

การสกัดสารน้ำที่เฉพาะจากแคนตาลูป *Cucumis melo* var. *cantalupensis* พันธุ์ชั้นเลิศด้วยเอนไซม์

นางสาวนฤมลพร วุฒิสิตธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENZYMATIC EXTRACTION OF FUNCTIONAL SUBSTANCES FROM CANTALOUPE *Cucumis melo*
var. cantalupensis HYBRID SUNLADY

Miss Nuttaporn Wuttisit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การสกัดสารน้ำที่เฉพาะจากแคนตาลูป *Cucumis melo* var.
cantalupensis พันธุ์ชั้นเลิศด้วยเอนไซม์

โดย

นางสาวนฤตพร วุฒิสวัสดิ์

สาขาวิชา

เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. ปราณี อ่านเป็รื่อง

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รมนีย์ สงวนดีกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปราณี อ่านเป็รื่อง)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ธนจันทร์ มหาวณิช)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุปราณี มนุรักษ์ชินากร)

นักวิจัย วุฒิลิทธิ : การสกัดสารหน้าที่เฉพาะจากแคนตาลูป *Cucumis melo* var. *cantalupensis* พันธุ์ชั้นเลิศด้วยเอนไซม์ (ENZYMATIC EXTRACTION OF FUNCTIONAL SUBSTANCES FROM CANTALOUPE *Cucumis melo* var. *cantalupensis* HYBRID SUNLADY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร. ปราณี อานเป็รื่อง, 119 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เอนไซม์เพกทินเนสทางการค้า Pectinex® Ultra SP-L (10,292 PGU/ml) ต่อสารหน้าที่เฉพาะในเนื้อและรกของแคนตาลูปพันธุ์ชั้นเลิศ จากการคัดเลือกวัตถุดิบพบว่า แคนตาลูปสุกงอมที่บ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน จะมีสีส้มอ่อน ให้กลิ่นแคนตาลูปชัดเจน มีรสหวาน และไม่มีการเปลี่ยนแปลงปดอม รวมทั้งมีปริมาณสารหน้าที่เฉพาะเช่น ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เบต้าแคโรทีน วิตามินซี โยอาหารทั้งหมด ค่าแอกทิวิตีของสารฟิโอบิโอดิก รวมทั้งมีสารระเหย มากกว่าระดับการบ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สำหรับสารระเหยที่ให้กลิ่นหลักทั้งในเนื้อและรกของแคนตาลูป คือ 2-methylbutyl acetate, nonanol และ (Z)-6-nonen-1-ol จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการย่อยสลายตัวอย่างเนื้อและรกที่ผ่านการควบคุมปฏิกริยาที่น้ำตาลด้วยกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 0.2 และ 0.1% (w/w) และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85°C นาน 3 และ 2 นาที ตามลำดับ แบ่งระดับการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่ประเมินจากค่าน้ำตาลรีดิวซ์ในเนื้อเป็น 6 ระดับในช่วง 36.14-58.48 mg glucose/ gFM (ใช้ code F0(control), F1, F2, F3,F4,F5) ส่วนในรกแบ่งเป็น 5 ระดับในช่วง 22.13-40.44 mg glucose/ gFM (ใช้ code P0(control), P1, P2, P3, P4) จากการทดลองพบว่าตัวอย่างเนื้อและรกของแคนตาลูปที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดอยู่ในช่วง 57.09-58.48(F5) และ 39.12-40.44(P4) mg glucose/ g FM มีสีส้มสด และมีกลิ่นรสแคนตาลูปชัดเจน รวมทั้งมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนไม่แยกชั้น และมีสารหน้าที่เฉพาะต่างๆ สูงกว่าตัวอย่างที่ระดับการย่อยสลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ มีค่าแอกทิวิตีของสารต้านการออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH เป็น 8.8 และ 4.8 เท่าของตัวอย่างควบคุม (1.50 และ 0.72 $\mu\text{g FM}/\mu\text{g DPPH}$) ส่วนวิธี ABTS เป็น 4.5 และ 1.4 เท่าของตัวอย่างควบคุม (5.12 และ 7.88 $\mu\text{g TE}/\text{g FM}$) สำหรับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด คิดเป็น 1.8 และ 1.6 เท่าของตัวอย่างควบคุม (63.70 และ 66.96 mg GAE/100 g FM) ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเป็น 2.7 และ 1.4 เท่าของตัวอย่างควบคุม (9.38 และ 17.46 mg CE /100gFM) อีกทั้งยังมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นจาก 66.98 เป็น 76.71 และ 158.35 เป็น 181.89 $\mu\text{g}/100\text{gFM}$ สำหรับปริมาณโยอาหารที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นจาก 0.65 เป็น 0.76 และ 0.32 เป็น 0.52 g/100 g FM และมีแอกทิวิตีของฟิโอบิโอดิกโดยใช้โพรไบโอดิก 2 ชนิดคือ *L. acidophilus* La5 เท่ากับ 0.15 และ 0.14 ส่วน *B. lactis* Bb12 เท่ากับ 0.34 และ 0.33 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าสารระเหยหลักที่พบทั้งในเนื้อและรกของแคนตาลูปหลังการย่อยสลายด้วยเอนไซม์คือ methyl acetate, ethyl acetate, isobutyl acetate และ nonanol เมื่อทดลองผสมในน้ำสลัดพบว่า น้ำสลัดที่ได้มีคะแนน ด้านสีครีมอมเหลือง กลิ่นรสแคนตาลูปชัดเจน ลักษณะเนื้อสัมผัสเรียบเนียนไม่แยกชั้น มีความข้นแต่ไม่เหนียว ไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอม และการยอมรับรวมอยู่ในเกณฑ์ดี

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่ออนิสิต.....

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา..... 2552.....

4972588523 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORDS : CANTALOUPE/ PECTINASE/ FUNCTIONAL SUBSTANCES/ VOLATILE

NUTTAPORN WUTTISIT : ENZYMATIC EXTRACTION OF FUNCTIONAL SUBSTANCES FROM CANTALOUPE *Cucumis melo var. cantalupensis* HYBRID SUNLADY. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PRANEE ANPRUNG Ph.D., 119 pp.

The research aimed to study the effect of pectinase treatment (Pectinex[®] Ultra SP-L (10,292 PGU/ml) on functional substances from flesh and placenta of cantaloupe cv. Sun Lady. From the raw material selection, it was found that fully ripe cantaloupe incubated for 7 d had soft orange color, strong cantaloupe fragrance, sweet taste, and no off-flavour. Moreover, the contents of functional substances such as antioxidant, total phenolic, total flavonoid, beta-carotene, vitamin C, dietary fiber, prebiotic activity score, and volatile compounds were higher than other incubation period significantly ($p \leq 0.05$). The volatile substances producing main aroma in both cantaloupe flesh and placenta were 2-methylbutyl acetate, nonanol, and (Z)-6-nonen-1-ol. The flesh and placenta samples were controlled the browning reaction by adding ascorbic acid concentration of 0.2 and 0.1 % (w/w) and heating at 85°C for 3 and 2 min, respectively. Then the enzymatic degradation in flesh was done and classified into 6 levels of derived reducing sugar in range of 36.14-58.48 mg glucose/ gFM (code F0 (control), F1, F2, F3, F4, F5), and that in placenta was ranged into 5 levels of 22.13-40.44 mg glucose/ gFM (code P0 (control), P1, P2, P3, P4). It was found that the flesh and placenta samples of the highest reducing sugar content (57.09-58.48 (F5) and 39.12-40.44 (P4) mg glucose/g FM) had fresh orange color, strong cantaloupe fragrance, smooth texture (not layering), and the content of functional substances higher than other degradation levels significantly ($p \leq 0.05$). Their antioxidant activities measured by DPPH method were 8.8 and 4.8 times higher than control (1.50, 0.72 $\mu\text{g FM}/\mu\text{g DPPH}$), and those determined by ABTS method were 4.5 and 1.4 times more than control (5.12, 7.88 $\mu\text{g TE/g FM}$). Their total phenolic contents were 1.8 and 1.6 times higher than control (63.70, 66.96 mg GAE/100 g FM), and total flavonoid contents were 2.7 and 1.4 times more than control (0.38, 17.46 mg CE/100gFM). Moreover, their beta-carotene contents increased from 66.98 to 76.71 (flesh) and 158.35 to 181.89 mg/100gFM (placenta). The prebiotic activity scores from using *L. acidophilus* La5 were 0.15 and 0.14 for flesh and placenta, respectively, and those from *B. lactis* Bb12 were 0.34 and 0.33. Furthermore, the main volatile compounds found in both flesh and placenta were methyl acetate, ethyl acetate, isobutyl acetate, and nonanol. The experiment of mixing in salad dressing showed that the characters of yellow-cream color, strong cantaloupe fragrance, smooth texture (not layering), thick appearance (not viscous), no off-flavour, and total acceptance were in good scores.

Department : Food Technology Student's Signature :

Field of Study : Food Technology Advisor's Signature :

Academic Year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

ดิฉันใคร่ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ปราณี อานเป็รื่อง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ตลอดระยะเวลาที่ได้รู้จักอาจารย์ทั้งในฐานะที่เป็นอาจารย์บรรยายในการเรียนและเป็นทีปรึกษาในวิทยานิพนธ์ในหลักสูตรปริญญาโทสาขาเทคโนโลยีทางอาหาร ดิฉันได้รับการผลักดันให้มีความเพียรพยายามในการทำวิจัย และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่จากอาจารย์อย่างยิ่ง นอกจากนี้ยังให้โอกาสในการไปนำเสนอผลงาน และเรียนรู้สิ่งใหม่โดยนำผลงานวิจัยที่ได้ไปเขียน manuscript สำหรับส่งตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารทั้งในระดับชาติและนานาชาติ สอนให้ดิฉันเป็นคนดี มีจิตวิญญาณในการทำวิจัย และให้ได้ทำและเรียนรู้ในสิ่งต่างๆที่ไม่เคยทำมาก่อน แม้ในบางครั้งดิฉันจะท้อ แต่อาจารย์คอยประคับประคองให้เห็นค่าของการเป็นนักวิจัยที่ดี และดิฉันจะยึดมั่นในคำสอนของอาจารย์เป็นแนวทางในการดำเนินชีวิตตลอดไป

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันประกอบด้วย ผศ.ดร.รมณี สงวนดีกุล (หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร) อ.ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช และ ผศ.ดร.สุปราณี มนุรักษ์ชินากร ที่กรุณามาเป็นเกียรติในการสอบวิทยานิพนธ์ กรุณาตรวจแก้ไขข้อบกพร่องและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่และบุคลากร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกด้านต่างๆตลอดงานวิจัย และขอบคุณพี่ปริญญาเอก เพื่อนปริญญาโท และน้องๆ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกคน

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หน่วยเครื่องมือกลาง (Central Instrument Facility) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ได้ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่อง GC-MS

ขอขอบคุณ โครงการนวัตกรรมเพื่อยกระดับคุณภาพและความปลอดภัยทางอาหารสู่โครงสร้างเศรษฐกิจยุคใหม่ ทุนวิจัยเงินงบประมาณแผ่นดิน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอความดีทั้งหมดที่อยู่ในผลงานวิจัยอันจะพึงมีประโยชน์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อประเทศ ดิฉันขออุทิศแก่ คุณตาเหียน คุณปู่เถียน คุณย่าเกล้าและพี่นุก ที่ได้ล่วงลับไปแล้ว และขอมอบเป็นของขวัญและกำลังใจแก่ครอบครัว อันประกอบด้วยคุณยายห่วง คุณพ่อสรวุฑ คุณแม่อุไร และ คุณน้าอุษาอันเป็นที่รักยิ่งของดิฉัน

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ณ |
| สารบัญภาพ..... | ฐ |
| บทที่ | |
| 1 บทนำ..... | 1 |
| 2 วารสารปริทัศน์..... | 3 |
| 2.1 แคนตาลูป..... | 3 |
| 2.2 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการสุกของแคนตาลูป..... | 6 |
| 2.3 สารหน้าที่เฉพาะที่สำคัญในเนื้อและรกของแคนตาลูป..... | 8 |
| 2.4 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักและผลไม้..... | 13 |
| 2.5 การผลิตสารสกัดจากผักและผลไม้ด้วยเอนไซม์..... | 15 |
| 3 การดำเนินงานวิจัย..... | 26 |
| 3.1 ขอบเขตงานวิจัย..... | 26 |
| 3.2 วัตถุประสงค์ สารเคมี และอุปกรณ์..... | 27 |
| 3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... | 31 |
| 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... | 37 |
| 4.1 คัดเลือกระดับความสุกที่เหมาะสมของแคนตาลูปพันธุ์ชั้นเลิศสำหรับใช้เป็น วัตถุดิบ..... | 37 |
| 4.2 สารหน้าที่เฉพาะและสารระเหยที่พบในเนื้อและรกของแคนตาลูป..... | 40 |
| 4.3 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล..... | 47 |
| 4.4 ภาวะการผลิตสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปด้วยเอนไซม์เพกทินเอสทาง การค้า(Pectinex [®] Ultra SP-L)..... | 54 |
| 4.5 ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างเนื้อและรกแคนตาลูปที่ผ่านการย่อยสลายด้วย เอนไซม์..... | 57 |
| 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... | 73 |

| บทที่ | หน้า |
|--|------|
| รายการอ้างอิง..... | 75 |
| ภาคผนวก..... | 85 |
| ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์..... | 86 |
| ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส..... | 104 |
| ภาคผนวก ค สูตรน้ำสลัดแคนตาลูป..... | 107 |
| ภาคผนวก ง รายละเอียดของเอนไซม์..... | 108 |
| ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... | 109 |
| ภาคผนวก ฉ รายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติม..... | 116 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... | 119 |

สารบัญญัตราจ

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|--|------|
| 2.1 | คุณค่าทางอาหารของแคนตาลูปต่อน้ำหนักเนื้อแดง 100กรัม..... | 5 |
| 2.2 | บทบาทของเอนไซม์ที่ใช้อย่สลายพอลิแซคคาไรด์ในผนังเซลล์พืช..... | 22 |
| 4.1 | สมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อแคนตาลูปที่ระดับการบ่มต่างๆ..... | 38 |
| 4.2 | สมบัติทางเคมีและกายภาพของรกแคนตาลูปที่ระดับการบ่มต่างๆ..... | 38 |
| 4.3 | คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อแคนตาลูปที่ระยะการบ่มต่างๆ..... | 40 |
| 4.4 | คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของรกแคนตาลูปที่ระยะการบ่มต่างๆ..... | 40 |
| 4.5 | ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและสารหน้าที่เฉพาะที่พบในเนื้อของแคนตาลูปที่ระดับการบ่มต่างๆ..... | 41 |
| 4.6 | ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและสารหน้าที่เฉพาะที่พบในรกของแคนตาลูปที่ระดับการบ่มต่างๆ..... | 41 |
| 4.7 | ปริมาณใยอาหารทั้งหมดในเนื้อและรกแคนตาลูปที่ผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน..... | 44 |
| 4.8 | ปริมาณจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นในระหว่าง 0 และ 24 ชั่วโมงในเนื้อและรกแคนตาลูปที่เป็นวัตถุดิบและคาร์โบไฮเดรตต่างๆ..... | 45 |
| 4.9 | ชนิดของสารระเหยที่พบในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 7 วันวิเคราะห์ด้วยวิธี SPME GC-MS..... | 47 |
| 4.10 | ระดับการตัดพันธะไกลโคซิลในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Pectinex® Ultra SP-L ที่ประเมินจากค่าน้ำตาลรีดิวซ์แบ่งเป็น FO-F5และP0-P4..... | 57 |
| 4.11 | ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและสารหน้าที่เฉพาะที่พบในตัวอย่างเนื้อของแคนตาลูป... | 60 |
| 4.12 | ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและสารหน้าที่เฉพาะที่พบในตัวอย่างรกของแคนตาลูป.... | 60 |
| 4.13 | คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน..... | 62 |
| 4.14 | คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน..... | 63 |
| 4.15 | คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดที่มีเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกันเป็นส่วนผสม..... | 65 |

| ตารางที่ | หน้า | |
|----------|--|-----|
| 4.16 | คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดที่มีรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพื้นระไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกันเป็นส่วนผสม..... | 66 |
| 4.17 | ปริมาณใยอาหารทั้งหมดในตัวอย่างเนื้อและรกของแคนตาลูป..... | 68 |
| 4.18 | ปริมาณจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นในระหว่าง 0 และ 24 ชั่วโมง ในเนื้อ F5 รกP4 และคาร์โบไฮเดรตต่างๆ..... | 69 |
| 4.19 | ชนิดของสารระเหยที่พบในตัวอย่างเนื้อ F5 และรก P4 ของแคนตาลูปที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ วิเคราะห์ด้วยวิธี SPME/GC/MS..... | 71 |
| ๑.1 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีในระบบ $L^* a^* b^*$ ของเนื้อและรกแคนตาลูปที่มีระดับการบ่มต่างๆ..... | 109 |
| ๑.2 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (RS) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก (TA) ของเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการบ่มต่างๆ..... | 109 |
| ๑.3 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (RS) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก (TA) ของรกแคนตาลูปที่มีระดับการบ่มต่างๆ..... | 109 |
| ๑.4 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และ DPPH ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด(TP) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด(TF) ปริมาณเบต้าแคโรทีนทั้งหมด (TB) และวิตามินซี ของเนื้อแคนตาลูปที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ..... | 110 |
| ๑.5 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และ DPPH ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด(TP) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด(TF) ปริมาณเบต้าแคโรทีนทั้งหมด (TB) และวิตามินซี ของรกแคนตาลูปที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ..... | 110 |
| ๑.6 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของเนื้อแคนตาลูปที่มีระยะเวลาการบ่มต่างกัน..... | 110 |
| ๑.7 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของรกแคนตาลูปที่มีระยะเวลาการบ่มต่างกัน..... | 111 |
| ๑.8 | การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณใยอาหารทั้งหมด (TDF) ใยอาหารที่ละลายน้ำ (SDF) และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) ในเนื้อกับรกที่มีระยะเวลาการบ่ม 7 วัน ที่คัดเลือกเป็นวัตถุบับด้วยวิธี T-test..... | 111 |

| ตารางที่ | หน้า | |
|----------|--|-----|
| จ.9 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นภายใน 24 ชั่วโมง เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเนื้อและรกของแคนตาลูป อินนูลินและกลูโคส เป็นองค์ประกอบ..... | 111 |
| จ.10 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (+a*) ค่าสีเหลือง (+b*) และค่า pH ของเนื้อแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิด ปฏิกริยาสีน้ำตาลที่ภาวะต่างๆ..... | 112 |
| จ.11 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (+a*) ค่าสี เหลือง (+b*) และค่า pH ของรกแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกริยา สีน้ำตาลที่ภาวะต่างๆ..... | 112 |
| จ.12 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) และ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (RS) ของเนื้อและรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธุ์ ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน..... | 113 |
| จ.13 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และ DPPH ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด(TP) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด(TF) ปริมาณเบต้า แคโรทีนทั้งหมด (TB) และวิตามินซี(VC) ของเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการตัด พันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน..... | 113 |
| จ.14 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และ DPPH ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด(TP) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด(TF) ปริมาณเบต้า แคโรทีนทั้งหมด (TB) และวิตามินซี(VC) ของรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัด พันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ ต่างกัน..... | 113 |
| จ.15 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน | 114 |
| จ.16 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน.. | 114 |
| จ.17 | การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณใยอาหารทั้งหมด (TDF) ใยอาหารที่ ละลายน้ำ (SDF) และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) ในเนื้อกับรกของ แคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์สูงที่สุดด้วยวิธี T-test... | 114 |

| ตารางที่ | หน้า | |
|----------|---|-----|
| จ.18 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นภายใน 24 ชั่วโมง เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเนื้อหรือรกของแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธุ์ ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์สูงที่สุด อินนูลินหรือกลูโคสเป็นองค์ประกอบ..... | 115 |
| จ.19 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ของน้ำสลัดที่มีเนื้อแคนตาลูปที่ระดับการตัดพันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน เป็นส่วนผสม..... | 115 |
| จ.20 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ของน้ำสลัดที่มีรกแคนตาลูปที่ระดับการตัดพันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน เป็นส่วนผสม..... | 115 |
| ฉ.1 | ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างเนื้อของแคนตาลูปที่ได้จากการย่อยด้วย เอนไซม์ที่ความเข้มข้นและเวลาการย่อยแตกต่างกัน..... | 117 |
| ฉ.2 | ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างรกของแคนตาลูปที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ ที่ความเข้มข้นและเวลาการย่อยแตกต่างกัน..... | 118 |

สารบัญภาพ

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 2.1 | ลักษณะผลที่อยู่บนกิ่งแขนงและรูปแคนตาลูปตัดขวางปรากฏส่วนเนื้อสีส้มและ รกที่ติดกับเมล็ด..... | 3 |
| 2.2 | โครงสร้างทางเคมีของเบต้าแคโรทีน..... | 10 |
| 2.3 | กลไกการเกิดและการควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากการทำงานของ เอนไซม์ PPO ด้วยสารรีดิวซ์ | 14 |
| 2.4 | ความเกี่ยวข้องของสารประกอบเพกทิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ในเนื้อเยื่อ พืช..... | 16 |
| 2.5 | ปฏิกิริยาของเอนไซม์เพกทิเนสชนิดต่างๆ..... | 18 |
| 3.1 | ขั้นตอนการผลิตสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปด้วยเอนไซม์..... | 35 |
| 4.1 | ลักษณะภายนอกของผลแคนตาลูปพันธุ์ชั้นเลดี้ 3 ระดับการบ่ม | 39 |
| 4.2 | ลักษณะตัวอย่างเนื้อและรกของแคนตาลูปที่บ่มเป็นระยะเวลา 7 วันเป็น วัตถุดิบ..... | 43 |
| 4.3 | Prebiotic activity score ของ <i>L. acidophilus</i> La5 และ <i>B. lactis</i> Bb12 ที่ เลี้ยงในอินนูลิน เนื้อ และรกของแคนตาลูปที่เป็นวัตถุดิบ..... | 45 |
| 4.4 | Chromatogram ของสารระเหยที่พบในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ผ่านการบ่ม เป็นระยะเวลา 7 วัน..... | 46 |
| 4.5 | สีเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ปนที่ไม่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เก็บที่อุณหภูมิ 10±2°C นาน 5 วัน..... | 48 |
| 4.6 | สีเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ปนที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เก็บที่อุณหภูมิ 10±2°C นาน 5 วัน..... | 48 |
| 4.7 | ค่าความสว่าง (L*) ของเนื้อแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสี น้ำตาลที่ภาวะต่างๆ..... | 50 |
| 4.8 | ค่าสีแดง (+a*) ของเนื้อแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ ภาวะต่างๆ..... | 50 |
| 4.9 | ค่าสีเหลือง (+b*) ของเนื้อแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสี น้ำตาลที่ภาวะต่างๆ..... | 51 |

| รูปที่ | หน้า |
|--------|---|
| 4.10 | ค่า pH ของเนื้อแคนตาลูปตีปั่นที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ ภาวะต่างๆ..... 51 |
| 4.11 | ค่าความสว่าง (L^*) ของรกแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสี น้ำตาลที่ภาวะต่างๆ..... 52 |
| 4.12 | ค่าสีแดง ($+a^*$) ของรกแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ ภาวะต่างๆ..... 52 |
| 4.13 | ค่าสีเหลือง ($+b^*$) ของรกแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ที่ภาวะต่างๆ..... 53 |
| 4.14 | ค่า pH ของรกแคนตาลูปตีปั่นที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ ภาวะต่างๆ..... 53 |
| 4.15 | ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ในตัวอย่างเนื้อของแคนตาลูปที่ได้จากการ ย่อยด้วยเอนไซม์Pectinex [®] Ultra SP-Lที่ความเข้มข้นและเวลาการย่อยต่างๆ... 54 |
| 4.16 | ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ในตัวอย่างรกของแคนตาลูปที่ได้จากการ ย่อยด้วยเอนไซม์Pectinex [®] Ultra SP-Lที่ความเข้มข้นและเวลาการย่อยต่างๆ... 55 |
| 4.17 | ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์(RS) ในเนื้อของแคนตาลูปที่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ Pectinex [®] Ultra SP-Lที่ความเข้มข้นและเวลาการย่อยต่างกัน..... 56 |
| 4.18 | ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์(RS) ในรกของแคนตาลูปที่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ Pectinex [®] Ultra SP-Lที่ความเข้มข้นและเวลาการย่อยต่างกัน..... 56 |
| 4.19 | ลักษณะของเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน (F0-F5)..... 62 |
| 4.20 | ลักษณะของรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน (P0-P4)..... 63 |
| 4.21 | ลักษณะของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะ ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน(F0-F5)..... 65 |
| 4.22 | ลักษณะของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะ ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน(P0-P4)..... 66 |
| 4.23 | ลักษณะของตัวอย่างเนื้อ(F5)และรก(P4)แคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะ ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์สูงสุด..... 67 |

| รูปที่ | หน้า | |
|--------|--|-----|
| 4.24 | Prebiotic activity score ของ <i>L. acidophilus</i> La5 และ <i>B. lactis</i> Bb12 ที่ เลี้ยงในอินนูลิน เนื้อ F5 และรก P4 ของแคนตาลูปที่เป็นวัตถุดิบ..... | 69 |
| 4.25 | Chromatogram ของสารระเหยที่พบในตัวอย่างเนื้อF5 และตัวอย่างรก P4 ของ แคนตาลูป..... | 72 |
| ก.1 | กราฟมาตรฐานของสารละลาย Glucose..... | 89 |
| ก.2 | กราฟมาตรฐานของสารละลาย Trolox..... | 92 |
| ก.3 | กราฟมาตรฐานของสารละลาย Gallic acid..... | 93 |
| ก.4 | กราฟมาตรฐานของสารละลาย Catechin..... | 94 |
| ก.5 | กราฟมาตรฐานของสารละลาย β -carotene..... | 96 |
| ก.6 | กราฟมาตรฐานของสารละลาย Ascorbic acid..... | 97 |
| ง.1 | แอกทิวิตีของเอนไซม์ที่ pH ต่างๆ..... | 108 |
| ง.2 | แอกทิวิตีของเอนไซม์ที่อุณหภูมิต่างๆ..... | 108 |

บทที่ 1

บทนำ

แคนตาลูป เป็นแตงเทศชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูล *Cucurbitaceae* (De melo และคณะ, 2000) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis melo var. cantalupensis* (Kourkoutas และคณะ, 2006) มีถิ่นกำเนิดจากประเทศอินเดีย และจัดเป็นผลไม้ที่สามารถบ่มให้สุกได้ (climacteric fruit) (Villanueva และคณะ, 2004; Obando-Ulloa และคณะ, 2008) ในประเทศไทยแคนตาลูปนิยมปลูกมากในจังหวัดสระแก้ว แคนตาลูปจัดได้ว่าเป็นผลไม้ขึ้นชื่อของจังหวัด เนื่องจากมีลักษณะเด่นของเนื้อที่มีสีส้ม มีรสและกลิ่นหอมหวานสดชื่น (De Melo และคณะ, 2000; Villanueva และคณะ, 2004) อีกทั้งยังสามารถปลูกและติดลูกง่าย เก็บเกี่ยวได้เร็ว และมีผลผลิตตลอดปี (Scalzo และคณะ, 2001) กลิ่นรสหอมหวานของแคนตาลูปเกิดจากสารระเหยหลักที่มีอยู่ภายในผล ได้แก่ 2-methylbutyl acetate (fruity, sweet), hexyl acetate (apple, cherry), isobutyl acetate (sweet, fruity), ethyl hexanoate (fruity, apple), isoamyl acetate, ethyl butylrate (fruity, sweet), ethyl 2-methylbutylrate และ (Z)-3-hexenyl acetate (green, fruity) เป็นต้น (Fallik และคณะ, 2001; Kourkoutas และคณะ, 2006; Saftner และคณะ, 2006) นอกจากนี้ยังพบว่า แคนตาลูปเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยวิตามินเอ วิตามินซี กรดโฟลิก และโปแตสเซียม รวมทั้งเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นรงควัตถุในกลุ่มแคโรทีนอยด์ มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (Setiawan และคณะ, 2001; Lester และ Hodges, 2008) สารให้สีเหลืองส้มจากแคโรทีนอยด์และสารให้กลิ่นหอมหวานเหล่านี้ อยู่ภายในเซลล์โครงสร้างของพอลิแซคคาไรด์ ได้แก่ เพกทิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส (Najafian และคณะ, 2009 ; Fu และคณะ, 2008) การสกัดสารดังกล่าวทำได้หลายวิธี เช่นวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ได้แก่ เอทานอล อะซิโตน เฮกเซน และโทลูอีน แต่มีผลให้สารสกัดที่ได้เช่น แคโรทีนอยด์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ไม่ละลายน้ำและง่ายต่อการเกิดออกซิเดชัน ส่วนวิธีการสกัดแคโรทีนอยด์ในมันฝรั่งด้วยเอนไซม์พบว่าแคโรทีนอยด์ที่สกัดได้คงสภาพตามธรรมชาติเดิมโดยที่โมเลกุลของแคโรทีนอยด์ยังเชื่อมติดอยู่กับโปรตีนซึ่งทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Çinar, 2005a) มีตัวอย่างการประยุกต์ใช้เอนไซม์ในการเพิ่มปริมาณการสกัดสารหน้าที่เฉพาะจากผลไม้ต่างๆ เช่น เพิ่มปริมาณการสกัดและเพิ่มเสถียรภาพของสารประกอบฟีนอลิกในสตรอเบอรี่ และราสพ์เบอรี่ (Versari และคณะ, 1997) ส่วนในน้ำมันมะกอกมีปริมาณสารประกอบพอลิฟีนอลิกทั้งหมด ผลผลิตของน้ำมัน และสีเพิ่มขึ้น (Najafian และคณะ, 2009) ในใบสนมีปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้นถึง 40% และเพิ่มฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในใบสนสายพันธุ์ *Pinus taiwanensis* สูงกว่า *Pinus morrisonicola* (Lin และคณะ, 2009) อีกทั้งยังมีการเพิ่มผลผลิตของสารประกอบฟลาโวนอยด์เช่น

ลูทีโอลิน และ อะพิกจินิก ในใบถั่วแระ (Fu และคณะ, 2008) และยังช่วยเพิ่มผลผลิตของแคโรทีนอยด์ให้สูงขึ้นในการสกัดเนื้อเยื่อของดอกดาวเรือง (Delgado-Vargas และ Paredes-López, 1997) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน โยอาหารที่ละลายน้ำ และปริมาณของสารระเหยในไซรัปมะตูม (Charoensidhi และ Anprung, 2009)

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาบทบาทของเอนไซม์ Pectinex[®] Ultra SP-L ต่อปริมาณสารระเหย ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เบต้าแคโรทีน วิตามินซี และมีลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและกลิ่นรสแปลกปลอม จากเนื้อและรอกของแคนตาลูปพันธุ์ชั้นเลิศ เพื่อให้สารสกัดที่ได้ยังคงรักษาองค์ประกอบเดิมตามธรรมชาติ แต่มีความเข้มข้นมากขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตร ในอนาคตยังสามารถพัฒนาไปใช้ผสมในอาหารที่มีหน้าที่เฉพาะ (functional food) ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน และทดแทนสารสังเคราะห์ได้

บทที่ 2

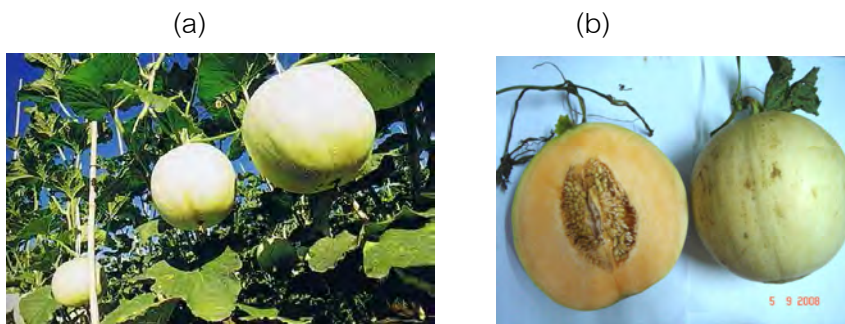
วารสารปริทัศน์

2.1 แคนตาลูป

แคนตาลูปมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis melo var. cantalupensis* (Kourkoutas และคณะ, 2006) เป็นแตงเทศชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูล *Cucurbitaceae* และสามารถเพาะปลูกได้บริเวณเขตร้อนทั่วโลก (De melo และคณะ, 2000) และจัดเป็นผลไม้ที่สามารถบ่มให้สุกได้ (climacteric fruit) (Villanueva และคณะ, 2004; Obando-Ulloa และคณะ, 2008)

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของแคนตาลูป

แคนตาลูปเป็นพืชเถาเลื้อย ลำต้นมีลักษณะกลม บริเวณลำต้นมีหนามเล็กๆ ส่วนใบมีผิวเรียบ ขอบหยัก ฐานใบเว้า ลักษณะดอกเป็นได้ทั้งแบบดอกตัวผู้และดอกสมบูรณ์เพศอยู่บนต้นเดียวกัน (Angdromonoecious) และแบบมีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน (Monoecious) ผลอยู่บนกิ่งแขนงย่อย (ค้ำเนิง ค้ำอุดม, 2532) และลักษณะภาพตัดขวางของผลแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะผลที่อยู่บนกิ่งแขนง (a) และรูปแคนตาลูปตัดขวางปรากฏส่วนเนื้อสีส้มและรกที่ติดกับเมล็ด (b)

2.1.2 พันธุ์ของพืชตระกูลแตง

สามารถจำแนกพันธุ์ของแตงตามสีของเนื้อได้เป็น 2 ประเภท (ค้ำเนิง ค้ำอุดม, 2532; ธงชัย เนมขุนทด, 2532; ชมรมเผยแพร่ความรู้ทางการเกษตร, 2546) คือ

(1) เนื้อสีเขียวหรือเขียวขาว ผลมีทั้งที่มีผิวเรียบและมีตาข่าย ผลสุกเปลือกมีสีเขียวครีม เหลือง และเหลืองทอง เนื้อมีทั้งกรอบและนุ่ม มีรสหวานและมีกลิ่นหอม ได้แก่ พันธุ์เจดิว อันนีดิวิ อันนีเวิลด์ และวินัสไฮบริด เป็นต้น ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมต่างประเทศ

(2) เนื้อสีส้ม ผลมีทั้งผิวเรียบและผิวลายเป็นตาข่าย ผลสุกเปลือกสีครีมและสีเหลือง เนื้อมีทั้งเนื้อกรอบและเนื้อนุ่ม มีรสหวานและมีกลิ่นหอมค่อนข้างแรง ได้แก่ พันธุ์ชั้นเลิศ ทอปมาร์ค และนิวเซนจูรี เป็นต้น

นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกชนิดของแตงในสกุล *Cucumis melo* แบ่งเป็น 4 กลุ่มดังนี้

(1) แคนตาลูป (cantaloupe) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Cucumis melo* var. *cantalupensis* ผลขนาดค่อนข้างใหญ่มีน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัมขึ้นไป เปลือกผลหนาแข็งและขรุขระ และมีร่องตามยาวผลเด่นชัด เนื้อแตงมีสีส้ม ไม่ละ และยังมีกลิ่นหอม

(2) มัสค์เมลอน (muskmelon) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Cucumis melo* var. *reticulatus* มีลักษณะผลกลมหรือรี ขนาดเล็กกว่าแคนตาลูป เปลือกผลหนาสีฟางขาว และมีลายตาข่ายถี่มากจนดูเรียบเป็นผืนเดียวกันทั่วทั้งผล ไม่มีร่องตามยาวของผล เนื้อแตงสีส้มสด รสหวาน กลิ่นหอม

(3) ฮันนีดีว (honeydew) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Cucumis melo* var. *inodorus* มีลักษณะผลกลมหรือรี ขนาดเท่ากับมัสค์เมลอนหรือใหญ่กว่าเล็กน้อย เปลือกผลหนาแข็งสีเขียวหรือขาว เรียบไม่มีลายตาข่าย และไม่มีร่องตามความยาวผล เนื้อแตงส่วนใหญ่สีเขียวจาง รสหวาน เมื่อสุกมีกลิ่นหอม

(4) แตงไทย (snake melon) ผลส่วนใหญ่มีลักษณะยาวสีขาว เหลือง เขียว เขียวคล้ำ ส้ม หรือลายสลับของสีเหล่านี้ ไม่มีลายตาข่าย และไม่มีร่องตามความยาวผล เนื้อแตงสีเขียวจาง สีขาว สีส้มจาง และสีเขียว เนื้อผลละ รสออกเปรี้ยวถึงจืด ไม่หวาน มีกลิ่นหอม

2.1.3 การเก็บเกี่ยวแคนตาลูป

ในประเทศไทยแคนตาลูปนิยมปลูกมากในจังหวัดสระแก้ว แคนตาลูปจัดได้ว่าเป็นผลไม้ขึ้นชื่อของจังหวัด โดยเฉพาะพันธุ์ชั้นเลิศ เนื่องจากให้ผลผลิตตลอดปี ติดลูกง่าย เก็บเกี่ยวได้เร็ว และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพภูมิอากาศที่ร้อนได้ดี ผลมีลักษณะกลมรี เปลือกเรียบ สีขาวครีม เนื้อภายในมีสีส้ม น้ำหนักประมาณ 1-8 กิโลกรัมต่อผลขึ้นกับความสมบูรณ์ของต้น การเก็บเกี่ยวแคนตาลูปจะเก็บในระยะที่ผลแก่เต็มที่ สำหรับแคนตาลูปพันธุ์ชั้นเลิศจะเก็บเกี่ยวหลังจากดอกบานประมาณ 45 วัน หรือหลังจากหยอดเมล็ดเป็นเวลา 60 วัน นอกจากนับจำนวนวันเก็บเกี่ยวแล้วยังสามารถสังเกตจากภายนอกได้ดังนี้ กลิ่นของแคนตาลูปจะชัดเจนขึ้นเมื่อใกล้ระยะการเก็บเกี่ยว สีของผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีขาวครีม หรือสีครีมนวล ส่วนหัวของผลจะมีรอยแยกเกิดขึ้นประมาณ 50% หรือครึ่งของรอบหัวผล อาจสังเกตถึงคุณภาพจากการเขย่าผลถ้ามีการเคลื่อนที่ของของเหลวภายในแสดงว่าแคนตาลูปไม่สดหรืออาจเน่าเสียได้ (ธงชัย เนมขุนทด, 2532)

2.1.4 คุณค่าทางอาหารของแคนตาลูป

องค์ประกอบของแคนตาลูปจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ ฤดูกาล และความอ่อนแก่ของแคนตาลูป โดยองค์ประกอบหลักที่พบมากในแคนตาลูปคือ คาร์โบไฮเดรต ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส ซูโครส และฟรุกโตสเป็นส่วนใหญ่ (Villanueva และคณะ, 2004) นอกจากนี้แคนตาลูปยังอุดมไปด้วยวิตามินอี วิตามินซี เบต้าแคโรทีน กรดโฟลิก และโปแตสเซียม (Vouldoukis และคณะ, 2004; Lester และ Hodges, 2008) ปริมาณสารอาหารที่พบในแคนตาลูปจากส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัมแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของแคนตาลูปต่อน้ำหนักเนื้อแดง 100 กรัม

| Nutrient | Unit | value per 100 g |
|-------------------------------|------|-----------------|
| Energy | kcal | 10 |
| Carbohydrates | g | 8.16 |
| - Sugars | g | 7.86 |
| - Dietary fiber | g | 0.90 |
| Fat | g | 0.19 |
| Protein | g | 0.84 |
| Water | g | 90.15 |
| Vitamin A equivalent | µg | 169 |
| β-carotene | µg | 2020 |
| Thiamin (Vitamin B1) | mg | 0.041 |
| Riboflavin (Vitamin B2) | mg | 0.019 |
| Niacin (Vitamin B3) | mg | 0.734 |
| Pantothenic acid (Vitamin B5) | mg | 0.105 |
| Vitamin B6 | mg | 0.072 |
| Folate (Vitamin B9) | µg | 21 |
| Vitamin C | mg | 36.7 |
| Vitamin K | µg | 2.5 |
| Calcium | mg | 9 |
| Magnesium | mg | 12 |
| Phosphorus 15 mg | mg | 15 |

ที่มา: USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release (2008)

2.2 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการสุกของแคนตาลูป

แคนตาลูปเป็นผลไม้ประเภทที่สามารถบ่มสุกได้ (climacteric fruits) คือมีอัตราการหายใจสูงขึ้นพร้อมๆ กับการสุก และหลังจากนั้นจะช้าลง (Villanueva และคณะ, 2004; Obando-Ulloa และคณะ, 2008) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

2.2.1 การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรต

เมื่อผลไม้เริ่มสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตเป็นน้ำตาล ทำให้ผลไม้มีรสหวานมากขึ้น รวมทั้งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (soluble solid) มากขึ้น สามารถใช้เป็นมาตรฐานในการวัดคุณภาพของผลแคนตาลูปได้ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นบ่งบอกถึงคุณภาพที่ดีของแคนตาลูปด้วย จากรายงานของ Villanueva และคณะ (2004) พบว่าแดง 2 สายพันธุ์ คือ Piel de Sapo และ Rochet ที่ช่วงระยะแรกของการสุก จะมีปริมาณกลูโคสและฟรุกโตสเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเข้าสู่ระยะที่สุกเต็มที่ ปริมาณน้ำตาลซูโครสจะเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสจะลดลง เนื่องจากเชื่อว่าซูโครสมีโครงสร้างที่สลายตัวได้ยากกว่าน้ำตาลอีก 2 ชนิด (Villanueva และคณะ, 2004)

2.2.2 การเปลี่ยนแปลงสี

ผลแคนตาลูปเมื่อเริ่มสุกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีส้ม จากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และสังเคราะห์แคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น ดังรายงานการวิจัยของ Lester และ Hodges (2008) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของเบต้าแคโรทีนในพีชตระกูลแดงที่มีระดับการบ่มแตกต่างกัน (3 , 17 และ 24 วัน) ซึ่งเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงขึ้นด้วยแต่เมื่อบ่มเป็นระยะเวลานาน 24 วัน พบว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลง นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Tavarini และคณะ (2008) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ในผลกีวี หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วมาบ่มต่อเป็นระยะเวลา 7 วันพบว่ามีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น

2.2.3 สารให้กลิ่นรสในแคนตาลูป

แคนตาลูปเป็นพืชที่มีกลิ่นรสหอมหวานเป็นเอกลักษณ์ จากงานวิจัยของ Kourkoutas และคณะ (2006) สามารถจำแนกสารระเหยในพีชตระกูลแดงเป็นสารประกอบพวกเอสเทอร์ บางชนิดอาจประกอบด้วยซัลเฟอร์ และองค์ประกอบที่สำคัญอื่นๆ คือ แอลดีไฮด์ และแอลกอฮอล์ สารระเหยที่สำคัญในพีชตระกูลแดง ได้แก่ ethyl 2-methyl butanoate, 2,3-butanediol diacetate และที่มีสารประกอบซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบ เช่น S-methyl thiobutanoate, 3-(methylthio) propanal, 3-(methylthio) propyl acetate, dimethyl

tetrasulfide เป็นต้น จากการทดลองที่วิเคราะห์สารระเหยในแคนตาลูป, กาเลีย และ ฮันนีดิว ด้วยวิธี solid phase microextraction - gas chromatography- mass spectrometric (SPME/GC/MS) พบว่าแคนตาลูปประกอบด้วยชนิดของสารระเหยถึง 83 ชนิด สารระเหยที่มีปริมาณสูงมีดังนี้ 2-methylbutyl acetate, hexyl acetate, isobutyl acetate, (Z)-3-hexen-1-yl acetate รองลงมาเป็นแต่งพันธุ์ กาเลีย และ ฮันนีดิว ตามลำดับ และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่งทั้ง 3 ชนิดพบว่า แคนตาลูป มีรสหวาน กลิ่นหอมของผลไม้ ไม่เกิดรสตกค้าง ไม่มีกลิ่นแต่ง ส่วน กาเลีย รสชาติคล้ายแต่งกว่า เนื้อแข็งที่สุด และ ฮันนีดิว มีกลิ่นหอมของแต่ง และ รสชาติหวานที่สุด

Saftner และคณะ (2006) ศึกษาชนิดและปริมาณของสารระเหยในแต่ง 3 ชนิด คือ แคนตาลูป เทมเทศัน และ ฮันนีดิวเนื้อสีเขียว มาวิเคราะห์ด้วยวิธี SPME/GC/FID พบว่าแคนตาลูปมีสารระเหยทั้งหมด 38 ชนิด และมีสารระเหยที่สำคัญดังนี้ ethyl hexanoate, isoamyl acetate, 2-methylbutyl acetate, ethyl butyrate, ethyl 2-methyl butyrate และ (Z)-3-hexenyl acetate เป็นต้น มีชนิดและปริมาณของสารระเหยสูงกว่า เทมเทศัน และ ฮันนีดิว ตามลำดับ

Fallik และคณะ (2001) วิเคราะห์หาสารระเหยในแต่งพันธุ์กาเลีย ในอิสราเอล 2 สายพันธุ์คือ C8 และ 5080 (Cucumis melo var. reticulans, cv. C8 และ cv. 5080) ด้วยวิธี SPME/GC/MS พบว่า แต่งชนิดกาเลียสายพันธุ์ C8 มีระดับของสารระเหยที่ให้กลิ่นสูงกว่า แต่มีอายุการเก็บสั้นกว่าสายพันธุ์ 5080 ซึ่งมีความแน่นเนื้อมากกว่าและมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่ารวมทั้งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าด้วย โดยขั้นที่แสดงถึงคุณภาพดีที่สุด คือ ควรเก็บเกี่ยวเมื่อเปลือกมีสีเหลืองปนเขียวเล็กน้อย ในระหว่างการเจริญเติบโต (เปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองอ่อน) มีสารระเหยที่สำคัญคือ 2-methylbutyl acetate, hexyl acetate, butyl acetate, 3-hexenyl acetate และ isobutyl acetate เป็นต้น

Scalzo และคณะ (2001) งานวิจัยนี้ทำการทดลองในมัสค์เมลอน 2 สายพันธุ์คือ Mirado และ Rony แช่ในน้ำเชื่อมชูโครส 60% (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 - 6 ชั่วโมง พบว่ามีส่วนประกอบหลักของสารระเหยเป็น เอสเทอร์ แอลกอฮอล์ และ อะซีทอลดีไฮด์ (acetaldehyde) ดังนี้ เอสเทอร์เป็นสารประกอบเชิงบวกคือให้กลิ่นหอมของแคนตาลูป เช่น acetates, ethyl esters, ethyl-2-methyl butanoate (สำคัญในผลไม้สด) และ ethyl acetate ใน Mirado มีปริมาณเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 2 ชั่วโมงขึ้นไป ส่วน Rony มีระดับเอสเทอร์คงที่ตลอดการทดลอง ส่วนสารกลุ่มแอลกอฮอล์ ซึ่งสำคัญต่อการกระบวนกรหมัก เรียกว่าสารประกอบเชิงลบ เช่น เอทานอล และเมทานอล (ตัวบ่งบอกถึงการย่อยสลายของเพกทิน) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของ Mirado จะสูงกว่า Rony แสดงว่าเกิดการย่อยสลายของเพกทิน และสูญเสียเอสเทอร์เร็วกว่า และ สารกลุ่มอะซีทอลดีไฮด์ มาจากกระบวนการ

เมทาบอไลซึมของภาวะที่ไม่มีออกซิเจน เป็นสารประกอบที่มีมากในเนื้อเยื่อของทั้ง 2 ชนิด ปริมาณใกล้เคียงกัน และเมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง ปริมาณลดลงเท่าๆ กัน แต่หลังจาก 6 ชั่วโมงพบว่าใน Rony สูงกว่า Mirado

2.3 สารหน้าที่เฉพาะที่สำคัญในเนื้อและรกของแคนตาลูป

สารหน้าที่เฉพาะคือ สารที่ให้ประโยชน์หรือคุณสมบัติอื่นที่ดีต่อสุขภาพนอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการพื้นฐาน เช่น การต้านอนุมูลอิสระ การเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบภูมิคุ้มกัน ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด ป้องกันการเกิดโรคอ้วน โรคเบาหวาน และช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้จะต้องไม่มีผลทางลบต่อร่างกาย (Bidlack และ Wang, 2000; Helmja และคณะ, 2007) สารหน้าที่เฉพาะที่สำคัญใน แคนตาลูป ได้แก่ วิตามินอี วิตามินซี เบต้าแคโรทีน โยอาหารทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน(Vouldoukis และคณะ, 2004; Lester และ Hodges, 2008; USDA,2008)ดังนี้

2.3.1 สารกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

สารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน คือสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระโดยตรง เพื่อกำจัดอนุมูลอิสระให้หมดไป หรือหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ไม่ให้เกิดต่อเนื่อง โดยทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ ถ่ายโอนไฮโดรเจนอะตอมไปยังอนุมูลอิสระ หรือทำหน้าที่ป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน การวิเคราะห์ค่าฤทธิ์ต้านออกซิเดชันมีด้วยกันหลายวิธีขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ (โสภา วัชรคุปต์ และคณะ, 2549; Prior และคณะ, 2005; Thaipong และคณะ, 2006) คือ

(1) การวิเคราะห์จากการส่งผ่านอะตอมไฮโดรเจน (hydrogen atom transfer,HAT) เช่น วิธี Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) การวิเคราะห์จะวัดแสงฟลูออเรสเซนส์ โดยอนุมูลเปอร์ออกไซด์จะทำปฏิกิริยาเปลี่ยนสารที่ให้แสงฟลูออเรสเซนส์เป็นสารที่ไม่ให้แสงฟลูออเรสเซนส์ ดังนั้นเมื่อเติมสารต้านอนุมูลลงไปกำจัดอนุมูลเปอร์ออกไซด์จะทำให้มีแสงฟลูออเรสเซนส์เพิ่มขึ้นตามปริมาณและความแรงของสารที่เติมลงไป และ Total radical-trapping antioxidant parameter (TRAP) ใช้สารประกอบเอโซ ซึ่งสลายตัวให้อนุมูลเปอร์ออกไซด์ หาปริมาณได้จากการที่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารอนุมูล มีการกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดสีและอัตราการเกิดออกซิเดชัน เป็นวิธีที่สะดวกและได้ค่าถูกต้องแม่นยำ

(2) การวิเคราะห์จากการส่งผ่านอิเล็กตรอนเดี่ยว (electron transfer, ETหรือ SET) เช่น วิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) เป็นการวัดความสามารถรวมในการรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก Fe^{3+} -TPTZ (Ferric tripyridyl triazine) มีข้อดีคือ เป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาน้อย ไม่แพงและไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ แต่มีข้อเสียคือ กลไกของปฏิกิริยาที่ใช้ในการ

วิเคราะห์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับกลไกในร่างกาย และ Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) เป็นการวัดความสามารถในการขจัดอนุมูลอิสระ ดังนั้นเมื่อเติมอนุมูลลงไปทำให้สีลดลง ค่าของมันจะเป็นค่าที่สัมพันธ์กับสารต้านอนุมูลมาตรฐาน trolox ข้อดี ทำได้ง่ายและสามารถทำปฏิกิริยาได้ในช่วงกว้าง สำหรับ 2 วิธีนี้มีความแตกต่างกันในเรื่องค่าพีเอช โดยวิธี TEAC จะทำปฏิกิริยาในสภาวะเป็นกลาง ส่วน วิธี FRAP จะทำปฏิกิริยาในสภาวะกรด เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่พีเอชต่ำหรือเป็นกรดจะลดค่าความต่างศักย์ในการแตกตัวเป็นไอออน ทำให้เร่งการส่งผ่านอิเล็กตรอนและเพิ่มค่าความต่างศักย์รีดอกซ์

(3) การวิเคราะห์ที่อาศัยทั้ง 2 หลักการ เช่น วิธี 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) วิธีนี้จะใช้อนุมูล DPPH[•] เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว อยู่ในรูปอนุมูลอยู่แล้วโดยไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูลเหมือนกับกรณีอนุมูล ABTS^{•+} ซึ่งเกิดเนื่องจากสารต้านออกซิเดชัน (AH) ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน หรือเกิดปฏิกิริยากับสารอนุมูลอิสระอื่นๆ (R') ข้อดี เป็นวิธีที่ง่ายใช้เครื่องมือสามัญที่มีทั่วไป นิยมใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลของสารต้านอนุมูลจากธรรมชาติ ข้อด้อย อนุมูล DPPH[•] มีความคงตัวไม่ไวต่อปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดในเซลล์ร่างกาย ต่อมาเป็นวิธี 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) หรือ ABTS เป็นการวัดความสามารถในการขจัดอนุมูล ABTS^{•+} ที่มีสีเขียวปนน้ำเงิน ข้อดีอนุมูล ABTS^{•+} ทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว ละลายได้ทั้งในน้ำและสารละลายอินทรีย์ ใช้วิเคราะห์หาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารต่างๆ ข้อเสียไม่เป็นสารตามธรรมชาติที่ก่อให้เกิดอนุมูลในเซลล์หรือร่างกาย วิธีวิเคราะห์นี้มีการทดลองในพืชตระกูลแตง เช่น ฮันนี่ดิวเนื้อสีส้มที่เก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ต่างกัน พบว่าฤดูใบไม้ผลิจะมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงกว่าฤดูใบไม้ร่วง (Lester และ Hodges, 2008)

2.3.2 สารประกอบฟีนอลิก

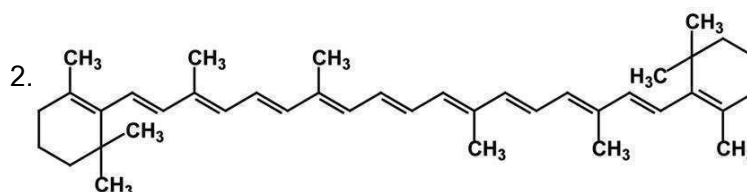
สารประกอบฟีนอลิกเป็นกลุ่มสารหน้าที่เฉพาะที่สำคัญในแคนตาลูป (Lester และ Hodges, 2008) รวมทั้งยังพบในผัก ผลไม้ และธัญพืชชนิดต่างๆ สามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มหลักได้แก่ กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน (Lin และคณะ, 2009) กลไกในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลมี 3 กลไก (โสภา วัชรคุปต์ และคณะ, 2549) คือ

- (1) เป็นสารคีเลต (chelating agent) ทำหน้าที่จับกับโลหะหนักที่ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระ เช่น ทองแดง และเหล็ก เป็นต้น
- (2) เป็นสารต้านออกซิเดชันโดยหยุดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ ได้อนุมูลของสารประกอบฟีนอลที่มีความเสถียร

(3) ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปวิตามินอีกลับมาใหม่ โดยจะรีดิวซ์อนุมูลของวิตามินอีกลับเป็นวิตามินอีเหมือนเดิม ทำให้วิตามินอีสามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ต่อไป

2.3.3 สารกลุ่มแคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่พบในส่วนโครโมพลาสของพืช ซึ่งให้สีเหลือง ส้ม และส้มแดง เบต้าแคโรทีนจัดเป็นแคโรทีนอยด์ที่สำคัญต่อร่างกาย ซึ่งนับว่าเป็นองค์ประกอบหลักที่ให้สีในแคนตาลูป (Vouldoukis และคณะ, 2004; Lester และ Hodges, 2008) เบต้าแคโรทีนยังเป็นโปรวิตามินเอ (provitamin A) โดยเบต้าแคโรทีน 1 โมเลกุล ประกอบด้วยเบต้าไอโอโนน (β -ionone) 2 วง (รูปที่ 2.2) จึงมีแอกทิวิตีของวิตามินเอสูงสุด สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ 2 โมเลกุล หรือเบต้าแคโรทีน 6 กรัมสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ 1 กรัม และสามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเข้าจับกับอนุมูลอิสระทำให้เกิดการสลายฤทธิ์ของอนุมูลอิสระ และยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ โรคเกี่ยวกับกระเพาะอาหาร และลำไส้ใหญ่ โรคต่อกระดูก และโรคมะเร็งบางชนิดเช่น มะเร็งปอด ในปัจจุบันยังไม่มีกำหนดปริมาณความต้องการเบต้าแคโรทีนต่อวันมีเพียงคำแนะนำสำหรับประชากรที่เป็นผู้ใหญ่ของประเทศสหรัฐอเมริกาควรบริโภคเบต้าแคโรทีนวันละ 6-11 มิลลิกรัม (Rock, 1997; Setiawan และคณะ, 2001; Schoefs, 2004)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของเบต้าแคโรทีน

2.3.4 สารกลุ่มวิตามิน

แคนตาลูปเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยวิตามินเอ และวิตามินซี ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ (Vouldoukis และคณะ, 2004; Lester และ Hodges, 2008) USDA (2008) รายงานว่า เนื้อแคนตาลูปสุกมีวิตามินซี 36.7 มิลลิกรัมของส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

2.3.5 ไยอาหาร (Dietary fiber)

ใยอาหาร หมายถึง ส่วนประกอบของพืช ผัก และผลไม้ในกลุ่มพอลิแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้งในพืช เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน สารประกอบเพกทิน เบต้ากลูแคน และกัม (American Association of Cereal Chemists, 2001; Figuerola และคณะ, 2005) ที่รับประทานได้ แต่ไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ ทำให้ไม่มีการดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย จึงผ่านกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่จุลินทรีย์บางชนิดในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยสลายส่วนประกอบทั้งหมด หรือบางส่วนของใยอาหารได้ สำหรับในแคนาดาถูกจัดเป็นใยอาหารทั้งหมดเป็น 0.9 กรัมของส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม (USDA, 2008) ใยอาหารแบ่งตามการละลายน้ำได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.3.5.1 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber)

ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เป็นส่วนของผนังเซลล์พืชที่ไม่ละลายน้ำแต่จะจับน้ำไว้ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน พบมากในธัญพืชที่ขัดสีน้อย รำข้าว รำข้าวสาลี ข้าวโพด ผักต่าง ๆ ผลไม้บางชนิด แบททีเรียในลำไส้สามารถย่อยใยอาหารกลุ่มนี้ได้บางส่วน อีกทั้งยังช่วยเพิ่มปริมาณกากในลำไส้ใหญ่ เพิ่มมวลอุจจาระ และช่วยลดอาการท้องผูก (Kaur และ Gupta, 2002; Rodríguez และคณะ, 2006)

2.3.5.2 ใยอาหารที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber)

ใยอาหารที่ละลายน้ำได้แก่ กัม เพกทิน และมิวซิเลต พบมากในพืชตระกูลถั่วบางชนิด ธัญพืช เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ ผักและผลไม้ชนิดต่างๆ ใยอาหารกลุ่มนี้จะอยู่ปนกับส่วนที่เป็นแป้งในพืช เมื่อละลายน้ำสามารถเพิ่มความหนืดให้กับอาหาร มีสมบัติในการบวมน้ำ (swelling capacity) ค้ำน้ำและน้ำมัน (water and oil holding capacity) และสามารถถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ได้อย่างสมบูรณ์ มีผลช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและช่วยดูดซึมกลูโคสในลำไส้ ลดโอกาสการเป็นโรคหลอดเลือดแดงแข็ง โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคมะเร็งลำไส้ (Kay และคณะ, 1977; Kaur และ Gupta, 2002; Nawirska และ Kwasniewska, 2005)

2.3.5.3 สารกลุ่มพรีไบโอติกส์

พรีไบโอติกส์คือ ใยอาหารที่ไม่ถูกย่อยหรือดูดซึมในกระเพาะอาหารหรือลำไส้เล็ก มีผลในการกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์สุขภาพ (พรีไบโอติก) 2 กลุ่ม คือ Bifidobacteria และ Lactobacilli โดยทั่วไปพรีไบโอติกส์จะเป็นสารประกอบพวก

โพลิโกแซคคาไรด์ ได้แก่ อินนูลิน ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์และ กาแลกโตโอลิโกแซคคาไรด์ เป็นต้น อาหารตามธรรมชาติที่มีพรีไบโอติกมากได้แก่ ในหัวหอม กัลวย กระเทียม อาร์ทิสท็อก ชิโครี และหน่อไม้ฝรั่ง อีกทั้งยังพบในผัก ผลไม้ และเมล็ดธัญพืชต่างๆ เช่น มะเขือเทศ ข้าวสาลี ข้าวไรย์ เป็นต้น (สุภาพ อัจฉริยศรีพงศ์, 2551; Saulnier และคณะ, 2009) พรีไบโอติกมีประโยชน์ต่อสุขภาพในหลายด้านดังนี้

(1) ผลต่อระบบทางเดินอาหาร การหมักพรีไบโอติกโดยโพรไบโอติกจะได้สารบางชนิด เช่น กรดแลคติกและกรดไขมันชนิดสายสั้น (short-chain fatty acids) ทำให้มีการกระตุ้นการเจริญของโพรไบโอติก และภาวะความเป็นกรดที่เกิดขึ้นจะช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคบางชนิดในลำไส้ได้ มีผลช่วยป้องกันอาการท้องเดินจากการติดเชื้อและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง

(2) ผลต่อการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิด ภาวะความเป็นกรดที่เกิดขึ้นจากการหมักพรีไบโอติกโดยโพรไบโอติกยังช่วยการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม และสังกะสี ทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคกระดูกพรุน

(3) ผลต่อการเผาผลาญไขมัน จากกระบวนการหมักที่ได้กรดไขมันสายสั้น โดยเฉพาะกรดโพรพิโอนิก สามารถไปยับยั้งการสังเคราะห์ไขมันรวมทั้งคอเลสเตอรอล จึงช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดแข็งได้

(4) ผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของระบบทางเดินอาหาร พรีไบโอติกสามารถช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน โดยมีผลต่อการทำหน้าที่ของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับภูมิคุ้มกันตามลำไส้ มีผลเพิ่มความแข็งแรงของเซลล์เยื่อเมือกที่ลำไส้ซึ่งสามารถป้องกันการติดเชื้อได้ดี รวมถึงมีผลต่อจำนวนและการทำงานของโพรไบโอติก

โพรไบโอติกส์ คือ กลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ซึ่งเข้าไปอยู่ในระบบของร่างกายมนุษย์และสัตว์ แล้วก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ โดยจุลินทรีย์นั้นทำหน้าที่ช่วยปรับสมดุลของสภาพแวดล้อมในระบบลำไส้ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มของ *Lactobacilli* และ *Bifidobacteria* เช่น *Lactobacillus acidophilus* La5 และ *Bifidobacterium animalis* spp. *Lactis* Bb12 เชื้อในกลุ่มนี้สามารถผลิตกรดแลคติกได้จึงนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหมัก เช่น ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว โยเกิร์ต และเนย (Holzapfel และ Schillinger, 2002; Saulnier และคณะ, 2009; เอกลักษณ์ ทวีโรจนกุล, 2552) ประโยชน์ของโพรไบโอติกต่อสุขภาพมีหลายด้านดังนี้

(1) การบรรเทาอาการท้องเดิน เป็นบทบาทหลักของโพรไบโอติก คือ ช่วยลดความรุนแรงของอาการท้องเดิน โดยลดระยะเวลาของโรคและเพิ่มภูมิคุ้มกัน กลไกที่เป็นไปได้ คือ การทำให้ลำไส้ใหญ่มีความเป็นกรด จากการผลิตกรดแลคติก (lactic acid) และกรดอะซิติก (acetic

acid) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคได้ อีกกลไกหนึ่ง คือ ทำให้การตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น

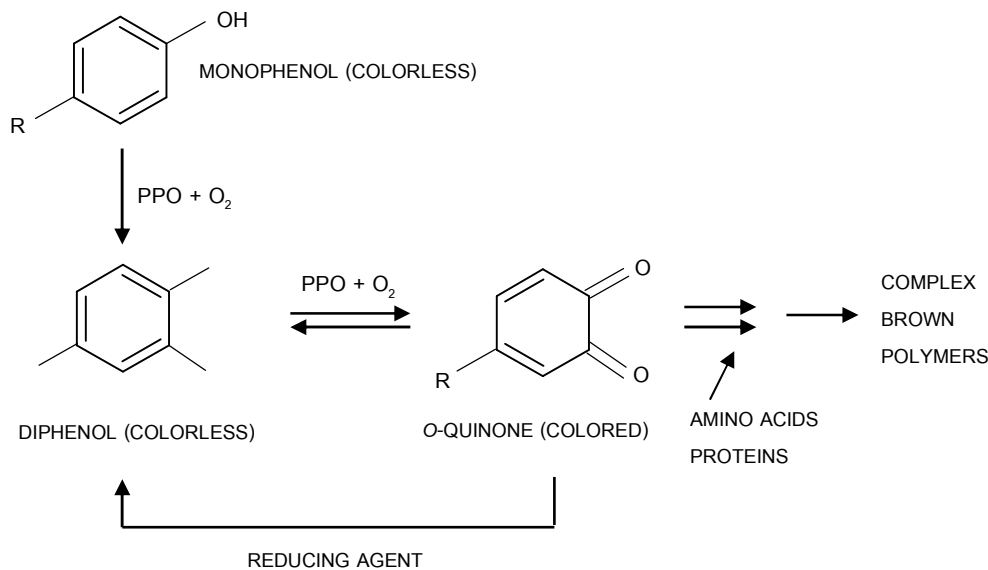
(2) การลดภาวะไม่ทนต่อแลคโตส (lactose intolerance) เป็นผลต่อสุขภาพที่สำคัญของโพรไบโอติก พบว่าประชากรโลกส่วนใหญ่มีปริมาณของเอนไซม์แลคเตส (lactase) ต่ำ จึงทำให้แลคโตส (lactose) ไม่สามารถถูกย่อยในทางเดินอาหาร ดังนั้นผู้ที่ดื่มนมแล้ว เกิดอาการท้องอืด เพ้อ ท้องเดิน ปวดท้อง ซึ่งอาหารประเภทนมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ตที่มีโพรไบโอติกสามารถช่วยบรรเทาอาการนี้ได้ เนื่องจากโพรไบโอติกได้ช่วยย่อยแลคโตสไปแล้วในระหว่างการหมัก (fermentation) จึงทำให้มีแลคโตสเหลือน้อยหรือแทบไม่มีเลย

(3) การลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด อาจเนื่องจากคอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดน้ำดี ดังนั้นถ้าเราเพิ่มการขับออกของน้ำดีก็จะทำให้มีการกระตุ้นให้มีการนำเอาคอเลสเตอรอลมาใช้ในการสังเคราะห์น้ำดีเพิ่มขึ้น โดยในจุลินทรีย์จะมีเอนไซม์ที่สามารถจับกับกรดน้ำดี และทำให้กรดน้ำดีถูกขับออกทางอุจจาระเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ นอกจากนี้อาจเนื่องจากการที่จุลินทรีย์สามารถนำเอาคอเลสเตอรอลไปใช้ได้โดยตรง ทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลลดลง

(4) การป้องกันมะเร็ง โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่มีความสัมพันธ์กับการกินอาหารไขมันสูง ซึ่งไขมันในอาหารจะกระตุ้นให้มีการหลั่งกรดน้ำดีในลำไส้ใหญ่มากขึ้น ร่วมกับกรดน้ำดีอีกส่วนหนึ่งที่เกิดจากแบคทีเรียเอง ซึ่งทำให้มีส่วนส่งเสริมให้เกิดมะเร็งขึ้นได้ ดังนั้นกลไกในการต้านมะเร็งของโพรไบโอติก ได้แก่ ยับยั้งการทำงานของสารก่อมะเร็ง ควบคุมหรือเหนี่ยวนำการเจริญของแบคทีเรียที่มีเอนไซม์ในการทำให้เกิดสารก่อมะเร็ง มีผลต่อการเคลื่อนไหวหรือการบีบตัวของลำไส้ ทำให้กำจัดสารก่อกลายพันธุ์ออกจากร่างกายได้เร็วขึ้น และกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร

2.4 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักและผลไม้

การเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (enzymatic browning) ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อพืชที่ถูกทำลายทางกล เช่น การปอกเปลือก การหั่น หรือการตีป่น ทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในเซลล์พืชกับออกซิเจนในอากาศ โดยมีเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) เป็นตัวเร่งทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันได้เป็น o-diphenol ซึ่งสารนี้จะถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็น o-quinone จากนั้น o-quinone ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลอื่นๆ หรือกับกรดอะมิโนได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล (Sapers, 1993; Owusu-apenten, 2005) ดังรูปที่



รูปที่ 2.3 กลไกการเกิดและการควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากการทำงานของเอนไซม์ PPO ด้วยสารรีดิวซ์ (ดัดแปลงจาก Tomás-Barberán และ Espín, 2001)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์เป็นปัญหาสำคัญในการแปรรูปผักและผลไม้ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสี กลิ่น รสเปลี่ยนแปลงไป และสูญเสียคุณค่าทางอาหาร (Martinez และ Whitaker, 1995) ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ วิธีการควบคุม และยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมีดังนี้

(1) การใช้ความร้อน

การให้ความร้อนกับผักและผลไม้ เช่น การลวกด้วยไอน้ำเป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO เนื่องจากความร้อนจะทำให้เอนไซม์ซึ่งเป็นโปรตีนเสียสภาพจนไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ แต่การใช้ความร้อนเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO อาจทำให้เนื้อสัมผัสของผลไม้มี และเกิดกลิ่นรสผิดปกติได้ Sakho และคณะ (1998) ศึกษาการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO โดยการลวกชิ้นเนื้อมะม่วงในน้ำเดือดพบว่า การลวกชิ้นเนื้อมะม่วงด้วยน้ำเดือดจนมีอุณหภูมิจุดกึ่งกลาง 85°C นาน 5 นาที สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ได้บางส่วน แต่การให้ความร้อนกับกล้วยจนมีอุณหภูมิจุดกึ่งกลาง 95°C นาน 5 นาที สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ได้ทั้งหมด (Galeazzi และ Sgarbieri, 1981) แต่การให้ความร้อนกับลูกแพร์ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลานาน 2 นาที สามารถทำลายแอกทิวิตีของเอนไซม์ PPO ได้ 90.5% และทำลายได้สมบูรณ์เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลานาน 2 นาที (Almeida และ Nogueira, 1995)

(2) การใช้สารเคมี

สารที่สามารถควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ PPO มีหลายชนิด เช่น สารซัลไฟต์ กรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริก เป็นต้น (Sapers, 1993) แต่สารที่นิยมใช้ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริก ทั้งนี้กรดแอสคอร์บิกจะทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ โดยจะรีดิวซ์ o-quinone ให้กลับมามีอยู่ในรูปของสารประกอบฟีนอล ก่อนที่ o-quinone จะทำปฏิกิริยาต่อไปจนกลายเป็นสารสีน้ำตาล (Dris และ Jain, 2004) อย่างไรก็ตามกรดแอสคอร์บิกจะถูกออกซิไดส์เป็น dehydroascorbic acid ซึ่งจะสูญเสียคุณค่าของวิตามินซีไป ส่วนกรดซิตริกจะทำหน้าที่เป็นสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลกลุ่ม acidulant โดยจะลดค่า pH ให้น้อยกว่าค่า optimum pH ของเอนไซม์ PPO ส่งผลให้เอนไซม์มีแอกทิวิตีลดลง และกรดซิตริกยังสามารถทำหน้าที่เป็นสารคีเลทจับกับทองแดงที่บริเวณเร่งของเอนไซม์ PPO เมื่อทองแดงถูกดึงออกไปจะทำให้เอนไซม์ PPO ไม่สามารถทำงานได้เป็นปกติ (Sapers และคณะ, 1989; El-Shimi, 1993; Sapers และ Miller, 1995) รายงานว่าเมื่อใช้กรดซิตริกปรับค่า pH ของเห็ดให้มีค่าเป็น 3.5 จะสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO นอกจากนี้ยังพบว่า การควบคุมหรือยับยั้งเอนไซม์ PPO อาจใช้หลายวิธีร่วมกันได้ Mao และคณะ (2007) พบว่า การให้ความร้อนควบคู่กับการเติมกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 0.1% (w/w) มีผลช่วยควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและเพิ่มคุณภาพโดยรวมของน้ำอ้อยได้

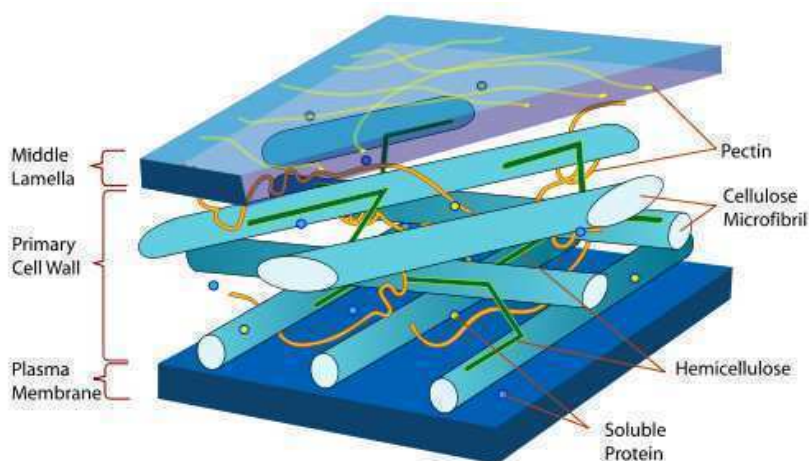
ในการทดลองนี้มีการควบคุมปฏิกิริยาสีน้ำตาลซึ่งวิเคราะห์จากแอกทิวิตีของเอนไซม์ peroxidase (POD) ที่พบทั่วไปในผักและผลไม้ ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแต่มีความทนทานต่อความร้อนสูง (Ndiaye และคณะ, 2009; Polata และคณะ, 2009)

2.5 การผลิตสารสกัดจากผักและผลไม้ด้วยเอนไซม์

การผลิตสารสกัดจากผักและผลไม้ด้วยวิธีทางชีวภาพ โดยใช้เอนไซม์ย่อยสลายประกอบต่างๆ ในผนังเซลล์พืช ซึ่งมีบทบาทต่อการสกัดของเหลวต่างๆ รวมทั้งสารให้สี กลิ่นรส และสารหน้าที่เฉพาะ โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการกรองแยกกากหรือโยอาหารออก ทำให้สารสกัดที่ได้ยังคงองค์ประกอบเดิมไว้และเพิ่มองค์ประกอบใหม่ที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ ซึ่งเพื่อให้สารสกัดที่ได้ยังคงรักษาองค์ประกอบเดิมตามธรรมชาติ แต่มีความเข้มข้นมากขึ้น สารสกัดที่ได้สามารถพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหารที่มีหน้าที่เฉพาะ (functional food) (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2547)

2.5.1 โครงสร้างของผนังเซลล์พืช

โครงสร้างของผนังเซลล์พืชแสดงดังรูปที่ 2.4 โดยทั่วไปส่วนประกอบหลักของพอลิแซคคาไรด์ที่ทำหน้าที่เป็นผนังเซลล์พืช ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และสารประกอบเพกทิน ทั้ง 3 ส่วนนี้จะอยู่รวมกันในลักษณะเชื่อมต่อกันในชั้นปฐมภูมิ (primary wall) ของผนังเซลล์พืช ส่วนชั้นระหว่างเซลล์ (middle lamella) ซึ่งเป็นชั้นที่เชื่อมระหว่างเซลล์ให้อยู่ติดกันจะมีสารประกอบเพกทินเป็นองค์ประกอบหลัก และในชั้นทุติยภูมิ (secondary wall) จะประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเป็นหลัก ซึ่งความเกี่ยวโยงของสารประกอบเพกทิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ในเนื้อเยื่อพืช เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผักและผลไม้มีความแน่นเนื้อ เกิดการกักเก็บของเหลวละลายและสารให้กลิ่นรส (Grassin และ Fauquembergue, 1996; Hopskin, 1999)



รูปที่ 2.4 ความเกี่ยวโยงของสารประกอบเพกทิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ในเนื้อเยื่อพืช
(ดัดแปลงจาก Mariam, 2008)

2.5.2 สารประกอบเพกทิน

เนื่องจากสารประกอบเพกทินทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบโครงสร้าง พบในพืชทุกชนิดโดยเฉพาะที่ผนังเซลล์และระหว่างเซลล์ (intercellular) มีปริมาณมากในผักและผลไม้หลายชนิด เช่น เปลือกส้มและมะนาวจะมีสารประกอบเพกทินในปริมาณสูงถึง 20-30% (w/w) และในแอปเปิ้ลมีประมาณ 15% (w/w) นอกจากนี้สารประกอบเพกทินในพืชยังทำหน้าที่เปรียบเหมือนซีเมนต์เชื่อมยึดเซลล์ต่างๆ ของเนื้อเยื่อไว้ จึงทำให้ผักและผลไม้มีเนื้อสัมผัสที่แน่น เกิดการกักเก็บสารต่างๆ ไว้ภายในเนื้อเยื่อดังกล่าวมาแล้ว ดังนั้นการใช้เอนไซม์เพกทิเนสในการแปรรูปผักและผลไม้จึงมีผลทำให้สารประกอบเพกทินมีขนาดโมเลกุลลดลง และมีหมู่คาร์บอกซิลอิสระในโมเลกุลมากขึ้นอันเนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์ ทำให้เพกทินยึดจับกับผนังเซลล์โดยรอบอย่าง

หลวม ส่งผลให้ผักและผลไม้ที่เดิมมีเนื้อสัมผัสที่แน่น มีความอ่อนตัว เกิดการปล่อยสารต่างๆ เช่น รงควัตถุและสารให้กลิ่นรส ภายในเนื้อเยื่อพืชออกมาได้มากกว่าการใช้วิธีบีบอัดทางกายภาพ (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2547; วรณา ตุลยธัญ, 2549) ดังนั้นสามารถแบ่งสารประกอบเพกทิน ที่พบในผลไม้ตามลักษณะของโครงสร้างหลักได้เป็น โพรโตเพกทิน เพกทิน กรดเพกทินิก และกรดเพกติก (Kashyap และคณะ, 2001; Jayani และคณะ, 2005)

(1) โพรโตเพกทิน คือ สารประกอบเพกทินต้นตอที่ไม่ละลายน้ำ พบมากในเนื้อผลไม้ดิบ

(2) เพกทิน คือ สารประกอบเพกทินที่หมู่คาร์บอกซิลประมาณ 75% ถูกทำให้เป็นเอสเทอร์ด้วยเมทานอล พบมากในเนื้อผลไม้ที่เริ่มสุกจนสุกงอม โมเลกุลเพกทินประกอบขึ้นจากกรด α -D-galactopyranosyluronic ต่อเชื่อมกันเป็นสายโซ่ตรงและยาว ยึดจับระหว่างกันด้วยพันธะ α -1,4-glycosidic บางส่วนของหมู่คาร์บอกซิลบนสายโซ่จะมีหมู่เมทิลมาเอสเทอร์ไฟด์ นอกจากนี้เพกทินยังมีพวงสายกิ่งที่ประกอบด้วยน้ำตาลชนิดเป็นกลาง โดยเฉพาะน้ำตาล L-rhamnose ส่วนน้ำตาลอื่นที่พบได้แก่ D-galactose และ L-arabinose เป็นต้น

(3) กรดเพกทินิก คือ สารประกอบเพกทินที่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์เหลืออยู่เล็กน้อย (มากกว่า 0 แต่น้อยกว่า 75%) พบมากในเนื้อผลไม้สุก

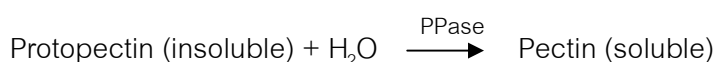
(4) กรดเพกติก คือ สารประกอบเพกทิน หรือพอลิเมอร์ของกรดกาแลกทูโรนิกที่ไม่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์ในโมเลกุล

2.5.3 เอนไซม์เพกทิเนส

เอนไซม์กลุ่มเพกทิเนส เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสารประกอบเพกทินที่ผนังเซลล์พืช ซับสเตรตของเอนไซม์เพกทิเนสคือ สารประกอบประเภทเพกทิน ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างได้เป็น 4 ชนิด ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เอนไซม์เพกทิเนสสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะการทำงาน คือ โพรโตเพกทิเนส เอสเทอเรส และดีพอลิเมอเรส (Alkorta และคณะ, 1998; Kashyap และคณะ, 2001; Jayani และคณะ, 2005; Yadav และคณะ, 2009)

(1) โพรโตเพกทิเนส (Protopectinases, PPase)

เป็นเอนไซม์กลุ่มที่เร่งการสลายโปรโตเพกทินที่ไม่ละลายน้ำ โดยจะได้พอลิเมอร์ของเพกทินที่สั้นลงและสามารถละลายน้ำได้มากขึ้น ดังสมการ



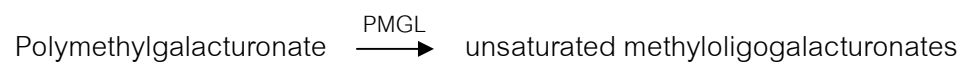
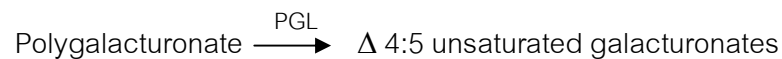
(2) เอสเทอเรส (Esterases)

เป็นเอนไซม์ที่เร่งการเกิดปฏิกิริยา de-esterification ของเพกทิน โดยดึงหมู่เมทิลเอสเทอร์ออก ได้แก่ เอนไซม์เพกทินเอสเทอเรส (PE) ได้ผลผลิตเป็น pectate ซึ่งคงความยาวของสายพอลิเมอร์เดิมและเมทานอล ดังสมการ

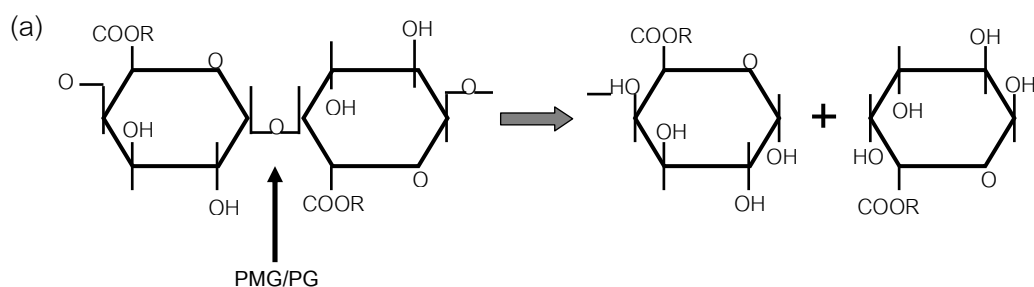


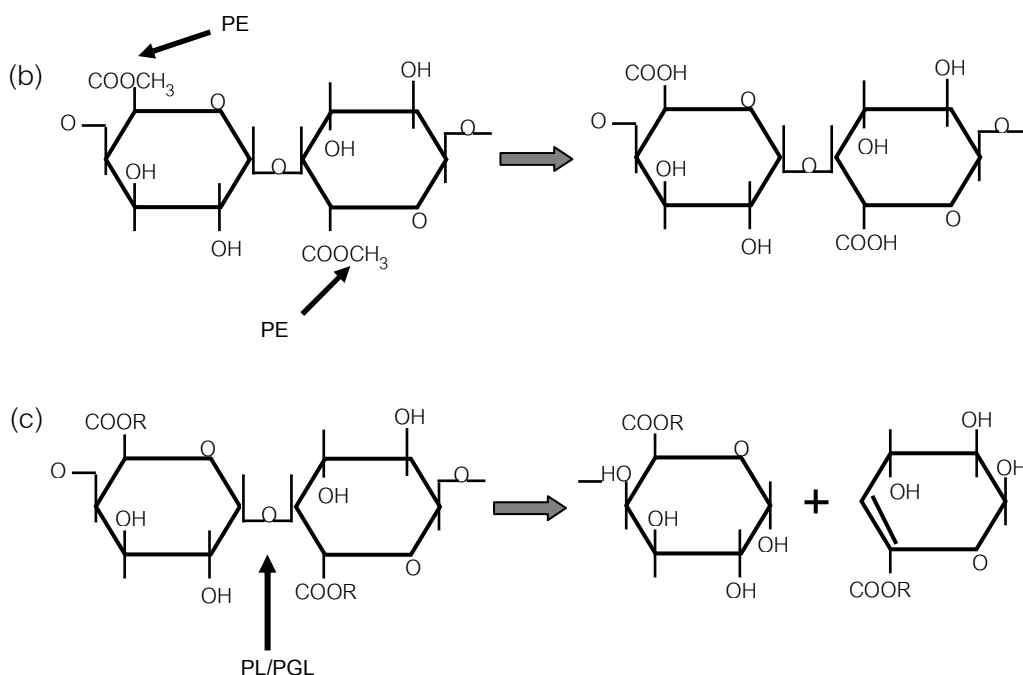
(3) ดีพอลิเมอร์ส (Depolymerases)

เป็นเอนไซม์ที่เร่งการสลายพันธะ α -(1 \rightarrow 4)-glycosidic ระหว่างกรดกาแลกทูโรนิกของสารประกอบเพกทิน แบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก ตามลักษณะการสลายพันธะ กลุ่มแรกคือ เอนไซม์พอลิกลาแลกทูโรเนส (PG) และเอนไซม์พอลิเมทิลกลาแลกทูโรเนส (PMG) ทำหน้าที่ไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคซิดของเพกเตตและเพกทินตามลำดับ ส่วนอีกกลุ่มคือ เอนไซม์พอลิกลาแลกทูโรเนตไลเอส (PGL) และเอนไซม์พอลิเมทิลกลาแลกทูโรเนตไลเอส (PMGL) ทำหน้าที่สลายพันธะไกลโคซิดของเพกเตตและเพกทินตามลำดับ โดยอาศัย β -elimination ได้สารพอลิเมอร์สายสั้นที่สายหนึ่งมีปลายรีดิวซ์และอีกสายพอลิเมอร์มีพันธะคู่ ดังสมการ



เอนไซม์เพกทิเนสที่ใช้ทางการค้าส่วนใหญ่ ประกอบด้วยเอนไซม์หลายชนิด โดยมีเอนไซม์กลุ่มเพกทิเนสเป็นหลัก เช่น เอนไซม์พอลิกลาแลกทูโรเนส เพกทินไลเอส และ เพกทินเอสเทอเรส รวมถึงเอนไซม์ชนิดอื่นได้แก่ เอนไซม์เฮมิเซลลูเลส เซลลูเลส โปรติเอส และ อะไมเลส เป็นต้น ซึ่งการทำงานร่วมกันของเอนไซม์เหล่านี้จะช่วยเสริมประสิทธิภาพในการย่อยสลายประกอบต่างๆ ในผนังเซลล์พืชได้ดียิ่งขึ้น การผลิตเอนไซม์เพกทิเนสทางการค้าส่วนใหญ่จะผลิตโดยใช้จุลินทรีย์ *Aspergillus niger* และ *Aspergillus aculeatus* (Mutlu และคณะ, 1999) รูปที่ 2.5 ปฏิกิริยาของเอนไซม์เพกทิเนสชนิดต่างๆ





รูปที่ 2.5 ปฏิกิริยาของเอนไซม์เพกทิเนสชนิดต่างๆ (a) PG (R = H), PMG (R = CH₃);

(b) PE; (c) PGL (R = H), PL (R = CH₃); PMG = polymethylgalacturonases;

PG = polygalacturonases (EC 3.2.1.15); PE = pectinesterase (EC 3.1.1.11);

PL = pectin lyase (EC 4.2.2.10); ลูกศรแสดงตำแหน่งที่เอนไซม์เพกทิเนส

เข้าทำอันตรกิริยากับสารประกอบเพกทิน (Jayani และคณะ, 2005)

2.5.4 ปัจจัยที่ควบคุมการทำงานของเอนไซม์ (Baumann, 1981; Whitaker, 1996

ปราณี อ่านเปรื่อง, 2547) ได้แก่

(1) ปริมาณซับสเตรตและความเข้มข้นของเอนไซม์

เมื่อปริมาณซับสเตรต และเอนไซม์เพิ่มมากขึ้น โอกาสที่จะเกิดการจับตัวของเอนไซม์และซับสเตรตย่อมมีมากขึ้นด้วย อัตราการเกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น แต่ถ้าปริมาณซับสเตรตและเอนไซม์ลดลงก็จะทำให้โอกาสที่จะจับตัวกันลดลงด้วย ปฏิกิริยาจึงเกิดได้ช้าลง นั่นคือ อัตราการเร่งปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของซับสเตรตหรือปริมาณของเอนไซม์ แต่ถ้ามีปริมาณซับสเตรตมากเกินไปก็ไม่มีผลทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีปริมาณเอนไซม์เพียงพอที่จะทำปฏิกิริยากับซับสเตรตที่มากเกินไปนั้น ในทางตรงข้ามถ้าหากมีเอนไซม์ปริมาณมากเกินไปในปฏิกิริยา ก็ไม่มีผลทำให้อัตราของปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น เพราะไม่มีซับสเตรตเหลือพอที่จะเข้าทำปฏิกิริยา แต่ถ้าให้เวลาเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเอนไซม์หลุดออกจากผลิตภัณฑ์ และสามารถเร่งปฏิกิริยาของซับสเตรตโมเลกุลอื่นก็จะทำให้อัตราของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นได้

(2) ระยะเวลาการทำปฏิกิริยา

การเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้มากขึ้น เนื่องจากโอกาสในการจับตัวของเอนไซม์และซับสเตรตมีมากขึ้น แต่เมื่อซับสเตรตหมดหรือปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุล การเพิ่มระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาจะไม่มีผลต่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

(3) pH

ค่า pH มีผลต่อเสถียรภาพและแอกทิวิตีของเอนไซม์ โดยเอนไซม์ทุกชนิดเป็นโปรตีน ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของเอนไซม์ก็คือปัจจัยที่มีผลให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนไป ซึ่ง pH จะไปมีผลต่อการแตกไอออนของ prototropic group ที่อยู่ในบริเวณเร่ง (active site) ของเอนไซม์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงรูปสามมิติซึ่งจะมีผลต่อการจับกับซับสเตรต หรือการเร่งปฏิกิริยา อีกทั้งยังนำไปสู่การจับกับเอนไซม์ที่เปลี่ยนไปด้วย บางกรณี pH อาจมีผลให้ผลผลิตต่ำ ดังนั้นในปฏิกิริยาต้องควบคุม pH ให้เหมาะสมสูงสุดที่จะไม่ให้แอกทิวิตีถูกยับยั้งไป ซึ่งเอนไซม์แต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน ที่ระดับ pH ต่างกัน โดยจะมีช่วงหนึ่งที่เอนไซม์มีแอกทิวิตีสูงสุด เรียกว่า optimum pH

(4) อุณหภูมิ

ปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่จะให้ความเร็วปฏิกิริยาสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นดังนั้นการเพิ่มอุณหภูมิจะช่วยเพิ่มพลังงานจลน์ที่โมเลกุลของสารปฏิกิริยา แล้วมีผลให้เกิดการชนกันได้มากขึ้นต่อหน่วยเวลา เช่นเดียวกันกับเอนไซม์ เนื่องจากเอนไซม์เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนและโมเลกุลของเอนไซม์มีโครงสร้างที่ละเอียดอ่อนมาก ถ้าโมเลกุลของสารปฏิกิริยามีพลังงานมากเกินไป โครงสร้างของเอนไซม์จะเสียหาย ทำให้เอนไซม์เสียสภาพธรรมชาติและสูญเสียแอกทิวิตีไป ซึ่งเอนไซม์แต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานหรือ optimum temperature แตกต่างกันไป โดยค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมนี้ หมายถึงอุณหภูมิสูงสุดที่เอนไซม์จะแสดงแอกทิวิตีสูงสุด

2.5.5 การทำงานของเอนไซม์เพกทิเนสในการแปรรูปผลไม้

เพกทิเนสเป็นเอนไซม์หลักที่ใช้ในอุตสาหกรรมการแปรรูปผักและผลไม้ ซึ่งเอนไซม์เพกทิเนสมักใช้ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสและเฮมิเซลลูเลส เพื่อช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพในการสกัดและเพิ่มผลผลิต เพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ หรือเพื่อลดส่วนกากทิ้ง โดยเอนไซม์จะช่วยย่อยพอลิแซคคาไรด์ในวัตถุดิบหรือวัสดุที่ใช้ในการแปรรูปผักและผลไม้ (Alkorta และคณะ, 1998; เปี่ยมสุข พงษ์สวัสดิ์, 2551) สำหรับการใช้น้ำเอนไซม์เพกทิเนสในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ นั้นจะช่วยเพิ่มปริมาณน้ำผลไม้ที่สกัดได้ รวมทั้งสารกลีโคไซด์ เนื่องจากการสกัดน้ำผลไม้โดยทั่วไปที่ใช้วิธีการบีบอัดทางกายภาพ จะเริ่มต้นด้วยการทำให้เนื้อเยื่อในผนังเซลล์ฉีกขาดและทำให้เล็กลง ผลผลิตจะขึ้นอยู่กับแรงอัดและลักษณะเนื้อผลไม้ ความอ่อนแก่ ความสด โดยถ้าเนื้อสัมผัสแข็ง จะ

สกัดด้วยแรงกลได้ง่าย แต่ถ้าผลไม้มีรสขม การบีบอัดจะให้น้ำน้อย ดังนั้นการใช้เอนไซม์จะช่วยให้น้ำมากขึ้นโดยเอนไซม์จะทำหน้าที่ทำลายเนื้อเยื่อเซลล์ผลไม้ ทำให้โครงสร้างเซลล์อ่อนตัว เกิดการปลดปล่อยของเหลวและปล่อยองค์ประกอบสำคัญ เช่น รงควัตถุและสารให้กลิ่นรส นอกจากนี้เอนไซม์เพกทิเนสยังมีบทบาทต่อความใสของน้ำผลไม้ด้วย เนื่องจากกระบวนการผลิตผลไม้ใส มีขั้นตอนการแยกตะกอนแขวนลอยของเพกทิน เซลลูโลส ออกไป โดยเซลล์แขวนลอยของคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นได้ทั้งเพกทินและเซลลูโลสอาจรวมตัวกับโปรตีนจะแยกด้วยวิธีการกรองได้ยาก ดังนั้นการใช้เอนไซม์เพกทิเนสนั้นจะไปช่วยย่อยสลายสารเพกทินให้เปิดออก เพื่อให้โมเลกุลโปรตีนในคอลลอยด์และเพกทินมารวมกันเกิดเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้น ส่งผลให้ง่ายต่อการกรองและการปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนออก ทำให้น้ำผลไม้ที่ได้มีความใสมากขึ้น (Kilara, 1982; Pilnik และ Voragen, 1991; ปราณี อ่านเปรื่อง, 2547) บทบาทของเอนไซม์ที่ใช้ย่อยสลายพอลิแซ็กคาไรด์ในผนังเซลล์พืชแสดงในตารางที่ 2.2

การใช้เอนไซม์ในการผลิตน้ำผลไม้มี 2 รูปแบบ (Baumann, 1981) คือ

- (1) Mash treatment เป็นวิธีเติมเอนไซม์ลงในเนื้อผลไม้ที่ผ่านการบดมาแล้ว ก่อนนำไปบีบคั้นเพื่อเอาน้ำผลไม้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ
 - ทำให้น้ำผลไม้สตกายเป็นของเหลว สำหรับการผลิต pulp ผลไม้และเนกต้า
 - เพิ่มปริมาณน้ำผลไม้และช่วยในการสกัดองค์ประกอบอื่นๆ
- (2) Juice treatment เป็นวิธีเติมเอนไซม์ลงในน้ำผลไม้ที่บีบคั้นออกมาแล้ว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ
 - ลดความหนืดในน้ำผลไม้เข้มข้น
 - ทำให้อุ่น ช่วยในการกรอง และความคงตัว

ตารางที่ 2.2 บทบาทของเอนไซม์ที่ใช้ย่อยสลายพอลิแซคคาไรด์ในผนังเซลล์พืช

| เอนไซม์ | ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น | ผลิตภัณฑ์ที่ได้ |
|---|--|---|
| เพกทินเอสเทอเรส (PE) ร่วมกับเกลือแคลเซียม | เกิดปฏิกิริยา saponification หรือ deesterification ที่ผนังเซลล์พืช | ทำให้ผลไม่มีความแน่นเนื้อ (firming) ลดลง |
| PG, PL, PAL | สลายเพกทินและกรดเพกติกที่ ผนังเซลล์บางส่วน | ทำให้เนื้อผลไม่อ่อนตัว (softening) |
| PG, PL | สลายเพกทินและกรดเพกติกที่ middle lamella บางส่วน ทำให้ เนื้อเยื่อที่รวมอยู่ แยกออกจากกัน กระจัดกระจาย | ทำให้เนื้อผลไม่นิ่ม หรือเปื่อยยุ่ย (maceration) |
| PG + PE และ/หรือ PL ร่วมกับเฮมิเซลลูเลส (อาราบาเนส, กาแล็กทานเนส) | ย่อยสลายเพกทิน กรดเพกติก, อะราบีแนน, กาแล็กแทนใน ส่วน ที่เกี่ยวข้องที่ผนังเซลล์ | ทำให้เนื้อเยื่อเซลล์ผลไม้ทั้งหมด ถูกทำลาย (disintegration) เกิดการปล่อยของเหลวละลาย เพกทิน อะราบีแนน และ กาแล็กแทนสายสั้น เกิดเป็น คอลลอยด์ที่เสถียรและข้น |
| เซลลูเลส + PE + PG และ/หรือ PL | เกิดการย่อยสลายพอลิแซคคาไรด์ ทั้งหมดของผนังเซลล์พืช | ทำให้เป็นของเหลว (liquefaction) ไม่ขึ้น ไทลีนได้ดี สารให้กลิ่นรสละลาย ผสมได้ดี มี กลิ่นรสตามเฉพาะผลิตภัณฑ์ |
| เฮมิเซลลูเลส, โอลิโกเมอเรส, เอกโซ-คาร์โบไฮเดรส, ไกลโคซิเดส (เช่น อะไมเลส) | เกิดการย่อยสลายโมเลกุลของ พอลิแซคคาไรด์ให้เป็นโมโนแซคคา ไรด์ | เกิดเป็นน้ำเชื่อมของน้ำตาล เชิงเดี่ยว (saccharification), คู่ เช่น กลูโคสไซรัป, ฟรุคโทสไซรัป, โอลิโกฟรุคโทสไซรัป, ซึ่งมีรส หวานและตกผลึกที่ความเข้มข้น สูง |

ที่มา: ปรานี อานเป็อง (2547)

ตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาการใช้เอนไซม์ในกระบวนการสกัดน้ำผลไม้และสารให้กลิ่นรสจากผลไม้ ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งโดยส่วนมากจะพิจารณาจากปัจจัยด้านความเข้มข้นของเอนไซม์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

Hassan และคณะ (1994) ศึกษาการสกัดน้ำสับปะรดโดยใช้เซลลูเลสและเพกทิเนส ที่ภาวะความเข้มข้น 0.025% อุณหภูมิ 27-30°C เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งพบว่าได้ผลผลิตสูงถึง 81-86% ซึ่งมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้เอนไซม์ คือ 72% พบว่าการใช้เอนไซม์สกัดน้ำสับปะรดจะช่วยเพิ่มผลผลิตและลดความหนืดลงได้

Delgado-Vargas และ Paredes-López (1996) รายงานว่า ดอกดาวเรืองสดที่สกัดด้วยเอนไซม์มีความไวในการสกัดรงควัตถุในกลุ่มแคโรทีนอยด์สูงกว่าที่ไม่เติมเอนไซม์ โดยเอนไซม์เพกทิเนส-ซีอีพี ความเข้มข้น 0.1% (w/w) ให้ผลผลิตของแคโรทีนอยด์สูงสุด มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.7 เป็น 4.2 g/kg ของดอกดาวเรือง (dry weight)

Alvarez และคณะ (1998) ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำแอปเปิ้ลโดยใช้เอนไซม์กลุ่มเพกทิเนสที่ความเข้มข้นในช่วง 0-400 ppm เวลาการย่อยนาน 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 55°C พบว่า น้ำแอปเปิ้ลที่ได้มีความข้นและความหนืดน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ใช้เอนไซม์

Multlu และคณะ (1999) รายงานว่า การใช้เอนไซม์กลุ่มเพกทิเนสในการผลิตน้ำแครอท นอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณน้ำแครอทที่ได้มากถึง 20% ยังเป็นการเพิ่มปริมาณเบต้าแคโรทีนในน้ำแครอท รวมทั้งให้สีและกลิ่นรสของแครอทที่ดีกว่าการไม่ใช้เอนไซม์ เช่นเดียวกับการใช้เอนไซม์กลุ่มนี้ เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำผลไม้และปริมาณแอนโทไซยานินในน้ำองุ่นแดง (Pilnik และ Voragen, 1993)

Landbo และ Meyer (2001) ศึกษาการใช้กลุ่มของเอนไซม์ในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากกากแบคเคอเรนที่ที่เหลือจากการผลิตเป็นน้ำผลไม้ พบว่าในทุกๆ เอนไซม์นั้นสามารถย่อยสลายผนังเซลล์พืชได้ และพบว่าการใช้เอนไซม์ Grindamyl pectinase จะส่งผลให้ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด

Al-Hooti และคณะ (2002) ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซรัปจากอินทผลัม เพื่อใช้เป็นสารให้ความหวานและทดแทนการใช้น้ำตาลในอุตสาหกรรมอาหาร โดยใช้เอนไซม์เพกทิเนสและเซลลูเลสเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 2.0% (v/w) เวลาการย่อยนาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40°C พบว่า การใช้เอนไซม์จะช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เป็น 68% ซึ่งมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้เอนไซม์ รวมทั้งช่วยลดความหนืดและคงลักษณะสีและกลิ่นรสธรรมชาติของอินทผลัมไว้ได้

Barros และคณะ (2004) ศึกษาการใช้เอนไซม์ในกลุ่มเพกทิเนสในการผลิตน้ำเชอร์รี่และน้ำส้มแปรรูป พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำเชอร์รี่และน้ำส้มแปรรูปคือ การใช้เอนไซม์ความเข้มข้น 20 mg/L ระยะเวลาการย่อยสลายนาน 60 นาที ที่อุณหภูมิ 40°C ส่งผลให้น้ำเชอร์รี่และน้ำส้มแปรรูปมีความหนืด ความขุ่น และปริมาณสารเพกทินลดลง และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกรอง

Rai และคณะ (2004) ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มเข้มข้นโดยเอนไซม์เพกทิเนส พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์และอุณหภูมิ ส่งผลให้น้ำส้มเข้มข้นมีความหนืดและปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ลดลง และน้ำส้มเข้มข้นมีความใสเพิ่มขึ้น โดยภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มเข้มข้นคือ การใช้เอนไซม์เพกทิเนสความเข้มข้น 0.0004% (v/w) ระยะเวลาในการย่อยสลาย 99.27 นาที ที่อุณหภูมิ 41.89 °C

Çinar (2005a) รายงานว่า การใช้เอนไซม์เพกทิเนสและเซลลูเลสในการสกัดแคโรทีนอยด์ในมันฝรั่ง พบว่ารงควัตถุในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่ได้มีความคงตัวของสีสูงกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย

Çinar (2005b) ศึกษาผลความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสและเซลลูเลส รวมทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดแคโรทีนอยด์จากเปลือกส้ม มันเทศ และแครอทพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์จะช่วยลดระยะเวลาในการสกัดแคโรทีนอยด์จากทุกตัวอย่างได้ และในกรณีของแครอทจะเห็นได้ชัดว่าระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ที่สกัดได้มากกว่าการเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์

Lee และคณะ (2006) ใช้เพกทิเนส (Pectinex Ultra SP-L) แอมิเลส (AMG 300L) ทางการค้า ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทำน้ำกล้วยหอมให้ใสโดยใช้เอนไซม์ พบว่าการใช้เอนไซม์ในภาวะที่แตกต่างกัน จะมีผลต่อความสามารถในการกรอง ความใส ความขุ่น และความหนืดของน้ำกล้วยที่ได้ และภาวะที่เหมาะสมในการทำน้ำกล้วยให้ใส คือ ใช้เอนไซม์เพกทิเนสความเข้มข้น 0.084% ปมที่อุณหภูมิ 43.2°C นาน 80 นาที

Sun และคณะ (2006) ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการใช้เอนไซม์เพกทิเนสและเซลลูเลสผลิตน้ำแครอทเข้มข้นพบว่า การใช้เอนไซม์เข้มข้น 100 ml/t เวลาการย่อยนาน 80 นาที ที่อุณหภูมิ 45°C pH 4.8 เป็นภาวะที่ให้ปริมาณน้ำแครอทและเบต้าแคโรทีนสูง ($\geq 63.479\%$ และ ≥ 54.19 mg/kg ตามลำดับ) และมีค่าความหนืดต่ำ (≤ 2.128 cP)

Abdullah และคณะ (2007) รายงานว่า ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมะเฟือง ได้แก่ การใช้เอนไซม์เพกทิเนสทางการค้าที่ความเข้มข้น 0.10% (v/v) เป็นเวลา 20 นาที อุณหภูมิ 30°C ทำให้ได้น้ำมะเฟืองที่มีความหนืดและความขุ่นลดลง

Reddy และ Reddy (2007) ศึกษาการผลิตน้ำมะม่วง โดยใช้เอนไซม์เพกทิเนส พบว่า ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะม่วง ได้แก่ การใช้เอนไซม์เพกทิเนสที่ความเข้มข้น 0.6% (v/v) เป็นเวลา 10 ชั่วโมง อุณหภูมิ 30°C ทำให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาลรีดิวิธ และน้ำมะม่วงมากที่สุด

Wilkin และคณะ (2007) ศึกษาหาระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสและเซลลูเลสที่ช่วยย่อยสลายเปลือกส้มโอ เพื่อหาปริมาณน้ำตาลที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่า เอนไซม์เพกทิเนส 5 mg/g น้ำหนักเปลือกแห้ง และเซลลูเลส 2 mg/g น้ำหนักเปลือกแห้งเป็นระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ต่ำสุดที่ช่วยเพิ่มผลผลิตของน้ำตาลกลูโคส นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสเพิ่มขึ้นช่วยให้น้ำตาล เช่น อะราบิโนส ฟรุกโตส กาแลคโตส และ ซูโครส มีผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนเอนไซม์เซลลูเลสที่ไม่สามารถเพิ่มผลผลิตของน้ำตาลเหล่านี้ได้

Fu และคณะ (2008) รายงานว่า เมื่อใช้เอนไซม์เพกทิเนสความเข้มข้น 0.268 และ 0.132 mg/g ในการสกัดผลผลิตของ ลูทีโอลิน และอะพิคจินิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบในฟลาโวนอยด์ จากใบถั่วแระ ช่วยเพิ่มผลผลิตถึง 248% และ 239% ของตัวอย่างที่ไม่เติมเอนไซม์ตามลำดับ

Lin และคณะ (2009) ศึกษาการใช้เอนไซม์เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลส เพกทิเนสและโปรติเอส ที่ใช้ในการเตรียมพืชตระกูลสนเพื่อวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน พบว่าเอนไซม์ที่ใช้ช่วยทำลายผนังเซลล์พืช โดยตัดพันธะที่เชื่อมเซลลูโลสทำให้มีลักษณะที่ไม่เป็นผลึก เซลล์ที่ถูกย่อยสลายนี้เป็นตัวชี้ถึงการปลดปล่อยสารชีวภาพต่างๆ ออกจากแควคิวโกลที่อยู่ในเซลล์และช่วงเร่งประสิทธิภาพการสกัด เป็นที่น่าสังเกตว่าจากการทดลองในพืชตระกูลสนชนิด PM (*Pinus morrisonicola*) พบว่าเมื่อใช้เอนไซม์ผสมกัน 3 ชนิด เซลลูเลส เพกทิเนสและโบลมิเลน (1:1:1) ช่วยเพิ่มปริมาณโพลีฟีนอลสูงขึ้น 60.5% ส่วนถ้าใช้เอนไซม์ 2 ชนิด เซลลูเลสและเพกทิเนสช่วยเพิ่มปริมาณโพลีฟีนอลสูงขึ้น 50.5%

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ

3.1.1 คัดเลือกระดับความสุกในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

งานวิจัยส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกระดับความสุกในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตสารสกัดแคนตาลูป โดยพิจารณาจากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในเนื้อและรกของแคนตาลูป

3.1.2 ศึกษาสารหน้าที่เฉพาะและสารระเหยในเนื้อและรกของแคนตาลูป

งานวิจัยส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของสารหน้าที่เฉพาะและสารระเหยที่พบในเนื้อและรกของแคนตาลูปสุกที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.1.1 โดยวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมดแบ่งเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณเบต้าแคโรทีน ปริมาณวิตามินซี ค่าแอกทิวิตีของสารฟรีโอบไอติก และสารระเหยด้วยวิธี Solid-phase microextraction/ gas chromatography/ mass spectrometry (SPME/GC/MS)

3.1.3 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเนื้อและรกของแคนตาลูป

งานวิจัยส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.1.1 เพื่อใช้เป็นภาวะในการเตรียมเนื้อและรกของแคนตาลูปตีปั่น ก่อนย่อยด้วยเอนไซม์ในขั้นตอนต่อไป โดยมีปัจจัยที่ศึกษา 3 ปัจจัย คือ ชนิดสารควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ปริมาณสารควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และระยะเวลาการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ

3.1.4 ศึกษาภาวะการผลิตสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปด้วยเอนไซม์

Pectinex® Ultra SP-L

งานวิจัยส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะการผลิตสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปด้วยเอนไซม์ โดยมีปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาที่ใช้ในการย่อย ติดตามการทำงานของเอนไซม์ที่ภาวะต่างๆ จากระดับการตัดพันธะไกลโคซิดของพอลิเมอร์ในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ประเมินจากค่าน้ำตาลรีดิวซ์ โดยเลือกภาวะที่สารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปมีระดับการตัดพันธะไกลโคซิดครอบคลุมจากช่วงต่ำไปสูงเป็นตัวแทนในการศึกษาสารหน้าที่เฉพาะของสารสกัดจากเนื้อและรกแคนตาลูป

3.1.5 ศึกษาสารหน้าที่เฉพาะของสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูป

งานวิจัยส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารหน้าที่เฉพาะของสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ เพื่อเป็นข้อมูลยืนยันว่าสารสกัดที่ได้สามารถพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหารที่มีหน้าที่เฉพาะ ศึกษาสารหน้าที่เฉพาะดังนี้ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ปริมาณเบต้าแคโรทีน ปริมาณใยอาหารทั้งหมดแบ่งเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ค่าแอกทิวิตีของสารฟรีไบโอติก และสารระเหย ด้วยวิธี SPME/GC/MS รวมทั้งประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปและทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

3.2 วัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์

3.2.1 วัตถุดิบ

เนื้อและรกของแคนตาลูปที่ใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยคือ แคนตาลูปพันธุ์ชั้นเลิศที่เจริญเติบโตเต็มที่ มีอายุเก็บเกี่ยวหลังดอกบาน 45 วัน หรือตั้งแต่หยอดเมล็ดไม่เกิน 60 วัน ผิวเรียบมีสีชาวครีม เก็บเกี่ยวเมื่อมีรอยแยกระหว่างผลกับขั้วผลประมาณ 50% หรือ ครึ่งหนึ่งของรอบขั้วผล น้ำหนักผลประมาณ 1,300-1,600 กรัม จากสวนในจังหวัดสระแก้วของประเทศไทย

3.2.2 เอนไซม์

| | |
|----------------------|---|
| Amyloglucosidase | (Sigma-Aldrich, Germany) |
| Pectinex® Ultra SP-L | (Novo Industri A/S Copenhagen, Denmark) |
| Protease | (Sigma-Aldrich, Germany) |
| Termamyl | (Sigma-Aldrich, Germany) |

3.2.3 สายพันธุ์แบคทีเรีย

| | |
|---|-----------------------------|
| <i>Bifidobacterium animalis</i> spp. <i>lactis</i> Bb12 | (Christian Hansen, Denmark) |
|---|-----------------------------|

Lactobacillus acidophilus La5 (Christian Hansen, Denmark)

Escherichia coli ATCC 29922 (Culture Collection Unit, โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์)

3.2.4 สารเคมี

3.2.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซिटริก

Phenolphthalein A.R. grade (Merck, Germany)

Potassium hydrogen phthalate A.R. grade (Ajax, Australia)

Sodium hydroxide A.R. grade (Ajax, Australia)

3.2.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร

Acetone A.R. grade (Ajax, Australia)

Celite A.R. grade (Sigma-Aldrich, Germany)

Disodium hydrogen phosphate A.R. grade (Ajax, Australia)

Ethanol absolute A.R. grade (Ajax, Australia)

95% Ethanol A.R. grade (BDH, UK)

Hydrochloric acid A.R. grade (J.T. Baker, USA)

Sodium dihydrogen phosphate A.R. grade (Ajax, Australia)

Sodium hydroxide A.R. grade (Ajax, Australia)

3.2.4.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

1. วิธี 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) A.R. grade (Fluka, USA)

95% Ethanol A.R. grade (BDH, UK)

Methanol A.R. grade (BDH, UK)

2. วิธี 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS)

ABTS A.R. grade (Fluka, USA)

Potassium persulfate A.R. grade (BDH, UK)

Methanol A.R. grade (BDH, UK)

Trolox A.R. grade (Fluka, USA)

3.2.4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

Folin-Ciocalteu's phenol reagent A.R. grade (Merck, Germany)

Gallic acid A.R. grade (Fluka, USA)

Sodium carbonate A.R. grade (S.d. fine-chem limited, India)

3.2.4.5 การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์

| | |
|-------------------|------------------------------|
| Aluminum chloride | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| Catechin | A.R. grade (Fluka, USA) |
| Sodium hydroxide | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| Sodium nitrite | A.R. grade (Ajax, Australia) |

3.2.4.6 การวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน

| | |
|--------------------------|------------------------------|
| Acetone | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| Anhydrous sodium sulfate | A.R. grade (Fluka, USA) |
| β -carotene | A.R. grade (Fluka, USA) |
| Petroleum ether | A.R. grade (Fluka, USA) |

3.2.4.7 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

| | |
|------------------------------|------------------------------|
| Ascorbic acid | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| 2,6-Dichlorophenolindophenol | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| Oxalic acid | A.R. grade (Ajax, Australia) |

3.2.4.8 การวิเคราะห์ค่าแอกทิวิตีของสารพีไบโอติก

| | |
|---|------------------------------|
| Agar | Commercial grade |
| Ammonium sulphate | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| D-(+)-glucose | A.R. grade (Merck, Germany) |
| Dipotassium hydrogen orthophosphate | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| Lactobacillus MRS Broth | A.R. grade (HIMEDIA, India) |
| Magnesium sulfate | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| Soyabean Casein Digest Medium (Typtone Soya Broth; TSB) | A.R. grade (HIMEDIA, India) |

3.2.4.9 สารทดสอบแอกทิวิตีของเอนไซม์เพออกซิเดส

| | |
|-------------------|-----------------------------|
| 95% Ethanol | A.R. grade (BDH, UK) |
| Guaiacol | A.R. grade (Merck, Germany) |
| Hydrogen peroxide | A.R. grade (Merck, Germany) |

3.2.4.10 สารควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

| | |
|---------------|--------------------------|
| Ascorbic acid | Food grade (วิทยาศาสตร์) |
| Citric acid | Food grade (วิทยาศาสตร์) |

3.2.4.11 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

| | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| Ammonium molybdate | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| Anhydrous sodium dihydrogen phosphate | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| Anhydrous sodium sulphate | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| Copper sulphate pentahydrate | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| D-(+)-glucose | A.R. grade (Merck, Germany) |
| Potassium sodium tartrate | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| Sodium hydroxide | A.R. grade (Ajax, Australia) |
| Sulfuric acid | A.R. grade (BDH, UK) |
| Sodium arsenate | A.R. grade (Fluka, USA) |

3.2.5 อุปกรณ์

1. Hand refractometer (Atago 0-32°Brix, Japan)
2. บั้มสุญญากาศ (Vacuum pump) (GAST รุ่น 1023-V2-G583X, Germany)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Mettler รุ่น 600, Germany)
4. เตาเผา (Muffle Furnace) (Fisher scientific รุ่น Isotemp, Germany)
5. เตาให้ความร้อน (Hot plate) (Framo[®]-Gerätetechnik รุ่น M 21/1, Thailand)
6. เครื่อง Spectrophotometer (JASCO รุ่น V-530, Japan)
7. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น BP3100S, Germany)
8. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น A2005, Germany)
9. เครื่องปั่นผสม (Philips รุ่น Cucina HR 1799, Netherlands)
10. เครื่อง pH meter (Eutech รุ่น Cyber Scan pH 1000 Bench, Singapore)
11. เครื่อง Rotary vacuum evaporator (Eyela รุ่น SB-651, Japan)
12. เครื่อง Vortex (Labnet รุ่น VX100, USA)
13. เครื่อง Chroma meter (Minolta รุ่น CR 300, Japan)
14. เครื่อง Autoclave (TOMY Autoclave รุ่น SS-320, Japan)
15. เครื่อง Incubator (Mettler รุ่น 500, Germany)
16. เครื่อง Gas chromatography (Agilent รุ่น 6890, USA)
17. เครื่อง Mass-selective detector (Agilent รุ่น 5973, USA)
18. SPME Fiber Holder ชนิด 50/30µm Divinylbenzene/Carboxen/
Polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS, Supelco)

19. เครื่อง Magnetic stirrer (Framo®-Gerätetechnik รุ่น M 21/1, Thailand)
20. เครื่อง Hand homogenizer (Ystral homogenizer รุ่น x 10/25, Netherlands)
21. เครื่อง Water bath shaker (GFL รุ่น 1092, Germany)
22. หม้อนิ่งความดัน (National รุ่น SR-TMA18, Japan)
23. Microbiology Anaerobic Jar 2.5 L (Merck, Germany)
24. AnaeroGen™ 2.5 L (Oxoid, UK)

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 คัดเลือกระดับความสุกจากเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

นำผลแคนตาลูปมาล้างทำความสะอาด และบ่มที่อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ แบ่งเป็น 3 ระดับเป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพเบื้องต้นของทั้ง 3 ระดับ เพื่อนำผลที่ได้มาใช้พิจารณากำหนดเกณฑ์สำหรับคัดเลือกวัตถุดิบในการทดลองแต่ละครั้ง โดยวัดการเปลี่ยนแปลงค่าสี ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ดังนี้

1. วัดค่าสีด้วยเครื่อง Chroma meter โดยใช้ระบบ $L^* a^* b^*$ (CIELAB) [$L^* = 0$ (Black); $L^* = 100$ (White), a^* ($-a^* = \text{Green}$; $+a^* = \text{Red}$) และ b^* ($-b^* = \text{Blue}$; $+b^* = \text{Yellow}$), แหล่งกำเนิดแสง D_{65}
2. วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter
3. วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริกตามวิธีของ AOAC (2006) แสดงในภาคผนวก ก.1
4. วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids; TSS) ด้วย Hand Refractometer ในหน่วย $^{\circ}\text{Brix}$

จากนั้นคัดเลือกระดับความสุกที่เหมาะสม สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูป โดยนำเนื้อและรกของแคนตาลูปทั้ง 3 ระดับ มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการวิเคราะห์รายละเอียดเชิงปริมาณ (Quantitative descriptive analysis; QDA) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ประเมินลักษณะด้านสี กลิ่น รส ของเนื้อและรกของแคนตาลูป ตัวอย่างแบบทดสอบแสดงในภาคผนวก ข.1 ทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD)

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistic Package for the Social Science (SPSS Version 11.5, USA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3.2 ศึกษาสารหน้าที่เฉพาะและสารระเหยในเนื้อและรกของแคนตาลูป

นำเนื้อและรกของแคนตาลูปที่เลือกได้จากข้อ 3.3.1จากนั้นศึกษาสารหน้าที่เฉพาะและสารระเหย ดังนี้

3.3.2.1 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (Antioxidant activities)

เตรียมสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูป โดยดัดแปลงวิธีของ Masuda และคณะ (1999) และวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH ทำตามวิธีของ Maisuthisakul และคณะ (2007) และวิธี ABTS ตามวิธีของ Thaipong และคณะ (2006) แสดงในภาคผนวก ก.4

3.3.2.2 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetry จากสารสกัดที่เตรียมได้ในข้อ 3.3.2.2 ตามวิธีของ Waterhouse (2005) แสดงในภาคผนวก ก.5

3.3.2.3 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธี Aluminum chloride colorimetry จากสารสกัดที่เตรียมได้ในข้อ 3.3.2.2 ตามวิธีของ Zhishen และคณะ (1999) แสดงในภาคผนวก ก.6

3.3.2.4 ปริมาณเบต้าแคโรทีน

วิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน ด้วยวิธี spectrophotometry ดัดแปลงวิธีของ Ranganna (1986) แสดงในภาคผนวก ก.7

3.3.2.5 ปริมาณวิตามินซี

วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีด้วยวิธี spectrophotometry ตามวิธีของ Pearson (1976) แสดงในภาคผนวก ก.8

3.3.2.6 ปริมาณใยอาหาร

วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber; TDF) ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber; SDF) และปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber; IDF) ตามวิธีของ AOAC (2006) แสดงในภาคผนวก ก.9

3.3.2.7 ค่าแอกทิวิตีของสารพรีไบโอติก (Prebiotic activity score)

ค่าแอกทิวิตีของสารพรีไบโอติก วิเคราะห์โดยเปรียบเทียบความสามารถในการส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นจุลินทรีย์สุขภาพหรือโพรไบโอติก ได้แก่ *L. acidophilus* La5 และ *B. lactis* Bb12 และแบคทีเรียชนิดอื่นในระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ *E. coli* ATCC 29922 กับสารที่ไม่ได้เป็นพรีไบโอติก คือ กลูโคส ดัดแปลงวิธีของ Huebner และคณะ (2007) แสดงในภาคผนวก ก.10

3.3.2.8 สารระเหย (Volatile compounds)

การเตรียมตัวอย่างและภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์สารระเหยด้วยวิธี SPME/GC/MS ดัดแปลงมาจากวิธีของ Kourkoutas และคณะ (2006); Fallik และคณะ (2001) แสดงในภาคผนวก ก.11 เตรียมสารระเหยด้วยวิธี solid-phase microextraction (SPME) โดย absorb สารระเหยเนื้อและรอกบริเวณ headspace vial ขนาด 25 ml ด้วย fibre (50/30µm Divinylbenzene/ Carboxen /Polydimethylsiloxane, Supelco) ที่อุณหภูมิ 35°C นาน 30 นาที และ desorb ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 200°C นาน 5 นาที เข้าเครื่อง GC-MS (Agilent 6890 GC, Agilent Technologies) ใช้ Capillary column, ยาว 30m เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 mm หนา 0.25 µm (HP-Innowax) ใช้ helium เป็น carrier gas อัตราการไหล 13.5 ml/min อุณหภูมิของ injector และ detector 250°C โดยเริ่มต้นระบบที่อุณหภูมิ 40°C นาน 10 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 260°C ด้วยอัตรา 15°C/ min และคงไว้ นาน 10 นาที ส่วน MS (Agilent 5973 mass-selective detector, Agilent Technologies) ที่ใช้มี electron multiplier voltage 70 eV วิเคราะห์ mass range m/z ในช่วง 30-400 และมีอุณหภูมิของ ion source และ quadrupole เท่ากับ 230 และ 150°C ตามลำดับ วิเคราะห์และจำแนกชนิดของ volatile compounds โดยเทียบเคียง mass spectra ของสารด้วย Wiley 7n Spectral Library

3.3.3 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเนื้อและรอกของแคนตาลูป

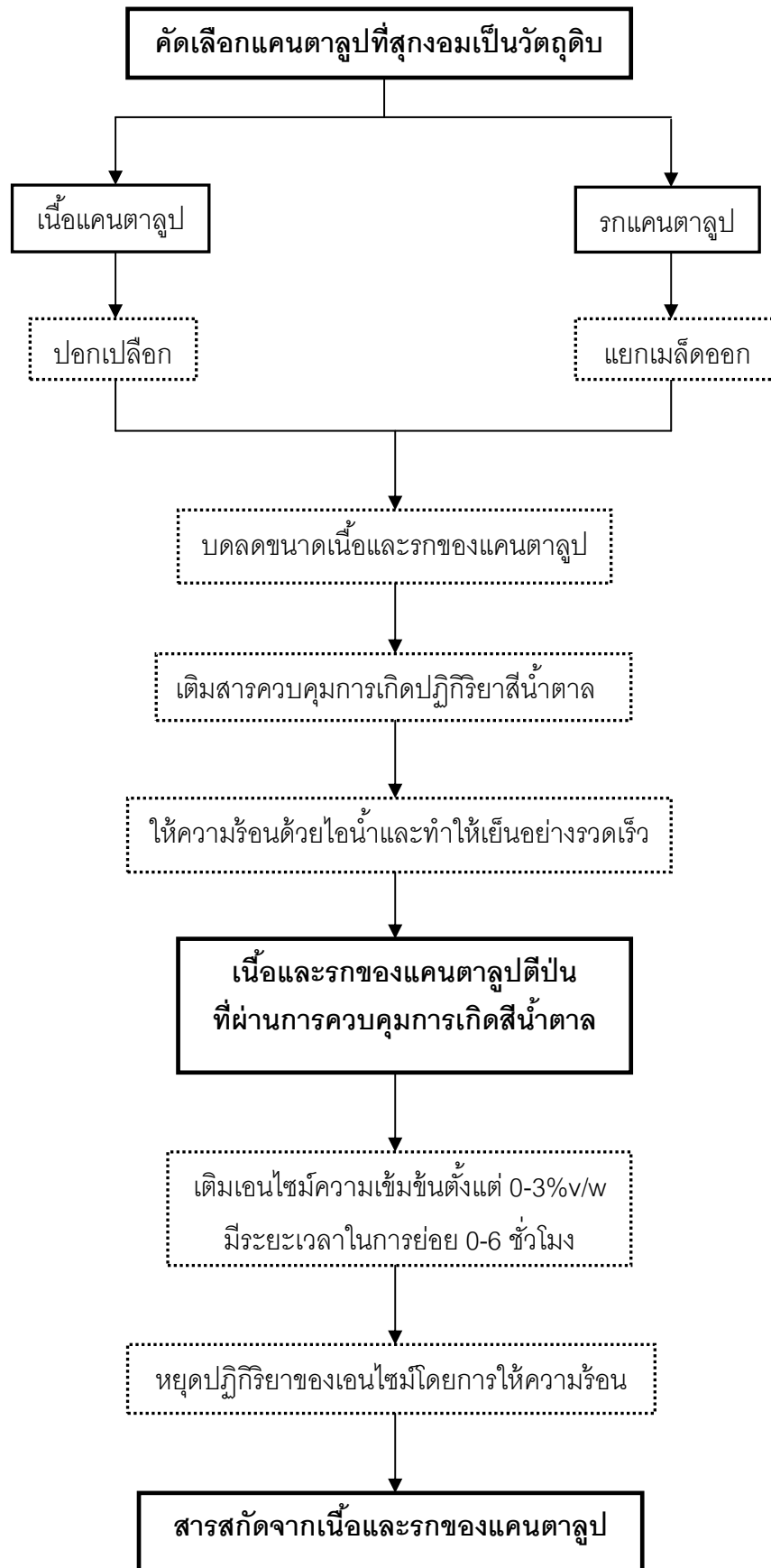
นำเนื้อและรอกของแคนตาลูปที่มีระดับความสุกที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.3.1 มาหาภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยใช้สารควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล 2 ชนิด คือ กรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก ร่วมกับการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ โดย बदลดขนาดเนื้อและรอกของแคนตาลูปนาน 2 นาที ด้วยเครื่องปั่นผสม ควบคู่กับการเติมสารควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล แปรปริมาณสารที่ใช้เป็น 4 ระดับ คือ 0, 0.1, 0.2 และ 0.3% (w/w) จากนั้นนำเนื้อและรอกของแคนตาลูปที่ปั่นที่ได้มาให้ความร้อนด้วยไอน้ำ แปรระยะเวลาในการให้ความร้อนเป็น 4 ระดับ คือ 0, 1, 2 และ 3 นาที เริ่มจับเวลาเมื่อจุดกึ่งกลางของเนื้อและรอกของแคนตาลูปมีอุณหภูมิ 85°C และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว วัดค่าสีในระบบ $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่อง Chroma meter แหล่งกำเนิดแสง D_{65} และวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter ที่ทุกภาวะการทดลอง จากนั้นนำภาวะที่เลือกมาทดสอบแยกทิวติของเอนไซม์เพออกซิเดส เพื่อยืนยันว่าภาวะที่เลือกใช้สามารถควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ ซึ่งการทดสอบแยกทิวติของเอนไซม์เพออกซิเดสทำได้โดยดัดแปลงวิธีของ Pearson (1970) แสดงในภาคผนวก ก.2 ขั้นตอนการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเนื้อและรอกของแคนตาลูปโดยย่อแสดงในรูปที่ 3.1

เลือกภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยพิจารณาจากค่าสี เพื่อใช้เป็นภาวะในการเตรียมเนื้อและรกของแคนตาลูปก่อนย่อยด้วยเอนไซม์ต่อไป ทดลอง 3 ขั้ว วางแผนการทดลองแบบ 2x4x4 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3.4 ศึกษาภาวะการผลิตสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปด้วยเอนไซม์

สารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ปั่นและควบคุมการเกิดสีน้ำตาล ที่เตรียมได้ในขั้นตอนที่ 3.3.3 ด้วยเอนไซม์เพกทินเนสทางการค้าคือ Pectinex[®] Ultra SP-L (10,292 PGU/ml) โดยทำปฏิกิริยาในขวดแก้วสีชาขนาด 250 มิลลิลิตร แบบ batch ควบคุมอุณหภูมิที่ $32\pm 2^{\circ}\text{C}$ และกวนผสมด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที แปรความเข้มข้นของเอนไซม์เป็น 7 ระดับ คือ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0% (v/w) และแปรเวลาการย่อยเป็น 9 ระดับ คือ 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5 และ 6 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาเอนไซม์โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ $95\pm 5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลานาน 5 นาที นำสารสกัดที่ได้มาทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง hand homogenizer ที่ความเร็ว 16000 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 2 นาที ขั้นตอนการผลิตสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปด้วยเอนไซม์ โดยย่อแสดงในรูปที่ 3.1 วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) ด้วย Hand Refractometer ในหน่วย °Brix วัดค่าสีในระบบ $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่อง Chroma meter แหล่งกำเนิดแสง D_{65} และวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar; RS) ตามวิธีของ Nelson (1944) แสดงในภาคผนวก ก.3 ที่ทุกภาวะการทดลอง

ติดตามการทำงานของเอนไซม์ โดยพิจารณาจากระดับการตัดพันธะไกลโคซิดของพอลิเมอร์ในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ประเมินจากค่าของน้ำตาลรีดิวซ์ เพื่อเลือกภาวะที่สารสกัดมีระดับการตัดพันธะไกลโคซิดครอบคลุมจากช่วงต่ำไปสูง เป็นตัวแทนในการศึกษาลักษณะเฉพาะของเนื้อและรกแคนตาลูปต่อไป ทดลอง 3 ขั้ว วางแผนการทดลองแบบ 7x9 Factorial in CRD วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปด้วยเอนไซม์

3.3.5 ศึกษาสารหน้าที่เฉพาะของสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูป

ศึกษาสารหน้าที่เฉพาะของสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกันที่ได้จากข้อ 3.3.4 โดยวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดตามการวิเคราะห์ในข้อ 3.3.2 ทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากสารสกัดเนื้อและรกของแคนตาลูปด้วยวิธี QDA โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ประเมินลักษณะด้านสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส ตัวอย่างแบบทดสอบแสดงในภาคผนวก ข.2 ทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ RCBD ส่วนการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณใยอาหาร ค่าแอกทิวิตีของสารฟรีไบโอติก และสารระเหยในสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์สูงสุดในช่วงที่ศึกษา ทำตามการวิเคราะห์ในข้อ 3.3.2

ทดลองใช้สารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอิมัลชันโดยใช้เป็นส่วนผสมในน้ำสลัดแทนการใช้กลิ่นสีแคนตาลูปสังเคราะห์ในสูตรต้นแบบ แสดงในภาคผนวก ค และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ด้วยวิธี QDA โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ประเมินลักษณะด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ตัวอย่างแบบทดสอบแสดงในภาคผนวก ข.3 ทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ RCBD

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range test และ T-test สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 คัดเลือกระดับความสุกที่เหมาะสมของแคนตาลูปพันธุ์ชั้นเลิศสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบ

4.1.1 การทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพเบื้องต้น

การคัดเลือกและการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของวัตถุดิบ เป็นขั้นตอนที่สำคัญ ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอในการทดลองทุกครั้ง จากการทดลองบ่มแคนตาลูปที่เจริญเติบโตเต็มที่ เป็นระยะเวลา 0, 7 และ 14 วัน จะได้ผลแคนตาลูปที่มีระดับการบ่มแตกต่างกัน 3 ระดับ แสดงลักษณะทางกายภาพภายนอก ดังรูปที่ 4.1 จากนั้นนำแคนตาลูปทั้ง 3 ระดับการบ่ม มาแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ เนื้อและรก เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพเบื้องต้นแสดงผลดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าเมื่อระดับการบ่มสูงขึ้นส่งผลให้ทั้งในเนื้อและรกของแคนตาลูปมีค่าสีเหลือง (b^*) และค่าสีแดง (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลไม้แก่เต็มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงของสีส้มเหลือง ซึ่งเป็นรงควัตถุในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่มีการสังเคราะห์เพิ่มขึ้นในระหว่างการสุก (Ibdah และคณะ, 2006) ส่วนค่าความสว่าง (L^*) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาการบ่ม 0 และ 7 วัน อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีค่าลดลงเมื่อเข้าสู่ระยะสุดท้ายของการบ่ม (14 วัน) สำหรับค่า pH พบว่ามีค่าเพิ่มมากขึ้น และปริมาณกรดทั้งที่อยู่ในรูปกรดซิตริกมีค่าลดลงในระหว่างการบ่มแคนตาลูป เนื่องจากปริมาณกรดอินทรีย์ในผลไม้เช่น กรดซิตริก จะถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในวัฏจักร Krebs ของกระบวนการหายใจ ดังนั้นหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณกรดในผลไม้จะลดลง มีผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้น (Thompson, 1996; Seymour, Taylor และ Tucker, 1993) นอกจากนี้ยังพบว่าในระหว่างการบ่มของเนื้อและรกแคนตาลูป ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าเพิ่มมากขึ้น และลดลงในช่วงการบ่มระยะสุดท้าย (บ่ม 14 วัน) เนื่องจากผลไม้เมื่อสุกเต็มที่ (Ripening) จะมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้แป้งที่สะสมไว้เปลี่ยนเป็นน้ำตาลมากขึ้น ผลไม้ที่ได้จึงมีรสหวานเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นตัวชี้วัดถึงคุณภาพที่ดีของแคนตาลูปด้วย (Miccolis และ Saltveit, 1995) แต่ถ้าเก็บไว้นานขึ้นจนเข้าสู่ช่วงชราภาพ (Senescence) ยังมีการหายใจอยู่ตลอดเวลาทำให้มีการใช้น้ำตาลเป็นอาหารและพลังงานทำให้ปริมาณน้ำตาลที่สะสมอยู่ลดลง (Villanueva และคณะ, 2004) เมื่อพิจารณาเนื้อและรกที่บ่มเป็นระยะเวลา 7 วันจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่าภาวะอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในรอกมีปริมาณใกล้เคียงกับแดงพันธุ์ 'Golden Casaba', Piel de Sapo และ Rochet ที่ระดับการสุกปานกลาง 35 วัน (11.2-12.4°Brix)

ส่วนในเนื้อไม้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดใกล้เคียงกับแต่งพันธุ์ Piel de Sapo ในระยะเริ่มสุก (26 วัน) (Miccolis และ Saltveit, 1995; Villanueva และคณะ, 2004)

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อแคนตาลูปที่ระดับการบ่มต่างๆ

| Physicochemical characteristics | Storage time (days) | | |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 0 | 7 | 14 |
| Color | | | |
| L* | 36.98 ^a ±0.52 | 37.14 ^a ±0.12 | 35.99 ^b ±0.29 |
| a* | -0.35 ^b ±0.08 | 0.09 ^a ±0.10 | 0.04 ^a ±0.12 |
| b* | 5.57 ^b ±0.24 | 6.46 ^a ±0.35 | 5.53 ^b ±0.23 |
| pH | 6.21 ^b ±0.09 | 6.21 ^b ±0.04 | 6.34 ^a ±0.06 |
| Total acidity (%) | 0.16 ^a ±0.03 | 0.14 ^a ±0.03 | 0.10 ^b ±0.03 |
| Total soluble solids (°Brix) | 8.94 ^b ±0.17 | 9.20 ^a ±0.10 | 8.62 ^c ±0.07 |
| Reducing sugar (mg glucose/g FM) | 31.61 ^b ±0.95 | 37.63 ^a ±0.99 | 21.26 ^c ±0.82 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางเคมีและกายภาพของรกแคนตาลูปที่ระดับการบ่มต่างๆ

| Physicochemical characteristics | Storage time (days) | | |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 0 | 7 | 14 |
| Color | | | |
| L* | 40.31 ^a ±0.19 | 39.63 ^b ±0.18 | 38.20 ^c ±0.38 |
| a* | 1.42 ^b ±0.17 | 1.69 ^a ±0.07 | 1.45 ^b ±0.13 |
| b* | 10.66 ^b ±0.35 | 11.48 ^a ±0.34 | 10.46 ^b ±0.21 |
| pH | 6.68 ^b ±0.37 | 6.90 ^a ±0.04 | 6.95 ^a ±0.02 |
| Total acidity (%) | 0.26 ^a ±0.02 | 0.25 ^a ±0.03 | 0.18 ^b ±0.01 |
| Total soluble solids (°Brix) | 10.58 ^b ±0.07 | 12.00 ^a ±0.10 | 10.22 ^c ±0.07 |
| Reducing sugar (mg glucose/g FM) | 22.45 ^a ±0.78 | 22.39 ^a ±0.65 | 21.40 ^b ±0.98 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)



รูปที่ 4.1 ลักษณะภายนอกของผลแคนตาลูปพันธุ์ซันเลดี้ 3 ระดับการบ่ม (a) ระดับที่ 1 ไม่บ่ม (b) ระดับที่ 2 บ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน และ (c) ระดับที่ 3 บ่มเป็นระยะเวลา 14 วัน

4.1.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อและรกแคนตาลูป

การคัดเลือกระดับความสุกของแคนตาลูปที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้น โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อและรกของแคนตาลูปที่มีระดับการบ่มทั้ง 3 ระดับ ด้วยวิธี QDA ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน ประเมินลักษณะด้านสี กลิ่นรส กลิ่นแปลกปลอม และการยอมรับรวมของเนื้อและรกแคนตาลูป ให้ผลดังตารางที่ 4.3 จากคะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อแคนตาลูปพบว่า เนื้อแคนตาลูปที่บ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน มีกลิ่นหอมที่ชัดเจนและผู้ทดสอบให้การยอมรับรวมสูงกว่าระยะการบ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อีกทั้งยังมีคะแนนด้านสี และรสชาติที่ไม่แตกต่างจากระยะการบ่ม 14 วัน สำหรับเนื้อแคนตาลูปทั้ง 3 ระดับไม่ทำให้เกิดกลิ่นรสแปลกปลอมในระดับที่ผู้ทดสอบสามารถรู้สึกได้ชัดเจน นอกจากนี้ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในรกของแคนตาลูปแสดงผลดังตารางที่ 4.4 พบว่ารกที่มีระยะเวลาการบ่ม 7 วัน จะมีสีส้มเหมือนกับตัวอย่างที่บ่มเป็นระยะเวลา 14 วัน แต่มีรสหวานค่อนข้างชัดเจนกว่าที่ระดับการบ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีกลิ่นหอมและการยอมรับรวมใกล้เคียงกับรกแคนตาลูปที่ไม่บ่ม ด้านกลิ่นแปลกปลอมผู้ทดสอบจะรู้สึกได้เพียงเล็กน้อยในทั้ง 3 ระดับ เนื่องจากค่า t มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่า b^* รสชาติมีแนวโน้มเดียวกับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ส่วนกลิ่นหอมของแคนตาลูปจะเพิ่มมากขึ้นในช่วงการสุกจนถึงช่วงการชราภาพซึ่งอาจเกิดการเน่าเสียส่งผลให้กลิ่นผิดปกติสูงขึ้น (Fallik และคณะ 2001) ดังนั้นจึงเลือกใช้เนื้อและรกแคนตาลูปที่มีระยะเวลาการบ่ม 7 วัน ซึ่งมีสีส้มสด มีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ มีรสหวานปานกลาง และไม่เกิดกลิ่นรสแปลกปลอม สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตสารสกัดจากเนื้อและรกแคนตาลูปในขั้นตอนต่อไป สำหรับการคัดเลือกวัตถุดิบในแต่ละครั้งจะใช้ลักษณะทางเคมีกายภาพของเนื้อและรกแคนตาลูปที่มีระยะเวลาการบ่ม 7 วัน เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกวัตถุดิบให้มีความสม่ำเสมอทุกครั้งที่ทดลอง

ตารางที่ 4.3 คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อแคนตาลูปีที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ

| Sensory attributes | Storage time (days) | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | 0 | 7 | 14 |
| Color | 5.43 ^b ±0.80 | 6.86 ^a ±0.62 | 6.97 ^a ±0.82 |
| Taste | 5.31 ^b ±0.76 | 6.41 ^a ±0.93 | 6.33 ^a ±0.92 |
| Aroma | 4.52 ^b ±0.90 | 5.38 ^a ±0.83 | 4.21 ^b ±0.85 |
| Off-Flavor | 1.41 ^b ±0.71 | 1.73 ^{ab} ±0.67 | 1.97 ^a ±0.93 |
| Overall acceptibility | 5.31 ^b ±0.89 | 6.40 ^a ±0.84 | 4.42 ^c ±0.90 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

กำหนดให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของเนื้อแคนตาลูปมีคะแนนสูงสุด 10 คะแนน

ตารางที่ 4.4 คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของรกแคนตาลูปีที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ

| Sensory attributes | Storage time (days) | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 0 | 7 | 14 |
| Color | 7.23 ^b ±0.80 | 8.31 ^a ±0.82 | 8.50 ^a ±0.78 |
| Taste | 4.41 ^c ±0.92 | 6.18 ^a ±0.85 | 5.43 ^b ±0.83 |
| Aroma | 6.27 ^a ±0.89 | 6.41 ^a ±0.88 | 5.42 ^b ±0.97 |
| Off-Flavor | 1.56 ^c ±0.70 | 2.10 ^b ±0.74 | 2.61 ^a ±0.73 |
| Overall acceptibility | 6.24 ^a ±0.94 | 6.52 ^a ±0.84 | 5.45 ^b ±0.72 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

กำหนดให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของเนื้อแคนตาลูปมีคะแนนสูงสุด 10 คะแนน

4.2 สารหน้าที่เฉพาะและสารระเหยในเนื้อและรกของแคนตาลูป

4.2.1 สารหน้าที่เฉพาะในเนื้อและรกของแคนตาลูป

เมื่อนำเนื้อและรกของแคนตาลูปทั้ง 3 ระดับการบ่มมาวิเคราะห์สารหน้าที่เฉพาะได้แก่ ฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เบต้าแคโรทีน และวิตามินซี ให้ผลดังตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและสารหน้าที่เฉพาะที่พบในเนื้อของแคนตาลูปที่ระดับการบ่มต่างๆ

| Functional substances | Storage time (days) | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 0 | 7 | 14 |
| Antioxidant activities | | | |
| DPPH (EC ₅₀ : µg FM ^A / µg DPPH) | 1.64 ^b ±0.05 | 1.57 ^b ±0.09 | 2.23 ^a ±0.40 |
| ABTS (µg TE ^B /g FM) | 4.12 ^b ±0.14 | 5.12 ^a ±0.17 | 3.71 ^c ± 0.03 |
| Total phenolics (mg GAE ^C /100g FM) | 14.07 ^b ±0.08 | 14.95 ^a ±0.13 | 13.62 ^c ±0.23 |
| Total flavonoids (mg CE ^D /100g FM) | 1.69 ^b ±0.02 | 2.25 ^a ±0.11 | 0.44 ^c ±0.12 |
| β-carotene(µg /100g FM) | 62.94 ^b ±0.07 | 68.15 ^a ±0.19 | 57.56 ^c ±0.10 |
| Vitamin C (mg / 100g FM) | 44.89 ^c ±0.25 | 49.17 ^a ±0.22 | 48.68 ^b ±0.05 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

^AFM= fresh mass, ^B TE= Trolox equivalents, ^C GAE= gallic acid equivalents, ^D CE= catechin equivalents

ตารางที่ 4.6 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและสารหน้าที่เฉพาะที่พบในรกของแคนตาลูปที่ระดับการบ่มต่างๆ

| Functional substances | Storage time (days) | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 0 | 7 | 14 |
| Antioxidant activities | | | |
| DPPH (EC ₅₀ : µg FM ^A / µg DPPH) | 0.89 ^b ±0.01 | 0.66 ^c ±0.02 | 1.25 ^a ±0.02 |
| ABTS (µg TE ^B /g FM) | 4.70 ^b ±0.03 | 7.88 ^a ±0.12 | 3.87 ^c ±0.01 |
| Total phenolics (mg GAE ^C /100g FM) | 35.03 ^c ±1.03 | 39.72 ^a ±0.69 | 35.41 ^b ±0.44 |
| Total flavonoids (mg CE ^D /100g FM) | 3.93 ^c ±1.02 | 12.24 ^a ±0.99 | 7.66 ^b ±0.83 |
| β-carotene(µg /100g FM) | 87.48 ^b ±0.09 | 97.23 ^a ±0.10 | 53.41 ^c ±0.09 |
| Vitamin C (mg / 100g FM) | 42.16 ^c ±0.39 | 46.35 ^a ±1.08 | 45.72 ^b ±0.27 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

^AFM= fresh mass, ^B TE= Trolox equivalents, ^C GAE= gallic acid equivalents, ^D CE= catechin equivalents

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในเนื้อและรกของแคนตาลูปจากทั้ง 2 วิธีพบว่าที่ระยะการบ่ม 7 วันมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงกว่าระยะการบ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สำหรับวิธีแรกที่ใช้วิเคราะห์คือวิธี DPPH จะแสดงในรูปความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้กำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ไปได้ 50% ภายในเวลาที่กำหนด (EC_{50}) ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระจะมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงเมื่อค่า EC_{50} ต่ำ โดยค่า EC_{50} ในรกและเนื้อของแคนตาลูปที่ระยะการบ่ม 7 วันเป็น 0.66 และ 1.57 $\mu\text{g FM} / \mu\text{g DPPH}$ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตัวอย่างรกแคนตาลูปค่าที่ได้มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในช่วงเดียวกับในผลไม้ ผักและสมุนไพรดังนี้ พลับ มะกอก มะขาม มะระขี้เิก ดอกแคและหมาก (0.47-0.58 $\mu\text{g FM} / \mu\text{g DPPH}$) ส่วนเนื้อแคนตาลูปมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันใกล้เคียงกับเปลือกลูกพลับและเงาะ ผักปลัง มะกอก ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.48-1.70 $\mu\text{g FM} / \mu\text{g DPPH}$ (Maisuthisakul และคณะ, 2007) นอกจากนี้ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ABTS พบว่าทั้งเนื้อและรกแคนตาลูปที่บ่มเป็นระยะเวลา 7 วันมีค่าเป็น 7.88 และ 5.12 $\mu\text{g Trolox equivalents (TE) / g FM}$ ตามลำดับ

ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในเนื้อและรกของแคนตาลูปมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อบ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน หลังจากนั้นที่ระยะการบ่ม 14 วันจะมีปริมาณลดลง เมื่อพิจารณาที่ระยะการบ่ม 7 วันทั้งในเนื้อและรกของแคนตาลูปมีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงกว่าระยะการบ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ที่ระยะการบ่ม 7 วันยังพบว่าในเนื้อแคนตาลูปมีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดน้อยกว่าในรกแคนตาลูป จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถระบุได้ว่ารกของแคนตาลูปจากการทดลองนี้มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดใกล้เคียงกับเนื้อและเปลือกของแก้วมังกรแดง (42.4 และ 39.7 $\text{mg GAE}/100\text{g FM}$ ตามลำดับ) ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของรกแคนตาลูปสูงกว่าในเนื้อและเปลือกของแก้วมังกรแดง (7.21 และ 8.33 $\text{mg CE}/100\text{g FM}$ ตามลำดับ) (Wu และคณะ, 2006)

จากการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่าทั้งในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่บ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าภาวะการบ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับการบ่มนี้พบว่า รกมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าในเนื้อ และยังสูงกว่าในผลไม้อีกหลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล กล้วย Kemang และมะเฟือง (Setiawan และคณะ, 2001) จากรายงานนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับพืชตระกูลแตงอื่นๆ เช่น ฮันนี่โกล เทมเทศัน ออเรนดิวิ (Lester และ Hodges, 2008) และผลกีวี (Tavarini และคณะ, 2008)

สำหรับปริมาณวิตามินซีทั้งในเนื้อและรกของแคนตาลูป มีค่าเพิ่มขึ้นจากที่ไม่บ่มจนถึงระยะการบ่มที่ 7 วันหลังจากนั้นจะมีปริมาณวิตามินซีลดลง เช่นเดียวกับในแอฟริคอต พีช และ

มะละกอ เนื่องจากโดยทั่วไปผลไม้ที่สุกงอมส่วนของเนื้อเยื่อจะเสื่อมลงทำให้สูญเสียปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น (Lee และ Kader, 2000) จากผลการทดลองพบว่าที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วันปริมาณวิตามินซีในรกน้อยกว่าในเนื้อซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับผลกีวี (Tavarini และคณะ, 2008) อีกทั้งในเนื้อและรกมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าในผลไม้หลายชนิด เช่น ลิ้นจี่ แก้วมังกรเนื้อสีขาว มะม่วงเขียว ลำไย (Mahattanatawee และคณะ, 2006) ลูกไหนด มะเฟือง มังคุด อะโวคาโด ส้ม แอปเปิ้ล กล้วย มะเขือเทศ แดงพันธุ์ต่างๆ ทั้งรอกเมลอน ฮันนีดีว และแตงโม (Leong และ Shui, 2002)

พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณใยอาหารทั้งหมด ค่าแอกทิวิตีของสารฟรีโบไอติก และสารระเหยในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่มีระยะเวลาการบ่ม 7 วัน ที่คัดเลือกเป็นวัตถุดิบตั้งต้นดังรูปที่ 4.2 ก่อนเข้าสู่กระบวนการย่อยสลายพันธะไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ที่ศึกษาต่อไป



รูปที่ 4.2 ลักษณะตัวอย่างเนื้อและรกของแคนตาลูปที่บ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน คัดเลือกเป็นวัตถุดิบ (a)เนื้อ และ(b)รก

4.2.2 ปริมาณใยอาหารในเนื้อและรกของแคนตาลูป

จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4.7 พบว่าปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber:TDF) ในเนื้อและรกของแคนตาลูป 1.02 และ 0.82 แบ่งเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber:SDF) 0.65 และ 0.3 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber:IDF) 0.37 และ 0.50 g / 100g FM ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปริมาณใยอาหารทั้งหมด และใยอาหารที่ละลายน้ำ ที่พบในเนื้อสูงกว่าในรกแคนตาลูป ซึ่งมีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำสูงกว่าในเนื้อ โดยในเนื้อมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดใกล้เคียงกับผลไม้ที่มีใยอาหารปริมาณปานกลางเช่น มะม่วง อุ่น และลำไย (0.86-0.90 g / 100g FM) ส่วนในเนื้อมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดใกล้เคียงกับ แก้วมังกรเนื้อสีขาว (1.1 g / 100g FM) (Mahattanatawee และคณะ, 2006)

ตารางที่ 4.7 ปริมาณใยอาหารทั้งหมดในเนื้อและรกแคนตาลูปที่ผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน

| sample | Flesh | Placenta |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Total dietary fiber (TDF) (g / 100g FM) | 1.02 ^a ±0.03 | 0.82 ^b ±0.07 |
| - Soluble dietary fiber(SDF) | 0.65 ^a ±0.04 | 0.32 ^b ±0.02 |
| - Insoluble dietary fiber(IDF) | 0.37 ^b ±0.05 | 0.50 ^a ±0.04 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

4.2.3 ค่าแอกทิวิตีของสารพรีไบโอติก

จากการทดลองหาค่าแอกทิวิตีของสารพรีไบโอติกในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยศึกษาปริมาณเซลล์จุลินทรีย์สุขภาพ หรือ โพรไบโอติก 2 ชนิดคือ *L. acidophilus* La5 และ *B. lactis* Bb12 และแบคทีเรียที่พบในระบบทางเดินอาหารคือ *E. coli* ATCC 29922 ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเนื้อและรกของแคนตาลูป รวมทั้งอินนูลินซึ่งเป็นสารพรีไบโอติกทางการค้าเป็นองค์ประกอบเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีกลูโคสซึ่งไม่ได้เป็นพรีไบโอติกเป็นองค์ประกอบที่มีการเปลี่ยนแปลงไปภายใน 24 ชั่วโมง แสดงผลในตารางที่ 4.8 พบว่าเซลล์จุลินทรีย์ของ *L. acidophilus* La5 และ *B. lactis* Bb12 ที่เลี้ยงในอาหารที่มีอินนูลินเป็นองค์ประกอบมีปริมาณสูงกว่าภาวะอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) เนื่องจากอินนูลินเป็นพรีไบโอติกทางการค้าจึงมีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นจุลินทรีย์สุขภาพได้ดี ส่วนในผลไม้ยังมี วิตามินซี ฟลาโวนอยด์ และกรดไขมัน ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้ (Holzapfel และ Schillinger, 2002) รองลงมาคือ ที่เลี้ยงในเนื้อของแคนตาลูป และยังพบว่าปริมาณเซลล์แบคทีเรีย *E. coli* ATCC 29922 ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อกลูโคสซึ่งไม่ได้เป็นสารพรีไบโอติกสูงกว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนผสมของสารพรีไบโอติกทุกชนิดอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) และสามารถนำข้อมูลในตารางที่ 4.8 ไปคำนวณหาค่า Prebiotic activity score ตามสมการที่แสดงในภาคผนวก ก.10 พบว่าค่า Prebiotic activity score ในสารพรีไบโอติกทุกชนิดทั้งอินนูลิน เนื้อและรกของแคนตาลูปส่งผลต่อการเพิ่มเซลล์จุลินทรีย์ *B. lactis* Bb12 มากกว่า *L. acidophilus* La5 ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ต่างชนิดกันจะมีเอนไซม์ที่จำเพาะต่อการย่อยสารอาหารเชิงซ้อนที่มีโมเลกุลใหญ่ต่างกัน (Ray และ Bhunia, 2008) โดย *B. lactis* Bb12 อาจมีเอนไซม์ที่จำเพาะต่อการย่อยพรีไบโอติกในเนื้อและรกของแคนตาลูป รวมทั้งอินนูลินมากกว่า *L. acidophilus* La5 จึงทำให้มีค่า Prebiotic activity score สูงกว่า สำหรับสารพรีไบโอติกในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณเซลล์จุลินทรีย์ในกลุ่ม

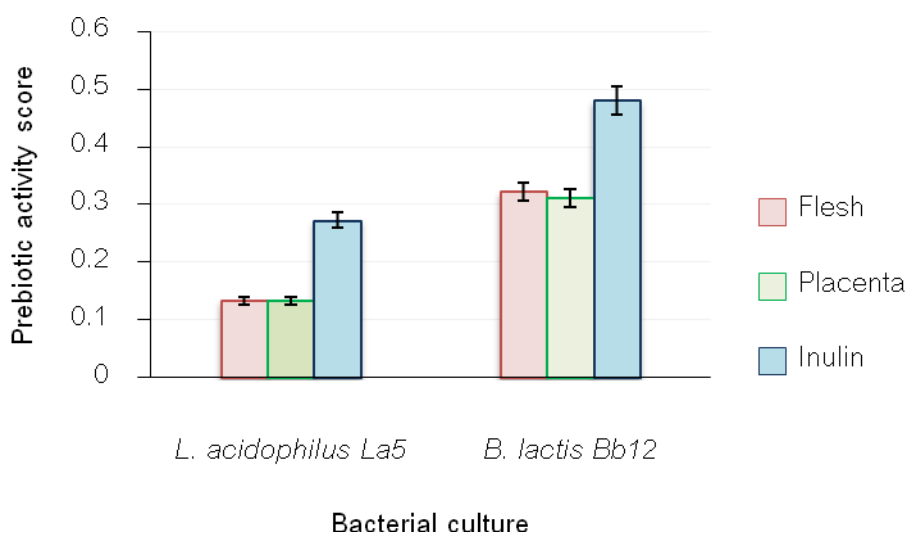
L. acidophilus La5 คิดเป็นค่า Prebiotic activity score ทั้งสองตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0.13 ส่วน *B. lactis* Bb12 มีค่าเป็น 0.32 และ 0.31 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ปริมาณจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นในระหว่าง 0 และ 24 ชั่วโมง ในเนื้อและรกแคนตาลูปที่เป็น วัตถุประสงค์และคาร์โบไฮเดรตต่างๆ

| Bacterial culture | Cell density [\log_{10} (cfu/ml)] | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Carbohydrates | | | |
| | Glucose | Inulin | Flesh | Placenta |
| <i>L. acidophilus</i> La5 | 1.99 ^c ±0.01 | 2.22 ^a ±0.01 | 2.14 ^b ±0.03 | 2.02 ^c ±0.02 |
| <i>B. lactis</i> Bb12 | 2.01 ^d ±0.06 | 2.66 ^a ±0.03 | 2.54 ^b ±0.02 | 2.40 ^c ±0.05 |
| <i>E. coli</i> ATCC 29922 | 2.03 ^a ±0.02 | 1.71 ^d ±0.05 | 1.91 ^b ±0.04 | 1.79 ^c ±0.02 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

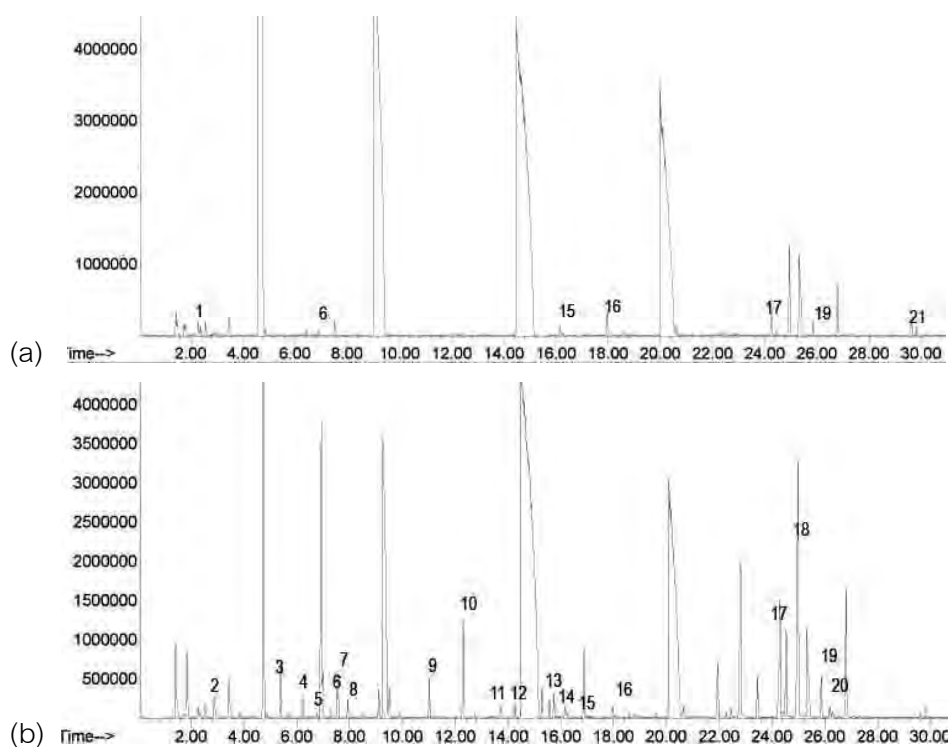
ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.3 Prebiotic activity score ของ *L. acidophilus* La5 และ *B. lactis* Bb12 ที่เลี้ยงใน อินนูลิน เนื้อและรกของแคนตาลูปที่เป็นวัตถุประสงค์

4.2.4 การวิเคราะห์สารระเหยในเนื้อและรกของแคนตาลูป

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสารระเหยในเนื้อและรกที่ป่มเป็นระยะเวลา 7 วัน จากรูปที่ 4.4 และตารางที่ 4.9 พบว่าในรอกมีสารระเหย 18 ชนิดมากกว่าในเนื้อซึ่งมี 6 ชนิด สามารถจำแนกกลุ่มของสารระเหยหลักเป็น เอสเทอร์ แอลกอฮอล์ และแอลดีไฮด์ สำหรับเนื้อแคนตาลูปมีสารระเหยที่สำคัญคือ (Z)-6-nonen-1-ol, (E)-6-nonenal, nonanol, geranyl acetone, 2-methylbutyl acetate ส่วนรอกแคนตาลูปมีสารระเหยหลักประกอบด้วย (Z)-3-nonen-1-ol, (Z)-6-nonen-1-ol, hexyl acetate, ethyl hexanoate, ethyl butanoate, 2-methylbutyl acetate และ nonanol โดยสารระเหยหลักเหล่านี้ตรงกับชนิดของสารระเหยที่พบในแคนตาลูปตามรายงานของ Kourkotas และคณะ, 2006; Saftner และคณะ, 2006 และสารระเหยหลักที่พบในเนื้อและรอก แคนตาลูปมี flavor descriptive เป็นกลิ่นรสของ fruity, melon, apple, banana และ sweet เป็นต้น (Saftner และคณะ, 2006; Chin และคณะ, 2007; Mahattanatawee และคณะ, 2007)



รูปที่ 4.4 Chromatogram ของสารระเหยที่พบในเนื้อและรอกแคนตาลูปที่ป่มเป็นระยะเวลา 7 วัน
(a)เนื้อ และ(b)รอก

ตารางที่ 4.9 ชนิดของสารระเหยที่พบในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน วิเคราะห์ด้วยวิธี SPME/GC/MS

| Peak No. | Cas No. | LRI ^a | Compound | % Area | | Flavor description ^b |
|----------|-------------|------------------|-----------------------|--------|----------|---------------------------------|
| | | | | Flesh | placenta | |
| 1 | 000079-20-9 | 826 | Methyl acetate | 0.10 | nd | Unknown |
| 2 | 000141-78-6 | 889 | Ethyl acetate | nd | 0.36 | Pineapple, ethereal |
| 3 | 000105-54-4 | 1039 | Ethyl butanoate | nd | 0.62 | Apple, sweet |
| 4 | 000123-86-4 | 1044 | Butyl acetate | nd | 0.25 | Fruity |
| 5 | 000624-41-9 | 1118 | 2-methylbutyl acetate | 0.19 | 0.77 | Fruity, banana |
| 6 | 000539-82-2 | 1132 | Ethyl valerate | nd | 0.23 | Fruity, apple |
| 7 | 000628-63-7 | 1176 | Amyl acetate | nd | 0.35 | Banana, ethereal |
| 8 | 000123-66-0 | 1236 | Ethyl hexanoate | nd | 0.52 | Fruity, apple |
| 9 | 000142-92-7 | 1275 | Hexyl acetate | nd | 1.40 | Apple, cherry |
| 10 | 003681-71-8 | 1308 | (Z)-3-hexenyl acetate | nd | 0.16 | Fruity, green |
| 11 | 000106-30-9 | 1333 | Ethyl heptanoate | nd | 0.19 | Wine-like, fruity |
| 12 | 000112-06-1 | 1370 | Heptyl acetate | nd | 0.27 | Woody, oily |
| 13 | 054340-70-4 | 1378 | 4-Ethyl heptenoate | nd | 0.33 | Unknown |
| 14 | 000124-19-6 | 1401 | Nonanal | 0.13 | 0.16 | Fatty, melon |
| 15 | 002277-20-5 | 1448 | (E)-6-Nonenal | 0.39 | 0.17 | Unknown |
| 16 | 028473-21-4 | 1657 | Nonanol | 0.42 | 2.08 | Unknown |
| 17 | 010340-23-5 | 1682 | (Z)-3-Nonen-1-ol | nd | 4.80 | Melon |
| 18 | 035854-86-5 | 1712 | (Z)-6-Nonen-1-ol | 1.51 | 1.18 | Melon |
| 19 | 000140-11-4 | 1725 | Benzyl acetate | nd | 0.15 | Sweet, fruity |
| 20 | 003796-70-1 | 1851 | Geranyl acetone | 0.21 | nd | Fresh, rosy |

^aLRI : Linear retention index calculated against C₁₀-C₂₅ n-alkanes on HP-Innowax column. nd : not detected.

^bFlavor description from Saftner และคณะ (2006); Chin และคณะ (2007); Mahattanatawee และคณะ (2007).

4.3 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

การเตรียมแคนตาลูปก่อนเติมเอนไซม์ ต้องมีการบ่มละเอียดก่อนเพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ เมื่อมีการหั่นและบ่มทำให้แคนตาลูปเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากขึ้น ซึ่งในผักและผลไม้ส่วนใหญ่เกิดการดำเนินงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) เมื่อเนื้อเยื่อถูกทำลายทางกล เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบ monophenol ที่อยู่ในเซลล์พืชกับออกซิเจนในอากาศโดยเอนไซม์ PPO ทำให้เกิดสาร o-diphenol ซึ่งถูกออกซิไดซ์ต่อไปให้เป็น o-quinone จากนั้น quinone ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยา Maillard กับกรดอะมิโนหรือสารประกอบฟีนอลอื่น ๆ ได้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล (Owusu-apenten, 2005; Saper, 1993) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีทั้งในเนื้อและรกของแคนตาลูป ทำให้สีคล้ำมากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี

คุณภาพลดลง และไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่เป็นวัตถุดิบก่อนนำไปใช้ในการย่อยสลายด้วยเอนไซม์

จากการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเนื้อและรกของแคนตาลูปตีป่น โดยการเติมกรดอินทรีย์ 2 ชนิด คือ กรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0-0.3% (w/w) และการให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่เวลา 0-3 นาที พบว่า ภาวะการเตรียมเนื้อและรกของแคนตาลูปมีผลต่อการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อและรกของแคนตาลูป ดังรูปที่ 4.6 โดยเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ไม่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจะส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง ($+b^*$) ที่วัดได้มีค่าลดลง ส่วนค่าสีแดง ($+a^*$) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังรูปที่ 4.5



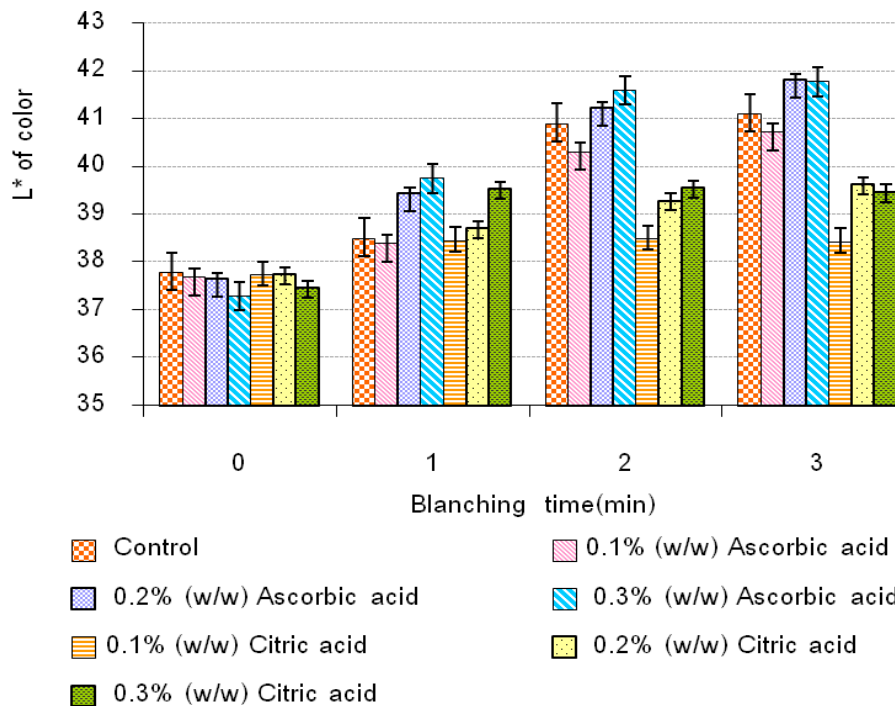
รูปที่ 4.5 สีเนื้อและรกของแคนตาลูปตีป่นที่ไม่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (a) สีเนื้อ และ (b) สีรก เก็บที่อุณหภูมิ $10 \pm 2^\circ\text{C}$ นาน 5 วัน



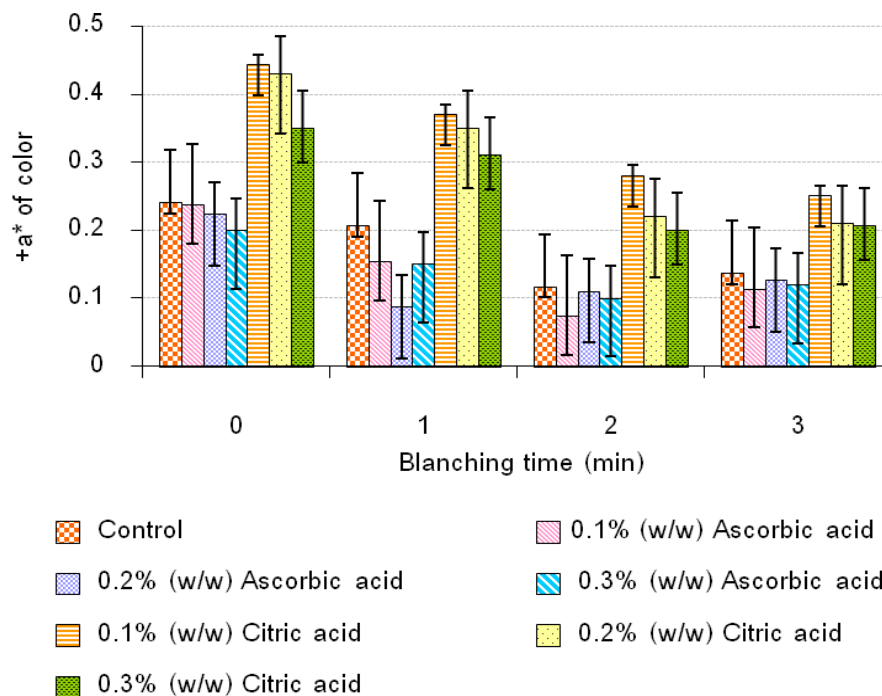
รูปที่ 4.6 สีเนื้อและรกของแคนตาลูปตีป่นที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (a) สีของเนื้อที่เติมกรดแอสคอร์บิกที่เข้มข้น 0.1% (w/w) ให้ความร้อนนาน 2 นาที และ (b) สีของรกที่เติมกรดแอสคอร์บิกที่เข้มข้น 0.2 % (w/w) ให้ความร้อนนาน 3 นาที เก็บที่อุณหภูมิ $10 \pm 2^\circ\text{C}$ นาน 5 วัน

การทดลองเลือกใช้กรดอินทรีย์ 2 ชนิด คือ กรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริก ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลต่างกัน กรดแอสคอร์บิกทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ โดย o-quinone ให้กลับมามีอยู่ในรูปของ o-diphenol ทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ส่วนกรดซิตริกทำหน้าที่เป็นสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในกลุ่ม acidulant โดยทำให้ค่า pH ลดลง เมื่อ pH ต่ำกว่าค่า optimum pH ของเอนไซม์ PPO (pH 5-7) จะช่วยลดแอกทิวิตีของเอนไซม์ได้

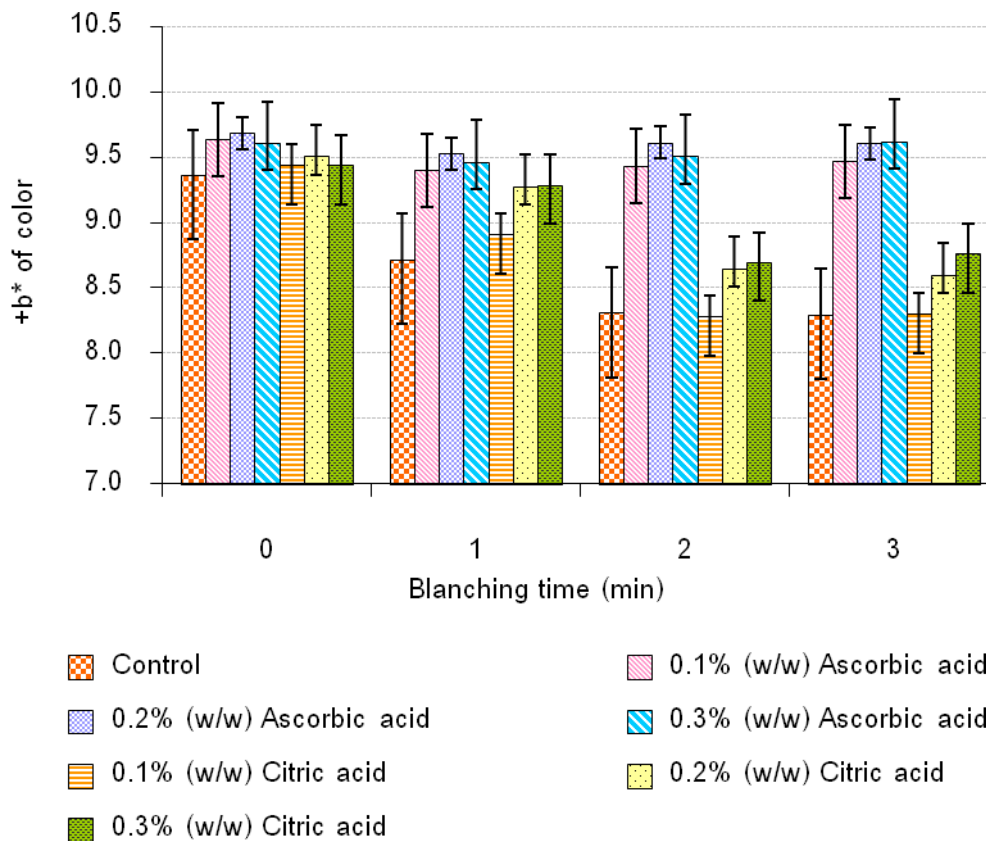
ร่วมกับการให้ความร้อนจนจุดกึ่งกลางมีอุณหภูมิ 85°C เพื่อทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดกับปริมาณสารควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและระยะเวลาในการให้ความร้อน พบว่าเนื้อแคนตาลูปเมื่อเติมกรดซิตริกควบคู่กับการให้ความร้อนด้วยไอน้ำทำให้มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเหลือง ($+b^*$) และค่าสีแดง ($+a^*$) ใกล้เคียงกับที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยการให้ความร้อนเพียงอย่างเดียว เนื่องจากกรดซิตริกที่ใช้มีปริมาณน้อยเกินไป จึงทำให้ยังมีค่า pH ใกล้เคียงกับ optimum pH ของเอนไซม์ PPO แต่การเติมกรดซิตริกในปริมาณมากเกินไปส่งผลให้แคนตาลูปมีรสเปรี้ยวมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค แต่การเติมกรดแอสคอร์บิกควบคู่กับการให้ความร้อนจะช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเมื่อเทียบกับที่ผ่านการให้ความร้อนเพียงอย่างเดียว จากผลการทดลองพบว่า การเติมกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 0.2 และ 0.3% (w/w) ร่วมกับการให้ความร้อนด้วยไอน้ำนาน 3 นาที โดยเนื้อจะมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง ($+b^*$) สูงที่สุด ส่วนค่าสีแดง ($+a^*$) จะมีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกการเติมกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 0.2% (w/w) ร่วมกับการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเป็นเวลา 3 นาที เนื่องจากภาวะในการใช้กรดน้อยกว่า 0.3% (w/w) และเมื่อนำภาวะที่ได้ไปทดสอบแอกทิวิตีของเอนไซม์ peroxidase (POD) เพื่อเป็นการยืนยันว่าเป็นภาวะที่สามารถควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ พบว่าไม่พบแอกทิวิตีของเอนไซม์ POD แสดงผลของค่าเฉลี่ยความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง ($+a^*$) และค่าสีเหลือง ($+b^*$) ของเนื้อแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ภาวะต่างๆ ดังรูปที่ 4.7-4.9 สำหรับในรูปพบว่าการเติมกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 0.1-0.3% (w/w) ร่วมกับการให้ความร้อนด้วยไอน้ำนาน 2 นาที โดยเนื้อจะมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง ($+b^*$) สูงที่สุด ส่วนค่าสีแดง ($+a^*$) จะมีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกการเติมกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 0.1% (w/w) ร่วมกับการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเป็นเวลา 2 นาที เนื่องจากภาวะที่ใช้กรดน้อยกว่า 0.2 และ 0.3% (w/w) และเมื่อนำภาวะที่ได้ไปทดสอบแอกทิวิตีของเอนไซม์ peroxidase (POD) เพื่อเป็นการยืนยันว่าเป็นภาวะที่สามารถควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ พบว่าไม่พบแอกทิวิตีของเอนไซม์ POD แสดงผลของค่าเฉลี่ยความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง ($+a^*$) และค่าสีเหลือง ($+b^*$) ของรกแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ภาวะต่างๆ ดังรูปที่ 4.11-4.13 โดยค่า pH ของเนื้อและรกของแคนตาลูปสุกตีปั่น แสดงดังรูปที่ 4.10 และ 4.14 มีค่า pH เฉลี่ย เท่ากับ 5.27 และ 5.93 ตามลำดับ ซึ่งค่า pH นี้ยังอยู่ในช่วงที่เอนไซม์ Pectinex® Ultra SP-L สามารถทำงานได้ดี



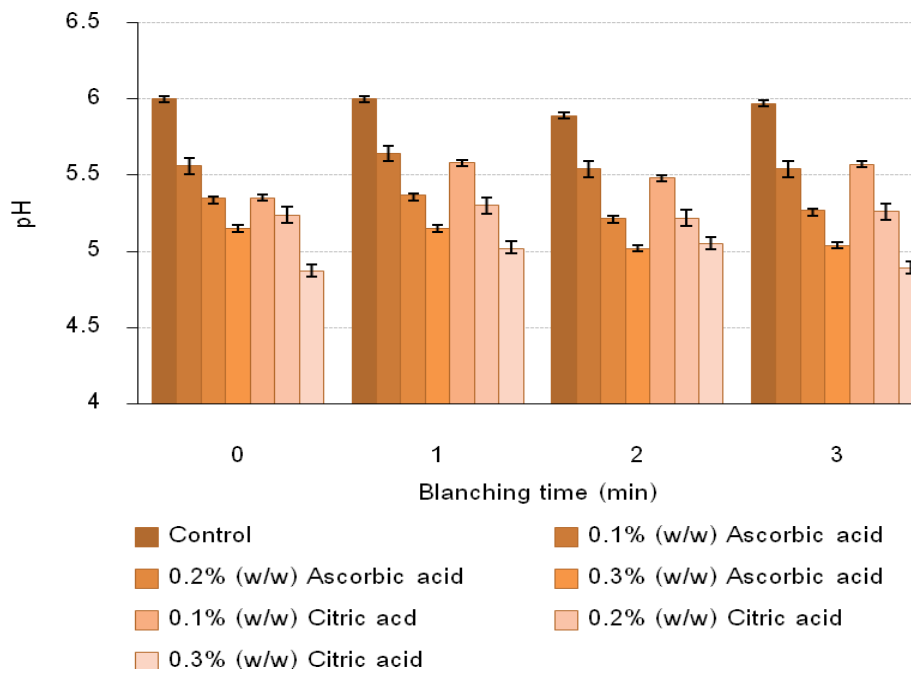
รูปที่ 4.7 ค่าความสว่าง (L^*) ของเนื้อแคนตาลูปดิบที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ภาวะต่างๆ



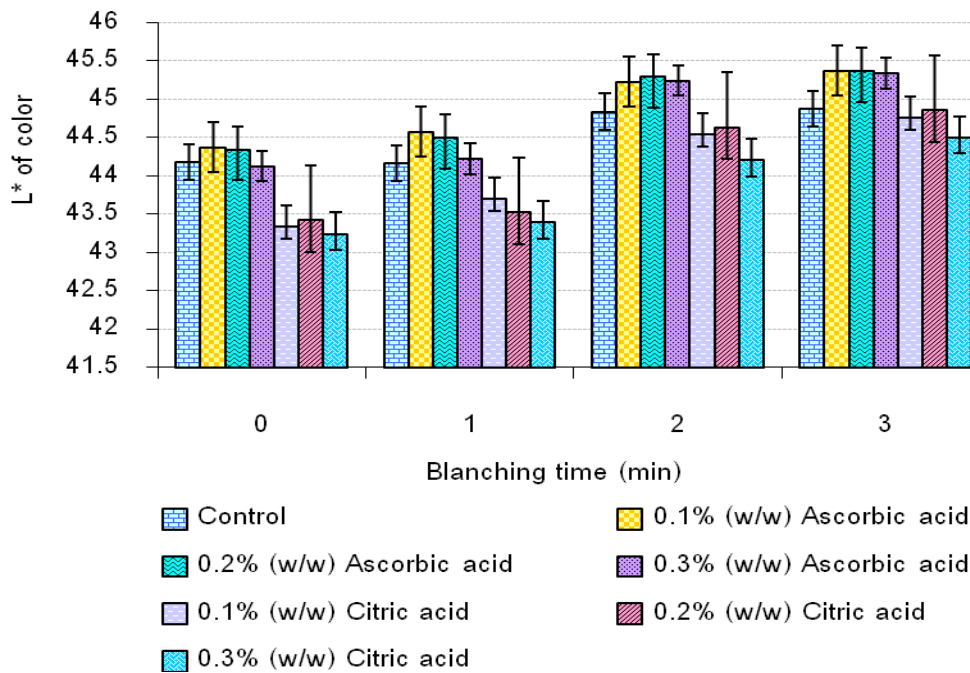
รูปที่ 4.8 ค่าสีแดง ($+a^*$) ของเนื้อแคนตาลูปดิบที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ภาวะต่างๆ



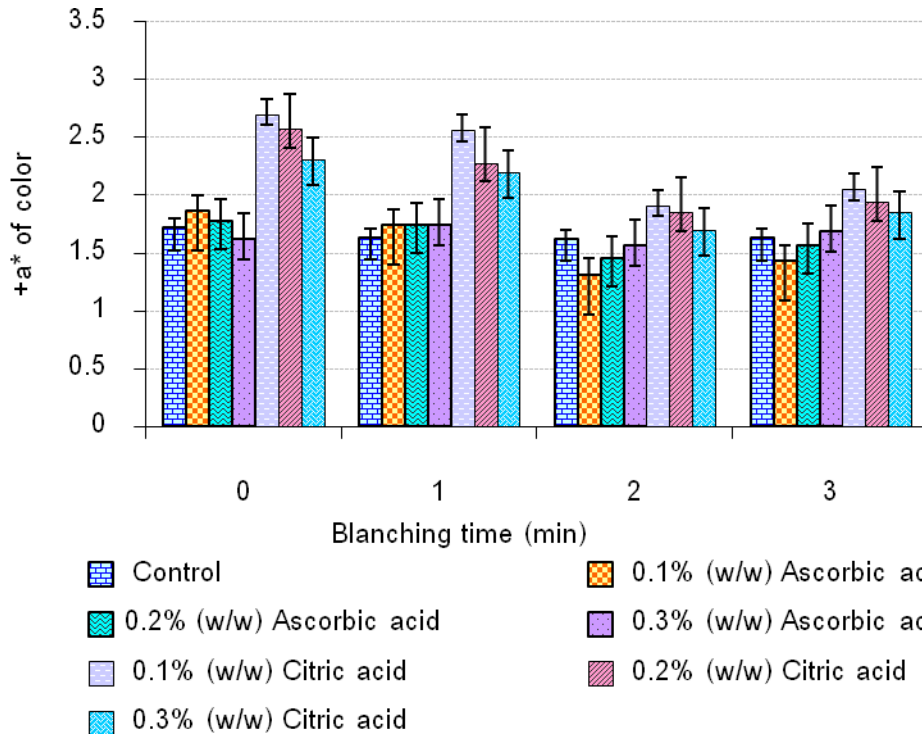
รูปที่ 4.9 ค่าสีเหลือง (+b*) ของเนื้อแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ภาวะต่างๆ



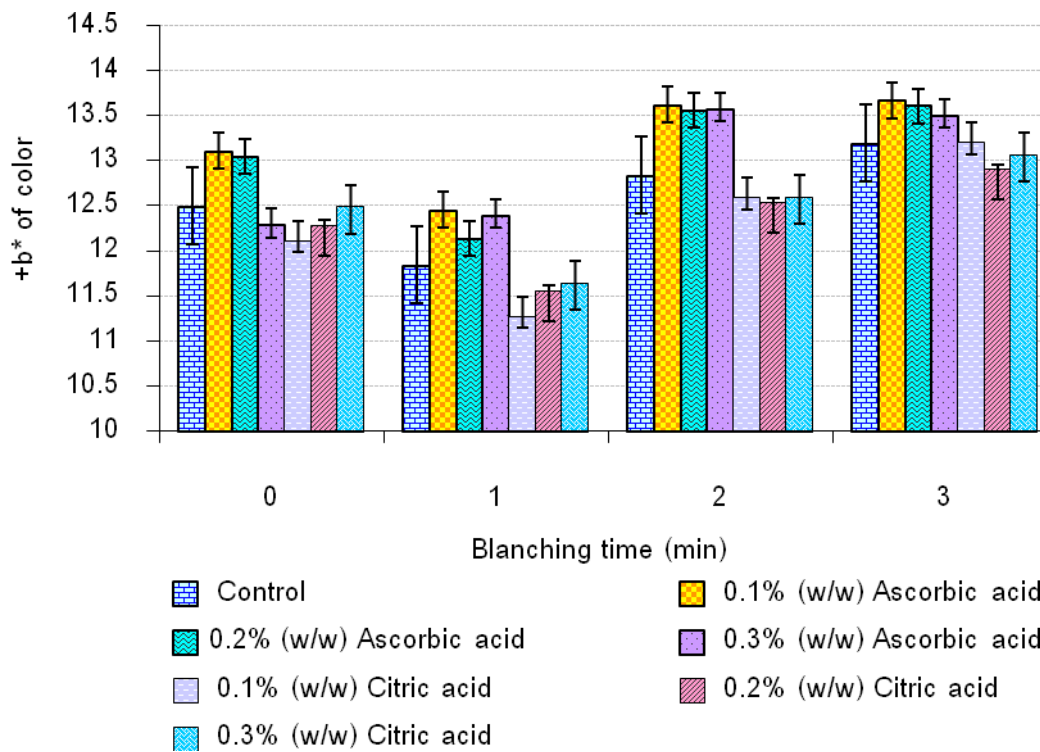
รูปที่ 4.10 ค่า pH ของเนื้อแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ภาวะต่างๆ



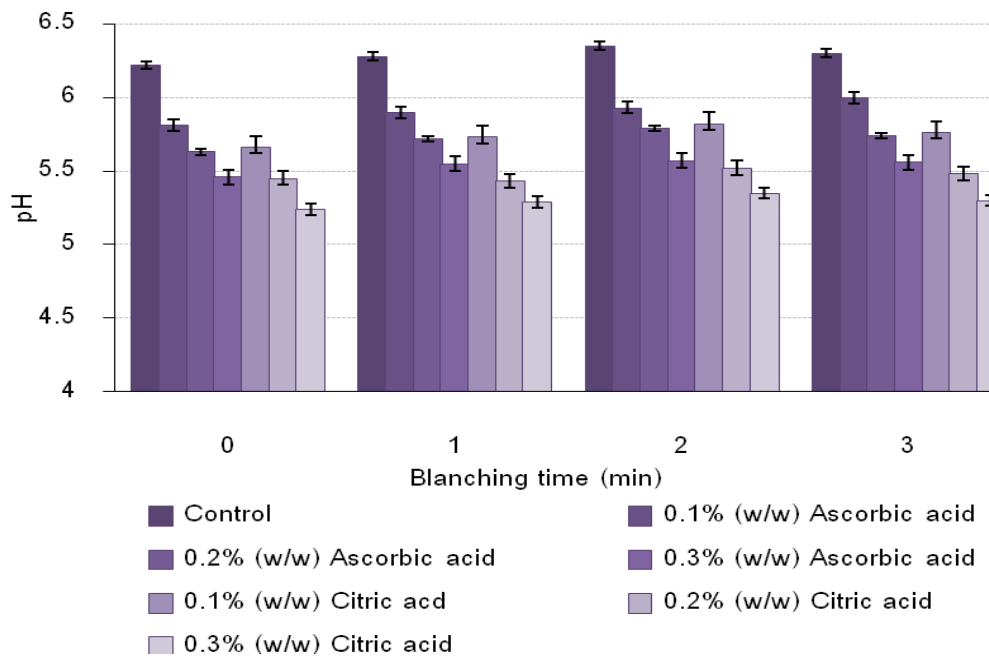
รูปที่ 4.11 ค่าความสว่าง (L^*) ของรกแคนตาลูปตีป่นที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่
ภาวะต่างๆ



รูปที่ 4.12 ค่าสีแดง ($+a^*$) ของรกแคนตาลูปตีป่นที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่
ภาวะต่างๆ



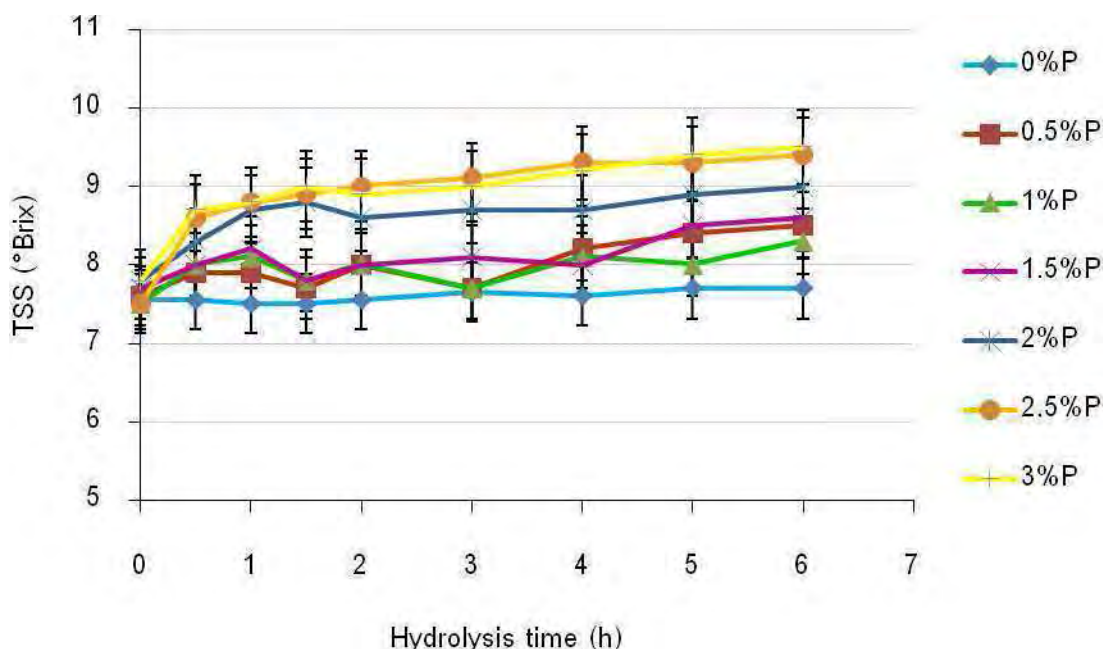
รูปที่ 4.13 ค่าสีเหลือง (+b*) ของรกแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ภาวะต่างๆ



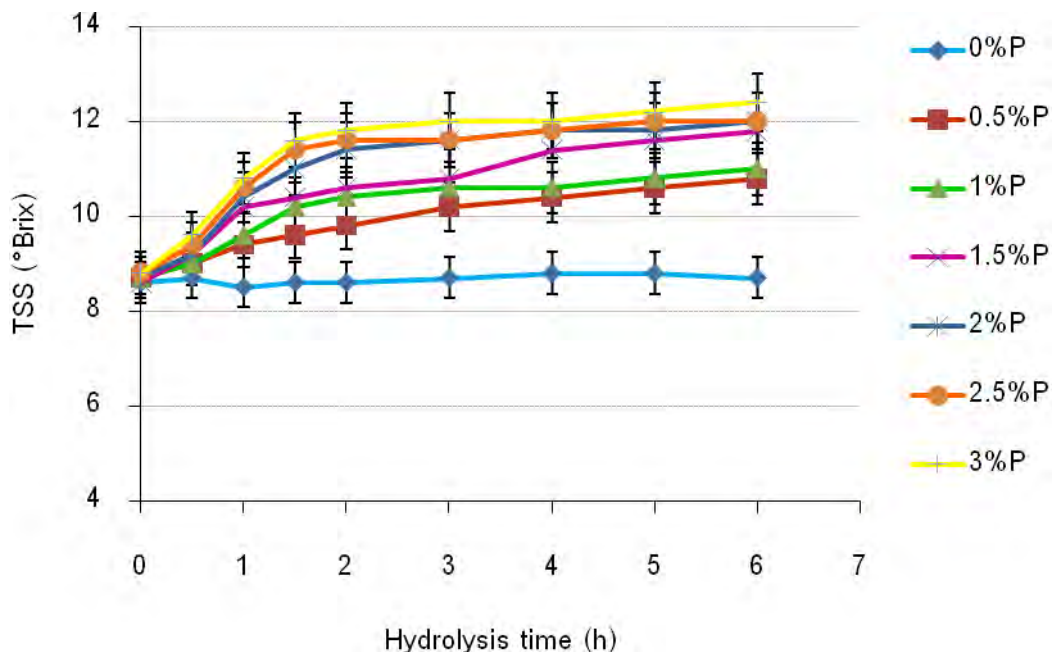
รูปที่ 4.14 ค่า pH ของรกแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ภาวะต่างๆ

4.4 ภาวะการผลิตสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปด้วยเอนไซม์เพกทินเอสทางการค้า (Pectinex[®] Ultra SP-L)

จากงานวิจัยนี้ได้ทดลองย่อยสลายเนื้อและรกของแคนตาลูปที่ปั่นและควบคุมการเกิดสีน้ำตาลที่เตรียมได้จากข้อ 4.3 ด้วยเอนไซม์เพกทินเอสทางการค้าคือ Pectinex[®] Ultra SP-L (10,292 PGU/ml) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ประกอบด้วยเอนไซม์หลายชนิดได้แก่ พอลิกลาแลกทูโรเนส เพกทินไลเอส เพกทินเอสเทอเรส เฮมิเซลลูเลส เซลลูเลส โปรตีเอส และอะไมเลส ที่ความเข้มข้น 0-3.0% (v/w) เวลาการย่อย 0-6 ชั่วโมง จากนั้นติดตามผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้พบว่า เวลาการย่อย ความเข้มข้นของเอนไซม์และอิทธิพลร่วมมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในตัวอย่างเนื้อของแคนตาลูป แต่อิทธิพลร่วมไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในตัวอย่างรกของแคนตาลูป ดังผลการทดลองในรูปที่ 4.15-4.16 พบว่า เมื่อระยะเวลาการย่อยและความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เพิ่มขึ้นทั้งในตัวอย่างเนื้อและรกของแคนตาลูป เนื่องจากเอนไซม์ที่ใช้ อย่างเช่น เพกทินเอส เซลลูเลส มีสมบัติในการย่อยสลายประกอบพอลิแซคคาไรด์ในผนังเซลล์พืชเช่นเพกทิน และเซลลูโลส ได้ผลผลิตเป็น กลูโคส ฟรุกโตส และกาแลคโตส เป็นต้น ทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นเช่นเดียวกับในเปลือกส้มโอ และอินทผลัมพันธุ์ *Birhi* และ *Safri* (Al-Hooti และคณะ, 2002; Wilkins และคณะ, 2007)

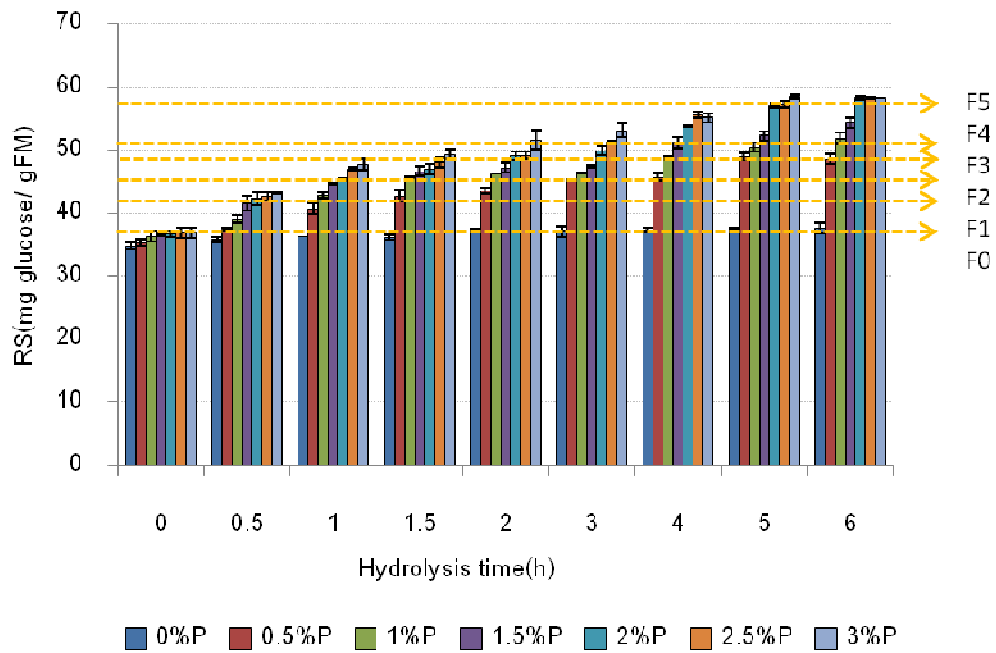


รูปที่ 4.15 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ในตัวอย่างเนื้อของแคนตาลูปที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ Pectinex[®] Ultra SP-L ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาการย่อยต่างกัน

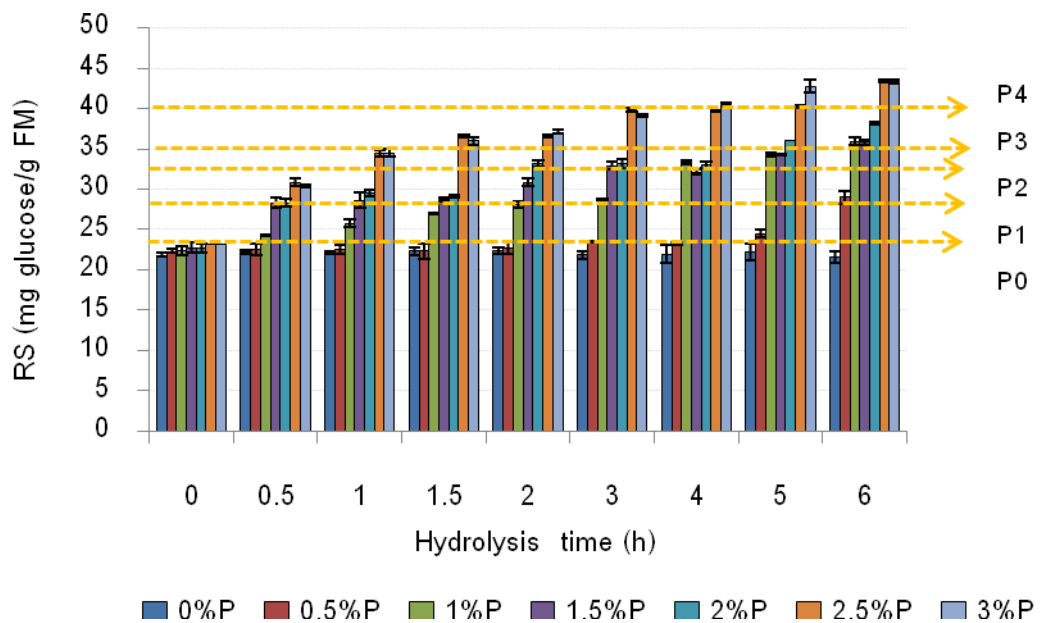


รูปที่ 4.16 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ในตัวอย่างรกของแคนตาลูปที่ได้จากการย่อยด้วย เอนไซม์ Pectinex[®] Ultra SP-L ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาการย่อยต่างกัน

จากการติดตามการย่อยสลายเซลล์โครงสร้างของพอลิแซคคาไรด์ในชั้น middle lamella ด้วยเอนไซม์เพกทิเนสทางการค้า Pectinex[®] Ultra SP-L เพื่อปลดปล่อยสารหน้าที่เฉพาะในเซลล์โครงสร้างในเนื้อและรกของแคนตาลูป ได้แก่ สารแอนติออกซิแดนท์ ฟีนอลิกและ ฟลาโวนอยด์ ทั้งหมด เบต้าแคโรทีน และ วิตามินซี ในการทดลองเบื้องต้นพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ เอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยสลายส่งผลให้อัตราการย่อยสลายพอลิแซคคาไรด์ทั้งในเนื้อและ รกด้วยเอนไซม์คิดเป็นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังรูปที่ 4.17 และ 4.18 ทั้งนี้เนื่องจาก Pectinex[®] Ultra SP-L จะย่อยสลายพันธะไกลโคซิดของสารประกอบเพกทิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ที่บริเวณผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อผลไม้ ส่งผลให้มีมูรีดิวซ์สูงขึ้น (Grohman และ Baldwin, 1992; Multu และคณะ, 1999)



รูปที่ 4.17 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์(RS) ในเนื้อของแคนตาลูปที่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ Pectinex[®] Ultra SP-L ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาการย่อยต่างกัน



รูปที่ 4.18 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์(RS) ในรกของแคนตาลูปที่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ Pectinex[®] Ultra SP-L ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาการย่อยต่างกัน

สำหรับการติดตามปริมาณสารหน้าที่เฉพาะในตัวอย่างหลังการย่อยสลายโครงสร้างพอลิแซ็กคาไรด์ด้วยเอนไซม์นั้นได้คัดเลือกตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายจนมีระดับการย่อยสลายคิดเป็นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ครอบคลุมจากช่วงต่ำไปสูง คือตัวอย่างของเนื้ออยู่ในช่วง 41.54-58.48 และรอกอยู่ในช่วง 28.07- 40.44 mg glucose/ g FM เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมซึ่งไม่ผ่านการย่อยสลาย (control) ในการรายงานผล แบ่งตัวอย่างตามความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ของระดับการย่อยสลายด้วยเอนไซม์โดยใช้ code ดังนี้ เนื้อแคนตาลูปใช้ code F0 (control) -F5 ส่วนรอกแคนตาลูปใช้ code P0 (control) -P4 ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ระดับการตัดพันธะไกลโคซิลในเนื้อและรอกของแคนตาลูปที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Pectinex[®] Ultra SP-L ที่ประเมินจากค่าน้ำตาลรีดิวซ์แบ่งเป็น F0-F5 และ P0-P4

| RS (mg glucose/g FM) | | | |
|----------------------|---------------|------|---------------|
| Code | Flesh | Code | Placenta |
| F0 | 36.14 – 37.61 | P0 | 22.13 – 23.23 |
| F1 | 41.54 – 43.48 | P1 | 28.07 – 29.04 |
| F2 | 45.35 – 47.76 | P2 | 32.08 – 33.35 |
| F3 | 48.04 – 49.86 | P3 | 35.82 – 37.06 |
| F4 | 50.43 - 53.15 | P4 | 39.12 – 40.44 |
| F5 | 57.09 – 58.48 | | |

4.5 ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างเนื้อและรอกแคนตาลูปที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์

เมื่อนำตัวอย่างเนื้อและรอกของแคนตาลูปที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในข้อที่ 4.4 แบ่งเป็น code ดังนี้ เนื้อเป็น F0-F5 ส่วนรอกเป็น P0-P4 มาวิเคราะห์ปริมาณสารหน้าที่เฉพาะในด้านฤทธิ์ในการต้านการออกซิเดชัน ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เบต้าแคโรทีนและวิตามินซี ปริมาณใยอาหารทั้งหมด แบ่งเป็น ใยอาหารที่ละลายน้ำและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ปริมาณสารฟรีโบไอติก ชนิดและปริมาณสารระเหย รวมทั้งการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยเอนไซม์ที่ใช้มีบทบาทสำคัญต่อสารหน้าที่เฉพาะต่างๆ แตกต่างกันตามระดับการตัดพันธะไกลโคซิลในตัวอย่างเนื้อและรอกของแคนตาลูปดังนี้

4.5.1. ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

จากตารางที่ 4.11 และ 4.12 พบว่าฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในเนื้อและรกของแคนตาลูปจากการวัดด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับการย่อยสลายโครงสร้างพอลิแซคคาไรด์สูงสุดจะพบว่ามี การปลดปล่อยฤทธิ์ในการต้านการออกซิเดชันสูงกว่าที่ภาวะการย่อยสลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ของทั้งในส่วนตัวอย่างเนื้อและรกของแคนตาลูป เป็นที่น่าสังเกตว่าที่ระดับการย่อยสลายตัวอย่างสูงสุด (F5, P4) มีค่าแอกทิวิตีของสารต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH เป็น 8.8 และ 4.8 เท่าของตัวอย่างควบคุม (1.50 และ 0.72 $\mu\text{g FM}/\mu\text{g DPPH}$) เมื่อพิจารณาจากค่า EC_{50} ที่ระดับการย่อยสลายสูงสุดของเนื้อและรก มีค่าเป็น 0.17 และ 0.15 $\mu\text{g FM}/\mu\text{g DPPH}$ ตามลำดับ ส่วนวิธี ABTS เป็น 4.5 และ 1.4 เท่าของตัวอย่างควบคุม (5.12 และ 7.88 $\mu\text{g Trolox equivalents/g FM}$) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าวิธีการสกัดโดยใช้เอนไซม์ช่วยเพิ่มการสกัดสารต้านออกซิเดชันได้ดีกว่าการสกัดด้วยเมทานอล ดังรายงานของ Tachakittirungrod และคณะ (2007) ซึ่งพบว่าสารต้านออกซิเดชันในใบฝรั่งที่สกัดด้วยเมทานอลมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงกว่าสารต้านออกซิเดชันในใบฝรั่งสดถึง 3 เท่า ถ้าพิจารณาโดยรวมตัวอย่างเนื้อและรกของแคนตาลูปที่มีระดับการย่อยสลายสูงสุด (F5 และ P4) พบว่าฤทธิ์ในการต้านการออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS ของตัวอย่างเนื้อแคนตาลูปคิดเป็น 1.3 เท่าของตัวอย่างรก

4.5.2. ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดพบว่าที่ระดับการย่อยสลายโครงสร้างพอลิแซคคาไรด์สูงสุดในเนื้อ (F5) และรก (P4) จะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดคิดเป็น 1.8 และ 1.6 เท่าของตัวอย่างควบคุม (63.70 และ 66.96 $\text{mg gallic acid equivalents}/100 \text{ g Fm}$) ส่วนที่ระดับการย่อยสลายโครงสร้างพอลิแซคคาไรด์ในเนื้อ (F4) และรก (P3) ขึ้นไปจะมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเป็น 2.7 และ 1.4 เท่าของตัวอย่างควบคุม (9.38 และ 17.46 $\text{mg catechin equivalents}/100 \text{ g FM}$) ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 4.11 และ 4.12 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างเนื้อ (F5) จะมีค่าสูงกว่าในตัวอย่างรก (P4) คิดเป็น 1.1 เท่า แต่มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในตัวอย่างเนื้อและรกใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกและ ฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในตัวอย่างเนื้อและรกแคนตาลูปที่ผ่านการย่อยสลายโครงสร้างพอลิแซคคาไรด์ด้วยเอนไซม์กับผลไม้ชนิดต่างๆ ที่ได้มีรายงานมาแล้ว พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าในลูกแพร์ แอปเปิ้ล (เหลืองและแดง) ลูกท้อ เซอร์ฮวาน มะเดื่อ และแก้วมังกรแดง (39.7-104.3 $\text{mg GAE}/100 \text{ g FM}$) คิดเป็น 1-3 เท่า ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงกว่าในแอปเปิ้ล (เหลืองและเขียว) ลูกท้อ เซอร์ฮวาน มะเดื่อ และแก้วมังกรแดง (7.21-20.9 $\text{mg CE}/100 \text{ g FM}$) คิดเป็น 1-4 เท่า (Marinova และคณะ, 2005; Wu และคณะ, 2006) นอกจากนี้ยังมี

รายงานการสกัดสาร ellagic acid และ quercetin ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกในสตรอบเบอร์และราสเบอร์รี่ด้วยเอนไซม์ทางการค้าก็พบว่าปริมาณสารเหล่านี้เพิ่มขึ้นหลังการย่อยสลายโครงสร้างของพอลิแซคคาไรด์ด้วยเอนไซม์เช่นกัน (Versari และคณะ, 1997) รวมทั้งมีรายงานการเพิ่มปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์หลังการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในน้ำมันมะกอก (Najafian และคณะ, 2009), ใบสน (Lin และคณะ, 2009) และใบถั่วแระ (Fu และคณะ, 2008) อธิบายได้ว่าเกิดจากการที่เอนไซม์ไปช่วยย่อยผนังเซลล์พืชและเพิ่มปริมาณสารสกัด รวมทั้งปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกออกมานอกเซลล์มากขึ้น

4.5.3. ปริมาณเบต้าแคโรทีน

สำหรับปริมาณเบต้าแคโรทีนที่พบในตัวอย่างเนื้อ และรกที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในระดับ F3 และ P2 ขึ้นไป พบว่ามีปริมาณเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นจาก 66.98 เป็น 76.71 และ 158.35 เป็น 182.22 $\mu\text{g}/100\text{gFM}$ ตามลำดับ และในตัวอย่างรก (P4) มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าในเนื้อ (F5) ถึง 2.4 เท่า ซึ่งปรากฏการณ์นี้เกิดจากการที่เอนไซม์ไปย่อยสลายโครงสร้างของ พอลิแซคคาไรด์และปลดปล่อยรงควัตถุในสภาพธรรมชาติซึ่งเชื่อมกับโปรตีนด้วยพันธะโควาเลนต์และจะทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากกว่าการสกัดด้วยวิธี solvent (Cinar, 2005a) ปริมาณของเบต้าแคโรทีนที่เพิ่มขึ้นโดยวิธีการสกัดด้วยเอนไซม์กลุ่มเพคตินเอสนี้ เคยมีรายงานว่า สามารถเพิ่มปริมาณเบต้าแคโรทีนในดอกดาวเรืองที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์จาก 1.2 เป็น 7.4 $\text{g}/\text{kg d.w.}$ หรือ 6 เท่าของตัวอย่างควบคุม (Delgado-Vargas และ Paredes-López, 1997)

4.5.4 ปริมาณวิตามินซี

จากการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาในการย่อยด้วยเอนไซม์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ปริมาณวิตามินซีในเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 66.98 เป็น 76.69 $\text{mg}/100\text{g FM}$ ส่วนในรอกมีค่าคงที่เนื่องจากเนื้อแคนตาลูปมีสัดส่วนประกอบของใยอาหารที่ละลายน้ำสูงกว่ารอกจึงส่งผลให้วิตามินซีที่แทรกตัวอยู่ในเซลล์ละลายออกมาได้มากกว่า แต่จากรายงานการวิจัยของ Yusof และ Ibrahim (1994) พบว่า การใช้เอนไซม์เพคตินเอสในการสกัดวิตามินซีจากทุเรียนเทศ ไม่สามารถเพิ่มปริมาณวิตามินซีได้เช่นเดียวกับในตัวอย่างรอกแคนตาลูป

ตารางที่ 4.11 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและสารหน้าที่เฉพาะที่พบในตัวอย่างเนื้อของแคนตาลูป

| Functional substances/ Code | Flesh | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | F0 | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
| - DPPH :EC ₅₀ (µg FM ^A / µg DPPH) | 1.50 ^a ±0.006 | 0.61 ^b ±0.001 | 0.54 ^c ±0.001 | 0.51 ^d ±0.003 | 0.40 ^e ±0.001 | 0.17 ^f ±0.001 |
| - ABTS (µg TE ^B /g FM) | 4.10 ^e ±0.04 | 13.65 ^d ±0.07 | 16.95 ^c ±0.10 | 17.86 ^b ±0.04 | 18.50 ^a ±0.06 | 18.49 ^a ±0.09 |
| - Total phenolics (mg GAE ^C /100g FM) | 63.70 ^f ±0.55 | 67.71 ^e ±0.82 | 73.82 ^d ±0.51 | 75.64 ^c ±0.77 | 109.66 ^b ±0.41 | 116.37 ^a ±0.45 |
| - Total flavonoids (mg CE ^D /100g FM) | 9.38 ^e ±0.17 | 14.96 ^d ±0.10 | 19.15 ^c ±0.17 | 24.43 ^b ±0.04 | 24.93 ^a ±0.12 | 24.96 ^a ±0.14 |
| - β-carotene (µg /100g FM) | 66.98 ^d ±0.78 | 68.48 ^c ±0.35 | 70.92 ^b ±0.35 | 76.69 ^a ±0.45 | 76.60 ^a ±0.64 | 76.71 ^a ±0.90 |
| - Vitamin C (mg / 100g FM) | 18.91 ^c ±0.82 | 18.79 ^c ±0.68 | 19.04 ^{bc} ±0.81 | 20.56 ^a ±0.73 | 20.20 ^{ab} ±0.16 | 20.75 ^a ±0.63 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

^AFM= fresh mass, ^BTE= Trolox equivalents, ^CGAE= gallic acid equivalents, ^DCE= catechin equivalents

ตารางที่ 4.12 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและสารหน้าที่เฉพาะที่พบในตัวอย่างรกของแคนตาลูป

| Functional substances/ Code | Placenta | | | | |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | P0 | P1 | P2 | P3 | P4 |
| - DPPH :EC ₅₀ (µg FM ^A / µg DPPH) | 0.72 ^a ±0.052 | 0.46 ^b ±0.002 | 0.35 ^c ±0.001 | 0.23 ^d ±0.025 | 0.15 ^e ±0.002 |
| - ABTS (µg TE ^B /g FM) | 10.72 ^e ±0.05 | 11.68 ^d ±0.04 | 14.05 ^c ±0.04 | 14.46 ^b ±0.06 | 14.73 ^a ±0.25 |
| - Total phenolics (mg GAE ^C /100g FM) | 66.96 ^d ±0.35 | 66.65 ^d ±0.35 | 70.56 ^c ±0.42 | 85.95 ^b ±0.77 | 105.20 ^a ±0.54 |
| - Total flavonoids (mg CE ^D /100g FM) | 17.46 ^d ±0.12 | 18.45 ^c ±0.12 | 19.20 ^b ±0.35 | 23.85 ^a ±0.13 | 23.80 ^a ±0.18 |
| - β-carotene (µg /100g FM) | 158.35 ^c ±0.58 | 160.92 ^b ±0.93 | 182.22 ^a ±0.83 | 182.04 ^a ±0.93 | 181.89 ^a ±0.59 |
| - Vitamin C ^{ns} (mg / 100g FM) | 15.25±0.28 | 15.15±0.83 | 15.50±0.56 | 15.01±0.80 | 15.74±0.17 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

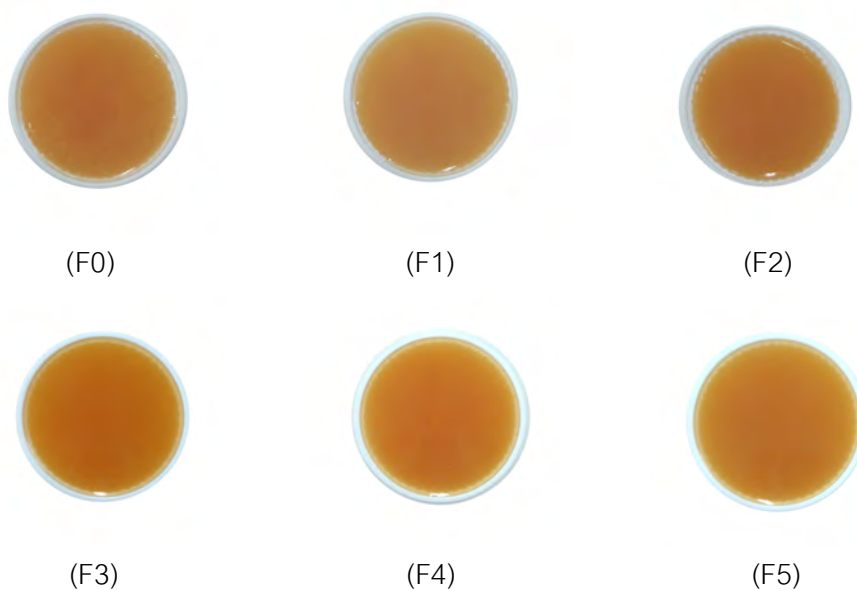
ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

^AFM= fresh mass, ^BTE= Trolox equivalents, ^CGAE= gallic acid equivalents, ^DCE= catechin equivalents

4.5.5 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.5.5.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อและรกของแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี QDA ในด้านสี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อ (F0-F5) และรก (P0-P4) ของแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเนื้อแคนตาลูปให้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.19 และตารางที่ 4.13 คือ ตัวอย่างเนื้อ F3 ขึ้นไป จะมีสีสัมผัส รวมทั้งผู้ทดสอบให้การยอมรับรวมมากกว่าที่ภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ตัวอย่างเนื้อ F2 ขึ้นไปจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้นและในทุกตัวอย่างผู้ทดสอบจะรู้สึกถึงกลิ่นรสแปลกปลอมและกลิ่นรสแคนตาลูปติดค้างในปากได้บ้างเล็กน้อย ส่วนตัวอย่างที่มีกลิ่นรสแคนตาลูปที่ชัดเจนกว่าที่ภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือตัวอย่างเนื้อ F4 ขึ้นไป สำหรับลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างรกแคนตาลูปแสดงในรูปที่ 4.20 และตารางที่ 4.14 พบว่าตัวอย่างรก P3 ขึ้นไป จะมีสีสัมผัส มีกลิ่นรสแคนตาลูปและผู้ทดสอบให้การยอมรับรวมมากกว่าที่ภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบจะรู้สึกถึงกลิ่นรสแปลกปลอมและกลิ่นรสแคนตาลูปที่ติดค้างในปากได้บ้างในทุกตัวอย่างรกแคนตาลูป และตัวอย่างรก P4 มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนมากกว่าที่ได้จากภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีงานวิจัยที่ใช้เอนไซม์เพกทิเนสเพื่อช่วยปรับปรุงลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังนี้ งานวิจัยของ Mutlu และคณะ (1999) ที่รายงานว่าการใช้เอนไซม์เพกทิเนสช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำแครอท จะทำให้น้ำแครอทที่ได้มีลักษณะปรากฏด้านสีและกลิ่นรสที่ดีขึ้น อีกทั้งยังมีงานวิจัยของ Thongsombat, Sirichote และ Chanthachum (2007) พบว่าการใช้เอนไซม์เพกทิเนสช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม จะทำให้น้ำฝรั่งที่ได้มีลักษณะปรากฏด้านสี กลิ่น รส และลักษณะโดยรวมดีขึ้น



รูปที่ 4.19 ลักษณะของเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิดด้วยเอนไซม์ต่างกัน (F0-F5)

ตารางที่ 4.13 คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิดด้วยเอนไซม์ต่างกัน

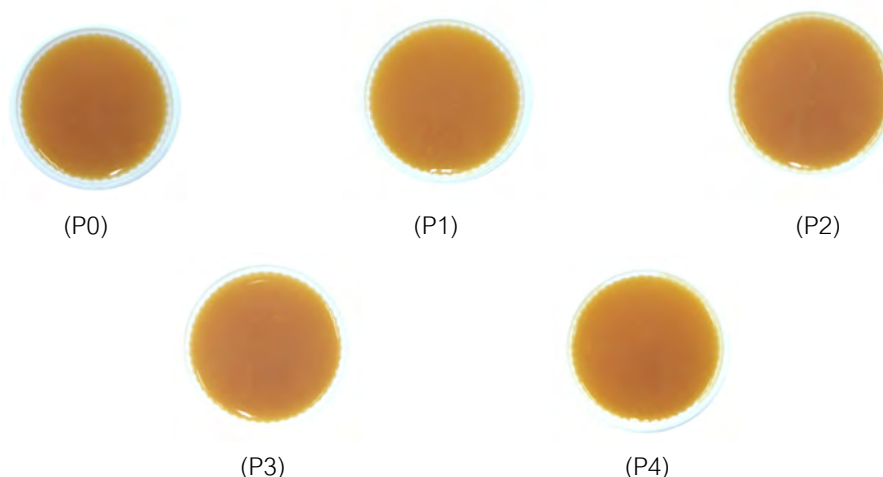
| Sensory attributes | Hydrolysis time (h) | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | F0 | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
| Color | 6.38 ^b ±0.85 | 6.36 ^b ±1.01 | 6.44 ^b ±0.87 | 7.24 ^a ±0.90 | 7.57 ^a ±0.90 | 7.61 ^a ±0.84 |
| Flavor | | | | | | |
| - cantaloupe flavor | 5.04 ^c ±0.78 | 5.04 ^c ±0.60 | 5.70 ^b ±0.52 | 5.89 ^b ±0.59 | 6.85 ^a ±0.53 | 6.89 ^a ±0.67 |
| - off-flavor* | 1.84 ^b ±0.59 | 1.92 ^b ±0.61 | 1.98 ^b ±0.62 | 2.84 ^a ±0.55 | 2.89 ^a ±0.56 | 2.89 ^a ±0.53 |
| Texture | | | | | | |
| - smoothness | 5.47 ^c ±0.90 | 6.31 ^b ±0.96 | 7.29 ^a ±0.80 | 7.34 ^a ±0.95 | 7.50 ^a ±0.93 | 7.40 ^a ±0.70 |
| Aftertaste | 2.42 ^b ±0.95 | 2.38 ^b ±0.82 | 2.42 ^b ±0.92 | 2.90 ^{ab} ±0.82 | 3.16 ^a ±1.07 | 3.06 ^a ±1.12 |
| Overall acceptability | 5.34 ^b ±0.92 | 5.60 ^b ±0.99 | 5.64 ^b ±1.07 | 7.54 ^a ±0.89 | 7.54 ^a ±0.88 | 7.79 ^a ±0.86 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

กำหนดให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของเนื้อแคนตาลูปมีคะแนนสูงสุด 10 คะแนน

*กลิ่นรสแปลกปลอม (off-flavor): ไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอมเลย (0 คะแนน) - มีกลิ่นรสแปลกปลอมชัดเจน (10 คะแนน)



รูปที่ 4.20 ลักษณะของรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิดด้วยเอนไซม์ต่างกัน (P0-P4)

ตารางที่ 4.14 คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิดด้วยเอนไซม์ต่างกัน

| Sensory attributes | Hydrolysis time (h) | | | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | P0 | P1 | P2 | P3 | P4 |
| Color | 5.50 ^c ±0.91 | 6.51 ^b ±0.91 | 6.44 ^b ±0.87 | 7.40 ^a ±0.80 | 7.69 ^a ±1.30 |
| Flavor | | | | | |
| - cantaloupe flavor | 4.33 ^d ±0.96 | 4.88 ^c ±0.67 | 5.88 ^b ±0.58 | 6.97 ^a ±0.63 | 7.03 ^a ±0.90 |
| - off-flavor* | 1.65 ^c ±0.71 | 1.59 ^c ±0.76 | 2.67 ^b ±0.90 | 3.34 ^a ±0.78 | 3.39 ^a ±0.84 |
| Texture | | | | | |
| -smoothness | 6.38 ^c ±0.90 | 6.32 ^c ±0.92 | 7.47 ^b ±0.89 | 7.70 ^b ±0.77 | 8.30 ^a ±0.72 |
| Aftertaste | 3.40 ^b ±0.91 | 3.71 ^{ab} ±0.85 | 3.62 ^{ab} ±0.90 | 3.95 ^a ±0.67 | 3.98 ^a ±0.72 |
| Overall acceptability | 5.47 ^c ±0.87 | 5.62 ^c ±0.80 | 6.05 ^b ±0.68 | 6.34 ^{ab} ±0.88 | 6.66 ^a ±0.78 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกั้มีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

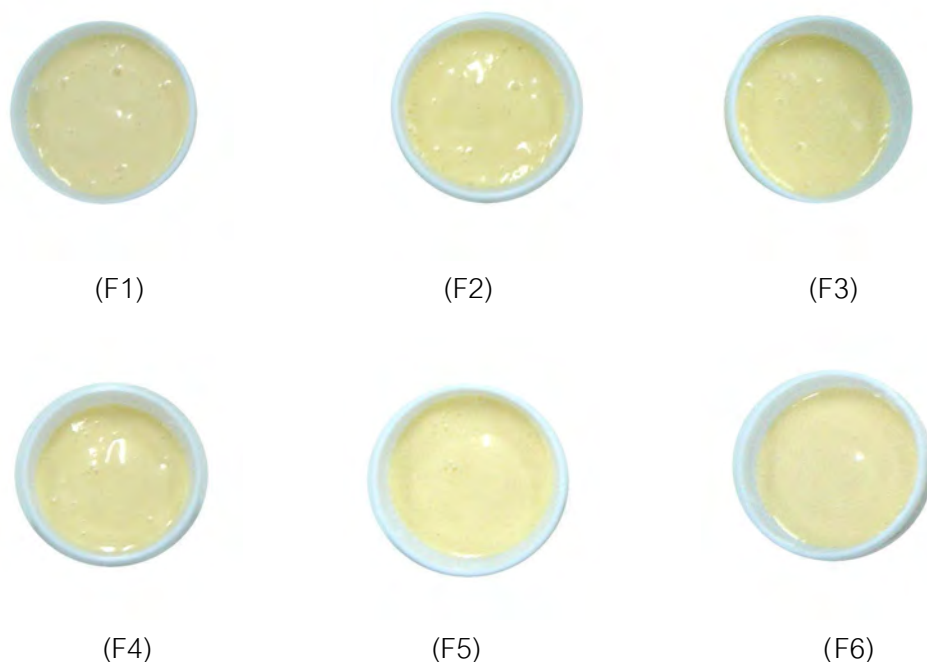
กำหนดให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของรกแคนตาลูปมีคะแนนสูงสุด 10 คะแนน

*กลิ่นรสแปลกปลอม (off-flavor): ไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอมเลย (0 คะแนน) - มีกลิ่นรสแปลกปลอมชัดเจน (10 คะแนน)

4.5.5.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดที่มีเนื้อและรกของแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิดด้วยเอนไซม์ต่างกันเป็นส่วนผสม

จากการทดลองใช้สารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกันเป็นสารแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอิมัลชัน เพื่อทดแทนการใช้สารปรุงแต่งกลิ่น สีสังเคราะห์ เพิ่มสมบัติเชิงหน้าที่ และคุณค่าทางโภชนาการ เป็นทางเลือกใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร โดยใช้เป็นส่วนผสมในน้ำสลัด แทนการใช้กลิ่นและสีผลไม้สังเคราะห์ในสูตรต้นแบบ แสดงในรูปที่ 4.21 และ 4.22 และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยวิธี QDA โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ประเมินลักษณะด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.15 และ 4.16 พบว่า เมื่อใช้สารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธุ์ไกลโคซิลต่างกันเป็นส่วนผสมในน้ำสลัด จะส่งผลให้มีสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสต่างกัน ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียว โดยน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของตัวอย่างเนื้อแคนตาลูป F4 ขึ้นไป จะมีสีครีมอมเหลืองอ่อนและมีกลิ่นรสแคนตาลูปชัดเจน รวมทั้งน้ำสลัดที่ได้มีลักษณะข้นกว่าที่ภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนด้านกลิ่นรสแปลกปลอมพบว่า น้ำสลัดที่มีส่วนผสมของตัวอย่างเนื้อแคนตาลูปทุกภาวะไม่ทำให้เกิดกลิ่นรสแปลกปลอมและกลิ่นรสแคนตาลูปตกค้าง (aftertaste) ในระดับที่ผู้ทดสอบสามารถรู้สึกได้ชัดเจน ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า น้ำสลัดที่มีส่วนผสมของเนื้อแคนตาลูป F1 ขึ้นไป จะมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าที่ภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนด้านการยอมรับรวมพบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของเนื้อแคนตาลูป F3 ขึ้นไปมากกว่าเนื้อแคนตาลูปที่ภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ น้ำสลัดที่มีส่วนผสมของตัวอย่างรกแคนตาลูป P3 ขึ้นไป จะมีสีครีมอมเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัสข้นไม่เหลวเยิ้ม รวมทั้งผู้ทดสอบให้การยอมรับมากกว่าที่ภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนกลิ่นรสแคนตาลูปชัดเจนกว่าภาวะอื่นๆ คือน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของรกแคนตาลูป P3 ขึ้นไป และยังมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกันไม่แยกชั้น ไม่มีลิ้มหรือตะกอน อีกทั้งน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของรกแคนตาลูปที่ทุกภาวะ พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถรู้สึกได้เกี่ยวกับกลิ่นรสแปลกปลอมและกลิ่นรสแคนตาลูปที่ตกค้างอยู่ในปากได้ชัดเจน

จากลักษณะเฉพาะของสารสกัดจากเนื้อและรกแคนตาลูปที่มีสีสัมผัส มีกลิ่นหอมหวานเป็นเอกลักษณ์ มีรสหวาน และประกอบด้วยสารหน้าที่เฉพาะ เช่น เบต้าแคโรทีน โยอาหารและฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน อีกทั้งยังช่วยเพิ่มเสถียรภาพ และความเป็นเนื้อเดียวกันให้กับผลิตภัณฑ์อาหารระบบอิมัลชันดังที่กล่าวมาแล้ว แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปมีแนวโน้มในการใช้เป็นสารปรุงแต่งสี กลิ่นรส และสารเสริมอิมัลซิไฟเออร์กับผลิตภัณฑ์อาหารระบบอิมัลชัน เช่น สังขยา มายองเนส และน้ำสลัด



รูปที่ 4.21 ลักษณะของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพั้นระไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน (F0-F5)

ตารางที่ 4.15 คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดที่มีเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพั้นระไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกันเป็นส่วนผสม

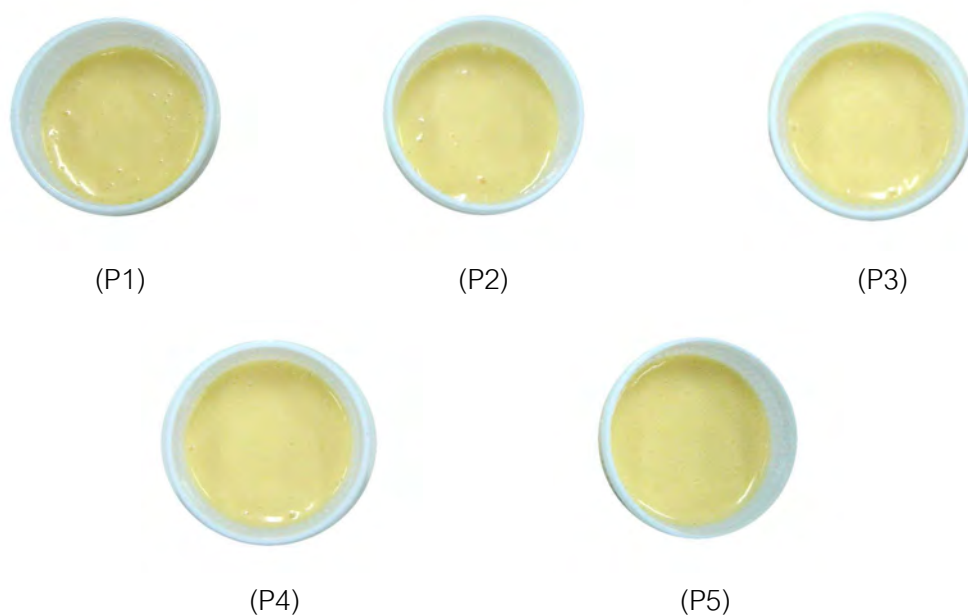
| Sensory attributes | Hydrolysis time (h) | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | F0 | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
| Color | 6.03 ^c ±0.65 | 6.01 ^c ±0.70 | 6.17 ^c ±0.57 | 6.97 ^b ±0.90 | 7.34 ^{ab} ±1.09 | 7.69 ^a ±0.75 |
| Flavor | | | | | | |
| - cantaloupe flavor | 4.70 ^c ±0.78 | 4.87 ^c ±0.82 | 5.54 ^b ±1.32 | 6.00 ^{ab} ±1.08 | 6.16 ^{ab} ±1.14 | 6.29 ^a ±0.95 |
| - off-flavor* ^{ns} | 2.87±0.84 | 2.94±0.93 | 3.17±1.02 | 3.22±0.74 | 3.25±0.78 | 3.36±1.01 |
| Texture | | | | | | |
| - smoothness | 6.54 ^b ±0.88 | 6.71 ^{ab} ±0.80 | 7.01 ^{ab} ±0.79 | 7.11 ^a ±0.66 | 7.05 ^{ab} ±0.76 | 7.19 ^a ±0.66 |
| - thickness | 5.52 ^b ±0.89 | 5.48 ^b ±0.77 | 5.51 ^b ±0.73 | 5.91 ^b ±0.93 | 6.42 ^a ±0.84 | 6.69 ^a ±0.76 |
| Aftertaste ^{ns} | 1.66±0.91 | 1.79±0.91 | 1.83±0.78 | 2.06±0.97 | 2.13±1.02 | 1.99±0.95 |
| Overall acceptability | 4.78 ^b ±0.88 | 5.12 ^b ±0.69 | 5.28 ^b ±0.70 | 6.91 ^a ±0.95 | 7.01 ^a ±1.02 | 7.22 ^a ±0.76 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

กำหนดให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของเนื้อแคนตาลูปมีคะแนนสูงสุด 10 คะแนน

*กลิ่นรสแปลกปลอม (off-flavor): ไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอมเลย (0 คะแนน) - มีกลิ่นรสแปลกปลอมชัดเจน (10 คะแนน)



รูปที่ 4.22 ลักษณะของน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิดด้วย เอนไซม์ต่างกัน (P0-P4)

ตารางที่ 4.16 คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดที่มีรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิดด้วยเอนไซม์ต่างกันเป็นส่วนผสม

| Sensory attributes | Hydrolysis time (h) | | | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | P0 | P1 | P2 | P3 | P4 |
| Color | 6.11 ^b ±0.66 | 6.15 ^b ±0.61 | 6.19 ^b ±0.77 | 7.27 ^a ±1.02 | 7.24 ^a ±0.96 |
| Flavor | | | | | |
| - cantaloupe flavor | 4.94 ^b ±0.89 | 5.43 ^b ±1.38 | 6.73 ^a ±1.30 | 6.84 ^a ±1.00 | 6.94 ^a ±1.10 |
| - off-flavor* | 1.95 ^b ±0.86 | 1.89 ^b ±0.68 | 2.25 ^{ab} ±0.77 | 2.23 ^{ab} ±0.72 | 2.37 ^a ±0.66 |
| Texture | | | | | |
| - smoothness | 6.63 ^c ±0.95 | 7.13 ^b ±0.89 | 8.35 ^a ±0.73 | 8.22 ^a ±0.88 | 8.26 ^a ±0.74 |
| - thickness | 5.20 ^c ±0.98 | 5.87 ^b ±0.96 | 6.20 ^b ±0.87 | 6.42 ^{ab} ±0.77 | 6.94 ^a ±0.81 |
| Aftertaste | 2.88 ^b ±0.66 | 3.08 ^{ab} ±0.86 | 3.25 ^{ab} ±0.79 | 3.55 ^a ±0.65 | 3.51 ^a ±0.78 |
| Overall acceptability | 6.37 ^b ±0.92 | 6.34 ^b ±0.87 | 6.52 ^b ±0.91 | 6.67 ^{ab} ±0.79 | 7.14 ^a ±0.87 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

กำหนดให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของรกแคนตาลูปมีคะแนนสูงสุด 10 คะแนน

*กลิ่นรสแปลกปลอม (off-flavor): ไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอมเลย (0 คะแนน) - มีกลิ่นรสแปลกปลอมชัดเจน (10 คะแนน)

จากผลการทดลองข้างต้นเป็นที่น่าสังเกตว่าตัวอย่างที่มีลักษณะทางสัมผัสที่ดีและมีสารหน้าผิวเฉพาะสูงที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิดด้วยเอนไซม์สูงสุดของช่วงที่ศึกษาคือ ตัวอย่างเนื้อ F5 และรก P4 ดังรูปที่ 4.23 มาวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารทั้งหมด ค่าแอกทิวิตีของสารพรีไบโอติก และสารระเหย



รูปที่ 4.23 ลักษณะของตัวอย่างเนื้อ F5 และรก P4 แคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธะไกลโคซิดด้วยเอนไซม์สูงสุด

4.5.6 ปริมาณใยอาหารทั้งหมด

จากตารางที่ 4.17 พบว่าตัวอย่างเนื้อ (F5) มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด (TDF) ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (SDF) สูงกว่าในตัวอย่างรก (P4) ส่วนปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เป็นที่สังเกตว่าทั้ง F5 และ P4 มีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำสูงกว่าปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ทั้งนี้เป็นผลมาจากเอนไซม์หลายชนิดใน Pectinex Ultra SP-L[®] ย่อยสลายสารประกอบเพกตินในเนื้อ และรกของแคนตาลูป โดยเอนไซม์เพกทินเอสเทอร์เรส (PE) จะดึงหมู่เมทิลออกจากสารประกอบเพกทิน ส่วนเอนไซม์พอลิกลาแลกทูโรเนส (PG) จะไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคซิดระหว่างกรดกาแลกทูโรนิกของสารประกอบเพกทินทำให้สารสกัดมีขี้เพิ่มมากขึ้น และสารประกอบเพกทินที่ไม่ละลายน้ำจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของสารประกอบเพกทินที่ละลายน้ำได้เอนไซม์จะช่วยย่อยสลายสารประกอบเพกทินที่ไม่ละลายน้ำให้อยู่ในรูปที่แสดงหมู่ไฮดรอกซิลมากขึ้นส่งผลให้เพกทินละลายน้ำได้มากขึ้น (Kashyap และคณะ, 2001) ซึ่งปรากฏการณ์นี้เคยรายงานไว้ในมะตูมสุกที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์แล้วเช่นกัน (Charoensidhi และ Anprung, 2009)

ตารางที่ 4.17 ปริมาณใยอาหารทั้งหมดในตัวอย่างเนื้อ F5 และรก P4 ของแคนตาลูป

| Sample | F5 | P4 |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Total dietary fiber (TDF) (g / 100g FM) | 1.05 ^a ±0.05 | 0.86 ^b ±0.05 |
| - Soluble dietary fiber (SDF) | 0.76 ^a ±0.03 | 0.52 ^b ±0.02 |
| - Insoluble dietary fiber (IDF) ^{ns} | 0.29±0.07 | 0.32 ±0.03 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.5.7 ค่าแอกทิวิตีของสารพรีไบโอติก

สารพรีไบโอติก หมายถึงสารประกอบชีวภาพ เช่น inulin, oligofructose หรือ คาร์โบไฮเดรตอื่นๆ ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นจุลินทรีย์สุขภาพหรือโพรไบโอติกคือ *L. acidophilus* La5 และ *B. lactis* Bb12 ผลการเปรียบเทียบปริมาณเซลล์จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด หลังจากเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนผสมของสารพรีไบโอติกชนิดต่างๆ คือ inulin ตัวอย่างเนื้อ F5 และรก P4 ของแคนตาลูป กับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีส่วนผสมของสารพรีไบโอติก (glucose) ใน 24 ชั่วโมง ดังตารางที่ 4.18 พบว่าปริมาณเซลล์จุลินทรีย์ของ *L. acidophilus* La5 และ *B. lactis* Bb12 ที่เลี้ยงในอาหารที่มี inulin และตัวอย่าง F5 สูงกว่าภาวะอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และยังพบว่าปริมาณเซลล์จุลินทรีย์ pathogen (*E. coli*) ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีส่วนผสมของสารพรีไบโอติก (glucose) สูงกว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนผสมของสารพรีไบโอติกทุกชนิด อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ทั้งนี้ใน F0 กับ F5 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ส่งเสริมการเจริญของ จุลินทรีย์สุขภาพทั้ง 2 ชนิดรวมทั้ง *E. coli* ด้วย แต่อินนูลินไม่ส่งเสริมการเจริญของ *E. coli* เลย เนื่องจากไม่มีกลูโคสเป็นองค์ประกอบ จึงอาจจะมีผลให้ค่าพรีไบโอติกแอกทิวิตีต่ำกว่ากรณีของ อินนูลิน ดังนั้นน่าจะมีการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาชนิดของสารที่ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ สุขภาพในตัวอย่างเนื้อและรกของแคนตาลูป สำหรับภาวะปกติในร่างกายเซลล์จุลินทรีย์กลุ่ม พรีไบโอติกเมื่อมีการเจริญเติบโตจะไปลดระดับความเป็นกรดต่างทำให้มีผลต่อการยับยั้งการเจริญ ของ pathogen (*E. coli*) ได้ (Saulnier และคณะ, 2009; Holzapfel และ Schillinger, 2002) และสามารถนำข้อมูลในตารางที่ 4.18 ไปคำนวณหาค่าคะแนนแอกทิวิตีของสารพรีไบโอติก (prebiotic activity score) ดังรูปที่ 4.24 พบว่า prebiotic activity score ของสารพรีไบโอติกทุก ชนิดมีผลต่อการเพิ่มปริมาณเซลล์จุลินทรีย์ *B. lactis* Bb12 มากกว่า *L. acidophilus* La5 ทั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่าจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดมีขีดความสามารถแตกต่างกันในด้านความจำเพาะในการย่อย

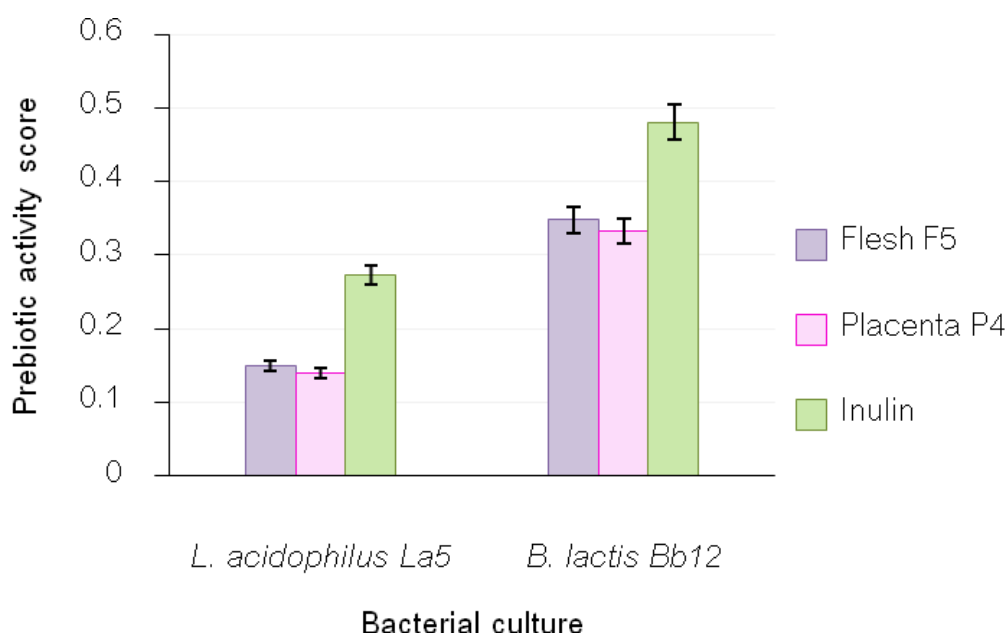
สลายและระบบการถ่ายโอนสารฟิโอบีโอดีคสำหรับการเจริญเติบโตของเซลล์จุลินทรีย์ในภาวะที่มีแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องรวมอยู่ด้วย (Huebner และคณะ, 2007) เป็นที่สังเกตว่าค่า prebiotic activity score ในทุกตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์สูงกว่าทุกตัวอย่างที่ไม่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์มีผลต่อการเพิ่มปริมาณเซลล์ของเชื้อโพรไบโอดีคทั้ง 2 ชนิด อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.18 ปริมาณจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นในระหว่าง 0 และ 24 ชั่วโมงในเนื้อ F5 รก P4 และคาร์โบไฮเดรตต่างๆ

| Bacterial culture | Cell density [$\log_{10}(\text{cfu/ml})$] | | | |
|---------------------------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Carbohydrates | | | |
| | Glucose | Inulin | F5 | P4 |
| <i>L. acidophilus</i> La5 | 1.99 ^c ±0.01 | 2.22 ^a ±0.01 | 2.21 ^a ±0.02 | 2.12 ^b ±0.04 |
| <i>B. lactis</i> Bb12 | 2.01 ^c ±0.06 | 2.66 ^a ±0.03 | 2.63 ^a ±0.04 | 2.53 ^b ±0.03 |
| <i>E. coli</i> ATCC 29922 | 2.03 ^a ±0.02 | 1.71 ^d ±0.05 | 1.95 ^b ±0.03 | 1.88 ^c ±0.01 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.24 Prebiotic activity score ของ *L. acidophilus* La5 และ *B. lactis* Bb12 ที่เลี้ยงใน อินนูลิน เนื้อ F5 และรก P4

4.5.8 สารระเหย

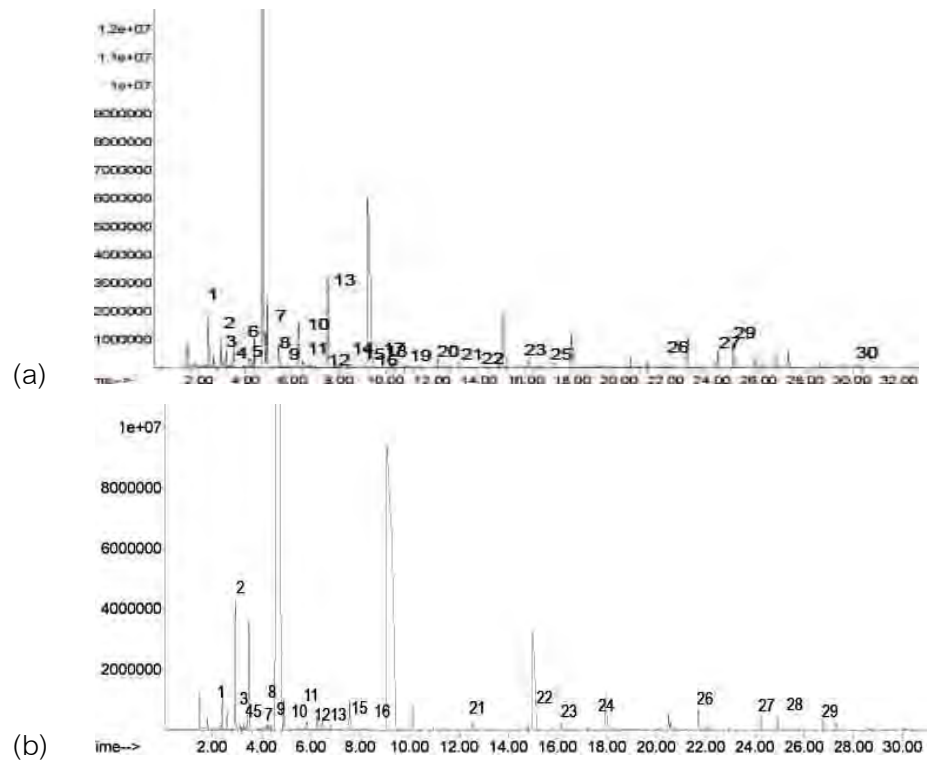
ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสารระเหยในตัวอย่างเนื้อ F5 และรก P4 ดังรูปที่ 4.25 และตารางที่ 4.19 พบว่าตัวอย่างเนื้อ F5 มีสารระเหย 28 ชนิด มากกว่าเนื้อที่เป็นวัตถุดิบซึ่งมีสารระเหยเพียง 6 ชนิด ส่วนในตัวอย่างรก P4 มีสารระเหย 21 ชนิดมากกว่าในตัวอย่างรกที่เป็นวัตถุดิบซึ่งมีสารระเหย 18 ชนิด ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าหลังจากการใช้เอนไซม์ย่อยโครงสร้างพอลิแซคคาไรด์ในเนื้อและรกแคนตาลูปสารระเหยที่อยู่ในเซลล์โครงสร้างพอลิแซคคาไรด์จะถูกปลดปล่อยออกมาเป็นอิสระ และมีปริมาณมากแต่อาจจะมีบางชนิดที่ง่ายต่อการถูกออกซิไดซ์หรือเปลี่ยนเป็นสารระเหยชนิดอื่น (Beaulieu and Grimm, 2001) สารระเหยส่วนใหญ่ที่พบในตัวอย่างแคนตาลูปสามารถจำแนกเป็นกลุ่ม ester, aldehyde และ alcohol และสารระเหยเหล่านี้ได้มาจากองค์ประกอบของ phytonutrient เช่น fatty acids, amino acids, carotenoids, phenolics และ terpenoids สารระเหยในกลุ่มเอสเทอร์เกิดจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของ alcohol โดยเอนไซม์ alcohol acetyltransferase ในระหว่างผลไม้อสุกงอม (Obando-Ulloa และคณะ, 2008) จากตารางที่ 4.19 สารระเหยหลักที่พบในตัวอย่างเนื้อ F5 ประกอบด้วย methyl acetate, ethyl acetate, methyl butanoate, isobutyl acetate, methyl 2-methylbutanoate, butyl acetate, ethyl butanoate และ nonanol ส่วนในตัวอย่างรก P4 มีสารระเหยหลักที่สำคัญคือ methyl acetate, ethyl acetate, isobutyl acetate, (Z)-3-nonen-1-ol, (Z)-6-nonen-1-ol และ nonanol นอกจากนี้พบว่าสารระเหยหลักที่พบในทั้งตัวอย่างเนื้อ F5 และตัวอย่างรก P4 มี flavor descriptive เป็นกลิ่นรสของ pineapple, fruity, melon, apple, banana และ sweet เป็นต้น (Saftner และคณะ, 2006; Chin และคณะ, 2007; Mahattanatawee และคณะ, 2007) เมื่อเปรียบเทียบชนิดของสารระเหยในตัวอย่างแคนตาลูปจากการทดลองนี้กับข้อมูลการวิเคราะห์สารระเหยในแตงสายพันธุ์อื่นตามรายงานของ Kourkoutas และคณะ, 2006; Fallik และคณะ, 2001 เห็นได้ชัดว่าแคนตาลูปมีชนิดของสารระเหยและสารให้กลิ่นหอมมากกว่าในแตงสายพันธุ์ ฮันนี่ดีว เทมเทศัน และกาเลีย ซึ่งมีสารระเหยที่สำคัญเป็น 2-methylbutyl acetate, hexyl acetate, butyl acetate, isobutyl acetate, ethyl 2-methyl butanoate และ isoamyl acetate

ตารางที่ 4.19 ชนิดของสารระเหยที่พบในตัวอย่างเนื้อ F5 และรก P4 ของแคนตาลูปที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ วิเคราะห์ด้วยวิธี SPME/GC/MS

| Peak No. | Cas No. | LRI ^a | Compound | %area | | Flavor description ^b |
|----------|-------------|------------------|--------------------------|-------|----------|---------------------------------|
| | | | | Flesh | placenta | |
| 1 | 000079-20-9 | 826 | Methyl acetate | 1.49 | 0.83 | unknown |
| 2 | 000141-78-6 | 889 | Ethyl acetate | 0.98 | 3.34 | Pineapple,ethereal |
| 3 | 000554-12-1 | 908 | Methyl propanoate | 0.52 | 0.10 | Fruity |
| 4 | 000590-86-3 | 913 | 3-methylbutanal | 0.10 | 0.11 | Fatty, Fresh, Pungent |
| 5 | 000547-63-7 | 927 | Methyl isobutanoate | 0.12 | 0.08 | unknown |
| 6 | 000110-62-3 | 935 | Pentanal | 0.14 | nd | unknown |
| 7 | 000105-37-3 | 953 | Ethyl propanoate | 0.08 | 0.05 | Rum,pineapple |
| 8 | 00019-60-4 | 969 | Propyl acetate | 0.39 | 0.13 | Fruity,pear,raspberry-like |
| 9 | 000623-42-7 | 980 | Methyl butanoate | 1.12 | 0.13 | Fruity,apple-like |
| 10 | 000868-57-5 | 1014 | Methyl 2-methylbutanoate | 1.48 | 0.44 | Sweet,fruity,apple-like |
| 11 | 000110-19-0 | 1017 | Isobutyl acetate | 2.96 | 0.86 | Sweet,fruity |
| 12 | 000105-54-4 | 1039 | Ethyl butanoate | 0.88 | 0.23 | Apple,sweet |
| 13 | 000123-86-4 | 1044 | Butyl acetate | 1.91 | 0.42 | Fruity |
| 14 | 000106-36-5 | 1049 | Propyl propanoate | 0.05 | nd | Fruity,apple,banana |
| 15 | 007452-79-1 | 1055 | Ethyl 2-methylbutanoate | 0.12 | 0.07 | Green,fruity |
| 16 | 000066-25-1 | 1087 | Hexanal | nd | 0.47 | Fruity,green |
| 17 | 000628-63-7 | 1176 | Amyl acetate | 0.11 | nd | Banana,ethereal |
| 18 | 000106-70-7 | 1190 | Methyl hexanoate | 0.18 | nd | Pineapple,ethereal |
| 19 | 000123-66-0 | 1236 | Ethyl hexanoate | 0.14 | nd | Fruity,apple |
| 20 | 000142-92-7 | 1275 | Hexyl acetate | 0.47 | nd | Apple,cherry |
| 21 | 000124-13-0 | 1286 | Octanal | 0.11 | 0.09 | Fruity,citrus |
| 22 | 000111-27-3 | 1348 | 1-Hexanol | 0.49 | 0.20 | Green leaf |
| 23 | 000124-19-6 | 1401 | Nonanal | 0.43 | 0.40 | Fatty, melon |
| 24 | 000513-85-9 | 1533 | 2,3-Butanediol | nd | 0.95 | Unknown |
| 25 | 000111-87-5 | 1552 | 1-Octanol | 0.30 | nd | Fatty,green herbal |
| 26 | 000557-48-2 | 1580 | Cucumber aldehyde | 0.21 | 0.19 | Cucumber,green |
| 27 | 028473-21-4 | 1657 | Nonanol | 0.93 | 0.65 | unknown |
| 28 | 010340-23-5 | 1682 | (Z)-3-Nonen-1-ol | nd | 1.26 | Melon |
| 29 | 035854-86-5 | 1712 | (Z)-6-Nonen-1-ol | 0.42 | 0.74 | Melon |
| 30 | 003796-70-1 | 1851 | Geranyl acetone | 0.16 | nd | Fresh,rosy |

^aLRI : Linear retention index calculated against C₁₀-C₂₅ n-alkanes on HP-Innowax column. nd : not detected.

^bFlavor description from Saftner และคณะ (2006); Chin และคณะ (2007); Mahattanatawee และคณะ (2007).



รูปที่ 4.25 Chromatogram ของสารระเหยที่พบใน (a) ตัวอย่างเนื้อ F5 และ (b) ตัวอย่างรก P4 ของแคนตาลูป

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

แคนตาลูปที่ใช้เป็นวัตถุดิบ คือ แคนตาลูปที่สุกอมบ่มที่อุณหภูมิ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นระยะเวลา 7 วัน ลักษณะเปลือกภายนอกเป็นสีครีมอมส้มอ่อน เนื้อภายในมีสีส้ม มีกลิ่นหอมและมีรสหวานของแคนตาลูปชัดเจน ไม่มีกลิ่นแปลกปลอมและไม่มีรสฝาด ประกอบด้วยสารหน้าที่เฉพาะที่สำคัญหลายชนิดได้แก่ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ เบต้าแคโรทีน วิตามินซี และสารพรีไบโอติก โดยสารระเหยหลักที่พบทั้งในเนื้อและรกของแคนตาลูปที่เป็นวัตถุดิบดังนี้ 2-methylbutyl acetate, nonanol และ (Z)-6-nonen-1-ol ส่วนภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมปฏิกิริยาสีน้ำตาล คือ การเติมกรดแอสคอร์บิก 0.2% (w/w) เป็นระยะเวลา 3 นาทีในเนื้อ ส่วนในรกเติมกรดแอสคอร์บิก 0.1% (w/w) เป็นระยะเวลา 2 นาที ขึ้นต่อมาเป็นการประยุกต์ใช้ เอนไซม์เพกทินเนสทางการค้า Pectinex[®] Ultra SP-L เพื่อย่อยสลายโครงสร้างพอลิแซคคาไรด์ทั้งในเนื้อและรกของแคนตาลูปคิดเป็นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ในช่วง 57.09-58.48 (เนื้อแคนตาลูป) และ 39.12-40.44 mg glucose/g FM (รกแคนตาลูป) มีปริมาณสารหน้าที่เฉพาะต่างๆ สูงกว่าระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) โดยสารสกัดที่ได้มีสีส้มสด และมีกลิ่นแคนตาลูปชัดเจน รวมทั้งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เนียนเรียบ สรุปได้ว่าเนื้อแคนตาลูปมีปริมาณสารหน้าที่เฉพาะโดยส่วนใหญ่สูงกว่ารอกยกเว้นปริมาณแคโรทีนอยด์ดังนี้ สารออกฤทธิ์ในการต้านการออกซิเดชัน (ABTS) ของตัวอย่างเนื้อคิดเป็น 1.26 เท่าของตัวอย่างรก ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของตัวอย่างเนื้อคิดเป็น 1.11 เท่าของตัวอย่างรก ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดใกล้เคียงกันกับตัวอย่างรก แต่ในรอกมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าในเนื้อ 2.37 เท่า และยังมีอัตราการเพิ่มปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำสูงกว่าในเนื้อเป็น 1.82 เท่า นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่า prebiotic activity score ของสารพรีไบโอติกทั้งในตัวอย่างเนื้อและรอกมีความสามารถในการส่งเสริมการเพิ่มปริมาณเซลล์จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดใกล้เคียงกัน และยังพบว่าปริมาณสารระเหยหลักในตัวอย่างเนื้อสูงกว่าในรอก (methyl acetate, isobutyl acetate และ nonanol) ส่วนการใช้สารสกัดของเนื้อและรกแคนตาลูปที่ได้นี้มาใช้เป็นส่วนผสมในน้ำสลัดพบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับทั้งด้านสี กลิ่นรสแคนตาลูป ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมสูงกว่าภาวะอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าทั้งเนื้อและรอกมีศักยภาพเพียงพอที่จะใช้เป็นสารปรุงแต่งสี กลิ่นรส ใยอาหาร ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและ สารพรีไบโอติก รวมทั้งยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มเสถียรภาพ และความเป็นเนื้อเดียวกันให้กับผลิตภัณฑ์อาหารระบบอิมัลชันได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

จากการทำการทดลองทั้งหมดผลที่ได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ แต่อย่างไรก็ตามมีข้อเสนอแนะที่น่าจะมีการพิสูจน์ให้ชัดเจนต่อไปคือ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ในด้านฟรีไบโอติก ตัวอย่างเนื้อและรกของแคนตาลูปที่เป็นวัตถุดิบ และที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์สุขภาพทั้ง 2 ชนิด รวมทั้ง *E. coli* ด้วย แต่อินนูลินไม่ส่งเสริมการเจริญของ *E. coli* เลย เนื่องจากไม่มีกลูโคสเป็นองค์ประกอบ จึงอาจจะมีผลให้ค่าฟรีไบโอติกแยกที่วัดต่ำกว่ากรณีของอินนูลิน ดังนั้นน่าจะมีการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาชนิดของสารที่ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์สุขภาพทั้ง 2 ชนิด หรืออาจมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมในจุลินทรีย์สุขภาพชนิดอื่นๆ ในตัวอย่างเนื้อและรกของแคนตาลูป

2. ข้อเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับต่อไป

2.1 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์อยู่ในรูปผง เพื่อสะดวกต่อการใช้งานและเพิ่มอายุการเก็บ

2.2 กำหนดแนวทางในการประยุกต์ใช้ให้เจาะจงตามลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ เช่น

2.2.1 วัตถุประสงค์ส่งเสริม และเสถียรภาพ

2.2.2 วัตถุประสงค์กลิ่นรสแคนตาลูปและ เสถียรภาพ

2.2.3 วัตถุประสงค์เนื้อสัมผัส กลไกการเกิดอิมัลชันในระบบอาหารแบบ
ทั้ง water in oil และ oil in water

2.2.4 สารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในอาหารที่ปรุงแต่ง ในข้อ 2.2.1-

2.2.3 สำหรับยืดอายุการเก็บ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- คำนึ่ง คำอุดม. 2532. แคนตาลูป. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม.
ชมรมเผยแพร่ความรู้ทางการเกษตร. 2546. เทคนิคการปลูกแคนตาลูปคุณภาพจากไร่. วารสาร
เส้นทางกสิกรรม 1(98): 6-9.
- ธงชัย เนมขุนทด. 2532. แคนตาหูลูป. กรุงเทพมหานคร: โครงการหนังสือเกษตรชุมชน.
ปราณี อานเป็รื่อง. 2547. เอนไซม์ทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เปี่ยมสุข พงษ์สวัสดิ์. 2551. เอนไซม์ตัดแปรคาร์โบไฮเดรตในอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร:
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุภาพ อัจฉริยศรีพงศ์. 2551. พรีไบโอติก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 23(3): 35-37.
วรรณมา ตุลยธัญ. 2549. เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต. กรุงเทพมหานคร: แอคทีฟพรีนัท.
- โอภา วัชรระคุปต์, ปรีชา บุญจุง, จันทนา บุญยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัดตัสสินทอง. 2549. สารต้าน
อนุมูลอิสระ Radical Scavenging Agent. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: พี. เอส.
พรีนัท.
- เอกลักษณ์ ทวีโรจนกุล. 2552. Probiotic & Prebiotic คู่หูผู้วิกฤตโรคในระบบทางเดินอาหาร.
วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี 35 (203): 66-72.

ภาษาอังกฤษ

- Abdulah, A. G. L., Sulaiman, N. M., Aroua, M. K., and Megat Mohd Noor, M. J. 2007.
Response surface optimization of conditions for clarification of carambola fruit
juice using commercial enzyme. Journal of Food Engineering 81: 65-71.
- Al-Hooti, S. N., Sidhu, J. S., Al-Saqer, J. M., and Al-Othman, A. 2002. Chemical
composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase
enzyme treatment. Food Chemistry 79: 215-220.
- Alkorta, I., Garbisu, C., Llama, M. J., and Serra, J. L. 1998. Industrial applications of
pectic enzymes: a review. Process Biochemistry 33(1): 21-28.
- Almeida, M. E. M. and Nogueira, J. N. 1995. The control of polyphenol oxidase activity in
fruits and vegetables: a study of interactions between the chemical compounds
used and heat treatment. Plant Foods for Human Nutrition 47: 245-256.

- Alvarez, S., Alvarez, R., Riera, F. A., and Coca, J. 1998. Influence of depectinization on apple juice ultrafiltration. Colloid and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 138: 377-382.
- American Association of Cereal Chemists. 2001. The definition of dietary fiber. Cereal Foods World 46(3): 112-126.
- AOAC. 2006. Official Methods of Analysis of the AOAC International Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
- Barros, S. T. D., Mendes, E. S., and Peres, L. 2004. Influence of depectinization in the ultrafiltration of west Indian cherry (*Malpighia glabra* L.) and pineapple (*Ananas comosus* (L.) Meer) juices. Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas 24(2): 194-201.
- Baumann, J. W. 1981. Application of enzymes in fruit juice technology. In G. G. Birch, N. Blakebrough, and K. J. Parker (ed.), Enzymes and Food Processing, pp. 129-146. England: Applied Science Publishers.
- Beaulieu, J. C., and Grimm, C. C. 2001. Identification of volatile compounds in cantaloupe at various developmental stages using solid phase microextraction. Journal of Agriculture and Food Chemistry 49: 1345-1352.
- Bidlack, W. R. and Wang, W. 2000. Designing functional foods to enhance health. In W. R. Bidlack (ed.), Phytochemicals as Bioactive Agents, pp.241-266. Lancaster: Technomic.
- Çinar, I. 2005a. Stability studies on the enzymes extracted sweet potato carotenoproteins. Food Chemistry 89: 397-401.
- Çinar, I. 2005b. Effects of cellulase and pectinase concentrations on the colour yield of enzyme extracted plant carotenoids. Process Biochemistry 40: 945-949.
- Charoensiddhi, S., and Anprung, P. 2009. Characterization of bael fruit (*Aegle marmelos* (L.)Correa) hydrolysate as affected by enzyme treatment. Food biochemistry Article in Press.
- Chin, S. T., Nazimah, S. A. H., Quek, S. Y., Che Man, Y. B., Abdul Rahman, R., and Mat Hashim, D. 2007. Analysis of volatile compounds from Malaysian durians (*Durio zibethinus*) using headspace SPME coupled to fast GC-MS. Journal of Food Composition and Analysis 20: 31-44.
- Delgado-Vargas, F., and Paredes-López, O. 1997. Effects of enzymatic treatments on

- carotenoid extraction from marigold flowers (*Tagetes erecta*). Food Chemistry 58(3): 255-258.
- De Melo, M. L. S., Narain, N., and Bora, P. S. 2000. Characterisation of some nutritional constituents of melon (*Cucumis melo* hybrid AF-522) seeds. Food Chemistry 68: 411-414.
- Dris, R. and Jain, S. M. 2004. Production Practices and Quality Assessment of Food Crops. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- El-Shimi, N.M., 1993. Control of enzymatic browning in apple slices by using ascorbic acid under different conditions. Plant Foods for Human Nutrition 43: 71-76.
- Fallik, E., Alkali-Tuvia, S., Horev, B., Copel, A., Rodov, V., Aharoni, Y., Ulrich, D., and Schulz, H. 2001. Characterisation of 'Galia' melon aroma by GC and mass spectrometric sensor measurements after prolonged storage. Postharvest Biology and Technology 22: 85-91.
- Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estévez, A. M., Chiffelle, I., and Asenjo, F. 2005. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. Food Chemistry 91: 395-401.
- Fu, Y.-J., Liu, W., Zu, Y.-G., Tong, M.-H., Li, S.-M., Yan, M.-M., Efferth, T., and Luo, H. 2008. Enzyme assisted extraction of luteolin and apigenin from pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.]leaves. Food Chemistry 111: 508-512.
- Galeazzi, M. A., and Sgarbieri, V. C. 1981. Substrate specificity and inhibitor of polyphenoloxidase (PPO) from a dwarf variety of banana (*Musa cavendishii* L.). Journal of Food Science 46: 1404-1406.
- Grassin, C., and Fauquembergue, P. 1996. Fruit juices. In T. Godfray and S. West (eds.), Industrial Enzymology, pp. 208-224. New York: Stockton Press.
- Grohmann, K. and Baldwin, E. A. 1992. Hydrolysis of orange peel with pectinase and cellulase enzymes. Biotechnology Letters 14(12): 1169-1774.
- Hassan, K. S., Kadambi, R. S., and Krishnaswamy, S. 1994. Improvement of juice recovery from pineapple pulp/residue using cellulases and pectinases. Journal of Fermentation and Bioengineering 78(6): 486-488.
- Helmja, K., Vaher, M., Gorbatsova, J., and Kaljurand, M. 2007. Characterization of bioactive compounds contained in vegetables of the Solanaceae family by

- capillary electrophoresis. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences Chemistry 56: 172-186.
- Holzappel, W. H., and Schillinger, U. 2002. Introduction to pre- and probiotics. Food Research International 35: 109-116.
- Hopkins, W. G. 1999. Introduction to Plant Physiology. New York: John Wiley and Sons.
- Huebner, J., Wehling, R. L., and Hutkins, R. W. 2007. Functional activity of commercial prebiotics. International Dairy Journal 17: 770-775.
- Ibdah, M., Azulay, Y., Portnoy, V., Wasserman, B., Bar, E., Meir, A., Burger, Y., Hirschberg, J., Schaffer, A. A., Katzir, N., Tadmor, Y. and Lewinsohn, E. 2006. Functional characterization of *CmCCD1*, a carotenoid cleavage dioxygenase from melon. Phytochemistry 67: 1579-1589.
- Jayani, R. S., Saxena, S., and Gupta, R. 2005. Microbial pectinolytic enzymes: A review. Process Biochemistry 40: 2931-2944.
- Kashyap, D. R., Vohra, P. K., Chopra, S., and Tewari, R. 2001. Applications of pectinases in the commercial sector : a review. Bioresource Technology 77: 215-227.
- Kaur, N., and Gupta, A. K. 2002. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. Journal of Biosciences 27(7): 703-714.
- Kay, R. M., and Truswell, A. S. 1977. Effect of citrus pectin on blood lipids and fecal steroid excretion in man. The American Journal of Clinical Nutrition 30: 171-175.
- Kilara, A. 1982. Enzymes and their uses in the processed apple industry: A review. Process Biochemistry 17: 35-41.
- Kourkoutas, D., Elmore, S., and Mottram, D. S. 2006. Comparison of the volatile compositions and flavour properties of cantaloupe, Galia and honeydew muskmelons. Food Chemistry 97: 95-102.
- Landbo, A. K., and Meyer, A. S. 2001. Enzyme-extraction of antioxidative phenols from black currant juice press residues (*Ribes nigrum*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 49: 3169- 3177.
- Lee, S. K., and Kader, A. A. 2000. Pre-harvest and post-harvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Post-harvest Biology and Technology

20: 207-220.

- Lee, W. C., Yusof, S., Hamid, N. S. A., and Baharin, B. S. 2006. Optimizing conditions for enzymatic clarification of banana juice using response surface methodology (RSM). Journal of Food Engineering 73: 55-63.
- Leong, L. P. and Shui, G. 2002. An investigation of antioxidant capacity of fruit in Singapore markets. Food Chemistry 76: 69-75.
- Lester, G. E., and Hodges, D. M. 2008. Antioxidants associated with fruit senescence and human health: Novel orange-fleshed non-netted honey dew melon genotype comparisons following different seasonal production and cold storage durations. Postharvest Biology and Technology 48: 347-354.
- Lin, S.-C., Chang, C.-M. J., and Deng, T.-S. 2009. Enzymatic hot pressurized fluids extraction of polyphenolics from *Pinus taiwanesis* and *Pinus morrisonicola*. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 40: 136-142.
- Mahattanatawee, K., Manthey, J. A., Luzio, G., Talcott, S. T., Goodner, K., and Baldwin, E. A. 2006. Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-Grown tropical fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 7355-7363.
- Maisuthisakul, P., Suttajit, M., and Pongsawatmanit, R. 2007. Assessment of phenolics content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. Food Chemistry 100: 1409-1418.
- Mao, L. C., Xu, Y. Q., and Que, F. 2007. Maintaining the quality of sugarcane juice with blanching and ascorbic acid. Food Chemistry 104: 740-745.
- Mariam, B. S. 2008. Plant genetic engineering for biofuel production: towards affordable cellulosic ethanol. Nature Reviews Genetics 9(6): 433-443.
- Marinova, D., Ribarova, F., and Atanassova, M. 2005. Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and Vegetables. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy 40(3): 255-260.
- Martinez, M. V., and Whitaker, J. R. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. Trends in Food Science and Technology 6(6): 195-200.
- Masuda, T., Yonemori, S., Oyama, Y., Takeda, Y., Taraka, T., Andoh, T., Shinobara, A., and Nakata, M. 1999. Evaluation of the antioxidant activity of environmental plants: activity of the leaf extracts from seashore plants. Journal of Agricultural

- and Food Chemistry 47: 1749-1754.
- Miccolis, V. and Saltveit, M. E. 1995. Influence of storage period and temperature on the postharvest characteristics of six melon (*Cucumis melo* L., Inodorus Group) cultivars. Postharvest Biology and Technology 5: 211-219.
- Mutlu, M., Sariglo, K., Demir, N., Ercan, M. T., and Acar, J. 1999. The use of commercial pectinase in fruit juice industry. Part I: viscosimetric determination of enzyme activity. Journal of Food Engineering 14: 147-150.
- Najafian, L., Ghodsvali, A., Haddad Khodaparast, M. H., and Diosady, L. L. 2009. Aqueous extraction of virgin olive oil using industrial enzymes. Food Research International 42: 171-175.
- Nawirska, A. and Kwasniewska, M. 2005. Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. Food Chemistry 91: 221-225.
- Nelson, N. 1944. Determination of glucose. Journal Biological and Chemistry 153: 375-380.
- Ndiaye, C., Xu, S-Y., and Wang, Z. 2009. Steam blanching effect on polyphenoloxidase, peroxidase and colour of mango (*Mangifera indica* L.) slices. Food Chemistry 113: 92-95.
- Obando-Ulloa, J. M., Moreno, E., García-Mas, J., Nicolai, B., Lammertyn, J., Monforte, A. J., and Fernández-Trujillo, J. P. 2008. Climacteric or non-climacteric behavior in melon fruit 1. Aroma volatiles. Postharvest Biology and Technology 49: 27-37.
- Owusu-Apenten. 2005. Introduction to Food Chemistry. Boca Raton: CRC Press.
- Pearson, D. 1970. The Chemical Analysis of Food 6th ed. New York: Chemical Publishing.
- Pearson, D. 1976. The Chemical Analysis of Foods. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Pilnik, W. and Voragen, A. G. J. 1991. The significance of endogenous and exogenous pectic enzyme in fruit and vegetable processing. In P. F. Fox (ed.), Food Enzymology, pp. 303-336. London: Elsevier Science Publishers LTD.
- Polata, H., Wilińska, A., Bryjak, J., and Polakovic, M. 2009. Thermal inactivation kinetics of vegetable peroxidases. Journal of Food Engineering 91: 387-391.
- Prior, R. L., Wu, X., and Schaich, K. 2005. Standardized Methods for the Determination

- of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53(10): 4290-4302.
- Rai, P., Majumdar, G. C., Dasgupta, S., and De, S. 2004. Optimizing pectinase usage in pretreatment of mosambi juice for clarification by response surface methodology. Journal of Food Engineering 64: 397-403.
- Ranganna, S. 1986. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. 2 nd ed. New Delhi: Tata Mcgraw Hill Publishing Company Limited.
- Ray, B. and Bhunia, A. 2008. Fundamental Food Microbiology Boca Raton: CRC Press.
- Reddy, L. V., and Reddy, V. S. 2007. Production of ethanol from mango (*Mangifera indica* L.) fruit juice fermentation. Research Journal of Microbiology 2(10): 763-769.
- Rock, C.L. 1997. Carotenoids: Biology and Treatment Pharmacol 75(3): 185-197.
- Rodríguez, R., Jiménez, A., Fernández-Bolaños, J., Guillén, R., and Heredia, A. 2006. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. Trends in Food Science and Technology 17(1): 3-15.
- Saftner, R., Abbott, J. A., Lester, G., and Vinyard, B. 2006. Sensory and analytical comparison of orange-fleshed honeydew to cantaloupe and green-fleshed honeydew for fresh-cut chunks. Postharvest Biology and Technology 42: 150-160.
- Sakho, M., Chassagne, D., Jaus, A., Chiarazzo, E., and Crouzet, J. 1998. Enzymatic maceration effects on volatile components of mango pulp. Journal of Food Science 63(6): 975-978.
- Sapers, G. M. 1993. Browning of foods: control by sulfites, antioxidants, and other means. Food Technology 47(2): 75-84.
- Sapers, G.M., and Miller, R.L. 1995. Heated Ascorbic/Citric Acid Solution as Browning Inhibitor for Pre-Peeled Potatoes. Journal of Food Science 60(4): 762-766.
- Sapers, G. M., Hicks, K.B., Phillips, J.P., Garzarella, L., Pondish, D.L., Matulaitis, McCormack, T.J., Sondey, S.M., Seib, P.A., and Ei-Atawy, Y.S. 1989. Control of Enzymatic Browning in Apple with Ascorbic Acid Derivatives, Polyphenol Oxidase Inhibitors, and Complexing Agents. Journal of Food Science 54(4): 997-1002.

- Saulnier, D. MA., Spinler, J. K., Gibson, G. R., and Versalovic, J. 2009. Mechanism of probiosis and prebiosis: considerations for enhance functional foods. Currect Opinion in Biotechnology 20: 1-7.
- Scalzo, L. R., Papadimitriu, C., Bertolo, G., and Maestrelli, A. 2001. Influence of cultivar and osmotic dehydration time on aroma profiles of mushmelon (*Cucumis melo*, cv reticular Naud.) spheres. Journal of Food Engineering 49: 261-264.
- Schoefs, B. 2004. Determination of pigments in vegetables. Journal of Chromatography A 1054: 217-226.
- Setiawan, B., Sulaeman, A., Giraund, D. W., and Driskell, J. A. 2001. Carotenoid content of selected Indonesian fruit. Journal of Food Composition and Analysis 14: 169-176.
- Seymour, G. B., Taylor, J. E., and Tucker, G. A. 1993. Biochemistry of Fuit Ripening. New York: Chapman and Hall Publishing.
- Sun, Y., Wang, Z., Wu, J., Chen, F., Liao, X., and Hu, X. 2006. Optimising enzymatic maceration in pretreatment of carrot juice concentrate by response surface methodology. International Journal of Food Science and Technology 41: 1082-1089.
- Tachakittirungrod, S., Okonogi, S., and Chowwanapoonpohn, S. 2007. Study on antioxidant activity of certain plants in Thailand: mechanism of antioxidant action of guava leaf extract. Food Chemistry 103: 381-388.
- Tavarini, S., Degl'Innocenti, E., Remorini, D., Massai, R. and Guidi, L. 2008. Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. Food Chemistry 107: 282-288.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cineros-Zevallos, L., and Byrne, D., H. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. Journal of Food Composition and Analysis 19: 669-675.
- Thompson, A. K. 1996. Postharvest Technology of Fruit and Vegetables. Cambridge. MA.: Blackwell Science. Ltd.
- Thongsombat, W., Sirichote, A., and Chanthachum, S. 2007. The production of guava juice fortified with dietary fiber. The Songklanakarin Journal of Science and

Technology 29: 187-196.

- Tomás-Barberán, F. A., and Espin, J. C. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture 81: 853-876.
- Versari, A., Biesenbruch, S., Barbanti, D., Farnell, P. J., and Galassi, S. 1997. Effects of pectolytic enzymes on selected phenolic compounds in strawberry and raspberry juices. Food Research International 30(10): 811-817.
- Vouldoukis, I., Lacan, D., Kamate, C., Coste, P., Calenda, A., Mazier, D., Conti, M., and Dugas, B. 2004. Antioxidant and anti-inflammatory properties of a *Cucumis melo* LC extract rich in superoxide dismutase activity. Journal of Ethnopharmacology 94: 67-75.
- Villanueva, M. J., Tenorio, M. D., Esteban, M. A., and Mendoza, M. C. 2004. Compositional changes during ripening of two cultivars of muskmelon fruits. Food Chemistry 87: 179-185.
- Waterhouse, A. L. 2005. Determination of total phenolics. In Wrolstad R. E., Acree, T. E., Decker, E. A., Penner, M. H., Reid, D. S., Schwartz, S. J., Shoemaker, C. F., Smith, D. and Sporns, P. (eds.), Handbook of Food Analytical Chemistry: Pigments, Colorants, Flavors, Texture, and Bioactive Food Components. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Whitaker, J. R. 1996. Enzymes. In O. R. Fennema (ed), Food Chemistry, pp.453-472. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Wilkins, M. R., Widmer, W. W., Grohmann, K., and Cameron, R. G. 2007. Hydrolysis of grapefruit peel waste with cellulose and pectinase enzymes. Bioresource Technology 98: 1596-1601.
- Wu, L.-C., Hsu, H.-W., Chen, Y.-C., Chiu, C.-C., Lin, Y.-I., and Annie Ho, J.-a. 2006. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. Food Chemistry 95: 319-327.
- USDA. 2008. U.S. Department of Agriculture. USDA National Nutrient Database[online]. Available from: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/> [2009, January 30]
- Yadav, S., Yadav, P. K., Yadav, D., and Yadav, K. D. S. 2009. Pectin lyase: A review. Process Biochemistry 44: 1-10.

Yusof, S., and Ibrahim, N. 1994. Quality of sour soup juice pectinase enzyme treatment. Food Chemistry 51: 81 – 83.

Zhishen, J., Mengcheng, T., and Jianming, W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry 64: 555-559.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก

ตามวิธีของ AOAC (2006)

สารเคมี

1. 0.1 N Sodium hydroxide (NaOH)
2. Potassium hydrogen phthalate ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$)
3. Phenolphthalein indicator

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีวิเคราะห์

1. คำนวณความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน NaOH โดยไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ โดยใช้ phenolphthalein เป็น indicator

$$N \text{ NaOH} = \frac{\text{น้ำหนักของ } \text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4 \text{ (g)} \times 1000}{\text{ปริมาตรของ NaOH (ml)} \times 204.22}$$

2. ชั่งตัวอย่าง 5 g (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) เติมน้ำกลั่นเล็กน้อย ต้มให้เดือดเป็นเวลา 2-3 นาที

3. ทำให้เย็น ถ่ายใส่ขวดปริมาตรขนาด 50 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วกรองกากออก

4. ปิเปตส่วนที่กรองได้ 10 ml ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 ml

5. เติมสารละลาย Phenolphthalein indicator 2 หยด

6. ไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน NaOH ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึงจุดยุติซึ่งมีสีชมพูอ่อน คำนวณปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมดในรูปของกรดซิตริกจากสูตร ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมด (%)

$$= \frac{N \text{ NaOH} \times \text{ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรท (ml)} \times 0.07 \times 100 \times 50}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)} \times 10}$$

โดยที่มีลลิตควิวาเลนซ์ของกรดซิตริก (Milliequivalent of citric acid monohydrate) = 0.07

ก.2 การทดสอบค่าแอกทิวิตีของเอนไซม์เพออกซิเดส

ดัดแปลงวิธีของ Pearson (1970)

สารเคมี

1. 1% Guaiacol (in 50% Ethanol)
2. 0.08% Hydrogen peroxide

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง

การเตรียมตัวอย่าง

1. ตีปั่นเนื้อและรกของแคนตาลูป ด้วยเครื่องปั่นผสม แล้วกรองแยกกากออก นำส่วนใสมาทดสอบปฏิกิริยาเอนไซม์

วิธีทดสอบ

1. เตรียม blank โดยใส่ตัวอย่างที่เตรียมไว้ 0.5 ml ลงในหลอดทดลองที่มี deionised water 2 ml เขย่าให้เข้ากัน ใช้เป็นหลอดเปรียบเทียบสี
2. ใส่ตัวอย่างที่เตรียมไว้ 0.5 ml ลงในหลอดทดลอง แล้วเติม 1% Guaiacol (in 50% Ethanol) จำนวน 1 ml ลงไป โดยไม่ต้องเขย่าและผสม
3. เติมสารละลาย 0.08% Hydrogen peroxide จำนวน 1 ml ตามลงไป โดยไม่ต้องเขย่าและผสม
4. ผสมสารละลายในหลอดทดลองโดยจับหลอดทดลองคว่ำไปมา และสังเกตสีที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบกับหลอดที่เป็น blank ถ้าไม่มีสีเกิดขึ้นภายใน 3.5 นาที แสดงว่าไม่มีแอกทิวิตีของเอนไซม์เพออกซิเดส และถ้าเกิดสีหลังจาก 3.5 นาที แสดงว่าไม่มีแอกทิวิตีของเอนไซม์เพออกซิเดสเช่นเดียวกัน

ก.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ตามวิธีของ Nelson (1944)

สารเคมี

1. Ammonium molybdate ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
2. Anhydrous sodium dihydrogen phosphate (NaH_2PO_4)
3. Anhydrous sodium sulphate (Na_2SO_4)
4. Copper sulphate pentahydrate ($\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
5. Potassium sodium tartrate ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$)
6. Sodium hydroxide (NaOH)

7. Sulfuric acid (H_2SO_4)
8. Sodium arsenate ($\text{Na}_2\text{HASO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
9. D-(+)-glucose

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. เครื่อง Spectrophotometer

วิธีวิเคราะห์

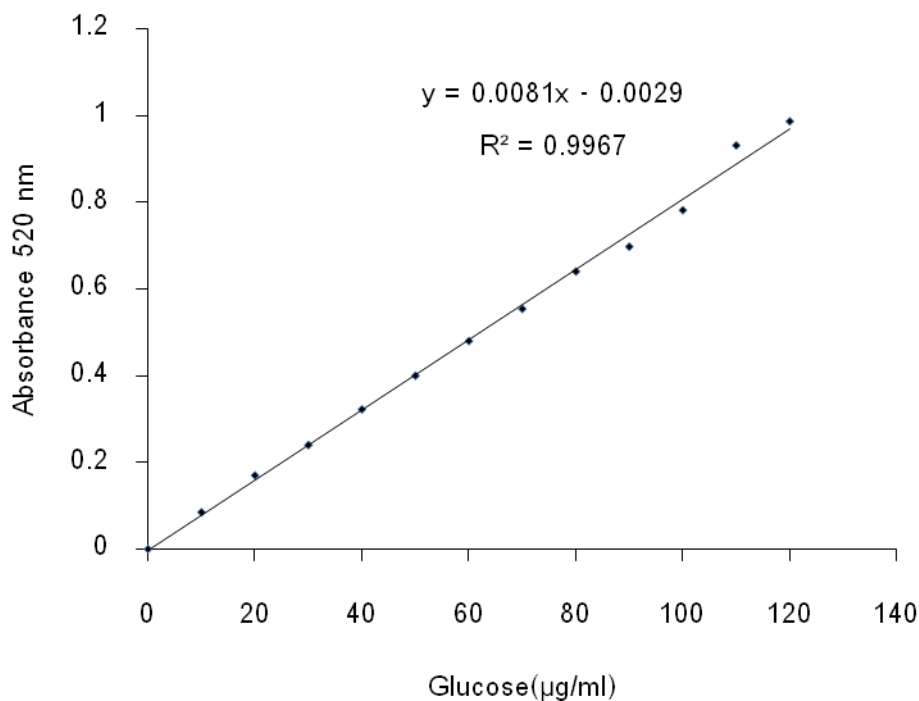
1. เตรียมสารละลาย Alkaline copper reagent โดยละลาย NaH_2PO_4 14 g และ $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ 20 g ในน้ำกลั่น 350 ml เติม NaOH ความเข้มข้น 1 N ปริมาตร 50 ml เติม 10% $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ปริมาตร 20 ml และเติม Anhydrous Na_2SO_4 50 g ผสมให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรสุดท้ายเป็น 500 ml ทิ้งไว้ 1-2 วันในขวดสีชา

2. เตรียมสารละลาย Asenomolydate reagent โดยละลาย $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 25 g ในน้ำกลั่น 400 ml เติม Conc. H_2SO_4 21 ml และสารละลาย $\text{Na}_2\text{HASO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ได้จาก $\text{Na}_2\text{HASO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 3 g ในน้ำกลั่น 12.5 ml) ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 1-2 วันในขวดสีชา

3. เตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคสเข้มข้น 20-120 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ปิเปตสารละลายแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 1 ml จากนั้นเติมสารละลาย Alkaline copper reagent ปริมาตร 1 ml นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 10 นาที ทำให้เย็น เติม Asenomolydate reagent ที่เจือจางด้วยสารละลาย H_2SO_4 ความเข้มข้น 1.5 N ในอัตราส่วน 1:2 ปริมาตร 1 ml และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 3 ml จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm

4. ใช้น้ำกลั่นเป็น Blank โดยผ่านขั้นตอนเช่นเดียวกับข้อ 3
5. นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐาน

6. การวิเคราะห์ตัวอย่างให้ทำการเจือจางจนได้ความเข้มข้นที่เหมาะสม จากนั้นนำไปวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 3



รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานของสารละลาย Glucose

ก.4 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

ก.4.1 การเตรียมสารสกัด

ดัดแปลงวิธีของ Masuda และคณะ (1999)

สารเคมี

1. 95% Ethanol

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องปั่นผสม
2. เครื่อง Water bath shaker
3. เครื่อง Rotary vacuum evaporator
4. เครื่อง Vacuum pump

วิธีการเตรียม

1. สุ่มตัวอย่างเนื้อและรกของแคนตาลูปสดมาตีปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมนาน 2 นาที
2. เติม 95% ethanol ปริมาตร 300 ml ลงในตัวอย่างที่ผ่านการตีปั่นปริมาณ 60 g เขย่าด้วยเครื่อง water bath shaker ในที่มืด ที่อัตราเร็ว 125 rpm อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลานาน 4.5 ชั่วโมง

3. กรองสารสกัดที่ได้ผ่านกระดาษกรอง (Whatman No.4) เพื่อแยกเอากากออกโดยใช้เครื่อง Vacuum pump แล้วระเหย ethanol ออกจากของเหลวที่กรองได้ด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator ที่อุณหภูมิ 70°C

4. เก็บสารสกัดที่ได้ในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิท และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -15°C จนกว่าจะทำการวิเคราะห์

ก.4.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH

ตามวิธีของ Maisuthisakul และคณะ (2007)

สารเคมี

1. Methanol
2. 5 mM DPPH in methanol

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. เครื่อง Spectrophotometer
3. เครื่อง Water bath

วิธีวิเคราะห์

1. เตรียมสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปที่เจือจางด้วย methanol ในอัตราส่วนต่างๆ

2. นำสารสกัดที่เจือจางแล้วแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 4.9 ml ผสมกับสารละลาย DPPH in methanol ความเข้มข้น 5 mM ปริมาตร 100 μ l ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลานาน 30 นาที

3. วัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 517 nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยใช้ methanol เป็น blank

ปริมาณของสารอนุมูลอิสระ DPPH ที่ลดลง (DPPH radical-scavenging activity) ของตัวอย่างสารสกัดจากแคนตาลูปที่แต่ละความเข้มข้นสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{DPPH radical-scavenging activity (\%)} = \frac{[A_0 - (A_1 - A_s)]}{A_0} \times 100$$

โดยกำหนดให้ A_0 คือ ค่า absorbance ของสารละลาย DPPH (control)

A_1 คือ ค่า absorbance ของสารสกัดที่มีการเติมสารละลาย DPPH

A_s คือ ค่า absorbance ของสารสกัดที่ผ่านการเจือจางแต่ไม่มีการเติมสารละลาย DPPH

สร้างกราฟระหว่างปริมาณของสารอนุมูลอิสระ DPPH ที่ลดลง และความเข้มข้นของสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูป เพื่อหาปริมาณของสารสกัดที่สามารถลดความเข้มข้นของสารอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50% เรียกว่า EC_{50}

ก.4.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS

ตามวิธีของ Thaipong และคณะ (2006)

สารเคมี

1. Trolox
2. Stock solutions :
 - สารละลาย ABTS 7.4 mM และ สารละลาย Potassium persulfate 2.6 mM
3. Working solutions (ABTS solution) :
 - ผสม Stock solutions ทั้งสองชนิดในอัตราส่วนที่เท่ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด ณ อุณหภูมิห้อง นาน 12 ชม. นำสารละลายที่ได้มาเจือจางด้วยสารละลาย Working solutions 2 ml และเมทานอล 60 ml จนสารละลายที่ได้มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm เท่ากับ 1.1 ± 0.02 ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยใช้เมทานอลเป็น blank
4. Methanol

อุปกรณ์และเครื่องมือ

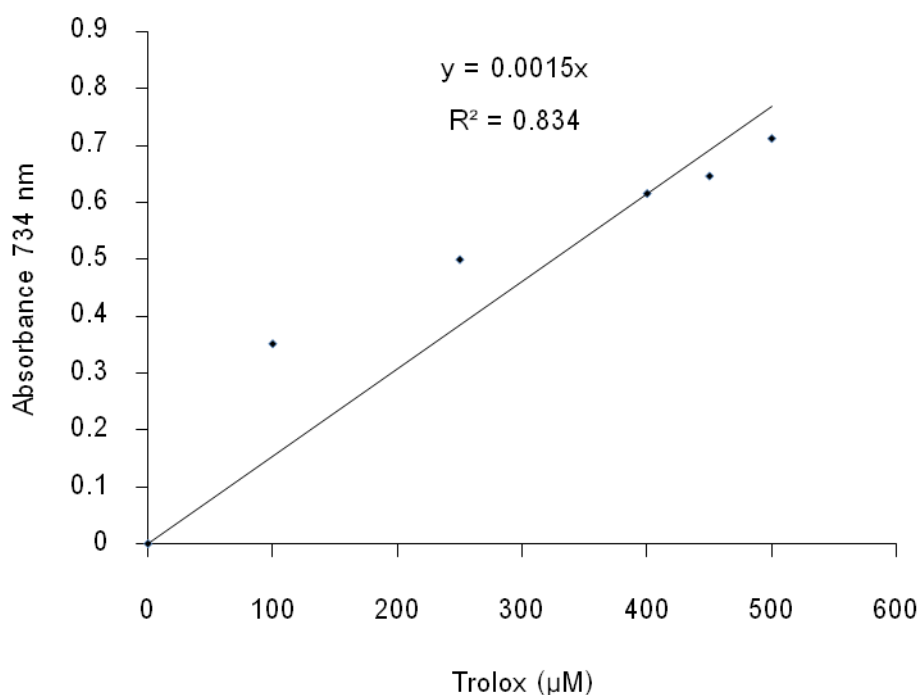
1. เครื่องชั่งน้ำหนักศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. เครื่อง Spectrophotometer

วิธีวิเคราะห์

1. เตรียมสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปที่เจือจางด้วยเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ เช่น $40:10^4$, $60:10^4$, $80:10^4$, $100:10^4$, $150:10^4$, $200:10^4$, $250:10^4$, และ $300:10^4$ โดยให้ความเข้มข้นที่แน่นอน
2. นำตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูปแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 150 μ l มาทำปฏิกิริยากับ ABTS solution ปริมาตร 2,850 μ l ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มืดนาน 2 ชม.

จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm (A_{734}) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

3. สร้างกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm และความเข้มข้นของสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูป และสร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้ Trolox ความเข้มข้น 100 – 500 μM แทนสารสกัดจากเนื้อและรกของแคนตาลูป ผลที่ได้จะแสดงในรูปของ μg Trolox equivalents (TE) / g fresh weight (fw)



รูปที่ ก.2 กราฟมาตรฐานของสารละลาย Trolox

ก.5 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

ตามวิธีของ Waterhouse (2005)

สารเคมี

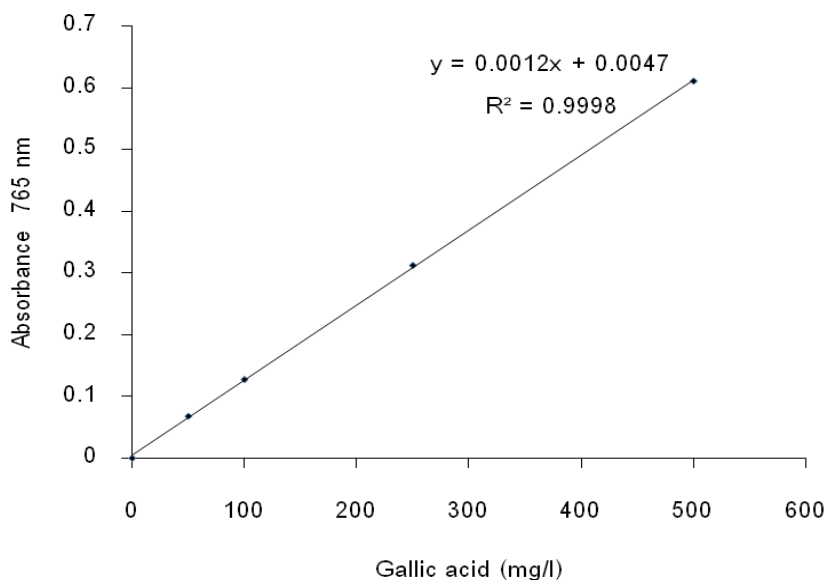
1. Folin-Ciocalteu's phenol reagent
2. Gallic acid
3. สารละลาย Sodium carbonate: ละลาย anhydrous sodium carbonate 200 g ใน deionised water 800 ml และนำไปต้ม หลังจากเย็น เติมเกล็ด sodium carbonate ลงไปเล็กน้อย ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 1 และปรับปริมาตรด้วย deionised water เป็น 1 L

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. เครื่อง Spectrophotometer

วิธีวิเคราะห์

1. ใส่น้ำสารสกัดจากตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ ก.4.1 20 μ l ลงใน cuvette (1 cm, 2 ml) เติม deionised water 1.58 ml ตามด้วย Folin-Ciocalteu's phenol reagent 100 μ l ผสมให้เข้ากัน และทิ้งไว้ 1-8 นาที
2. เติมสารละลาย Sodium carbonate 300 μ l ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง ในที่มืด
3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm โดยใช้ deionised water เป็น blank และคำนวณปริมาณฟีนอลิกจากกราฟมาตรฐาน
4. สร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้ gallic acid ความเข้มข้นในช่วง 50 ถึง 500 mg/l แสดงผลในรูปของ mg gallic acid equivalent (GAE)/ 100 g fresh weight (fw)



รูปที่ ก.3 กราฟมาตรฐานของสารละลาย Gallic acid

ก.6 การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

ตามวิธีของ Zhishen และคณะ (1999)

สารเคมี

1. 10% Aluminum chloride ($AlCl_3$)

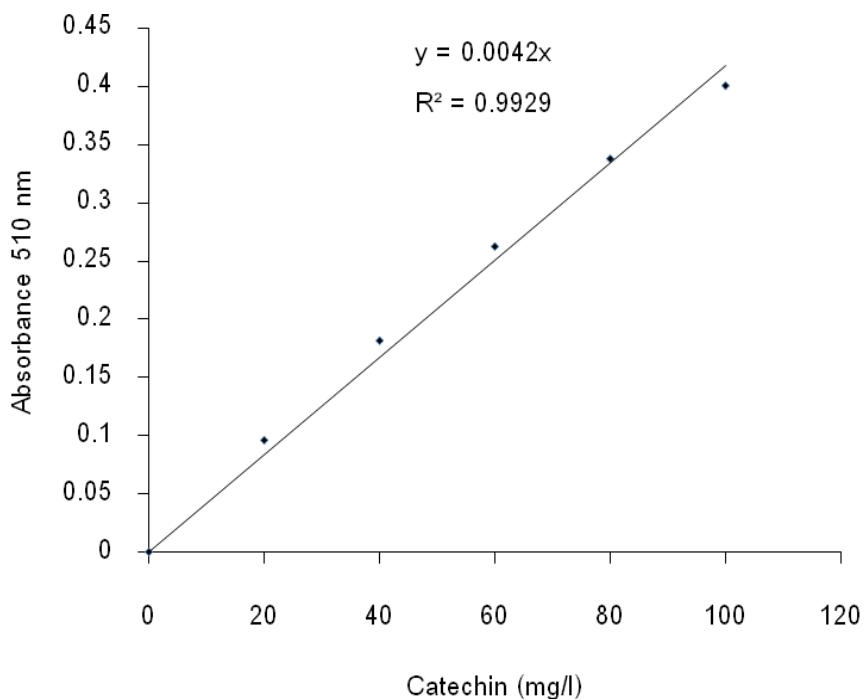
2. Catechin
3. 1 M Sodium hydroxide (NaOH)
4. 5% Sodium nitrite (NaNO_2)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. เครื่อง Spectrophotometer

วิธีวิเคราะห์

1. ใส่สารสกัดจากตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ ก.4.1 1 ml ลงใน volumetric flask ขนาด 10 ml ที่มี deionise water อยู่ 4 ml ทำในที่มืด
2. เติม 5% NaNO_2 0.3 ml ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเติม 10% AlCl_3
3. เมื่อถึงนาทีที่ 6 เติม NaOH ความเข้มข้น 1 M 2 ml และปรับปริมาตรเป็น 10 ml ด้วย deionised water
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm โดยใช้ deionised water เป็น blank และคำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์จากกราฟมาตรฐาน
5. สร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้ catechin ความเข้มข้นในช่วง 20 ถึง 100 mg/l แสดงผลในรูปของ mg catechin equivalent (CE)/ 100 g fresh weight (fw)



รูปที่ ก.4 กราฟมาตรฐานของสารละลาย Catechin

ก.7 การวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน

ดัดแปลงมาจากวิธี Ranganna (1986)

สารเคมี

1. Standard β -carotene ของบริษัท Fuka
2. Acetone
3. Petroleum ether(b.p. 65-70 °C)
4. Anhydrous sodium sulfate (Na_2SO_4)

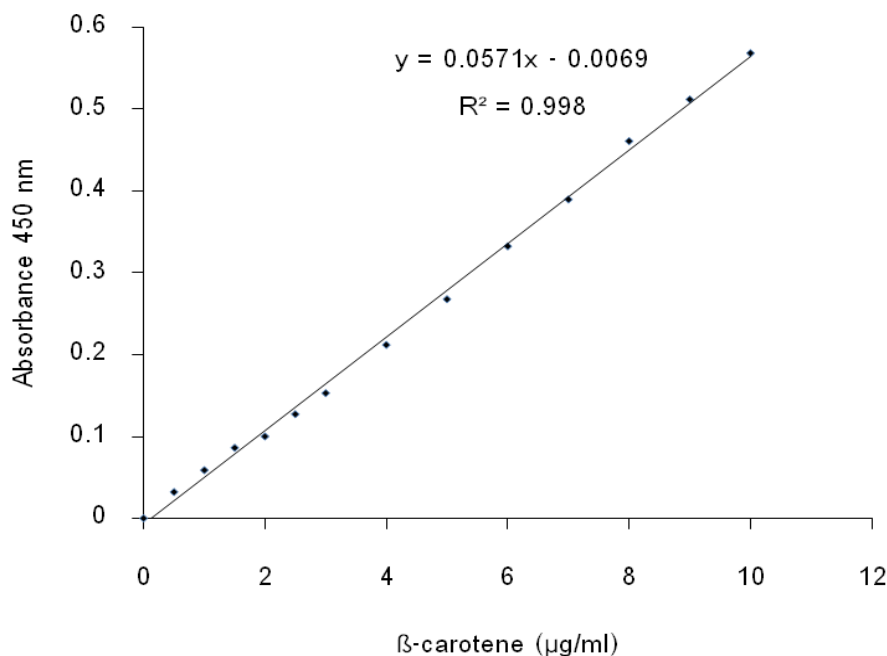
กราฟมาตรฐานของเบต้าแคโรทีน

1. การเตรียมสารละลาย β -carotene stock solution: ชั่งสารเบต้าแคโรทีน น้ำหนักแน่นอน 25 มิลลิกรัม ละลายใน acetone 2.5 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วย petroleum ether ลงใน volumetric flask ปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีนเป็น 0.1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร หรือ 100ไมโครกรัม /มิลลิลิตร
2. ดูดสารละลาย stock มา 10 มิลลิลิตรใส่ใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย petroleum ether
3. เตรียมสารละลายมาตรฐาน : นำสารละลายที่ได้จากการเตรียมในข้อ 2 มา 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 มิลลิลิตร ใส่ลงใน volumetric flask 100 มิลลิลิตรปรับปริมาตรด้วย petroleum ether สารละลาย 1 มิลลิลิตร จะมีความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีน 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 5.0,6.0,7.0, 8.0, 9.0 และ 10.0 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 นาโนเมตร

การสกัดตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างแคนตาลูปแยกเป็น 2 ส่วนทั้งเนื้อ และรก ปั่นละเอียด ชั่งมา 5 กรัม สกัดด้วย acetone หลายครั้งจน กรองผ่านกระดาษกรอง (Whatman No. 1) สกัดและกรองต่อจนกระทั่งตัวอย่างไม่มีสี
2. นำ filtrate ถ่ายลงสู่ separating funnel แล้วเติม petroleum ether 10-15 มิลลิลิตร ลงไป ตัวอย่างจะอยู่ในชั้น petroleum ether phase
3. แยก acetone ออกด้วยน้ำผสม sodium sulfate 5% สกัด acetone phase ซ้ำด้วย petroleum etherจนกว่าจะไม่มีสีเหลืองปรากฏใน acetone phase

4. กรองส่วนสกัดของ petroleum ether ผ่านกระดาษกรอง (Whatman No. 1) ถ้ายกลง volumetric flask 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย petroleum ether โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 นาโนเมตร ใช้เครื่อง Spectrophotometer เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานที่เตรียมไว้



รูปที่ ก.5 กราฟมาตรฐานของสารละลาย β-carotene

ก.8 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

ตามวิธีของ Pearson (1976)

สารเคมี

1. 0.4% Oxalic acid
2. 0.0012% 2,6-Dichlorophenolindophenol
3. Ascorbic acid

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. เครื่อง Spectrophotometer
3. เครื่องปั่นผสม

วิธีวิเคราะห์

1. สร้างกราฟมาตรฐาน โดยนำสารละลาย ascorbic acid ที่ความเข้มข้นในช่วง 1-4 mg/ 100 ml มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm ตามขั้นตอนดังนี้

1.1 ปรับค่าการดูดกลืนแสงให้เท่ากับศูนย์ด้วยน้ำกลั่น

1.2 นำสารละลาย 0.4% oxalic acid มา 1 ml เติมสารละลาย 0.0012%

2,6-dichlorophenolindophenol 9 ml แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงภายใน 15 วินาที อ่านค่าการดูดกลืนแสงเป็นค่า L_1 (blank)

1.3 นำสารละลาย ascorbic acid 1, 2, 3 และ 4 mg/100 ml มา 1 ml เติมน้ำกลั่น 9 ml ใช้ปรับค่าการดูดกลืนแสงให้เป็นศูนย์ ตามลำดับ

1.4 นำสารละลาย ascorbic acid 1, 2, 3 และ 4 mg/100 ml มา 1 ml เติมสารละลาย 0.0012% 2,6-dichlorophenolindophenol 9 ml แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงภายในเวลา 15 วินาที อ่านค่าการดูดกลืนแสงเป็นค่า L_2 , L_3 , L_4 และ L_5 ตามลำดับ เมื่อปรับค่าการดูดกลืนแสงเป็นศูนย์ ตามข้อ 1.3

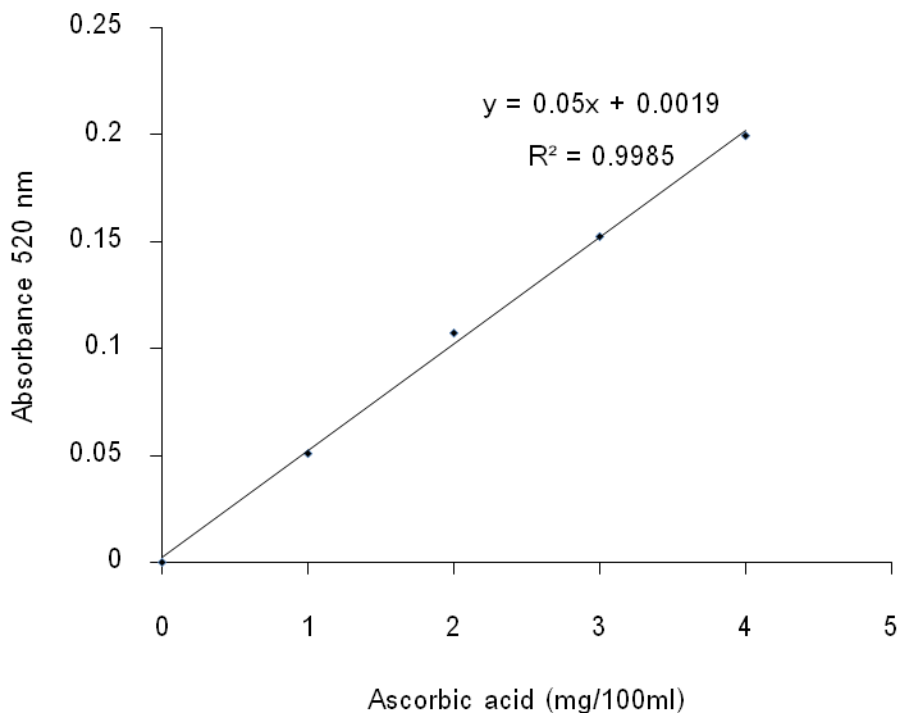
1.5 Plot กราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย ascorbic acid กับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ascorbic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ ซึ่งหักลบกับค่า L_1 แล้ว ($L_1 - L_2$, $L_1 - L_3$, $L_1 - L_4$ และ $L_1 - L_5$) ตามลำดับ

2. ตีป่นเนื้อและรอกของแคนตาลูปอย่างละ 50 g ในสารละลาย 0.4% oxalic acid ปริมาตร 350 ml นาน 3 นาที ด้วยเครื่องปั่นผสม ทำในที่มืด

3. ปิเปตตัวอย่างที่ได้มา 1 ml เติมน้ำกลั่น 9 ml ปรับค่าการดูดกลืนแสงให้เป็นศูนย์

4. ปิเปตตัวอย่างมาอีก 1 ml แล้วเติมสารละลาย 0.0012% 2,6-dichlorophenolindophenol 9 ml แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ภายในเวลา 15 วินาที อ่านค่าการดูดกลืนแสงเป็นค่า L_x

5. คำนวณค่า $L_1 - L_x$ แล้วนำไปอ่านค่าความเข้มข้นของวิตามินซีจากกราฟมาตรฐาน ascorbic acid



รูปที่ ก.6 กราฟมาตรฐานของสารละลาย Ascorbic acid

ก.9 การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Total, Soluble, and Insoluble dietary fiber; TDF, SDF, and IDF)

ตามวิธีการของ AOAC (2006)

สารเคมี

1. 95% Ethanol
2. 78% Ethanol
3. Acetone
4. Phosphate buffer 0.08 M pH 6:
เตรียมโดยละลาย Na_2HPO_4 1.4 g และ NaH_2PO_4 9.68 g ในน้ำกลั่น 700 ml
ปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 1 L ด้วยน้ำกลั่น วัด pH
1. เอนไซม์ Termamyl[®]
2. เอนไซม์ Protease[®]
3. เอนไซม์ Amyloglucosidase[®]
4. 0.275 M Sodium hydroxide (NaOH)
5. 0.325 M Hydrochloric acid (HCl)
6. Celite

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่อง Vacuum pump
2. เครื่อง Magnetic stirrer
3. Desiccator
4. Crucible
5. อุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
6. เตาเผา
7. ตู้อบลมร้อน
8. เครื่อง pH meter
9. เครื่อง Water bath shaker

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างมาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator (ทำ 2 ซ้ำ เพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและเถ้า)
2. นำตัวอย่างมาบดให้ละเอียดและเก็บตัวอย่างที่เตรียมได้ไว้ใน desiccator

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 1 g (เทคนิค 4 ตำแหน่ง) ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 ml เติมสารละลาย Phosphate buffer ปริมาตร 50 ml ปรับ pH ของสารละลายให้ได้ pH 6.0±0.2 โดยเติม NaOH ความเข้มข้น 0.275 N หรือ HCl ความเข้มข้น 0.325 N
2. เติมเอนไซม์ Termamyl 0.1 ml ปิดฝาขวดด้วยกระดาษฟอยล์ นำไปให้ความร้อนจนสารละลายมีอุณหภูมิ 95-100°C นาน 15 นาที โดยเขย่าขวดทุกๆ 5 นาที
3. ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ปรับ pH ของสารละลายให้เท่ากับ 7.5±0.2 ด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.275 N
4. เติมเอนไซม์ Protease (Protease 50 mg ใน Phosphate buffer 1 ml) 0.1 ml ปิดปากขวดด้วยกระดาษฟอยล์ นำไปให้ความร้อนจนสารละลายมีอุณหภูมิ 60°C นาน 30 นาที โดยกวนตลอดเวลาด้วยเครื่อง Magnetic stirrer
5. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น และปรับ pH ของสารละลายให้เท่ากับ 4.0-4.6 ด้วยสารละลาย HCl ความเข้มข้น 0.325 M
6. เติมเอนไซม์ Amyloglucosidase 0.3 ml ปิดปากขวดด้วยกระดาษฟอยล์ นำไปให้ความร้อนจนสารละลายมีอุณหภูมิ 60°C นาน 30 นาที โดยกวนตลอดเวลาด้วยเครื่อง Magnetic stirrer และทำให้เย็น
7. กรองสารละลายผ่าน crucible ที่ซึ่งน้ำหนักแล้ว ที่มี Celite ประมาณ 0.1 mg ลงใน

ขวด suction flask และเก็บส่วนที่กรองได้เพื่อนำไปหาใยอาหารที่ละลายน้ำต่อไป

8. ล้างกากที่ได้ด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 ml 2 รอบ (เพื่อแยกส่วนใยอาหารที่ละลายน้ำเก็บไว้) 95% Ethanol ปริมาตร 10 ml 2 รอบ และ Acetone ปริมาตร 10 ml 2 รอบ

9. นำ crucible ที่มีกากอยู่ภายในไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) คำนวณหาน้ำหนักกากที่ได้ ทำซ้ำ 2 รอบ

10. นำกากที่ได้จากซ้ำที่ 1 ไปหาปริมาณโปรตีนตามวิธีของ AOAC นำกากที่ได้จากซ้ำที่ 2 ไปหาปริมาณเถ้า เพื่อคำนวณหาปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) โดยใช้สูตร

$$\text{IDF (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักกากเฉลี่ย (mg)} - P - A - B}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (mg)}} \times 100$$

โดยกำหนดให้ P = น้ำหนักโปรตีน (mg)

A = น้ำหนักเถ้า (mg)

B = blank (mg) (B = น้ำหนักกากเฉลี่ย (mg) - P_B - A_B)

P_B = น้ำหนักโปรตีนของ blank (mg)

A_B = น้ำหนักเถ้าของ blank (mg)

11. กรณีใยอาหารที่ละลายน้ำ (SDF) สามารถวิเคราะห์ได้โดย นำส่วนที่กรองได้ (ข้อ 7) และส่วนที่ได้จากการล้างกากด้วยน้ำกลั่น (ข้อ 8) มารวมกัน แล้วปรับน้ำหนักให้ได้ 100 g ด้วยน้ำกลั่น

12. เติม 95% Ethanol ปริมาตร 400 ml (4 เท่าของน้ำหนักที่ได้) และทำให้ร้อนจนสารละลายมีอุณหภูมิ 60°C

13. ตั้งไว้ให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้อง นานประมาณ 60 นาที แล้วกรองสารละลายผ่าน crucible ที่ชั่งน้ำหนักแล้ว ที่มี celite ประมาณ 0.1 mg

14. ล้างส่วนที่ตกตะกอนด้วย 78% Ethanol ปริมาตร 20 ml 3 รอบ 95% Ethanol ปริมาตร 10 ml 2 รอบ และ Acetone ปริมาตร 10 ml 2 รอบ

15. นำ crucible ที่มีส่วนที่ตกตะกอนอยู่ภายในไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) คำนวณหาน้ำหนักกากที่ได้ ทำซ้ำ 2 รอบ

16. นำกากที่ได้จากซ้ำที่ 1 ไปหาปริมาณโปรตีนตามวิธีของ AOAC นำกากที่ได้จากซ้ำที่ 2 ไปหาปริมาณเถ้า เพื่อคำนวณหาปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (SDF) โดยใช้สูตร

$$\text{SDF (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักกากเฉลี่ย (mg) - P - A - B}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (mg)}} \times 100$$

สำหรับปริมาณใยอาหารทั้งหมด (%TDF) หาได้จาก %IDF + %SDF

ก.10 การวิเคราะห์ค่าเอกทิวิตีของสารพรีไบโอติก (Prebiotic activity score)

ดัดแปลงวิธีของ Huebner และคณะ (2007)

เชื้อแบคทีเรีย

1. *Lactobacillus acidophilus* La5
2. *Bifidobacterium animalis* spp. *Lactis* Bb12
3. *Escherichia coli* ATCC 29922

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Lactobacillus MRS Broth
2. Soyabean Casein Digest Medium (Typtone Soya Broth; TSB)
3. Agar
4. Minimal Medium Broth

| | | |
|--|-----|---|
| - D-(+)-glucose | 2.0 | g |
| - Ammonium sulphate ((NH ₄) ₂ SO ₄) | 1.0 | g |
| - Dipotassium hydrogen orthophosphate (K ₂ HPO ₄) | 7.0 | g |
| - Magnesium sulfate (MgSO ₄) | 0.5 | g |
| - น้ำ | 1 | L |

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
2. เครื่อง Autoclave
3. เครื่อง Incubator
4. Microbiology Anaerobic Jar 2.5 L
5. AnaeroGen™ 2.5 L

การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย

1. *L. acidophilus* La5 และ *B. lactis* Bb12

นำเชื้อ *L. acidophilus* La5 และ *B. lactis* Bb12 มา streak บน MRS agar และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง โดยเชื้อ *L. acidophilus* La5 บ่มที่ภาวะบรยากาศ และเชื้อ *B. lactis* Bb12 บ่มที่ภาวะไม่มีออกซิเจนใน Anaerobic jar จากนั้นถ่ายเชื้อ

จำนวน 1 คอลิณี ลงใน MRS broth ปริมาตร 10 ml และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ภาวะบรรยากาศ

2. *E. coli* ATCC 29922

นำเชื้อ *E. coli* มา streak บน Tryptic Soy Agar (TSA) และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ที่ภาวะบรรยากาศ จากนั้นถ่ายเชื้อจำนวน 1 คอลิณี ลงใน Tryptic Soy Broth (TSB) ปริมาตร 10 ml นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ภาวะบรรยากาศ และถ่ายเชื้อ *E. coli* จาก TSB ปริมาตร 1% (v/v) ลงใน Minimal Medium Broth ปริมาตร 10 ml และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ภาวะบรรยากาศ

วิธีวิเคราะห์

1. ถ่ายเชื้อ *L. acidophilus* La5 และ *B. lactis* Bb12 ที่เตรียมได้ปริมาณ 1% (v/v) ลงในอาหารเหลว MRS ที่มีกลูโคส 1% (w/v) หรือ ตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบ 1% (w/v) และ *E. coli* ที่เตรียมได้ปริมาณ 1% (v/v) ลงใน Minimal Medium Broth ที่มีกลูโคส 1% (w/v) หรือ ตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบ 1% (w/v)

2. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C ที่ภาวะบรรยากาศ

3. หลังจากบ่มนาน 0 และ 24 ชั่วโมง นับจำนวนคอลลีบน MRS agar สำหรับเชื้อ *L. acidophilus* La5 และ *B. lactis* Bb12 และบน TSA สำหรับเชื้อ *E. coli* และหาค่าแอกทิวิตีของสารพีโรไบโอติกในตัวอย่างที่นำมาตรวจสอบโดยคำนวณจากสมการ

ค่าแอกทิวิตีของสารพีโรไบโอติก

$$= \left(\frac{\text{ความแตกต่างระหว่างจำนวนคอลลี (log cfu ml}^{-1}\text{) ของไฟโรไบโอติกที่ 0 และ 24 ชั่วโมง ในพีโรไบโอติก}}{\text{ความแตกต่างระหว่างจำนวนคอลลี (log cfu ml}^{-1}\text{) ของไฟโรไบโอติกที่ 0 และ 24 ชั่วโมง ในกลูโคส}} \right) - \left(\frac{\text{ความแตกต่างระหว่างจำนวนคอลลี (log cfu ml}^{-1}\text{) ของ } E. coli \text{ ที่ 0 และ 24 ชั่วโมง ในพีโรไบโอติก}}{\text{ความแตกต่างระหว่างจำนวนคอลลี (log cfu ml}^{-1}\text{) ของ } E. coli \text{ ที่ 0 และ 24 ชั่วโมง ในกลูโคส}} \right)$$

ก.11 การวิเคราะห์สารระเหย (Volatile compounds)

ดัดแปลงจากภาวะของ Kourkutas และคณะ (2006); Fallik และคณะ (2001)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ขวด Headspace vial ขนาด 25 ml
2. SPME Fiber Holder ชนิด Polydimethylsiloxane (PDMS 100µm)
3. เครื่อง GC-MS

การเตรียมตัวอย่าง

1. สุ่มตัวอย่างเนื้อและรกของแคนตาลูปมาตีป่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสม
2. สุ่มตัวอย่างออกมา 1.00 ± 0.01 g ใส่ในขวด Headspace vial ขนาด 25 ml และปิดฝาให้สนิท พยายามใช้เวลาให้น้อยที่สุด
3. นำตัวอย่างในขวด Headspace vial ในการ absorb ตัวอย่าง ใช้ SPME Fiber Holder ที่อุณหภูมิ 35°C นาน 30 นาที และ desorb ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 200°C นาน 5 นาที ก่อนเข้าเครื่อง GC-MS ต่อไป

ภาวะที่ใช้วิเคราะห์

การวิเคราะห์หาชนิดสารระเหยด้วยเทคนิค SPME/GC/MS กำหนดภาวะที่ใช้ ดังนี้

ก. GC (Gas chromatography)

1. Column: Capillary column, HP-Inowax, $0.25 \text{ mm i.d.} \times 30 \text{ m} \times 0.25 \mu\text{m}$
2. Injection port temperature: 200°C , detector port temperature: 260°C
3. Carrier gas and flow rate: Helium, 13.5 ml/min
4. Column temperature programmer: Isothermal โดยเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 40°C นาน 10 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 260°C ด้วยอัตรา 15°C/min และคงอุณหภูมิที่ 260°C นาน 10 นาที

ข. MS (Mass spectrometry)

1. Electron impact (EI) mode: 70 eV
2. Ion source temperature: 230°C
3. Quadrupole temperature: 150°C
4. Mass range m/z : 30-400
5. EM voltage: 1741.2 V

ภาคผนวก ข

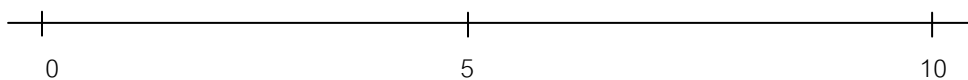
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ข.1 แบบทดสอบที่ใช้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อและรกของแคนตาลูป

ชื่อ.....วันที่.....รหัสตัวอย่าง.....

คำแนะนำ กรุณาพิจารณาลักษณะต่างๆของเนื้อและรกของแคนตาลูปแล้วลงผลการทดสอบที่ตรงตามความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยเขียนกากบาท (X) ตรงตำแหน่งที่ท่านตัดสินใจลงในแบบทดสอบ ในด้านกลิ่น แปรกลบดม หากมีกลิ่นระบุงกลิ่นที่พบด้วย

1. สีเนื้อและรกของแคนตาลูป

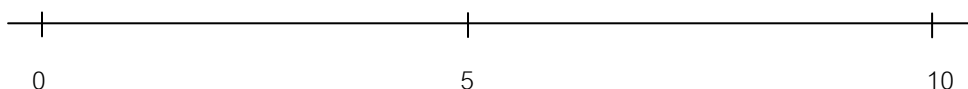


2. กลิ่นรส (โดยการดมและรับประทาน)

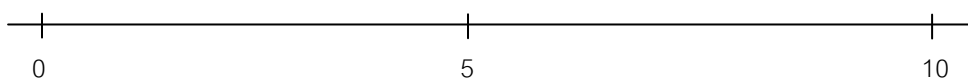
2.1 กลิ่นรสแคนตาลูป



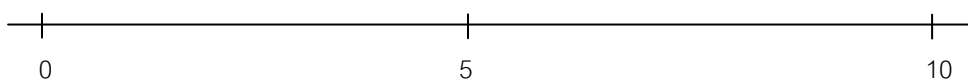
2.2 กลิ่นรสแปรกลบดม (เช่น กลิ่นหมัก กลิ่นสาบ รสฝืดฝาด และกลิ่นรสไม่ปกติ ระบุไม่ได้)



3. รส



5. การยอมรับรวม (overall acceptability)



ข้อเสนอแนะ

ข.2 แบบทดสอบที่ใช้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเนื้อและรกที่ผ่านการย่อยสลายพันธะไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

ชื่อ.....วันที่.....รหัสตัวอย่าง.....

คำแนะนำ กรุณาพิจารณาลักษณะต่างๆของตัวอย่างแล้วลงผลการทดสอบที่ตรงตามความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยเขียนกากบาท (x) ตรงตำแหน่งที่ท่านตัดสินใจลงในแบบทดสอบ ในด้านกลิ่นแปลกปลอม หากมีกรณาระบุกลิ่นที่พบด้วย

1. สี



2. กลิ่นรส (โดยการดมและรับประทาน)

2.1 กลิ่นรสแคนตาลูป

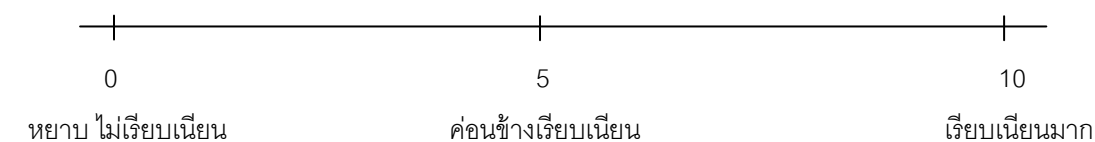


2.2 กลิ่นรสแปลกปลอม (เช่น กลิ่นหมัก กลิ่นสาบ รสเฝื่อนฝาด และกลิ่นรสไม่ปกติ ระบุไม่ได้)

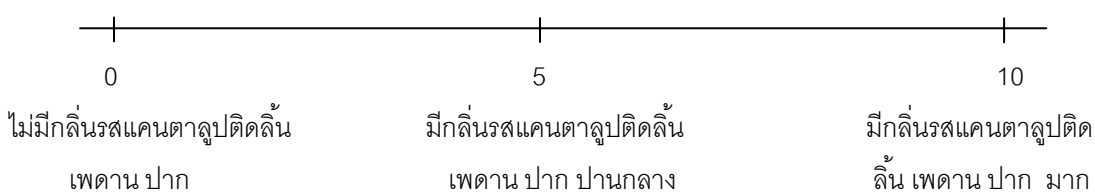


3. ลักษณะเนื้อสัมผัส (โดยการสัมผัสด้วยลิ้นและเพดาน)

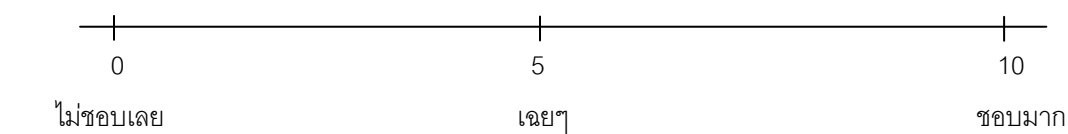
3.1 ความเรียบเนียน



4. สิ่งตกค้าง (aftertase)



5. การยอมรับรวม (overall acceptability)



ข้อเสนอแนะ

ภาคผนวก ค

สูตรน้ำสลัด

อุปกรณ์

1. เครื่องปั่น
2. ชูตถ้วยตวง

ส่วนผสม

| | | |
|------------------------------------|-----|------------|
| 1. ไข่ไก่ทั้งฟองเบอร์ 2 (ตรา ซีพี) | 60 | กรัม(1ฟอง) |
| 2. น้ำตาลทราย (ตรา มิตรผล) | 124 | กรัม |
| 3. เกลือ(ตรา ง่วนสุน) | 10 | กรัม |
| 4. น้ำมันพืช(ตรา คิง) | 185 | กรัม |
| 5. น้ำส้มสายชู 5%(ตรา อสร.) | 52 | กรัม |
| 6. มัสตาร์ด (ตรา ไฮซ์) | 7 | กรัม |
| 7. ตัวอย่างเนื้อและรกของแคนตาลูป | 40 | กรัม |

วิธีทำ

1. ผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน ใส่ลงในเครื่องปั่น ยกเว้นน้ำมันพืช
2. ปั่นส่วนผสมให้เข้ากัน ประมาณ 3 นาที
3. ค่อยๆ เติมน้ำมันพืชลงไป ในเครื่องปั่นจนหมดและปั่นผสมจนเข้ากันดีประมาณ 5 นาที
4. เก็บส่วนผสมทั้งหมดในตู้เย็น

ภาคผนวก ง

รายละเอียดของเอนไซม์

เอนไซม์เพกทีเนสทางการค้า Pectinex® Ultra SP-L

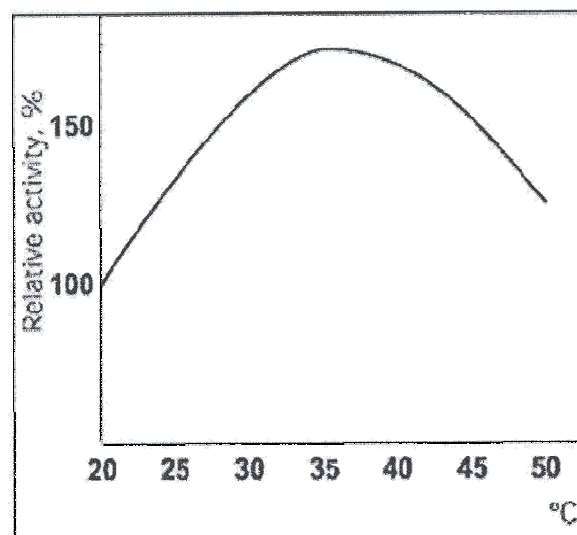
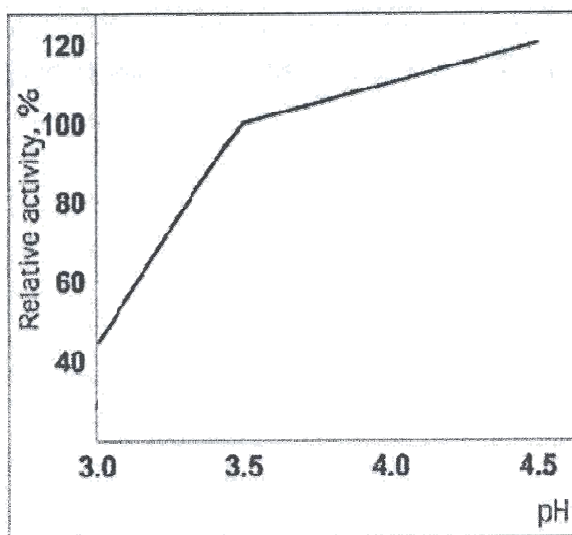
Pectinex® Ultra SP-L เป็นเอนไซม์ที่มีแอกทิวิตีของเพกทีเนสสูง ผลิตจากเชื้อกลุ่ม *Aspergillus aculeatus* สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว ประกอบด้วยเอนไซม์พอลิกลาแลกทูโรเนส เพกทินไลเอส เพกทินเอสเทอเรส เป็นหลัก โดยมีเอนไซม์เฮมิเซลลูเลส เซลลูเลส โปรติเอส และ อะไมเลส ช่วยเสริมการย่อยสลายโมเลกุลต่างๆที่บริเวณผนังเซลล์ของพืช

ลักษณะปรากฏ: เป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม และมีกลิ่นหมักเล็กน้อย มี pH ประมาณ 4.5 สามารถละลายน้ำได้ดีที่ทุกความเข้มข้น

แอกทิวิตีของเอนไซม์โดยทั่วไป: 10,262 PGU/ml (pH 4.5) ค่าแอกทิวิตีของเอนไซม์พิจารณาโดยวัดความหนืดของสารละลายกรดเพกติกที่ลดลง ที่อุณหภูมิ 20°C pH 3.5

ข้อกำหนด: สามารถใช้ในอาหารได้ รับรองโดย FAO/WHO, JECFA และ FCC

การเก็บรักษา: เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 20°C แอกทิวิตีของเอนไซม์สามารถคงอยู่ได้เป็นเวลา 3 เดือน และเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 0-10°C แอกทิวิตีของเอนไซม์สามารถคงอยู่ได้อย่างน้อย 1 ปี



รูปที่ ง.1 แอกทิวิตีของเอนไซม์ที่ pH ต่างๆ

รูปที่ ง.2 แอกทิวิตีของเอนไซม์ที่อุณหภูมิต่างๆ

Polygalacturonase activity at 20°C

Polygalacturonase activity at pH 3.5

(ดัดแปลงจาก Novozymes, Enzyme Information)

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ จ.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีในระบบ L* a* b* ของเนื้อและรกแคนตาลูปที่มีระดับการบ่มต่างๆ

| Source of variance | df | MS | | | | | |
|--------------------|----|-------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | | Flesh | | | Placenta | | |
| | | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| Storage times | 2 | 0.969 | 0.238* | 0.687* | 4.812* | 0.097* | 0.473* |
| Error | 6 | 0.273 | 0.006 | 0.114 | 0.102 | 0.013 | 0.089 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ จ.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (RS) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก (TA) ของเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการบ่มต่างๆ

| Source of variance | df | MS | | | |
|--------------------|----|----------|--------|--------|--------|
| | | RS | TSS | pH | TA |
| Storage times | 2 | 616.937* | 0.754* | 0.054* | 0.010* |
| Error | 24 | 0.855 | 0.014 | 0.004 | 0.001 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ จ.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (RS) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก (TA) ของรกแคนตาลูปที่มีระดับการบ่มต่างๆ

| Source of variance | df | MS | | | |
|--------------------|----|--------|--------|-------|--------|
| | | RS | TSS | pH | TA |
| Storage times | 2 | 3.131* | 7.964* | 0.095 | 0.017* |
| Error | 24 | 0.655 | 0.006 | 0.046 | 0.001 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และ DPPH ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด(TP) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด(TF) ปริมาณเบต้าแคโรทีนทั้งหมด (TB) และวิตามินซี ของเนื้อแคนตาลูปีที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ

| Source of variance | df | MS | | | | | |
|--------------------|----|--------|--------|--------|--------|---------|----------|
| | | ABTS | DPPH | TP | TF | TB | VitaminC |
| Storage time | 2 | 1.571* | 0.406* | 1.365* | 2.574* | 84.142* | 16.463* |
| Error | 6 | 0.017 | 0.057 | 0.000 | 0.001 | 0.018 | 0.038 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และ DPPH ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด(TP) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด(TF) ปริมาณเบต้าแคโรทีนทั้งหมด (TB) และวิตามินซี ของรกแคนตาลูปีที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ

| Source of variance | df | MS | | | | | |
|--------------------|----|---------|--------|---------|---------|-----------|----------|
| | | ABTS | DPPH | TP | TF | TB | VitaminC |
| Storage time | 2 | 13.400* | 0.274* | 20.390* | 52.004* | 1588.285* | 15.352* |
| Error | 6 | 0.005 | 0.001 | 0.006 | 0.009 | 0.010 | 0.463 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของเนื้อแคนตาลูปีที่ระยะเวลาการบ่มต่างกัน

| Source of variance | df | MS | | | | |
|--------------------|----|---------|--------|--------|------------|---------|
| | | Color | Taste | Aroma | Off-flavor | Overall |
| Storage times | 2 | 14.768* | 7.503* | 7.327* | 1.553 | 19.723* |
| Panelist | 9 | 1.013* | 1.379* | 0.042 | 0.715 | 4.489* |
| Error | 48 | 0.484 | 0.645 | 0.874 | 0.585 | 0.076 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของรอก
แคนตาลูปที่มีระยะเวลาการบ่มต่างกัน

| Source of variance | df | MS | | | | |
|--------------------|----|--------|---------|--------|------------|---------|
| | | Color | Taste | Aroma | Off-flavor | Overall |
| Storage times | 2 | 9.370* | 15.791* | 5.784* | 5.504* | 6.158* |
| Panelist | 9 | 1.312* | 0.117 | 0.062 | 1.065* | 1.392* |
| Error | 48 | 0.511 | 0.875 | 0.978 | 0.420 | 0.570 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑.8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณใยอาหารทั้งหมด (TDF) ใยอาหารที่
ละลายน้ำ (SDF) และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) ในเนื้อกับรอกที่มี
ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน ที่คัดเลือกเป็นวัตถุดิบด้วยวิธี T-test

| | | t | df | Sig. (2-tailed) |
|-----|-------------------------|--------|----|-----------------|
| TDF | Equal variances assumed | 4.538 | 4 | 0.011 |
| SDF | Equal variances assumed | 12.031 | 4 | 0.000 |
| IDF | Equal variances assumed | -3.824 | 4 | 0.019 |

ตารางที่ ๑.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นภายใน 24 ชั่วโมง
เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเนื้อและรอกของแคนตาลูป อินนูลินและกลูโคส
เป็นองค์ประกอบ

| Source of variance | df | MS | | |
|--------------------|----|--------|--------|----------------|
| | | La5 | Bb12 | <i>E. coli</i> |
| Media | 3 | 0.034* | 0.239* | 0.059* |
| Error | 8 | 0.000 | 0.002 | 0.001 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (+a*) ค่าสีเหลือง (+b*) และค่า pH ของเนื้อแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ภาวะต่างๆ

| Source of variance | df | MS | | | |
|------------------------|----|---------|--------|--------|--------|
| | | L* | +a* | +b* | pH |
| Blanching time (A) | 3 | 14.396* | 0.668* | 1.141* | 0.038* |
| Acid type (B) | 1 | 8.378* | 0.893* | 0.091* | 0.093* |
| Acid concentration (C) | 3 | 10.950* | 2.540* | 3.073* | 3.878* |
| AxB | 3 | 3.604* | 0.423* | 0.957* | 0.024* |
| AxC | 9 | 0.680* | 0.109* | 0.662* | 0.012* |
| BxC | 3 | 1.269* | 0.642* | 0.162 | 0.020* |
| AxBxC | 9 | 1.260* | 0.057* | 0.216* | 0.007 |
| Error | 64 | 0.086 | 0.010 | 0.076 | 0.005 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (+a*) ค่าสีเหลือง (+b*) และค่า pH ของรกแคนตาลูปที่ผ่านการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ภาวะต่างๆ

| Source of variance | df | MS | | | |
|------------------------|----|---------|--------|--------|--------|
| | | L* | +a* | +b* | pH |
| Blanching time (A) | 3 | 33.315* | 3.252* | 6.334* | 0.067* |
| Acid type (B) | 1 | 0.563* | 2.136* | 3.143* | 0.655* |
| Acid concentration (C) | 3 | 5.345* | 2.914* | 4.213* | 3.430* |
| AxB | 3 | 0.282 | 0.065 | 0.070 | 0.004 |
| AxC | 9 | 2.636* | 0.787* | 0.367* | 0.002 |
| BxC | 3 | 0.260 | 0.337* | 1.015* | 0.081* |
| AxBxC | 9 | 0.180 | 0.084* | 0.200* | 0.002 |
| Error | 64 | 0.120 | 0.032 | 0.093 | 0.002 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) และ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (RS) ของเนื้อและรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธุ์ ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน

| Source of variance | df | MS | | | |
|--------------------------|----|--------|----------|----------|----------|
| | | Flesh | | Placenta | |
| | | TSS | RS | TSS | RS |
| Enzyme concentration (A) | 6 | 5.482* | 409.313* | 14.142* | 552.167* |
| Hydrolysis time (B) | 8 | 0.557* | 393.404* | 11.092* | 202.139* |
| AxB | 48 | 0.111 | 10.223* | 0.407 | 13.325* |
| Error | 63 | 0.171 | 0.385 | 0.143 | 0.215 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และ DPPH ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด(TP) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด(TF) ปริมาณ เบต้าแคโรทีนทั้งหมด (TB) และวิตามินซี(VC) ของเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการ ตัดพันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน

| Source of variance | df | MS | | | | | |
|--------------------|----|---------|--------|-----------|----------|---------|--------|
| | | ABTS | DPPH | TP | TF | TB | VC |
| Storage time | 5 | 94.158* | 0.630* | 1531.496* | 123.974* | 60.440* | 2.412* |
| Error | 12 | 0.005 | 0.001 | 0.369 | 0.017 | 0.381 | 0.457 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS และ DPPH ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด(TP) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด(TF) ปริมาณ เบต้าแคโรทีนทั้งหมด (TB) และวิตามินซี(VC) ของรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัด พันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน

| Source of variance | df | MS | | | | | |
|--------------------|----|--------|--------|----------|---------|----------|--------|
| | | ABTS | DPPH | TP | TF | TB | VC |
| Storage time | 4 | 9.804* | 0.148* | 827.439* | 27.893* | 454.554* | 0.248* |
| Error | 10 | 0.015 | 0.001 | 0.262 | 0.041 | 0.619 | 0.349 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างเนื้อแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน

| Source of variance | df | MS | | | | | Overall acceptability |
|--------------------|----|--------|-------------------|------------|------------|------------|-----------------------|
| | | Color | Cantaloupe Flavor | Off-flavor | Smoothness | Aftertaste | |
| Hydrolysis time | 5 | 7.426* | 13.590* | 5.556* | 13.446* | 2.561* | 26.646* |
| Panelist | 9 | 0.478 | 0.452 | 0.156 | 0.684 | 3.418* | 0.889 |
| Error | 10 | 0.832 | 0.314 | 0.351 | 0.784 | 0.786 | 0.787 |
| | 5 | | | | | | |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างรกแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกัน

| Source of variance | df | MS | | | | | Overall acceptability |
|--------------------|----|---------|-------------------|------------|------------|------------|-----------------------|
| | | Color | Cantaloupe Flavor | Off-flavor | Smoothness | Aftertaste | |
| Hydrolysis time | 5 | 15.052* | 29.379* | 15.402* | 14.919* | 1.185 | 4.905* |
| Panelist | 9 | 7.759* | 0.666 | 0.736 | 1.790* | 1.086 | 2.852* |
| Error | 10 | 0.237 | 0.576 | 0.632 | 0.599 | 0.621 | 0.416 |
| | 5 | | | | | | |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๑.17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณใยอาหารทั้งหมด (TDF) ใยอาหารที่ละลายน้ำ (SDF) และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) ในเนื้อกับรอกของแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพันธุ์ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์สูงที่สุดด้วยวิธี T-test

| | | t | df | Sig. (2-tailed) |
|-----|-------------------------|--------|----|-----------------|
| TDF | Equal variances assumed | 4.817 | 4 | 0.009 |
| SDF | Equal variances assumed | 11.529 | 4 | 0.000 |
| IDF | Equal variances assumed | -0.745 | 4 | 0.498 |

ตารางที่ ๑.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นภายใน 24 ชั่วโมง
เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเนื้อหรือรกของแคนตาลูปที่มีระดับการตัดพั่นระ
ไกลโคซิลด้วยเอนไซม์สูงที่สุด อินนูลินหรือกลูโคสเป็นองค์ประกอบ

| Source of variance | df | MS | | |
|--------------------|----|--------|--------|----------------|
| | | La5 | Bb12 | <i>E. coli</i> |
| Media | 3 | 0.034* | 0.276* | 0.056* |
| Error | 8 | 0.001 | 0.002 | 0.001 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ ๑.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างของน้ำสลัดที่
มีเนื้อแคนตาลูปที่ระดับการตัดพั่นระไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกันเป็นส่วนผสม

| Source of variance | df | MS | | | | | | |
|--------------------|-----|---------|----------------------|----------------|------------|-----------|----------------|--------------------------|
| | | Color | Cantaloupe flavor | Off- flavor | Smoothness | Thickness | After taste | Overall acceptability |
| Hydrolysis time | 5 | 10.598* | 9.090* | 0.726 | 1.296 | 5.445* | 0.642 | 24.319* |
| Panelist | 9 | 1.259* | 1.934 | 0.660 | 0.534 | 1.327* | 2.344* | 1.489* |
| Error | 105 | 0.579 | 0.994 | 0.807 | 0.585 | 0.623 | 0.735 | 0.644 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ ๑.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างของน้ำสลัดที่
มีรกแคนตาลูปที่ระดับการตัดพั่นระไกลโคซิลด้วยเอนไซม์ต่างกันเป็นส่วนผสม

| Source of variance | df | MS | | | | | | |
|--------------------|-----|--------|----------------------|----------------|------------|-----------|----------------|--------------------------|
| | | Color | Cantaloupe flavor | Off- flavor | Smoothness | Thickness | After taste | Overall acceptability |
| Hydrolysis time | 5 | 7.323* | 17.066* | 0.860 | 12.469* | 8.358* | 1.616* | 2.076* |
| Panelist | 9 | 0.913 | 3.575* | 2.162* | 1.570* | 0.601 | 0.695 | 0.941 |
| Error | 105 | 0.645 | 1.082 | 0.382 | 0.615 | 0.793 | 0.553 | 0.739 |

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ภาคผนวก จ**รายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติม**

ตารางที่ ๑.1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างเนื้อของแคนตาลูปที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ที่ความเข้มข้นและเวลาการย่อยแตกต่างกัน

| Enzyme concentration (% v/w) | Reducing sugars (mg glucose/ g fresh weight) | | | | | | | | |
|------------------------------------|--|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Hydrolysis time (h) | | | | | | | | |
| | 0 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0.0 | 34.77 ^A ±0.53 | 35.81 ^{yzA} ±0.47 | 36.30 ^{xyz} ±0.02 | 36.15 ^{xyzl} ±0.37 | 37.48 ^{xl} ±0.10 | 37.10 ^{xyz} ±0.83 | 37.30 ^x ±0.32 | 37.57 ^x ±0.14 | 37.61 ^x ±0.81 |
| 0.5 | 35.30 ^{zA} ±0.56 | 37.39 ^x ±0.20 | 40.73 ^y ±0.97 | 42.72 ^{lu} ±0.84 | 43.48 st ±0.45 | 45.35 ^{qr} ±0.09 | 45.75 ^{pqr} ±0.52 | 48.98 ^{ijk} ±0.65 | 48.60 ^{ijkl} ±0.82 |
| 1.0 | 36.38 ^{xyz} ±0.81 | 39.06 ^w ±0.60 | 42.88 ^{lu} ±0.45 | 45.73 ^{pqr} ±0.10 | 46.32 ^{opq} ±0.07 | 46.43 ^{nopq} ±0.06 | 48.69 ^{ijkl} ±0.27 | 50.43 ^{fgh} ±0.76 | 51.85 ^{de} ±0.86 |
| 1.5 | 36.59 ^{xyz} ±0.20 | 41.54 ^{uv} ±1.23 | 44.67 ^{rs} ±0.11 | 46.67 ^{mnpq} ±0.71 | 47.22 ^{mno} ±0.71 | 47.37 ^{lmno} ±0.16 | 51.56 ^{efg} ±0.88 | 52.30 ^{de} ±0.71 | 54.32 ^{bc} ±0.77 |
| 2.0 | 36.70 ^{xyz} ±0.52 | 42.23 ^{lu} ±1.00 | 45.44 ^{qr} ±0.22 | 46.91 ^{mno} ±0.79 | 49.07 ^{hijk} ±0.61 | 49.86 ^{ghi} ±0.73 | 53.73 ^c ±0.05 | 57.09 ^a ±0.28 | 58.32 ^a ±0.28 |
| 2.5 | 36.88 ^{xy} ±0.83 | 42.71 ^{lu} ±0.64 | 46.98 ^{mno} ±0.27 | 48.04 ^{ijkl} ±0.77 | 49.16 ^{hijk} ±0.49 | 51.23 ^{ef} ±0.21 | 55.55 ^b ±0.46 | 57.27 ^a ±0.56 | 58.28 ^a ±0.17 |
| 3.0 | 36.83 ^{xy} ±0.84 | 43.18 ^l ±0.03 | 47.76 ^{klmn} ±0.83 | 49.37 ^{hij} ±0.68 | 51.62 ^{ef} ±1.48 | 53.15 ^{cd} ±1.13 | 55.19 ^a ±0.72 | 58.48 ^a ±0.24 | 58.33 ^a ±0.01 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขทั้งหมดที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ ๑. 2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่งรขของแคนตาลูปที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ที่ความเข้มข้นและเวลาการย่อยแตกต่างกัน

| Enzyme concentration (% v/w) | Reducing sugars (mg glucose/ g fresh weight) | | | | | | | | |
|------------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Hydrolysis time (h) | | | | | | | | |
| | 0 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0.0 | 21.82 ^{uv} ±0.25 | 22.19 ^{uv} ±0.24 | 22.13 ^{uv} ±0.17 | 22.31 ^{uv} ±0.46 | 22.31 ^{uv} ±0.38 | 21.85 ^{uv} ±0.48 | 21.91 ^{uv} ±1.10 | 22.19 ^{uv} ±0.97 | 21.55 ^v ±0.65 |
| 0.5 | 22.29 ^{uv} ±0.24 | 22.48 ^{stuv} ±0.72 | 22.51 ^{stuv} ±0.61 | 22.30 ^{uv} ±0.96 | 22.71 ^{stu} ±0.81 | 23.45 ^{rs} ±0.13 | 23.23 st ±0.12 | 24.43 ^q ±0.47 | 28.97 ^{mn} ±0.81 |
| 1.0 | 22.40 ^{stuv} ±0.54 | 24.25 ^{qr} ±0.12 | 25.74 ^p ±0.49 | 28.07 ^o ±0.10 | 28.72 ⁿ ±0.44 | 33.35 ^{mn} ±0.06 | 34.25 ^{hi} ±0.26 | 35.89 ^{gh} ±0.18 | 51.85 ^f ±0.44 |
| 1.5 | 22.69 ^{stu} ±0.63 | 28.31 ⁿ ±0.65 | 28.59 ^{mn} ±0.93 | 28.69 ^{mn} ±0.22 | 30.85 ^k ±0.44 | 32.93 ^{ij} ±0.45 | 32.08 ^j ±0.27 | 34.28 ^{gh} ±0.04 | 35.82 ^f ±0.32 |
| 2.0 | 22.70 ^{stu} ±0.59 | 28.26 ⁿ ±0.47 | 29.50 ^{im} ±0.36 | 29.04 ^{mn} ±0.16 | 33.19 ⁱ ±0.37 | 33.12 ^{ij} ±0.52 | 32.99 ^{ij} ±0.43 | 36.03 ^f ±0.03 | 38.15 ^d ±0.16 |
| 2.5 | 23.12 st ±0.02 | 30.80 ^k ±0.51 | 34.39 ^q ±0.38 | 36.51 ^{ef} ±0.18 | 36.59 ^{ef} ±0.17 | 39.80 ^{bc} ±0.29 | 39.64 ^{bc} ±0.14 | 40.20 ^b ±0.23 | 43.35 ^a ±0.14 |
| 3.0 | 23.23 st ±0.02 | 30.30 ^{kl} ±0.15 | 34.49 ^q ±0.52 | 35.96 ^f ±0.52 | 37.06 ^{ef} ±0.23 | 39.12 ^c ±0.13 | 40.44 ^{bc} ±0.27 | 42.72 ^a ±0.82 | 43.33 ^a ±0.25 |

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าตัวเลขทั้งหมดที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวนัฏพร วุฒิสิทธิ เกิดวันที่ 12 ตุลาคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดยะลา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต จากสาขาเทคโนโลยีการอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ เมื่อปีการศึกษา 2546 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2549

รายการสิ่งตีพิมพ์และเผยแพร่

ระดับชาติ

1. นัฏพร วุฒิสิทธิ และ ปราณี อ่านเปรื่อง. 2551. สมบัติทางเคมีและสารหน้าที่เฉพาะในเนื้อและรกที่ได้จากแคนตาลูปพันธุ์ชั้นเลดี. ใน การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 2 (ภาคบรรยาย). วันที่ 21 สิงหาคม 2551 ณ โรงแรม เดอะทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพมหานคร.
2. นัฏพร วุฒิสิทธิ และ ปราณี อ่านเปรื่อง. 2552, “สมบัติทางเคมีและสารหน้าที่เฉพาะในเนื้อและรกที่ได้จากแคนตาลูปพันธุ์ชั้นเลดี” วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40 (1): 23-26.

ระดับนานาชาติ

1. Nuttapon Wuttisit and Pranee Anprung*.2009. Effect of enzymatic treatments on volatile and functional bioactive compounds in the flesh and placenta of 'Sunlady' cantaloupe. *International Food Research Journal*.(Submit)

