รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการพัฒนาศักยภาพกรรมวิธีการผลิตสีธรรมชาติแบบครบวงจรเพื่องานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

Development of the potential of a comprehensive natural color production process for food work at the community level Lad Bua Khao Farmer's Group, Ban Pong, Ratchaburi adds value to local products sustainably

โดย

เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์

ดวงรัตน์ แซ่ตั้ง

สมุภา เทิดขวัญชัย

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สิงหาคม พ.ศ. 2567

งบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำปูนใสต่อน้ำ 4 ระดับ และระยะเวลาในการตกตะกอนแบบเย็น 3 ระดับ ในการสกัดสีเขียวต่อเคมีฟิสิกส์ของใบเตย การใช้น้ำปูนใสในการสกัดสีเขียวในใบเตยแบบสกัดเย็นเพิ่มสีเขียว a* ลดสีเหลือง b* และค่า pH และค่าคลอโรฟิลล์ a และ b (ระยะเวลาในการตกตะกอน 3 วัน) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ส่วนระยะเวลาในการตกตะกอนแบบเย็นเพิ่มขึ้นในการสกัดสีเขียวจากใบเตย พบว่าสีเขียว a* เพิ่มขึ้นอยู่ที่ -7.11 ถึง-7.24 แต่ค่าสีเหลือง b* ลดลงอยู่ในช่วง 5.88-5.23 และค่าคลอโรฟิลล์ a และ b มีปริมาณสูงสุดอยู่ที่ 6.8–6.41และ 0.23-0.29 ตามลำดับ ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการดัดแปรทางเคมีฟิสิกส์โดยการใช้น้ำปูนใสทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของในการสกัดสีเขียวในใบเตย

ผลการทดลองสีของสีสกัดแก่นฝางจะให้สีแดงเข้มสด ต่างจากสีสกัดบีทรูทจะให้สีแดงเข้มออกคล้ำ ส่วนสีสกัดว่านหอมแดงแห้งให้สีแดงมากกว่าแบบสด แต่สีว่านหอมแดงแห้งออกสีแดงคล้ำไปทางน้ำตาลแดง ซึ่งแบบสดให้สีแดงสว่างสูงสุดทางด้านค่าสี ความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสีแดงของแก่นฝางสูงที่สุด รองมาบีทรูท ว่านหอมแดงแห้ง และว่านหอมแดงสดตามลำดับ สีสกัดบีทรูทเมื่อคืนรูปกับน้ำที่มีสภาวะจำลองของสารละลายกรดด่าง (1-14) มีการเปลี่ยนแปลง โดยสารละลายกรดด่างที่มีค่าความเป็นกรด กลาง และด่างอ่อนๆ สีสกัดบีทรูทยังมีสีโทนแดง ส่วนสารละลายที่มีความเป็นด่างที่มีค่าpH 10 สีเริ่มเปลี่ยนเป็นแดงอมม่วง พอสารละลายด่างที่มีค่าpH 11 สีเปลี่ยนเป็นสีม่วงอย่างชัดเจน เมื่อสารละลายด่างสูงขึ้นที่มีค่าpH 12 สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และสารละลายด่างเข้มข้นที่มีค่าpH 13-14 สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอมเขียวอมเหลืองจากการศึกษาการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร พบว่า สีสกัดบีทรูทเหมาะสมกับการทำเมนูอาหารประเภทซอสที่ใช้กระบวนการต้ม และเมนูอาหารประเภท

ผลการทดลองการศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน 3 ระดับ พบว่า ผู้ชิมให้การยอมรับที่ระดับ 7% ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยมีค่าเฉลี่ย 8.14 8.04 8.00 7.98 และ 8.08 ตามลำดับ อยู่ในระดับความชอบมาก และผู้ชิมให้การยอมรับที่ระดับ 5% ของน้ำหนักแป้งถั่วเขียว ในด้านเนื้อสัมผัส โดยมีค่าเฉลี่ย 8.04 อยู่ในระดับความชอบมาก เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติพบว่า คุณลักษณะในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากผงกาบมะพร้าวเผามีสีดำ และเสริมในขนมลืมกลืนในปริมาณที่ต่างกันน้อยมาก จึงทำให้ไม่มีผลอะไรกับขนมลืมกลืน ในขณะที่มีสีดำที่ได้จากผงกาบมะพร้าวเผา

Abstract

The effect of four different limewater-to-water ratios and three different sedimentation times in green extraction on the physicochemical properties of pandan leaf extract. The use of lime water for the extraction of green pigments from pandan leaves using a cold extract increased the green color intensities (a* value), while the yellow color intensity (b* value) decreased. Additionally, there was an increase in pH and the amounts of chlorophyll a and b (after a settling period of 3 days) ($P \leq 0.05$). The duration of sedimentation resulted in an enhanced extraction of the color green from pandan leaf extract. Specifically, the green a* value increased from -7.11 to -7.24, while the yellow b* value decreased in the range of 5.88–5.23. Additionally, the chlorophyll a and b values were observed at the highest levels. The chlorophyll a and b values ranged from 6.8 to 6.41 and from 0.23 to 0.29, respectively. The study showed that the use of lime water for physicochemical modification produced significant modifications in the extraction properties of pandan leaf extract.

The study found that sappanwood extract has an intense red hue, while beetroot and dehydrated Aloe vera extracts have dark red and reddish-brown hues respectively. The new variety, Sappanwood, has the highest red value. The beetroot extract's coloring changes when mixed with water and simulated acidic and alkaline solutions. It maintains a reddish hue in acidic, neutral, and slightly alkaline conditions, transitioning to a purple-red hue in alkaline solutions with varying pH levels. The study suggests that beetroot extract color is suitable for developing sauce menus involving boiling, among other menu items.

The results of the research regarding the use of level 3 burnt coconut shells in desserts suggest that 7% of connoisseurs find the appearance and color to be satisfactory. The average scores for odor, taste, and overall preference are 8.14, 8.04, 8.00, 7.98, and 8.08, respectively. The average texture of mung bean starch at a 5% concentration is 8.04, with significant variation observed. Conduct a statistical study to identify differences in attributes such as physical appearance, color, aroma, flavor, texture, and general preferences. At a significance level of 0.05, there is no statistically significant difference in color between the burnt coconut shell powder and the dessert. Furthermore, the amount of burnt coconut shell powder in the dessert does not significantly affect its color.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี ต้องขอขอบคุณ นักศึกษาปริญญาตรี และอาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ และคณาจารย์คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ทุกท่านที่มีส่วนช่วยในเรื่องของการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในงานวิจัยเรื่องนี้

คณะผู้วิจัยหวังว่า โครงการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อื่น และประชาชนทั่วไป โดยสามารถนำองค์ความรู้ประกอบด้วย 1. การศึกษากรรมวิธีการผลิตสีและกลิ่นจากใบเตยเพื่อยืดอายุสีเขียวจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน 2. การศึกษากรรมวิธีการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาสีโทนแดงจากธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน และ3. การศึกษากรรมวิธีการผลิตสีดำจากกาบมะพร้าวเผาเพื่อยืดอายุสีจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ในการผลิตสีจากธรรมชาติทดแทนสีสังเคราะห์ มาใช้ในการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีอย่างง่าย และคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมให้แก่ผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำขอน้อมระลึกถึงพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่าน ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และหากงานวิจัยฉบับนี้เป็นประโยชน์แก่ผู้ใดก็ตาม ขอมอบความดีทั้งหมดนี้ให้แด่ทุกท่านที่กล่าวมา ส่วนความผิดพลาดที่พึงปรากฏขอน้อมรับเพียงผู้เดียว

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญแผนภูมิ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ใบเตย	5
2.2 คลอโรฟิลล์	9
2.3 หัวบีทรูท	11
2.4 บีตาเลน	12
2.5 กาบมะพร้าวเผา	13
2.6 ปูนแดง	14
2.7 วิธีการ Encapsulation	15
2.8 โซเดียมอัลจิเนต	16
2.9 แคลเซียมคลอไรด์	18
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	22
3.1 การศึกษากรรมวิธีการผลิตสีและกลิ่นจากใบเตยเพื่อยืดอายุสีเขียวจากธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน	22
3.2 การศึกษากรรมวิธีการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาสีโทนแดงจากธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน	26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 การศึกษากรรมวิธีการผลิตสีดำจากกาบมะพร้าวเผาเพื่อยืดอายุสีจากธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน 32

3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ 36

3.5 สถานที่ในการทดลอง 36

บทที่ 4 ผลการวิจัย 37

4.1 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตสีและกลิ่นจากใบเตยเพื่อยืดอายุสีเขียวจากธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน 37

4.2 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาสีโทนแดงจากธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน 26

4.3 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตสีดำจากกาบมะพร้าวเผาเพื่อยืดอายุสีจากธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน 32

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 55

5.1 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตสีและกลิ่นจากใบเตยเพื่อยืดอายุสีเขียวจากธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน 55

5.2 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาสีโทนแดงจากธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน 55

5.3 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตสีดำจากกาบมะพร้าวเผาเพื่อยืดอายุสีจากธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน 58

5.4 ข้อเสนอแนะ 59

บรรณานุกรม 60

ภาคผนวก 64

ภาคผนวก ก สูตรมาตรฐาน กรรมวิธีการผลิตสีจากธรรมชาติ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิต 65

ภาคผนวก ข ฉลากและบรรจุภัณฑ์ 72

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน	74
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี	76
ประวัติย่อผู้วิจัย	80

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ใบเตย	5
2.2	โครงสร้างของสารประกอบ 2-Acetyl-1-Pyrroline	8
2.3	การเกิดสารให้กลิ่นเหม็นเขียวจากกรดไขมันลิโนอิกเนื่องจากการทำงานของLipoxygenase	8
2.4	โครงสร้างของอนุพันธ์คลอโรฟิลล์	10
2.5	การปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์	10
2.6	หัวบีทรูท	11
2.7	ผงกาบมะพร้าวเผา	13
2.8	ปูนแดง	14
2.9	กระบวนการเกิด Encapsulation	15
2.10	การเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรส	16
2.11	โครงสร้างอัลจิเนต (Alginte)	17
2.12	กลไกการเกิดเจลของ calcium alginate (Egg-box model)	18
2.13	แคลเซียมคลอไรด์	19
4.1	เม็ดบีดส์ที่ใช้น้ำใบเตยสกัดในอัตราส่วน 40:60	43

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของใบเตยในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	6
2.2	สารประกอบที่วิเคราะห์พบในใบเตยสด	7
2.3	ปริมาณสารอาหารในบีทรูทต่อสัดส่วนที่สามารถบริโภคได้ 100 กรัม	12
3.1	อัตราส่วนน้ำปูนใสต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีของน้ำใบเตย	23
3.2	สูตรพื้นฐานของขนมลืมกลืน	33
4.1	การวิเคราะห์การเก็บรักษาน้ำปูนใสต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีของน้ำใบเตย	38
4.2	การศึกษาอัตราส่วนน้ำปูนใสต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีของน้ำใบเตยที่ระยะเวลา 96 และ 192 ชั่วโมง จำนวน 4 ระดับ ที่ผ่านการแช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	39
4.3	การวิเคราะห์การเก็บรักษาน้ำปูนใสต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีของน้ำใบเตย	41
4.4	การวิเคราะห์คุณภาพของสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่เหมาะสม	44
4.5	การวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการทำเข้มข้นสีโทนแดงที่เหมาะสม	45
4.6	การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาสีโทนแดงเข้มข้น เป็นเวลา 21 วัน	46
4.7	การเปลี่ยนแปลงของสีโทนแดงตามสภาวะจำลองของสารละลายกรดด่างสารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่าง (1-14)	47
4.8	การวิเคราะห์คุณภาพการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร	48
4.9	การวิเคราะห์คุณภาพการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมไทย	49
4.10	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่าความแตกต่างสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน	51
4.11	ปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน	52
4.12	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสามสัมผัสและค่าความแตกต่างของผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน	53
4.13	คุณภาพทางเคมีของสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน และการศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน 100 กรัม	54
ก.1	สูตรน้ำใบเตย	66
ก.2	สูตรการทำเม็ดบีดส์น้ำใบเตย	66
ก.3	ต้นทุนในการผลิตเม็ดบีดส์น้ำใบเตยและบรรจุภัณฑ์ของผู้บริโภคใน 1 สูตร	69

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่	หน้า
3.1 ขั้นตอนการทำน้ำใบเตยสกัด จากอัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำ	24
3.2 ขั้นตอนการทำเม็ดบีดส์น้ำใบเตย	25
3.3 ขั้นตอนการทำสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน สูตรที่ 1	34
3.4 ขั้นตอนการทำสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน สูตรที่ 2	34
3.5 ขั้นตอนการทำสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน สูตรที่ 3	35
3.6 ขั้นตอนการทำผงกาบมะพร้าวเผา	35
4.1 ขั้นตอนการทำขนมลืมกลืนเสริมกาบมะพร้าวเผา	52
ก.1 กรรมวิธีการผลิตน้ำใบเตยสกัด	67
ก.2 กรรมวิธีการทำเม็ดบีดส์น้ำใบเตย	68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การผลิตอาหารและขนมไทยในปัจจุบันนิยมเติมสีสันลงในอาหารด้วยสีผสมอาหารซึ่งหาได้ง่าย มี ราคาถูก โดยมีสีให้เลือกทั้งแบบผง เจลและแบบน้ำบรรจุขวด ซึ่งสามารถผสมลงไปในขั้นตอนของการผลิตอาหาร แต่สารสีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารมีหลากหลายทั้งที่เป็นสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ หรือสารสังเคราะห์ ปัญหาคือสามารถรับประทานได้อย่างปลอดภัยไหม จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 551(พ.ศ. 2524) ลงวันที่ 11 มกราคม 2525 ที่มีการห้ามใช้สีผสมอาหาร เช่น อาหารทารก, นมดัดแปลงสำหรับทารก, , ผลไม้สดม ผักผลไม้ดอง, เนื้อสัตว์สดทุกชนิด,เนื้อสัตว์ปรุงแต่ง รมควันหรือทำ ให้แห้ง เช่น ปลาแห้ง กุ้งแห้ง หอยแห้ง, เนื้อสัตว์ทุกชนิดที่ย่าง อบ นึ่ง หรือทอด เช่นไก่ หมู เนื้อ ย่าง อบ นึ่ง หรือทอด ไม่ให้ใช้สีทุกชนิด เว้นแต่สีที่ได้จากธรรมชาติ, แหนม กุนเชียง ไส้กรอก อาหารประเภทเส้น เช่น เส้นบะหมี่ หมี่ซั่ว สปาเก็ตตี้ และน้ำพริกแกง ซึ่งไม่ให้ใช้สีทุกชนิด ส่วนปริมาณที่เหมาะสมของสีก็ควบคุมไว้ในประกาศ ซึ่งบางตัวยังเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคอยู่และต้องใช้ในปริมาณที่ควบคุมเท่านั้น (สถาบันอาหาร, 2547, หน้า 31-32)

อีกทั้งอาหารและขนมไทยส่วนใหญ่มีส่วนผสมตามธรรมชาติที่ให้สี กลิ่น และรสชาติอยู่แล้ว แต่ปัญหาของสีธรรมชาติคือ ต้องเตรียมสกัดสดไม่สะดวกในการใช้ง่าย และสีเมื่อได้รับความร้อน กรดด่างในระหว่างการผลิตอาจมีปัญหา เช่นสีมีการเปลี่ยน ความเข้มของสีลดลงหรือสีจางลง ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาการกรรมวิธีการผลิตสีจากธรรมชาติในรูปแบบสีเข้มข้น สีเจล หรือสีผงแบบง่าย โดยมุ่งเน้นกรรมวิธีการแปรรูป ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาสีที่ผลิตได้ จากนั่นศึกษาการคืนรูปสีเพื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย ซึ่งยังช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรให้แก่เกษตรกร ชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรี ผู้ปลูกสมุนไพรที่เป็นแหล่งของสีธรรมชาติ เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืนแก่ประเทศไทย ช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีความปลอดภัยทั้งต่อผู้ผลิต ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม มากกว่าการใช้สีสังเคราะห์ อีกทั้งยังลดการนำเข้าสีสังเคราะห์จากต่างประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตสีที่เหมาะสมจากพืชสมุนไพรธรรมชาติ

1.2.2 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาสีเข้มข้น เจล หรือแบบผงที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร

1.2.3 เพื่อศึกษาคุณสมบัติและการคืนรูปของสีจากพืชสมุนไพร

1.2.4 เพื่อศึกษาการนำสีจากพืชสมุนไพรไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย

1.2.5 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 สีที่เหมาะสมจากพืชสมุนไพร

1.3.2 สีจากพืชสมุนไพรไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย

1.3.3 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาทดสอบชิม คือ กลุ่มผู้บริโภคทั่วไป และผู้ใส่ใจสุขภาพ

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาศักยภาพกรรมวิธีการผลิตสีธรรมชาติแบบครบวงจรเพื่องานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน เป็นการดำเนินการวิจัยแบบบูรณาจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องรวมถึงการวิจัยจะถ่ายทอดลงสู่กลุ่มเป้าหมาย เช่น เกษตรผู้ปลูกพืชสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่ม OTOP และผู้ที่สนใจเป็นต้น โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1.4.1 การศึกษากรรมวิธีการผลิตสีและกลิ่นจากใบเตยเพื่อยืดอายุสีเขียวจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

1.4.2 การศึกษากรรมวิธีการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาสีโทนแดงจากธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

1.4.3 การศึกษากรรมวิธีการผลิตสีดำจากกาบมะพร้าวเผาเพื่อยืดอายุสีจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

1.4.4 วิธีการเตรียมสารสกัดสมุนไพรด้วยน้ำอย่างง่าย

คัดเลือกสมุนไพร นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 °C นาน 10 ชั่วโมง แล้วนำสมุนไพรที่ได้มาปั่นละเอียด ชั่งผงสมุนไพร 250 กรัม ต่อน้ำ อัตราส่วนต่างๆ ที่ศึกษา แล้วนำไปกรองแยกกากด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ทำซ้ำ 2 ครั้ง แล้วนำส่วนที่กรองได้ไประเหยแห้งด้วยเครื่อง Rotary Evaporator ที่อุณหภูมิห้อง เก็บสารสกัดที่ได้ใส่ขวดสีชาปิดสนิท ที่อุณหภูมิ 4 °C (วิชัย, 2548) เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป บันทึกน้ำหนักสารสกัดเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สารสกัด (ศิลป์สุภา, 2551)

$$\text{เปอร์เซ็นต์สารสกัด} = \text{น้ำหนักสารสกัด/น้ำหนักตัวอย่างพืช} \times 100$$

นำพืชและสมุนไพรมาสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยแช่ด้วยน้ำ พร้อมทั้งให้ ความร้อน จากนั้นกรองสารละลายเพื่อเก็บสารที่สกัดได้ ทำซ้ำ 3 ครั้ง วิเคราะห์สารละลายสีจากวัสดุธรรมชาติที่สกัดได้โดยคำนวณหาปริมาณน้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์Yield)

1.4.5 ศึกษาการผลิตผงสีธรรมชาติจากวัสดุธรรมชาติโดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยในระดับนำร่อง (pilot plant scale) 3.3.5.1 สกัดสารละลายสีจากวัสดุธรรมชาติ โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากการศึกษา ข้อ 3.3.1-3.3.4 โดยเปลี่ยนภาชนะบรรจุจากบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เป็น

หม้อสเตนเลสขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง 16 นิ้ว วิเคราะห์สารละลายสีจากวัสดุธรรมชาติที่สกัดได้ตามการทดลองข้อ 1 นำสารสีที่ได้ไปวัดค่า CIEL*a*b* โดยนำวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี Spectrophotometer

1.4.6 ศึกษาการระเหยน้ำออกจากสารละลายที่สกัดได้ ด้วยเครื่องระเหยสารแบบลดความดัน (Rotary Evaporator) วิเคราะห์สารสีจากวัสดุธรรมชาติหลังระเหยน้ำออกตามการทดลองข้อ 1 นำสารสีที่สกัดได้มาทำแห้งโดยใช้กระบวนการทำแห้งแบบใช้สารดูดซับให้แห้งที่อุณหภูมิต่ำ

1.4.6.1 นำสีจากพืชสมุนไพรธรรมชาติที่ได้มาวิเคราะห์ค่าสี โดยนำผงสีไป ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้มีค่าความแตกต่างสีใกล้เคียงกับค่าสีของสารละลายสีก่อนทำเป็นผงสีโดยทำแบบเดียวกับขั้นตอนในข้อ 1

1.4.6.2 ศึกษาผลกระทบของผงสีจากวัสดุธรรมชาติที่มีผลต่อผู้บริโภค โดยการตรวจสอบสารตกค้างในสีที่ผลิตได้

1.4.6.3 ศึกษาอายุการเก็บของสีผล

1.4.7 ศึกษาการนำสีไปใช้ในอาหารและขนมไทย โดยทดลองระดับความเข้มข้นของสีธรรมชาติทดแทนสีผสมอาหารที่ใช้ในอาหารและขนมไทยอย่างระ 3 ระดับ วัดคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสเพื่อดูการเปลี่ยนแปลง ทุกๆ 7 วัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จนครบ 15 วัน

1.4.7.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ –ค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทยโดยใช้เวอร์เนียร์แคลิปเปอร์ - ค่าสีในระบบ CIE ได้แก่ L*, a*, b* ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer และ -ค่า Water activity (aw) ด้วยเครื่องวัด Water activity -ค่าความกรอบด้วยการวัดค่าเนื้อสัมผัสของอาหาร ด้วยเครื่อง Texture analyzer โดยหาค่าเฉลี่ยและนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

1.4.7.2 คุณภาพทางเคมีได้แก่ปริมาณความชื้นโดยวิธีอบแห้งด้วยตู้อบหาปริมาณความชื้นแบบสุญญากาศตามวิธีการของ AOAC (2000) ปริมาณไขมันตามวิธีการของ AOAC (2000) โดยหาค่าเฉลี่ยแล้วนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

1.4.7.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ทำการตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราตามวิธีการของ AOAC (2000)

1.4.8 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคสีและอาหารและขนมไทยจากสีสมุนไพรธรรมชาติที่พัฒนาได้ในชุมชน และที่คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ 100 คน

1.4.9 การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เกิดนวัตกรท้องถิ่นอย่างน้อย 3 ราย ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้าน การผลิตสี เขียว จากใบเตย สีโทนแดงจากธรรมชาติ และสีดำจากกาบมะพร้าวเผาเพื่อยืดอายุสีจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

1.5.2 มีเกษตรกรผู้ปลูกและแปรรูปพืชสมุนไพรนำผลที่ได้จากงานวิจัยไปใช้ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนที่เข้าร่วมโครงการ

1.5.3 มีการใช้ประโยชน์จากสีจากพืชสมุนไพรมีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น

1.5.4 มีผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้จากงานวิจัยและเข้าสู่ระบบตลาด

1.5.5 เกษตรกรและกลุ่มผู้แปรรูปพืชสมุนไพรมีรายได้เพิ่มสูงขึ้น ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5

1.4.6 เกิดการรวมกลุ่มในการแปรรูปพืชสมุนไพรอย่างน้อย 1 กลุ่ม

1.5.7 เกิดการจ้างงานในชุมชนเพิ่มขึ้นร้อยละ 2

1.5.8 เกิดการสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานภายนอก ประกอบด้วย เกษตรกรท้องถิ่น กลุ่มผู้ประกอบการ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ใบเตย

ใบเตย (Pandanus, Fragrant Pandan, Pandom wangi) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Pandanus amaryllifolius* ใบเตยเป็นพืชที่คนไทยรู้จักกันมานานและนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันกันมาก เนื่องจากหาได้ง่ายในประเทศไทย ราคาถูก เป็นพืชที่ให้สีและกลิ่น ไม่เป็นพิษภัยในการนำมาประกอบอาหารและทำขนม ใบเตยมีสารต่างๆ อยู่หลายชนิดและมีสารหอมที่ให้กลิ่นด้วย จึงมีผู้สนใจที่จะนำใบเตยมาใช้ประโยชน์กันมาก โดยทั่วไปจะนิยมเรียกว่า เตย แต่ในบางท้องถิ่นเรียกว่า หวานข้าวใหม่ (ภาคกลาง) ปาแนะวองิง (มาเลเซีย-นราธิวาส) (Peungvicha P.et.al, 1998) ต้นเตยหอม จัดเป็นไม้ยืนต้นพุ่มเล็ก ขึ้นเป็นกอ มีใบเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับเวียนเป็นเกลียวจนถึงยอดใบ ลักษณะของใบเป็นทางยาว สีเขียวเป็นมัน ใบค่อนข้างแข็ง มีขอบใบเรียบ เราสามารถนำใบเตยมาใช้ได้ทั้งใบสดและใบแห้ง ในใบเตยจะมีกลิ่นหอมของน้ำมันหอมระเหย (Fragrant screw pine) โดยกลิ่นหอมของใบเตยนั้นมากจากสารเคมีที่ชื่อว่า 2-acetyl-1-pyrroline ซึ่งเป็นกลิ่นเดียวกันกับที่ได้ใน ข้าวหอมมะลิ ขนมปังขาว และดอกชมนาด และใบเตย เนื่องจากมีการนำมาใช้กันอย่างหลากหลายตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำมาปรุงแต่งอาหารอย่างขนมไทยให้มีกลิ่นหอม อร่อย และยังให้สีสันน่ารับประทานอีกด้วย (วิจิตรา และคณะ, 2564)

ภาพที่ 2.1 ใบเตย

ลักษณะทั่วของใบเตยจัด เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีลำต้นทรงกลม และเป็นข้อสั้นๆถี่กัน โผล่ขึ้นมาจากดินเพียงเล็กน้อย โคนลำต้นและรากแขนงออกเป็นรากค้ำจุนหรือเรียกว่า รากอากาศ ลำต้นสามารถแตกหน่อเป็นต้นใหม่ได้ ทำให้มองเป็นกอหรือเป็นพุ่มใหญ่ๆ ที่รวมความสูงของใบแล้วสามารถสูงได้ใบเตย แตกออกเป็นใบเดี่ยวด้านข้างรอบลำตัน และเรียงสลับวนเป็นเกลียวขึ้นตามความสูงของลำต้น จนถึงขอบ ใบมีลักษณะเรียวยาวเป็นรูปดาบ ปลายใบแหลม สีเขียวสด ใบชูเฉียงแนบไปกับลำต้น แผ่นใบเป็นมัน กว้างประมาณ 2-3 เซนติเมตร ยาวประมาณ 30-50 เซนติเมตร แผ่นใบและขอบใบเรียบ แผ่นใบด้านล่างมีสีจางกว่าด้านบน มีเส้นกลางใบลึกเป็นแอ่งตื้นๆตรงกลาง ใบนี้ส่งกลิ่นหอม

ตลอดเวลา เพราะมีน้ำมันหอมระเหย และสาร ACPY การขยายพันธุ์เตย นอกจากนี้ต้นเตยหอมยังมีสรรพคุณทางยาในตำรายาไทยจะพบว่าต้นและรากของเตยสามารถเป็นยาขับปัสสาวะได้ ส่วนใบเตยมีสรรพคุณช่วยในการบำรุงหัวใจ ช่วยลดอาการของโรคหืด แพทย์ไทยในสมัยโบราณนิยมนำใบเตยมาทำเครื่องดื่มสมุนไพร เพราะให้ความรู้สึกสดชื่นขณะดื่ม มีคุณค่าทางอาหารและปลอดภัยต่อการบริโภค (วรางคณา, 2542) คุณค่าทางโภชนาการของใบเตยในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของใบเตยในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม

สารอาหาร	หน่วย
คาร์โบไฮเดรต	17 กรัม
โปรตีน	1.3 กรัม
ไฟเบอร์	ร้อยละ 13 ที่แนะนำต่อวัน
แคโรทีน	3 ไมโครกรัม
วิตามินซี	8 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.2 มิลลิกรัม
วิตามินบี 3	1.2 มิลลิกรัม
ธาตุเหล็ก	0.1 มิลลิกรัม
ธาตุฟอสฟอรัส	27 มิลลิกรัม

ที่มา: โภชนาการเพื่อสุขภาพ (2565)

พบว่าเตยหอมมีสมบัติในการลดน้ำตาลในเลือดของหนูทดลอง ทั้งในส่วนของราก ลำต้นใต้ดิน และใบ ในขณะที่ พบวาสารสกัดจากใบเตยมีผลในการเพิ่มความแรงและอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งส่งผลต่อความดันเลือดด้วย นอกจากนั้นใบเตยยังมีคุณสมบัติในการทำให้ร่างกายสดชื่น ลดอาการไข้และยังช่วยบรรเทาอาการอาหารไม่ย่อย ท้องอืดท้องเฟ้อ (Cheeptham and Towers, 2002) นอกจากสรรพคุณทางยาของเตยหอมแล้วการที่เตยหอมมีลักษณะของกลิ่นหอมเฉพาะตัวจึงทำให้เตยหอมได้รับความนิยมนำกลิ่นที่สกัดได้จากใบเตยไปใช้ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน

2.1.2 กลิ่นของใบเตย

ใบเตยมีสารหอมระเหยหลายชนิดเป็นองค์ประกอบทำให้ใบเตยมีกลิ่นหอมที่เฉพาะตัว Laksanalamai and Ilangantileke (1993) ได้ทดลองสกัดสารหอมระเหยจากใบเตยสดและใบเตยแห้งแบบฟรีชดรายด์โดยใช้วิธีการสกัดด้วยไอน้ำ จากนั้นนำสารหอมระเหยที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas chromatography - mass spectrometry พบว่า องค์ประกอบหลักคือ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญการทดสอบทางประสาทสัมผัสระบุว่า เป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นเฉพาะตัวของใบเตย นอกจาก 2AP แล้ว สารประกอบที่ให้กลิ่นในใบเตยยังมีอีกหลายชนิด โดยกลิ่นของใบเตยจะเปลี่ยนไปเมื่อมีการนำใบเตยมาผ่านการแปรรูป ซึ่งทำให้องค์ประกอบของสารให้กลิ่นในใบเตยเกิดการเปลี่ยนแปลง ในใบเตยสดประกอบด้วยสารประกอบหลายชนิด (ตารางที่ 2.2) แต่สารหลักที่พบใน

ใบเตยสดคือสาร 3-methy-2 (5 H) furanone ซึ่งพบเป็นร้อยละ 73 ของสารระเหยที่วิเคราะห์ได้ทั้งหมด สาร 3-methy-2(5H) furanone เป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นฉุน หวาน หรือกลิ่นคล้ายยา

ตารางที่ 2.2 สารประกอบที่วิเคราะห์พบในใบเตยสด

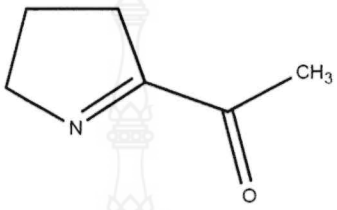
สารประกอบ	เปอร์เซ็นต์ of total
2-methyl-3-buten-2-one	0.44
toluene	0.16
3-hexanone	2.97
2-hexanone	2.65
3-methyl-3-pentanol	0.41
ethylbenzene	0.11
1,2-dimethylbenzene	0.13
3-penten-2-ol	0.94
3-hexanol	7.09
4-methyl-2-pentanol	6.13
1-methylcyclopentanol	1.00
3-methyl-2-pentanol	0.15
(E)-2-penten-l-ol	0.21
hexyl formate	0.21
(Z)-4-hexen-l-ol	0.13
acetic acid	0.44
2,5-hexanedione	0.14
3-methyl-2(5H)-furanone	73.07
3-methyl-2(5H)-furanone	73.07
methyl-2-hydroxylbenzoate	0.18
hexanoic acid	0.75
(E)-3-hexanoic acid	0.85
3-hexanoic acid	0.19

ที่มา: ดัดแปลงจาก Jiang (1999)

2.1.3 สารให้กลิ่นที่สำคัญในใบเตย

สารให้กลิ่นที่สำคัญในใบเตยว่ากลิ่นของอาหารจะเกิดจากสารระเหยหลายชนิด แต่จะมีสารระเหยเพียงบางชนิดที่เป็นสารระเหยที่มีความสำคัญต่อกลิ่นอาหารชนิดนั้นๆ ซึ่งจะเรียกสารระเหยเหล่านั้นว่าเป็น key odor compounds สำหรับในใบเตยสารระเหยที่สำคัญได้แก่ 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP)

เป็นสารที่พบว่าเป็นองค์ประกอบหลักของกลิ่นใบเตยและข้าวหอมมะลิ 2AP จัดเป็นสารประกอบไนโตรเจนในกลุ่ม heterocyclic compounds มีสูตรโครงสร้าง CH_3NO มวลโมเลกุลเท่ากับ 111.143 มีลักษณะโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน 5 เหลี่ยมที่ประกอบด้วยไนโตรเจนอยู่ในวงแหวน มีหมู่ acety เกาะอยู่กับคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ดังแสดงภาพที่ 2.2 จากการที่สาร 2AP มีไนโตรเจนอยู่ในโมเลกุลจึงแสดงสมบัติเป็นสภาพที่มีขั้ว (polarity)

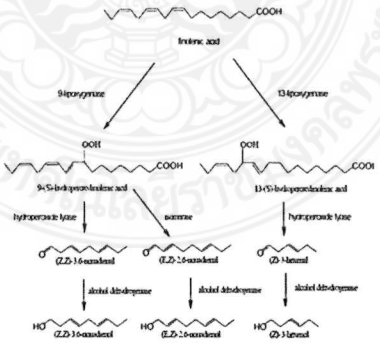


ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของสารประกอบ 2-Acetyl-1-Pyrroline

ที่มา: Buttery et al. (1982)

2.1.4 สารกลุ่มอัลดีไฮด์ที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเขียว

กลิ่นเหม็นเขียวของใบเตยจะเกิดจากอัลดีไฮด์ สายสั้นได้แก่ hexenal (กลิ่นใบไม้) nonenal (กลิ่นเหม็นเขียว) nonadienal (กลิ่นใบไม้) และ n-hexanal (กลิ่นหญ้า) สารระเหยเหล่านี้เกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ linoleic acid และ linoleic acid ผ่าน lipoxygenase pathway สารให้กลิ่นเหม็นเขียวนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเนื้อเยื่อพืช เกิดการฉีกขาดกรดไขมันไม่อิ่มตัวของพืชอาจอยู่ในรูป triglycerides, phospholipids หรือ glycolipids ซึ่งถูกปลดปล่อยเป็นกรดไขมันอิสระโดยเอนไซม์ aldehyde จากนั้นกรดไขมันอิสระจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารให้กลิ่น เอนไซม์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงกรดไขมันไม่อิ่มตัวให้เป็นสารให้กลิ่นในพืช ได้แก่ lipoxygenase, lyase, cis-3 trans-2 isomerase และ alcohol dehydrogenase กลไกการทำงานของเอนไซม์เหล่านี้ดังภาพที่ 2.2 และ 2.3



ภาพที่ 2.3 การเกิดสารให้กลิ่นเหม็นเขียวจากกรดไขมันลิโนอิกเนื่องจากการทำงานของLipoxygenase

ที่มา: ดัดแปลงจาก Takeoka (1999)

จากภาพที่ 2.2 และ 2.3 กลไกการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นสารให้กลิ่นเริ่มจากเอนไซม์ lipoxygenase ไปเร่งปฏิกิริยา dioxygenation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะ 17, 4 pentadiene ในโครงสร้างทำให้ได้ hydroperoxyl unsaturated fatty acid เอนไซม์ lipoxygenase ที่เข้าทำปฏิกิริยาจะต้องมีความจำเพาะต่อตำแหน่งคาร์บอนของกรดไขมันที่ถูกเติมออกซิเจนแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของพืชอาจเป็นชนิด C-9-, C-13- hydroperoxyl unsaturated fatty acid หรือเป็นทั้งสองชนิดปนกันแล้วแต่ชนิดของพืช เอนไซม์นี้จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับ hydroperoxide lyase ซึ่งทำให้ hydroperoxyl unsaturated fatty acid แตกตัวเป็นสารให้กลิ่นและ oxo acid เอนไซม์ hydroperoxide lyase สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ตามตำแหน่งของคาร์บอนที่เข้าทำปฏิกิริยา คือ 9-3- และ non-specific hydroperoxide lyase การทำปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ที่มี isozymes ที่แตกต่างกันเป็นสาเหตุที่ทำให้ได้กลิ่นเหม็นเขียวที่แตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด

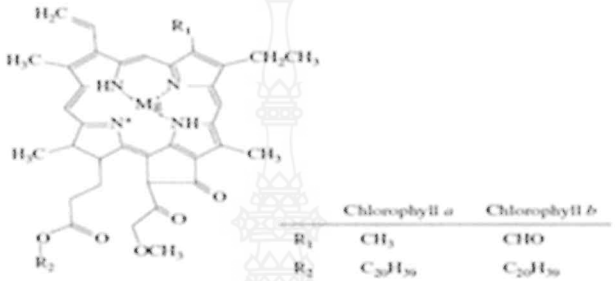
2.1.5 การใช้ประโยชน์จากใบเตย

สีของเตยหอมใช้ผสมอาหาร เช่น ขนมชั้น ขนมขี้หนู เป็นต้น กลิ่นของใบเตยใช้ปรุงรสของอาหารหวานและอาหารคาว ช่วยปรุงแต่งรสหวาน ของน้ำ อาหาร ขนม หรืออาหารที่มีส่วนผสมของใบเตย ใช้เป็นยาสมุนไพรทำให้สดชื่น ใบเตยสดใช้ใส่ในน้ำตาลสด ในสมัยก่อนมีการใช้ใบเตยรองก้นหวดใส่ข้าวเหนียวทำให้มีกลิ่นหอมน่ารับประทาน (สมบูรณ์, 2526) ใบใช้แก้ไข้ แก้ร้อนใน กระหายน้ำ อ่อนเพลีย ขับปัสสาวะ บำรุงหัวใจ ชูกำลัง ดับพิษไข้ รักษาโรคหัด รักษาโรคอีสุกอีใส แก้โรคผิวหนัง โรคหืดต่อมามีการศึกษาผลของของการสกัดน้ำใบเตยหอมต่อการทำงานของหัวใจด้านบนที่ตัดออกจากร่างกายของหนูขาวและต่อความดันเลือดและอัตราการหดตัวของหัวใจของหนูขาวที่สลบ พบว่าน้ำสกัดใบเตยหอมที่มีความเข้มข้น 0.66 0.136 0.264 และ 0.528 มิลลิกรัม ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจห้องบนหดตัวแรงขึ้น และมีอัตราการหดตัวลดชั่วคราว ทำให้มีความดันในเลือดเล็กน้อย (กลอยใจ, 2556)

2.2 คลอโรฟิลล์ (chlorophyll)

สีเขียวที่ได้จากใบเตยเป็นรงควัตถุประเภทคลอโรฟิลล์ซึ่งคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุที่สำคัญอยู่ในคลอโรพลาสต์ที่อยู่ใกล้กับผนังเซลล์ พบในทุกส่วนของพืชที่มีสีเขียว เช่น ใบ ก้าน และในผลไม้ดิบ คลอโรฟิลล์จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงของพืช โดยจะดูดพลังงานจากแสงแดดเพื่อสร้างคาร์โบไฮเดรตจากคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ คลอโรฟิลล์ที่พบในพืชมี 2 ชนิดคือ คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) และคลอโรฟิลล์ บี (chlorophyl b) ในอัตราส่วน 3:1 (Wrolstad, 2001) โมเลกุลของคลอโรฟิลล์ประกอบด้วยส่วนหัวของวงแหวนพอร์ไฟริน (porphyrin ring) ซึ่งเป็นโมเลกุลใหญ่ประกอบด้วยวงแหวนไพโรล (pyrrole) ยึดติดกันโดยมีเทนไธน์คาร์บอน (Methane carbon, -CH=) เกิดเป็นโมเลกุลใหญ่ที่แบนราบ ในคลอโรฟิลล์มีแมกนีซียม (Mg) อยู่ตรงกลางโดยแมกนีเซียม อะตอมยึดติดกับไนโตรเจนอะตอม 2 ตัวด้วยพันธะโควาเลนต์ (covalent bond) ส่วนไนโตรเจนอีก 2 ตัวต่างแบ่งอิเล็กตรอน 2 ตัวเพื่อใช้ร่วมกับแมกนีเซียมเกิดเป็นพันธะโคออร์ดิเนตโควาเลนต์ (coordinate covalent) และส่วนหางซึ่งเป็นไฮโดรคาร์บอนสายยาว เรียกว่าไฟทอล (phyto) คลอโรฟิลล์ทั้งสองชนิดมีโครงสร้างเหมือนกันแต่แตกต่างกันที่ตำแหน่งที่ 3 โดยคลอโรฟิลล์ เอ มีโซ่ข้างเป็นหมู่ ส่วนของคลอโรฟิลล์ บี เป็นหมู่อัลดีไฮด์ (-CHO) (Ferruzzi and Blakeslee, 2007) โครงสร้างที่ต่างกันของคลอโรฟิลล์ทั้งสองชนิดก็จะทำให้มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันโดยเฉพาะด้านการละลาย

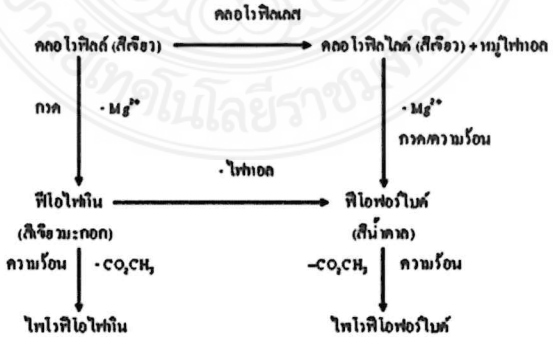
โดยที่หมู่เมททิลของคลอโรฟิลล์ เอ ทำให้โมเลกุลไม่มีขั้ว จึงละลายได้ดีในสารละลายที่ไม่มีขั้ว ส่วนหมู่อัลดีไฮด์ของคลอโรฟิลล์ บี จะเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว จึงทำให้คลอโรฟิลล์ บี ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว จึงทำให้คลอโรฟิลล์บางส่วนละลายน้ำได้บ้าง นอกจากนี้คลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์ บี จะมีสีแตกต่างกัน โดยคลอโรฟิลล์ เอจะมีสีเขียวแกมน้ำเงิน (สีเขียวเข้ม) ส่วนคลอโรฟิลล์ บี จะมีสีเขียวแกมเหลือง (สีเขียวอ่อน) (Hojnik et al., 2007)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของอนุพันธ์คลอโรฟิลล์

ที่มา: Cubas et al. (2008)

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของคลอโรฟิลล์อาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ แต่ในการประกอบอาหารส่วนใหญ่จะเกิดจากปฏิกิริยาฟิโอไฟทิไนเซชัน (pheophytinization) ซึ่งเป็นการแทนที่แมกนีเซียมในคลอโรฟิลล์ด้วยไฮโดรเจน เกิดได้ดีในสภาวะที่เป็นกรดและทำให้เกิดสีเขียวมะกอกของฟีโอไฟทิน (pheophytin) นอกจากนี้ยังมีการแตกออกของหมู่ไฟทอล ซึ่งจะเกิดคลอโรฟิลไลด์ (chlorophylides) เนื่องจากเอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophy llase) คลอโรฟิลไลด์จะให้สีเขียวเช่นเดียวกับคลอโรฟิลล์แต่จะสามารถละลายในน้ำในได้ดีกว่าคลอโรฟิลล์ ปฏิกิริยาฟีโอไฟทิไนเซชัน (pheophytinization) เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียความคงตัวของสีเขียวในระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนจึงได้มีการพยายามหาวิธีในการรักษาความคงตัวของสีเขียวโดยวิธีต่างๆ



ภาพที่ 2.5 การปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์

ที่มา: Von Elbe and Schwartz (1996)

คลอโรฟิลล์ถูกพบว่าเป็นสารเร่งการสมานบาดแผลและเป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อ (Carpenter, 1949; Smith and Livingston, 1945) คลอโรฟิลล์มีโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายกับฮีโมโกลบิน ซึ่งส่งเสริมการแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ กับ ออกซิเจน (Horwitz, 1951) การสมานบาดแผลของคลอโรฟิลล์นั้น ไม่เพียงแต่บรรเทาความเจ็บปวด แต่ยังช่วยปรับสภาพเนื้อเยื่อที่เป็นแผลด้วย (Cady and Morgan, 1948) คลอโรฟิลล์มีประโยชน์ในด้าน การกระตุ้นการทำงานของตับให้ดีขึ้น ส่งเสริมการงอกใหม่ของเซลล์ และช่วยให้การขับถ่ายดีขึ้น เพราะคลอโรฟิลล์ช่วยกระตุ้นการบีบรูดตัวของลำไส้ (Herrera et al, 1989) มีงานวิจัยที่รายงานว่าคลอโรฟิลล์ตามธรรมชาติ สามารถยับยั้งสาร Aflatoxin B1 ที่ก่อให้เกิดมะเร็งตับได้ (Simonich et al., 2007)

2.3 หัวบีทรูท

ภาพที่ 2.6 หัวบีทรูท

2.3.1 ชื่อวิทยาศาสตร์: *Beta vulgaris L.*

2.3.2 ชื่อสามัญ: Chard, Beetroot, Sugarbeet, Mangel-wurzel

2.3.3 วงศ์: *Chenopodiaceae*

2.3.4 ชื่ออื่น: ผักกาดฝรั่ง

2.3.5 ลักษณะทั่วไป

ต้น อยู่ใต้ดิน รากอวบน้ำ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4-5 เซนติเมตร ใบ เป็นใบเดี่ยวเรียงตัวสลับก้านยาว ใบรูปหัวใจรี ดอก เป็นดอกเดี่ยว ออกเป็นช่อ มีสีเขียวอ่อนขนาดเล็กผลมีขนาดเล็ก นอกจากนั้นยังเป็นผักเพื่อสุขภาพประจำเมืองหนาวที่ปลูกกันมากทางภาคเหนือ โดยมีต้นกำเนิดในแถบเมดิเตอร์เรเนียน แถบยุโรป โดยมีรากหรือหัวพืชที่สะสมอาหารอยู่ใต้ดิน เนื้อด้านในอวบน้ำ มีสีแดงเลือดหมู ม่วงแดง และเหลือง

2.3.6 การเลือกซื้อและการเก็บรักษาบีทรูท

สำหรับการเลือกซื้อควรเลือกหัวบีทรูทที่มีขนาดเล็ก เพราะจะมีเนื้อละเอียดและให้รสหวานมากกว่าหัวบีทรูทขนาดใหญ่ มีผิวไม่เหี่ยว จับเนื้อต้องไม่นิ่ม แต่ถ้าใบติดอยู่ให้เลือกหัวที่ใบยังสด แล้วนำมาตัดใบให้เหลือก้านประมาณ 3 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำไปล้างน้ำให้สะอาด แล้วเก็บใส่ ถุงตาข่าย วางไว้ในที่ร่ม หรือจะนำมาแช่ในตู้เย็นตรงช่องเก็บผักก็ได้ ซึ่งจะเก็บไว้ได้นานถึง 2 อาทิตย์

2.3.7 ประโยชน์

บีทรูท มีสีแดงฉ่ำ จึงใช้เป็นสีธรรมชาติผสมอาหารได้อย่างปลอดภัย นิยมนำมาดองน้ำส้มสายชูผัดกับเนื้อ และบีทรูทมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระ จึงช่วยป้องกันความเสื่อมของเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย ประโยชน์จากการดื่มน้ำบีทรูทเป็นประจำ จะช่วยเสริมสร้างพละกำลัง และความแข็งแรง ลดอาการเหนื่อยล้าจากการออกกำลัง ทำให้อึดทนทานมากขึ้นถึง 16 เปอร์เซ็นต์ ถ้าหลังดื่มน้ำบีทรูทแล้วขับถ่ายออกมามีสีแดงปนเปื้อนก็ไม่ต้องตกใจ มันไม่ใช่เลือดแต่เป็นเพราะร่างกายขับสารสีแดงออกมาเท่านั้นเอง สารสกัดบีทรูทที่อุดมไปด้วยไนเตรตเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อผู้ป่วยที่มีระดับไขมันในเลือดสูง ช่วยลดการสะสมไขมันและลดการอุดตันในหลอดเลือด คุณค่าทางโภชนาการน้ำบีทรูทมีวิตามินซี และวิตามินเอสูง นอกจากนี้ยังมีวิตามินบี1 บี2 แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก ไม่เพียงดื่มได้อร่อยแล้ว ยังมีสรรพคุณทางยา เพราะน้ำบีทรูทช่วยขับปัสสาวะ ลดอาการบวม บำรุงตับ เจริญอาหาร แก้เจ็บคอ ขับเสมหะ ช่วยยับยั้งสารก่อมะเร็ง และลดการเจริญเติบโตของเนื้องอก (อโณทัย, 2552)

2.3.8 คุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 2.3 ปริมาณสารอาหารในบีทรูทต่อสัดส่วนที่สามารถบริโภคได้ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ	หน่วย
คาร์โบไฮเดรต	9.56	กรัม
ไขมัน	0.17	กรัม
โปรตีน	1.61	กรัม
เส้นใย	2.80	กรัม
วิตามินบี 2	0.04	มิลลิกรัม
วิตามินบี 3	0.34	มิลลิกรัม
เบตาแคโรทีน	20.00	ไมโครกรัม
วิตามินซี	4.90	กรัม
ธาตุแคลเซียม	16.00	มิลลิกรัม
ธาตุโพแทสเซียม	325.00	มิลลิกรัม
ธาตุฟอสฟอรัส	40.00	มิลลิกรัม

ที่มา: USDA Nutrient database, 2011

2.4 บีตาเลน

บีตาเลนเป็นรงควัตถุให้สีที่พบตามธรรมชาติในพืชบางชนิด แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ บีตาไซยานิน (betacyanin) ที่ให้สีแดงถึงม่วง และบีตาแซนทิน (betaxanthin) ที่ให้สีเหลืองส้ม โครงสร้างพื้นฐานของบีตาเลน เป็นอนุพันธ์อิมโมเนียมของกรดบีตาลามิกที่มี cyclo-Dopa และกรดอะมิโนหรือเอมีน บีตาเลนสกัดได้ด้วยตัวทำละลายหลายชนิด เช่น น้ำอะซีโตนสารละลายเมทา

นอล และเอทานอล 20-80 เปอร์เซ็นต์ และอาจใช้ร่วมกับกรด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด การทำให้สารสกัดบีตาเลนบริสุทธิ์ใช้ได้ทั้งตัวดูดซับของแข็ง เทคนิคโครมาโทกราฟฟีแบบแลกเปลี่ยนประจุและหรือเจลฟิลเตรชัน สำหรับการวัดปริมาณและบ่งบอกชนิดของบีตาเลนวิธีการทางสเปกโทรสโกปีชนิดยูวีวิสิเบิลและโครมาโทกราฟฟีของเหลวสมรรถนะสูงเป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ รงควัตถุประเภทนี้ได้รับความสนใจจากนักวิจัยมาเป็นเวลานาน มีการใช้เป็นสารให้สีในอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องดื่มหลายชนิดนอกจากนี้บีตาเลนยังเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ต้านไวรัส และแบคทีเรีย (Strack et al., 2003) ในงานวิจัยได้รายงานประสิทธิภาพของบีตาเลนในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดีกว่าสารคาเทชิน (catechin) และวิตามินซี และจากการที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระทำให้มีความสามารถยับยั้งการแบ่งเซลล์ของเนื้องอกหลายชนิด

2.5 กาบมะพร้าวเผา

กาบมะพร้าวเผาสีดำ คนไทยนิยมใช้ใส่ในขนมเปียกปูน โดยเน้นประโยชน์ในเรื่องของการแต่งสี Activated Charcoal หรือ Activated Carbon (ถ่านกัมมันต์) มีหลายชนิด ซึ่งมักเป็นพวกอินทรีย์สารที่ประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ ส่วนใหญ่มักเป็นพวกเซลลูโลสที่มาจากพืชและต้นไม้ เช่น ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ เศษไม้เหลือทิ้ง และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเช่น ขี้เลื่อย แกลบ รวมทั้งกะลามะพร้าว ดังนั้น กาบมะพร้าวอาจใช้เป็นวัสดุในการเตรียมถ่านกัมมันต์ ถ่านกัมมันต์จะมีกระบวนการผลิตที่มีขั้นตอนซับซ้อนกว่า และเป็นสารที่มีคุณภาพกว่า (สำนักงานสมุนไพร, 2562)

ภาพที่ 2.7 ผงกาบมะพร้าวเผา

ที่มา: ผงกาบมะพร้าวเผา สำหรับทำขนมเปียกปูน organic 100เปอร์เซ็นต์" (2563)

2.6 ปูนแดง

ปูนแดงที่มีส่วนผสมของปูนขาวกับผงขมิ้นร่วมกับเกลือป่นภายใต้สภาพที่มีความชื้นหรือมีการผสมน้ำ ซึ่งจะได้ก้อนปูนที่มีสีแดงส้มที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของด่างจากปูนขาวกับสารสีเหลืองส้มของขมิ้น คำว่า ปูนแดง เป็นคำเรียกลักษณะสีของปูนที่ปรากฏ คือ มีสีแดงส้ม แต่ทั้งนี้ สีที่ผสมได้อาจเป็นสีส้มอมแดงก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของผงขมิ้นที่ใช้ทำส่วนผสม เพราะขมิ้นบางสายพันธุ์จะให้สีเหลือง ซึ่งหากนำมาผสมจะได้ปูนแดงเป็นสีส้มอมแดง แต่บางพันธุ์ที่มีสีเหลืองอมส้มหรือมีสีส้มมากเมื่อผสมกับปูนขาวแล้วก็จะได้ปูนแดงเป็นสีแดงอมส้มที่มีสีแดงที่เข้มข้น น้ำปูนใส เป็นชื่อสามัญของ

สารละลายเจือจางของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ $Ca(OH)_2$ น้ำปูนใสบริสุทธิ์ จะใสไม่มีสี มีกลิ่นดินเล็กน้อย และมีรสขมแบบด่าง ชื่อภาษาอังกฤษ คือ limewater ซึ่งมาจากไลม์ อนินทรีย์วัตถุของแคลเซียมที่มีคาร์บอเนตออกไซด์ และไฮดรอกไซด์เป็นหลัก และไม่เกี่ยวข้องกับ lime ที่หมายถึง มะนาว น้ำปูนใสเตรียมได้จาก การผสมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ กับน้ำบริสุทธิ์ แล้วกรองส่วนแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ไม่ละลายออก หากมีปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำปูนใสมากเกิน จะทำให้มีสีขาวเหมือนนม เรียกว่า milk of lime ซึ่งเป็นสารละลายอิ่มตัวของน้ำปูนใส มีค่า pH 12.3 เป็นเบสในธรรมชาติ (Siamchemi, 2564)

ภาพที่ 2.8 ปูนแดง

ที่มา: Siamchemi (2564)

คำว่า น้ำปูนใส เป็นคำเรียกที่นิยมใช้สำหรับประโยชน์ทางด้านอาหารเป็นหลัก ซึ่งมีทั้งชนิดที่ได้จากการละลายปูนขาว และการละลาย ปูนแดง คือ ปูนขาวที่นำมาผสมกับผงขมิ้น และเกลือเข้าด้วยกัน โดยสารที่ให้สีเหลืองในขมิ้นเมื่อสัมผัสกับความเป็นด่างของปูนขาวในสภาพมีความชื้นหรือมีน้ำ ก็จะทำให้ขมิ้นเปลี่ยนเป็นสีแดงเรื่อหรือแดงอมส้ม ขึ้นอยู่กับปริมาณผงขมิ้นที่ใช้ ซึ่งสีที่เกิดขึ้นจะคลุกผสม และกลบกับสีขาวของปูนขาวได้ดีทั้งนี้ ขณะละลายปูนกับน้ำ หากใช้มือคลุกก็จะรู้สึกร้อนที่มือทันที เนื่องจากขณะที่โมเลกุลของปูนขาวละลายกับน้ำจะเกิดการถ่ายเทความร้อนออกสู่ภายนอก จนทำให้มือเรารู้สึกร้อนนั่นเอง (Siamchemi, 2564)

2.6.1 ประโยชน์ของน้ำปูนใสทางด้านอาหาร

ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหาร ไม่ว่าจะเป็นผัก แป้ง ขนม ของหวาน หรือเนื้อสัตว์ มีความแข็งหรือความกรอบเพิ่มขึ้น โครงสร้างของอาหารยึดเกาะกันได้ดีขึ้น เนื้ออาหารไม่แฉะหรือติดมือ ช่วยรักษาสภาพของเนื้อสัมผัสให้คงรูปอยู่เสมอ และป้องกันการเปื่อยยุ่ยของอาหารได้ เพราะแคลเซียม จากสารละลายจะแทรกตัวอยู่ในเนื้อเยื่อของอาหาร และเข้าทำปฏิกิริยากับเพคตินในผนังเซลล์ของอาหารกลายเป็นแคลเซียมเพคเตท ที่มีคุณสมบัติแข็งแรงโมเลกุลไม่ละลายน้ำ และไม่ยอมให้น้ำผ่านเข้าได้เป็นแหล่งเพิ่มธาตุแคลเซียมให้แก่อาหาร เพราะเมื่อใช้น้ำปูนใสในการแช่หรือเติมในอาหารนั้น จะมีธาตุแคลเซียมที่ละลายอยู่ในน้ำปูนใสผสมเข้ากับอาหารด้วย ซึ่งเมื่อรับประทานอาหารเหล่านี้ ก็ย่อมได้รับแคลเซียมเพิ่มขึ้น ช่วยลดความเสี่ยงโรคกระดูกพรุน ลดความเสี่ยงโรคข้อกระดูกเสื่อม และเสริมสร้างกระบวนการสร้างกระดูก เป็นต้น การใช้น้ำปูนใสในผลไม้หรือเนื้อสัตว์ นอกจากจะทำ ให้เนื้อสัมผัสมีความกรอบแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นสารกันบูด ต้านการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และป้องกันอาหารบูดเน่าได้ การใช้น้ำปูนใสในอาหารสามารถช่วยลดกลิ่นเหม็นหืน กลิ่นเหม็นบูดของ

อาหารได้ น้ำปูนใสที่ใช้ฉีดพรมผักหรือผลไม้จะมีส่วนสำคัญในการยืดอายุของผักหรือผลไม้ได้ การแช่ผักหรือผลไม้ด้วยน้ำปูนใส ความเป็นด่างของน้ำปูนใสจะช่วยล้างยาฆ่าแมลง และโลหะหนักที่ตกค้างได้ จึงบางครั้งก็นิยมนำน้ำปูนใสมาล้างผักหรือผลไม้ก่อนรับประทานเช่นกัน (Siamchemi, 2564)

2.6.2 ข้อควรระวัง

การใช้น้ำปูนใสในอาหารจำพวกแป้งหรือขนมของหวาน หากใช้ในความเข้มข้นมาก ก็มักจะทำให้ตัวแป้งไม่หยุ่นเหนียว และเนื้อขนมมีรสปร่าหรือรสจางจากความเป็นด่างได้ การใช้น้ำปูนใสในผักหรือผลไม้ หากใช้ในความเข้มข้นมากหรือแช่นานเกินไปก็จะทำให้ผิวของผักหรือผลไม้หยาบกระด้าง ผิวเปลือกแข็งมากขึ้น หากกัดกินจะไม่อร่อยหรือหากนำไปปรุงอาหารจะไม่มีรส เพราะน้ำปรุงไม่สามารถแทรกเข้าด้านในได้

2.7 วิธีการ Encapsulation

Encapsulation หมายถึงกระบวนการที่สารหรือส่วนผสมของสาร ถูกเคลือบ ยึดจับ หรือห่อหุ้มอย่างมิดชิดด้วยสารชนิดอื่น สารที่ถูกเคลือบหรือถูกยึดจับไว้ส่วนใหญ่จะเป็นของเหลวแต่บางครั้งอาจเป็นอนุภาคของแข็งหรือก๊าซ ซึ่งจะเรียกชื่อแตกต่างกันไป เช่น Core materialหรือ Internal phase สารที่นำมาเคลือบจะเรียกว่า Wall material, Carrier, Membrane, Shellหรือ Coating ตัวอย่างได้แก่ ในอาหารโพรไบติก (probiotic) มีการทำ cell encapsulation ซึ่งหมายถึงการห่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ด้วยสารไฮโดรคลอลอยด์เพื่อรักษาให้จุลินทรีย์อยู่รอด flavor encapsulation หมายถึงการห่อหุ้มสารให้กลิ่นรส

การเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสสามารถปกป้องสารให้กลิ่นรสที่อาจทำปฏิกิริยากับส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร การเกิดกลิ่นแปลกปลอมที่เกิดจากสารให้กลิ่นรสทำปฏิกิริยากันปกป้องสารให้กลิ่นรสจากแสงและหรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน ยืดอายุการเก็บรักษาสารให้กลิ่นรสหรือควบคุมการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร (Reinecclus, 1991: Tari & Singhal, 2002) ส่วนผสมอาหารอ่อนๆที่ใช้เทคนิคเอนแคปซูเลทชันได้แก่ กรด (acids), ไขมัน (lipids), เอนไซมัส (enzymes) จุสินทรีย์ (microorganism), สารทดแทนน้ำตาล (artificial sweetener), วิตามิน (vitamins), เกลือแร่ (mineral), สี (colorants) และเกลือ (salts) โดยทั่วไปการเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสประกอบตัวยขั้นตอนการดำเนินการ 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกจะเป็นการทำให้เกิดอิมัสชันของสารแกนกลางและ สารเคลือบโดยสารเคลือบทที่ใช้ ได้แก่ พอลิแซ็กคไรด์ (polysaccharide) หรือโปรตีน ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนของการอบแห้งหรือทำให้อิมัลซันเย็นตัวลง

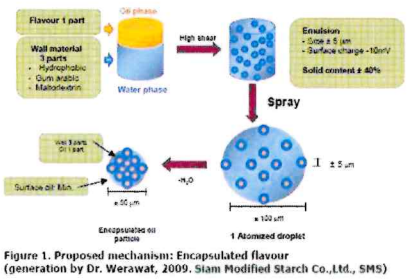
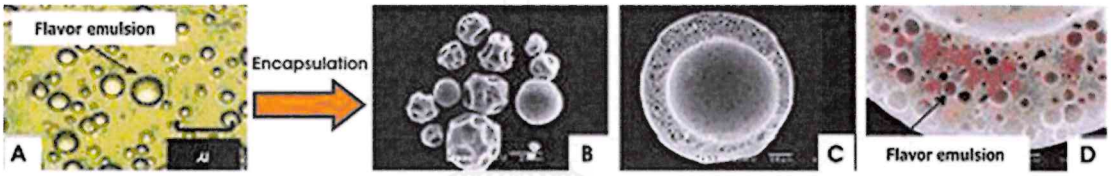


Figure 1. Proposed mechanism: Encapsulated flavour
(generation by Dr. Werawat, 2009. Siam Modified Starch Co.,Ltd., SMS)

ภาพที่ 2.9 กระบวนการเกิด Encapsulation

ที่มา : Foodnetworksolution (2010)

เทคนิคการเอนแคปซูเลท ที่เลือกใช้จะมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสารให้กลิ่นรสและความเสถียนของสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารระหว่างการเก็บรักษา (Dziezak 1988; Jackson and Lee, 1991;Shahidi & Han, 1993) การเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสสามารถทำไหลายวิชี วิธีการที่ใช้อย่างแพร่หลายในระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray dyjing) และเอ็กซ์ทรูชัน (extrusion) นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคนิคอื่นๆ ในการหุ้ม (iposome entrapment, inclusion complexation) และแบบแซ่เยือกแข็ง (Beristain et al, 1996; Goubet et al, 1998)



ภาพประกอบ : www.vbl.yamaguchi-u.ac.jp/summer/posuter.html

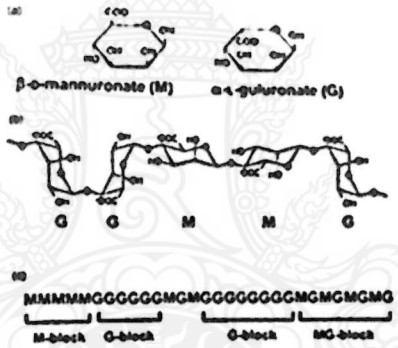
ภาพที่ 2.10 การเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรส

ที่มา : Foodnetworksolution (2010)

2.8 โซเดียมอัลจิเนต

โซเดียมอัลจิเนต (sodium alginate) เป็นสารประเภทพอลิแซกคาไรด์ซึ่งกระจายตัวอยู่ในผนังเซลล์ของสาหร่ายสีน้ำตาล โดยจับอยู่กับน้ำในรูปของกาวหนืดและเป็นส่วนประกอบหลักของไบโอฟิล์มที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ชนิด Pseudomonas oeruginosa ส่วนใหญ่มีสีอยู่ในโทนสีส้มโดยมีตั้งแต่สีขาวไปจนถึงสีน้ำตาล โดยทั่วไปจะขายในรูปของเส้นใย เม็ด และผงอัลจิเนตสามารถสกัดได้จากสาหร่ายสีน้ำตาล และเก็บในรูปของโซเดียมอัลจิเนต โดยถูกใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร สิ่งทอ และเภสัชกรรม เนื่องจากอัลจิเนตมีความปลอดภัยเพราะเป็นสารสกัดจากธรรมชาติโดยใช้เป็นสารทำให้เกิดเจล อัลจิเนตจากสาหร่ายสีน้ำตาลสายพันธุ์ต่างๆ มีโครงสร้างทางเคมีต่างกันทำให้มีลักษณะทางกายภาพต่างกัน โดยมีความแตกต่างกันในเรื่องของปริมาณความเป็นเจลและสีทำให้สามารถนำไปใช้ได้หลากหลายวิธีการประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหาร (TCS Smart, ม.ป.ป.) โซเดียมอัลจิเนต อัลจิเนตเป็นสารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล (Phaeophyceae) ในการผลิตอัลจิเนตเป็นอุตสาหกรรมสาหร่ายทะเลที่ใช้ ได้แก่ Macrocystis pyrifera มีอัลจิเนตประมาณร้อยละ 14-19, Laminaria cloustoni และ Laminaria digitata มีอัลจิเนตประมาณร้อยละ 15-40 ปริมาณที่พบจะขึ้นกับชนิดของสาหร่ายฤดูกาล และแหล่งที่สาหร่ายเจริญเติบโตสาหร่ายเหล่านี้พบได้ทั่วไปในโลกประเทศที่ผลิต อัลจิเนตมาก คือ อเมริกา อังกฤษ ฝรั่งเศส สเปน นอร์เวย์ แคนนาดา และญี่ปุ่น โดยโซเดียมอัลจิเนตเป็น unbranched binary copolymer ของ1,4-6-D-manuronic acid (M) และ L-guluronic acid (G) ในโมเลกุลประกอบด้วย homopolymeric regions ของ G และ M ที่เรียกว่า

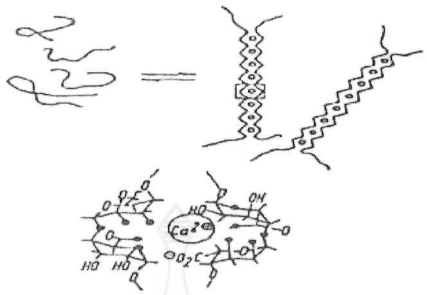
G- และ M-blocks ตามลำดับและยังมีบางส่วนของโมเลกุลเป็น MG-blocks สัดส่วนของ copolyme และโครงสร้างเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดสมบัติของอัลจิเนต เช่น ถ้าโพลีเมอร์มีในปริมาณที่สูงจะมีสมบัติเป็นเจลที่แข็งที่ความเข้มข้นของโลหะประจุบวกเฉพาะ (polyvalent metal cation) แต่ถ้าโพสิเมอร์มี M ปริมาณสูงจะมีแนวโน้มที่จะเกิดเจลที่อ่อนนุ่ม และมีสภาวะในการเกิดเจลที่กว้างกว่า อัลจิเนตที่ผลิตจำหน่ายเป็นการค้ามีหลายอนุพันธ์จึงมีสมบัติการละลายในน้ำที่แตกต่างกัน เช่น อนุพันธ์ของเกลือ Ca^{2+}, K^{+}, Na^{+}, NH^{4+} และยังผลิตในรูปของ propylene glycol alginate ซึ่งได้จากปฏิกิริยาของ alginic acid กับ propyleneoxide ภายใต้ความดันอนุพันธ์เหล่านี้จะละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ความหนืดของสารละลายอัลจิเนตที่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิความเข้มข้น น้ำหนักโมเลกุล และการมีโลหะประจุบวก อัลจิเนตไม่ทุกชนิดมีคุณสมบัติเป็นเจลและจะเกิดเจลได้เมื่อทำปฏิกิริยากับ Ca^{2+} โครงสร้างของเจลมีลักษณะคล้ายกล่องไข่ (egg box) โดยมี Ca^{2+} เกาะอยู่กับสายโพลิเมอร์คุณสมบัติที่ดีของอัลจิเนตคือทำให้เกิด Ireversible gel ในน้ำเย็นเมื่อมี Ca^{2+} รวมอยู่ด้วย ซึ่งคุณสมบัติในการเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำนี้ทำให้อัลจิเนตแตกต่างจากไฮโดรคลอลอยด์ที่ได้จากสาหร่ายสีแดง



ภาพที่ 2.11 โครงสร้างอัลจิเนต (Alginte)

ที่มา : Phillps and Williams (2000)

อัลจิเนตถูกนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดตั้งแต่ปี ค.ศ. 1920 โดยเติมในอาหารกระป๋อง บางชนิดใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัวทำให้อีมัลชั่นคงตัว สารทำให้เกิดเจลและสารยับยั้งการเกิด syneresis ตัวอย่างเช่น (Steinbuchel และคณะ, 2020) เครื่องดื่ม (Beverages) เนื่องจากโซเดียมอัลจิเนตเป็นสารพอลิแซกคาไรด์ที่สามารถละลายน้ำได้ ทำให้เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่ดีอย่างยิ่ง สำหรับการผลิตเครื่องดื่มโดยทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความขันหนืดและเป็นสารช่วยให้เกิดอิมัลชั่น เช่น ช่วยป้องกันการแยกชั้นและตกตะกอนในการผลิตน้ำผลไม้ ช่วยป้องกันการเกาะกลุ่มกัน (Agglutination) และตกตะกอนของโปรตีนในเครื่องดื่มนมหมัก (Leben) ช่วยป้องกันการเกิดไขและการตกตะกอนของโปรตีนในการผลิตเครื่องดื่ม เจลลี่ (Jelly) โซเดียมอัลจิเนตทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตเจลลี่เช่นเดียวกับคาราจีแนน อาการ์หรือผงวุ้น และเป็นใช้เป็นส่วนผสมในการทำขนมโมจิหยดน้ำหรือ Mizu Shingen Mochi Recipe ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมในขณะนี้ (TCS Smart, ม.ป.ป.)

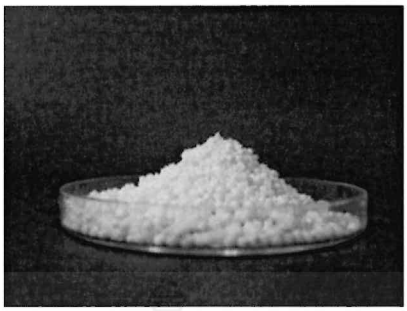


ภาพที่ 2.12 กลไกการเกิดเจลของ calcium alginate (Egg-box model)

ที่มา : Steinbuchel และคณะ (2020)

2.9 แคลเซียมคลอไรด์

แคลเซียมคลอไรด์เป็นสารประกอบอนินทรีย์ซึ่งเป็นเกลือคลอรีนและแคลเซียม มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว เม็ด เกล็ดของแข็ง สีขาว หรือสีเทาขาว ไม่มีกลิ่น มีรสขมเล็กน้อย มีเสถียรภาพที่อุณหภูมิและความดันปกติ ใช้งานในอุตสาหกรรมทั่วไปอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมการเกษตรและอุตสาหกรรมยา มีความเสถียรภายใต้สภาวะปกติของการใช้และการเก็บอย่างมิดชิดถ้าเปิดภาชนะทิ้งไว้สารจะดูดความชื้นจากอากาศ โดยสามารถใช้เป็นสารดุดความชื้นและละลายได้ดีในน้ำ เมื่อละลายน้ำจะเกิดกรดไฮโดรคลอริก (HCl) $CaCl_2 + H_2O = CaO + 2HCl$ เกลือแคลเซียมคลอไรด์ในโครงสร้างที่ปราศจากน้ำละลายได้ในน้ำประมาณ 59 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส โดยขณะละลายจะคายความร้อน ส่วนเกลือแคลเซียมคลอไรด์ที่มีน้ำ 2 โมเลกุล $CaCl_2 2H_2O$ (ไดไฮเดรต) ละลายได้ดีในน้ำประมาณ 97 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ที่ 0 องศาเซลเซียส การใช้แคลเซียมคลอไรด์ สำหรับอุตสาหกรรมนิยมใช้แคลเซียมคลอไรด์ดูดความชื้นหรือน้ำออกจากตัวทำละลาย ใช้เป็นสารลดความชื้นโดยทำละลายในการผลิต แอลกอฮอล์ เอสเตอร์อีเทอร์ และเรซินอะคริลิค, สารดูดความชื้น เช่น ใช้กับไนโตรเจน ออกจิเจน ไฮโดรเจนไฮโดรเจนคลอไรด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ ที่แห้ง, ใช้ในงานคอนกรีตเพื่อเร่งการแข็งตัวและเพิ่มกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต และสามารถใช้กับอุตสาหกรรมอื่นๆอีก เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทออุตสาหกรรมปิโตรเลียม น้ำมัน อุตสาหกรรมกระดาษหมึก ทั้งยังทำหน้าที่ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรม สำหรับอาหาร (แคลเซียมคลอไรด์ Food Grade) สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ใช้ยืดอายุสินค้าทางการเกษตร เช่น ผักผลไม้ โดยการฉีดพ่นก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวหรือจุ่มในสารละลายโดยตรง, เพิ่มความกรอบให้แก่ผลไม้, เพิ่มความนุ่มของเนื้อต่างๆ เช่น เนื้อโค เนื้อไก่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร และในอาหารบางชนิดใช้เพิ่มรสและสกัดโปรตีนออก (ผลิตภัณฑ์เคมีสำหรับอุตสาหกรรม, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 2.13 แคลเซียมคลอไรด์

ที่มา : Calcium Chloride ญี่ปุ่น/อิตาลี (2560)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชลดา และธวัลรัตน์ (2562) เอนแคปซูเลท (Encapsulation) หมายถึงกระบวนการที่สารหรือส่วนผสมของสาร ถูกเคลือบยึดจับ หรือ ห่อหุ้มอย่างมิดชิดด้วยสารชนิดอื่น สารที่ถูกเคลือบหรือถูกยึดจับไว้ ส่วนใหญ่จะเป็นของเหลวแต่บางครั้งอาจเป็นอนุภาคของแข็งหรือก๊าซ ซึ่งจะเรียกชื่อแตกต่างกันไป เช่นCore material หรือ Internal phase สารที่นำมาเคลือบจะเรียกว่า Wall material, Carrier, Membrane, Shell หรือ Coating ตัวอย่างได้แก่ ในอาหารโพรไบติก (probiotic) มีการทำ ncapsulation ซึ่งหมายถึงการห่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์เพื่อรักษาจุลินทรีย์อยู่รอด lavor encapsulation หมายถึงการห่อหุ้มสารให้กลิ่นรส การเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสสามารถทำได้หลายวิธีโดยวิธีที่ใช้อย่างแพร่หลายในระดับอุตสาหกรรม

นิศานันท์ และคณะ (2558) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและสารหอมระเหยของใบเตยหอมที่สกัดด้วยน้ำ องค์ประกอบทางเคมีของใบเตยหอมมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 19.80 โปรตีนร้อยละ 31.81 ไขมันร้อยละ 1.56 เถ้าร้อยละ 7.70 และกากใยหยาบร้อยละ 39.13 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อนำใบเตยหอมมาสกัดสารหอมระเหยด้วยวิธี 14 คั้นสดโดยการบดแบบดั้งเดิมเทียบกับการบดแบบใช้เครื่องปั่นผสมอัตราส่วนใบเตยหอมต่อน้ำกลั่น เท่ากับ 2:1 (w/v) และสกัดโดยการให้ความร้อนแปรค่าอุณหภูมิที่ 30 (อุณหภูมิห้อง), 50 และ 75 องศาเซลเซียส และแปรเวลาสกัด 10, 20 และ 30 นาที พบว่าการบดแบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีเป็นสภาวะที่เหมาะสมได้สารละลายใบเตยสกัดมีสีเขียวเข้ม ให้ค่าสี L*, a*, b* ค่า chroma และค่าhue เท่ากับ 53.17, (-4.56), 41.55, 41.81 และ 96.47 ตามลำดับ รวมทั้งพบสารหอมระเหยทั้งหมด 18 ชนิด ได้แก่ 1-hexanol, 2-penten-1-ol และ 2(5H)-furanone และยังพบสารหอมระเหย 2-acetyl-1-pyrroline(ACPY) ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นหลักที่สำคัญ

Chaovanalikit & Itthisoponkul (2011) เทคโนโลยีเอนแคปซูเลชันเป็นกระบวนการที่ของเหลวหรืออนุภาคถูกห่อหุ้มอยู่ในรูปของแคปซูลด้วยพอลิเมอร์เป็นชั้นบางๆ เกิดเป็นไมโครแคปซูลซึ่งมีขนาด ประมาณ 1-1,000 ไมครอน ชั้นพอลิเมอร์บางๆจะเป็นตัวป้องกันหรือปลดปล่อยสารสำคัญภายในออกมา โดยทำให้เกิดฟิล์มบางๆรอบอนุภาคหรือทำให้เกิดเป็นอิมัลชันและทำให้แห้งซึ่งสารสำคัญที่ต้องป้องกันในไมโครแคปซูลจะถูกเรียกว่า คอร์ (core) และผนังบางๆที่ห่อหุ้มสารสำคัญจะถูกเรียกว่า วอลล์ (wall) ลักษณะของวอลล์ (wall) ที่ดีควรจะต้องมีความสามารถแผ่เป็นแผ่นฟิล์มบางๆได้ มีความยืดหยุ่นและแข็งแรงเพียงพอ มี

ความสามารถทำให้เกิดอิมัลชันมีความหนืดต่ำ เมื่ออยู่ในมีความสามารถในการยึดติดกับคอร์ (core) ได้ดี โดยไม่ทำปฏิกิริยากับสถานะของแข็ง ต้องไม่ขึ้นง่าย นอกจากยังต้องมีความคงตัวสูงเพื่อจะป้องกันคอร์ (core) จากสภาพแวดล้อมต่างๆ และปลดปล่อยคอร์ (core) ได้ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน จะเห็นได้ว่า วอลล์ (wall) เป็นตัวการที่สำคัญของเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชัน ดังนั้นการเลือกใช้สารที่จะนำมาทำเป็น วอลล์ (wall) จึงจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมทั้งต่อสาระสำคัญและต่อสภาวะที่ต้องการใช้ ในบางคง อาจจะต้องทำวอลล์ (wall) 2 ชั้น ชั้นในเพื่อปกป้องคอร์ (core) และชั้นนอกวัตถุประสงค์ของการใช้งานใน การกักเก็บ กลิ่น สี เป็นต้น สารที่สามารถนำมาทำเป็นวอลล์ได้มีมากมายหลายชนิดที่นิยมใช้และมีราคาไม่ แพงคือ สารในกลุ่มของแป้ง เช่น มอลโทเด็กซ์ตริน (maltodextrin)

จุฬาลักษณ์ (2553) การรอดชีวิตของโปรไบโอติก ซึ่งได้แก่ Lactobacilus plantarum CIF17A5, Lactobacilus Plantarum TISTR 875 และ Lactobacilus acidophilus TISTR 1034 ซึ่งห่อหุ้มด้วยโซเดียมอัลจิเนต และนำไปทดลองการรอดชีวิตในสภาวะที่เป็นกรด pH 2.0 นาน 3 ชั่วโมง พบว่าการ Lactobacilus acidophilus TISTR 1034 ในโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 24 โดยการใช้เข็มฉีดขนาด 18 กรัม เป็นสภาวะที่เหมาะสมซึ่งใช้ในการห่อหุ้มเซลล์โดยให้การรอดชีวิต เท่ากับ 45.68 ในสภาวะที่เป็นกรดและจากการเปรียบเทียบในการทดต่อกรดของโปรไบโอติกที่แยก มาจากคน หนูและอาหารหมักที่ถูกห่อหุ้ม พบว่า Lactobacilus Plantarum CIF17 A5 ซึ่งแยกจาก คนมีการรอดชีวิตสูง คือ 71.119 ขณะที่ Lactobacilus Plantarum TISTR 875 และ Lactobacilus acidophilus TISTR 1034 ซึ่งแยกจากอาหารหมักและหนู ให้การรอดชีวิต ร้อยละ 25.8 และ 31.88 ตามลำดับ จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการห่อหุ้มเซลล์โปรไบโอติกช่วยเพิ่มการรอดของโปรไบโอติกได้ มากกว่าเซลล์อิสระที่มีกรด การทดลองห่อหุ้ม Lactobacilus Plantarum CIF17 A5 ร่วมการเติม สารสกัดและเส้นใยอาหารของพืช 10 ชนิด และทดสอบการทนต่อกรด พบว่า Lactobocilus Plantorum CIF17 A5 ที่ถูกห่อหุ้ม ร่วมกับการเติมเส้นใยถั่วเหลือง 29 น้ำหนักต่อปริมาตรให้การรอด ชีวิตสูงสุด คือร้อยละ 84.39 ($P>0.05$) ที่สภาวะเป็นกรด pH 2.0 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ขณะที่ชุดควบคุมซึ่ง ได้แก่ เซลล์อิสระและเซลล์ที่ถูกห่อหุ้มแต่ไม่เติมสารสกัดหรือเส้นใยจากพืชให้การรอดชีวิตเท่ากับร้อย ละ 61.92 และ 68.78 ตามลำดับ และพบว่าการเข้มข้นของเส้นใยถั่วเหลืองที่เหมาะสำหรับการ นำมาใช้ห่อหุ้มเซลล์ คือร้อยละ 3 น้ำหนักต่อปริมาตร ช่วยเพิ่มการรอดชีวิตของ Lactobacilus Plontorum CIF17 A5 จากร้อยละ 68.78 เป็นร้อยละ 85.30 นอกจากนี้ยังพบว่าการห่อหุ้มเซลล์ ร่วมกับการเติมเส้นใยถั่วเหลืองและเคลือบเม็ดเจลด้วยไคโตซานช่วยเพิ่มการรรอดชีวิตของโปรไบโอ ติกได้ 86.589 ขณะที่เม็ดเจลไม่ผ่านการเคลือบและเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตให้รอดชีวิตร้อยละ 84.14 และร้อยละ 82.36 ตามลำดับของการห่อหุ้ม

Hojnik et al. (2007) ศึกษาการสกัดคลอโรฟิลล์จากส่วนต่างๆ ของ Stinging nettle (Urtica dioica L.) โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันในการสกัด ได้แก่ เอทานอลร้อยละ (70, 80 และ 96) อะซีโตน เมทานอล คลอโรฟอร์ม เอทิลอะซิเตต และไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ จากนั้นนำสาร สกัดที่ได้มาคำนวณค่าร้อยละของผลผลิตในการสกัด (ร้อยละ* yield) และวิเคราะห์ความเข้มข้นของ คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ด้วย HPLC พบว่าสารสกัดคลอโรฟิลล์จากตัวทำละลายแอลกอฮอล์ ที่มีขั้ว ได้แก่ เอทานอล เมทานอล ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์และคลอโรฟอร์มมีค่าร้อยละผลผลิตในการ สกัดสูง นอกจากนี้สารสกัดคลอโรฟิลล์จากแอลกอฮอล์ที่มีขั้ว รวมทั้งตัวทำละลายที่มีสภาพความเป็น

ขั้วต่ำ เช่น คลอโรฟอร์มและอะซีโตน จะมีค่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บีสูง ดังนั้นเอทานอลและคลอโรฟอร์มจึงเป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการสกัดคลอโรฟิลล์จากส่วนต่างๆ ของ Stinging nettle เนื่องจากสารสกัดที่ได้มีร้อยละของผลผลิตในการสกัดและปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี สูงอย่างไรก็ตาม Hojnik et al. (2007) กล่าวว่าการสกัดคลอโรฟิลล์ด้วยเอทานอลร้อยละ 90 เป็นตัวทำละลายที่มีความปลอดภัยเมื่อนำมาใช้กับอาหาร

ประพันธ์ (2546) จากการศึกษาผลของอุณหภูมิ (50 75 100 องศาเซลเซียส) ความเป็นกรด-ด่าง (pH 4 7 10) และเกลือ $ZnCl_2$ (0 100 200 300 ppm) ต่อความคงตัวของสีเขียวของสารสกัดใบเตย โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่า b (b มีค่าเป็นบวกมากแสดงว่าตัวอย่างมีสีเหลืองมาก) ในการวัดสีของตัวอย่างด้วย Hunter color meter พบว่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สีเขียวของสารสกัดใบเตยมีความคงตัวลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 50 และ 75 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส การใช้เกลือ $ZnCl_2$ ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นมีผลในการเพิ่มความคงตัวของสีเขียวของสารสกัดใบเตย อย่างไรก็ตามเกลือ $ZnCl_2$ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความคงตัวของสีเขียวของสารสกัดใบเตยที่อุณหภูมิ 50 และ 75 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาผลของความเป็นกรด-ด่าง พบว่าความคงตัวของสีเขียวของสารสกัดใบเตยที่ pH 7 และ 10 จะสูงกว่าที่ pH4 และการเติมเกลือ $ZnCl_2$ ที่ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อความคงตัวของสีเขียวที่ทุกระดับ pH ที่ศึกษา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษากรรมวิธีการผลิตสีและกลิ่นจากใบเตยเพื่อยืดอายุสีเขียวจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 น้ำปูนใส เตรียมโดยใช้ปูนแดงต่อน้ำในอัตราส่วน 1:10 ผสมให้เข้ากัน พักไว้จนสารละลายอิ่มตัว (ค่า pH เท่ากับ 12.50) รอตกตะกอน 2-3 วันแล้วนำสารละลายส่วนใสไปใช้ในการศึกษา

3.1.1.2 ใบเตยหอม เตรียมโดยใช้ใบเตยหอมในอัตราส่วนใบเตย:น้ำ (0:100), (20:80), (40:60) และ (60:40)

3.1.1.3 โซเดียมอัลจิเนต ชนิด Food เกรด ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น

3.1.1.4 แคลเซียมคลอไรด์ ชนิด Food เกรด ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.2.1 บีกเกอร์ขนาด 500 ml.

3.1.2.2 แท่งแก้วคนสาร

3.1.2.3 cuvette glass ยี่ห้อ Hellma

3.1.2.4 ปิเปต 10 ml.

3.1.2.5 ปิเปต 15 ml.

3.1.2.6 หลอดทอลอง

3.1.2.7 จุกยางขนาใหญ่

3.1.2.8 ถ้วย

3.1.2.9 ช้อน

3.1.2.10 GRILLTIDER กริลทีเดร์ ขวดบีบซอส 240 ml.

3.1.2.11 กระชอนสแตนเลส ขนาด 8x22 เซนติเมตร

3.1.2.12 เครื่องปั่นความเร็วสูง ยี่ห้อ Yatrai x10/25

3.1.2.13 เครื่องชั่งดิจิตอล ยี่ห้อ Sartorius,extend

3.1.2.14 เครื่องวัดค่า pH Binder pB-10

3.1.2.15 เครื่องวัดสี Spectrophotometer รุ่น CM-3500d

3.1.2.16 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง Spectrophotometer รุ่น Spectronic 20

3.1.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพ

3.1.3.1 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะคุณภาพทางกายภาพ

เครื่องวัดค่าสี (Specteophotometer) ยี่ห้อ KONICA MINOL TA รุ่น CM-3500d โปรแกรมเวอร์ชั่น CM-S100 W1.70.001 ในระบบ CIE L a b บันทึกค่าสี L* a* b* ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ครั้ง

3.1.3.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง pH meter ยี่ห้อ Santorius รุ่น FB-10 ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ครั้ง

2) เครื่องวัดการดูดกลืนแสง Spectrophotometer รุ่น Spectronic 20 ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ครั้ง

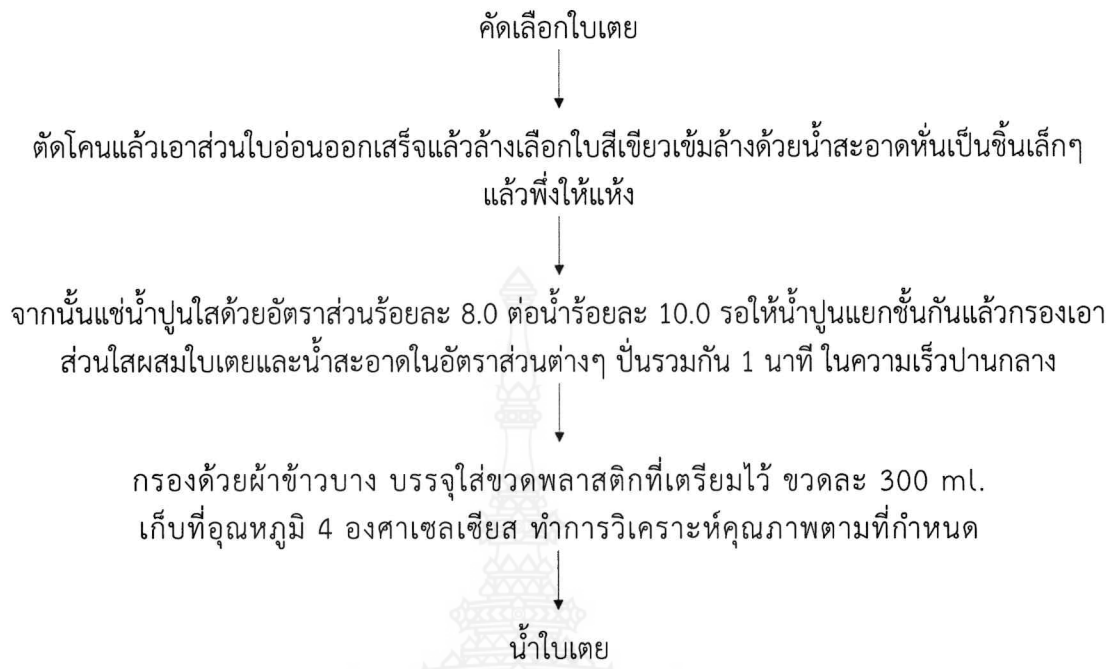
3.1.4 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.1.4.1 การศึกษาอัตราส่วนน้ำปูนใสต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีของน้ำใบเตย

1) ศึกษาอัตราส่วนน้ำปูนใสต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีน้ำใบเตยโดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) โดยใช้อัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำ4 ระดับ ได้แก่ 0:100, 20:80, 40:60 และ 60:40 ในการสกัดน้ำใบเตยดังตารางที่ 3.1 นำน้ำใบเตยที่สกัดได้มาบรรจุขวดละ 300 ml. จากนั้นนำน้ำใบเตยสกัดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นที่ระยะเวลา 0 ชั่วโมง และน้ำใบเตยสกัดที่ทำการเก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จึงสุ่มตรวจ 2 ระยะ ได้แก่ 96 และ192 ชั่วโมง ที่แยกชั้นเป็นส่วนบนและส่วนล่าง โดยทั้ง 3 ระยะนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีต่อไป

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนน้ำปูนใสต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีของน้ำใบเตย

ส่วนผสม	อัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำ (กรัม)			
	0:100	20:80	40:60	60:40
ใบเตย	300	300	300	300
น้ำปูนใส	-	120	240	360
น้ำ	600	480	360	240



แผนภูมิที่ 3.1 ขั้นตอนการทำน้ำใบเตยสกัด จากอัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำ

2) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

นำน้ำใบเตยสกัดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นเป็นระยะเวลา 0 ชั่วโมง และที่ผ่านการแช่เย็นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลซียสที่แยกชั้นเป็นส่วนบนและส่วนล่างในระยะเวลา 96 ชั่วโมง และ 192 ชั่วโมง โดยนำส่วนล่างที่มีสีเขียวมาวัดค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer และแสดงผลในรูปของค่า L* a* b* ทำการวิเคราะห์ จำนวน 3 ครั้ง โดยค่า L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึงวัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความมสว่างสีขาว) a* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีแดง, - หมายถึงวัตถุที่มีสีเขียว) และ b* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีเหลือง, – หมายถึงวัตถุที่มีสีน้ำเงิน)

3) การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.1) วัดปริมาณกรด-ด่าง (pH) โดยการนำน้ำใบเตยสกัดที่ได้จากข้อ 1) ปริมาณ 40 ml. ใส่ในบีเกอร์แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง pH meter อ่านค่าที่ได้โดยทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ครั้ง

3.2) วัดปริมาณคลอโรฟิลล์จากข้อ 1) ทั้ง 4 ระดับ โดยนำน้ำใบเตยสกัดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นเป็นระยะเวลา 0 ชั่วโมง และที่ผ่านการแช่เย็นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสที่แยกชั้นเป็นส่วนบนและส่วนล่างในระยะเวลา 96 ชั่วโมง และ 192 ชั่วโมง โดยนำส่วนล่างที่มีสีเขียวมาวัดค่าคลอโรฟิลล์ ใส่น้ำใบเตยสกัดที่ได้ในปริมาณ 3 ml. ใส่ใน Cuvette หรือหลอดแก้ว แล้วนำไปวัดด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงSpectrophotometer วัดค่าปริมาณคลอโรฟิลล์โดยการนำน้ำใบเตยสกัดมาทำการเจือจางด้วยน้ำสะอาดในอัตราส่วนคือ 1:1 นำสารละลายคลอโรฟิลล์ที่ได้มาทำการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงความยาวช่วงคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร (สัณห์, 2535) และนำค่าที่ได้ไปการคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี จากสูตร

$$\text{คลอโรฟิลล์ เอ} = [12.7(OD663)-2.69(OD645)] \times \frac{V}{1000xM}$$

$$\text{คลอโรฟิลล์ บี} = [22.9(OD645)-4.68(OD663)] \times \frac{V}{1000xM}$$

V = ปริมาตรของสารละลายที่ตรวจวัดคลอโรฟิลล์
M = น้ำหนักตัวอย่าง
OD = ค่าการดูดกลืนแสง

3.1.4.2 ศึกษาการทำเม็ดบีดส์น้ำใบเตยจากการใช้น้ำปูนใสสกัดน้ำใบเตย

นำน้ำใบเตยสกัดที่ดีที่สุดจากข้อ 1) มาทำเป็นเม็ดบีดส์น้ำใบเตยตามแผนภูมิที่ 3.2 จากนั้นนำตัวอย่างเม็ดบีดส์น้ำใบเตยที่ได้มาปั่นด้วยเครื่องปั่นที่ความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 1 นาที จึงนำมาวัดคุณภาพทางกายภาพ เหมือนกับข้อ 2) และวัดปริมาณความเป็นกรดด่าง (pH) เหมือนกับข้อ 3)

ชั่งสารแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.6 ต่อน้ำกรองร้อยละ 10.0 ผสมลงในน้ำสะอาดคนให้ละลายแล้วพักไว้

↓

ชั่งน้ำใบเตยที่ได้จาก 3.4.1 ร้อยละ 33.3 และกรองร้อยละ 10.0 ผสมกับผงโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 0.2 แล้วน้ำมาปั่นเป็นเวลา 1 นาทีด้วยความเร็วปานกลาง

↓

นำน้ำใบเตยที่ได้ปั่นมาใส่ขวดบีบซอส 240 ml.

↓

ทำการหยดเป็นเม็ดกลมลงในน้ำแคลเซียมคลอไรด์ที่พักไว้

↓

จากนั้นนำกระชอนสแตนเลส ช้อนเม็ดบีดส์น้ำใบเตยขึ้นสเด็ดน้ำแล้วพักไว้ในภาชนะ

↓

เม็ดบีดส์น้ำใบเตย

แผนภูมิที่ 3.2 ขั้นตอนการทำเม็ดบีดส์น้ำใบเตย
ที่มา : ดัดแปลงจาก ชลลดาและธวัลรัตน์ (2562)

3.1.4.3 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

นำผลิตภัณฑ์เม็ดบีดส์น้ำใบเตยจากการใช้น้ำปูนใสสกัดน้ำใบเตยที่ทำการทดลองจากข้อ 3.1.4.2 ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี

3.2 การศึกษากรรมวิธีการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาสีโทนแดงจากธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

3.2.1 วัตถุดิบ

3.2.1.1 การสกัดสีโทนแดงจากธรรมชาติ

1) ว่านหอมแดงแบบแห้ง
2) ว่านหอมแดงสด
3) บีทรูท
4) แก่นฝาง

3.2.1.2 หมูแดง

1) หมูสันคอ
2) รากผักชี
3) กระเทียม
4) น้ำตาลปี๊บ
5) ผงพะโล้
6) น้ำตาลมะพร้าว
7) เต้าหู้ยี้แดง
8) ไข่ไก่

3.2.1.3 หมี่ชมพู

1) เส้นหมี่ ตราไวไว
2) หอมแดง
3) ไข่ไก่
4) ใบกุยช่าย
5) เต้าเจี้ยว ตราเด็กสมบูรณ์
6) มะขามเปียก
7) ซอสแดง
8) ถั่วงอก
9) เต้าหู้
10) น้ำมันพืช
11) กระเทียม

12) พริกป่น
13) น้ำตาลทราย
14) ซอสหอยนางรม

3.2.1.4 ทับทิมกรอบ
1) แป้งมัน
2) มันแกว
3) น้ำตาลทราย
4) กะทิ
5) ใบเตย
6) น้ำแข็ง

3.2.1.5 ขนมลิ้นจี่
1) ถั่วเขียวเลาะเปลือก
2) กะทิ
3) น้ำตาลทราย
4) สีผสมอาหารสีแดง
5) ใบเตย
6) เม็ดสาคู

3.2.1.6 ลูกชุบ
1) ถั่วเขียวเลาะเปลือก
2) กะทิ
3) น้ำตาลทราย
4) สีผสมอาหารสีแดง
5) ใบเตย
6) ผงวุ้น
7) พู่กัน
8) ไม้แหลม

3.2.1.7 บัวลอย
1) แป้งข้าวเหนียว
2) กะทิ
3) น้ำตาลทราย
4) ใบเตย

3.2.1.8 ซอสเย็นตาโฟ
1) กระเทียมจีน
2) พริกแดงจินดา
3) กระเทียมดอง
4) น้ำกระเทียมดอง

5) น้ำส้มสายชู
6) ซอสแดง
7) เต้าหู้ยี้
8) น้ำเต้าหู้ยี้
9) ซอสพริก
10) ซอสมะเขือเทศ
11) น้ำตาลทราย
12) เกลือป่น
13) น้ำมันหอย
14) ซีอิ๊วขาว

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.2.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น Secura
3.2.2.2 เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำ 0-100 องศาเซลเซียส
3.2.2.3 เครื่องครัว เช่น กระทะ ถาดสแตนเลส หม้อสแตนเลส และอื่นๆ
3.2.2.4 กล่องและถ้วยพลาสติกใส่อาหารพร้อมฝาปิด
3.2.2.5 นาฬิกาจับเวลา
3.2.2.6 ตู้เย็น
3.2.2.7 หนังยาง
3.2.2.8 ขวดพลาสติก
3.2.2.9 ถุงพลาสติกขนาดต่าง ๆ

3.2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพ

3.2.3.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น Secura
3.2.3.2 เครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer) ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CM-3500d รุ่น CM-3500d โปรแกรมเวอร์ชั่น CM-S100 W1.700.0001
3.2.3.3 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ยี่ห้อ BINDER รุ่น BD1150
3.2.3.4 เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น ED224S
3.2.3.5 หลอดใส่ตัวอย่าง (Thimble)
3.2.3.6 ช้อนตักสาร (Spatula)
3.2.3.7 ที่คีบ (Tong)
3.2.3.8 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Mettler toledo
3.2.3.9 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ (Hand Refractometer)
3.2.3.10 เครื่องทำความเย็น (Cooling Bath)
3.2.3.11 ตู้ดูดควัน (Fume Hood)
3.2.3.12 เครื่องแก้ว ได้แก่ บิวเรต (Buret) ขนาด 50 มิลลิลิตร, ปิเปต (Pipette) ขนาด 20 มิลลิลิตร, ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร, ขวดวัดปริมาตร (Volumetric

Flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร, และ 1000 มิลลิลิตร, หลอดหยด (Dropper) แท่งแก้วคนสาร (Stirring Rod) และบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.2.3.13 กระดาษกรองเบอร์ 4

3.2.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.2.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.2.4.2 แบบประเมินผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.2.4.3 เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จทางสถิติ

3.2.5 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.2.5.1 เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตสีโทนแดงที่เหมาะสมจากวัตถุดิบธรรมชาติ

1) ศึกษาสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย

ทำการศึกษาสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติ จำนวน 4 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 ว่านหอมแดงแห้ง ชนิดที่ 2 ว่านหอมแดงสด ชนิดที่ 3 บีทรูท และชนิดที่ 4 แก่นฝาง โดยใช้อัตราส่วนในการสกัดวัตถุดิบอยู่ที่ 126 กรัม:น้ำ 1,400 กรัม และนำมาสกัดสีเบื้องต้นด้วยการนำมาต้มเป็นเวลา 30 นาที (ควบคุมอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส) จากนั้นทำการคัดเลือกสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design, CRD) จากนั้นนำสีแดงที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

2) การวิเคราะห์คุณภาพของสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติ

2.1) ตรวจวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer โดยนำสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติทั้ง 4 ชนิด นำมาทำการตรวจวัดค่าสี

2.2) ตรวจวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter โดยนำสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติทั้ง 4 ชนิด นำมาทำการตรวจวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

2.3) ตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (องศาบริกซ์) โดยนำสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติทั้ง 4 ชนิด นำมาทำการตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ

2.4) ตรวจวัดปริมาณเกลือ โดยนำสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติทั้ง 4 ชนิด นำมาทำการตรวจวัดปริมาณเกลือ

3.2.5.2 ศึกษาวิธีการทำเข้มข้นสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย

นำวัตถุดิบธรรมชาติที่ดีที่สุดจากข้อ 1) มาทำการศึกษาวิธีการทำเข้มข้นสีโทนแดงที่เหมาะสมจำนวน 3 วิธี คือ วิธีที่ 1 การตุ๋นแก่นฝาง, วิธีที่ 2 การตุ๋นบีทรูท และวิธีที่ 3 การอบบีทรูท ทุกวิธีควบคุมอุณหภูมิที่ 63-66 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยทำการคัดเลือกวิธีการทำเข้มข้นสีโทนแดงที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพเหมือนกับข้อ 2)

3.2.5.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาสีโทนแดงเข้มข้น เจล หรือแบบผงที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาสีโทนแดงเข้มข้นจากการศึกษานำสีโทนแดงทั้ง 4 ชนิด นำสีโทนแดงที่มีค่าสีแดงมากที่สุดจากข้อ 1) มาทำการบรรจุด้วยขวดสีชาปิดฝาและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตรวจวัดค่าสีทุกๆ 7 วันเป็นเวลา 21 วัน คือ 0, 7, 14 และ 21 วัน เพื่อสังเกตความคงตัวของสี โดยนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพของสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติ ทำการตรวจวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer

3.2.5.4 เพื่อศึกษาคุณสมบัติและการคืนรูปของสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติ

ศึกษาการคืนรูปของสีโทนแดงตามสภาวะจำลองของสารละลายกรดด่าง สารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่าง (1-14) จากการศึกษานำสีโทนแดงทั้ง 4 ชนิด นำสีโทนแดงที่มีค่าสีแดงมากที่สุดจากข้อ 1) มาทำการคืนรูปของสีโทนแดงตามสภาวะจำลองของสารละลายกรดด่าง สารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่าง (1-14) ในอัตราส่วนสารละลายกรด-ด่าง:สีโทนแดงที่เท่ากัน เพื่อสังเกตการคืนรูปของสีในสภาวะของความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกัน ซึ่งเริ่มจากการเตรียมสารละลายกรด-ด่าง ให้ที่มีค่า pH ตั้งแต่ 1-14 โดยใช้สารละลายมาตรฐาน เช่น กรดเกลือ (HCl) สำหรับ pH ต่ำๆ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) สำหรับ pH สูงๆ ทำการใช้สารบัฟเฟอร์สำหรับการควบคุมค่า pH ให้คงที่ จากนั้นทำการคืนรูปของสี นำสารละลายสีแดงผสมกับสารละลายกรด-ด่างที่เตรียมไว้แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีในแต่ละสภาวะค่า pH ซึ่งสารสีเหล่านี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือเกิดการแตกตัวของพันธะเคมี ซึ่งส่งผลให้สีของสารเปลี่ยนแปลงไป โดยนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพในการตรวจวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer และสังเกตลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ด้วยตาเปล่า

3.2.5.5 เพื่อศึกษาการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย

1) ศึกษาการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

1.1) หมูแดง

จากการศึกษานำสีโทนแดงทั้ง 4 ชนิด นำสีโทนแดงที่มีค่าสีแดงมากที่สุดจากข้อ 1) นำสารสีที่ได้มาผสมในส่วนผสมของน้ำหมักหมูแดง เช่น ซีอิ๊วขาว น้ำมันหอย น้ำตาล และเกลือ ก่อนจะนำหมูไปย่าง เพื่อดูว่าระหว่างหมักสีที่ได้สามารถคงอยู่ได้หรือไม่และหลังจากผ่านความร้อนสีที่ได้สามารถคงอยู่ได้หรือไม่ โดยนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพในการตรวจวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer และสังเกตลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ด้วยตาเปล่า

1.2) ซอสเย็นตาโฟ

จากการศึกษานำสีโทนแดงทั้ง 4 ชนิด นำสีโทนแดงที่มีค่าสีแดงมากที่สุดจากข้อ 1) นำสารสีที่ได้มาผสมในส่วนผสมของน้ำซอสเย็นตาโฟ เช่น ซีอิ๊วขาว น้ำมันหอย น้ำตาล และเกลือ ในการทำซอสเย็นตาโฟ เพื่อดูว่าระหว่างผลิตซอสเย็นตาโฟสีที่ได้สามารถคงอยู่ได้หรือไม่และหลังจากผ่านความร้อนด้วยการทำก๋วยเตี๋ยวเย็นตาโฟสีที่ได้สามารถคงอยู่ได้หรือไม่ โดยนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพในการตรวจวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer และสังเกตลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ด้วยตาเปล่า

1.3) หมี่ผัดชมพู

จากการศึกษานำสีโทนแดงทั้ง 4 ชนิด นำสีโทนแดงที่มีค่าสีแดงมากที่สุดจากข้อ 1) นำสารสีที่ได้มาผสมในส่วนผสมของน้ำซอสหมี่ผัดชมพู เช่น ซีอิ๊วขาว น้ำมันหอย น้ำตาล และเกลือ ในการทำซอสหมี่ผัดชมพู เพื่อดูว่าระหว่างผลิตซอสหมี่ผัดชมพูสีที่ได้สามารถคงอยู่ได้หรือไม่และหลังจากผ่านความร้อนด้วยการทำหมี่ผัดชมพูสีที่ได้สามารถคงอยู่ได้หรือไม่ โดยนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพในการตรวจวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer และสังเกตลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ด้วยตาเปล่า

2) ศึกษาการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมไทย

2.1) ขนมทับทิมกรอบ

จากการศึกษานำสีโทนแดงทั้ง 4 ชนิด นำสีโทนแดงที่มีค่าสีแดงมากที่สุดจากข้อ 1) นำสารสีที่ได้มานำมาใช้ในการย้อมสีมันแกว/แห้วที่ใช้ทำขนมทับทิมกรอบ ทำการแช่สารสีที่สกัดมาใช้แช่ในมันแกว/แห้วเป็นเวลา 2 ชั่วโมงเพื่อให้ติดสีแดง จากนั้นนำไปคลุกแป้งมันและต้มในน้ำเดือด เพื่อดูว่าสีที่ได้สามารถคงอยู่ได้ดีในกระบวนการทำขนมทับทิมกรอบหรือไม่ โดยนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพในการตรวจวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer และสังเกตลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ด้วยตาเปล่า

2.2) ขนมลิ้นจี่

จากการศึกษานำสีโทนแดงทั้ง 4 ชนิด นำสีโทนแดงที่มีค่าสีแดงมากที่สุดจากข้อ 1) นำสารสีที่ได้มาทำการผสมกับกะทิและผสมกับเม็ดสาคูที่ใช้ทำขนมลิ้นจี่ จากนั้นนำเม็ดสาคูที่ได้ไปห่อกับถั่วกวนแล้วนำไปนึ่งในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที เพื่อดูว่าสีที่ได้สามารถคงอยู่ได้ดีในกระบวนการทำขนมลิ้นจี่หรือไม่ โดยนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพในการตรวจวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer และสังเกตลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ด้วยตาเปล่า

2.3) ขนมลูกชุบ

จากการศึกษานำสีโทนแดงทั้ง 4 ชนิด นำสีโทนแดงที่มีค่าสีแดงมากที่สุดจากข้อ 1) นำสารสีที่ได้มาทำการชุบถั่วกวนปั้นที่ใช้ทำขนมลูกชุบ จากนั้นนำขนมลูกชุบที่ได้ไปชุบวุ้นจำนวน 3 ครั้ง เพื่อดูว่าสีที่ได้สามารถคงอยู่ได้ดีในกระบวนการทำขนมลูกชุบหรือไม่ โดยนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพในการตรวจวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer และสังเกตลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ด้วยตาเปล่า

2.4) ขนมบัวลอย

จากการศึกษานำสีโทนแดงทั้ง 4 ชนิด นำสีโทนแดงที่มีค่าสีแดงมากที่สุดจากข้อ 1) นำสารสีที่ได้มาทำการผสมกับแป้งข้าวเหนียวที่ใช้ทำขนมบัวลอย จากนั้นนำขนมบัวลอยที่ได้ไปต้มในน้ำเชื่อมและนำมาใส่น้ำกะทิตามขั้นตอนการทำขนมบัวลอย เพื่อดูว่าสีที่ได้สามารถคงอยู่ได้ดีในกระบวนการทำขนมบัวลอยหรือไม่ โดยนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพในการตรวจวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer และสังเกตลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ด้วยตาเปล่า

3.2.5.6 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

นำผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทยที่ทำการทดลองจากข้อ 3.2.5.5 ที่สีแดงสามารถคงอยู่ได้ดีตลอดกระบวนการผลิต ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี

3.3 การศึกษากรรมวิธีการผลิตสีดำจากกาบมะพร้าวเผาเพื่อยืดอายุสีจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

3.3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1.1 แป้งถั่วเขียว

3.3.1.2 น้ำตาลทรายขาว

3.3.1.3 แป้งข้าวเจ้า

3.3.1.4 กะทิกล่อง

3.3.1.5 กาบมะพร้าวเผา

3.3.1.6 น้ำสะอาด

3.3.1.7 เกลือ

3.3.1.8 กลิ่นมะลิ

3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.2.1 เครื่องชั่งดิจิตอลไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Kitchen Scale Digital Scale)

3.3.2.2 อ่างผสมสแตนเลส

3.3.2.3 กระทะทองเหลือง

3.3.2.4 ที่คีบสแตนเลส

3.3.2.5 ชุดถ้วยตวงของแห้ง

3.3.2.6 ถ้วยตวงของเหลว

3.3.2.7 ช้อนตวง

3.3.2.8 ถาดขนม

3.3.2.9 พายไม้

3.3.2.10ถ้วยพิมพ์วุ้นพลาสติก เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 ½ นิ้ว

3.3.2.11กระชอน

3.3.2.12เครื่องปั่นไฟฟ้า (ยี่ห้อ Hamilton Beach)

3.3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพ

3.3.3.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น Secura

3.3.3.2 เครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer) ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CM-3500d รุ่น CM-3500d โปรแกรมเวอร์ชั่น CM-S100 W1.700.0001

3.3.3.3 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ยี่ห้อ BINDER รุ่น BD1150

3.3.3.4 เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น ED224S

3.3.3.5 หลอดใส่ตัวอย่าง (Thimble)

3.3.3.6 ช้อนตักสาร (Spatula)

3.3.3.7 ที่คีบ (Tong)

3.3.4 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.3.4.1 การศึกษาสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน

การทดลองครั้งนี้ได้ทำการศึกษาสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน 3 สูตร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 100 คน ซึ่งเป็นอาจารย์และนักศึกษาสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ตารางที่ 3.2 สูตรพื้นฐานของขนมลืมกลืน

วัตถุดิบ	น้ำหนัก (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ตัวขนมลืมกลืน			
แป้งถั่วเขียว	126	240	240
น้ำตาลทราย	546	840	740
น้ำลอยดอกมะลิ	1550	1200	1980
กลิ่นมะลิ	-	-	3
หน้ากะทิ			
กะทิ	500	240	-
แป้งข้าวเจ้า	50	15	75
เกลือ	9	2.5	3
ถั่วเขียวเลาะเปลือกคั่ว	-	-	55
หัวกะทิ	-	-	480
หางกะทิ	-	-	225
แป้งถั่วเขียว	-	-	7
แป้งข้าวโพด	-	15	-

ที่มา: สูตรที่ 1 : ธนศักดิ์ และรัชวิชญ์ (2559)

สูตรที่ 2 : มณี (2555)

สูตรที่ 3 : รัมภา (2554)

ผสมน้ำตาลทราย กับน้ำลอยดอกมะลิ นำขึ้นตั้งไฟพอเดือด ยกลง กรองด้วยผ้าขาวบาง

↓

ผสมแป้งถั่วกับน้ำลอยดอกมะลิที่เหลือ คนให้เข้ากันจนแป้งละลาย

↓

กรองด้วยผ้าขาวบาง เทใส่กระทะทอง ตั้งไฟกวนพอข้น ค่อยๆเทน้ำเชื่อมที่เตรียมไว้ใส่ทีละน้อยจนหมด กวนต่อจนแป้งใส ยกลง ตักหยอดใส่ถ้วย

↓

ผสมกะทิ แป้งข้าวเจ้า เกลือป่น คนให้เข้ากัน กรองด้วยผ้าขาวบาง เทใส่กระทะทอง กวน10 นาที จนข้น ตัก หยอดหน้าตัวขนมอย่าให้มิดตัวขนม

↓

ขนมลืมกลืน

แผนภูมิที่ 3.3 ขั้นตอนการทำสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน สูตรที่ 1

ที่มา: ธนศักดิ์ และรัชวิชญ์ (2559)

ตวงน้ำตาลทรายผสมกับน้ำเปล่าใส่หม้อต้มเป็นน้ำเชื่อมให้เดือดยกลงกรอง เตรียมพักไว้

↓

ตวงแป้งใส่หม้อ ค่อยๆเทน้ำเชื่อมลงนวดให้แป้งละลาย ยกตั้งไฟอ่อน กวนจนแป้งสุกใสข้นเหนียว แล้ว ตักหยอดใส่พิมพ์ให้เต็ม

↓

นำหัวกะทิผสมทั้ง 2 ชนิดและเกลือ ใส่หม้อนวดให้แป้งละลาย ยกตั้งไฟกวนจนเดือดและข้น ใช้ช้อนกาแฟเล็กๆ ตักหยอดลงบนตัวขนมเล็กน้อย หรือจะเอากะทิใส่กรวยบีบเป็นรูปหยดน้ำ

↓

ขนมลืมกลืน

แผนภูมิที่ 3.4 ขั้นตอนการทำสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน สูตรที่ 2

ที่มา: มณี (2555)

นำแป้งถั่ว น้ำตาลทราย น้ำผสมรวมกัน นำส่วนผสม เทใส่กระทะทอง

↓

นำไปตั้งไฟกวนด้วยไฟกลางจนแป้งสุก ให้มีลักษณะใส ยกลงใส่กลิ่นมะลิคนให้เข้ากัน ตักขนมหยอดใส่ถ้วยพลาสติกประมาณ ¾ ของถ้วยพลาสติก

↓

นำหัวกะทิ แป้งข้าวเจ้า แป้งถั่ว ผสมให้เข้ากัน ใส่หางกะทิ น้ำตาลทราย เกลือ กรองด้วยผ้าขาวบางเท ใส่กระทะทอง

↓

นำส่วนผสมหน้าขนมกวนจนสุก 10 นาที มีลักษณะข้น ยกลง พักให้อุ่นตักใส่ถุงบีบหรือตักหยอดบนตัวขนมให้อยู่ตรงกลาง คั่วถั่วเขียวเลาะเปลือกให้เหลือง นำมาวางแต่งหน้า

↓

ขนมลืมกลืน

แผนภูมิที่ 3.5 ขั้นตอนการทำสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน สูตรที่ 3

ที่มา: รัมภา (2554)

3.3.4.2 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน

การทดลองครั้งนี้ได้นำการศึกษาสูตรพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับ มาศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน 3 ระดับ คือ 3เปอร์เซ็นต์ 5เปอร์เซ็นต์ และ 7 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแป้งถั่วเขียว โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 100 คน ซึ่งเป็นอาจารย์ และนักศึกษาสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

นำกาบมะพร้าวแห้งมาเผา บนเตาแก๊สใช้ตะแกรงรอง ใช้ไฟกลาง เผาจนดำแล้วไม่เกิดควันปิดไฟ

↓

นำกาบมะพร้าวเผาไปจุ่มน้ำ เพื่อคงสภาพความเป็นถ่าน

↓

พอถ่านเย็นแล้วนำขึ้นจากน้ำ นำไปตากแดดจนแห้ง นำมาตำให้เป็นผง

↓

กรองด้วยกระชอนตาข่ายถี่ เอาเฉพาะส่วนผงถ่านที่ละเอียด

↓

ผงกาบมะพร้าวเผา

แผนภูมที่ 3.6 ขั้นตอนการทำผงกาบมะพร้าวเผา

3.3.4.3 ศึกษาคุณภาพทางเคมี

การทดลองครั้งนี้ได้นำการศึกษาสูตรพื้นฐาน และการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืนที่ได้รับการยอมรับ มาศึกษาคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำ อิสระ ปริมาณโปรตีน ความชื้น ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ คาร์โบไฮเดรตด้วยวิธี AOAC 2019 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ใช้วิธี (Duncan's New Multiple Range Test, DMRT) ด้วยโปรแกรมทางสถิติ

3.3.4.4 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

นำขนมลืมกลืนจากผงกาบมะพร้าวเผาที่ทำการทดลองจากข้อ 3.3.4.2 ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี

3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (Statistics Package for the social Sciences) เวอร์ชั่น 20 วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.5 สถานที่ในการทดลอง

3.5.1 ห้องปฏิบัติการ 1401, 521 และ 622 สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.5.2 ห้องปฏิบัติการอาหาร 623 สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.5.3 ทดลองทางประสาทสัมผัส ณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.5.4 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี

บทที่ 4

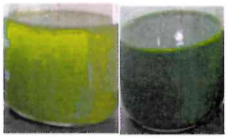
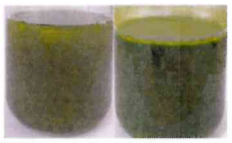
ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตสีและกลิ่นจากใบเตยเพื่อยืดอายุสีเขียวจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

4.1.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนน้ำปูนใสต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีของน้ำใบเตย

ผลจากการศึกษาอัตราส่วนน้ำปูนใสต่อน้ำมีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง (L*), ค่าสีเขียว (a*), ค่าสีเหลือง (b*), ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), ค่าคลอโรฟิลล์ a และ b ในการสกัดน้ำใบเตยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.1 โดยที่ 0 วัน น้ำใบเตยสกัดที่ไม่ผ่านการแช่เย็นและการแยกชั้นที่ใช้อัตราส่วนที่มีน้ำปูนใสเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 20 เป็น 60 มีค่าสว่าง (L*), ค่าสีเหลือง (b*) ลดลง ส่วนค่าสีเขียว (a*), ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าคลอโรฟิลล์ a และ b ในน้ำใบเตยสกัด ผลจากการวิเคราะห์ระยะเวลา 0 วัน เมื่อพิจารณาแล้วพบว่า (L*) ที่น้อยที่สุดอยู่ที่ 24.03±0.02 และเมื่อระยะเวลา 3 วัน พบว่าค่า (L*) เพิ่มขึ้นอยู่ที่ 25.10±0.03 และเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลา 6 วัน มีค่า (L*) เท่ากับ 26.55±0.01 ค่า (L*) ของน้ำใบเตยสกัดที่ระยะเวลา 0 3 และ 6 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่า (a*) จาก -6.64±0.01 เป็น -7.24±0.02 และ -7.19±0.04 ตามระยะเวลา 0, 3 และ 6 วัน ตามลำดับ ค่า (a*) ของน้ำใบเตยสกัดระยะเวลา 0 3 และ 6 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ (b*) จาก 3.85±0.05 เป็น 5.23±0.62 และ 7.55±0.02 ตามระยะเวลา 0 3 และ 6 วัน ตามลำดับ ค่า (b*) ของน้ำใบเตยสกัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อค่าน้ำปูนใสเข้มข้นที่ 3 และ 6 วัน ค่า (a*) เพิ่มมากขึ้นในทางกลับกันความเข้มข้นของน้ำปูนใสมากจะทำให้ค่า (b*) ลดลงที่ระยะเวลา 0 และ3 วัน โดยมีค่า (b*) สูงที่สุดความเข้มข้น 0:100 ในระยะเวลา 6 วัน แสดงว่าเมื่อระยะเวลากับอัตราส่วนน้ำปูนใสเพิ่มมากขึ้นทำให้น้ำใบเตยสกัดมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์การเก็บรักษาน้ำปูนใสต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีของน้ำใบเตย

วัน	อัตราส่วนน้ำปูนต่อน้ำ			
	0:100	20:80	40:60	60:40
0				
3				
6				

หมายเหตุ : ตัวอักษา a, b และ c ที่กำหนดต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns}แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากวิเคราะห์ค่า pH พบว่าอัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำ 4 ระดับในระยะเวลาที่ 0 3 และ 6 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำจากอัตราส่วน 0:100 ถึงอัตราส่วน 60:40 ที่ 0 วัน ค่า pH เปลี่ยนจากกรดไปเป็นกลาง มีค่าเท่ากับ 5.96-7.69 แสดงว่าปริมาณน้ำปูนใสที่มากขึ้นส่งผลให้ pH จะเพิ่มมากขึ้น ในทางกลับกันเมื่อเพิ่มระยะเวลาการตกตะกอนเป็น 3 และ 6 วัน pH ของน้ำใบเตยสกัดมีค่าลดลง 6.26-6.41 และ 5.18-5.60 ตามลำดับ โดยน้ำใบเตยสกัดมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ส่วนระยะเวลาการตกตะกอนเป็น 3 และ 6 วัน ส่งผลต่อค่าสีเขียวที่เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะน้ำใบเตยสกัดที่ใช้อัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำ ที่อัตราส่วน 40:60 และ 60:40 เนื่องจาก น้ำปูนใสเป็นสารละลายมีฤทธิ์เป็นเบส ค่าความเป็นสีเขียวของน้ำใบเตยสกัดเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อค่า pH เพิ่มขึ้น การทำลายคลอโรฟิลล์ที่เป็นรงควัตถุลดลง นอกจากนี้ยังสามารถรักษาความเป็นสีเขียวได้ (koca et. al., 2006) คลอโรฟิลล์ โดย H^+ สามารถเปลี่ยนคลอโรฟิลล์ให้กลายเป็นฟีโอไฟติน (Pheophytins) โดยเข้าไปแทนที่ mg^{2+} ในวงแหวนพีไอไฟดิน ส่งผลให้สีเขียวสดกลายเป็นสีเขียวอมเหลือง (Andres – Bello et al., 2013) และเมื่อระยะเวลา 192 ชั่วโมง ค่า pH กลับมาเป็นกรดอีกครั้งมีค่าเท่ากับ 5.96 ที่อัตราส่วน 0:100 เป็นปัจจัยทำให้ค่าคลอโรฟิลล์ลดลง และมีค่าสีเขียวอมเหลืองมากยิ่งขึ้น จากการวิเคราะห์ระยะเวลา 0 ชั่วโมง ที่ไม่ผ่านการแช่เย็นและการแยกชั้นมาวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี พบว่าความเข้มข้นของอัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำ มีไม่ผลต่อคลอโรฟิลล์ เมื่อเก็บนานขึ้นคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นที่ระยะเวลา 3 วัน มีค่าคลอโรฟิลล์ เอ และ คลอโรฟิลล์ บี อยู่ที่ 0.04 ± 0.02 และ 0.04 ± 0.05 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลา 3 และ 6 วัน ที่วัด

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ออกมาแล้วได้ ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ที่ 0.29±0.00 และ 0.04±0.00 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี 0.53±0.00 และ 0.02±0.00 ตามลำดับ ซึ่งระยะเวลาที่ 96 และ ระยะเวลาที่ 192 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และระยะเวลาที่ 0 ชั่วโมงจะมีสีเขียวที่เข้ม มีกลิ่นใบเตยปนเหม็นเขียว ระยะเวลาที่ 3 วัน อัตราส่วนที่ 40:60 มีกลิ่นหอมใบเตยไม่มีกลิ่นเหม็นเขียวถึงจะมีสีเขียวอ่อนกว่าอัตราส่วนที่ 60:40 แต่มีกลิ่นที่หอมกว่าเลยเลือกอัตราส่วนนี้มาทำเป็นเม็ดบีดส์น้ำใบเตยและที่ไม่ได้เลือกระยะเวลาที่ 6 วัน เนื่องจากมีสีเขียวปนสีเหลืองและมีกลิ่นที่เหม็นเขียว จึงเลือกระยะเวลาที่ 3 วัน มาศึกษาการทำเม็ดบีดส์น้ำใบเตยต่อไป

ตารางที่ 4.2 การศึกษาอัตราส่วนน้ำปูนใสต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีของน้ำใบเตยที่ระยะเวลา 96 และ 192 ชั่วโมง จำนวน 4 ระดับ ที่ผ่านการแช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา 96 ชั่วโมง				
อัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำ		**สี**		**กลิ่น**
1 0:100		สีเขียวอ่อน	สีเขียวเข้ม	มีกลิ่นใบเตย	มีกลิ่นใบเตย
2 20:80		สีเขียวอ่อน	สีเขียวเข้ม	มีกลิ่นใบเตย	มีกลิ่นใบเตย
3 40:60		สีเขียวอ่อนปนสีเขียวเข้ม	สีเขียวเข้ม	มีกลิ่นใบเตย	มีกลิ่นใบเตย
4 60:40		สีเขียวอ่อนปนสีเขียวเข้ม	สีเขียวเข้ม	มีกลิ่นใบเตย	มีกลิ่นใบเตยและมีกลิ่นเหม็นเขียวเล็กน้อย

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ระยะเวลา 192 ชั่วโมง				
อัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำ		สี	กลิ่น	
1 0:100		สีเหลือง	สีเขียวเข้ม	มีกลิ่นใบเตยปนกลิ่นเหม็นเขียว	มีกลิ่นใบเตยปนกลิ่นเหม็นเขียว
2 20:80		สีเขียวอมเหลือง	สีเขียวเข้ม	มีกลิ่นใบเตยปนกลิ่นเหม็นเขียว	มีกลิ่นใบเตยปนกลิ่นเหม็นเขียว
3 40:60		สีเขียวเข้ม	สีเขียวเข้ม	มีกลิ่นใบเตยปนกลิ่นเหม็นเขียว	มีกลิ่นใบเตยปนกลิ่นเหม็นเขียว
4 60:40		สีเขียวเข้ม	สีเขียวเข้ม	มีกลิ่นใบเตยปนกลิ่นเหม็นเขียว	มีกลิ่นใบเตยปนกลิ่นเหม็นเขียว

ระยะเวลา 96 ชั่วโมง ที่ผ่านการแยกชั้นและผ่านการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้ว พบว่าในอัตราส่วนที่ 0:100 และ อัตราส่วนที่ 20:80 จะมีการแยกชั้นที่คล้ายคลึงกันโดยที่ส่วนที่แยกชั้นด้านบนจะมีสีเขียวอ่อนและส่วนที่แยกชั้นด้านล่างมีเขียวเข้ม มีกลิ่นที่หอมใบเตยทั้งส่วนที่แยกชั้นด้านและด้านล่าง อัตราส่วน 40:60 และ 60:40 ก็มีลักษณะคล้ายคลึงกันโดยส่วนที่แยกชั้นด้านบนจะมีสีเขียวอ่อนปนสีเขียวเข้มและส่วนที่แยกชั้นด้านล่างจะมีสีเขียวเข้ม มีกลิ่นหอมของใบเตยที่ชัดเจน แต่อัตราส่วนที่ 60:40 มีกลิ่นเหม็นเขียวเล็กน้อย

เมื่อระยะเวลา 192 ชั่วโมง พบว่ามีการแยกชั้นอย่างเห็นได้ชัดเจนโดยน้ำใบเตยสกัดที่อัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำ 0:100 เมื่อแยกชั้นแล้วส่วนบนจะมีสีเขียวปนเหลืองและส่วนล่างจะมีสีเขียวเข้ม เมื่อมีน้ำปูนใสที่อัตราส่วน 20:80 มีการแยกชั้นส่วนบนมีสีเขียวอ่อนปนสีเขียวเข้มและส่วนล่างมีสีเขียวเข้ม เมื่อมีน้ำปูนใสที่อัตราส่วน 40:60 น้ำใบเตยสกัดมีส่วนบนจะมีสีเขียวที่เข้ม และอัตราส่วนที่ 60:40 ใบเตยสกัดมีส่วนบนและส่วนล่างมีสีเขียวที่เข้ม โดยอัตราส่วนที่ 40:60 และ60:40 จะมีการ

แยกชั้นที่น้อยลง และทั้งอัตราส่วนที่ 0:100, 20:80, 40:60 และ 60:40 เมื่อผ่านการแยกชั้นแล้ว ส่วนบนจะมีสีที่อ่อนกว่าและส่วนล่างจะมีสีเขียวเข้ม กลิ่นของอัตราส่วนที่ 0:100, 20:80, 40:60 และ 60:40 จะมีความคล้ายคลึงกันโดยที่ส่วนบนและส่วนล่างจะมีกลิ่นใบเตยปนกลิ่นเหม็นเขียว

4.1.2 ผลการวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาน้ำปูนใสต่อน้ำในอัตราส่วนที่ต่างกันทั้ง 4 ระดับ

โดยทำการวัดค่าเริ่มต้นจาก 0, 96 และ 192 ชั่วโมง ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์การเก็บรักษาน้ำปูนใสต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีของน้ำใบเตย

ทางกายภาพ/ทางเคมี	เก็บรักษา 0 ชั่วโมง (ไม่แช่เย็น)			
	0:100	20:80	40:60	60:40
L^*	25.25 ± 0.01^{g}	24.64 ± 0.01^{j}	24.20 ± 0.02^{k}	24.03 ± 0.02^{l}
a^*	-5.45 ± 0.01^{a}	-5.66 ± 0.02^{b}	-6.26 ± 0.02^{C}	-6.64 ± 0.01^{d}
b^*	5.68 ± 0.04^{H}	4.79 ± 0.03^{J}	4.07 ± 0.04^{K}	3.85 ± 0.05^{l}
ปริมาณกรด-ด่าง (pH)	5.96 ± 0.17^{d}	6.19 ± 0.11^{c}	6.64 ± 0.05^{b}	7.69 ± 0.06^{a}
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ^{ns}	0.03 ± 0.02^{d}	0.04 ± 0.02^{d}	0.04 ± 0.02^{d}	0.04 ± 0.02^{d}
ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี^{ns}	0.01 ± 0.00^{d}	0.01 ± 0.00^{d}	0.04 ± 0.02^{d}	0.04 ± 0.05^{d}
	การเก็บรักษา 96 ชั่วโมง (เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส)			
L^*	25.74 ± 0.41^{d}	25.71 ± 0.11^{e}	25.49 ± 0.11^{f}	25.10 ± 0.03^{l}
a^*	-6.67 ± 0.47^{d}	-6.69 ± 0.15^{g}	-7.11 ± 0.15^{h}	-7.24 ± 0.02^{j}
b^*	6.33 ± 0.15^{e}	6.10 ± 0.10^{f}	5.88 ± 0.40^{g}	5.23 ± 0.62^{l}
ปริมาณกรด-ด่าง (pH)	6.26 ± 0.03^{g}	6.32 ± 0.01^{f}	6.36 ± 0.01^{e}	6.41 ± 0.08^{e}
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	0.07 ± 0.04^{c}	0.20 ± 0.00^{b}	0.23 ± 0.00^{b}	0.29 ± 0.00^{a}
ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี	0.23 ± 0.00^{c}	0.36 ± 0.00^{b}	0.38 ± 0.05^{b}	0.53 ± 0.00^{a}
	การเก็บรักษา 192 ชั่วโมง (เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส)			
L^*	27.17 ± 0.02^{a}	26.80 ± 0.01^{b}	26.62 ± 0.01^{c}	26.55 ± 0.01^{h}
a^*	-6.73 ± 0.01^{e}	-6.86 ± 0.01^{f}	-7.17 ± 0.03^{i}	-7.19 ± 0.04^{i}
b^*	8.50 ± 0.02^{a}	7.97 ± 0.03^{b}	7.75 ± 0.03^{c}	7.55 ± 0.02^{d}
ปริมาณกรด-ด่าง (pH)	5.18 ± 0.01^{g}	5.35 ± 0.03^{f}	5.52 ± 0.14^{e}	5.60 ± 0.05^{e}
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	0.03 ± 0.00^{d}	0.03 ± 0.00^{d}	$0.04\pm.0.00^{d}$	0.04 ± 0.00^{d}
ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี	0.01 ± 0.00^{d}	0.01 ± 0.00^{d}	0.02 ± 0.00^{d}	0.02 ± 0.00^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษา a, b และ c ที่กำหนดต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

^{ns}แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการวิเคราะห์ระยะเวลา 0 ชั่วโมงที่ไม่ผ่านการแช่เย็นและการแยกชั้น เมื่อพิจารณาแล้วพบว่า (L*) ที่น้อยที่สุดอยู่ที่ 24.03±0.02 และเมื่อระยะเวลา 96 ชั่วโมง พบว่าค่า (L*) เพิ่มขึ้นอยู่ที่ 25.10±0.03 และเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลา 192 ชั่วโมง มีค่า (L*) เท่ากับ 26.55±0.01 ค่า (L*) ของน้ำใบเตยสกัดที่ระยะเวลา 0 96 และ 192 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่า (a*) จาก -6.64±0.01 เป็น -7.24±0.02 และ -7.19±0.04 ตามระยะเวลา 0, 96 และ 192 ชั่วโมงตามลำดับ ค่า (a*) ของน้ำใบเตยสกัดระยะเวลา 0 96 และ 192 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ (b*) จาก 3.85±0.05 เป็น 5.23±0.62 และ 7.55±0.02 ตามระยะเวลา 0 96 และ 192 ชั่วโมง ตามลำดับ ค่า (b*) ของน้ำใบเตยสกัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อค่าน้ำปูนใสเข้มข้นที่ 96 ชั่วโมง และ192 ชั่วโมง ค่า (a*) เพิ่มมากขึ้นในทางกลับกันความเข้มข้นของน้ำปูนมาจะทำให้ค่า (b*) ลดลงที่ระยะเวลา 0 และ96 ชั่วโมง โดยมีค่า (b*) สูงที่สุดความเข้มข้น 0:100 ในระยะเวลา 192 ชั่วโมง แสดงว่าเมื่อระยะเวลากับอัตราส่วนน้ำปูนใสเพิ่มมากขึ้นทำให้น้ำใบเตยสกัดมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น

จากวิเคราะห์ค่า pH พบว่าอัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำ 4 ระดับในระยะเวลาที่ 0 96 และ 192 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำเพิ่มขึ้นจากอัตราส่วน 0:100 ถึงอัตราส่วน 60:40 ที่ 0 ชั่วโมงค่า pH เปลี่ยนจากกรดไปเป็นกลาง มีค่าเท่ากับ 6.26-6.41 แสดงว่าปริมาณน้ำปูนใสที่มากขึ้นส่งผลให้ pH จะเพิ่มมากขึ้น ที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง pH ของน้ำใบเตยมีสีเขียวที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคลอโรฟิลล์ โดย H^+ สามารถเปลี่ยนคลอโรฟิลล์ให้กลายเป็นฟีโอไฟติน (Pheophytins) โดยเข้าไปแทนที่ mg^{2+} ในวงแหวนพีไอไฟดิน ส่งผลให้สีเขียวสดกลายเป็นสีเขียวอมเหลือง (Andres – Bello et al., 2013) น้ำปูนใสเป็นสารละลายมีฤทธิ์เป็นเบส ค่าความเป็นสีเขียวของน้ำใบเตยสกัดเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อค่า pH เพิ่มขึ้น การทำลายคลอโรฟิลล์ที่เป็นรงควัตถุลดลง นอกจากนี้ยังสามารถรักษาความเป็นสีเขียวได้ (koca et. al., 2006) และเมื่อระยะเวลา 192 ชั่วโมง ค่า pH กลับมาเป็นกรดอีกครั้งมีค่าเท่ากับ 5.96 ที่อัตราส่วน 0:100 เป็นปัจจัยทำให้ค่าคลอโรฟิลล์ลดลง และมีค่าสีเขียวอมเหลืองมากยิ่งขึ้น

จากการวิเคราะห์ระยะเวลา 0 ชั่วโมง ที่ไม่ผ่านการแช่เย็นและการแยกชั้นมาวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี พบว่าความเข้มข้นของอัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำ มีไม่ผลต่อคลอโรฟิลล์ เมื่อเก็บนานขึ้นคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง มีค่าคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี อยู่ที่ 0.04±0.02 และ 0.04±0.05 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลา 96 และ 192 ชั่วโมง ที่วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ออกมาแล้วได้ ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ที่ 0.29±0.00 และ 0.04±0.00 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี 0.53±0.00 และ 0.02±0.00 ตามลำดับ ซึ่งระยะเวลาที่ 96 และ ระยะเวลาที่ 192 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และระยะเวลาที่ 0 ชั่วโมงจะมีสีเขียวที่เข้ม มีกลิ่นใบเตยปนเหม็นเขียว ระยะเวลาที่ 96 อัตราส่วนที่ 40:60 มีกลิ่นหอมใบเตยไม่มีกลิ่นเหม็นเขียวถึงจะมีสีเขียวอ่อนกว่าอัตราส่วนที่ 60:40 แต่มีกลิ่นที่หอมกว่าเลยเลือกอัตราส่วนนี้มาทำเป็นเม็ดบีดส์น้ำใบเตย และที่ไม่ได้เลือกระยะเวลาที่ 192 ชั่วโมงเนื่องจากมีสีเขียวปนสีเหลืองและมีกลิ่นที่เหม็นเขียว จึงเลือกระยะเวลาที่ 96 ชั่วโมงมาศึกษาการทำเม็ดบีดส์น้ำใบเตยต่อไป

4.1.3 ผลการวิเคราะห์เม็ดบีดส์ที่ใช้น้ำใบเตยสกัดในอัตราส่วน 40:60

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของเม็ดบีดส์น้ำใบเตยสกัดจากระยะเวลา 96 ชั่วโมง ที่อัตราส่วน 40:60 พบว่ามีค่าคุณภาพทางกายภาพค่าสีเท่ากับ ค่า (L*) 25.51±0.05 ค่า (a*) -6.17±0.05 และค่า (b*) มีค่าเท่ากับ 4.44±0.06 จากค่าสีที่ได้ค่า (a*) จะมีสีเขียวเข้มและมีค่าสีเหลือง (b*) ที่น้อยจึงได้นำมาทำเม็ดบีดส์ เมื่อนำน้ำใบเตยสกัดมาทำเม็ดบีดส์แล้วพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เพิ่มขึ้นจากเดิมที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง เนื่องจากปริมาณน้ำปูนใสที่มากขึ้นส่งผลให้ pH จะเพิ่มมากขึ้น pH ของน้ำใบเตยมีสีเขียวที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคลอโรฟิลล์ โดย H^+ สามารถเปลี่ยนคลอโรฟิลล์ให้กลายเป็นฟีโอไฟติน (Pheophytins) โดยเข้าไปแทนที่ mg2+ ในวงแหวนพีไอไฟดิน ส่งผลให้สีเขียวสดกลายเป็นสีเขียวอมเหลือง (Andres – Bello et al., 2013) จากลักษณะที่ปรากฏน้ำใบเตยสกัดที่นำมาทำเป็นเม็ดบีดส์นั้นจะมีสีเขียวเข้ม มีกลิ่นหอมของน้ำใบเตยสกัด ไม่เหม็นเขียว ปริมาณกรด-ด่าง (pH) มีค่าเท่ากับ 7.21±0.09

ภาพที่ 4.1 เม็ดบีดส์ที่ใช้น้ำใบเตยสกัดในอัตราส่วน 40:60

4.2 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาสีโทนแดงเพื่อยืดอายุสีเขียวจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

4.2.1 ผลการศึกษาสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย

จากการศึกษาสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติ จำนวน 4 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 ว่านหอมแดงแห้ง ชนิดที่ 2 ว่านหอมแดงสด ชนิดที่ 3 บีทรูท และชนิดที่ 4 แก่นฝาง มาทำการคัดเลือกสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย จากนั้นนำสีที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ต่อไป ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์คุณภาพของสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่เหมาะสม

คุณภาพ	ชนิดที่ 1 ว่านหอมแดงแห้ง	ชนิดที่ 2 ว่านหอมแดงสด	ชนิดที่ 3 บีทรูท	ชนิดที่ 4 แก่นฝาง
ลักษณะปรากฏ	ขมนำฝาด มีกลิ่นว่านหอมแดงแห้ง	ขมเล็กน้อย มีกลิ่นว่านหอมแดง	รสและเหม็นเขียวบีทรูทเล็กน้อย	ไม่มีรสชาติ มีกลิ่นแก่งฝางอ่อนๆ
- ค่าสี				
L*	35.19±0.35^{c}	55.38 ± 0.24^{a}	35.25 ± 0.07^{c}	43.63±0.31^{b}
a*	47.71±0.22^{b}	38.20 ± 0.10^{c}	61.05 ± 0.09^{a}	63.74±0.11^{a}
b*	55.95±0.28^{b}	26.15 ± 0.14^{d}	38.79 ± 0.27^{c}	70.31±0.48^{a}
- ค่า pH	5.44±0.25^{c}	5.88±0.16^{bc}	6.28±0.20^{ab}	6.75±0.06^{a}
- TSS (^{o}Brix)^{ns}	1.00±0.00	0.78±0.02	1.00±0.00	1.00±0.00
- ค่าเกลือ	1.50±0.01^{a}	0.00±0.00^{b}	0.30±0.00^{b}	0.00±0.00^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์คุณภาพของสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่เหมาะสมจำนวน 4 ชนิดพบว่า สีของสีสกัดแก่นฝางจะให้สีแดงเข้มสด ต่างจากสีสกัดบีทรูทจะให้สีแดงเข้มออกคล้ำ ส่วนสีสกัดว่านหอมแดงแห้งให้สีแดงมากกว่าแบบสด แต่สีว่านหอมแดงแห้งออกสีแดงคล้ำไปทางน้ำตาลแดง ซึ่งแบบสดให้สีแดงสว่างมากกว่า ในส่วนทางด้านรสชาติและกลิ่น แก่นฝางไม่มีรสชาติ มีกลิ่นแก่งฝางอ่อนๆ บีทรูทรสเหม็นเขียวบีทรูทเล็กน้อย ส่วนว่านหอมแดงสด จะมีกลิ่นและรสชาติที่ขมฝาดน้อยกว่าแบบแห้ง ทางด้านค่าสี ความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสีแดงของแก่นฝางสูงที่สุด รองมาบีทรูท ว่านหอมแดงแห้ง และว่านหอมแดงสดตามลำดับ โดยที่ค่าสีแดงของแก่นฝางกับบีทรูทไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งแก่นฝางมีความสว่างและค่าสีเหลืองมากกว่าบีทรูท ซึ่งค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณภาพด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ทั้ง 4 ชนิด มีความกรดอ่อนๆ ซึ่งค่าแตกต่างกันเล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่า TSS ทั้ง 4 ชนิด ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และค่าค่าเกลือ ทั้ง 4 ชนิด มีค่าเล็กน้อย โดยว่านหอมแดงแห้งมีค่าเกลือมากที่สุด ส่วนว่านหอมแดงสด บีทรูท และแก่นฝางมีค่าเกลือไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ฉะนั้นจึงเลือกวัตถุดิบจากแก่นฝางและบีทรูทมาทำการศึกษาวิธีการทำเข้มข้นสีโทนแดงต่อไป

4.2.2 ผลการศึกษาวิธีการทำเข้มข้นสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย

นำวัตถุดิบธรรมชาติที่ดีที่สุดจากข้อ 4.2.1 มาทำการศึกษาวิธีการทำเข้มข้นสีโทนแดงที่เหมาะสมจำนวน 3 วิธี คือ วิธีที่ 1 การตุ๋นแก่นฝาง, วิธีที่ 2 การตุ๋นบีทรูท และวิธีที่ 3 การอบบีทรูท ทุกวิธีควบคุมอุณหภูมิที่ 63-66 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยทำการคัดเลือกวิธีการทำเข้มข้นสีโทนแดงที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ต่อไป ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการทำเข้มข้นสีโทนแดงที่เหมาะสม

คุณภาพ	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3
	การตุ๋นแก่นฝาง	การตุ๋นบีทรูท	การอบบีทรูท
ลักษณะปรากฏ			
	สีแดงเข้ม	สีดำแดงเข้มคล้ำออกน้ำตาล	สีดำแดงสดเข้มๆ
- ค่าสี			
L*	5.34±0.22[a]	0.01±0.02[b]	0.63±0.02[b]
a*	31.26±0.51[a]	0.81±0.21[c]	4.11±0.06[b]
b*	8.88±0.30[a]	0.01±0.02[b]	1.09±0.03[b]
- ค่า pH	7.05±0.05[a]	6.03±0.05[b]	5.89±0.14[b]
- TSS (^{o}Brix)^{ns}	1.00±0.00[c]	9.00±0.00[b]	10.00±0.00[a]
- ค่าเกลือ	0.00±0.00[c]	7.50±0.00[b]	8.50±0.00[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 วิเคราะห์คุณภาพของวิธีการทำเข้มข้นสีโทนแดงที่เหมาะสม จำนวน 3 วิธี พบว่า วิธีที่ 1 การตุ๋นแก่นฝางแดงกับวิธีที่ 3 การอบบีทรูท มีสีแดงเข้มสวย โดยวิธีที่ 3 จะมีสีดำแดงเข้มมากกว่าวิธีที่ 1 สอดคล้องกับค่าสีแดงที่วิธที่ 1 มีค่าสีแดงสูงที่สุด รองมาเป็นวิธีที่ 3 และวิธี่ 2 ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่า pH วิธีที่ 1 มีค่าใกล้กลางออกไปทางด่างเล็กน้อย วิธีที่ 2 กับ 3 มีค่าเป็นกรดอ่อนๆ โดยค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ด้านค่า TSS ทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยวิธีที่ 3 มีค่ามากที่สุด รองมาเป็นวิธีที่ 2 กับ 1 ตามลำดับ และด้านค่าเกลือทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งวิธีที่ 1 แก่นฝางตรวจไม่พบปริมาณเกลือ จากการวิเคราะห์คุณภาพจึงเลือกวิธีที่ 1 การตุ๋นแก่นฝาง กับวิธีที่ 3 การอบบีทรูทไปศึกษาอายุการเก็บรักษาสีโทนแดงต่อไป

4.2.3 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาสีโทนแดงเข้มข้น เจล หรือแบบผงที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาสีโทนแดงเข้มข้น จากการศึกษานำสีโทนแดงทั้ง 4 ชนิด นำสีโทนแดงที่มีค่าสีแดงมากที่สุดจากข้อ 4.2.1 มาทำการบรรจุด้วยขวดสีชาปิดฝาและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตรวจวัดค่าสีทุกๆ 7 วันเป็นเวลา 21 วัน จากนั้นนำสีที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ต่อไป แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาสีโทนแดงเข้มข้น เป็นเวลา 21 วัน

ค่าสี	ระยะเวลาการเก็บรักษา			
	0 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน
L*				
- บีทรูท	0.63 ± 0.02^{b}	0.75 ± 0.01^{ab}	0.99 ± 0.01^{a}	1.13 ± 0.02^{a}
- แก่นฝาง	5.34 ± 0.22^{d}	8.34 ± 0.30^{c}	11.42 ± 0.05^{b}	15.33 ± 0.09^{a}
a*				
- บีทรูท	4.11 ± 0.06^{c}	4.86 ± 0.02^{c}	6.35 ± 0.05^{b}	8.07 ± 0.07^{a}
- แก่นฝาง	31.26 ± 0.51^{c}	34.24 ± 0.34^{b}	38.94 ± 0.17^{a}	40.11 ± 0.38^{a}
b*				
- บีทรูท	1.09 ± 0.03^{b}	1.28 ± 0.05^{ab}	1.71 ± 0.02^{a}	2.01 ± 0.04^{a}
- แก่นฝาง	8.88 ± 0.30^{a}	14.82 ± 0.52^{b}	19.68 ± 0.44^{c}	25.63 ± 0.24^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่อยู่ในแนวนอนที่ต่างกัน คือ ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

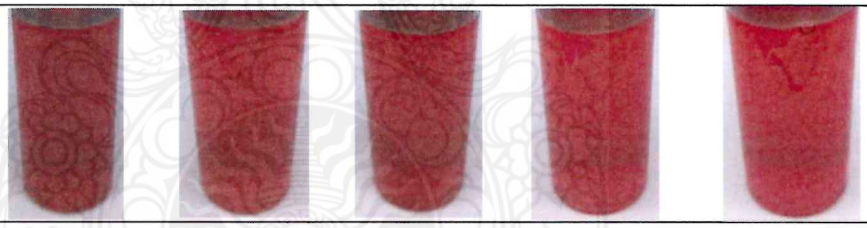
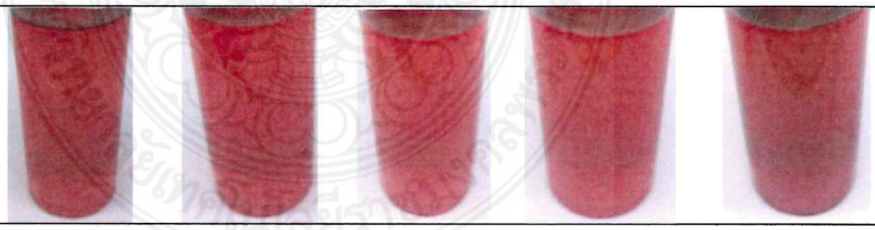
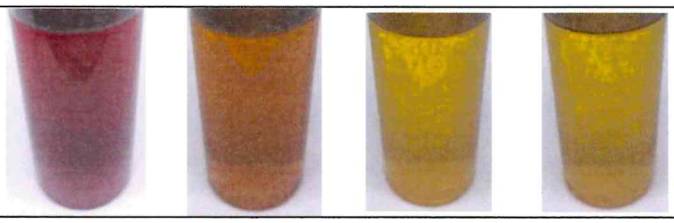
จากตารางที่ 4.6 ผลการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาสีโทนแดงเข้มข้น จำนวน 2 ชนิด ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่า สีสกัดบีทรูทและแก่นฝาง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะมืดมากสุดที่การเก็บรักษาที่ 0 วัน และจะค่อยๆสว่างขึ้นเรื่อยๆ ที่ 7, 14 และ21 วันตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนค่าสีแดง (a*) ทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งจะมีค่าสีแดงน้อยสุดที่การเก็บรักษาที่ 0 วัน และค่าสีแดงจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่ 7, 14 และ21 วันตามลำดับ และค่าสีเหลือง (b*) ทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งจะมีค่าสีเหลืองน้อยสุดที่การเก็บรักษาที่ 0 วัน และ

ค่าสีเหลืองจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่ 7, 14 และ21 วันตามลำดับ เนื่องจากสารสกัดสีความเข้มข้นมากจนเป็นสีดำต้องทำการเจือจางในการวัดค่า โดยที่สีสกัดแก่นฝางจะเปลี่ยนเป็นสีดำออกน้ำตาลแดงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 14 และมีตะกอนที่ก้นขวด ส่วนสีสกัดจากบีทรูทยังคงเป็นสีแดงสดเข้มจนดำมืด ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ฉะนั้นจึงเหลือวิธีการสกัดบีทรูทด้วยวิธีการอบเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดมาทำการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ต่อไป

4.2.4 การศึกษาคุณสมบัติและการคืนรูปของสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติ

ผลการศึกษาการคืนรูปของสีโทนแดงตามสภาวะจำลองของสารละลายกรดด่าง สารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่าง (1-14) จากการศึกษานำสีโทนแดงทั้ง 4 ชนิด นำสีโทนแดงที่มีค่าสีแดงมากที่สุดจากข้อ 4.2.2 มาทำการคืนรูปของสีโทนแดงตามสภาวะจำลองของสารละลายกรดด่าง สารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่าง (1-14) ในอัตราส่วนสารละลายกรด-ด่าง:สีโทนแดงที่เท่ากัน เพื่อสังเกตการคืนรูปของสีในสภาวะของความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกัน จากนั้นนำสีที่ได้ไปทำการทดสอบต่อไป ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของสีโทนแดงตามสภาวะจำลองของสารละลายกรดด่างสารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่าง (1-14)

คุณภาพ	pH				
	1	2	3	4	5
ภาพการเปลี่ยนแปลงสีบีทรูทเข้มข้น					
	6	7	8	9	10
					
	11	12	13	14	
					

จากตารางที่ 4.7 ผลการการเปลี่ยนแปลงของสีโทนแดงตามสภาวะจำลองของสารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่าง (1-14) พบว่า สีสกัดบีทรูทเมื่อคืนรูปกับน้ำที่มีสภาวะจำลองของสารละลายกรดด่าง (1-14) มีการเปลี่ยนแปลง โดยสารละลายกรดด่างที่มีค่าความเป็นกรด กลาง และด่างอ่อนๆ สีสกัดบีทรูทยังมีสีโทนแดง ส่วนสารละลายที่มีความเป็นด่างที่มีค่าpH 10 สีเริ่มเปลี่ยนเป็นแดงอมม่วง พอสารละลายด่างที่มีค่าpH 11 สีเปลี่ยนเป็นสีม่วงอย่างชัดเจน เมื่อสารละลายด่างสูงขึ้นที่มีค่าpH 12 สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และสารละลายด่างเข้มข้นที่มีค่าpH 13-14 สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอมเขียวอมเหลือง

4.2.5 ผลการศึกษาการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย

4.2.5.1 ผลการศึกษาการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

จากการศึกษานำสีโทนแดงทั้ง 4 ชนิด นำสีโทนแดงที่มีค่าสีแดงมากที่สุดจากข้อ 4.2.2 นำสารสีที่ได้มาผลิตผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ โดยผสมในส่วนผสมของน้ำหมักหมูแดง ซอสเย็นตาโฟ หมี่ผัดชมพู เพื่อดูว่าระหว่างกระบวนการทำสีที่ได้สามารถคงอยู่ได้หรือไม่ จากนั้นนำสีที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ต่อไป แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์คุณภาพการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

คุณภาพ	**ผลิตภัณฑ์ที่ 1 หมูแดง**	**ผลิตภัณฑ์ที่ 2 ซอสเย็นตาโฟ**	**ผลิตภัณฑ์ที่ 3 หมี่ผัดชมพู**
ลักษณะปรากฏ	ตอนหมักหมูมีสีแดงสวย เมื่ออบความร้อนสูงให้สุก เหลือสีแดงที่เนื้อหมูเพียงเล็กน้อย	ซอสมีสีแดงสวยน่ารับประทาน	เส้นหมี่มีสีแดงอมชมพูสวยน่ารับประทาน
- ค่าสี			
L*	48.46±0.31^{a}	31.16±0.02^{c}	46.95±0.09^{b}
a*	15.17±0.11^{b}	45.63±0.03^{a}	16.06±0.57^{b}
b*	22.35±0.48^{a}	16.97±0.08^{b}	8.20±0.24^{c}
- ปริมาณสารบีตาไซยานินในรูปบีตาเลน (mg/100 ml)	ไม่สามารถวัดได้	1.99±0.14	ไม่สามารถวัดได้

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร จำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ พบว่า สีสกัดบีทรูทเหมาะสมกับการทำเมนูอาหารประเภทซอสที่ใช้กระบวนการต้ม และเมนูอาหารประเภทผัด แต่ไม่เหมาะสมกับการทำเมนูอาหารประเภทอบ หรือย่างอย่างเมนูหมูแดง เนื่องจากใช้ความร้อนที่สูง ซึ่งสีสกัดบีทรูทไม่สามารถทนความร้อนได้สูง สอดคล้องกับอรุษา (2553) ว่าการให้ความร้อนมีผลต่อความคงตัวของบีตาไซยานิน โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ค่าครึ่งชีวิตของบีตาไซยานินในสารสกัดมีค่าลดลง ซึ่งซอสเย็นตาโฟควบคุมอุณหภูมิการผลิตไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส และหมี่ผัดชมพูการผัดไปมาทำให้สีสกัดบีทรูทไม่ได้สัมผัสกับความร้อนที่กระทะเป็นเวลานาน จึงส่งผลให้เส้นหมี่ยังมีสีชมพูสวย สอดคล้องกับค่าสีแดงที่ทำการตรวจวัดวิเคราะห์ได้โดยซอสเย็นตาโฟมีสีแดงมากที่สุด รองลงมาคือหมี่ผัดชมพู และหมูแดงตามลำดับ

4.2.5.2 ศึกษาการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมไทย

จากการศึกษานำสีโทนแดงทั้ง 4 ชนิด นำสีโทนแดงที่มีค่าสีแดงมากที่สุดจากข้อ 4.2.2 นำสารสีที่ได้มาผลิตผลิตภัณฑ์ขนมไทยทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ คือ ขนมทับทิมกรอบ, ขนมลิ้นจี่, ขนมลูกชุบ และขนมบัวลอย เพื่อดูว่าระหว่างกระบวนการทำสีที่ได้สามารถคงอยู่ได้หรือไม่ จากนั้นนำสีที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ต่อไป แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์คุณภาพการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมไทย

คุณภาพ	**ชนิดที่ 1** **ขนมทับทิมกรอบ**	**ชนิดที่ 2** **ขนมลิ้นจี่**	**ชนิดที่ 3** **ขนมลูกชุบ**	**ชนิดที่ 4** **ขนมบัวลอย**
ลักษณะปรากฏ	 สีติดมันแกวสวย คลุกแป้งแล้วนำมาต้มให้สุก ทับทิมกรอบมีสีคล้ำลดเล็กน้อย	 ขั้นตอนผสมสีกับเม็ดสาคูมีสีโทนแดงสวย พอนึ่งไอน้ำความร้อนสีโทนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล	 สีติดลูกชุบเป็นอย่างดี ชุบวุ้นก็ยังให้สีโทนแดง	 สีติดเม็ดบัวลอยสวย
- ค่าสี				
L*	29.80±0.18^{d}	49.56±1.95^{a}	34.86±1.77^{b}	31.65±0.86^{c}
a*	15.63±1.11^{a}	8.38±0.60^{c}	13.22±1.57^{ab}	12.43±0.99^{b}
b*	0.11±0.18^{b}	12.05±1.79 ^{a}	0.62±0.84^{b}	-1.24±0.14^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมไทย จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์ พบว่า สีสกัดบีทรูทเหมาะสมกับการทำเมนูขนมไทยประเภทต้มกับชุบที่ แต่ไม่เหมาะสมกับการทำเมนูขนมไทยประเภทนึ่ง เนื่องจากการนึ่งใช้ไอน้ำจะใช้ความร้อนที่สูงเพื่อให้ขนมสุก ซึ่งสีสกัดบีทรูทไม่สามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้ สอดคล้องกับอรุษา (2553) ว่าการให้ความร้อนมีผลต่อความคงตัวของบีตาไซยานิน โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ค่าครึ่งชีวิตของบีตาไซยานินในสารสกัดมีค่าลดลง ซึ่งขนมลิ้นจี่ต้องทำการนึ่งเม็ดสาคูให้สุกส่งผลให้บีทรูทสัมผัสกับความร้อนที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้ขนมเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเป็นสีน้ำตาล ส่วนขนมทับทิมกรอบกับขนมบัวลอยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ไม่ได้ทำให้สีบีทรูทเปลี่ยนแปลงไป สอดคล้องกับค่าสีแดงที่ทำการตรวจวัดวิเคราะห์ได้โดยขนมทับทิมกรอบมีค่าสีแดงมากที่สุด รองลงมาคือลูกชุบ บัวลอย และขนมลิ้นจี่ตามลำดับ ส่วนขนมลูกชุบสีบีทรูทสามารถเกาะติดผิวลูกชุบได้เป็นอย่างดี สีสม่ำเสมอกับทั่วทั้งลูก

4.3 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตสีดำจากกาบมะพร้าวเผาเพื่อยืดอายุสีจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

4.3.1 ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน

การศึกษาสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน 3 สูตร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 100 คน ซึ่งเป็นอาจารย์และนักศึกษาสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยใช้วิธี (Least Significant Difference, LSD) วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่าความแตกต่างสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่าความแตกต่างขนมลืมกลืนสูตรพื้นฐาน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่าความแตกต่าง		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ^{ns}	**7.76±0.93**	7.62±0.96	7.64±1.00
สี^{ns}	**7.64±1.04**	7.64±0.89	7.52±1.16
กลิ่น^{ns}	**7.88±0.87**	7.40±0.99	7.62±0.96
รสชาติ^{ns}	**7.82±0.93**	7.56±1.00	7.32±0.97
เนื้อสัมผัส^{ns}	**7.74±0.87**	7.54±1.03	7.32±0.99
ความชอบโดยรวม^{ns}	**7.92±0.83**	7.68±0.91	7.44±1.07

หมายเหตุ: ns (non-significant difference) หมายถึงค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4.10 การศึกษาสูตรพื้นฐานของขนมลืมกลืน 3 สูตร พบว่าผู้ชิมให้การยอมรับในสูตรที่ 1ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีค่าเฉลี่ย 7.76 7.64 7.88 7.82 7.74 และ 7.92 ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงเลือกสูตรขนมลืมกลืนสูตรที่ 1 มาเป็นสูตรพื้นฐาน อยู่ในระดับความชอบมาก ในการศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่าด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.3.2 ผลการศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน

จากการทดลองได้นำสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืนสูตรที่ 1 ที่ผ่านการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสมาศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืนในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 3 เปอร์เซ็นต์ 5 เปอร์เซ็นต์ และ 7 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแป้งถั่วเขียว โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 - Point Hedonic Scale) โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 100 คน ซึ่งเป็นอาจารย์ และนักศึกษาสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยใช้วิธี (Least Significant Difference, LSD) ปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน ดังตารางที่ 4.11 และค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่าความแตกต่างของผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.11 ปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน

วัตถุดิบ	น้ำหนัก (กรัม)		
	3เปอร์เซ็นต์	5เปอร์เซ็นต์	7เปอร์เซ็นต์
ตัวขนมลืมกลืน			
แป้งถั่วเขียว	63	63	63
น้ำตาลทราย	273	273	273
น้ำลอยดอกมะลิ	775	775	775
ผงกาบมะพร้าวเผา	**1.89**	**3.15**	**4.41**
กะทิ	250	250	250
แป้งข้าวเจ้า	25	25	25
เกลือ	4.5	4.5	4.5

ผสมน้ำตาลทราย กับน้ำลอยดอกมะลิ นำขึ้นตั้งไฟพอเดือด ยกลง กรองด้วยผ้าขาวบาง

↓

ผสมแป้งถั่วกับผงกาบมะพร้าวเผาและน้ำลอยดอกมะลิที่เหลือ คนให้เข้ากันจนแป้งละลาย

↓

กรองด้วยผ้าขาวบาง เทใส่กระทะทอง ตั้งไฟกวนพอข้น ค่อยๆเทน้ำเชื่อมที่เตรียมไว้ใส่ทีละน้อยจนหมด กวนต่อจนแป้งใส ยกลง ตักหยอดใส่ถ้วย

↓

ส่วนหน้าขนม ผสมกะทิ แป้งข้าวเจ้า เกลือป่น คนให้เข้ากัน กรองด้วยผ้าขาวบาง เทใส่กระทะทอง กวนจนข้น ตัก หยอดหน้าตัวขนมอย่าให้มิดตัวขนม

↓

ขนมลืมกลืน

แผนภูมิที่ 4.1 ขั้นตอนการทำขนมลืมกลืนเสริมกาบมะพร้าวเผา

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความแปรปรวนของกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่าความแตกต่าง		
	3เปอร์เซ็นต์	5เปอร์เซ็นต์	7เปอร์เซ็นต์
ลักษณะปรากฏ	7.82^{b}±0.69	8.06^{ab}±0.68	**8.14^{a}±0.80**
สี	7.74^{b}±0.79	7.84^{ab}±0.84	**8.04^{a}±0.80**
กลิ่น	7.78^{b}±0.71	7.90^{ab}±0.76	**8.00^{a}±0.78**
รสชาติ	7.82^{b}±0.74	7.88^{ab}±0.99	**7.98^{a}±0.86**
เนื้อสัมผัส	7.64^{b}±0.87	**8.04^{a}±0.92**	8.00^{ab}±0.96
ความชอบโดยรวม	7.80^{b}±0.70	7.98^{ab}±0.77	**8.08^{a}±0.85**

หมายเหตุ: ตัวอักษรแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ0.05

จากตารางที่ 4.12 การศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน 3 ระดับ พบว่า ผู้ชิมให้การยอมรับที่ระดับ 7เปอร์เซ็นต์ ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยมีค่าเฉลี่ย 8.14 8.04 8.00 7.98 และ8.08 ตามลำดับ อยู่ในระดับความชอบมาก และผู้ชิมให้การยอมรับที่ระดับ 5เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแป้งถั่วเขียว ในด้านเนื้อสัมผัส โดยมีค่าเฉลี่ย 8.04 อยู่ในระดับความชอบมาก เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติพบว่า คุณลักษณะในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากผงกาบมะพร้าวเผามีสีดำ และเสริมในขนมลืมกลืนในปริมาณที่ต่างกันน้อยมาก จึงทำให้ไม่มีผลอะไรกับขนมลืมกลืน ในขณะที่มีสีดำที่ได้จากผงกาบมะพร้าวเผา

4.3.3 ผลการศึกษาคุณภาพทางเคมี

การทดลองครั้งนี้ได้นำการศึกษาสูตรพื้นฐาน และขนมลืมกลืนเสริมผงกาบมะพร้าวเผา 7 เปอร์เซ็นต์ มาศึกษาคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณโปรตีน ความชื้น ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ คาร์โบไฮเดรตด้วยวิธี AOAC 2019 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ใช้วิธี (Duncan's New Multiple Range Test, DMRT) ด้วยโปรแกรมทางสถิติ คุณภาพทางเคมีของสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน และการศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน 100 กรัม ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 คุณภาพทางเคมีของสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน และการศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน 100 กรัม

รายการวิเคราะห์		ขนมลืมกลืน(ร้อยละ)	
		สูตรพื้นฐาน	ผงกาบมะพร้าวเผา
พลังงานทั้งหมด	(กิโลแคลอรี)	169.98	**184.82**
คาร์โบไฮเดรต	(กรัม)	41.74	**45.75**
โปรตีน	(กรัม)	0.17	**0.34**
ไขมัน	(กรัม)	0.26	**0.34**
เถ้า	(กรัม)	0.00	0.00
ความชื้น	(กรัม)	**57.83**	53.97

จากตารางที่ 4.13 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน พบว่า มีพลังงานทั้งหมดร้อยละ 169.98 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 41.74 โปรตีนร้อยละ 0.17 ไขมันร้อยละ 0.26 เถ้าร้อยละ 0.00และความชื้นร้อยละ 57.83 สำหรับการศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน มีพลังงานทั้งหมดร้อยละ 184.82 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 45.75 โปรตีนร้อยละ 0.34 ไขมันร้อยละ 0.34 เถ้าร้อยละ 0.00 และความชื้นร้อยละ 53.97 แสดงให้เห็นว่า การศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน มีองค์ประกอบทางเคมีในด้านพลังงานทั้งหมด คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเถ้า มีปริมาณมากกว่าสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน ในด้านความชื้นมีปริมาณที่น้อยกว่า และเถ้ามีปริมาณที่เท่ากันอีกด้วย

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1. ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตสีและกลิ่นจากใบเตยเพื่อยืดอายุสีเขียวจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

ผลของการศึกษาสารละลายเบสต่อคุณภาพทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของน้ำใบเตย พบว่าอัตราส่วนน้ำปูนใส:น้ำ ในระยะ 0 ชั่วโมง ความเข้มข้นของน้ำปูนใสไม่มีผลต่อคลอโรฟิลล์และเมื่อเก็บนานขึ้นคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นที่ 96 ชั่วโมง แต่เมื่อเก็บไว้ที่ 192 ชั่วโมง พบว่าคลอโรฟิลล์ เอ และ คลอโรฟิลล์ บี ลดลงใกล้เคียงระยะ 0 ชั่วโมง และเมื่อความเข้มข้นน้ำปูนใสเพิ่มขึ้นที่ 96 ชั่วโมง และ192 ชั่วโมง ค่า (a*) เพิ่มขึ้น -7.11±0.15 เป็น -7.17±0.03 ในอัตราส่วนที่ 40:60 ในทางกลับกันเมื่อความเข้มข้นของน้ำปูนใสมาก จะทำให้ค่า (b*) ลดลง ที่ 0 และ96 ชั่วโมง โดยมีค่า (b*) สูงสุดอยู่ที่ 8.50±0.02 ในอัตราส่วนที่ 0:100 ในระยะเวลาที่ 192 ชั่วโมง แสดงว่าเมื่อระยะเวลากับความเข้มข้นมากขึ้นทำให้น้ำใบเตยสกัดมีความเหลืองมากขึ้น

อัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำเม็ดบีดส์น้ำใบเตยอยู่ที่ 40:60 ในระยะเวลา 96 ชั่วโมง เนื่องจากอัตราส่วนนี้มีกลิ่นที่หอมใบเตยและไม่เหม็นเขียว ในระยะเวลาที่ 0 ชั่วโมงที่ไม่เหมาะนำมาทำเม็ดบีดส์น้ำใบเตยเพราะว่ายังไม่ผ่านการแช่เย็นและการแยกชั้นทำให้มีกลิ่นที่เหม็นเขียว และในระยะเวลาที่ 192 ชั่วโมงที่ไม่เหมาะทำเม็ดบีดส์น้ำใบเตยเนื่องจากมีสีเหลืองที่เพิ่มขึ้นและมีกลิ่นเหม็นเขียว โดยอัตราส่วนการทำเม็ดบีดส์จะใช้น้ำใบเตยร้อยละ 33.3 และน้ำสะอาดร้อยละ 10.0 ผสมกับโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 0.2 นำมาปั่นรวมกันเป็นเวลา 1 นาทีด้วยความเร็วปานกลาง เมื่อนำน้ำใบเตยสกัดมาทำเป็นบีดส์แล้วจะพบว่ามีการแตกตัวและการห่อหุ้มของเม็ดบีดส์ได้ดี สามารถกักเก็บสีและกลิ่นของใบเตยได้ทำให้เมื่อทานเข้าไปแล้วมีกลิ่นหอมของน้ำใบเตยสกัด

5.2. ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตและยืดอายุการเก็บรักษาสีโทนแดงจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

5.2.1 จากการศึกษากรรมวิธีการผลิตสีโทนแดงที่เหมาะสมจากวัตถุดิบธรรมชาติ

จากการศึกษาสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย พบว่า วัตถุดิบจากแก่นฝางและบีทรูทมาให้ค่าสีแดงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากนั้นการศึกษาวิธีการทำเข้มข้นสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย พบว่า วิธีที่ 1 การตุ๋นแก่นฝาง และวิธีที่ 3

การอบบีทรูท ทุกวิธีควบคุมอุณหภูมิที่ 63-66 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สีสกัดที่ได้มีสีแดงสวย

5.2.2 จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาสีโทนแดงเข้มข้น เจล หรือแบบผงที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาสีโทนแดงเข้มข้น ทำการบรรจุด้วยขวดสีชาปิดฝาและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตรวจวัดค่าสีทุกๆ 7 วันเป็นเวลา 21 วัน พบว่า สีสกัดจากบีทรูทยังคงเป็นสีแดงสดเข้มจนดำมืด ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ฉะนั้นวิธีการสกัดบีทรูทด้วยวิธีการอบเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด โดยมีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยที่สุด

5.2.3 จากการศึกษาคุณสมบัติและการคืนรูปของสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติ

จากการศึกษาการคืนรูปของสีโทนแดงตามสภาวะจำลองของสารละลายกรดด่าง สารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่าง (1-14) พบว่า สีสกัดบีทรูทเมื่อคืนรูปกับสารละลายที่มีค่าความเป็นกรดถึงกลาง (pH1-7) และด่างอ่อนๆ (pH8-9) สีสกัดบีทรูทยังมีสีโทนแดง ส่วนสารละลายที่มีความเป็นด่างที่มีค่าpH 10 สีเริ่มเปลี่ยนเป็นแดงอมม่วง พอสารละลายด่างที่มีค่า pH 11 สีเปลี่ยนเป็นสีม่วงอย่างชัดเจน เมื่อสารละลายด่างสูงขึ้นที่มีค่า pH 12 สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และสารละลายด่างเข้มข้นที่มีค่าpH 13-14 สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอมเขียวอมเหลือง

5.2.4 จากการศึกษาการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย

จากการศึกษาสีสกัดบีทรูทเหมาะสมกับการทำเมนูอาหารประเภทซอสที่ใช้กระบวนการต้ม และเมนูอาหารประเภทผัด แต่ไม่เหมาะสมกับการทำเมนูอาหารประเภทอบหรืออย่างอย่างเมนูหมูแดง เนื่องจากใช้ความร้อนที่สูง ส่วนเมนูขนมไทยสีสกัดบีทรูทเหมาะสมกับประเภทต้มกับซุบ แต่ไม่เหมาะสมกับการทำเมนูขนมไทยประเภทนึ่ง

5.2.5 อภิปรายผล

5.2.5.1 จากการศึกษากรรมวิธีการผลิตสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทยจำนวน 4 ชนิดพบว่า สีของสีสกัดแก่นฝางจะให้สีแดงเข้มสด ต่างจากสีสกัดบีทรูทจะให้สีแดงเข้มออกคล้ำ ส่วนสีสกัดว่านหอมแดงแห้งให้สีแดงมากกว่าแบบสด แต่สีว่านหอมแดงแห้งออกสีแดงคล้ำไปทางน้ำตาลแดง ซึ่งแบบสดให้สีแดงสว่างมากกว่า ในส่วนทางด้านรสชาติและกลิ่น แก่นฝางไม่มีรสชาติ มีกลิ่นแก่งฝางอ่อนๆ บีทรูทรสเหม็นเขียวบีทรูทเล็กน้อย ส่วนว่านหอมแดงสด จะมีกลิ่นและรสชาติที่ขมฝาดน้อยกว่าแบบแห้ง ทางด้านค่าสี ความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสีแดงของแก่นฝางสูงที่สุด รองมาบีทรูท ว่านหอมแดงแห้ง และว่านหอมแดงสดตามลำดับ โดยที่ค่าสีแดงของแก่นฝางกับบีทรูทไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งแก่นฝางมีความสว่างและค่าสีเหลืองมากกว่าบีทรูท ซึ่งค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณภาพด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ทั้ง 4 ชนิด มีความกรดอ่อนๆ ซึ่งค่าแตกต่างกันเล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่า TSS ทั้ง 4 ชนิด ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และค่าค่าเกลือ ทั้ง 4 ชนิด มีค่าเล็กน้อย โดยว่านหอมแดงแห้งมี

ค่าเกลือมากที่สุด ส่วนว่านหอมแดงสด บีทรูท และแก่นฝางมีค่าเกลือไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการศึกษาวิธีการทำเข้มข้นสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย จำนวน 3 วิธี พบว่า วิธีที่ 1 การต้มแก่นฝางแดงกับวิธีที่ 3 การอบบีทรูท มีสีแดงเข้มสวย โดยวิธีที่ 3 จะมีสีดำแดงเข้มมากกว่าวิธีที่ 1 สอดคล้องกับค่าสีแดงที่วิธีที่ 1 มีค่าสีแดงสูงที่สุด รองมาเป็นวิธีที่ 3 และวิธี 2 ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนค่าpH วิธีที่ 1 มีค่าใกล้กลางออกไปทางด่างเล็กน้อย วิธีที่ 2 กับ 3 มีค่าเป็นกรดอ่อนๆ โดยค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ด้านค่า TSS ทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยวิธีที่ 3 มีค่ามากที่สุด รองมาเป็นวิธีที่ 2 กับ 1 ตามลำดับ และด้านค่าเกลือทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งวิธีที่ 1 แก่นฝางตรวจไม่พบปริมาณเกลือ

5.2.5.2 จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาสีโทนแดงเข้มข้น เจล หรือแบบผงที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาสีโทนแดงเข้มข้น จำนวน 2 ชนิด ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่า สีสกัดบีทรูทและแก่นฝาง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะมืดมากสุดที่การเก็บรักษาที่ 0 วัน และจะค่อยๆสว่างขึ้นเรื่อยๆที่ 7, 14 และ21 วันตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนค่าสีแดง (a*) ทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งจะมีค่าสีแดงน้อยสุดที่การเก็บรักษาที่ 0 วัน และค่าสีแดงจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่ 7, 14 และ21 วันตามลำดับ และค่าสีเหลือง (b*) ทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งจะมีค่าสีเหลืองน้อยสุดที่การเก็บรักษาที่ 0 วัน และค่าสีเหลืองจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่ 7, 14 และ21 วันตามลำดับ เนื่องจากสารสกัดสีความเข้มข้นมากจนเป็นสีดำต้องทำการเจือจางในการวัดค่า โดยที่สีสกัดแก่นฝางจะเปลี่ยนเป็นสีดำออกน้ำตาลแดงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 14 และมีตะกอนที่ก้นขวด ส่วนสีสกัดจากบีทรูทยังคงเป็นสีแดงสดเข้มจนดำมืด ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

5.2.5.3 จากการศึกษาคุณสมบัติและการคืนรูปของสีโทนแดงจากวัตถุดิบธรรมชาติ พบว่าการคืนรูปของสีโทนแดงตามสภาวะจำลองของสารละลายกรดด่างสารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่าง (1-14) พบว่า สีสกัดบีทรูทเมื่อคืนรูปกับน้ำที่มีสภาวะจำลองของสารละลายกรดด่าง (1-14) มีการเปลี่ยนแปลง โดยสารละลายกรดด่างที่มีค่าความเป็นกรด กลาง และด่างอ่อนๆ สีสกัดบีทรูทยังมีสีโทนแดง ส่วนสารละลายที่มีความเป็นด่างที่มีค่าpH 10 สีเริ่มเปลี่ยนเป็นแดงอมม่วง พอสารละลายด่างที่มีค่าpH 11 สีเปลี่ยนเป็นสีม่วงอย่างชัดเจน เมื่อสารละลายด่างสูงขึ้นที่มีค่าpH 12 สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และสารละลายด่างเข้มข้นที่มีค่าpH 13-14 สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอมเขียวอมเหลือง

5.2.5.4 ผลการศึกษาการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร จำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ พบว่า สีสกัดบีทรูทเหมาะสมกับการทำเมนูอาหารประเภทซอสที่ใช้กระบวนการต้ม และเมนูอาหารประเภทผัด แต่ไม่เหมาะสมกับการทำเมนูอาหารประเภทอบหรืออย่างอย่างเมนูหมูแดง เนื่องจากใช้ความร้อนที่สูง ซึ่งสีสกัดบีทรูทไม่สามารถทนความร้อนได้สูง สอดคล้องกับอรุษา (2553) ว่า การให้ความร้อนมีผลต่อความคงตัวของบีตาไซยานิน โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ค่าครึ่งชีวิตของบีตาไซ

ยานินในสารสกัดมีค่าลดลง ซึ่งซอสเย็นตาโฟควบคุมอุณหภูมิการผลิตไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส และหมี่ผัดชมพูการผัดไปมาทำให้สีสกัดบีทรูทไม่ได้สัมผัสกับความร้อนที่กระทะเป็นเวลานาน จึงส่งผลให้เส้นหมี่ยังมีสีชมพูสวย สอดคล้องกับค่าสีแดงที่ทำการตรวจวัดวิเคราะห์ได้โดยซอสเย็นตาโฟมีสีแดงมากที่สุด รองลงมาคือหมี่ผัดชมพู และหมูแดงตามลำดับ ส่วนการนำสีโทนแดงไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมไทย จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์ พบว่า สีสกัดบีทรูทเหมาะสมกับการทำเมนูขนมไทยประเภทต้มกับชุบ แต่ไม่เหมาะสมกับการทำเมนูขนมไทยประเภทนึ่ง เนื่องจากการนึ่งใช้ไอน้ำจะใช้ความร้อนที่สูงเพื่อให้ขนมสุก ซึ่งสีสกัดบีทรูทไม่สามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้ สอดคล้องกับอรุษา (2553) ว่า การให้ความร้อนมีผลต่อความคงตัวของบีตาไซยานิน โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ค่าครึ่งชีวิตของบีตาไซยานินในสารสกัดมีค่าลดลง ซึ่งขนมลิ้นจี่ต้องทำการนึ่งเม็ดสาคูให้สุกส่งผลให้บีทรูทสัมผัสกับความร้อนที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้ขนมเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเป็นสีน้ำตาล ส่วนขนมทับทิมกรอบกับขนมบัวลอยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ไม่ได้ทำให้สีบีทรูทเปลี่ยนแปลงไป สอดคล้องกับค่าสีแดงที่ทำการตรวจวัดวิเคราะห์ได้โดยขนมทับทิมกรอบมีค่าสีแดงมากที่สุด รองลงมาคือลูกชุบ บัวลอย และขนมลิ้นจี่ตามลำดับ ส่วนขนมลูกชุบสีบีทรูทสามารถเกาะติดผิวลูกชุบได้เป็นอย่างดี สีสม่ำเสมอกับทั่วทั้งลูก

5.3 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตสีดำจากกาบมะพร้าวเผาเพื่อยืดอายุสีจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

จากการศึกษาสูตรพื้นฐานของขนมลืมกลืน 3 สูตร พบว่าผู้ชิมให้การยอมรับในสูตรที่ 1 ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีค่าเฉลี่ย 7.76 7.64 7.88 7.82 7.74 และ 7.92 ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงเลือกสูตรขนมลืมกลืนสูตรที่ 1 มาเป็นสูตรพื้นฐาน อยู่ในระดับความชอบมาก ในการศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่าด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน 3 ระดับ พบว่า ผู้ชิมให้การยอมรับที่ระดับ 7% ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยมีค่าเฉลี่ย 8.14 8.04 8.00 7.98 และ 8.08 ตามลำดับ อยู่ในระดับความชอบมาก และผู้ชิมให้การยอมรับที่ระดับ 5% ของน้ำหนักแป้งถั่วเขียว ในด้านเนื้อสัมผัส โดยมีค่าเฉลี่ย 8.04 อยู่ในระดับความชอบมาก เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติพบว่า คุณลักษณะในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากผงกาบมะพร้าวเผามีสีดำ และเสริมในขนมลืมกลืนในปริมาณที่ต่างกันน้อยมาก จึงทำให้ไม่มีผลอะไรกับขนมลืมกลืน ในขณะที่มีสีดำที่ได้จากผงกาบมะพร้าวเผา

จากการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน พบว่า มีพลังงานทั้งหมดร้อยละ 169.98 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 41.74 โปรตีนร้อยละ 0.17 ไขมันร้อยละ 0.26 เถ้าร้อยละ 0.00 และความชื้นร้อยละ 57.83 สำหรับการศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน มีพลังงานทั้งหมดร้อยละ 184.82 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 45.75 โปรตีนร้อยละ 0.34 ไขมันร้อยละ 0.34 เถ้าร้อยละ 0.00 และความชื้นร้อยละ 53.97 แสดงให้เห็นว่า การศึกษาปริมาณผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน มีองค์ประกอบทางเคมีในด้านพลังงานทั้งหมด คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเถ้ามีปริมาณมากกว่าสูตรพื้นฐานขนมลืมกลืน ในด้านความชื้นมีปริมาณที่น้อยกว่า และเถ้ามีปริมาณที่เท่ากันอีกด้วย

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.1 สามารถนำผลิตภัณฑ์เม็ดบีดส์น้ำใบเตยไปแปรรูปเพื่อเพิ่มความหลากหลายทางผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและของหวาน

5.2.1 ควรศึกษาการใช้ผงกาบมะพร้าวเผาในขนมไทยและเหมาะกับการกวน เช่น ตะโก้ เปียกปูน เป็นต้น

5.2.2 ควรศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของลืมกลืนจากกาบมะพร้าวเผา

5.2.3 ผงกาบมะพร้าวเผาสามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรีหลายชนิด เช่น เค้ก ขนมปัง ครีมแต่งหน้าเค้ก ครีมสอดไส้เค้ก เป็นต้น

บรรณานุกรม

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2535). **โภชนาการเพื่อสุขภาพ.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก

กลอยใจ เชยกลิ่นเทศ. (2556). **การผลิตสีผงสำหรับผสมอาหารจากวัสดุธรรมชาติด้วยวิธีการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย**. โครงการวิจัย มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี. 94 หน้า.

เคมีการเกษตร. ม.ป.ป. **แคลเซียมคลอไรด์**. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 15 กันยายน 2565, จาก : https://www.siamchemi.com/

จุฬาลักษณ์ ชูพรหม และ ทิพรัตน์ หงภัทรคีรี. (2553). **การห่อหุ้มเซลล์โปรไบโอติกร่วมกับพรีไบโอติกและศึกษาการรอดชีวิตในสภาวะที่เป็นกรดและเกลือน้ำดีในหลอดทดลอง.** วิทยานิพนธ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ชลลดา สุภาพ และ ธวัลรัตน์ วณิชย์โยธิน. (2562). **การห่อหุ้มน้ำมะพร้าวน้ำหอมด้วยโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์.** โครงงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

นิดา. (2555). เตยหอม ปลูกง่าย ใช้สารพัดประโยชน์. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 4 กันยายน 2565, จาก : https://krua.co/food_story/Pandanus-Palm.com

นิศานันท์ ตามกาล ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. (2558). **คุณสมบัติทางกายภาพและสารหอมระเหยของใบเตยหอม (Pandanus amarylifolius Roxb.)** สกัดด้วยน้ำ. วารสารวิทยาศาตร์เกษตร 46(3)(พิเศษ): 145-148.

นฤมล น้อยหวอย. (2551). **ผลของตัวทำละลายที่ใช้สกัดและการแปรรูปต่อคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันและสารประกอบกลุ่มไตรเทอร์ปีนในบัวบก** (Centella asiatica (Linn.)Urban). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ปูนแดง. ม.ป.ป. **น้ำปูนใสและประโยชน์น้ำปูนใส**. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 3 กันยายน 2565, จาก : https://www.Siamchemi.com/น้ำปูนใส.

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. (2546). **ผลของอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และเกลือสังกะสีคลอไรด์ต่อความคงตัวของสีเขียวของสารสกัดใบเตย.** วารสารอาหาร 33(4): 277-282.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. ม.ป.ป. **Pandanus ใบเตย**. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 12 กันยายน 2565, จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2564/pananus-ใบเตย

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. ม.ป.ป. **เอนแคปซูเลท.** [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 3 กันยายน 2565, จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0675/encapsilation.

เยาวดี รุ่งเรือง. (2552). **ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดคลอโรฟิลล์และความคงตัวของสารสกัดคลอโรฟิลล์จากผักเหมี่ยง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วรางคณา สมพงษ์. (2542). **การผลิตน้ำใบเตยผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง.** รายงานวิจัยภาควิชาวิทศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. ปทุมธานี. 71 หน้า.

วิจิตรา เหลียวตระกูล วชิรญา เหลียวตระกูล และ ธนาธิป หงส์ทองสุข. (2564). **ผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นในการสกัดต่อคุณภาพของน้ำใบเตย.** คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

สัณฑ์ ละอองศรี. (2551). **การศึกษาปริมาณคลิโรฟิลล์ในใบชาสด.** โครงการวิจัยชาน้ำมัน. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สุนทรี วราอุบล. (2545). **การผลิตผลิตภัณฑ์น้ำใบเตยผง.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต: ปทุมธานี.

สมบูรณ์ องค์วรกุล. (2526). **เตยหอม (ไมโครฟีช ลำดับ 19722).** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติกรุงเทพฯ.

Andres-Bello, A., V. Barreto-Palacios, P. Garcia-Segovia, J. Mir-Bel and J. Martinez-Monzo. (2013). Effect of pH on color and texture of food products. **Food Engineering Reviews** 5: 158-170.

Beristain et al., (1996). C.I. Beristain, A. Vazquez, H.S. Garcia, E.J. **Vernon-Carter Encapsulation of orange peel oil by cocrystallization.** LWT, 29: 645-647

Buttery, R.G., Ling, L.C. and Juliano, B.O., (1982). **2-Acetyl-1-Pyrroline:** An important aroma component of cooked rice. Chemistry and Industry. 4: 958-959.

Carpenter, 1949; Smith and Livingston, 1945 ประโยชน์ของคลอโรฟิลล์ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.repository.rmutt.ac.th › RMUTT-170333.com

Chaovanalikit, A., & Itthisoponkul, T. (2011). **Natural colorants from mangosteen rinds.** Bangkok: Srinakharinwirot University.

Cheeptham, N., and G.H.N. Towers. (2002). **Light-mediated activities of some Thai medicinal plant teas.** Fototerapia. 73: 651-662.

Cheep tham and Towers (2002). **Total synthes is of four Pandanus alkaloids.:** pandamarilactonine - A and – Band thein chemical precursors norpandamarilactonine – A and – B.Tetrabron Letters 43: 5583-5558.

Cubas, C., Lobo, M.G. and Gonzalez, M. (2008). **Optimization of the extraction of chlorophyll in green beans (Phaseolusris Li) by N,N-dimethylformamide using response surface methodology.** Journal of Food Composition and Analysis. 21: 125-133.

DzieZak, J.D. (1988). Microencapsulation and encapsulated ingredients. **J. Food technology.** 2 (4): 36-151.

Ferruzzi, M.G. and Blakeslee, J. (2007). Apparent absorption of chlorophyll from spinach in an assay with dogs. **International Food Science.** Innovative Food Science and Emerging Technologies. 8: 426-432.

Goubet et al., (1998) . Goubet, J.L. Le Quere, A. Voilley. **Retention of aroma compounds by carbohydrates: influence of their physicochemical characteristics and of their physical state.** J. Agric. Food Chem. 48: 1981-1990.

Herrera et al, (1989). **The modulation of fluorouracil with leucovorin in metastatic colorectal carcinoma: a prospective randomized phase III trial. Gastrointestinal Tumor Study Group.**

Hojnik, M., Skerget, M. and Knez, Z. (2007). **Isolation of chlorophylls from stinging nettle (Urtica dioica L.).** Separation and Purification Technology. 57: 37-46.

Jiang. J. (1999). Volatile composition of pandan leaves (Pandanus amaryllifolius), pp.105-109. In Shahidi, F. and C.T. Ho, ed. **Flavor Chemistry of Ethnic Foods.** Kluwer Acedemic/Plenurn Publishers, New York.

Koca, A., F Karadeniz and H.S. Burdurlu. (2006). Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas. **Food Chemistry** 100: 609-615.

Laksanalamai, V and Ilangantileke, S. (1993). **Comparison of aroma compound (2-acetyl-1-pyrroline) in leaves from pandan (Pandanus amaryllifolius) and Thai Fragrant rice (Khao Pawk Mali 105).** Cereal Chemistry. 70(4) : 381-384.

Nadiha, M.Z., A. Fazilah, R. Bhat and A.A. Karim. 2010. Comparative susceptibilities of sago, potato and corn starches to alkali treatment. **Food Chemistry** 121: 1053-1059.

Peungvicha P.et.al, 1998 ใบเตย [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.foodnetworksolution.com/

Phillips, G. O. and Williams, P. A., (2000). **Handbook of Hydrocolloids.** Eds.; CRC Press, Cambridge, Elsevier. 155-168.

Reinecclus, G.A. (1991). Flavor encapsulation. **J. Food Review International.** 5(2): 147-176.

Shahidi F. and Han, X.Q. (1993). **Encapsulation of Food Ingredients. Critical Reviews in Food Science & Nutrition.** 33: 501-547.

Siamchemi, 2017.ปูนแดง [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 4 กันยายน 2565, เข้าถึงได้จาก: www.siamchemi.com/น้ำปูนใส/

Simonich, M.t., P.A. Egner, B.D. Roebuck. (2007). **Natural chlorophyll inhibits aflatoxin B1 – induced multi-organ carcinogenesis in the rat.** Carcinogenesis. 28: 1294-1302.

Takeoga G. (1999). **Flavor Chemistry of Vegetables**. In Teranishi R., Emily L.W. and Irwin H, ed. Flavor Chemistry: 30 Years of Progress. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. 287-304p.

TCS Smart. ม.ป.ป. **โซเดียมอัลจิเนต.** [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 21 กันยายน 2565, จาก : hattp://www.tcs-smart.com/product/sodium-alginate.

Von Elbe, J.H. and Schwartz, S.J.(1996). **Colorants. In Food Chemistry**. 3rd ed. (Fennema, O.R. ed.). Marcel Dekker, Inc, New York.

Wrolstand, R.E. (2001). **Current protocols in Food Analytical Chemistry**. Vol. 1. John Wiley and Son. New York.

Zhang, D., Ivane, N. M., Haruna, S. A., Zekrumah, M., Elysé, F. K. R., Tahir, H. E., & Zou, X. (2022). **Recent trends in the micro-encapsulation of plant-derived compounds and their specific application in meat as antioxidants and antimicrobials.** Meat Science: 108-842.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สูตรมาตรฐาน กรรมวิธีการผลิตสีจากธรรมชาติ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิต

สูตรมาตรฐานเม็ดบีดส์น้ำใบเตย

ตารางที่ ก.1 สูตรน้ำใบเตย

ส่วนผสม	กรัม	ร้อยละ
ใบเตย	300	33.3
น้ำปูนใส	240	41.67
น้ำสะอาด	360	27.78

ตารางที่ ก.2 สูตรการทำเม็ดบีดส์น้ำใบเตย

ส่วนผสม	กรัม	ร้อยละ
น้ำใบเตย	150	66.67
โซเดียมอัลจิเนต	2	0.2
แคลเซียมคลอไรด์	3	0.3
น้ำสะอาด	550	18.18

ขั้นตอนการผลิตน้ำใบเตย

กรรมวิธีการผลิตน้ำใบเตย

ตัดโคนแล้วเอาส่วนใบอ่อนออกเสร็จแล้วล้างเลือกใบสีเขียวเข้ม
ล้างด้วยน้ำสะอาดหั่นเป็นชิ้นเล็กๆแล้วพึ่งให้แห้ง

↓

จากนั้นแช่น้ำปูนใสด้วยอัตราส่วนร้อยละ 8.0 ต่อน้ำร้อยละ 10.0 รอให้น้ำปูนแยกชั้นกันแล้วกรองเอา
ส่วนใสผสมใบเตยและน้ำสะอาดในอัตราส่วนต่างๆ ปั่นรวมกัน 1 นาที ในความเร็วปานกลาง

↓

กรองด้วยผ้าข้าวบาง บรรจุใส่ขวดพลาสติกที่เตรียมไว้ ขวดละ 300 ml.
เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส รอน้ำใบเตยสกัดแยกชั้น 96 ชั่วโมง

↓

แผนภูมิที่ ก.1 กรรมวิธีการผลิตน้ำใบเตยสกัด

กรรมวิธีการทำเม็ดบีดส์น้ำใบเตย

ชั่งสารแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.6 ต่อน้ำสะอาดร้อยละ 20.0
ผสมลงในน้ำสะอาดคนให้ละลายแล้วพักไว้

ชั่งน้ำใบเตยที่ได้จาก 3.4.1 ร้อยละ 66.67 และน้ำสะอาดร้อยละ 20.0
ผสมกับผงโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 0.2
แล้วน้ำมาปั่นเป็นเวลา 1 นาทีด้วยความเร็วปานกลาง

นำน้ำใบเตยที่ได้ปั่นมาใส่ขวดบีบซอส 240 ml. ทำการหยดเป็นเม็ดกลมลงในน้ำแคลเซียมคลอไรด์
ที่พักไว้ จากนั้นนำกระชอนสแตนเลส ช้อนเม็ดบีดส์น้ำใบเตยขึ้นสเด็ดน้ำแล้วพักไว้ในภาชนะ

แผนภูมิที่ ก.2 กรรมวิธีการทำเม็ดบีดส์น้ำใบเตย

คำนวณต้นทุนทั้งหมด

1.ราคาต้นทุนของผลิตภัณฑ์เม็ดบีดส์น้ำใบเตย

ตารางที่ ก.3 ต้นทุนในการผลิตเม็ดบีดส์น้ำใบเตยและบรรจุภัณฑ์ของผู้บริโภคใน 1 สูตร

วัตถุดิบ	จำนวนที่ใช้ (กรัม)	ราคาสินค้า (บาท)
ใบเตย	300	10
น้ำเปล่า	910	9.1
น้ำปูนใส	240	6
โซเดียมอัลจิเนต	2	2
แคลเซียมคลอไรด์	3	3
ขวดโหลใส	1	29
รวม	1456	59.1

2. โสหุ้ย ร้อยละ 40 = 6.87

ต้นทุนทั้งหมด = 59.1

ในการผลิตจะได้เม็ดบีดส์น้ำใบเตยทั้งหมด 1 ขวดโหลใส ราคา 29 บาท

หมายเหตุ : ต้นทุนในการผลิตเม็ดบีดส์น้ำใบเตยมีราคาสูงเนื่องจากมีค่าบรรจุภัณฑ์ที่สูงจากการผลิตที่น้อย

ข้อแนะนำ : ถ้าเป็นการผลิตในระดับโรงงานหรือผลิตในปริมาณที่มากๆต้นทุนในการผลิตจะถูกลง เนื่องจากกการสั่งซื้อวัตถุดิบ และบรรจุภัณฑ์ในปริมาณที่มากจะทำให้ต้นทุนการผลิตน้อยลง

หากไม่สามารถผลิตในปริมาณที่มากได้อาจเปลี่ยนลักษณะบรรจุภัณฑ์เป็นซองที่มีขนาดเล็กต้นทุนก็จะน้อยลง

ผลิตภัณฑ์สีโทนแดงจากบีทรูท

ส่วนผสม

บีทรูท

วิธีทำ

1. นำบีทรูทมาปอกเปลือก และล้างน้ำในสะอาด
2. นำมาหั่นบางๆ จากนั้นนำเข้าเครื่องสกัดน้ำ
3. นำน้ำที่ได้มาอบด้วยตู้อบลมร้อน 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. นำมาบรรจุขวด ติดฉลาก พร้อมใช้งาน

การใช้ผงกาบมะพร้าวเผาเสริมในขนมลืมกลืน

ส่วนผสมตัวขนม

แป้งถั่วเขียว	63	กรัม
น้ำลอยดอกมะลิ	775	กรัม
น้ำตาลทราย	273	กรัม
ผงกาบมะพร้าวเผา	1.89	กรัม

ส่วนผสมหน้าขนม

กะทิ	250	กรัม
แป้งข้าวเจ้า	25	กรัม
เกลือป่น	4.5	กรัม

วิธีทำ

1.ผสมน้ำตาลทราย กับน้ำลอยดอกมะลิ 3 ถ้วย นำขึ้นตั้งไฟพอเดือด ยกลง กรองด้วยผ้าขาวบาง

2.ผสมแป้งถั่วกับน้ำลอยดอกมะลิที่เหลือ คนให้เข้ากันจนแป้งละลาย

3.กรองด้วยผ้าขาวบาง เทใส่กระทะทอง ตั้งไฟกวนพอข้น ค่อยๆเทน้ำเชื่อมที่เตรียมไว้ใส่ทีละน้อยจนหมด กวนต่อจนแป้งใส ยกลง ตักหยอดใส่ถ้วย

4.ผสมกะทิ แป้งข้าวเจ้า เกลือป่น คนให้เข้ากัน กรองด้วยผ้าขาวบาง เทใส่กระทะทอง กวนจนข้น ตักหยอดหน้าตัวขนมอย่าให้มิดตัวขนม

ภาคผนวก ข

ฉลากและบรรจุภัณฑ์

HEC RMUTP
สีผสมอาหาร
เขียว
ปริมาณ 30 ml.

HEC RMUTP
สีผสมอาหาร
โทนแดง
จากบีทรูทเข้มข้น
ปริมาณ 30 ml.

HEC RMUTP
สีผสมอาหาร
ดำ
ปริมาณ 30 กรัม

สีผสมอาหาร
ดำ
ปริมาณ 30 กรัม

ภาคผนวก ค

การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี โดยนำผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทย สีเขียวใบเตย สีแดงจากบีทรูท และสีดำจากกากมะพร้าวเผาผง สามารถคงอยู่ได้ดีตลอดกระบวนการผลิต ทั้งผลิตภัณฑ์อาหารและขนมไทยชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

การตรวจวิเคราะห์ค่าสีตามวิธีของ AOAC,2000

วิธีวิเคราะห์

1. โดยทำการจากเครื่องวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อ KONIA MINOLTA รุ่นCM-3500d โดยวัดค่าการส่องผ่านของแสง (Transmittance) ประกอบหัววัด และadapter เข้ากับตัวเครื่อง เปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที

2. สถานะการทำงานของเครื่อง โดยกด index set แล้วกด enter

3. calibrate เครื่องทุกครั้งที่มีการใช้งานโดยการกด color space select เพื่อเลือกระบวน

การวัดเป็นระบบ Y, x, y จึงกดปุ่ม calibrate หน้าจอจะขึ้นค่า Y, x, y จึงกดปุ่ม calibrate หน้าจอจะขึ้นค่า Y, x, y ของแผ่นสีมาตราฐาน แล้วนำแผ่นเสียบสีมาตรฐานที่ต้องการเทียบมาวางบนหัววัด แล้วกด measure เครื่องวัดค่าเสร็จ

4. กด color space select เพื่อเลือกใช้ระบบที่ต้องการวัดค่า (ในที่นี้เลือกใช้ระบบ L*, a*, b*)

5. นำตัวอย่างมาทำการวัดโดยใช้ทาเกตของแข็งขนาด 10 ml. และกด measure

6. บันทึกค่า L*, a*, b* ที่หน้าจอแสดงผลออกมา

หมายเหตุ: ค่า L* แสดงค่าความสว่าง มีตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว) a* แสดงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว (ค่า + จะแสดงค่าสีแดง, ค่า - จะแสดงค่าสีเขียว) และ b* แสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (ค่า + จะแสดงค่าสีเหลือง, ค่า - จะแสดงค่าสีน้ำเงิน)

การตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC, 2000

นำตัวอย่างมาตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Santorius รุ่น FB-10 โดยปรับค่ามาตรฐานในการวัดแต่ละครั้งด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.00, 7.00 และ 10.00 ตามลำดับ

วิธีการวิเคราะห์

1. เสียบปลั๊กจากนั้นทำการ Calibrate ด้วย Buffer 4,7,10 ตามลำดับ โดยใช้น้ำกลั่นในการทำความสะอาด

2. นำหัวจุ่มลงในตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ อ่านค่าที่ได้เมื่อสัญลักษณ์ S ปรากฏ

3.จากนั้นล้างหัววัด แล้วดึงปลั๊กออก

การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง Spectrophotometer รุ่น Spectronic 20

วิธีการวิเคราะห์

1. เสียบปลั๊กและเปิดสวิสตซ์เครื่อง Spectrophotometer ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที
2. หมุนปุ่ม Go to เลือกความยาวคลื่นที่ต้องการวัดค่า
3. นำตัวอย่าง Blank ใส่ลงใน Cuvette แล้วนำไปใส่ในช่อง Cuvette ปิดฝาแล้วกดปุ่ม zero
4. นำตัวอย่างที่ต้องการวัดค่าใส่ลงใน Cuvette แล้วนำไปใส่ในช่อง Cuvette ปิดฝาและอ่านค่าตัวเลขที่ปรากฏบนหน้าจอ
5. ปิดสวิสตซ์และถอดปลั๊ก

ประวัตินักวิจัย

ข้อมูลหัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย): ดร.เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ): Dr.Kasarin Pedcharat

2. หน่วยงาน หมายเลขโทรศัพท์มือถือ และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

- หน่วยงาน: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
- หมายเลขโทรศัพท์มือถือ: 081-3556629
- E-mail: kasarin.m@rmutp.ac.th

3. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	คุณวุฒิและสถานศึกษา	ปีที่จบการศึกษา
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต	(พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2566
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	(พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2553
วิทยาศาสตรบัณฑิต	(พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2546

4. สมรรถนะด้านการวิจัย

- ผลงานตีพิมพ์

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อวารสาร	ระดับชาติ/นานาชาติ	ปีที่ตีพิมพ์
1	Physicochemical properties of rice flour as affected by alkaline soaking and washing treatments	International Journal of Food Science & Technology	นานาชาติ	2021
2	Selected physicochemical properties of rice flour, modified tapioca starch, and their mixtures after a limewater soaking treatment	International Journal of Food Science & Technology	นานาชาติ	2023

- ผลงานทรัพย์สินทางปัญญา

ลำดับ	ชื่อผลงาน	ประเภท	สถานะ	ปีที่ยื่น
	-			

5. ระบุประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

ลำดับ	ชื่อโครงการ / แผนงาน	ปีงบประมาณ	แหล่งทุน	งบประมาณ (บาท)	หน้าที่ความรับผิดชอบ (หัวหน้าโครงการ/ผู้ร่วมวิจัย)
1	การพัฒนาศักยภาพกรรมวิธีการผลิตสีธรรมชาติแบบครบวงจรเพื่องานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรี เพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน	2566	2566	419,400 บาท	ผู้อำนวยการแผนงานและหัวหน้าโครงการวิจัย
2	การพัฒนาลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียมแปรรูปมูลค่าเพิ่มสูงจากกระท้อนตกเกรดและส่วนเหลือทิ้งเพื่อกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์ด้านอาการ จังหวัดลพบุรี สู่การแข่งขันเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน	2565	2565	151,600 บาท	หัวหน้าโครงการวิจัย
3	การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไทยมูลค่าเพิ่มสูงจากกระท้อนตกเกรดและส่วนเหลือทิ้งเพื่อกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์ด้านอาหาร จังหวัดลพบุรีสู่การแข่งขันเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน	2565	2565	151,600 บาท	ผู้ร่วมวิจัย

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 2

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย): นางสาวดวงรัตน์ แซ่ตั้ง

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ): Miss. Duangrat Saetang

2. หน่วยงาน หมายเลขโทรศัพท์มือถือ และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

- หน่วยงาน: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
- หมายเลขโทรศัพท์มือถือ: 085-064-1389
- E-mail: duangrat.s@rmutp.ac.th

3. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	คุณวุฒิและสถานศึกษา	ปีที่จบการศึกษา
ปริญญาโท	คศ.ม. (คหกรรมศาสตร์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2550
ปริญญาตรี	คศ.บ. (อาหารและโภชนาการ-พัฒนาผลิตภัณฑ์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2560

4. สมรรถนะด้านการวิจัย

- ผลงานตีพิมพ์

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อวารสาร	ระดับชาติ/นานาชาติ	ปีที่ตีพิมพ์
1.	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยกึ่งสำเร็จรูปจากรำข้าว	การประชุมวิชาการระดับชาติ “สืบสานศาสตร์ศิลป์ส่งเสริมสยามสู่ความยั่งยืน” มหาวิทยาลัยสวนดุสิตวิทยาเขต สุพรรณบุรี	ระดับชาติ	2561
2.	การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์จากข้าวหักและส่วนเหลือทิ้งจากข้าวสำหรับผู้บริโภค	การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ครั้งที่ 11 “วิถีราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรม เพื่อสร้างสรรค์เศรษฐกิจและสังคม”	ระดับชาติ	2562

- ผลงานทรัพย์สินทางปัญญา ที่ได้รับและที่อยู่ระหว่างยื่นจด (ระบุชื่อผลงานประเภท และสถานะ)

ลำดับ	ชื่อผลงาน	ประเภท	สถานะ	ปีที่ยื่น
-	-	-	-	-

5. ระบุประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

ลำดับ	ชื่อโครงการ / แผนงาน	ปีงบประมาณ	แหล่งทุน	งบประมาณ (บาท)	หน้าที่ความรับผิดชอบ (หัวหน้าโครงการ/ผู้ร่วมวิจัย)
1	การยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นจากกระเจี๊ยบแดงที่ใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวาน	2563	งบรายได้	10,000	หัวหน้าโครงการวิจัย
2	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงสังขยาใบเตยกึ่งสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ	2565	งบรายได้	21,000	หัวหน้าโครงการวิจัย
3	การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไทยมูลค่าเพิ่มสูงจากกระท้อนตกเกรดและส่วนเหลือทิ้งเพื่อกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์ด้านอาหารจังหวัดลพบุรีสู่การแข่งขันเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน	2565	งบประมาณรายจ่าย	151,600	หัวหน้าโครงการวิจัย
4	การพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกแกงก้อนเพื่อการผลิตในเชิงพาณิชย์	2561	งบประมาณรายจ่าย	229,000	ผู้ร่วมวิจัย

ลำดับ	ชื่อโครงการ / แผนงาน	ปีงบประมาณ	แหล่งทุน	งบประมาณ (บาท)	หน้าที่ความรับผิดชอบ (หัวหน้าโครงการ/ผู้ร่วมวิจัย)
5	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยกึ่งสำเร็จรูปจากรำข้าวเพื่อเพิ่มมูลค่าเศรษฐกิจไทย	2561	งบประมาณรายจ่าย	264,300	ผู้ร่วมวิจัย
6	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวผัดไทยกึ่งสำเร็จรูปเพื่อคุณภาพในเชิงพาณิชย์	2561	งบประมาณรายจ่าย	152,700	ผู้ร่วมวิจัย
7	คู่มือข้อมูลของนมและผลิตภัณฑ์นมเพื่อการบริโภคสำหรับพระภิกษุสงฆ์	2561	งบประมาณรายจ่าย	24,000	ผู้ร่วมวิจัย
8	การยืดอายุการเก็บรักษาขนมจีนในภาชนะบรรจุร่วมกับสภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันสู่เชิงพาณิชย์เพื่อวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดภาคกลางตอนล่าง	2562	งบประมาณรายจ่าย	**19,000**	ผู้ร่วมวิจัย
9	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากหยวกกล้วยและส่วนเหลือทิ้งในการผลิตกล้วยตากของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านบางตาโฉมจังหวัดสิงห์บุรีสู่เชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน	2562	งบประมาณรายจ่าย	267,400	ผู้ร่วมวิจัย

ลำดับ	ชื่อโครงการ / แผนงาน	ปีงบประมาณ	แหล่งทุน	งบประมาณ (บาท)	หน้าที่ความรับผิดชอบ (หัวหน้าโครงการ/ผู้ร่วมวิจัย)
10	การพัฒนาเปลือกและหยวกกล้วยหยีจากส่วนเหลือทิ้งในการผลิตกล้วยตากของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านบางตาโฉม	2562	งบประมาณรายจ่าย	267,300	ผู้ร่วมวิจัย
11	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยกึ่งสำเร็จรูปจากรำข้าวเพื่อเพิ่มมูลค่าเศรษฐกิจไทย	2562	งบประมาณรายจ่าย	153,580	ผู้ร่วมวิจัย
12	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เปลือกและหยวกกล้วยหยีจากส่วนเหลือทิ้งในการผลิตกล้วยตากของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านบางตาโฉม (ปี2)	2563	งบประมาณรายจ่าย	150,000	ผู้ร่วมวิจัย
13	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากหยวกกล้วยและส่วนเหลือทิ้งในการผลิตกล้วยตากของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านบางตาโฉม จังหวัดสิงห์บุรีสู่เชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน (ปี2)	2563	งบประมาณรายจ่าย	150,000	ผู้ร่วมวิจัย
14	การพัฒนาศักยภาพผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อผู้สูงอายุจากส่วนเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวผักหวานป่าของกลุ่มเกษตรกร จังหวัดสระบุรีสู่เชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน	2563	งบประมาณรายจ่าย	350,000	ผู้ร่วมวิจัย

ลำดับ	ชื่อโครงการ / แผนงาน	ปีงบประมาณ	แหล่งทุน	งบประมาณ (บาท)	หน้าที่ความรับผิดชอบ (หัวหน้าโครงการ/ผู้ร่วมวิจัย)
15	การพัฒนาศักยภาพบรรจุภัณฑ์เพื่อผู้สูงอายุจากส่วนเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยว ผักหวานป่าของกลุ่มเกษตรกรจังหวัดสระบุรีสู่เชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน	2563	งบประมาณรายจ่าย	350,000	ผู้ร่วมวิจัย
16	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปผักสำเร็จรูปสำหรับผู้สูงอายุ	2564	งบประมาณรายจ่าย	380,000	ผู้ร่วมวิจัย
17	การศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมปังด้วย Calcium propionate Acetic acid และ Sorbic acid	2564	งบประมาณรายได้	17,000	ผู้ร่วมวิจัย
18	บรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษากระท้อนสดของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกระท้อน จังหวัดลพบุรี สู่การแข่งขันเชิงพาณิชย์ อย่างยั่งยืน	2565	งบประมาณรายจ่าย	151,600	ผู้ร่วมวิจัย
19	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมและอาหารว่างไทยมูลค่าเพิ่มสูงจากกระท้อนตกเกรดและส่วนเหลือทิ้งเพื่อกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์ด้านอาหาร จังหวัดลพบุรีสู่การแข่งขันเชิงพานิชยอย่างยั่งยืน	2565	งบประมาณรายจ่าย	151,600	ผู้ร่วมวิจัย

ลำดับ	ชื่อโครงการ / แผนงาน	ปีงบประมาณ	แหล่งทุน	งบประมาณ (บาท)	หน้าที่ความรับผิดชอบ (หัวหน้าโครงการ/ผู้ร่วมวิจัย)
20	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมูลค่าเพิ่มสูงจากกระท้อนตกเกรดและส่วนเหลือทิ้งเพื่อกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์ด้านอาหาร จังหวัดลพบุรีสู่การแข่งขันเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน	2565	งบประมาณรายจ่าย	151,600	ผู้ร่วมวิจัย
21	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เทียมแปรรูปมูลค่าเพิ่มสูงจากกระท้อนตกเกรดและส่วนเหลือทิ้งเพื่อกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์ด้านอาหาร จังหวัดลพบุรีสู่การแข่งขันเชิงพานิชย์อย่างยั่งยืน	2565	งบประมาณรายจ่าย	151,600	ผู้ร่วมวิจัย
22	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงสังขยาใบเตยกึ่งสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ	2565	งบประมาณรายได้	21,000	หัวหน้าโครงการ
23	การยกระดับการใช้ประโยชน์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบท้องถิ่นจากหน่อกะลาแบบบูรณาการของชุมชนเกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรีสู่การแข่งขันเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน	2566	งบประมาณรายจ่าย	580,250	หัวหน้าชุดโครงการวิจัย

ลำดับ	ชื่อโครงการ / แผนงาน	ปีงบประมาณ	แหล่งทุน	งบประมาณ (บาท)	หน้าที่ความรับผิดชอบ (หัวหน้าโครงการ/ผู้ร่วมวิจัย)
24	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากสารสกัดและบรรจุภัณฑ์สำหรับเครื่องดื่มจากส่วนเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวหน่อกะลาของชุมชนเกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี สู่การแข่งขันเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน	2566	งบประมาณรายจ่าย	154,250	ผู้ร่วมวิจัย
25	การพัฒนาศักยภาพกรรมวิธีการผลิตสีธรรมชาติแบบครบวงจรเพื่องานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรีเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน	2566	งบประมาณรายจ่าย	130,000	หัวหน้าโครงการ

6. ความเชี่ยวชาญของตนเองที่สอดคล้องกับข้อเสนอโครงการที่จัดส่งครั้งนี้ (ผลงานและหน้าที่ความรับผิดชอบที่ผ่านมา ที่แสดงให้เห็นถึงการดำเนินโครงการให้สำเร็จลุล่วง)

- เทคโนโลยีเครื่องดื่ม
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ
- การควบคุมคุณภาพ

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 3

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย): นางสาวสุมภา เทิดขวัญชัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ): Miss Sumapar Thedkwanchai

2. หน่วยงาน หมายเลขโทรศัพท์มือถือ และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

- หน่วยงาน: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- หมายเลขโทรศัพท์มือถือ: 089-6048159
- E-mail: sumapar.t@rmutp.ac.th

3. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	คุณวุฒิและสถานศึกษา	ปีที่จบการศึกษา
ปริญญาโท	คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (คศ.ม.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2552
ปริญญาตรี	คหกรรมศาตรบัณฑิต (คศ.บ.) (อาหารและโภชนาการ – พัฒนาผลิตภัณฑ์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2549

4. สมรรถนะด้านการวิจัย

- ผลงานตีพิมพ์

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อวารสาร	ระดับชาติ/นานาชาติ	ปีที่ตีพิมพ์
1	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาแผ่นอบกรอบจากปลาซัคเกอร์	การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 12	ระดับชาติ	2565
2	การศึกษาคลอโรฟลล์สกัดพร้อมชงจากผักตกชวา	การประชุมวิชาการระดับชาติ สืบสานศาสตร์ศิลป์ ส่งเสริมสยาม สู่ความยั่งยืน	ระดับชาติ	2561

- ผลงานทรัพย์สินทางปัญญา

ลำดับ	ชื่อผลงาน	ประเภท	สถานะ	ปีที่ยื่น

5. ระบุประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

ลำดับ	ชื่อโครงการ / แผนงาน	ปีงบประมาณ	แหล่งทุน	งบประมาณ (บาท)	หน้าที่ความรับผิดชอบ (หัวหน้าโครงการ/ผู้ร่วมวิจัย)
1	การศึกษากรรมวิธีการผลิตสีดำจากกาบมะพร้าวเผาเพื่อยืดอายุสีจากธรรมชาติเพื่อใช้ในงานอาหารและขนมไทยในระดับชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรลาดบัวขาว บ้านโป่ง ราชบุรี เพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน	2566	ววน.	130,000	หัวหน้าโครงการ
2	การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากหน่อกะลาเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของชุมชนเกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี สู่การแข่งขันเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน	2566	ววน.	142,000	หัวหน้าโครงการ
3	การศึกษาปริมาณการใช้เห็ดหูหนูเผือกในไส้กรอกรสกะเพรา	2566	รายได้	26,000	ผู้ร่วมโครงการ
4	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรีและขนมไทยจากผลลูกจากและน้ำตาลจากสำหรับเศรษฐกิจฐานรากและนวัตกรรม ต.ในคลองบางปลากด อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทปราการ	2565	ววน.	132,000	ผู้ร่วมโครงการ

ลำดับ	ชื่อโครงการ / แผนงาน	ปีงบประมาณ	แหล่งทุน	งบประมาณ (บาท)	หน้าที่ความรับผิดชอบ (หัวหน้าโครงการ/ผู้ร่วมวิจัย)
5	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรีจากเนื้อและเปลือกส้มโอ นครชัยศรี จ.นครปฐม	2565	ววน.	117,000	ผู้ร่วมโครงการ
6	การพัฒนาแรงงานทักษะระดับสูงด้านการยืดอายุและการใช้สารทดแทนความหวานทดแทนน้ำตาลทรายของขนมไทยพลังงานต่ำเขตอุตสาหกรรมในพื้นที่ EEC เพื่อการแข่งขันสู่งเชิงพาณิชย์	2564	ววน.	600,000	ผู้ร่วมโครงการ
7	การพัฒนาศักยภาพน้ำตาลโตนดในผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมและซอสสำเร็จรูป	2563	เงินงบประมาณแผ่นดิน	400,000	ผู้ร่วมโครงการ
8	การพัฒนาศักยภาพสับปะรดตกเกรดในผลิตภัณฑ์น้ำพริกสำเร็จรูปพร้อมบริโภค	2562-2563	เงินงบประมาณแผ่นดิน	464,420	ผู้ร่วมโครงการ
9	การพัฒนาไอศกรีมนมเสริมอกไก่สำหรับผู้ออกกำลังกาย	2562	เงินรายได้	45,300	ผู้ร่วมโครงการ
10	การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากข้าวไรซ์เบอร์รี่หักสู่เชิงพาณิชย์	2560	เงินงบประมาณแผ่นดิน	300,000	ผู้ร่วมโครงการ

ลำดับ	ชื่อโครงการ / แผนงาน	ปีงบประมาณ	แหล่งทุน	งบประมาณ (บาท)	หน้าที่ความรับผิดชอบ (หัวหน้าโครงการ/ผู้ร่วมวิจัย)
11	การพัฒนาบทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่องความรู้พื้นฐานในการประกอบอาหาร สำหรับนักศึกษาคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2560	เงินรายได้	30,000	ผู้ร่วมโครงการ
12	การประยุกต์ใช้เปลือกแตงโมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและขนมหวาน	2557-2558	เงินงบประมาณแผ่นดิน	275,000	ผู้ร่วมโครงการ
13	การประยุกต์ใช้เปลือกแตงโมในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่	2557-2558	เงินงบประมาณแผ่นดิน	294,000	ผู้ร่วมโครงการ
14	ช็อคบอลเมล็ดกระบก	2557	เงินรายได้	15,000	ผู้ร่วมโครงการ
15	การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเส้นใยอาหารจากกากมะพร้าวเหลือใช้	2556	เงินงบประมาณแผ่นดิน	210,000	ผู้ร่วมโครงการ
16	คุกกี้เมล็ดกระบก	2556	เงินรายได้	15,000	ผู้ร่วมโครงการ

6. ความเชี่ยวชาญของตนเองที่สอดคล้องกับข้อเสนอโครงการที่จัดส่งครั้งนี้ (ผลงานและหน้าที่ความรับผิดชอบที่ผ่านมา ที่แสดงให้เห็นถึงการดำเนินโครงการให้สำเร็จลุล่วง)

มีความเชี่ยวชาญ ด้านอาหารไทย ด้านขนมไทย ด้านการแปรรูปอาหาร และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยฯมีเครื่องมือ ครุภัณฑ์ที่มีความพร้อมต่อการดำเนินโครงการวิจัยอย่างครบถ้วน อีกทั้งเป็นการวิจัยด้านเทคโนโลยีบูรณาการกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้เทคโนโลยีและความรู้ ที่ผู้วิจัยมีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในการดำเนินโครงการวิจัยตรงมากว่า 10 ปี นักวิจัยผ่านการดำเนินโครงการวิจัย ซึ่งโครงการทั้งหมดสำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมั่นใจว่าโครงการวิจัยครั้งนี้จะสำเร็จลุล่วงไปตามวัตถุประสงค์และตรงตามกรอบเวลาที่ได้วางไว้ทุกประการ