

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา  
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

ผลของการลวกต่อสมบัติของแป้งมันเทศสีม่วง เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์หมั่นโถวและการปรับปรุง  
คุณภาพด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส หรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

ชานิต ชัยณรงค์

23 ก.ย. 2558

349816

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร

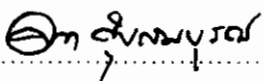
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

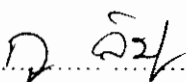
มกราคม 2558

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

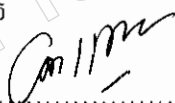
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ ฉุนานิล ชัยณรงค์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร ของมหาวิทยาลัย  
บูรพาได้

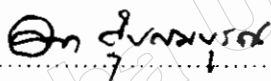
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

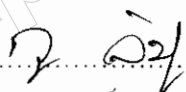
  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ดร.อโนชา สุขสมบูรณ์)


  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


  
..... ประธาน  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาภัสรา แสงนาค)

  
..... กรรมการ  
(ดร.อโนชา สุขสมบูรณ์)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์)

  
..... กรรมการ  
(ดร.ชัยวิน เพชรเลิศ)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร ของมหาวิทยาลัย  
บูรพา

  
..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกวิฐ ศรีสุข)

วันที่ 16 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2558...

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ดร.อโนชา สุขสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ผศ. ดร.กฤษณ์ สัมรุ่งเรืองรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดี สมน้ำเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ชัชวิน เพชรเลิศ อาจารย์ประจำภาควิชาชีวเคมี ที่กรุณาให้ความรู้ให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขและวิจารณ์ผลงาน ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร.รศิตา โอสดานันท์ อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่กรุณาให้ความรู้และอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการใช้เครื่องบราเวนเดอร์ฟารี โนกราฟ

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้ถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่เป็นกำลังใจสำคัญ ตลอดจนพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุกท่านที่มีส่วนคอยช่วยเหลือทั้งร่างกายแรงใจเพื่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2555 มหาวิทยาลัยบูรพา

ญาณิต ชัยณรงค์

54910079: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร: วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร)

คำสำคัญ: แป้งมันเทศสีม่วง/หมั่นโถว/เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส/คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

ญาณิล ชัยณรงค์: ผลของการลวกต่อสมบัติของแป้งมันเทศสีม่วง เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์หมั่นโถว และการปรับปรุงคุณภาพด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส หรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (EFFECT OF BLANCHING ON PROPERTIES OF PURPLE SWEET POTATO FLOUR FOR CHINESE STEAMED BREAD (MANTOU) APPLICATION AND QUALITY IMPROVEMENT WITH ALPHA-AMYLASE OR CARBOXYMETHYL CELLULOSE) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: อโนชา สุขสมบูรณ์. ป.ศ., กุลยา คีมุ่งรุ่งเรืองรัตน์. Ph.D. 265 หน้า ปี พ.ศ. 2558.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมแป้งมันเทศสีม่วงเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์หมั่นโถว พร้อมทั้งปรับปรุงคุณภาพของหมั่นโถวที่ได้ โดยใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ในการเตรียมขั้นต้นโดยลวกด้วยน้ำร้อนและไอน้ำเป็นเวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที พบว่า การเพิ่มเวลาในการลวก มีผลให้กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสในมันเทศลดลง มีค่าความหนืด ค่าการละลาย ค่าการดูดซับน้ำ และกำลังการพองตัวเพิ่มขึ้น การเพิ่มเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนทำให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีอื่น ๆ ( $a^*$   $b^*$   $h^*$  และ  $C^*$ ) และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระลดลง แต่สำหรับการลวกด้วยไอน้ำทำให้ค่า  $L^*$  และ  $b^*$  ลดลง ส่วนค่า  $a^*$   $h^*$   $C^*$  และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น หมั่นโถวที่เตรียมจากแป้งมันเทศที่ลวกด้วยน้ำร้อนและไอน้ำทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง มีปริมาณงาเพาะและความแน่นเนื้อต่ำกว่า แต่มีความยืดหยุ่นสูงกว่าหมั่นโถวแป้งสาลีล้วน ซึ่งหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศที่ลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 4 นาที และลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 8 นาที มีค่าความชอบรวมสูงสุด แต่แป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 8 นาที มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าจึงคัดเลือกมาใช้ในการศึกษาต่อไป การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 15 30 45 และ 60 โดยน้ำหนักแป้ง มีผลให้ค่า  $L^*$   $b^*$   $h^*$  และปริมาณงาเพาะลดลง ส่วนค่า  $a^*$   $C^*$  ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 15 และ 30 มีค่าอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่ของเนื้อหมั่นโถวสูงที่สุด คัดเลือกหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 30 (PF30) นำไปทดลองต่อไป เนื่องจากมีความชอบรวมและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด การเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ปริมาณ 300 500 700 และ 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม ทำให้หมั่นโถวมีปริมาณงาเพาะและความแน่นเนื้อสูงกว่า แต่มีความยืดหยุ่นต่ำกว่าหมั่นโถวที่ไม่เติมเอนไซม์ การเพิ่มปริมาณเอนไซม์มีผลให้ปริมาณงาเพาะเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสและการกระจายตัวของเซลล์อากาศ คัดเลือกหมั่นโถวที่เติมเอนไซม์ 500 ยูนิต (PF30+ENZ) นำไปทดลองต่อไป เนื่องจากมีความชอบรวมและปริมาณงาเพาะสูงสุด การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ปริมาณร้อยละ 0.2 0.4 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง ทำให้หมั่นโถวมีปริมาณงาเพาะต่ำกว่าหมั่นโถวที่ไม่เติม CMC แต่มีความแน่นเนื้อ ความยืดหยุ่น และอัตราส่วนของพื้นที่เซลล์อากาศต่อพื้นที่เนื้อใกล้เคียงกัน การเพิ่มปริมาณ CMC มีผลให้ปริมาณงาเพาะและความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น โดยหมั่นโถวทั้งหมดมีความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างกัน ( $p \geq 0.05$ ) คัดเลือกหมั่นโถวที่เติม CMC ร้อยละ 0.6 (PF30+CMC) มาศึกษาต่อไป เนื่องจากมีปริมาณงาเพาะสูงกว่าสูตรอื่น ๆ ผลการวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบทางเคมี พบว่า PF30, PF30 + ENZ และ PF30+CMC มีปริมาณเถ้า เส้นใยอาหาร และมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าหมั่นโถวแป้งสาลีล้วน

54910079. MAJOR: FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY, M.Sc (FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY)

KEYWORDS: PURPLE SWEET POTATO FLOUR:MANTOU·ALPHA-AMYLASE ENZYME/ CARBOXYMETHYL CELLULOSE

YANIN CHAINARONG: EFFECT OF BLANCHING ON PROPERTIES OF PURPLE SWEET POTATO FLOUR FOR CHINESE STEAMED BREAD (MANTOU) APPLICATION AND QUALITY IMPROVEMENT WITH ALPHA-AMYLASE OR CARBOXYMETHYL CELLULOSE. ADVISORY COMMITTEE: ANOCHA SUKSOMBOON, Ph.D., KULLAYA LIMROONGREUNGRAT, Ph.D. 265 P. 2015.

The objective of this research was to prepare purple sweet potato flour (PF) as a wheat flour substitute in mantou and improve the quality of mantou made from PF using alpha-amylase or carboxymethylcellulose (CMC). The result showed that increase of water and steam blanching time (0, 2, 4, 6 and 8 minutes) decreased PPO activity, but increased pasting viscosity, solubility, swelling power and water adsorption of PF. A longer of water blanching time increased lightness (L\*), but decreased the other color values (a\*, b\*, h° and C\*) and antioxidant activity. On the other hand, an increase of steam blanching time decreased L\* and b\*, but increased a\*, h°, C\* and antioxidant activity. Mantou with 30 % PF prepared from water and steam blanching gave lower specific volume and hardness, but higher springiness compared with mantou from 100% wheat flour did. The condition of 4 min water blanching and 8 min steam blanching yielded the mantou with the highest acceptance scores. However, the conditional of 8 min steam blanching was selected to the further study due to its higher antioxidant activity than the other. The higher amount of PF content (0, 15, 30, 45 and 60% of PF as wheat flour substitution) decreased L\*, b\*, h° values and specific volume of mantou, but increased a\* C\* values, hardness and springiness. The 15 and 30% PF mantou presented the highest cell-total area ratio. Mantou made from 30% PF (PF30) was selected for the further step because of its highest overall acceptance scores and higher antioxidant properties. Mantou with different alpha-amylase (300, 500, 700 and 900 units per 100 grams of flour) gave higher specific volume and hardness, but lower springiness than mantou without alpha-amylase did. The increased amount of alpha-amylase did not effect on texture, air cell distribution and sensory score of mantou. Mantou with 500 units of alpha-amylase (PF30+ENZ) was chosen for the further study due to its highest overall acceptance scores and higher specific volume. Mantou with different amount of CMC (0.2, 0.4, 0.6 and 0.8% of flour) presented lower specific volume than mantou without CMC. However, firmness and springiness of all treatments were similar. As the amount of CMC increased, the specific volume and springiness of mantou were increased. The acceptance scores of all treatments were not significantly ( $p \geq 0.05$ ) in all attributes. Mantou with 0.6% CMC (PF30+CMC) was selected due to its maximum specific volume among the CMC added formulas. The PF30, PF30+ENZ and PF30 + CMC mantou gave higher ash and dietary fiber contents as well as antioxidant activity than 100% wheat flour mantou did.

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
สารบัญ.....	ค
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
สมมติฐานของการวิจัย.....	3
ขอบเขตในการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
มันเทศ.....	5
มันเทศเนื้อสีม่วง.....	8
แป้งมันเทศ.....	13
หมั่นโถว.....	22
สารปรับปรุงคุณภาพที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง.....	32
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	38
วัตถุประสงค์.....	38
อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	38
สารเคมี.....	40
วิธีดำเนินการวิจัย.....	41
ตอนที่ 1 ศึกษาผลของกระบวนการเตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนและไอน้ำ ที่มีต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและสมบัติทางเคมี-กายภาพ ของแป้งมันเทศสีม่วง.....	41

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ตอนที่ 2 ศึกษาการหาปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่เหมาะสมในการทำหมั่น โถว.....	46
ตอนที่ 3 ศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ที่มีต่อคุณภาพของหมั่น โถว.....	48
ตอนที่ 4 ศึกษาผลของปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ที่มีต่อคุณภาพของหมั่น โถว.....	49
ตอนที่ 5 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ของหมั่น โถว.....	50
4 ผลการวิจัย.....	52
ตอนที่ 1 ผลของกระบวนการเตรียมขั้นต้นโดยการลวกด้วยน้ำร้อนและไอน้ำที่มีต่อ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและสมบัติทางเคมี-กายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง.....	52
ตอนที่ 2 ผลการหาปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่เหมาะสมในการผลิตหมั่น โถว.....	81
ตอนที่ 3 ผลของปริมาณเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ที่มีต่อคุณภาพของหมั่น โถว.....	91
ตอนที่ 4 ผลของปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีต่อคุณภาพของหมั่น โถว.....	101
ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ของหมั่น โถว.....	110
5 อภิปรายและสรุปผล.....	113
ตอนที่ 1 ผลของกระบวนการเตรียมขั้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนและไอน้ำที่มีต่อ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและสมบัติทางเคมี-กายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง.....	113
ตอนที่ 2 ผลการหาปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่เหมาะสมในการผลิตหมั่น โถว.....	130
ตอนที่ 3 ผลของปริมาณเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ที่มีต่อคุณภาพของหมั่น โถว.....	136
ตอนที่ 4 ผลของปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีต่อคุณภาพของหมั่น โถว.....	141
ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ของหมั่น โถว.....	145
สรุปผลการวิจัย.....	147
บรรณานุกรม.....	149
ภาคผนวก.....	162
ภาคผนวก ก.....	163

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ข.....	181
ภาคผนวก ค.....	195
ภาคผนวก ง.....	197
ภาคผนวก จ.....	257
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	265

มหาวิทยาลัยบูรพา  
Burapha University



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 คุณค่าทางโภชนาการของหัวมันเทศ น้ำหนัก 100 กรัม .....	7
2-2 องค์ประกอบทางเคมี (โดยน้ำหนักแห้ง) ของแป้งมันเทศ.....	16
2-3 คุณสมบัติของแป้งมันเทศ.....	17
2-4 กำลังการพองตัวและอุณหภูมิการเกิดเจล.....	18
2-5 ส่วนผสมของหมั่น โถวแต่ละชนิด.....	24
2-6 หน้าที่ของส่วนผสมแต่ละชนิดของหมั่น โถว.....	24
2-7 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของหมั่น โถว.....	29
4-1 กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสของชิ้นมันเทศสีม่วง และปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแป้งมันเทศสีม่วง ที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที.....	52
4-2 ค่าสีของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที.....	54
4-3 ค่าความหนืดของสารละลายแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที.....	56
4-4 ค่าการละลายของแป้งมันเทศสีม่วงที่ลวกด้วยน้ำร้อนที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที.....	59
4-5 ค่าการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที.....	59
4-6 กำลังการพองตัวของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที.....	60
4-7 ปริมาตรและอัตรา การแผ่ขยายของโดที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ ร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับโดที่ทำจากแป้งสาลีล้วน.....	62
4-8 ค่าสีของหมั่น โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวก ด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับหมั่น โถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน.....	63

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-9 ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมั่น โถวที่ทำจากแป้งมันเทศ สีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทน แป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับหมั่น โถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน.....	64
4-10 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่น โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลี ในปริมาณร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับหมั่น โถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน.....	65
4-11 กิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสของชั้นมันเทศสีม่วง และปริมาณฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแป้งมันเทศสีม่วง ที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที.....	67
4-12 ค่าสีของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที.....	68
4-13 ค่าความหนืดของสารละลายแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 - 8 นาที.....	70
4-14 ค่าการละลายของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที.....	73
4-15 ค่าการดูดซับน้ำของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที.....	73
4-16 กำลังการพองตัวของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที.....	74
4-17 ปริมาตรและอัตราการแผ่ขยายของโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณ ร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับโคที่ทำจากแป้งสาลีล้วน.....	76
4-18 ค่าสีของหมั่น โถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวก ด้วยไอน้ำที่ เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับหมั่น โถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน.....	77
4-19 ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมั่น โถวที่ทำจากแป้งมันเทศ สีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลี ในปริมาณร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับหมั่น โถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน.....	78

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-20 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วง ที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลี ในปริมาณร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีส่วน.....	79
4-21 สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนและไอน้ำ.....	81
4-22 ปริมาตรและอัตราการแผ่ขยายของโดที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง.....	82
4-23 ค่าสีของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง.....	84
4-24 ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมั่นโถวที่ทำจาก แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง.....	85
4-25 ลักษณะของเซลล์อากาศของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทน แป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง.....	87
4-26 ปริมาณฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถวที่ ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง....	88
4-27 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วง ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง.....	89
4-28 ปริมาตรโดที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 และเดมออน ไชม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 - 900 ยูนิต.....	93
4-29 ค่าสีของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 30 และเดมออน ไชม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิต.....	94
4-30 ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศ สีม่วงร้อยละ 30 และเดมออน ไชม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิต.....	95
4-31 ลักษณะของเซลล์อากาศของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 30 และเดมออน ไชม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิต.....	97

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-32 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโถวที่ทำจาก แป้งมันเทศสีม่วง ปริมาณร้อยละ 30 และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิต.....	98
4-33 ปริมาตรและอัตราการแผ่ขยายของโคที่ทำจาก แป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 30 และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง.....	102
4-34 ค่าสีของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 30 และเติม คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง.....	104
4-35 ปริมาตรจำเพาะ ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของหมั่นโถว ที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 30 และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง.....	105
4-36 ลักษณะของซลต์อากาศของหมั่นโถวจากแป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 30 และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง.....	107
4-37 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 30 และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง.....	108
4-38 องค์ประกอบทางเคมีของหมั่นโถวในสูตรต่าง ๆ.....	111
4-39 ปริมาณฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของ หมั่นโถวในสูตรต่าง ๆ.....	112

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 มันทะเนื่อสีม่วง.....	8
2-2 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน.....	10
2-3 ลักษณะรูปร่างเม็ดสตาโรซเป็งมณฑ	17
2-4 กราฟการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดจากเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบรวดเร็ว.....	19
2-5 ลักษณะรูปร่างของหมั่นโถว.....	23
2-6 ขั้นตอนกระบวนการผลิตหมั่นโถว.....	25
2-7 ตัวอย่างคุณภาพของหมั่นโถว.....	28
2-8 ปฏิกริยาของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสในสตาโรซ.....	33
2-9 โครงสร้างโมเลกุลของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส.....	35
4-1 สีของเป็งมณฑสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที.....	53
4-2 ลักษณะรูปร่างของเม็ดสตาโรซเป็งมณฑสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที.....	55
4-3 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของเป็งมณฑสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที.....	56
4-4 การละลาย การดูดซับน้ำ และกำลังการพองตัวของเป็งมณฑสีม่วง ที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 – 8 นาที.....	58
4-5 ปริมาตรของโคที่ทำจากเป็งมณฑสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดย การลวกด้วยน้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนเป็งสาลี ในปริมาณร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับโคที่ทำจากเป็งสาลีส่วน.....	61
4-6 หมั่นโถวที่ทำจากเป็งมณฑสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วย น้ำร้อนที่เวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนเป็งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับหมั่นโถวที่ทำจากเป็งสาลีส่วน.....	63
4-7 สีของเป็งมณฑสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที.....	68
4-8 ลักษณะรูปร่างของเม็ดเป็งมณฑสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที.....	69
4-9 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของเป็งมณฑสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้น โดยการลวกด้วยไอน้ำที่เวลา 0 – 8 นาที.....	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-10 การละลาย การดูดซับน้ำ และกำลังการพองตัวของแป้งมันเทศสีม่วง ที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 0 – 8 นาที.....	72
4-11 ปริมาตรของโดที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วย ไอน้ำเป็นเวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับโดที่ทำจากแป้งสาลีล้วน.....	75
4-12 หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมขึ้นต้นโดยการลวกด้วย ไอน้ำเป็นเวลา 0 2 4 6 และ 8 นาที ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลีล้วน.....	77
4-13 ปริมาตรของโดที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง.....	82
4-14 หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง.....	83
4-15 ภาพตัดขวางของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง.....	86
4-16 ลักษณะของเซลล์อากาศของหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี ในปริมาณร้อยละ 0 – 60 โดยน้ำหนักแป้ง.....	86
4-17 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงโครงสร้างของโดที่ไม่มีการเติม แป้งมันเทศสีม่วงซึ่งทำจากแป้งสาลีล้วน (0%) และโดที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วง ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (30%) .....	90
4-18 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงโครงสร้างของหมั่นโถวที่ไม่มีการ เติมแป้งมันเทศสีม่วงซึ่งทำจากแป้งสาลีล้วน (0%) และหมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศ สีม่วงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง (30%) .....	91
4-19 ปริมาตร โดที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 และ เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิตต่อเนื้อหนักแป้ง 100 กรัม.....	92
4-20 หมั่นโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 30 และเติมเอนไซม์ แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิตต่อเนื้อหนักแป้ง 100 กรัม.....	94

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-21 ภาพตัดขวางของหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 30 และเติม เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม.....	96
4-22 ลักษณะของเซลล์อากาศของหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 30 และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในปริมาณ 0 – 900 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม..	97
4-23 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงโครงสร้างของโคที่ทำจากแป้ง มันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ที่ไม่เติมเอนไซม์ แอลฟา-อะไมเลส (0 U) และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ปริมาณ 500 ยูนิตต่อ น้ำหนักแป้ง 100 กรัม (500 U) .....	100
4-24 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงโครงสร้างของหมันโถวที่ทำจาก แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ที่ไม่เติม เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (0 U) และเติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ปริมาณ 500 ยูนิตต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม (500 U).....	100
4-25 ปริมาตรโคที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 30 และเติม คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง.....	102
4-26 หมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 30 และเติม คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง.....	103
4-27 ภาพตัดขวางของหมันโถวที่ทำจากแป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 30 และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง.....	106
4-28 ลักษณะของเซลล์อากาศของหมันโถวจากแป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 30 และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0 – 0.8 โดยน้ำหนักแป้ง.....	107
4-29 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงโครงสร้างของโคที่ทำจากแป้ง มันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ที่ไม่เติมคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (0%) และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักแป้ง (0.6%)..	109
4-30 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 400 เท่า แสดงโครงสร้างของหมันโถวที่ทำจาก แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ที่ไม่เติมคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (0%) และเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักแป้ง (0.6%).....	110