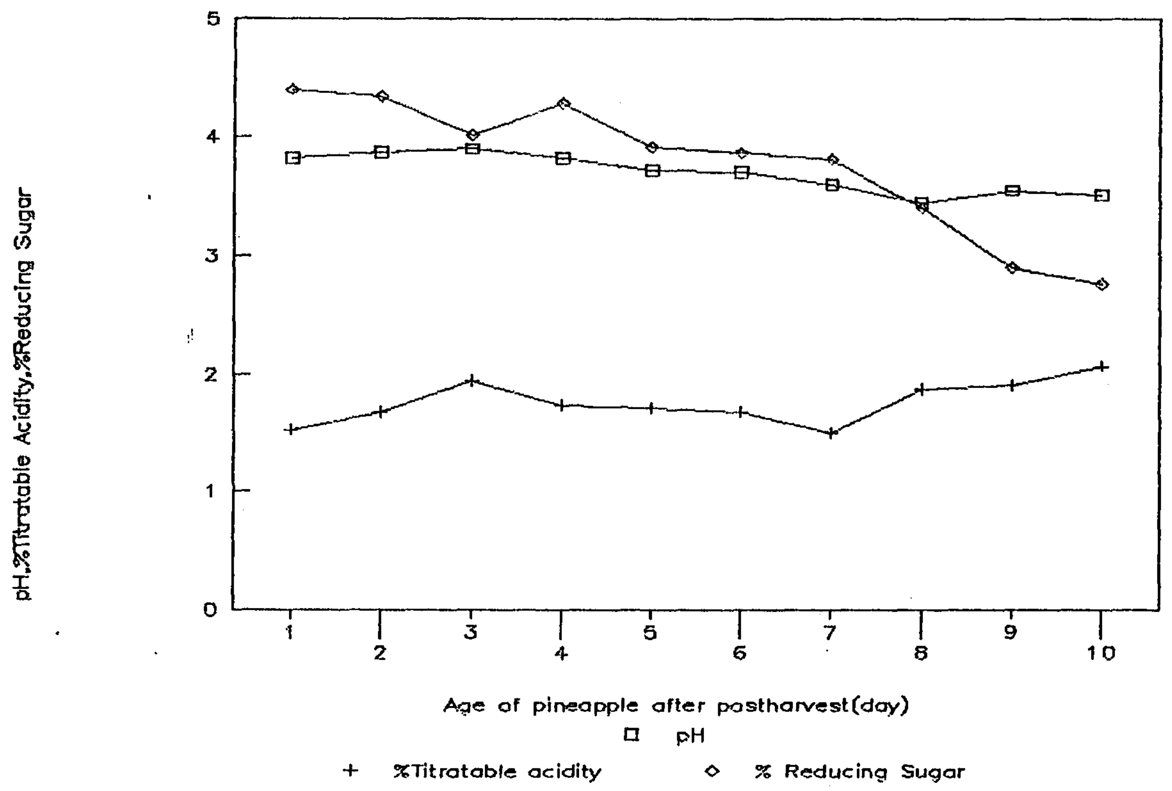
ND คือ ไม่มีข้อมูล


PPO Activity (units/g)
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Age after postharvest (day)

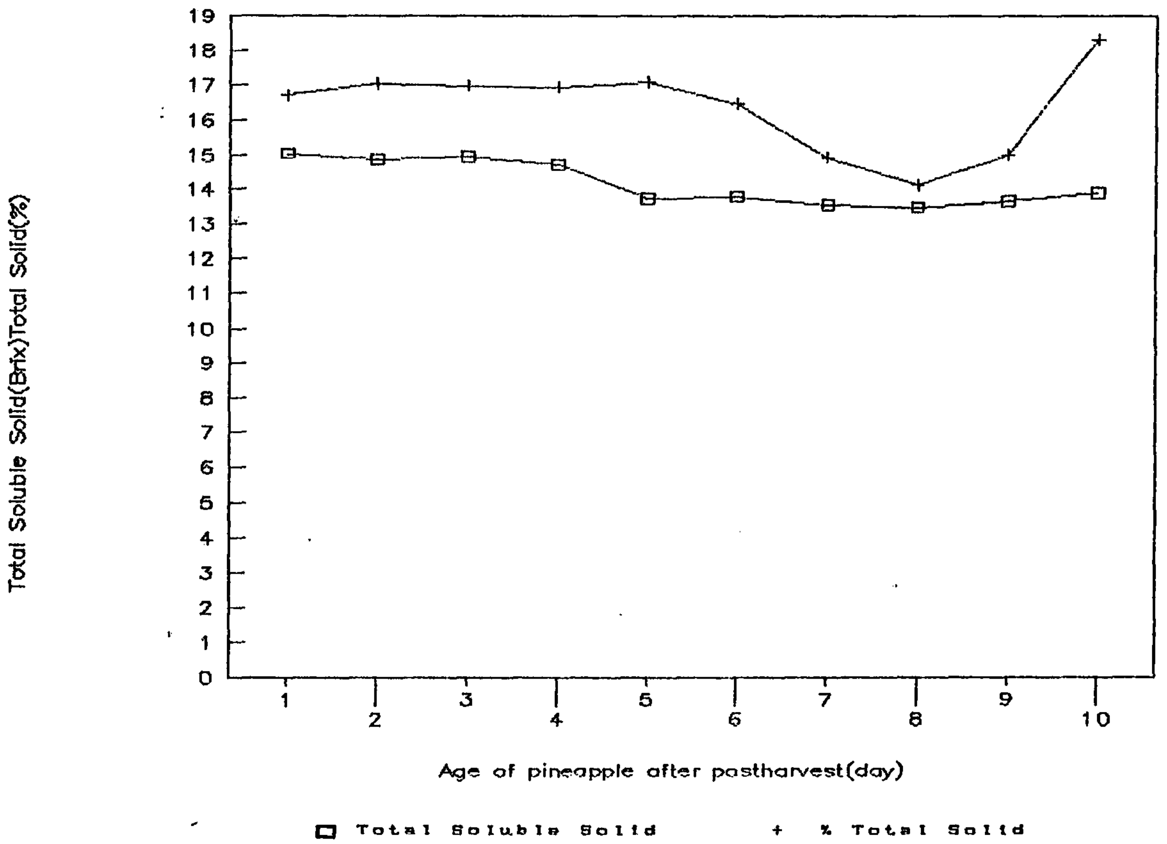
(a)


Degree of Browning(Abs. at 420 nm)
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Age after postharvest (day)

(b)




(c)



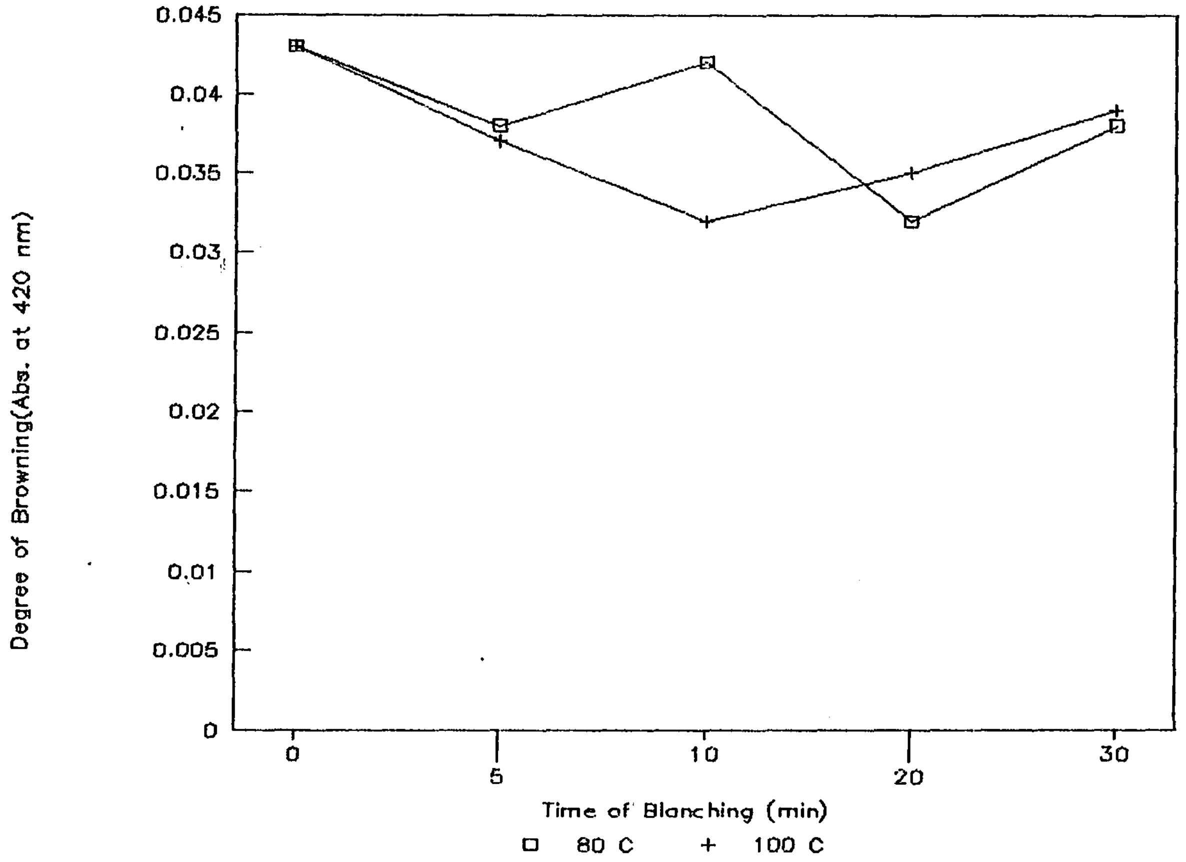

(d)

<u>ภาพที่ 4.1</u> การเปลี่ยนแปลงของสับปะรดหลังการเก็บเกี่ยวที่อุณหภูมิห้องของกิจกรรมของเอนไซม์ PPO(a) ระดับการเกิดสีน้ำตาล(b) ความเป็นกรดด่าง กรดที่ไตเตรตได้ น้ำตาลรีดิวซ์(c) และ Total Soluble Solid , % Total Solid(d)

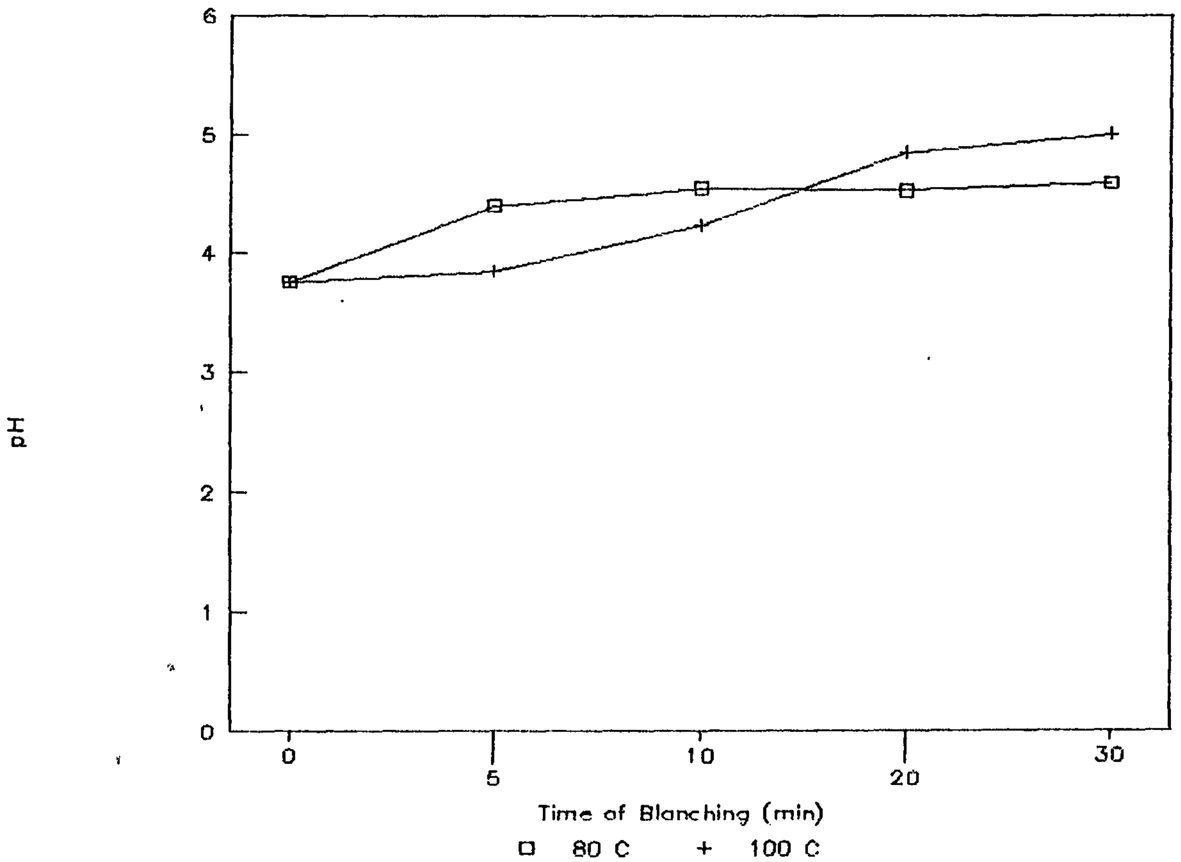
เมื่อสร้างกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของเอนไซม์PPO ค่าระดับการเกิดสีน้ำตาล และองค์ประกอบต่าง ๆของสับปะรดภายหลังการเก็บเป็นระยะเวลา 10 วัน จะเห็นได้ว่า ในช่วงอายุภายหลังการเก็บของสับปะรดตั้งแต่วันที่ 5-8 ค่าActivity ของ PPO และ ค่า Degree of Browning (ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงการทำงานของเอนไซม์ Polyphenoloxidase ในการทำให้เกิดenzymatic browningได้ดี)นั้น มีแนวโน้มลดลงจากวันที่ 4 ในลักษณะเดียวกัน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงปริมาณ Reducing Sugar จะเห็นได้ว่ามีค่าลดลงในช่วงระยะเวลาดังกล่าวเช่นกัน โดยที่ตัวแปรนี้มีความสำคัญในแง่ของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ได้ โดยมักจะเกิดขึ้นจากขั้นตอนในการทำแห้งสับปะรดแช่อิ่ม ดังนั้นจากการพิจารณาถึงค่าต่าง ๆที่กล่าวมาแล้วนั้น จึงมีความเหมาะสมในการนำสับปะรดที่มีช่วงอายุ 5-8 วัน มาทำการศึกษาในการทดลองขั้นต่าง ๆต่อไป โดยสับปะรดในช่วงอายุภายหลัง 5-8 วัน จะมีค่า pH อยู่ในช่วง 3.6-3.71 และปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วง 13.5-13.8 °Brix ส่วน Reducing sugar และ% Titratable acidity ของสับปะรดในช่วงระยะเวลาดังกล่าว คือ 3.4-3.9 % และ 1.7-1.8 % ตามลำดับ

4.2 <u>ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาให้ความร้อนที่เหมาะสมในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล</u>

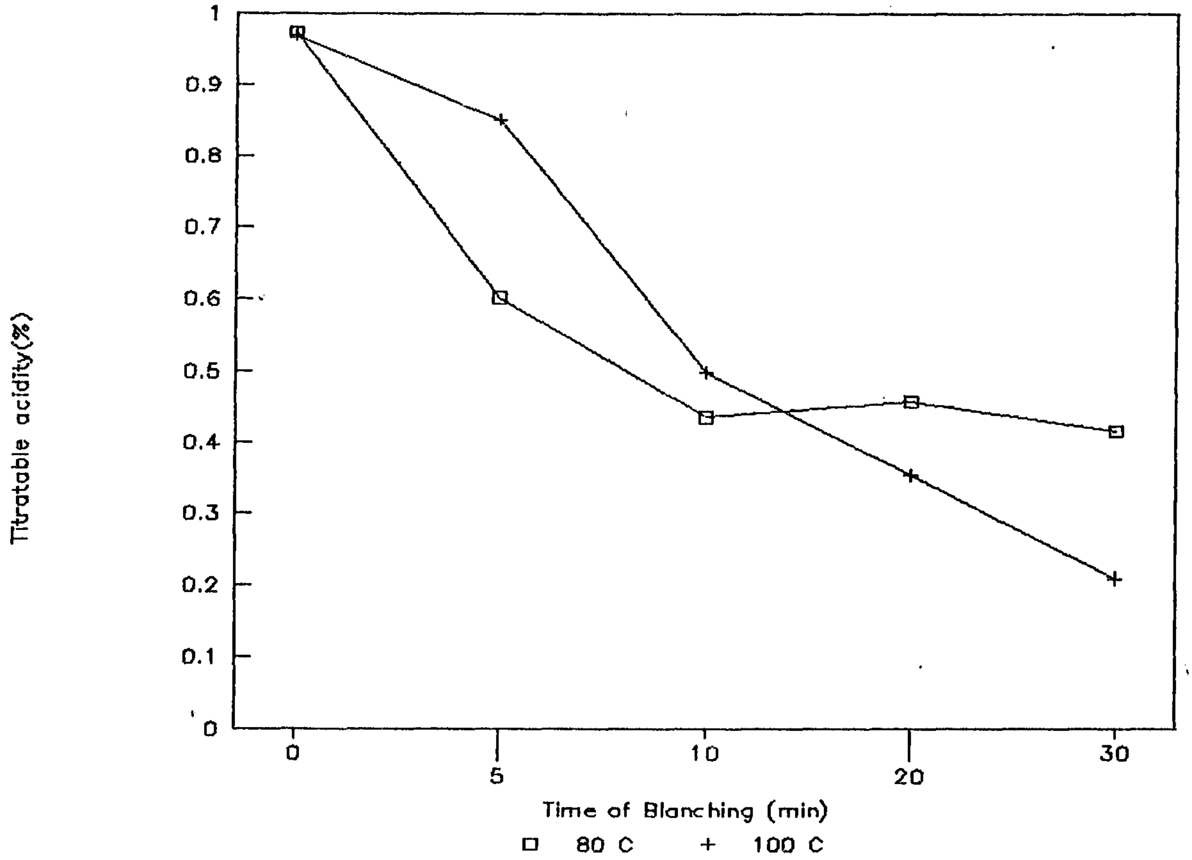
เมื่อนำสับปะรดที่มีอายุการเก็บที่เหมาะสมซึ่งมีองค์ประกอบของ pH อยู่ระหว่าง 3.6-3.71 ดังผลที่ได้จาก 4.1 มาหาอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนที่เหมาะสมที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้มากที่สุด ดังแสดงผลในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2 พบว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นพอสรุปได้ดังนี้


Degree of Browning(Abs. at 420 nm)
0.045
0.04
0.035
0.03
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
0
5
10
20
30
Time of Blanching (min)
□ 80 C + 100 C

(a)

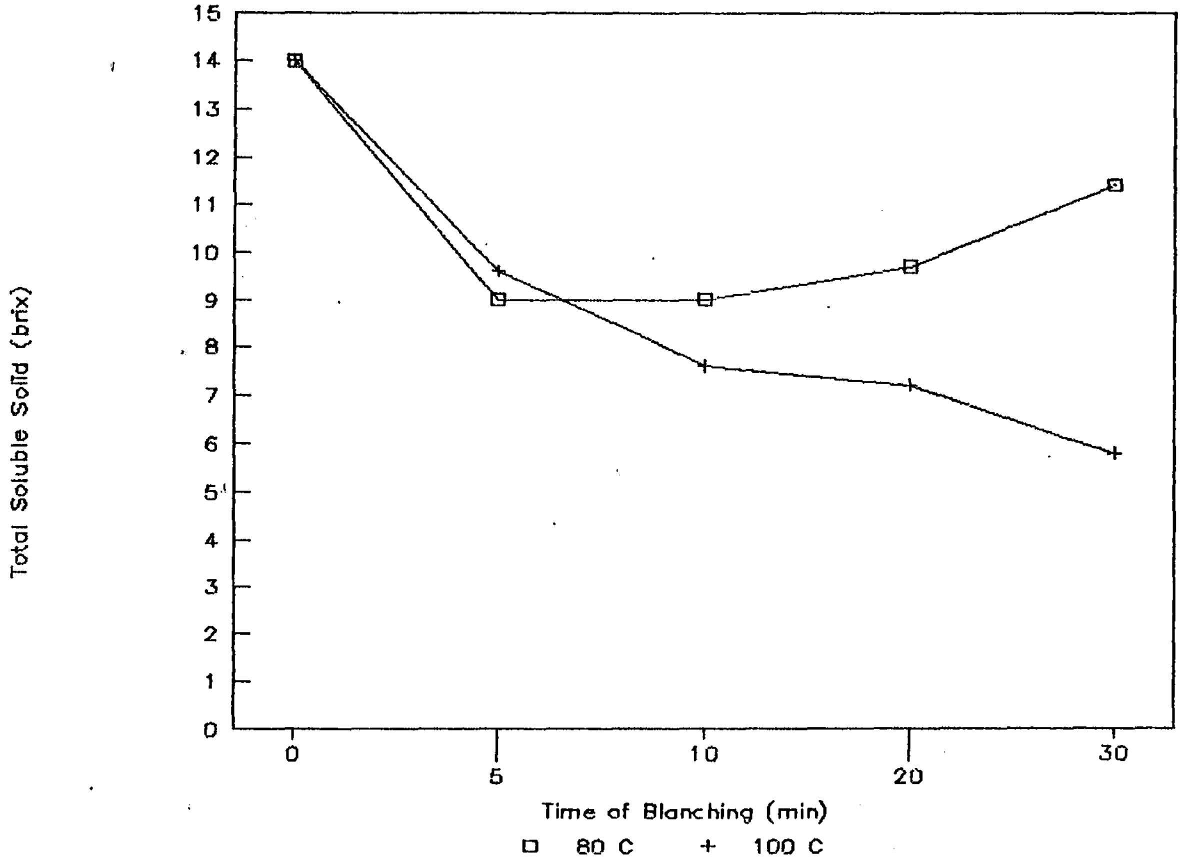

pH
6
5
4
3
2
1
0
0
5
10
20
30
Time of Blanching (min)
□ 80 C + 100 C

(b)



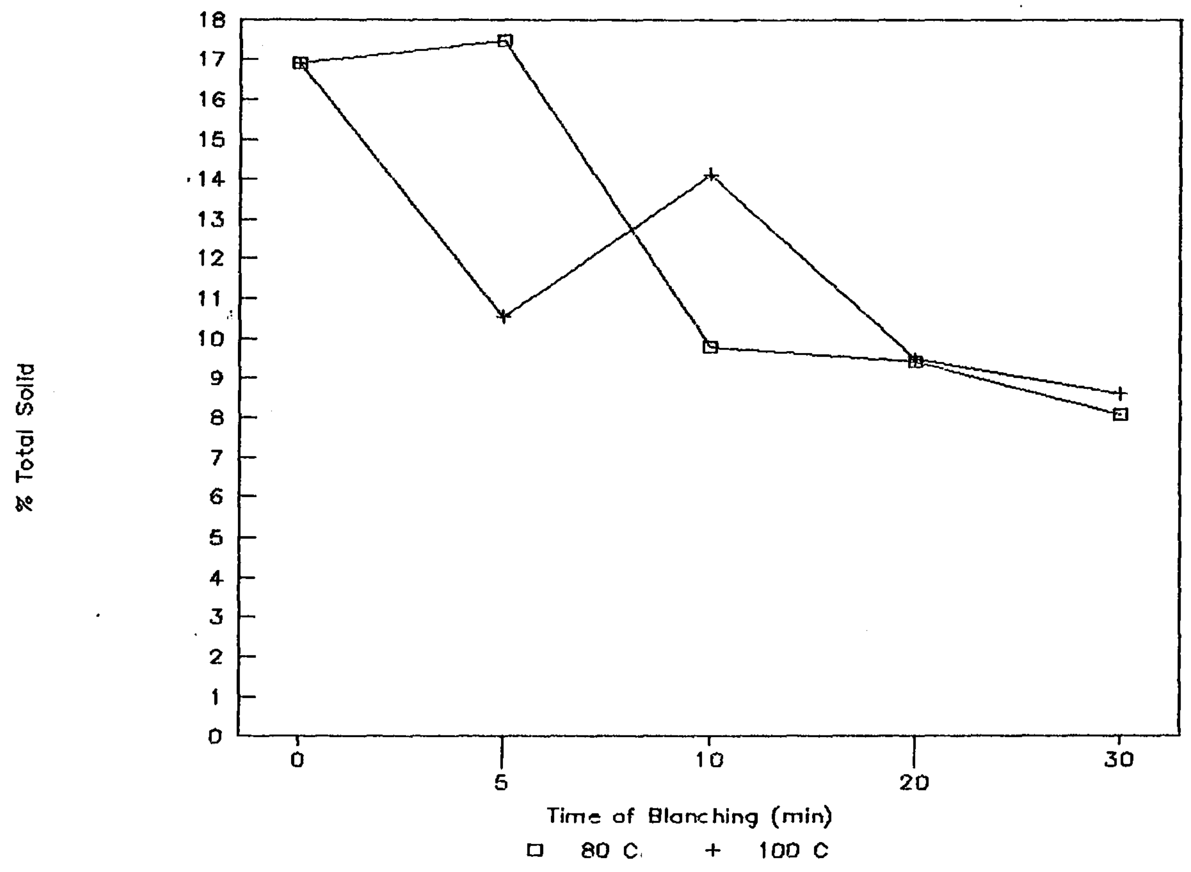
Titratable acidity(%)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
5
10
20
30
Time of Blanching (min)
□ 80 C + 100 C


( c )



Total Soluble Solid (brix)
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
0
5
10
20
30
Time of Blanching (min)
□ 80 C + 100 C


( d )




(e)

ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบผลของการใช้อุณหภูมิ และเวลาในการลวกสับปะรด ต่อระดับการเกิดสีน้ำตาล(a) ,pH(b), กรดที่ไตเตรตได้(c), ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้(d) และปริมาณของแข็งทั้งหมด(e) เปรียบเทียบกับสับปะรดที่ไม่ได้ผ่านการลวก

ตารางที่ 4.2 Degree of browning และองค์ประกอบต่าง ๆของสับปะรดที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการลวกที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ เปรียบเทียบกับสับปะรดสดที่ไม่ผ่านการลวก

| อุณหภูมิที่ใช้ลวก (°C) | ระยะเวลา (นาที) | Degree of browning | % Total Solid | pH | % acidity (citric) | ปริมาณน้ำตาล (°Brix) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | 0.043 | 16.90 | 3.76 | 0.97 | 14.0 |
| 80 | 5 | 0.038 | 17.48 | 4.39 | 0.60 | 9.0 |
| | 10 | 0.042 | 9.79 | 4.54 | 0.44 | 9.0 |
| | 20 | 0.032 | 9.42 | 4.52 | 0.46 | 9.7 |
| | 30 | 0.038 | 8.08 | 4.58 | 0.41 | 11.4 |
| 100 | 5 | 0.037 | 10.55 | 3.85 | 0.85 | 9.6 |
| | 10 | 0.032 | 14.12 | 4.23 | 0.50 | 7.6 |
| | 20 | 0.035 | 9.49 | 4.84 | 0.35 | 7.2 |
| | 30 | 0.039 | 8.60 | 5.00 | 0.21 | 5.8 |

1. จากข้อมูลในตารางจะเห็นได้ว่าสับปะรดที่ผ่านการลวกจะมีค่า degree of browning น้อยกว่าสับปะรดที่ไม่ผ่านการลวก ดังนั้นการลวกก็เป็นการใช้ความร้อนยับยั้งactivity ของเอนไซม์Polyphenoloxidase ได้วิธีหนึ่ง

2. เมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการลวกเท่ากัน แต่อุณหภูมิที่ใช้ในการลวกต่างกัน ก็มีผลทำให้ค่าdegree of browningและองค์ประกอบต่าง ๆของสับปะรดแตกต่างกันไปด้วย

3. เมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการลวกเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า Total solid,Total soluble solid,% Titra table acidity และค่าTotal soluble solid มีแนวโน้มลดลง ซึ่งที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากเมื่อระยะเวลาในการลวกนานขึ้น สับปะรดได้มีการสูญเสียสารประกอบต่าง ๆไปกับน้ำที่ใช้ลวกมากขึ้น จึงทำให้องค์ประกอบต่าง ๆภายในสับปะรดน้อยลง แต่ส่วนค่าpH ที่เพิ่มขึ้นนั้น ก็มีสาเหตุเนื่องมาจากในทำนองเดียวกันคือ ปริมาณกรดใน

สับปะรดได้ระเหยหรือสูญเสียไปกับน้ำที่ใช้ในการลวก โดยยิ่งเมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการลวกยิ่งมากขึ้น อัตราการสูญเสียก็ยิ่งสูงขึ้น จึงมีผลทำให้ค่า pH ของสับปะรดเพิ่มขึ้น(ปริมาณกรดลดลง)

4. เมื่อเปรียบผลของค่าdegree of browning พบว่าที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการลวกคือที่ อุณหภูมิ 80 °C ,20 นาที (วัดค่า degree of browningได้0.032) และที่อุณหภูมิ 100 °C,10 และ 20 นาที (วัดค่าdegree of browningได้0.032และ 0.035 ตามลำดับ)มีค่าdegree of browning น้อยกว่าที่อุณหภูมิและระยะเวลาอื่น ๆที่ใช้ในการลวก ดังนั้นที่อุณหภูมิและระยะเวลาดังกล่าวจึงเหมาะสมที่ใช้ในการลวกเพื่อทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในขั้นต่อไป แต่เนื่องจากในทางปฏิบัติแล้วพบว่าการควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ลวกให้ได้ 80 °C นั้นกระทำได้ค่อนข้างยาก และนอกจากนี้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านอื่น ๆเช่น เนื้อสัมผัส,ความแข็ง ของสับปะรดที่ผ่านการลวก ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 °Cเป็นระยะเวลาดังกล่าวข้างต้นนั้นไม่มีความแตกต่างกันเท่าไร ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการลวกเพื่อทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในขั้นต่อไปที่เหมาะสมจะใช้ที่อุณหภูมิ 100 °C โดยเราจะทำการลวกที่ระยะเวลา 5,10,20 และ30 นาทีตามลำดับ เพื่อยืนยันหาระยะเวลาในการลวกที่เหมาะสมที่สุดในการทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

## 4.3 <u>เวลาของการลวกก่อนการทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง</u>

เมื่อนำสับปะรดมาปอกเปลือก เจาะแกน และหั่นเป็นแว่น พบว่า

(1) <u>สี</u>

- สีของสับปะรดอยู่ในกลุ่ม Yellow Group โดยมีสีของเนื้อสับปะรดโดยรวม อยู่ในช่วง **10 B** จาก Colour Chart

- เมื่อสับปะรดแช่อิ่มผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 64-66 °C ที่ระยะเวลาต่าง ๆกัน สีที่วัดได้ แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการอบแห้งที่ระยะเวลาต่าง ๆ

| เวลาหลังการอบแห้ง(ชม.) | สีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการลวกที่เวลาต่าง ๆ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 5 นาที | 10 นาที | 20 นาที | 30 นาที |
| 4 | 12 B | 12 B | 12 B | 12 B |
| 8 | 11 A | 12 B | 11 A | 13 A |
| 10 | 15 C | 15 B | 12 B | 12 B |
| 20 | 9 B | 13 A | 12 A | 12 A |
| 20.5 | 9 B | 13 A | 12 A | 12 A |

ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อระยะเวลาในการอบสับปะรดแช่อิ่มนานขึ้น มีผลทำให้ค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสาเหตุอาจเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำ(dehydrate) ของสับปะรดแช่อิ่มในระหว่างการอบซึ่งมีผลทำให้พวกamino acids,peptides และprotein ทำปฏิกิริยา condensation กับน้ำตาลได้ดีขึ้น นั่นคือเกิดnon-enzymatic browningได้เร็วขึ้น(วรรณา,2534) ส่วนสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 100 °Cเป็นเวลา10และ20 นาที มีสีเหลืองที่อ่อนกว่าสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ระยะเวลาในการลวก 5 และ30 นาที ตามลำดับ อาจเป็นผลจากระยะเวลาที่ใช้ในการลวกที่ 5 นาทีนั้นไม่เพียงพอที่จะยับยั้ง Activity ของเอนไซม์ PPO ได้ ส่วนการลวกเป็นเวลา 30 นาทีนั้น อาจมีผลมาจากการที่สับปะรดเกิดปฏิกิริยาMillard reaction เพราะใช้เวลาในการลวกนานเกินไปทำให้ความร้อนที่ใช้ในการลวกนั้นไปมีผลทำให้น้ำตาลและโปรตีนในสับปะรดเกิดการรวมตัวขึ้นจากขั้นตอนแรกคือได้ intermediate ที่ไม่มีสี จนถึงขั้นตอนสุดท้ายซึ่งมีสีน้ำตาลแดงและสีน้ำตาลเข้มอันเนื่องมาจากเกิดการโพลีเมอไรเซชั่นของAldehyde-เอมีน และการเกิดสารประกอบเฮทเทอโรไซคริกไนโตรเจน (รัชนี,2535) ซึ่งคาดว่าเมื่อใช้เวลาการลวกสั้น ปฏิกิริยาการเกิดMillardคงยังดำเนินการอยู่ในแค่ขั้นแรก แต่ถ้าเมื่อใช้เวลาการลวกนานขึ้นจึงมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาจนถึงขั้นสุดท้าย ซึ่งมีผลทำให้สับปะรดที่ระยะเวลาในการลวกนานขึ้นมีสีเข้มกว่าสับปะรดที่ใช้ระยะเวลาในการลวกที่เหมาะสม

(2) % Total Soluble Solid ( $^{o}$ Brix) และปริมาณความชื้น

ส่วน % Total Soluble Solid ( $^{o}$Brix)และปริมาณความชื้นในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งของแต่ละTreatmentภายหลังการอบในTray dryer ที่อุณหภูมิ 64-66 $^{o}$C เป็นเวลา 20.5 ชั่วโมง แสดงในตาราง 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดง% Total Soluble Solid( $^{o}$Brix)ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งภายหลังการอบในTray dryer

| Treatment | % Total Soluble Solid( $^{o}$Brix) | ปริมาณความชื้นสุดท้าย (%) |
|---|---|---|
| 100 $^{o}$C / 5 นาที | 77.24 | 11.14 |
| 100 $^{o}$C / 10 นาที | 69.65 | 12.45 |
| 100 $^{o}$C / 20 นาที | 73.20 | 13.66 |
| 100 $^{o}$C / 30 นาที | 72.40 | 14.24 |

จากตาราง 4.4 พบว่าเปอร์เซนต์ Total Soluble Solid ( $^{o}$Brix)มีค่าต่าง ๆกัน อาจเนื่องมาจาก เนื้อสัมผัสภายหลังการลวกที่ระยะเวลาต่าง ๆนั้นเปลี่ยนแปลงไปต่างกัน ส่วนปริมาณความชื้น พบว่าที่ระยะเวลาในการลวกต่างกัน มีผลทำให้ปริมาณความชื้นสุดท้ายของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้ต่างกัน โดยเมื่อสับปะรดที่ใช้ระยะเวลาในการลวกนานขึ้น มีผลทำให้ปริมาณความชื้นสุดท้ายมากกว่าในสับปะรดที่ใช้ระยะเวลาในการลวกน้อย เนื่องมาจากเมื่อใช้เวลาในการลวกนานขึ้น ทำให้น้ำที่ใช้ลวกแพร่ซึมเข้าไปยังสับปะรดได้มากขึ้น จึงมีผลทำให้ความชื้นสุดท้ายมีค่าสูงกว่าสับปะรดที่ใช้เวลาในการลวกน้อย

เมื่อมีการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆทางประสาทสัมผัสด้าน เนื้อสัมผัส ความแข็ง ความกรอบ พบว่าTreatmentที่ผ่านการลวกที่ 100 $^{o}$C เป็นระยะเวลา 10 และ20 นาที ให้มีคุณสมบัติที่ดีกว่าการใช้เวลาในการลวก 5 และ 30 นาที นอกจากนี้ค่าสีของสับปะรดที่ได้ ให้ค่าสีที่มีความอ่อนกว่า ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงจะทำการศึกษาเพื่อทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งโดยการใช้ความร้อนในการลวกสับปะรดที่อุณหภูมิ 100 $^{o}$Cเป็นระยะ10และ20 นาที ตามลำดับ

4.4 <u>ผลของการใช้ความร้อนร่วมกับการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมสุดท้าย</u>

(1) เมื่อตรวจสอบคุณภาพของสับปะรดที่นำมาใช้ในการทดลอง พบว่าค่า pH เป็น 3.76 Total Soluble Solid($^{o}$Brix)เท่ากับ14.8 $^{o}$Brix และTitratable acidity(as citric) เท่ากับ 1.45 %

(2) สีของสับปะรดอยู่ในกลุ่ม Yellow Group โดยมีสีของเนื้อสับปะรดโดยรวม หลังจากหั่นเป็นแว่นแล้วมีสีอยู่ในช่วง 9 D และสีของสับปะรด(Control)ภายหลังการแช่ในสารละลาย $CaCl_2$ 1 % คือ 11 D ซึ่งผลของการวัดค่าสีพบว่าภายหลังการแช่ในสารละลาย $CaCl_2$ 1 % ให้ค่าสีที่อ่อนกว่าในสับปะรดก่อนแช่ ซึ่งสาเหตุอาจเนื่องมาจากการแช่สารละลายดังกล่าวมีความเป็นด่างค่อนข้างสูงดังนั้นจึงทำให้มีผลยับยั้งActivity ของเอนไซม์ Polyphenoloxidaseได้บางส่วนเพราะโดยทั่วไปแล้ว pH ที่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์คือ 4-7 (วรรณา,2528) ดังนั้นเมื่อสภาพของpH ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ จึงทำให้การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้มีสีอ่อนกว่าสับปะรดก่อนการแช่ นอกจากนี้ยังมีรายงานถึงผลของแคลเซียมคลอไรด์ ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในแอพริคอตและพืชเยือกแข็ง ซึ่งจากการทดลองพบว่าสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีไม่แพ้กรดแอสคอร์บิก (Sapyan และคณะ,1984)

สำหรับสีของสับปะรดภายหลังการแช่ในน้ำเชื่อมความเข้มข้นสุดท้าย(59-60 $^{o}$Brix) ดังแสดงในตารางที่ 4.5

<u>ตารางที่ 4.5</u> แสดงค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มภายหลังการแช่ในน้ำเชื่อมความเข้มข้นสุดท้าย ก่อนอบใน Tray dryer เมื่อใช้$Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้ายเท่านั้น

| Treatment | เวลาที่ใช้ลวก (นาที) | ระยะเวลาที่แช่ (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่แช่สับปะรด ($^{o}$ Brix) | ค่าสีของสับปะรดที่อ่านจากColour Chart |
|---|---|---|---|---|
| Control* | 10 | 24 | 59*** | 9 C |
| $+Na_2S_2O_5$** | | | | 10 B |
| Control* | 20 | | | 9 C |
| $+Na_2S_2O_5$** | | | | 10 B |

* คือ สับปะรดที่แช่ในน้ำเชื่อม 59 °Brix +Citric 0.75 %

** คือ สับปะรดที่แช่ในน้ำเชื่อม 59 °Brix +Citric 0.75 % + $Na_2S_2O_5$ 400 ppm

*** คือความเข้มข้นของน้ำเชื่อมหลังจากเติมGlucose Syrup 30%

จากผลการทดลองพบว่าสีของสับปะรดแช่อิ่มที่ผ่านการแช่ในน้ำเชื่อมที่มีSodiummetabisulfite ร่วมด้วยนั้นมีสีที่อ่อนกว่า(10B)สีของสับปะรดแช่อิ่มที่ผ่านการแช่ในน้ำเชื่อมที่ไม่มีSodium metabisulfite(10C) เนื่องจากผลของSodiummetabisulfite มีคุณสมบัติเป็นสารพวก non-specific reducing agent ซึ่งสามารถยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาล และมีคุณสมบัติเป็นสารฟอกสีด้วย(Sayavedra-Soto และ Montgomery,1986) จึงทำให้ในTreatmentที่มีการเติม Sodiummetabisulfiteร่วมด้วย มีสีที่อ่อนกว่า

ส่วนสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ภายหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 62-65 °C เป็นเวลา20-21 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ภายหลังการอบแห้ง เมื่อใช้ $Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้ายเท่านั้น

| Treatment | เวลาที่ใช้ลวก (นาที) | ระยะเวลาที่อบ (ชั่วโมง) | ค่าสีของสับปะรดที่อ่านจากColour Chart |
|---|---|---|---|
| Control* | 10 | 20-21 | 5 A |
| +$Na_2S_2O_5$ ** | | | 6 C |
| Control* | 20 | | 5 A |
| +$Na_2S_2O_5$ ** | | | 5 C |

* คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่ในน้ำเชื่อม 59 °Brix +Citric 0.75 %

** คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่ในน้ำเชื่อม 59 °Brix +Citric 0.75 % + $Na_2S_2O_5$ 400 ppm

จากผลการตรวจสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งพบว่า ค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่ในน้ำเชื่อม 59 °Brix +Citric 0.75 % + $Na_2S_2O_5$ 400 ppm มีค่าความเข้มของสีอ่อนกว่าในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่ในน้ำเชื่อมที่ไม่มีSodiummetabisulfite อยู่ด้วย

(3) % Total Soluble Solid(°Brix)และปริมาณความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ภายหลังการอบในTray dryer ที่อุณหภูมิ 64-66 °C เป็นเวลา 20-21 ชั่วโมง แสดงดังในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณ Total Soluble Solid (°Brix) และ ปริมาณความชื้นในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง เมื่อมีการใช้$Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้ายเท่านั้น

| Treatment | เวลาที่ใช้ในการลวก (นาที) | ปริมาณTotal Soluble Solid (°Brix) | ปริมาณความชื้น (%) |
|---|---|---|---|
| Control* | 10 | 75.2 | 11.73 |
| Control* | 20 | 72.8 | 15.67 |
| +$Na_2S_2O_5$** | 10 | 76.0 | 11.25 |
| +$Na_2S_2O_5$** | 20 | 72.4 | 15.72 |

* คือ สับปะรดที่แช่ในน้ำเชื่อม 59 °Brix +Citric 0.75 %

** คือ สับปะรดที่แช่ในน้ำเชื่อม 59 °Brix +Citric 0.75 % + $Na_2S_2O_5$ 400 ppm

จากข้อมูลในตารางพบว่าสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีระยะเวลาในการลวก20 นาที มีผลทำให้ปริมาณ Total Soluble Solid (°Brix) ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายน้อยกว่าสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ระยะเวลาในการลวก10 นาที ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก ปริมาณTotal Soluble Solid ได้ละลายไปในน้ำที่ใช้ในการลวก ดังนั้นเมื่อระยะเวลาในการลวกเพิ่มขึ้นจึงมีผลทำให้สับปะรดสูญเสีย Soluble Solid ไปกับน้ำได้มากขึ้น และเมื่อเวลาในการลวกนานขึ้น ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์จะมากขึ้น

(4) Degree of Browning ของสับปะรดโดยรวมหลังการปอกเปลือก,หั่น และเจาะแกน มีค่าเป็น 0.017 โดยที่ Degree of Browning ของสับปะรดแช่อิ่มก่อนอบและหลังอบ แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบDegree of Browning ของสับปะรดแช่อิ่มก่อนการอบและหลังอบ เมื่อมีการใช้$Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้ายเท่านั้น

| Treatment | เวลาที่ใช้ในการลวก (นาที) | Degree of Browning (Abs. at420 nm) | |
|---|---|---|---|
| | | สับปะรดแช่อิ่มก่อนอบ | สับปะรดแช่อิ่มหลังอบ |
| Control* | 10 | 0.025 | 0.039 |
| Control* | 20 | 0.017 | 0.037 |
| +$Na_2S_2O_5$** | 10 | 0.010 | 0.028 |
| +$Na_2S_2O_5$** | 20 | 0.008 | 0.025 |

* คือ สับปะรดที่แช่ในน้ำเชื่อม 59 °Brix +Citric 0.75 %

** คือ สับปะรดที่แช่ในน้ำเชื่อม 59 °Brix +Citric 0.75 % + $Na_2S_2O_5$ 400 ppm

พบว่าการใช้ความร้อนร่วมกับการใช้Sodiummetabisulfite ในช่วงการแช่สับปะรดในน้ำเชื่อมสุดท้าย มีผลทำให้สามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว โดยที่ระยะเวลาที่ใช้ในการลวกสับปะรดนานขึ้น มีผลทำให้ค่าDegree of Browning ลดลง ซึ่งสาเหตุเนื่องมาจากความร้อนได้เสริมฤทธิ์กับ$Na_2S_2O_5$ในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล โดยที่ประสิทธิภาพของ$Na_2S_2O_5$ในการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้นั้น เนื่องจาก$Na_2S_2O_5$ เป็นสารจำพวก Non-specific reducing agent และสารฟอกสี ดังได้กล่าวตอนต้น ส่วนค่า Degree of Browning มีค่าสูงขึ้นภายหลังจากสับปะรดแช่อิ่มผ่านการอบแห้งแล้ว อาจเนื่องมาจากในระหว่างการอบแห้งเกิดปฏิกิริยาNon-enzymatic browning คือปฏิกิริยา Millard อาจจะเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า Treatmentที่มีการเติม$Na_2S_2O_5$ในน้ำเชื่อมสุดท้ายนั้นก็ยังคงมี

ค่าDegree of Browning น้อยกว่าTreatmentที่ไม่มีการเติม $Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้าย เนื่องมาจาก$Na_2S_2O_5$ นั้นมีคุณสมบัติสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกิดจากเอนไซม์ด้วย โดยไปทำให้สารที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิกิริยาเมลลาร์ดอยู่ในรูปที่คงตัวขึ้น และยังทำปฏิกริยากับสารประกอบที่มีหมู่Carbonyl group ซึ่งเป็นPrecusor ของปฏิกิริยา Non-enzymatic browning จึงมีผลทำให้ปริมาณสารตั้งต้นดังกล่าวลดลง ซึ่งเป็นการลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลดังกล่าวได้(Joslyn และ Braverman,1954)

(5) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory test)ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ที่มีการใช้$Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้าย โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ดังในตารางที่ 4.9 ซึ่งแบบทดสอบที่ใช้และการวิเคราะห์ผลดังแสดงอยู่ในภาคผนวก ง.และ ภาคผนวก จ. ตามลำดับ

<u>ตารางที่ 4.9</u> คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่าง ๆของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีการใช้ $Na_2S_2O_5$ในน้ำเชื่อมสุดท้ายเท่านั้น

| Treatment | คุณภาพที่ทดสอบ* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | สี | รสหวาน | รสเปรี้ยว | ความชอบโดยรวม |
| 1* | 7.15$^{a}$ | 5.785$^{a}$ | 3.375$^{a}$ | 4.860$^{a}$ |
| 2* | 6.19$^{ab}$ | 5.250$^{a}$ | 3.295$^{a}$ | 4.975$^{a}$ |
| 3* | 5.73$^{b}$ | 5.995$^{a}$ | 3.565$^{a}$ | 5.055$^{a}$ |
| 4* | 3.81$^{c}$ | 5.595$^{a}$ | 3.550$^{a}$ | 4.570$^{a}$ |

* คือ (๑) คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้เท่ากับ 10 จากการใช้แบบทดสอบพัฒนากระบวนการผลิต (RPT TEST)

(๒) อักษรที่อยู่ในแถวเดียวกันและเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

1* คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่ได้มีการเติม$Na_2S_2O_5$ 400ppm ในน้ำเชื่อมสุดท้าย(ลวก10 นาที)

2* คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่ได้มีการเติม $Na_2S_2O_5$ 400ppm ในน้ำเชื่อมสุดท้าย(ลวก20 นาที)
3* คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้มีการเติม $Na_2S_2O_5$ 400ppm ในน้ำเชื่อมสุดท้าย(ลวก10 นาที)
4* คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้มีการเติม $Na_2S_2O_5$ 400ppm ในน้ำเชื่อมสุดท้าย(ลวก20 นาที)
(หมายเหตุ คะแนนน้อยแสดงถึงความน้อยหรือความอ่อนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ใช้ทดสอบ)

พบว่าTreatmentที่มีการใช้ความร้อนร่วมกับการใช้ $Na_2S_2O_5$ ในช่วงการแช่สับปะรดในน้ำเชื่อมสุดท้ายนั้น มีคะแนนทางด้านสีน้อยกว่า(สีอ่อนกว่า)Treatmentที่มีแต่การใช้ความร้อนอย่างเดียว โดยที่Treatmentที่ใช้ระยะเวลาในการลวกมากขึ้น (20 นาที) มีผลทำให้ระดับคะแนนทางด้านสีน้อยกว่า(สีอ่อนกว่า)Treatmentที่ใช้ระยะเวลาในการลวกน้อยกว่า ซึ่งคะแนนด้านสีนี้มีผลสอดคล้องกับค่าDegree of browning ของสับปะรดแช่อิ่มก่อนการอบ และสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งหลังการอบ

(6) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณ $SO_2$ ที่เหลืออยู่ในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งหลังการอบที่อุณหภูมิ 64-66 °C เป็นเวลา 20-21 ชั่วโมง โดยมีการใช้ $Na_2S_2O_5$ 400 ppm ร่วมกับกรดซิตริค 0.75 % ในน้ำเชื่อมครั้งสุดท้าย พบว่าปริมาณ $SO_2$ ที่เหลืออยู่ในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ให้ผลไม่แตกต่างกันมากนัก ดังแสดงในตารางที่ 4.10

<u>ตารางที่ 4.10</u> ปริมาณ $SO_2$ ที่เหลืออยู่ในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายที่มีการเติม $Na_2S_2O_5$ 400 ppm

| Treatment | เวลาที่ใช้ลวก | ปริมาณcombined $SO_2$ ในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง (ppm) |
|---|---|---|
| 1 | 10 นาที | 16.07 |
| 2 | 20 นาที | 15.53 |

4.5 การใช้ความร้อนร่วมกับการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในช่วงการแช่สับปะรดก่อนการลวกและในน้ำเชื่อมสุดท้าย

(1) เมื่อตรวจสอบคุณภาพของสับปะรดที่นำมาใช้ในการทดลอง พบว่าค่า pH เป็น 3.76 Total Soluble Solid( °Brix)เท่ากับ14.8 °Brix และTitratable acidity(as citric) เท่ากับ 1.45 %

(2) สีของสับปะรดอยู่ในกลุ่ม Yellow Group โดยมีสีของเนื้อสับปะรดโดยรวม หลังจากหั่นเป็นแว่นแล้วมีสีอยู่ในช่วง 9 D นอกจากนี้สีของสับปะรด(Control) ภายหลังการแช่ในสารละลาย $CaCl_2$ 1 % ที่มีการเติม$Na_2S_2O_5$ 500 ppm เป็นเวลา 3 ชม. ลงไปด้วย คือ 10 D

จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบค่าสีของสับปะรดที่วัดได้จากColour Chart พบว่าสีของสับปะรดภายหลังการแช่$CaCl_2$ 1 % + $Na_2S_2O_5$ 500 ppm ให้ค่าสีที่อ่อนกว่าสีของสับปะรดก่อนการแช่และสีของสับปะรดที่แช่ในสารละลาย $CaCl_2$ 1% เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ $Na_2S_2O_5$ ร่วมด้วยนั้นมีผลทำให้สามารถช่วยยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลภายหลังการปอกเปลือกได้ผลดีกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้$Na_2S_2O_5$ ยังมีคุณสมบัติเป็นสารฟอกสีอีกด้วย ดังนั้นจึงทำให้สีของสับปะรดภายหลังการแช่$CaCl_2$ 1 %ร่วมกับ$Na_2S_2O_5$ด้วยนั้นมีสีที่อ่อนที่สุด

สำหรับสีของสับปะรดแช่อิ่มก่อนการอบแห้งและหลังการอบแห้งใน Tray dryer ที่อุณหภูมิ 64-66 °C เป็นเวลา 20-21 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบสีของสับปะรดแช่อิ่มก่อนการอบแห้งและหลังการอบแห้ง เมื่อมีการใช้ $Na_2S_2O_5$ แช่สับปะรดก่อนการลวกและในน้ำเชื่อมสุดท้าย

| Treatment | เวลาที่ใช้ในการลวก (นาที) | ค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มก่อนการอบ | ค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มหลังการอบ |
|---|---|---|---|
| +$Na_2S_2O_5$* | 10 | 8 B | 7 C |
| ++$Na_2S_2O_5$** | | 8 C | 5 B |
| +$Na_2S_2O_5$* | 20 | 10 C | 6 C |
| ++$Na_2S_2O_5$** | | 10 C | 6 B |

* คือ สับปะรดที่ได้มีการแช่ใน$CaCl_2$ 1%+$Na_2S_2O_5$ 500 ppm ก่อนการลวก แต่ไม่ได้แช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายที่มีการเติม$Na_2S_2O_5$ ลงในน้ำเชื่อมด้วย(เติมแต่กรดซิตริก0.75 % อย่างเดียว)

** คือ สับปะรดที่ได้มีการแช่ใน$CaCl_2$ 1%+$Na_2S_2O_5$ 500 ppm ก่อนการลวก และแช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายที่มีการเติมกรดซิตริก 0.75%+$Na_2S_2O_5$ 400 ppm ลงในน้ำเชื่อมด้วย

จากตารางที่ 4.11 พบว่าค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มที่มีการใช้ $Na_2S_2O_5$ ก่อนการลวกและใช้ในช่วงน้ำเชื่อมสุดท้ายนั้นให้สีที่ไม่ค่อยแตกต่างจากสีของสับปะรดที่ใช้ $Na_2S_2O_5$ในช่วงน้ำเชื่อมสุดท้ายเพียงอย่างเดียว ซึ่งสาเหตุอาจเนื่องมาจากที่ว่าความร้อนจากการลวกทำให้ $Na_2S_2O_5$ เกิดการสลายตัวเป็นแก๊ส $SO_2$ และระเหยไปในระหว่างการให้ความร้อนเพื่อใช้ในการลวก จึงทำให้มีปริมาณ$SO_2$ที่เหลืออยู่ในสับปะรดภายหลังการลวกมีค่าน้อย ดังนั้นประสิทธิภาพของ$Na_2S_2O_5$ ที่ใช้ในช่วงก่อนการลวกนั้น จึงสามารถยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนต่อมาคือช่วงการแช่ในน้ำเชื่อมความเข้มข้นต่าง ๆได้น้อยลงด้วย จึงทำให้สีของสับปะรดที่ไม่ได้มีการใช้$Na_2S_2O_5$ ในช่วงก่อนการลวกไม่ค่อยแตกต่างจากสีของสับปะรดที่มีการใช้ $Na_2S_2O_5$ ในช่วงก่อนการลวกร่วมด้วย

นอกจากนี้ยังพบว่า สีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลาย $CaCl_2$ 1 % + $Na_2S_2O_5$ 500 ppm ก่อนการลวก และแช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายที่มีกรดซิตริก+ $Na_2S_2O_5$ 400 ppm นั้นให้ค่าสีที่อ่อนกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ที่มีการใช้$Na_2S_2O_5$ ในขั้นตอนการแช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลของ$SO_2$ นั้นจะออกฤทธิ์ได้ดีในช่วงที่pHของสารละลายเป็นกรด และการกระจายตัวของไอออนจะขึ้นกับค่า pHด้วยดังเช่น Green(1976)ได้กล่าวว่าไบซัลไฟต์ไอออนจะมีมากที่สุดที่pH 4.0 แต่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระจะมีค่าประมาณสองส่วนหรือมากกว่าที่ช่วงpH 2-5 ดังนั้นเมื่อpHของสารละลายเป็นด่าง(เนื่องมาจาก$CaCl_2$มีฤทธิ์เป็นด่าง)ดังนั้นจึงทำให้มีปริมาณไอออนของซัลไฟต์ลดน้อยลง ซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลของ $Na_2S_2O_5$ ลดน้อยลงด้วย ส่วนสับปะรดที่มีระยะเวลาในการลวกต่างกัน พบว่าสับปะรดที่มีระยะเวลาในการลวก 20 นาที นั้นวัดค่าความเข้มของสีได้อ่อนกว่า เนื่องจากที่ระยะเวลาการลวกดังกล่าว สามารถยับยั้ง Activity ของเอนไซม์PPOหรือปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีกว่า ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้น

(3) % Total Soluble Solid( $^{o}$Brix)และปริมาณความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ภายหลังการอบในTray dryer ที่อุณหภูมิ 64-66 $^{o}$C เป็นเวลา 20-21 ชั่วโมง แสดงดังในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ปริมาณ Total Soluble Solid ( $^{o}$Brix) และ ปริมาณความชื้นในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง เมื่อมีการใช้$Na_2S_2O_5$ แช่สับปะรดก่อนการลวกและในน้ำเชื่อมสุดท้าย

| Treatment | เวลาที่ใช้ในการลวก (นาที) | ปริมาณTotal Soluble Solid ( $^{o}$Brix) | ปริมาณความชื้น (%) |
|---|---|---|---|
| $+Na_2S_2O_5$ * | 10 | 76.8 | 13.27 |
| $+Na_2S_2O_5$ ** | 20 | 73.4 | 15.88 |
| $++Na_2S_2O_5$ ** | 10 | 74.0 | 15.81 |
| $++Na_2S_2O_5$ ** | 20 | 74.0 | 11.47 |

* คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้มีการแช่ใน$CaCl_2$ 1%+$Na_2S_2O_5$ 500 ppm ก่อนการลวก แต่ไม่ได้แช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายที่มีการเติม$Na_2S_2O_5$ ลงในน้ำเชื่อมด้วย(เติมแต่กรดซิตริก0.75 % อย่างเดียว)

** คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้มีการแช่ใน$CaCl_2$ 1%+$Na_2S_2O_5$ 500 ppm ก่อนการลวก และแช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายที่มีการเติมกรดซิตริก 0.75%+$Na_2S_2O_5$ 400 ppm ลงในน้ำเชื่อมด้วย

จากตารางที่4.12 พบว่า สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีระยะเวลาในการลวก 20 นาที ควรมีผลทำให้ปริมาณ Total Soluble Solid ( $^{o}$Brix) ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายน้อยกว่าสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ระยะเวลาในการลวก 10 นาที แต่ผลนี้กลับไม่สอดคล้องกับในTreatmentที่มีการใช้ $Na_2S_2O_5$ในช่วงก่อนการลวกและช่วงในน้ำเชื่อมสุดท้าย ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากปริมาณ$SO_2$ อาจทำให้มีผลต่อรสหวาน หรืออาจเกิดจากความไม่แน่นอนในการวัด% Total Soluble Solid (Brix)ก็ได้ จึงทำให้ผลผิดพลาดจากความเป็นจริงเล็กน้อย นอกจากนี้ที่ระยะเวลาในการลวก 20 นาที ควรมีผลทำให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณความชื้นสูงกว่า โดยผลจะ

สอดคล้องกับในTreatmentที่มีการใช้ $Na_2S_2O_5$ ในช่วงก่อนการลวกเท่านั้น ส่วนTreatmentที่มีการใช้ $Na_2S_2O_5$ ทั้งในช่วงก่อนการลวกและช่วงการแช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายมีผลไม่สอดคล้อง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณ $SO_2$ ที่เติมในช่วงท้ายมีผลต่อการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ หรืออาจเกิดจากการผิดพลาดระหว่างทดลอง เช่นในขั้นตอนนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาอบนั้นเอาออกมาไม่พร้อมกันก่อนที่จะนำมาหาความชื้น จึงทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้

(4) ส่วนผลของ Degree of Browning ของสับปะรดโดยรวมหลังการปอกเปลือก,หั่น และเจาะแกน มีค่าเป็น 0.017 และเมื่อนำสับปะรดไปแปรรูปและวัดค่า Degree of Browning ของสับปะรดแช่อิ่มก่อนอบและหลังอบแห้ง จะให้ค่าแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบDegree of Browning ของสับปะรดแช่อิ่มก่อนการอบและหลังอบแห้ง เมื่อมีการใช้ $Na_2S_2O_5$ แช่สับปะรดก่อนการและในน้ำเชื่อมสุดท้าย

| Treatment | เวลาที่ใช้ในการลวก (นาที) | Degree of Browning (Abs. at420 nm) | |
|---|---|---|---|
| | | สับปะรดแช่อิ่มก่อนอบ | สับปะรดแช่อิ่มหลังอบ |
| $+Na_2S_2O_5$* | 10 | 0.015 | 0.033 |
| $+Na_2S_2O_5$* | 20 | 0.010 | 0.030 |
| $++Na_2S_2O_5$** | 10 | 0.009 | 0.020 |
| $++Na_2S_2O_5$** | 20 | 0.006 | 0.015 |

* คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้มีการแช่ใน$CaCl_2$ 1%+$Na_2S_2O_5$ 500 ppm ก่อนการลวก แต่ไม่ได้แช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายที่มีการเติม$Na_2S_2O_5$ ลงในน้ำเชื่อมด้วย(เติมแต่กรดซิตริก0.75 % อย่างเดียว)

** คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้มีการแช่ใน$CaCl_2$ 1%+$Na_2S_2O_5$ 500 ppm ก่อนการลวก และแช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายที่มีการเติมกรดซิตริก 0.75%+$Na_2S_2O_5$ 400 ppm ลงในน้ำเชื่อมด้วย

พบว่าการใช้ความร้อนร่วมกับการใช้ Sodiummetabisulfite ในช่วงก่อนการลวกนั้นมีผลทำให้สามารถยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีกว่าการใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียวดังแสดงในตารางที่ 4.13 ทั้งนี้เนื่องจาก $Na_2S_2O_5$ ที่ได้เติมลงไปในช่วงก่อนการลวกนั้นออกฤทธิ์เสริมกับความร้อนมีผลทำให้สามารถยับยั้งปฏิกริยาสีน้ำตาลได้ดีขึ้นกว่าการใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว และเมื่อระยะเวลาในการลวกนานขึ้น(20 นาที) มีผลทำให้ค่าDegree of Browning ลดลงด้วย (10 นาที วัดค่าDegree of Browningได้ 0.015 ,20 นาทีวัดค่าDegree of Browning ได้ 0.010) ดังนั้นระยะเวลาในการลวกมากขึ้นมีผลสามารถยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้มากขึ้น

นอกจากนี้ การที่ค่าDegree of Browningมีค่าสูงขึ้นภายหลังจากสับปะรดแช่อิ่มผ่านการอบแห้งแล้ว อาจเนื่องมาจากในระหว่างการอบแห้งสับปะรดแช่อิ่มนั้น เกิดปฏิกิริยาNon-enzymatic browning คือปฏิกิริยา Millard เกิดขึ้น อันเนื่องมาจากการความร้อนและการสูญเสียความชื้นในระหว่างการอบจึงมีผลทำให้ค่า Degree of Browning ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งมีค่าสูงขึ้น

(5) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory test) ของสับปะรดแแช่อิ่มอบแห้งที่มีการใช้ $Na_2S_2O_5$ แช่สับปะรดก่อนการลวกและในน้ำเชื่อมสุดท้าย โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 20 คน ดังแสดงในตารางที่ 4.14

<u>ตารางที่ 4.14</u> คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่าง ๆ ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีการใช้ $Na_2S_2O_5$ แช่สับปะรดก่อนการลวกและในน้ำเชื่อมสุดท้าย

| Treatment | คุณภาพที่ทดสอบ@ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | สี | รสหวาน | รสเปรี้ยว | ความชอบโดยรวม |
| $+Na_2S_2O_5$*,10 | 5.775$^b$ | 5.090$^{ab}$ | 5.380$^b$ | 4.855$^{ab}$ |
| $+Na_2S_2O_5$*,20 | 5.635$^b$ | 6.200$^a$ | 3.960$^a$ | 4.295$^b$ |
| $++Na_2S_2O_5$**,10 | 3.990$^a$ | 5.305$^{ab}$ | 3.020$^a$ | 5.975$^a$ |
| $++Na_2S_2O_5$**,20 | 3.795$^a$ | 5.250$^b$ | 3.190$^a$ | 4.060$^a$ |

@ คือ (๑) คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้เท่ากับ 10 จากการใช้แบบทดสอบพัฒนากระบวนการผลิต (RPT TEST)

(๒) อักษรที่อยู่ในแถวเดียวกันและเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้มีการแช่ใน$CaCl_2$ 1%+$Na_2S_2O_5$ 500 ppm ก่อนการลวก แต่ไม่ได้แช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายที่มีการเติม$Na_2S_2O_5$ ลงในน้ำเชื่อมด้วย(เติมแต่กรดซิตริก0.75 % อย่างเดียว)

** คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้มีการแช่ใน $CaCl_2$ 1%+$Na_2S_2O_5$ 500 ppm ก่อนการลวก และแช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายที่มีการเติมกรดซิตริก 0.75%+$Na_2S_2O_5$ 400 ppm ลงในน้ำเชื่อมด้วย

(หมายเหตุ คะแนนน้อยแสดงถึงความน้อยหรือความอ่อนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ใช้ทดสอบ)

พบว่า สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีการใช้ $Na_2S_2O_5$ ทั้งในช่วงก่อนการลวกและในน้ำเชื่อมสุดท้าย มีความแตกต่างจากTreatmentที่มีการใช้ $Na_2S_2O_5$ ในช่วงน้ำเชื่อมสุดท้ายอย่างเดียวในด้านสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยที่ความแข็งของTreatmentที่มีการใช้$Na_2S_2O_5$ ทั้งในช่วงก่อนการลวกและในน้ำเชื่อมสุดท้าย มีความแข็งมากกว่าในTreatmentที่มีการใช้$Na_2S_2O_5$ ในช่วงน้ำเชื่อมสุดท้ายอย่างเดียว เนื่องมาจากปริมาณ$SO_2$ที่เพิ่มขึ้นมากเท่าไรยิ่งมีผลไปทำให้ Activity ของ Pectolytic enzyme ลดน้อยลงมากเท่านั้น (Leviและคณะ ,1980) และเมื่อพิจารณาถึงคะแนนทางด้านสี ที่ได้รับจากSensory Test พบว่าTreatmentที่มีการใช้ $Na_2S_2O_5$ ในช่วงก่อนการลวกและในน้ำเชื่อมสุดท้าย มีคะแนนทางด้านสีน้อยกว่า(สีอ่อนกว่า)Treatmentที่มีแต่การใช้ $Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้ายเพียงอย่างเดียว โดยที่Treatment ที่ใช้ระยะเวลาในการลวกมากขึ้น (20 นาที) มีผลทำให้ระดับคะแนนทางด้านสีน้อยกว่า(สีอ่อนกว่า)Treatmentที่ใช้ระยะเวลาในการลวกน้อยกว่า ซึ่งคะแนนด้านสีนี้มีผลสอดคล้องกับค่าDegree of browning ของสับปะรดแช่อิ่มก่อนการอบและสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งหลังการอบ

สำหรับผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากการทดลองและนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้ง 8 Treatment นั้นแสดงในภาพที่ 4.3

ภาพที่ 4.3 แสดงผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากการทดลองและนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้ง 8 Treatment

โดย CONTROL[1] คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ความร้อนในการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลอย่างเดียว

+CONTROL[1] คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ความร้อนร่วมกับการใช้ $Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้าย

$(+Na_2S_2O_5)$ คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ความร้อนร่วมกับการใช้ $Na_2S_2O_5$ แช่สับปะรดก่อนการลวก

$++Na_2S_2O_5$ คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ความร้อนร่วมกับการใช้ $Na_2S_2O_5$ แช่สับปะรดก่อนการลวก และในน้ำเชื่อมสุดท้าย

(6) ปริมาณ $SO_2$ (combined $SO_2$) ที่มีอยู่ในสับปะรดภายหลังการแช่ในสารละลาย$CaCl_2$ 1% + $Na_2S_2O_5$ 500 ppm เท่ากับ 18.08 ซึ่งจากผลการทดลองปริมาณ $SO_2$ ภายหลังการแช่สารละลายดังกล่าวมีค่าน้อย เนื่องจากเปอร์เซนต์การแตกตัวของ$Na_2S_2O_5$ ไปเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปอิสระหรือในรูปรวมตัว น้อย เพราะสารละลาย $CaCl_2$ มีสภาวะเป็นด่าง ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้น ส่วนปริมาณ$SO_2$ (Combined $SO_2$)ที่เหลืออยู่ในสับปะรดภายหลังการอบที่อุณหภูมิ100 °C เป็นระยะเวลา 10 และ20 นาที ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ปริมาณ Combined $SO_2$ ที่เหลืออยู่ภายหลังการลวกที่อุณหภูมิ100 °Cเป็นระยะเวลา 10 และ 20 นาที

| Treatment | เวลาที่ใช้ลวก | ปริมาณ $SO_2$(combined $SO_2$)ที่เหลือ(ppm) |
|---|---|---|
| 1 | 10 นาที | 8.07 |
| 2 | 20 นาที | 6.68 |

จากผลการทดลองปริมาณ $SO_2$ ในสับปะรดภายหลังการลวกมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ $SO_2$ ในสับปะรดก่อนลวก เนื่องจาก $SO_2$ ในสับปะรดเกิดการสลายตัวอยู่ในรูปของกาซ และสลายตัวไปในขณะให้ความร้อนในการลวกสับปะรด โดยที่ผลของการใช้ระยะเวลาในการลวกนานขึ้น ทำให้ปริมาณ$SO_2$ ที่เหลืออยู่ในสับปะรดยิ่งลดน้อยลง เนื่องจากเกิดการสลายตัวอยู่ในกาซและสลายตัวออกไปในขณะให้ความร้อนได้มากกว่าการใช้ระยะเวลาในการลวกน้อยกว่า

สำหรับปริมาณ$SO_2$ ที่เหลืออยู่ในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งหลังการอบที่อุณหภูมิ64-66 °C เป็นเวลา20-21 ชั่วโมง แสดงผลในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงปริมาณ $SO_2$ ที่เหลืออยู่ในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ภายหลังการอบที่อุณหภูมิ 64-66 °C เป็นระยะเวลา 20-21 ชั่วโมง

| Treatment | เวลาที่ใช้ลวก | ปริมาณ $SO_2$(combined $SO_2$)ที่เหลือ(ppm) |
|---|---|---|
| $+Na_2S_2O_5$* | 10 นาที | 3.38 |
| $++Na_2S_2O_5$** | | 16.92 |
| $+Na_2S_2O_5$* | 20 นาที | 2.82 |
| $++Na_2S_2O_5$** | | 16.90 |

* คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้มีการแช่ใน$CaCl_2$ 1%+$Na_2S_2O_5$ 500 ppm ก่อนการลวก แต่ไม่ได้แช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายที่มีการเติม$Na_2S_2O_5$ ลงในน้ำเชื่อมด้วย(เติมแต่กรดซิตริก0.75 % อย่างเดียว)

** คือ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้มีการแช่ใน$CaCl_2$ 1%+$Na_2S_2O_5$ 500 ppm ก่อนการลวก และแช่ในน้ำเชื่อมสุดท้ายที่มีการเติมกรดซิตริก 0.75%+$Na_2S_2O_5$ 400 ppm ลงในน้ำเชื่อมด้วย

พบว่า สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในTreatmentที่มีการใช้$Na_2S_2O_5$ในเฉพาะช่วงก่อนการลวกนั้น มีปริมาณ$SO_2$ลดลง อย่างไรก็ตามปริมาณ $SO_2$ ที่เหลืออยู่ในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ $Na_2S_2O_5$ ในน้ำเชื่อมสุดท้ายให้ $SO_2$ ที่เหลืออยู่มากกว่าการใช้ $Na_2S_2O_5$ ก่อนการลวกเท่านั้น

# บทที่ 5

# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

## สรุปผลการทดลอง

1. อายุภายหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับการทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง คือ อยู่ใน ช่วง 5-8 วัน
2. อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการลวกสับปะรดที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ดี คือ ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นระยะเวลา 20 นาที กับอุณหภูมิ 100 °C เป็นระยะเวลา 10 และ 20 นาที
3. การใช้ความร้อนร่วมกับการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์($Na_2S_2O_5$)ในช่วงก่อนการลวก หรือ/และร่วมกับการใช้$Na_2S_2O_5$ในการแช่สับปะรดในน้ำเชื่อมครั้งสุดท้าย(60°Brix) มีผลทำให้สามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว โดยที่ระยะเวลาในการลวกสับปะรดนานขึ้น มีผลทำให้ค่า Degree of browning ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลของคะแนนของสี ที่ได้รับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส
4. การใช้ความร้อนร่วมกับการใช้ $Na_2S_2O_5$ ในการแช่สับปะรดในน้ำเชื่อมครั้งสุดท้าย (60 °Brix) จะให้ค่า Degree of browning ที่ต่ำกว่า การใช้ความร้อนร่วมกับการใช้$Na_2S_2O_5$ในช่วงก่อนการลวก เมื่อพิจารณาในแง่ที่ระยะเวลาในการลวกเท่ากัน เนื่องจากปริมาณ$SO_2$ ในสับปะรดได้ระเหยไปในขณะลวกและในระหว่างการแช่สับปะรดในน้ำเชื่อมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ
5. การใช้ความร้อนร่วมกับการใช้ $Na_2S_2O_5$ ในช่วงก่อนการลวก และในน้ำเชื่อมครั้งสุดท้าย (60°Brix) ให้ค่าDegree of Browning น้อยที่สุด แต่ค่า Degree of Browningที่ได้ก็มีค่าใกล้เคียงกับค่า Degree of Browning ที่ได้จากการใช้ความร้อนร่วมกับการใช้ $Na_2S_2O_5$ ในการแช่สับปะรดในน้ำเชื่อมครั้งสุดท้าย(60°Brix) เพียงอย่างเดียว จากค่าDegree of browning ที่ได้ และผลของการทดสอบทาง

ประสาทสัมผัสด้านสีและคะแนนความชอบโดยรวม Treatmentที่มีความเหมาะสมที่สุดในการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งคือ Treatment ที่มีการใช้ความร้อนในการลวกที่อุณหภูมิ100 °Cเป็นระยะเวลา 10 นาที ร่วมกับการใช้$Na_2S_2O_5$ ในการแช่สับปะรดในน้ำเชื่อมครั้งสุดท้าย (60 °Brix)

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

1. เนื่องจากแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ใช้ในลักษณะการทดสอบ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ จึงทำให้ผู้บริโภคเกิดความสับสน ในการให้คะแนนได้ง่าย โดยแบบทดสอบที่ใช้ควรจะเป็นแบบทดสอบ แบบHedonic test
2. เนื่องจากการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์($Na_2S_2O_5$) อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคบางคนที่มีความไวต่อสารนี้ แม้จะใช้ในระดับปริมาณที่น้อย ดังนั้นควรจะทำการศึกษาถึงการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยใช้ความร้อนร่วมกับสารเคมีชนิดอื่นด้วย เช่น น้ำผึ้ง, Ascorbic acid ,CysteineและCyclodextrin เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้โดยใช้วิธีการเปลี่ยนSubstrate โดยใช้เอนไซม์ catechol o-methyltransferase ซึ่งสามารถทำให้เกิดเมธิลเลชั่น(methylation)ที่ตำแหน่ง 3 ของสารประกอบ 3,4-ไดไฮดรอกซีฟีนิลโรเมติก และการเกิดออร์โธ-เมธิลเลชั่นจะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของซับสเตรทได้อย่างถาวร(รัชนี,2535) แต่อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในด้านการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลนี้ด้วยว่า มีความคุ้มทุนหรือคุ้มค่าในการทดลองหรือไม่
3. เนื่องจากพบว่าเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง(Non-enzymatic browning)ซึ่งคือปฏิกิริยา Millard นั่นเอง โดยเกิดขึ้นในระหว่างการอบใน Tray dryer ซึ่งสาเหตุมาจากTray dryer ส่วนหนึ่งด้วย ดังนั้นควรมีการพัฒนา Tray dryer ให้มีประสิทธิภาพในแง่การควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ และการให้อากาศร้อนกระจายหมุนเวียนอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

# เอกสารอ้างอิง


กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2535. ผักและผลไม้. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.311หน้า.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2522. รายงานกิจกรรมกรมวิทยาศาสตร์.กระทรวงวิทยาศาสตร์และการพลังงาน. กรุงเทพ ฯ.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2523. ผลิตผลที่ทำได้จากสับปะรด(ตอนที่ 1,2).วิทยาศาสตร์สำหรับประชาชน ครั้งที่ 118,119. กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน. กรุงเทพ ฯ.8 หน้า.

จารุพันธ์ ทองแถม. 2526. สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในไทย. อักษรพิทยา. กรุงเทพ ฯ.

จุมพล กาญจนปัญญาคม. 2520-2521. การทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง. ปัญหาพิเศษปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

ณรงค์ นิยมวิทย์.และคณะ. 2524. ตำราแช่อิ่ม. กรุงเทพมหานคร:ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พัชรินทร์ ตันติพิทักษ์กุล.และ อาภัสริน สิงหรา ณ อยุธยา.2534.มะละกอและสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง. ปัญหาพิเศษปริญญาบัณฑิต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รัชนี ตัณฑะพานิชกุล.2535.เคมีอาหาร.พิมพ์ครั้งที่ 4.กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 383 หน้า.

วรรณา ตุลยธัญ. 2528. เอนไซม์คบราวนิ่งในผักและผลไม้. วิทยาศาสตร์. 39:272-276.

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2534. ชีวเคมีอาหาร. เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตร.225 หน้า.

วิชัย หฤทัยธนาสันต์. 2518. หลักการถนอมอาหารและแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2525. ทฤษฎีอาหารเล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 3.กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2529. วัตถุเจือปนอาหารเล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภารัตน์ วิวัฒน์พนชัย.และ สุวลักษณ์ การยสิทธิ์. 2534. น้ำผลไม้พร้อมดื่ม. ปัญหาพิเศษปริญญาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนงค์ เหลืองวรพันธ์.และ อนงค์นุช อังพิทักษ์พันธุ์.2527.การปรับปรุงคุณภาพผลไม้แช่อิ่ม.ปัญหาพิเศษปริญญาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรวิน โทรกี.และ ประชา บุญญสิริกุล. 2522.อาหาร.พิมพ์ครั้งที่ 2.สมาคมคหกรรมเศรษศาสตร์แห่งประเทศไทย พระกรุณานิวาสน์ 2 กนนท์ชัย.

A.O.A.C. 1978. Official Methods of Analysis of Associations of offcial Analytical Chemists 14 th ed.

Buescher,R.W.and Burgin,C. 1988.Effect of Calcium chloride and alum on fermentation,desalting and firmness retention of cucumber pickles. J. Food Sci. 53:296.

Coseteng,M.Y.,and Lee,C.Y.1987.Changes in Apple Polyphenoloxidase and Polyphenol Concentration in Relation to Degree of Browning.J. Food Sci. 52 : 985-989.

Cruss,W.V.1958.Commercial fruit and Vegetable products.14th ed.Mc Graw-Hill,Inc.,New York.

Duckworth,R.B. 1966. Fruit and vegetables. Pergamon Press Ltd.,London.

Ghosh,B.and Chakravorty,S.C.1979.Prevention of Browning in canned resogollas by added sulfurdioxide. Indian Food Packer. 33(4) :49.

Hudson,J.M.and Buescher,R.W. 1980.Preventing of Softcenter development in large whole cucumber pickles by calcium.J, Food Sci. 45:1450.

Kuwahara,Y.,Otsuka.and Manabe,M. 1985. Effect of minerals on texture and pectin components of cucumber pickles. J. of Japanese Society of Food Science and Technology. 32(10) : 710.

Lane,J.H.and Eynon,L. 1923. J. Soc. Chem. Ind. 42 : 32.

Langdon,T. 1987. Preventing of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agents. Food Tech. (5) : 64.

Levi,A.,Ramirey-Martinez,Jr.,and Padua,H. 1980. Influence of heat and $SO_2$ treatment on some characteristics of intermediate moisture bannana. J. Food Technol. 15:557-566.

Mukerjee,O.K.and Srivastava,R.B. 1979. Science and culture.45(4):166.

Ranganna,S. 1977. Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products. New Delhi : Tata Mcgraw-Hill Publishing Company limited. 634 pp.

Sayavedra-Soto,L.A.and Montgomery,M.W. 1986. Inhibition of Polyphenol oxidase by Sulfite. J. Food Sci. 51(6): 1531.

Snapyan,G.G.,Chenchenko,Z.A., Gabrielyan,S.M. and Sarkisyan,L.A. 1984. Use of calcium chloride during fruit freezing.Prom-st.Arm. 5:39.

Souty,M.,Breuils,L.and Andre,P. 1981. Fruit apricots halves with calcium salts. Sciences des Aliments. 1(2):265.

Webster,D.H.and Reed,G.W. 1980. Effect of calcium dip on firmness of McIntosh apples. Annual Report,Research.

Weinert,I.A.G.,Solm, J. and Escher,F. 1990. Quality of canned sensory evaluation of texture and color. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 23(2):117.

Woodroof,Jasper Guy.,and Borshiun,Luh.1975.Commercial fruit processing. The AVI publishing company,inc.Wesport,Connecticut.

# ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก.

ก.1) การสกัดและการวิเคราะห์เอนไซม์Polyphenoloxidase (PPO) (ดัดแปลงจาก Coseteng และLee,1987)

ก.1.1) การสกัดเอนไซม์Polyphenoloxidase(Extraction of PPO)

1) สารเคมีที่ใช้

1.1 Phosphate buffer pH 7.2

1.1.1 $Na_2HPO_4.7H_2O$

1.1.2 $NaH_2PO_4.H_2O$

1.2 Cysteinehgdrochloride

1.3 1 % KCl

2) วิธีการวิเคราะห์

2.1 ชั่งสับปะรดมา 50 กรัมและเติม 100 ml ของ iced-cold 0.2 M phospahte buffer ที่ประกอบด้วย 0.005 M cysteinehydrochloride, pH 7.2

2.2 นำสับปะรดไปปั่นในBlender เป็นเวลา 2 นาที

2.3 Centrifuge ต่อด้วยความเร็วรอบ 5600 รอบ/นาที , 20 นาที (4 °C)

2.4 หลังการCentrifuge จะได้ส่วนใส(Supernatant) และส่วนตะกอน(Pellet) จากนั้นจึงนำส่วนใสที่ได้มารวมกันและเก็บไว้ที่ 4 °C ส่วนตะกอนที่ได้จะถูกนำมาสกัดอีกครั้งด้วย 1% KCl,70 ml

2.5 นำส่วนตะกอนที่ได้จากข้อ 4. มาทำการ Stir บน Magnetic stir plate 30 นาที, 4 °C จากนั้นเมื่อถึงเวลาที่กำหนดจึงนำไปทำการ Centrifuge ที่ความเร็วรอบ5600 รอบ/นาที,20 นาที,4 °C ต่อไป

2.6 นำส่วนใส(Supernatant)ที่ได้จากการ Centrifugeใน ข้อ 5. มารวมกับส่วนใสที่ได้จากข้อ 4. ซึ่งเก็บไว้ที่ 4 °C แล้ว made up Volume ด้วย

Phosphate buffer จนมีปริมาตร 250 ml จากนั้นก็จะได้ Crude enzyme Polyphenol oxidase(PPO) ซึ่งจะถูกนำวิเคราะห์หา actvity ของเอนไซม์ Polyphenoloxidase ต่อไป

ก. 1.2) <u>การวิเคราะห์หาactivity ของเอนไซม์Polyphenoloxidase</u>(Assay of PPO activity)

1) <u>สารเคมีที่ใช้</u>

1.1 0.1 M Sodium Acetate-Acetic buffer,pH 5.0

1.1.1 Acetic acid

1.1.2 Sodium Acetate

1.2 0.5 M Catechol

2) <u>วิธีวิเคราะห์</u>

2.1 เติม 0.01 M Sodium acetate-acetic acid buffer,pH 5.0 จำนวน 2.6 ml ลงในหลอดทดลอง จากนั้นจึงเติม0.5M Catecholจำนวน 0.3 ml ตามลงไป

2.2 เติมสารละลายBlank(0.01 M Sodium acetate-acetic acid buffer,pH 5.0 2.6 ml + 0.5 M Catechol จำนวน 0.3 ml+phosphate buffer, 0.1 ml ) ลงไปในหลอดทดลองเดียวกับข้อ 1 แล้วปั่นหลอดให้สารละลายผสมเข้ากัน

2.3 วัดค่า absorbance ที่ 420 nm แล้วปรับให้เป็น 0.000

2.4 ทำวิธีเดียวกับข้อ1. แต่เปลี่ยนจากสารละลาย Blank เป็น Crude PPO ซึ่งสกัดได้ โดยเมื่อเติมCrude PPO ลงไปแล้วควรทำการปั่นให้สารละลายทั้งหมดผสมให้เข้ากัน แล้วทำการวัดค่า absorbanceที่ 420 nm ทันทีโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer

2.5 บันทึกค่าabsorbanceที่อ่านได้ทันที แล้วทำการวัดค่า absorbanceที่เปลี่ยนแปลงไปทุก ๆ 30 วินาที จนถึง 3 นาที

2.6 ทำการทดลองกับตัวอย่างเดียวกันอีก 2 ครั้ง

2.7 ทำการวิเคราะห์activity ที่ได้ทั้ง 3 ครั้งของCrude enzyme ที่สกัดได้ โดย 1 Unit ของเอนไซม์ถูกให้คำจำกัดความดังนี้ คือ การเปลี่ยนแปลงค่า

absorbance 0.001 ต่อนาที ต่อมิลลิลิตรของenzyme extract(one unit of enzyme activity was defined as a change in absorbance of 0.001 per min per ml enzyme extract) และหาค่าเฉลี่ยของค่าActivity ที่วิเคราะห์ได้

ก.2 การวิเคราะห์หาปริมาณกรด โดยวิธีของ A.O.A.C.(1978)

เพื่อตรวจหาปริมาณกรด(% titratable acidety as citric)ที่มีอยู่ในสับปะรด โดยการไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

1) สารเคมีที่ใช้

1.1 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N

1.2 ฟีนอฟทาลีนอินดิเคเตอร์ เข้มข้น 1 เปอร์เซนต์

2) วิธีวิเคราะห์

2.1 ปิเปตน้ำสับปะรดตัวอย่างที่ได้จากการคั้นสับปะรด 250 กรัม มา 15 ml ใส่ลงในขวดรูปชมพู่

2.2 หยดฟีนอฟทาลีน 2-3 หยด

2.3 ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ขณะไตเตรตให้เขย่าขวดรูปชมพู่ตลอดเวลาจนถึงจุดยุติ(End point)สีจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน

2.4 คำนวณปริมาณกรดในตัวอย่างในรูปของกรดซิตริก(Citric Acid)

3) การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซนต์กรดในตัวอย่าง} = \frac{192*N*V*100}{1000*X}$$

เมื่อ N = Normality ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

V = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต เป็นมิลลิตร

X = ปริมาตรของน้ำสับปะรดตัวอย่างที่ใช้

ก.3) การวัดค่า pH วัดโดยใช้pH Meter(SP-701)ของSUNTEX

ก.4) การวัดค่า Total Soluble Solids(°BriX)

วัดโดยใช้เครื่องมือ Refractrometer

ก.5) การวัดค่าDegree of browningโดยวิธีของ Coseteng และ Lee(1987)

1) สารเคมีที่ใช้

1.1 95 % ethanol

2) วิธีวิเคราะห์

2.1 ชั่งสับปะรด 50 g ใส่ในบีกเกอร์ แล้วเติมน้ำกลั่น 100 ml

2.2 จากนั้นจึงนำไป homogenized ใน blender 1 นาที แล้วเทใส่บีกเกอร์และปิดด้วยAluminium foil ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง

2.3 เมื่อถึงเวลาที่กำหนด นำไปCentrifuge ที่ความเร็ว7800 รอบ/ต่อนาที ,10 นาที (25 °C)

2.4 จากนั้นเติม 15 ml 95% ethnol ลงใน10 mlของ supernatant ที่ได้จากการCentrifuge และทำการ Centrifuge อีกครั้งที่ความเร็ว 7800 รอบ/ต่อนาที, 15 นาที (25 °C)

2.5 นำส่วนใสที่ได้มาวัด degree of browningโดยการวัดค่าabsorbance ที่ 440 nm โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (CECIL 292 )

ก.6) Total Solids (Ranganna,1977)

ใช้วิธีการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 17 ชั่วโมง

ก.7) ปริมาณReducing Sugars โดยวิธีของ Lane และEynon (1923)

1) สารเคมีที่ใช้

1.1 สารละลายเฟห์ลิ่ง A (Fehling Solution A) เตรียมโดยใช้ $CuSO_4.5H_2O$ 34.639 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรองวอตแมน (Whatman) เบอร์ 4

1.2 สารละลายเฟห์ลิง B (Fehling Solution B) เตรียมโดยใช้ $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2$ 173 กรัม และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

1.3 Methylene blue indicator 1 %

1.4 น้ำตาลกลูโคสบริสุทธิ์

2) วิธีวิเคราะห์

2.1 วิธีหาค่ามาตรฐานของ Fehling solution

1. อบกลูโคสบริสุทธิ์ให้แห้งที่ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชม.

2. ชั่งกลูโคสที่อบแล้วมา 2.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 ml. เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน

3. ไตเตรตตามวิธีในข้อ 2.2 และจดปริมาตรของสารละลายกลูโคสมาตรฐานที่ใช้ (A)

2.2 วิธีไตเตรต

2.2.1 วิธีการไตเตรตแบบอินครีเมนต้ล (Incremental method)

1. ปริมาตร Fehling solution 20 ml. ใส่ในขวดรูปชมพู่

2. ไขน้ำสับปะรดตัวอย่างจากบิวเร็ตขนาด 50 ml. ลงในขวดรูปชมพู่ประมาณ 10 ml. เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มให้เดือด 10-15 วินาที และถ้าหาก Fehling solution ยังคงมีสีน้ำเงินอยู่ให้ไขน้ำสับปะรดตัวอย่าง(หรือสารละลายกลุโคสมาตรฐาน)ลงไปอีกครั้งละ 3-5 ml. แล้วต้มให้เดือด 2-3 วินาที

3. เมื่อสีน้ำเงินของFehling solution จางลง เติม methylene blue 3-4 หยด แล้วไตเตรตต่อไปจนสีของ methylene blue หายไปหมดและเกิดตะกอนสีน้ำตาลแดง จดปริมาตรของน้ำสับปะรดที่ใช้

2.2.2 วิธีไตเตรตแบบมาตรฐาน(Standard method of titration)

1. ไขน้ำสับปะรดตัวอย่างจากบิวเร็ตประมาณ 9-10 ml. ลงในขวดรูปชมพู่ ซึ่งมี Fehling solution 20 ml. ต้มเดือดอยู่ โดยไขน้ำสับปะรดตัวอย่าง (หรือสารละลายกลูโคสมาตรฐาน)ให้น้อยกว่าค่าที่ทราบตามวิธีไตเตรตแบบอินครีเมนต้ลประมาณ 1 ml.

2. ต้มให้เดือดอีก 2 นาที แล้วเติม methylene blue ลงไป 3-4 หยด และไตเตรตต่อไปโดยใช้น้ำส้มประรดตัวอย่างครั้งละ2-3หยด จนกระทั่งสีของ methylene blue หายไปหมด และเกิดตะกอนสีน้ำตาลแดง โดยการไตเตรตจะต้องเสร็จภายใน 1 นาที นับตั้งแต่เติม methylene blue

3. จดปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้(V)

3. การคำนวณ

$$FACTOR = \frac{A*\text{น้ำหนักของกลูโคส}}{\text{ปริมาตรทั้งหมดของสารละลายกลูโคส}}$$

$$\% \text{ Reducing sugars} = \frac{FACTOR*Dilution*100}{Titre\ (V)}$$

ก.8) การหาปริมาณไนโตรเจน(% Nitrogen)ใช้วิธี Micro Kjelkahl Method (Ranganna,1977)

1. สารเคมีที่ใช้

1.1 Mixed indicator ซึ่งเตรียมโดยผสม 0.1 % Bromecresol green,10 ml. กับ 0.1 % methyl indicator ที่ละลายใน95 % Alcohol จำนวน 2 ml.

1.2 2 % Boric acid

1.3 สารละลายมาตรฐาน 0.01 N HCl

1.4 30 % NaOH

1.5 Catalysts สำหรับการย่อยตัวอย่าง ซึ่งเตรียมโดยผสม 2.5 กรัม ของ $SeO_2$ ,100 กรัม ของ $K_2SO_4$ และ20 กรัม ของ $CuSO_4.5H_2O$ รวมกัน

2. วิธีการวิเคราะห์

หาปริมาณไนโตรเจนได้โดยใช้เครื่องย่อยและเครื่องกลั่นโปรตีน(Digestion Unit และBuchi 321 Unit )ซึ่งวิธีให้ดูในวิธีการใช้เครื่องในภาคผนวก ค.

3. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน}(\%) = \frac{N*V*14*100}{1000*wt.of\ sample}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของHCl (Normality)

V = ปริมาตรของ HCl ที่ใช้ในการไตเตรต

ก.9) การหาปริมาณSulphur dioxide($SO_2$)โดยดัดแปลงจาก Ripper Titration Method (Ranganna, 1977)

ก.9.1) การหาFree Sulphur Dioxide

1) สารเคมีที่ใช้

1.1 $H_2SO_4$ 1:3

1.2 Sodium Carbonate

1.3 0.02 N standard iodine solution

1.4 Formaldehydes 36-40 %

2) วิธีวิเคราะห์

2.1 ชั่งสับปะรดมา 25 กรัม ใส่ในบีกเกอร์และเติมน้ำกลั่นลงไปอีก 25 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำไปปั่นในBlender ประมาณ30 วินาที แล้วใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.2 เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 1:3 จำนวน 1 มิลลิลิตรลงไป จากนั้นจึงเติม Sodium Carbonate 0.5 กรัม

2.3 เติมน้ำแป้ง 1 % จำนวน 1 มิลลิลิตร แล้วไตเตรตทันทีด้วย Standard iodine solution 0.02 N จนกระทั่งสีน้ำเงินปรากฏเป็นเวลา 15 วินาที

2.4 จดปริมาตรของสารละลายมาตรฐานไอโอดีนที่ใช้ไป(a)

2.5 หาtitre เนื่องจากไอโอดีนได้รีดิวซ์สารตัวอื่น ๆที่นอกเหนือไปจาก$SO_2$ ด้วย ดังนั้นจึงชั่งสับปะรดมาอีก 25 กรัม แล้วทำตามข้อ 2.1

2.6 เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 1:3 ,1 ml. และเติม 10 ml. ของformaldehyde 36-40 % จากนั้นจึงปล่อยทิ้งไว้ 10 นาที

2.7 เมื่อถึงเวลาที่กำหนดให้เติมน้ำแป้ง 1% แล้วไตเตรตทันทีด้วย สารละลายมาตรฐานไอโอดีน 0.02 N จนกระทั่งสีน้ำเงินปรากฏเป็นเวลา 15 วินาทีเช่นกัน

2.8 จดปริมาตรของสารละลายมาตรฐานไอโอดีนที่ใช้ไป(b)

3) วิธีการคำนวณ

1 มิลลิลิตร ของ 0.02 N iodine = 0.64 mg of $SO_2$

$$SO_2 \text{ in ppm} = \frac{\text{Titre}(a-b)*0.64*1000}{\text{Wt. of Sample}}$$

ก.9.2) การหา Total Sulphur Dioxide

1) สารเคมีที่ใช้

1.1 5 N NaOH

1.2 5 N HCl

1.3 1 % starch solution

1.4 0.02 iodine

1.5 formaldehyde 36-40 %

2) วิธีวิเคราะห์

2.1 ทำวิธีเดียวกับ ค.8.1 ข้อ 2.1

2.2 เติม 5 มิลลิลิตร ของ 5 N NaOH

2.3 Stir เบา ๆให้ทั่วกันสักครู่ แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

2.4 เติม 5 N HCl จำนวน 7 มิลลิลิตร แล้วStirให้เข้ากัน

2.5 เติม 1 % Starch จำนวน 1 มิลลิลิตร แล้วไตเตรตทันที กับ 0.02 N iodine จนเกิดสีน้ำเงินปรากฏเป็นเวลา 15 วินาที

2.6 จดปริมาตรของไอโอดีนที่ใช้ไป (c)

2.7 ทำวิธีเดียวกับข้อ 2.1-2.4 แล้วจากนั้นจึงเติม formaldehyde จำนวน10 ml. stir แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

2.8 เติม 1 % starch solution จำนวน 1มิลลิลิตร แล้วไตเตรตทันทีด้วย 0.02 N iodine จนได้สีน้ำเงินปรากฏคงทน 15 วินาที

2.9 บันทึกปริมาตรของไอโอดีนที่ใช้ไป (d)

3) <u>วิธีการคำนวณ</u>

1 มิลลิลิตร ของ 0.02 N iodine = 0.64 mg of $SO_2$

$$SO_2 \text{ in ppm} = \frac{\text{Titre}(c-d)*0.64*1000}{\text{Wt. of Sample}}$$

ก.9.3 <u>การหาCombined $SO_2$</u>

ใช้การคำนวณจากสูตรดังต่อไปนี้

Combined $SO_2$ in ppm = Total $SO_2$ - Free $SO_2$

## ภาคผนวก ข.

### การใช้เครื่อง Jouan Centrifuge

1. เมื่องต้องการใช้เครื่องให้เสียบปลั๊กพร้อมเปิดเปิดสวิทซ์ C ,โดยฝาเครื่องยังปิดอยู่-ไม่ต้องเปิด

2. ตั้งค่าอุณหภูมิตามต้องการที่ปุ่ม L. รอจนกระทั่งอุณหภูมิมีค่าตามต้องการ

3. เมื่อจะทำการ Centrifuge ให้กดปุ่ม I จะสังเกตเห็นว่าไฟที่ปุ่ม J ดับ จากนั้นให้หมุนปุ่ม N ไปข้างหน้า ฝาเครื่องจะเปิดออก

4. ใส่ตัวอย่างที่ต้องการ Centrifuge ลงไป พร้อมกับปิดฝา พร้อมกับหมุนปุ่ม N กลับ,ฝาเครื่องจะปิดและสังเกตเห็นไฟที่ปุ่ม J สว่างขึ้น

5. ตั้งเวลาที่ต้องการ Centrifuge ที่ปุ่ม M,ตั้งความเร็วรอบที่ปุ่ม K

6. เริ่มทำการ Centrifuge โดยกดที่ปุ่ม D ไฟที่ปุ่ม J จะดับ เมื่อเครื่องเริ่มหมุน(สังเกตที่หน้าปัดบน)

7. ถ้าต้องการเร่งความเร็วให้ปรับที่ปุ่ม G,พอความเร็วรอบที่หน้าปัดอ่านค่าได้ตามต้องการให้หมุนปุ่ม G กลับดังเดิม

8. เมื่อ Centrifuge ครบกำหนดตามเวลา จะสังเกตเห็นค่าความเร็วรอบค่อย ๆ ลดลง รอจนกระทั่งลดลงจนเป็น O,ไฟที่ปุ่ม J จะสว่างอีกครั้ง(แต่ถ้าต้องการให้ค่าความเร็วรอบลดลงเร็ว ๆ ให้หมุนปุ่ม N ไปที่เลข 7 พร้อมกับกดสวิทซ์ F

9. พอจะเอาตัวอย่างออก ให้กดปุ่ม I เอาไว้(ไฟที่ปุ่ม J จะดับ)หมุนปุ่ม N แล้วฝาเครื่องจะเปิดออก

10. เมื่อเอาตัวอย่างออกแล้ว ปิดฝาในลักษณะเดิม,กดปุ่ม C เมื่อปิดเครื่อง,ถอดปลั๊กออก

11. ทำความสะอาดเครื่องเมื่อใช้แล้ว พร้อมเซ็นต์ ชื่อ วัน เวลา หลังจากใช้เครื่องเสร็จแล้ว

## การใช้เครื่องpH-METER (SUNTEX SP 701)

1. กด Power เปิดเครื่อง บนหน้าปัดจะปรากฏค่าpH ของสารละลายบัฟเฟอร์pH4 โดยมีElectrodeจุ่มอยู่ในสารละลายดังกล่าว

2. Calibrate โดยล้างElectrode แล้วใช้ บัฟเฟอร์ pH 7 Calibrate แล้วรอจนมีค่าคงที่ ปรับที่ปุ่มCALIB. ให้pH เป็น 7

3. ล้างElectrode แล้วจุ่มใน pH 4 buffer รอจนได้ค่าคงที่ จากนั้นปรับปุ่ม Slope จน pH เป็น 4.0

4. ล้าง Electrode ด้วยน้ำกลั่นแล้วจุ่มในสารละลายที่ต้องการวัด รอจน pH คงที่ แล้วจึงอ่านค่าของ pH ที่ปรากฏ

5. ล้างElectrode ด้วยน้ำกลั่น แล้วเช็ดให้แห้ง เก็บ Electrode โดยจุ่มในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 4 เหมือนเดิม

## การใช้เครื่อง SPECTROPHOTOMETER (CECIL 292)

1. เสียบปลั๊กแล้วเปิดเครื่องโดยการเปิดสวิทช์ POWER ที่อยู่ด้านหลัง

2. เลือกความยาวคลื่นที่ต้องการใช้โดยปรับปุ่ม W

3. Set Zero ให้เป็น 0.000 ที่ปุ่ม T จากนั้นจึง Warm เครื่องทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที

4. นำ Cell มาใส่สารละลาย Blank แล้วใส่ในช่อง K

5. หมุนปุ่ม Z ไปที่ MEASURE แล้วปรับปุ่ม A ให้ค่าออกมาเป็น 0.000

6. ปรับปุ่ม Z ให้กลับไปที่ Set Zero แล้วนำ Cell ออกจากช่อง K

7. ใส่ Cell ที่บรรจุ Sample ลงในช่อง K แล้วปรับปุ่ม Z มาทางคำว่า Measure

8. อ่านค่าจากหน้าปัดจะได้ค่าที่ต้องการ จากนั้นจึงปรับปุ่ม Z ให้กลับไปที่ Set Zero แล้วจึงนำCell ออกจากช่อง K

9. ทำความสะอาดCell ด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด

<u>การวิเคราะห์หาปริมาณหรือโปรตีน โดยใช้เครื่อง Buchi-Kjeldahl-Systems.</u>

1. ชั่งตัวอย่างสับปะรดประมาณ 1 กก.

2. บรรจุลง Digestion vessels แล้วใส่เศษกระเบื้อง,กรดซัลฟูริคเข้มข้น 15 ml และCatalyst($CuSO_4/K_2SO_4$ :1/8) จากนั้นจึงประกอบ digestion vessels แล้ววางลงบนเครื่องย่อย

3. เปิดสวิทซ์ ON ,เปิด heater และเปิดก๊อกน้ำ

4. สังเกตการย่อยสับปะรดใน digestion vessels รอจนกระทั่งได้สารละลายใสสีเขียว

5. ปิดสวิทซ์ ON และปิด heater แต่ยังคงเปิดน้ำไว้ รอจนกระทั่งควันใน digestion vessels ถูกดูดออกหมด แล้วจึงปิดน้ำ

6. นำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยไปทำการกลั่นโปรตีนต่อไป โดยเตรียมสารละลายกรด Boric 2% จำนวน 100 mlเติมลงในVolume flask 250 ml จากนั้นจึงหยด mix indicator 2-3 หยด

7. นำ Volume flaskและdigestion vessels ประกอบเข้ากับเครื่อง Buchi 321 Digestion Unit จากนั้นจึงเปิดสวิทซ์ POWER(1) และตั้งเวลาในการกลั่น 6 นาที ที่ปุ่ม(2)

8. เปิดสวิทซ์ ON (3)ไว้ (เมื่อเครื่องกลั่นเสร็จเครื่องจะดูดน้ำออกเอง)

9. เติมน้ำกลั่น 50 ml ที่สวิทซ์ (5) และเติม NaOH 32 %,70 ml ที่สวิทซ์ (6)

10 กดสวิทซ์ (7) เครื่องจะเริ่มทำการกลั่นโปรตีน โดยจะสังเกตเห็นไฟสีเขียวจะสว่างที่ปุ่ม (4) และเปิดน้ำเพื่อ cooling ที่ก๊อกน้ำซึ่งอยู่ในตู้ดูดควันด้วย

<u>หมายเหตุ</u> การย่อยและการกลั่นโปรตีนทำ 3 ซ้ำ และทำBlank 1 ตัวอย่าง (Blank คือ ไม่ใส่ตัวอย่างสับปะรดลงไป)

## ภาคผนวก ค.

## วิธีการคำนวณเพื่อปรับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม(Total Soluble Solid)

1. การเตรียมน้ำเชื่อมความเข้มข้น 30 องศาบริกซ์

การปรับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมกระทำโดยใช้วิธีของ Pear's square

สมมติ ต้องการน้ำเชื่อม 30 °Brix จากน้ำตาลทราย(100องศาบริกซ์) และน้ำ(0 องศาบริกซ์) จำนวน 13 กิโลกรัม จะคำนวณดังนี้

น้ำตาล 100 ———— 0 น้ำ

30

30 ———— 70

จากสูตรจะได้ว่า ถ้าต้องการเตรียมน้ำเชื่อม 70 กรัม จะต้องจะต้องใช้น้ำตาลทราย 30 กรัม และน้ำ 70 กรัม

ดังนั้นเตรียมน้ำเชื่อม 13000 กรัม จะต้องใช้น้ำตาลทราย = (1300*30)/70 กรัม

= 5.5714 กก.

การเตรียมน้ำเชื่อม 13000 กรัม ทำได้โดยการใช้น้ำตาลทราย 5571.4 กรัมมาละลายน้ำ 13000 - 5571.4 กรัม = 7428.6 กรัม

2. การเตรียมน้ำเชื่อมความเข้มข้น 47 °Brix จากน้ำเชื่อมที่มีความเข้มประมาณ 24 °Brix

สมมติ เตรียมน้ำเชื่อม 47องศาบริกซ์ จำนวน 13000กรัม จากน้ำเชื่อม 24องศาบริกซ์ ซึ่งมีปริมาณ 11000 กรัม ซึ่งเพิ่มความเข้มข้นโดยใช้น้ำตาลทรายเพียงอย่างเดียว สามารถเตรียมได้ดังนี้ จากสูตรของPearson 's quare

น้ำเชื่อม 24 ———— 100 น้ำตาล

47

53 ———— 23

จากสูตรจะได้ว่า น้ำเชื่อม 24องศาบริกซ์จำนวน 53 กรัม จะต้องมาเติมน้ำตาลทรายจำนวน 23 กรัม จึงจะได้น้ำเชื่อม 47 องศาบริกซ์ จำนวน 76 กรัม นั่นคือ

น้ำเชื่อม24องศาบริกซ์ จำนวน 53 กรัม ต้องใช้น้ำตาลทราย 23 กรัม

น้ำเชื่อม24องศาบริกซ์ จำนวน 11000 กรัม ต้องใช้น้ำตาลทราย = (11000*23)/53 กรัม

= 4773.6 กรัม

ดังนั้นเตรียมน้ำเชื่อม 47องศาบริกซ์ได้โดยนำน้ำเชื่อม24องศาบริกซ์ 11000กรัม มาเติมน้ำตาลทราย 4773.6กรัม ซึ่งจะได้น้ำหนักรวมของน้ำเชื่อม 47องศาบริกซ์ เป็น15773.6 กรัม และถ้าต้องการน้ำเชื่อม 47องศาบริกซ์ จำนวน 13000กรัม ก็ทำได้โดยใช้น้ำเชื่อม 24องศาบริกซ์ จำนวน=(13000*11000)/15773.6 กรัม = 9065.8 กรัม มาเติมน้ำตาลทรายจำนวน =(4773.6*13000)/15773.6 กรัม =3934.2 กรัม

3. <u>การเตรียมน้ำเชื่อม 50องศาบริกซ์ จากน้ำเชื่อมความเข้มข้นประมาณ 38.6 องศาบริกซ์</u>

การเตรียมน้ำเชื่อม 50องศาบริกซ์จำนวน 13000กรัม วิธีการเตรียมทำได้โดยวิธีเดียวกันกับ ข้อ 2. นั่นคือ จะต้องนำน้ำเชื่อม 38.6องศาบริกซ์ ซึ่งสมมติให้มีอยู่เริ่มต้นประมาณ 11000 กรัมเช่นเดียวกัน มาจำนวน = (13000*11000)/13508 =10586.3 กรัม มาเติมน้ำตาลทรายจำนวน = (2508*13000)/13508 =2413.7 กรัม

4. <u>การนำน้ำเชื่อม 50องศาบริกซ์ มาเติมน้ำเชื่อมกลูโคสให้มีปริมาณ 30 %ของน้ำตาลทราย</u>

สามารถทำได้โดย จากสูตรที่ว่าเมื่อน้ำเชื่อมมีความเข้มข้น 50องศาบริกซ์ แสดงว่าในน้ำเชื่อม 100 กรัม จะมีปริมาณน้ำตาลทราย 50 กรัม ถ้าสมมติให้มีน้ำเชื่อม50องศาบริกซ์ จำนวน 11000กรัม แสดงว่าในน้ำเชื่อมดังกล่าวนี้จะต้องมีปริมาณน้ำตาลทรายอยู่ = (11000*50)/100 = 5500 กรัม ดังนั้นปริมาณน้ำเชื่อมกลูโคส 30 % ของน้ำตาลทรายที่ต้องเติมลงไปคือ จากในน้ำเชื่อม50องศาบริกซ์ ถ้ามีน้ำตาลทราย 100 กรัม จะต้องเติมน้ำเชื่อมกลูโคส จำนวน 30 กรัม ซึ่งถ้าน้ำเชื่อม50องศาบริกซ์ มีน้ำตาลทราย 5500 กรัม จะต้องเติมน้ำเชื่อมกลูโคสลงไปเป็นจำนวน = (5500*30)/100 = 1650 กรัม

## ภาคผนวก ง.

## แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อ สมพร มะลิแก้ว อายุ 22 ปี เพศ หญิง วันที่ 16 มี.ค. 2537

คำแนะนำ กรุณาทดสอบคุณภาพของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งตามลำดับที่จัดไว้ และระบุตำแหน่งที่ท่านเห็นว่า เป็นลักษณะที่ปรากฏของตัวอย่าง โดยเขียนเลขรหัสของตัวอย่างลงบนเส้นตรง

เช่น ทดสอบความเค็มของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมี 4 ตัวอย่างได้แก่ ตัวอย่างหมายเลข 234 ,845,519 และ352

น้อย 234 845 352,519 มาก

---

1. ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัส

1.1 สี

เหลืองอ่อน เหลืองเข้ม

1.2 ความแห้งด้านนอก

น้อย มาก

1.3 ปริมาณผลึกน้ำตาลบนผิวนอก

น้อย มาก

1.4 ลักษณะเหี่ยวย่น

น้อย มาก

1.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบ( เมื่อกัด)

น้อย มาก

1.6 ความเหนียว( เมื่อกัดและเคี้ยว)

น้อย มาก

1.7 ความแข็ง( เมื่อเคี้ยว)

น้อย มาก

2. กลิ่นและรสชาติ

2.1 กลิ่นสับปะรด

น้อย มาก

2.2 รสหวาน

น้อย มาก

2.3 รสเปรี้ยว

น้อย มาก

3. ความชอบโดยรวม

น้อย มาก

ข้อเสนอแนะ________________________________________________

________________________________________________

* ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่สละเวลามาเป็นผู้ทดสอบให้กับเรา*

# ภาคผนวก จ.

## ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จ 1. การวิเคราะห์คะแนนทางประสาทสัมผัสของการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

จ.1.1 การวิเคราะห์คะแนนการทดสอบประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

จ.1.1.1 การวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง 4 Treatmentแรก (คือสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ไม่ได้ผ่านการแช่ในสารละลาย$CaCl_2$ 1 % + $Na_2S_2O_5$)(แช่เพียง$CaCl_2$ 1% เพียงอย่างเดียว)

กำหนดให้ 4 Treatmentแรก ได้แก่ รหัส 571 = Treatment 1 = Control[1],10

รหัส 184 = Treatment 2 = Control[1],20

รหัส 792 = Treatment 3 = +Control[1],10

รหัส 263 = Treatment 4 = +Control[1],20

จ.1.1.1.1 สี

ตารางที่ จ.1.1.1.1 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | *$F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 118.66 | 3 | 39.55 | 13.41 | 2.76 |
| Within treatment | 56.72 | 19 | 2.99 | 1.01 | 1.77 |
| Residual | 168.34 | 57 | 2.95 | | |
| Total | 343.72 | 79 | | | |

* ถ้า $F_{CAL}$ > $F_{0.05}$ แสดงว่าตัวแปรที่ใช้ทดสอบมีผลต่อTreatmentอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % หรือTreatmentมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ไม่มีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest (P<0.05)

| T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|
| 7.15 | 6.19 | 5.73 | 3.81 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.1.2 ความแห้งด้านนอก

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.1.2 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความแห้งด้านนอก ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 26.04 | 3 | 8.68 | 5.81 | 2.76 |
| Within treatment | 304.39 | 19 | 16.02 | 10.72 | 1.77 |
| Residual | 85.20 | 57 | 1.49 | | |
| Total | 290.79 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านความแห้งด้านนอก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และมีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแห้งด้านนอกของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest(P<0.05)

| T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|
| 5.220 | 5.605 | 5.605 | 4.210 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.1.3 ปริมาณผลึกน้ำตาลบนผิวนอก

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.1.3 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านปริมาณน้ำตาลบนผิวนอก ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 17.29 | 3 | 5.76 | 2.90 | 2.76 |
| Within treatment | 442.03 | 19 | 23.26 | 11.69 | 1.77 |
| Residual | 113.42 | 57 | 1.99 | | |
| Total | 572.74 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านปริมาณผลึกน้ำตาลบนผิวนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และมีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านผลึกน้ำตาลบนผิวนอกของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest (P<0.05)

| T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|
| 3.775 | 3.670 | 3.040 | 2.640 |

(เส้นใต้แรก: T1–T3; เส้นใต้ที่สอง: T3–T4)

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.1.4 ลักษณะเหี่ยวย่น

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.1.4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านลักษณะเหี่ยวย่น ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 99.66 | 3 | 33.22 | 14.56 | 2.76 |
| Within treatment | 135.46 | 19 | 7.13 | 3.13 | 1.77 |
| Residual | 130.02 | 57 | 2.28 | | |
| Total | 365.14 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านลักษณะเหี่ยวย่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และมีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเหี่ยวย่นของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest(P<0.05)

| T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|
| 5.140 | 5.680 | 5.105 | 2.785 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.1.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบ

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.1.5 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบ ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 19.48 | 3 | 6.49 | 2.46 | 2.76 |
| Within treatment | 149.91 | 19 | 7.89 | 2.99 | 1.77 |
| Residual | 150.23 | 57 | 2.63 | | |
| Total | 319.62 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 ไม่มีความแตกต่างกันในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่มีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี DMRT (P<0.05)

| T2 | T1 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|
| 4.800 | 4.100 | 4.495 | 3.480 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อทดสอบRCBDซึ่งจากตารางจะไม่มีความแตกต่างระหว่างTreatmentในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบ และเมื่อนำมาตรวจสอบถึงความแตกต่างต่อใน DMRT พบว่าในแต่ละTreatment มีความแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นจึงอาจถือได้ว่าแต่ละTreatmentไม่มีความแตกต่างในด้านดังกล่าว

จ.1.1.1.6 ความเหนียว

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.1.6 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความเหนียว ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 70.32 | 3 | 23.44 | 11.05 | 2.76 |
| Within treatment | 129.63 | 19 | 6.82 | 3.22 | 1.77 |
| Residual | 120.89 | 57 | 2.12 | | |
| Total | 320.84 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านความเหนียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และมีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียวของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest ($P<0.05$)

| T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|
| 5.535 | 5.325 | 5.650 | 3.355 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.1.7 ความแข็ง

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.1.7 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความแข็ง ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 70.93 | 3 | 23.64 | 14.40 | 2.76 |
| Within treatment | 135.00 | 19 | 7.10 | 4.33 | 1.77 |
| Residual | 93.62 | 57 | 1.64 | | |
| Total | 229.55 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และมีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest (P<0.05)

| T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|
| 4.490 | 4.680 | 4.210 | 2.320 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.1.8 กลิ่นสับปะรด

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.1.8 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นสับปะรด ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 6.95 | 3 | 2.32 | 1.26 | 2.76 |
| Within treatment | 250.16 | 19 | 13.17 | 7.16 | 1.77 |
| Residual | 104.85 | 57 | 1.84 | | |
| Total | 361.95 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 ไม่มีความแตกต่างกันในด้านกลิ่นสับปะรด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่มีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสับปะรดของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest(P<0.05)

| T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|
| 4.150 | 3.725 | 3.865 | 4.495 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ก็พบว่าไม่มีความแตกต่างด้านกลิ่นสับปะรดในแต่ละTreatment เช่นเดียวกับการตรวจสอบโดยวิธี RCBD

จ.1.1.1.9 รสหวาน

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.1.9 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสหวาน ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 5.48 | 3 | 1.83 | 1.03 | 2.76 |
| Within treatment | 188.97 | 19 | 9.95 | 5.60 | 1.77 |
| Residual | 101.26 | 57 | 1.77 | | |
| Total | 295.72 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 ไม่มีความแตกต่างกันในด้านรสหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่มีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest (P<0.05)

| T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|
| 5.785 | 5.25 | 5.955 | 5.595 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ก็พบว่าไม่มีความแตกต่างด้านรสหวานในแต่ละ Treatment เช่นเดียวกับการตรวจสอบโดยวิธี RCBD

จ.1.1.1.10 รสเปรี้ยว

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.1.10 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสเปรี้ยวของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 1.06 | 3 | 1.83 | 0.20 | 2.76 |
| Within treatment | 274.73 | 19 | 9.95 | 8.03 | 1.77 |
| Residual | 102.65 | 57 | 1.80 | | |
| Total | 378.44 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 ไม่มีความแตกต่างกันในด้านรสเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่มีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยวของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest (P<0.05)

| T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|
| 3.375 | 3.295 | 3.565 | 3.550 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ก็พบว่าไม่มีความแตกต่างด้านรสเปรี้ยวในแต่ละ Treatment เช่นเดียวกับการตรวจสอบโดยวิธี RCBD

จ.1.1.1.11 ความชอบโดยรวม

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.1.11 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความชอบโดยรวมของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 2.71 | 3 | 1.83 | 0.25 | 2.76 |
| Within treatment | 92.75 | 19 | 9.95 | 1.37 | 1.77 |
| Residual | 203.49 | 57 | 3.57 | | |
| Total | 298.94 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 ไม่มีความแตกต่างกันในด้านความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และยังไม่มีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % อีกด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest(P<0.05)

| T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|
| 4.860 | 4.975 | 5.055 | 4.570 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ก็พบว่าไม่มีความแตกต่างด้านความชอบโดยรวมในแต่ละTreatment เช่นเดียวกับการตรวจสอบโดยวิธี RCBD

จ.1.1.2 การวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง 4 Treatmentหลัง (คือสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้ผ่านการแช่ในสารละลาย$CaCl_2$ 1 % + $Na_2S_2O_5$ 500 ppm)

กำหนดให้ 4 Treatmentหลัง ได้แก่ รหัส 794 = Treatment 1 = +$Na_2S_2O_5$,10

รหัส 895 = Treatment 2 = +$Na_2S_2O_5$,20

รหัส 286 = Treatment 3 = ++$Na_2S_2O_5$,10

รหัส 347 = Treatment 4 = ++$Na_2S_2O_5$,20

จ.1.1.1.1 สี

ตารางที่ จ.1.1.2.1 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $*F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 66.28 | 3 | 22.09 | 9.80 | 2.76 |
| Within treatment | 140.56 | 19 | 7.40 | 3.28 | 1.77 |
| Residual | 128.51 | 57 | 2.25 | | |
| Total | 335.35 | 79 | | | |

* ถ้า $F_{CAL} > F_{0.05}$ แสดงว่าตัวแปรที่ใช้ทดสอบมีผลต่อTreatmentอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % หรือTreatmentมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และมีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % อีกด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentหลัง โดยวิธี Duncan's new multiple range rest (P<0.05)

| T3 | T4 | T1 | T2 |
|---|---|---|---|
| 3.990 | 3.795 | 5.775 | 5.635 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.2.2 ความแห้งด้านนอก

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.2.2 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความแห้งด้านนอก ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 36.55 | 3 | 8.68 | 3.18 | 2.76 |
| Within treatment | 86.04 | 19 | 16.02 | 1.18 | 1.77 |
| Residual | 218.10 | 57 | 3.83 | | |
| Total | 340.69 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านความแห้งด้านนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ไม่มีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแห้งด้านนอกของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest(P<0.05)

| T3 | T4 | T2 | T1 |
|---|---|---|---|
| 5.700 | 6.100 | 5.040 | 4.320 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.2.3 ปริมาณผลึกน้ำตาลบนผิวนอก

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.2.3 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านปริมาณน้ำตาลบนผิวนอก ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentหลัง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 23.59 | 3 | 7.86 | 5.27 | 2.76 |
| Within treatment | 258.04 | 19 | 13.58 | 9.10 | 1.77 |
| Residual | 85.10 | 57 | 1.49 | | |
| Total | 336.74 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านปริมาณผลึกน้ำตาลบนผิวนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และมีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านปริมาณผลึกน้ำตาลบนผิวนอกของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest (P<0.05)

| T4 | T3 | T1 | T2 |
|---|---|---|---|
| 2.985 | 2.035 | 1.550 | 1.800 |

(2.035, 1.550 และ 1.800 อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน)

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.2.4 ลักษณะเหี่ยวย่น

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.2.4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านลักษณะเหี่ยวย่น ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentหลัง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 98.52 | 3 | 32.84 | 11.27 | 2.76 |
| Within treatment | 199.86 | 19 | 10.52 | 3.61 | 1.77 |
| Residual | 166.09 | 57 | 2.91 | | |
| Total | 464.47 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านลักษณะเหี่ยวย่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และมีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเหี่ยวย่นของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest(P<0.05)

| T4 | T3 | T2 | T1 |
|---|---|---|---|
| 5.725 | 3.880 | 3.640 | 2.655 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.2.5 ลักษณะเนื้อส้มผัสกรอบ

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.2.5 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อส้มผัสกรอบ ของส้บปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentหลัง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 33.22 | 3 | 11.07 | 4.21 | 2.76 |
| Within treatment | 236.70 | 19 | 12.45 | 4.73 | 1.77 |
| Residual | 150.05 | 57 | 2.63 | | |
| Total | 419.97 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านลักษณะเนื้อส้มผัสกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และมีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อส้มผัสกรอบของส้บปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี DMRTt (P<0.05)

| T3 | T4 | T2 | T1 |
|---|---|---|---|
| 4.745 | 4.530 | 3.560 | 3.205 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.2.6 ความเหนียว

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.2.6 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความเหนียว ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentหลัง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 17.63 | 3 | 5.88 | 1.43 | 2.76 |
| Within treatment | 171.02 | 19 | 9.00 | 2.19 | 1.77 |
| Residual | 233.91 | 57 | 4.10 | | |
| Total | 422.55 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 ไม่มีความแตกต่างกันในด้านความเหนียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่มีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียวของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest(P<0.05)

| T3 | T4 | T1 | T2 |
|---|---|---|---|
| 3.625 | 4.040 | 4.870 | 4.500 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ก็พบว่าไม่มีความแตกต่างด้านความชอบโดยรวมในแต่ละTreatment เช่นเดียวกับการตรวจสอบโดยวิธี RCBD

จ.1.1.2.7 ความแข็ง

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.2.7 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความแข็ง ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentหลัง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 77.74 | 3 | 25.91 | 13.90 | 2.76 |
| Within treatment | 131.59 | 19 | 6.93 | 3.71 | 1.77 |
| Residual | 106.29 | 57 | 1.86 | | |
| Total | 315.61 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และมีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest (P<0.05)

| T3 | T4 | T1 | T2 |
|---|---|---|---|
| 4.885 | 5.315 | 3.425 | 2.940 |

(T3 และ T4 ขีดเส้นใต้ร่วมกัน; T1 และ T2 ขีดเส้นใต้ร่วมกัน)

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.2.8 กลิ่นสับปะรด

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.2.8 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นสับปะรด ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentหลัง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 12.11 | 3 | 4.04 | 1.43 | 2.76 |
| Within treatment | 185.71 | 19 | 9.77 | 3.47 | 1.77 |
| Residual | 160.73 | 57 | 2.82 | | |
| Total | 358.55 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 ไม่มีความแตกต่างกันในด้านกลิ่นสับปะรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่มีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสับปะรดของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest(P<0.05)

| T3 | T4 | T1 | T2 |
|---|---|---|---|
| 4.450 | 4.015 | 5.105 | 4.590 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ก็พบว่าไม่มีความแตกต่างด้านกลิ่นสับปะรดในแต่ละTreatment เช่นเดียวกับการตรวจสอบโดยวิธี RCBD

จ.1.1.2.9 รสหวาน

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.2.9 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสหวานของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentหลัง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 15.05 | 3 | 5.02 | 2 2.47 | 2.76 |
| Within treatment | 109.71 | 19 | 5.77 | 2.84 | 1.77 |
| Residual | 115.83 | 57 | 2.03 | | |
| Total | 240.59 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านรสหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และมีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest (P<0.05)

| T2 | T3 | T4 | T1 |
|---|---|---|---|
| 6.2 | 5.305 | 5.250 | 5.090 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้ยตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.2.10 รสเปรี้ยว

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.2.10 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสเปรี้ยวของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentแรก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 69.44 | 3 | 23.15 | 10.14 | 2.76 |
| Within treatment | 144.95 | 19 | 7.63 | 3.34 | 1.77 |
| Residual | 130.06 | 57 | 2.28 | | |
| Total | 344.45 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านรสเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และมีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยวของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest (P<0.05)

| T1 | T2 | T4 | T3 |
|---|---|---|---|
| 5.380 | <u>3.960</u> | <u>3.190</u> | <u>3.020</u> |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จ.1.1.2.11 ความชอบโดยรวม

ตารางภาคผนวกที่ จ.1.1.2.11 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านความชอบโดยรวมของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ใน 4 Treatmentหลัง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

| SOV | SS | d.f | MS | $F_{CAL}$ | $F_{0.05}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 43.72 | 3 | 14.57 | 3.61 | 2.76 |
| Within treatment | 123.18 | 19 | 6.48 | 1.60 | 1.77 |
| Residual | 230.38 | 57 | 4.04 | | |
| Total | 397.29 | 79 | | | |

- จากตารางจะเห็นได้ว่าTreatmentทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในด้านความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ มีความเห็นที่แตกต่างกันระหว่างผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วย

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งใน 4 Treatmentแรก โดยวิธี Duncan's new multiple range rest(P<0.05)

| T3 | T1 | T2 | T4 |
|---|---|---|---|
| 5.975 | 4.855 | 4.295 | 4.060 |

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

# ประวัติผู้เขียน

นางสาวกัญญารัตน์ เฉลิมฐิติภา เกิดเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2515 ที่อำเภอบางคอแหลม จังหวัด กรุงเทพมหานคร ฯ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร ฯในปีพ.ศ. 2533 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต(อุตสาหกรรมเกษตร) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปี พ.ศ. 2537

นางสาวสุมณฑิพย์ จินต์สุภาวงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม 2515 ที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนปานะพันธุ์วิทยาในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ฯในปีพ.ศ.2533 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต(อุตสาหกรรมเกษตร) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปี พ.ศ. 2537

คณะเทคโนโลยีการเกษตร ห้องสมุด สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง