รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ใบขลู่ผงเป็นสารผสมอาหาร

Possibility Study of Using Indian Marsh Fleabane Powder as Food Ingredient

นางสาววิชมณี ยืนยงพุทธกาล	หัวหน้าโครงการ
นางสิริมา ชินสาร	ผู้ร่วมโครงการ
นางสาวนิสานารถ กระแสร์ชล	ผู้ร่วมโครงการ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557
มหาวิทยาลัยบูรพา

เลขที่โครงการ 2557A10803030
สัญญาเลขที่ 42/2557

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ใบขลู่ผงเป็นสารผสมอาหาร

Possibility Study of using Indian Marsh Fleabane Powder as Food Ingredient

นางสาววิชมณี ยืนยงพุทธกาล	หัวหน้าโครงการ
นางสิริมา ชินสาร	ผู้ร่วมโครงการ
นางสาวนิสานารถ กระแสร์ชล	ผู้ร่วมโครงการ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา

เมษายน พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 มหาวิทยาลัยบูรพา รหัสโครงการ 2557A10803030 เลขที่สัญญา 42/2557 ข้าพเจ้าและคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการทำงานวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และนิสิตภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร รวมถึงผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการนำใบขลู่ผงมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา พบว่า มีความเป็นไปได้ในการมาใช้ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีการแปรปริมาณการเติมใบขลู่ผง เป็นช่วงดังนี้ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเติมใบขลู่ผง 0.2%-1.0% ไอศกรีมเติมใบขลู่ผง 0.5%-1.5% เค้กเติมใบขลู่ผง 1.0%-2.0% และซาลาเปาเติมใบลู่ขลู่ผง 0.3%-0.7% โดยพบว่าเมื่อเติมใบขลู่ผงในผลิตภัณฑ์อาหารมากขึ้นทำให้ความเข้มกลิ่นและกลิ่นรสขลู่เพิ่มขึ้น จนผลิตภัณฑ์ได้รับความชอบทางประสาทสัมผัสน้อยลง ทุกผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มค่าสีคล้ายกัน การเติมใบขลู่ผงเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าสี L* ลดลง แต่ค่าสี a* และค่าสี b* เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) การเติมใบขลู่ผงในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) และน้ำหนักที่ได้หลังต้มลดลง ($p<0.05$) สำหรับการเติมใบขลู่ผงในไอศกรีมเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าการขึ้นฟูและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง ($p<0.05$) ส่วนการเติมใบขลู่ผงในเค้กและซาลาเปาเพิ่มขึ้น ไม่ทำให้ปริมาตรจำเพาะเปลี่ยนแปลงไป ($p\geq0.05$) จากการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยใช้เทคนิคการทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธี Ratio Profile Test ร่วมกับการทดสอบความชอบวิธี 9- point hedonic scale พบว่า ปริมาณการเติมใบขลู่ผงในปริมาณที่ผู้บริโภคยอมรับได้ มีดังนี้ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเติมใบขลู่ผง 0.6% ไอศกรีมเติมใบขลู่ผง 1.0% เค้กเติมใบขลู่ผง 1.5% และซาลาเปาเติมใบลู่ขลู่ผง 0.5% ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมใบขลู่ผงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐานที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผง

Abstract

The study of using Indian Marsh Fleabane powder as food ingredient in four types of food as follows: rice noodle, ice cream, cakes and steam buns were found to have the possibility to be used. The development of prototypes with varying amounts of Indian Marsh Fleabane powder adding as follows: rice noodle 0.2%-1.0%, ice cream 0.5%-1.5%, cakes 1.0%-2.0% and steam buns 0.3%-0.7%. It was found that increasing of Indian Marsh Fleabane powder in the product made more intensity of Indian Marsh Fleabane odor and flavor which resulted in less sensory preferences. Every product has a similar trend of color changes. The addition of Indian Marsh Fleabane powder decreased the L*value but a*value and b*value increased ($p<0.05$). More adding of Indian Marsh Fleabane powder in rice noodle increased the amount of cooking loss ($p<0.05$) and cooking yield decreased ($p<0.05$). For ice cream, increasing of Indian Marsh Fleabane powder decreased both of over run and total soluble solid content ($p<0.05$). However, the addition of Indian Marsh Fleabane powder in cake and steam buns did not made changes for specific volume ($p\geq0.05$). The formulation of prototype products were conducted by using sensory evaluation techniques of Ratio Profile Test combined with 9- point hedonic scaling method. The result showed that the appropriate Indian Marsh Fleabane powder amount of consumer acceptance were rice noodle added for 0.6%, ice cream added for 1.0%, cake added for 1.5% and steam bun added for 0.5%. Quality analysis of developed products were found that the products enriched with Indian Marsh Fleabane powder had more phenolic compounds content and the antioxidant activity than a basic recipe without Indian Marsh Fleabane powder.

สารบัญ

บทที่		หน้า
	กิตติกรรมประกาศ	ก
	บทคัดย่อ	ข
	Abstract	ค
	สารบัญ	ง
	สารบัญตาราง	จ
	สารบัญภาพ	ช
1	บทนำ	1
2	การตรวจเอกสาร	4
	ขลู่	4
	สารต้านอนุมูลอิสระ	6
	สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ	9
	ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก	11
	ไอศกรีม	13
	เค้ก	17
	ซาลาเปา	18
	เทคนิคการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ใหม่	21
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้อาหารผงจากพืชเป็นสารผสมอาหาร	25
3	วิธีดำเนินการวิจัย	29
	วัตถุดิบและสารเคมี	29
	อุปกรณ์และเครื่องมือ	29
	วิธีดำเนินการวิจัย	30
4	ผลการทดลองและวิจารณ์	37
5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	71
	รายการอ้างอิง	72
	ภาคผนวก	78
	ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพ	78
	ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	84
	ภาคผนวก ค ภาพประกอบงานวิจัย	87

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	ส่วนผสมของไอศกรีมสูตรพื้นฐาน	32
3-2	ส่วนผสมของเค้กสูตรพื้นฐาน	32
3-3	ส่วนผสมของซาลาเปาสูตรพื้นฐาน	33
4-1	ความชอบทางประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปาสูตรพื้นฐาน	38
4-2	อัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา	44
4-3	ค่าสี L* a* และ b* ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้งที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	46
4-4	เวลาที่เหมาะสมในการต้มก๋วยเตี๋ยวให้สุก (Cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	47
4-5	อัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	48
4-6	ค่าสี L* a* และ b* ของไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	49
4-7	ค่าการขึ้นฟู (over run) ของไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	50
4-8	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	51
4-9	อัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	51
4-10	ค่าสี L* a* และ b* ของเนื้อเค้กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	53
4-11	ปริมาตรจำเพาะของเค้กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	53
4-12	อัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของเค้กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	54
4-13	ค่าสี L* a* และ b* ของซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	55
4-14	ปริมาตรจำเพาะของซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	55
4-15	อัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-16	ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธี Just about right ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา สูตรที่พัฒนาได้	58
4-17	ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสวิธี 9-point hedonic scale ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา สูตรที่พัฒนาได้	59
4-18	ค่าสี L* a* และ b* ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้งที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง	60
4-19	เวลาที่เหมาะสมในการต้มก๋วยเตี๋ยวให้สุก (Cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม(Cooking yield) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง	61
4-20	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้งที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง	62
4-21	ค่าสี L* a* และ b* ของไอศกรีมที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง	62
4-22	ค่าการขึ้นฟู (over run) ของไอศกรีมที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง	63
4-23	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของไอศกรีมที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง	63
4-24	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของไอศกรีมที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง	64
4-25	ค่าสี L* a* และ b* ของเนื้อเค้กที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง	65
4-26	ปริมาตรจำเพาะของเค้กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ	65
4-27	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเค้กที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง	66
4-28	ค่าสี L* a* และ b* ของซาลาเปาที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง	67
4-29	ปริมาตรจำเพาะของซาลาเปาที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง	67
4-30	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของซาลาเปาที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง	68
4-31	ส่วนผสมของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเติมใบขลู่ผงที่พัฒนาได้	68
4-32	ส่วนผสมของไอศกรีมเติมใบขลู่ผงที่พัฒนาได้	68
4-33	ส่วนผสมของเค้กเติมใบขลู่ผงที่พัฒนาได้	69
4-34	ส่วนผสมของซาลาเปาเติมใบขลู่ผงที่พัฒนาได้	69

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ลักษณะของต้นขลู่ และใบขลู่.....	4
3-1	ใบขลู่ที่ใช้ในงานวิจัยและใบขลู่ผงที่ผลิตได้.....	30
4-1	ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีการเติมใบขลู่ผง (ก) ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผง 0.2% (ข) ไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผง 0.5% (ค) เค้กที่เติมใบขลู่ผง 1.0% และ (ง) ซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผง 0.3%.....	39
4-2	ค่าความเข้มในอุดมคติ (I) และค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผง 0.2%.....	40
4-3	ค่าความเข้มในอุดมคติ (I) และค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ของไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผง 0.5%.....	41
4-4	ค่าความเข้มในอุดมคติ (I) และค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ของเค้กที่เติมใบขลู่ผง 1.0%.....	42
4-5	ค่าความเข้มในอุดมคติ (I) และค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ของซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผง 0.3%.....	43
4-6	ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้งเมื่อแปรปริมาณการเติมใบขลู่ผง (ก) 0% (ข) 0.2% (ค) 0.4% (ง) 0.6% (จ) 0.8% และ (ฉ) 1.0%.....	45
4-7	ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการต้มสุกเมื่อแปรปริมาณการเติมใบขลู่ผง (ก) 0% (ข) 0.2% (ค) 0.4% (ง) 0.6% (จ) 0.8% และ (ฉ) 1.0%.....	45
4-8	ไอศกรีมเหลวเมื่อแปรปริมาณการเติมใบขลู่ผง (ก) 0% (ข) 0.5% (ค) 1.0% และ (ง) 1.5%.....	49
4-9	ไอศกรีมเมื่อแปรปริมาณการเติมขลู่ผง (ก) 0% (ข) 0.5% (ค) 1.0% และ (ง) 1.5%....	49
4-10	ส่วนผสมเค้กเมื่อแปรปริมาณการเติมขลู่ผง (ก) 0% (ข) 1.0% (ค) 1.5% และ (ง) 2.0%.....	52
4-11	เค้กเมื่อแปรปริมาณการเติมขลู่ผง (ก) 0% (ข) 1.0% (ค) 1.5% และ (ง) 2.0%.....	52
4-12	ซาลาเปาเมื่อแปรปริมาณการเติมขลูผง (ก) 0% (ข) 0.3% (ค) 0.5% และ (ง) 0.7%...	54

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ขลู่ (Indian Marsh Fleabane) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Pluchea indica* (L.) Less. จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae (Compositae) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ขลู่เป็นไม้พุ่มมีความสูงประมาณ 1-2.5 เมตร ชอบขึ้นในดินชื้นแฉะ ลำต้นและกิ่งก้านมีขนละเอียดปกคลุม ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปรีปลายใบเรียวแหลม โคนใบสอบ กว้าง 1-5 เซนติเมตร ยาว 2.5-10 เซนติเมตร ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย (ลักษณา เจริญใจ, 2554) เนื่องจากต้นขลู่เป็นพืชที่พบมากบริเวณป่าชายเลนบริเวณที่มีน้ำกร่อย สำหรับภาคตะวันออกพบมากในจังหวัดจันทบุรี และอยู่ในเขตที่มีการส่งเสริมการปลูกและอนุรักษ์พันธุ์พืชป่าชายเลน การหาแนวทางเพิ่มมูลค่าของพืชป่าชายเลนโดยการส่งเสริมให้ชาวบ้านนำส่วนต่างๆ ของพืชเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ทั้งในทางยาและอาหารเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถจูงใจให้คนในชุมชนเห็นประโยชน์ของการอนุรักษ์และปลูกป่าชายเลน ซึ่งจะทำให้ป่าชายเลนสามารถอยู่คู่กับชุมชนได้อย่างยั่งยืน ในการนี้คณะผู้วิจัยเห็นความสำคัญของการยึดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง การพัฒนาที่สมดุลและยั่งยืน การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์การอาหารมาใช้ให้เกิดการพัฒนาอย่างเหมาะสม เพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานราก โดยมีความตั้งใจจะยกระดับและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ในท้องถิ่นให้ดีขึ้น

จากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ใบขลู่มีสารพฤกษเคมีที่เป็นประโยชน์ที่น่าสนใจหลายประการ มีรายละเอียดดังนี้ Traithip (2005) ได้ศึกษาปริมาณพฤษเคมีและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของขลู่ พบว่า สารสกัดของใบขลู่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ดี โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 6.92 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร เมื่อนำสารสกัดมาแยกสารสำคัญและพิสูจน์โครงสร้างด้วยวิธีสเปคโตรสโคปี พบว่า เป็น Quercetin (5,7,3',4' tetrahydroxyflavonol) ซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 1.69 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร Banerjee et al. (2008) ได้วิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolics) ของพืชป่าชายเลนใน Sundarbans ประเทศอินเดีย พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด แปรผันอยู่ในช่วง 4.40-94.41 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัมของตัวอย่างแห้ง ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช Uchiyama et al. (1989) และ Uchiyama et al. (1991) ศึกษาสารเคมีที่พบในต้นขลู่ พบว่า เป็นสารประกอบกลุ่ม Terpene และ Lignin glycosides เช่น Citrucin C, Hedyotisol A, Hedyotisol B, Plucheoside C, Plucheoside E, Plucheosides D1, D2, D3, Plucheol A และ Plucheol B นอกจากนี้ Mukhapadhyay et al. (1983) ศึกษาสารประกอบที่มีฤทธิ์ในทางสมุนไพรของขลู่ พบว่า เป็นสารประกอบกลุ่ม Polyphenol และ 3-(2',3'-diacetoxy-2'-methyl butyryl)-cuauhtemone ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของ Eudesmane และเนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจอาหารสุขภาพ (Functional foods) กันมาก ธุรกิจอาหารสุขภาพและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอด โดยข้อมูลในปี ค.ศ. 2004 พบว่า มีมูลค่าในตลาดโลกรวมกว่า 60,000 ล้านดอลล่าร์สหรัฐ โดยสหรัฐอเมริกามีส่วนแบ่งการตลาดสูงสุด

ประมาณ 50% ของมูลค่าทั่วโลก (Benkouider, 2004) โดยมูลค่าการตลาดจะสูงถึง 25,000 ล้านดอลล่าร์สหรัฐ ในปี ค.ศ. 2009 (Siro *et al*., 2008)

ดังนั้นเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับการเติบโตของธุรกิจอาหาร ความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพซึ่งต้องการบริโภคอาหารสุขภาพที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย และเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรโดยการนำไปเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นให้มีมูลค่าสูงขึ้น จึงเป็นข้อมูลที่สนับสนุนให้คณะผู้วิจัยมีแนวคิดนำใบขลู่ที่แปรรูปเป็นขลู่ผงที่มีคุณภาพดี มาใช้เป็นสารผสมอาหารชนิดต่างๆ โดยมีกรอบแนวคิดเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ให้กับใบขลู่ โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ใบขลู่ผงเป็นสารผสมอาหาร (Food Ingredient) ในผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ โดยการหาสูตรที่เหมาะสมในการเติมใบขลู่ผงในผลิตภัณฑ์และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยเลือกอาหารที่น่าจะสามารถแสดงเอกลักษณ์ของพื้นที่ได้ กระบวนการผลิตไม่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง และเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถจำหน่ายในรูปแบบของฝากได้ อีกทั้งเลือกผลิตภัณฑ์ที่เป็นต้นแบบเพื่อให้ชุมชนที่ใช้งานสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชนิดใกล้เคียงได้ด้วย คณะผู้วิจัยเลือกที่จะใช้ขลู่ผงเป็นสารผสมอาหาร 4 ชนิด ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา การเลือกก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก หรือ ที่มักเรียกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นจันทน์ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเสียงและเป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดจันทบุรี ไอศกรีม เป็นผลิตภัณฑ์อาหารนมที่มีคุณค่าทางโภชนาการมีความสอดคล้องกับอาหารสุขภาพและน่าจะสามารถเติมขลู่ผงเพื่อทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะที่เป็นเอกลักษณ์ได้ คล้ายกับไอศกรีมชาเขียวที่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค นอกจากนี้ไอศกรีมเป็นที่ยอมรับได้ง่ายสำหรับผู้บริโภคทุกเพศวัย เค้ก เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดหนึ่งซึ่งนิยมจำหน่ายในรูปแบบของฝาก รวมถึงสามารถจำหน่ายในร้านกาแฟและร้านอาหารได้ สามารถตกแต่งให้สวยงามน่าบริโภค และเป็นที่ชื่นชอบสำหรับผู้บริโภคทุกเพศวัยเช่นกัน ส่วนซาลาเปาเป็นต้นแบบของผลิตภัณฑ์ที่ใช้การนึ่งซึ่งเป็นการแปรรูปอาหารที่สามารถทำได้ง่าย จัดการได้ในระดับครัวเรือนจึงน่าจะเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ให้ชุมชนหรือผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นชนิดที่ใช้การแปรรูปแบบใกล้เคียงกัน

ผลงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบให้กับชุมชนเพื่อสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่โดยใช้วัตถุดิบที่มีศักยภาพในท้องถิ่น ผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มีคุณภาพตามมาตรฐานการผลิตอาหาร และเป็นเอกลักษณ์ให้ชุมชน สอดคล้องกับการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศน์ของท้องถิ่นและสามารถสร้างเป็นอาชีพเสริมหรืออาชีพหลักให้กับชุมชนได้

วัตถุประสงค์

ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ใบขลู่ผงเป็นสารผสมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา โดยการหาสูตรที่เหมาะสมในการเติมใบขลู่ผงในผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและตรวจสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผง

ขอบเขตการวิจัย

เพื่อเป็นศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ใบขลู่ผงเป็นสารผสมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร ขอบเขตของโครงการวิจัยครอบคลุมถึงการหาสูตรที่เหมาะสมในการเติมใบขลู่ผงในผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงดำเนินการตามขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิคการทดสอบทาง

ประสาทสัมผัสแบบ Ratio Profile Test (RPT) เพื่อช่วยหาเค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการและตรวจสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผง แบ่งขั้นตอนการวิจัยเป็น 4 ตอน ได้แก่ **1) การผลิตผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐาน** เป็นการศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆที่จะนำขลู่ผงมาเป็นส่วนผสมอาหารทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา เพื่อให้ได้สูตรพื้นฐานที่มีความเหมาะสมที่สุด ในกรณีมีสูตรพื้นฐานหลายสูตรจะดำเนินการเลือกสูตรพื้นฐานโดยพิจารณาจาก ความยากง่ายในการผลิต และคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส เป็นสำคัญ โดยดำเนินการผลิตอาหารทั้ง 4 ชนิด แล้วนำมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส วิธี 9- point hedonic scale ซึ่งเป็นการทดสอบความชอบด้านต่างๆ โดยการให้คะแนน โดยคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด, 5 หมายถึง เฉยๆ และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยสูตรที่จะนำมาผลิตต่อในขั้นตอนต่อไปต้องได้รับคะแนนความชอบทุกด้านอย่างน้อย 6 (จาก 9 คะแนน) ซึ่งหมายถึงอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย เพื่อเป็นการยืนยันได้ว่าสูตรพื้นฐานที่ผลิตได้เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ **2) การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ** โดยดำเนินการการหาเค้าโครงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการและการปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธี RPT การปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดมุ่งเน้นการโดยแปรปริมาณการเติมขลู่ผงลงในตัวอย่างอาหาร โดยพิจารณาเค้าโครงคุณภาพทางกายภาพและเคมี ประกอบกับ ค่า S/I โดยแนวทางการพัฒนาสูตรใช้เกณฑ์พิจารณาค่า S/I โดยหากค่า S/I เท่ากับ 1.0 ± 0.2 หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น **3) การทดสอบการยอมรับของสูตรที่พัฒนาได้** โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธี Just about right ซึ่งเป็นการทดสอบความพอดีในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสร่วมกับการทดสอบวิธี 9- point hedonic scale ซึ่งเป็นการทดสอบความชอบด้านต่างๆ เพื่อพิจารณาการยอมรับของสูตรที่พัฒนาได้ของอาหารทั้ง 4 ชนิด และ **4) การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้** เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐานที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผง

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 ขลู่

ขลู่ (Indian Marsh Fleabane) ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Pluchea indica* (L.) Less. จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae (Compositae) มีชื่อท้องถิ่นหลายชื่อ เช่น คือ หนวดงั่ว หนวดงิ้ว หนาดงัว และหนาดวัว (อุดรธานี) ขี้ป้าน (แม่ฮ่องสอน) คลู และขลู (ภาคใต้) ด้านลักษณะทางพฤกษศาสตร์มีรายละเอียดดังนี้ ขลู่เป็นไม้พุ่มมีความสูงประมาณ 1-2.5 เมตร ชอบขึ้นในดินชื้นแฉะ ลำต้นและกิ่งก้านมีขนละเอียดปกคลุม ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปรี ปลายใบเรียวแหลม โคนใบสอบ กว้าง 1-5 เซนติเมตร ยาว 2.5-10 เซนติเมตร ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย ดอกช่อ ออกที่ยอดและซอกใบ กลีบดอกสีม่วง ดอกย่อยมี 2 แบบ ตรงกลางเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ดอกที่เหลืออยู่รอบๆ เป็นดอกเพศเมีย มีผลเป็นผลแห้งรูปทรงกระบอกสีขาว (ลักษณา เจริญใจ, 2554) ลักษณะของต้นขลู่ และใบขลู่ แสดงดังภาพที่ 2-1

ภาพที่ 2-1 ลักษณะของต้นขลู่ และใบขลู่
(ที่มาภาพ: http://www.manager.co.th/iBizChannel/)

สรรพคุณของขลู่ตามภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สำคัญมีดังนี้ (ลักษณา เจริญใจ, 2554)

ใบขลู่ ใช้รับประทานกับน้ำพริก หรือนำมาเป็นส่วนหนึ่งของวัตถุดิบในการทำอาหาร หรือแปรรูปเป็นชา ใช้เป็นยารักษาโรค จากสรรพคุณที่ช่วยปรับสมดุลของร่างกาย ช่วยบำรุงไต ขับปัสสาวะ บำรุงระบบประสาท ในตำรายาไทยใช้ทั้งต้นต้มกินเป็นยาขับปัสสาวะ แก้เบาหวาน ต้มน้ำอาบแก้ผื่นคัน น้ำคั้นใบสดรักษาริดสีดวงทวาร

ต้นสด หรือต้นแห้ง เตรียมเป็นยาต้มรับประทานขับปัสสาวะ แก้โรคนิ่วในไต แก้ปัสสาวะพิการ เป็นยาช่วยย่อย แก้ริดสีดวงทวารหนัก ริดสีดวงจมูก แก้เบาหวาน แก้ประดง แก้เลือดลม และผื่นคันตามผิวหนัง

เปลือกต้น เมล็ด แก้ริดสีดวงทวาร แก้กระษัย เป็นยาอายุวัฒนะ โดยนำมาต้มน้ำรับประทาน หรือต้มน้ำแล้วใช้ไอ รมทวารหนัก แก้ริดสีดวงจมูก โดยตากแห้งแล้วเตรียมเป็นยาสูบ

ใบ มีกลิ่นหอม ต้มน้ำดื่ม แทนเป็นน้ำชา ฝาดสมาน แก้ไข้ ขับปัสสาวะ ขับเหงื่อ แก้กระหายน้ำ แก้บิด แก้ประดง แก้เลือดลม แก้ริดสีดวงทวาร แก้แผลอักเสบอาจใช้ใบสดตำพอกบริเวณที่เป็น และต้มน้ำอาบบำรุงประสาท

ราก รับประทานเป็นยาฝาดสมาน แก้บิด แก้ไข้ ขับเหงื่อ แก้แผลอักเสบ ใช้รากสดตำพอกบริเวณที่เป็น

จากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณประโยชน์และองค์ประกอบของขลู่ มีรายละเอียดดังนี้

Traithip (2005) ศึกษาปริมาณพฤษเคมีและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของขลู่ พบว่า สารสกัดของใบขลู่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ดี โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 6.92 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร เมื่อนำสารสกัดมาแยกสารสำคัญและพิสูจน์โครงสร้างด้วยวิธีสเปคโตรสโคปี พบว่า เป็น Quercetin (5,7,3’,4’ tetrahydroxyflavonol) ซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 1.69 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร Banerjee et al. (2008) ได้วิเคราะห์สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) และ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolics) ของพืชป่าชายเลนใน Sundarbans ประเทศอินเดีย พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด อยู่ในช่วง 4.40-94.41 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัมตัวอย่างแห้ง ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช

Uchiyama et al. (1989) และ Uchiyama et al. (1991) ศึกษาสารเคมีที่พบในต้นขลู่ พบว่า เป็นสารประกอบกลุ่ม Terpene และ Lignin glycosides เช่น Citrucin C, Hedyotisol A, Hedyotisol B, Plucheoside C, Plucheoside E, Plucheosides D1, D2, D3, Plucheol A และ Plucheol B

Mukhapadhyay et al. (1983) ศึกษาสารประกอบที่มีฤทธิ์ในทางสมุนไพรของขลู่ พบว่า เป็นสารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenol) และ 3-(2’,3’-diacetoxy-2’-methyl butyryl)-cuauhtemone ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของ Eudesmane

นันทพร นิลวิเศษ และคณะ (2532) ได้ศึกษาฤทธิ์ขับปัสสาวะของขลู่ ผลการศึกษาฤทธิ์ขับปัสสาวะในหนูและในคนปกติ พบว่า สารสกัดจากต้นขลู่ 5 % เตรียมในรูปของเหลวให้ดื่มในคนปกติ และฉีดในสัตว์ทดลอง มีฤทธิ์ขับปัสสาวะสูงกว่ายาขับปัสสาวะ Hydrochlorothiazide ขนาด 50 มิลลิกรัม ประมาณ 1.9 เท่า และมีข้อดีคือ สูญเสียเกลือแร่น้อยกว่า

ธวัชชัย รอดสม (2536) ศึกษาฤทธิ์ขับปัสสาวะของยาเตรียมจากขลู่ในอาสาสมัครและผู้ป่วย ซึ่งเตรียมในรูปยาชงและแคปซูลจากใบและกิ่งของต้นขลู่ตากแห้ง ทดลองในอาสาสมัครและผู้ป่วย พบว่า ไม่มีฤทธิ์ขับปัสสาวะที่ชัดเจนเมื่อเทียบกับยาขับปัสสาวะ Furosemide 40 มิลลิกรัม ในการศึกษานี้มีทั้งกลุ่มที่ได้ผลและไม่ได้ผลซึ่งอาจเนื่องมาจากขนาดยาที่ได้รับ วัตถุดิบต้นขลู่ที่นำมาศึกษา และอายุการเก็บสมุนไพร

เพ็ญโฉม พึ่งวิชา และคณะ (2542) ศึกษาฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดของสารสกัดรากขลู่ ในหนูขาวปกติและหนูขาวที่เหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานด้วยสาร Streptozotocin พบว่า สารสกัดเมทานอลจากรากขลู่ขนาด 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สามารถลดระดับน้ำตาลในพลาสมาได้ภายในเวลา 90 นาที และ 120 นาที หลังการป้อนน้ำตาลในหนูปกติและหนูที่เป็นเบาหวาน ตามลำดับ อาจจัดว่าขลู่มีฤทธิ์อย่างอ่อนในการลดน้ำตาล

พจน์ ศรีบุญลือ และคณะ (2542) ศึกษาศักยภาพของสมุนไพรในการรักษาและป้องกันโรคนิ่วไต พบว่า ขลู่เป็นพืชสมุนไพรที่ให้ผลทำให้ปริมาณผลึก calcium oxalate ในปัสสาวะลดลง เมื่อทดสอบกับอาสาสมัครเพศชาย อายุระหว่าง 20-50 ปี จำนวน 10 คน

2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

อนุมูลอิสระเป็นสารหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว (Unpaired electron) อยู่รอบนอกเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียร และว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation reaction) แล้วกลายเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป ส่วนมากแล้วเกิดกับโมเลกุลของออกซิเจน (โอภา วัชระคุปต์, 2550; จักรพงษ์ ไพบูลย์, 2542) เช่น Superoxide anion radical (O_2) hydroxyl radical (HO) peroxide radical (ROO) hydrogen peroxide (H_2O_2) เป็นต้น อนุมูลอิสระเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกายมนุษย์ และเกิดจากสิ่งแวดล้อมที่เป็นมลพิษ เช่น ควันเสียจากเขม่าเครื่องยนต์ ควันบุหรี่ สารเคมีต่าง ๆ รังสี UV และจากการรับประทานอาหารปิ้งย่างที่ไหม้เกรียม ส่งผลให้เกิดการสะสมของอนุมูลอิสระในสิ่งมีชีวิตเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดภาวะที่เรียกว่า Oxidative stress ที่ส่งผลกระทบต่อเซลล์ เช่น เซลล์ถูกทำลาย เกิดการเสื่อมของเซลล์ ซึ่งเป็นสาเหตุของการแก่ (Aging) และทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของดีเอ็นเอ ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเยื่อหุ้มเซลล์ รุนแรงไปถึงการเกิดเป็นโรค เช่น โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน เป็นต้น มนุษย์สามารถป้องกันการทำลายจากอนุมูลอิสระเหล่านี้ได้ (พรทิพย์ วิรัชวงศ์, 2546) โดยใช้เอนไซม์ที่สร้างในร่างกายกำจัด เช่น Superoxide dismutase (SOD) และ Glutathione peroxidase (GPX) แต่การกำจัดอนุมูลอิสระด้วยเอนไซม์มักมีขีดจำกัด เช่น บางคนมีพันธุกรรมที่สามารถสร้างเอนไซม์ได้น้อยและเพิ่มความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้โดยรับประทานอาหาร ผัก ผลไม้ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้า-แคโรทีน และแอนโทไซยานิน (จักรพงษ์ ไพบูลย์, 2542)

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) คือ โมเลกุลของสารที่สามารถจับตัวรับและสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลสารอื่นๆได้ ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวเนื่องกับการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปยังตัวออกซิไดซ์ (โอภา วัชระคุปต์, 2550) ปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถให้ผลิตภัณฑ์เป็นสารอนุมูลอิสระ (Free radical) ซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้จะเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่และทำลายเซลล์ของร่างกาย สารต้านอนุมูลอิสระจะเข้ายุติปฏิกิริยาลูกโซ่เหล่านี้ด้วยการเข้าจับสารอนุมูลอิสระและยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยถูกออกซิไดซ์ ดังนั้น สารต้านอนุมูลอิสระจึงถือเป็นตัวรีดิวซ์ สารต้านอนุมูลอิสระเป็นกลุ่มของสารอาหารที่มีมากมายหลายชนิด (พรทิพย์ วิรัชวงศ์, 2546) เช่น กลุ่มของวิตามินเอรวมถึงเบต้า-แคโรทีน วิตามินซีและวิตามินอี รวมเรียกว่า แอนติออกซิแดนซ์วิตามิน (Antioxidant vitamins) เกลือแร่และเอนไซม์ ซึ่งสารแอนติออกซิแดนท์ที่พบในร่างกายและจัดเป็นเอนไซม์ ได้แก่ Superoxide dismutase (SOD) Catalase (CAT)

Glutathione peroxidase (GPX) Glutathione reductase (GR) และ Glutathione S-transferase (GST) ส่วนสารแอนตี้ออกซิแดนท์ที่พบในร่างกาย แต่ไม่จัดเป็นเอนไซม์ ได้แก่ Glutathione, Lipoic acid, Ceruloplasmin, Albumin, Tranferrin, Haptoglobin, Hemopexin, Uric acid, Bilirubin, Cysteine ส่วนสารแอนตี้ออกซิแดนท์ที่พบในสารอาหารและไม่จัดเป็นเอนไซม์ ได้แก่ Tocopherols, Carotenoids, Ascorbic acid, Steroids, Ubiquinones, Thiols, Inosine, Taurine, Pyruvate, Gallic acid , Flavonoids, Trolox , BHT, BHA

กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ มีดังนี้

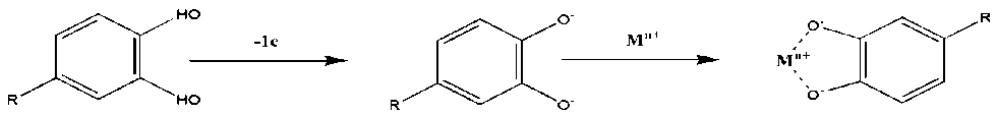
1) ดักจับอนุมูลอิสระ (Radical scavenging) เป็นที่ทราบดีว่า สารต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยั้ง อนุมูลอิสระได้โดยการทำให้โมเลกุลของอนุมูลอิสระมีความเสถียรขึ้นซึ่งกลไกของปฏิกิริยาเกิดโดยการให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็คตรอนแก่อนุมูลอิสระ ดังสมการ

$$R^{\cdot} + AH \longrightarrow RH + A^{\cdot}$$
$$RO + AH \longrightarrow ROH + A^{\cdot}$$
$$R^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow RA$$
$$RO^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow ROA$$

2) ยับยั้งการทำงานของซิงเกล็ทออกซิเจน (Singlet oxygen quenching, $^1O_2$*) สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) สามารถยับยั้งการทำงาน ของซิงเกล็ทออกซิเจน โดยการเปลี่ยน ($^1O_2$*) ให้อยู่ในรูปทริปเปร็ท (triplet oxygen ($^3O_2$)) และปล่อยพลังงานที่ได้รับออกไปในรูปความร้อน โดยที่แคโรทีนอยด์ (Car) จำนวน 1 โมเลกุล สามารถทำปฏิกิริยากับซิงเกล็ทออกซิเจนได้ถึง 1,000 โมเลกุล

$$^1O_2^{\cdot} + {}^1Car \longrightarrow 3O_2 + 3Car^{\cdot}$$
$$3Car^{\cdot} \longrightarrow {}^1Car + \text{thermal energy}$$

3) จับกับโลหะที่สามารถเร่งสารกลุ่มนี้ ได้แก่ ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Metal chelation) (Sanchez-Moreno *et al*., 2000) โลหะที่มีผลต่อการเกิดอนุมูลอิสระคือ Fe^{2+} และ Cu^{2+} ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ฟอสฟอริกแอซิด (Phosphoric acid) และ ซิตริกแอซิด (Citric acid) เป็นต้น สำหรับกลไกการจับโลหะของสารประกอบ ฟลาโวนอยด์ แสดงดังสมการ



4) หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (Chain-breaking) วิตามินอี (α-tocopherol; Toc-OH) สามารถป้องกันเยื่อหุ้มเซลล์ไม่ให้ถูกทำลายจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน (Lipid autooxidation) โดยทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็คตรอน (Electron-acceptor antioxidants) จากอนุมูล Peroxyl ($ROO^{\bullet}$) (Burton and Traber, 1990)

5) เสริมฤทธิ์ (Synergism) สารชนิดนี้จะช่วยสนับสนุนให้สารต้านอนุมูลอิสระทำงานได้ดีขึ้น เช่น การทำงานร่วมกันระหว่าง วิตามินอี (α-tocopherol) กับ วิตามินซี (Ascorbic acid) โดยที่วิตามินซีไม่สามารถทำงานในในสภาวะไม่มีขั้ว (Hydrophobic condition) ได้เหมือนกับวิตามินอี แต่จะให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่ อนุมูลแอลฟ่า-โทโคฟีรอลเปอร์ออกซิล (α-tocopherol peroxyl) ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง แอลฟ่า-โทโคฟีรอล กับอนุมูลเปอร์ออกซิล ($ROO^{\bullet}$) เพื่อเปลี่ยนรูปกลับไปเป็น แอลฟ่า-โทโคฟีรอล ที่สามารถทำงานได้ (Frankel, 1998)

6) ยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (Enzyme inhibition) สารประกอบฟีนอลิกบางชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก (Phenolic acid) และแกลเลต (Gallates) สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ลิโพออกซีจีเนส (Lipoxygenase) โดยสามารถเข้าจับกับไอออนของเหล็กซึ่งเป็นโคแฟกเตอร์ (Cofactor) ส่งผลให้เอ็นไซม์ดังกล่าวไม่สามารถทำงานได้ (Puerta, 1999)

สารต้านอนุมูลอิสระได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ได้มีการนำสารต้านอนุมูลอิสระมาใช้ในการส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันและรักษาโรคต่างๆ เพราะเชื่อว่าสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการต้านการเกิดอนุมูลอิสระได้ (Molyneux, 2004) ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสำคัญเพื่อใช้บอกประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ หากฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงแสดงว่ามีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงด้วยเช่นกัน วิธีที่นิยมใช้ในการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีหลายวิธี เช่น Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) , 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay และ 2,2-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) free radical declorization assay เป็นต้น โดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH มีหลักการที่สารเคมี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) นี้เป็นอนุมูลอิสระสังเคราะห์ที่มีความคงตัว เมื่ออยู่ในรูปสารละลาย DPPH จะมีสีม่วง และสามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้โดยผสม DPPH และสารต้านอนุมูลอิสระที่ต้องการทดสอบ (AH) ในหลอดทดลอง ซึ่งเกิดปฏิกิริยากันดังสมการนี้

$$DPPH^{\bullet} + (AH) \longrightarrow DPPH\text{-}H + (A^{\bullet})$$

อนุมูลอิสระใหม่ที่เกิดขึ้น ($A^{\bullet}$) จะทำปฏิกิริยาต่อไป (radical- radical interaction) โดยกระบวนการ Radical disproportionation จนกระทั่งได้เป็นโมเลกุลที่มีความคงตัว (A-A) ดังสมการนี้

$$DPPH^{\cdot} + A^{\cdot}_{(n)} \longrightarrow DPPH - A_{(n)}$$
$$A^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow A\text{-}A$$

เมื่ออนุมูลอิสระ $DPPH^{\cdot}$ ได้รับโปรตอนจากสารต้านอนุมูลอิสระที่นำมาทดสอบ สารละลาย DPPH ก็จะเปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีเหลือง ส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ลดลง

2.3 สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ

สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติได้รับความสนใจและมีการค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากความเชื่อมั่นว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้พบได้ทั้งในจุลชีพ สัตว์ และพืช ซึ่งมีทั้งที่เป็นวิตามิน เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้า-แคโรทีน และสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (Non-nutrient) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิก โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) เช่น แซนโธน (Xanthone) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ซึ่งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีน (Aromatic hydroxyl) ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป หมู่ฟังก์ชั่น (Functional group) เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้น หรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้โดยการให้อนุมูล $H^{\cdot}$ แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกที่มีโครงสร้างของ Ortho-dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุลยังสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูล $OH^{\cdot}$ ในปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะทรานซิชั่น คือ Fe^{2+} และ Cu^{2+} เป็นตัวเหนี่ยวนำได้โดยการเข้าจับกับโลหะ ดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Complex) (Sanchez-Moreno *et al*., 2000)

วิวัฒน์ หวังเจริญ (2545) กล่าวว่า สารประกอบฟีนอลิกสามารถพบได้ในอาหารและเครื่องดื่มที่ได้มาจากพืช เช่น ผัก ผลไม้ ธัญชาติต่างๆ น้ำผลไม้ ไวน์ เบียร์ ชา และกาแฟ เป็นต้น แต่จะพบในปริมาณที่แตกต่างกันออกไปในพืชต่างชนิดกัน หรือแม้แต่ในพืชชนิดเดียวกันแต่มาจากสถานที่ผลิตที่แตกต่างกัน เนื่องจากการสร้างสารประกอบฟีนอลิกของพืชจะมีทั้งปัจจัยทางด้านพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับ วิธีการเพาะปลูก ระดับความสุก กระบวนการแปรรูป และวิธีการเก็บรักษา โดยสารประกอบฟีนอลิกที่ถูกพบว่ามีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันนั้น สามารถพบได้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เมล็ด (ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย มัสตาร์ด ข้าว และงา) ผล (ได้แก่ องุ่น ส้ม พริกไทยดำ และโอลีฟ) ใบ (ได้แก่ ชา และเครื่องเทศต่างๆ) และส่วนอื่นๆ (ได้แก่ มันเทศ และหัวหอม) โดยความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารประกอบฟีนอลิก มีดังนี้ สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) เป็นสารในกลุ่ม Secondary metabolite ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด ดังนั้นรูปแบบของสารประกอบฟีนอลิกในพืชแต่ละชนิดจึงมีความแตกต่างกันออกไป ในปัจจุบันพบว่ามีสารประกอบฟีนอลิกที่ทราบโครงสร้างแน่นอนแล้วมากกว่า 8,000 ชนิด ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (Phenolic acids) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นโพลิเมอร์ เช่น แทนนิน (Tannins) โครงสร้างพื้นฐานของสารประกอบฟีนอลิกเกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลน้ำตาลตั้งแต่ 1 โมเลกุลขึ้นไปกับหมู่ไฮดรอกซิล (OH-group) โดยน้ำตาลดังกล่าวอาจจะเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharides) น้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharides) หรือโอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharides)

ก็ได้แต่น้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล คือ กลูโคส (Glucose) ส่วนน้ำตาลชนิดอื่นที่พบ ได้แก่ กาแลกโตส (Galactose) แรโนส (Rhamnose) ไซโรส (Xylose) อะราบิโนส (Arabinose) แลอนุพันธ์ของน้ำตาลเหล่านี้ เช่น กรดกลูโคโรนิก (Glucoronic acid) กรดกาแลกตูโรนิก (Galacturonic acid) และอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบฟีนอลิกด้วยกันเองหรือสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบอื่นๆ เช่น กรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acids) กรดอินทรีย์ (Organic acids) อะมีน (Amines) และไขมันอีกด้วย โดยสารประกอบฟีนอลิกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำซึ่งสามารถพบได้โดยทั่วไปและมีความสำคัญ ประกอบด้วย ฟีนอล (Phenols, C_6) กรดฟีนอลิก (Phenolic acids , C_6-C_1) ฟีนิลโพรพานอยด์ (Phenylpropanoids, C_6-C_3) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ตัวอย่างของฟีนอลิกได้แก่ Phenol, Cresol, Thymol, Resocinol, Orcinol และอื่นๆ รวมทั้ง Hydroquinone และอนุพันธ์ (เช่น Arbutine และ Sesamol) และ Phloroglucinol ด้วย สำหรับตัวอย่างของกรดฟีนอลิก ได้แก่ Gallic acid, Vanilic acid, Syringic acid, p-hydroxybenzoic acid และอัลดีไฮด์ของกรดฟีนอลิก ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในพืชชั้นสูงและเฟิร์น

ฟลาโวนอยด์ เป็นสารประกอบฟีนอลิกชนิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจ จัดเป็นกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก ที่พบมากที่สุดในบรรดาสารประกอบฟีนอลิกจากพืชทั้งหมด เนื่องจากมีการค้นพบฟลาโวนอยด์แล้วมากกว่า 5,000 ชนิด และมีการจำแนกออกเป็นกลุ่มตามลักษณะโครงสร้างได้ถึง 13 กลุ่ม โดยมีโครงสร้างพื้นฐานเป็นแบบ Diphenylpropanes (C_6-C_3-C_6) ประกอบด้วยวงแหวน 2 วง ที่เชื่อมกันด้วยคาร์บอนสามอะตอมซึ่งมักจะอยู่ในลักษณะของ Oxygenated heterocycle และมีระบบที่ใช้ในการระบุตำแหน่งของคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลของฟลาโวนอยด์ โดยทั่วไปฟลาโวนอยด์มักจะถูกพบในลักษณะของอนุพันธ์ของกลัยโคไซด์ โดยอยู่ในส่วนของ Aglycone ในโมเลกุลกลัยโคไซด์ สารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบมากที่สุด คือ ฟลาโวน (Flavones เช่น Apigenin, Luteolin, Diosmetin) และฟลาโวนอล (Flavonols เช่น Quercetin, Myricetin, Kaemferol) รวมทั้งกลัยโคไซด์ของทั้งสองชนิด เนื่องจากสามารถพบได้ในพืชเกือบทุกชนิด ยกเว้นในสาหร่ายและฟังไจ สำหรับฟลาโวนอยด์ในกลุ่มอื่นๆ ที่น่าสนใจ ได้แก่ ฟลาโวโนน (Flavonones เช่น Naringenin, Hesperidin) ซึ่งพบมากเฉพาะในพืชตระกูลส้มและพรุน ไอโซฟลาโวน (Isoflavones เช่น Genistein, daiazein) ซึ่งพบมากในพืชตระกูลถั่วที่มีลักษณะเป็นฝัก (Legumes) ฟลาวานอล (Flavanals เช่น Gatechin, Epicatechin, Gallocatechin) ซึ่งสามารถพบได้ทั้งในรูปอิสระและเป็นโมโนเมอร์ของ Condensed tannin ในชา และแอนโธไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่สามารถละลายน้ำได้ในพืชมีความสำคัญมาก เพราะเป็นสารที่แสดงสีของดอกไม้และผลไม้ของพืชชั้นสูงทั่วไป

สมบัติที่ได้รับความสนใจอย่างมากของสารประกอบฟีนอลิก คือ การเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Antioxidants) และสารต้านการกลายพันธุ์ (Antimutagens) ซึ่งเกิดจากอนุมูลอิสระ (Free radicals) และการใช้สารประกอบฟีนอลิกในการป้องกันโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือด และมะเร็ง โดยสารประกอบฟีนอลิกจะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆ ด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว เมื่อสารประกอบฟีนอลิกให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระไปแล้ว อนุมูล

อิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะค่อนข้างมีเสถียรภาพ ดังนั้นจึงไม่ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไป ยิ่งไปกว่านั้นอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดยังคงสามารถรวมตัวกับอนุมูลอิสระอื่นได้อีกด้วย จึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกเหล่านั้นสามารถลดจำนวนอนุมูลลงได้ถึง 2 เท่า นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกมีบทบาททั้งต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารจากพืช เนื่องจากเป็นสารประกอบที่มีรสฝาดและขม และมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษา โดยจะทำให้อาหารเกิดสีน้ำตาล เกิดการพัฒนากลิ่น และมีการสูญเสียสารอาหารบางชนิดได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้อาจเป็นสิ่งที่ต้องการในบางกรณี เช่น การผลิตชาดำหรือโกโก้ แต่อาจเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการในบางกรณี เช่น การแปรรูปผักผลไม้ เป็นต้น

มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระในผักพื้นบ้าน 100 ชนิด (อัญชนา เจนวิถีสุข, 2544) พบว่าผักพื้นบ้านแต่ละชนิดจะมีปริมาณวิตามินซี วิตามินอี เบต้า-แคโรทีน และสารประกอบฟีนอกลิกที่แตกต่างกัน เช่น เมื่อนำผักกระถินแห้ง 100 กรัม มาวิเคราะห์วิตามินซี 48.47 มิลลิกรัม มีวิตามินอี 0.017 มิลลิกรัม มีเบต้า-แคโรทีน 0.64 มิลลิกรัม และผักกระถินแห้ง 1 กรัม มีสารประกอบฟีนอลิก 6.13 มิลลิโมลาร์ จากงานวิจัยนี้พบว่า ผักพื้นบ้านที่มีปริมาณวิตามินซี วิตามินอี เบต้า-แคโรทีน และสารประกอบฟีนอลิกสูง จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงไปด้วย อนุธิดา ผายพันธ์ และสารินทร์ แก้ววงค์ (2551) สกัดสารฟีนอลิกในผักพื้นบ้าน 5 ชนิด คือ ยอดกระถิน กะหล่ำปลี ใบขี้เหล็ก ใบชะพลู และยอดมะระขี้นก โดยสกัดด้วยสารละลายเอธิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 อัตราส่วน 1 : 6 (ผัก : เอธิลแอลกอฮอล์) พบว่า ผักที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด คือ ใบขี้เหล็ก มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับร้อยละ 31.3 รองลงมาคือ ยอดกระถิน ใบชะพลู กะหล่ำปลี และยอดมะระขี้นก ซึ่งมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับร้อยละ 27.28 9.78 6.52 และ 5.54 ตามลำดับ และทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging พบว่า ผักที่สามารถต้านสารอนุมูลอิสระสังเคราะห์ได้ดีที่สุด คือ ใบขี้เหล็ก รองลงมาคือ ยอดกระถิน ใบชะพลู กะหล่ำปลี และยอดมะระขี้นก ตามลำดับ ซึ่งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะแปรผันกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่มีอยู่ในผัก

2.4 ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก จัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าชนิดหนึ่ง ทั้งนี้อาหารเส้นจากแป้ง แบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540; บุญเชิด วิมลสุจริต, 2543)

1) อาหารเส้นแบบตะวันตก

1.1) มะกะโรนี ทำจากเซโมลินาของข้าวสาลีชนิดดูรัมผสมน้ำจนเป็นโดที่แข็ง เข้าเครื่องอัดเป็นเส้น มีลักษณะเป็นเส้นกลมใหญ่ตรงกลางกลวง เป็นท่อนๆ หรือทำเป็นตัวหนังสือ รูปหอย เป็นแผ่นเล็ก แผ่นใหญ่ รูปร่างต่างๆกัน มีสีเหลือง เมื่อจะบริโภคจะต้องนำมาต้มก่อน แล้วทำให้สะเด็ดน้ำ จึงปรุงรสกับซอสมะเขือเทศ และเครื่องปรุงอื่นๆ เป็นอาหารของชาวอิตาเลียน

1.2) สปาเกตตี ทำจากเซโมลินาของข้าวสาลีชนิดดูรัม มีลักษณะเป็นเส้นกลม เล็ก ตัน ยาว แห้ง และสีเหลือง เมื่อจะบริโภคจะต้องนำมาต้มให้สุกก่อนแล้วทำให้สะเด็ดน้ำ ปรุงรสกับซอสมะเขือเทศและเนื้อบดปรุง ปั้นเป็นก้อน นับเป็นอาหารหลักชนิดหนึ่งของชาวอิตาเลียน

2) อาหารเส้นแบบตะวันออก

2.1) อาหารเส้นที่ทำจากแป้งสาลี

- บะหมี่ ทำจากแป้งสาลีกับน้ำและส่วนผสมอื่น เช่น ไข่ เกลือ บะหมี่ มีทั้งเส้นเล็ก เส้นใหญ่ เส้นกลม เส้นแบน ชนิดสดและชนิดแห้ง ต้องลวกให้สุกในน้ำเดือดก่อนใช้ประกอบอาหาร ถ้ารับประทานกับน้ำซุปควรใช้บะหมี่สด
- บะหมี่ราเมน บะหมี่ญี่ปุ่นซึ่งแปลงมาจากบะหมี่ไข่ของจีน ทำจากไข่และ แป้งสาลี
- เส้นอุด้ง เส้นก๋วยเตี๋ยวของญี่ปุ่นภาคใต้ สีขาว ทำจากแป้งสาลี มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน มีเส้นแบบสดและแบบแห้ง ต้องนำมาต้มในน้ำเดือดก่อนนำไปประกอบอาหาร ซึ่งส่วนมากจะใส่ในน้ำซุป
- เส้นโซบะ เส้นบะหมี่ชนิดพิเศษของญี่ปุ่นทางภาคเหนือทำจากแป้งสาลีบัควีท หรือแป้งสาลีธรรมดา รับประทานได้ทั้งร้อนและเย็น มักมีจำหน่ายแบบแห้ง

2.2) อาหารเส้นที่ทำจากแป้งข้าวเจ้า

- เส้นก๋วยเตี๋ยว ทำมาจากข้าวเจ้าหรือแป้งข้าวเจ้า ทำให้เป็นแผ่นบางนึ่งให้สุก ตัดเป็นเส้นแล้วทำให้แห้ง ซึ่งมีทั้งแบบหั่นสำเร็จเป็นเส้นใหญ่ และเส้นเล็ก

2.3) อาหารเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียว

- วุ้นเส้น เส้นสตาร์ชถั่วเขียวที่ถูกทำให้สุก แล้วทำให้แห้ง เวลารับประทานนำมาแช่ให้นิ่มก่อนถึงจะนำมาประกอบอาหารได้

จากที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าก๋วยเตี๋ยวจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งข้าวเจ้า ซึ่งมีทั้งก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก เส้นหมี่ และขนมจีน และยังอาจรวมผลิตภัณฑ์ประเภทแผ่นใบเมี่ยงญวน กวยจั๊บ หรือที่ทำเป็นอาหารหวาน เช่น ลอดช่อง เป็นต้น โดยมีหลักการแปรรูปคล้ายคลึงกัน จะแตกต่างกันในบางขั้นตอน และลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้ โดยจำแนกตามกรรมวิธีการผลิตดังนี้ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)

1) ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก กวยจั๊บ และแผ่นใบเมี่ยงญวน ซึ่งผู้บริโภคชอบเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีลักษณะเส้นขาว เหนียวพอเหมาะในการเคี้ยว เนื้อก๋วยเตี๋ยวเรียบเนียน ขนาดหนาพอควรที่จะนำไปต้ม หรือผัดแล้วเส้นไม่ขาดง่าย ซึ่งลักษณะเหล่านี้เกิดจากคุณสมบัติของสตาร์ชที่มีอยู่มากกว่าสารอาหารอื่นในแป้งที่โม่ได้จากข้าวท่อนซึ่งเป็นวัตถุดิบในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวในปัจจุบัน

การตัดเส้นเพื่อให้รูปร่างลักษณะของผลิตภัณฑ์ต่างกันไป โดยก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่จะตัดเป็นเส้นขนาดใหญ่ มีความชื้นประมาณ 35% ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสด จะต้องลดความชื้นลงมากกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่และตัดเส้นเล็กลง สำหรับกวยจั๊บจะอบผิวด้านหนึ่งให้แห้งกว่าอีกด้านแล้วตัด เป็นแผ่นสามเหลี่ยม เมื่อนำไปต้มจะได้กวยจั๊บม้วนเป็นหลอด สำหรับแผ่นใบเมี่ยงญวน ต้องเติมเกลือประมาณ 2-3% และหมักน้ำแป้งไว้ 2 ถึง 3 วัน ผสมน้ำแป้งให้เหมาะสมที่จะละเลงบนผ้าที่อังบนไอน้ำ นำแผ่นแป้งนึ่งสุกวางบนแผ่นไม้ไผ่สาน ผึ่งแดดกลางแจ้งและในร่ม เก็บไว้ในห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงระยะหนึ่งจึงลอกแผ่นออกมา ตัดเป็นแผ่นกลมขนาดต่างๆกัน

2) เส้นหมี่ และขนมจีนแป้งสด มีกรรมวิธีการแปรรูปคล้ายคลึงกัน แต่ขนมจีนแป้งสดมีกรรมวิธีการแปรรูปโดยการเติมเกลือ คล้ายแผ่นใบเมี่ยงญวน แต่ไม่นานเท่าขนมจีนแป้งหมัก การนวดแป้งนึ่งสุกกับแป้งดิบจะมีลักษณะข้น และเหลวกว่าการทำเส้นหมี่ เพราะขนมจีนใช้วิธีโรยแป้งลงน้ำ

ร้อนเดือดให้เส้นสุกลอยขึ้นผิวน้ำ แล้วช้อนออก แช่น้ำเย็น ล้างน้ำ และจับเป็นขนมจีน ทิ้งให้สะเด็ดน้ำหมาดๆ ขายเป็นขนมจีนสด ส่วนเส้นหมี่จะนวดแป้งสุก และแป้งดิบให้เนียนเหนียว (ปริมาณน้ำน้อยกว่า) เข้าเครื่องอัดเส้น แล้วจึงนึ่งเส้นให้สุก เป็นเส้นหมี่สด ซึ่งไม่นิยมซื้อขายกันแบบเส้นสด จึงต้องนำเข้าเครื่องอบแห้งให้เป็นเส้นหมี่แห้ง เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์อื่น ที่สามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์แห้งได้เช่นกัน

อาหารเส้นที่มีคุณภาพดี ต้องไม่มีรอยแยก มีความยืดหยุ่น เมื่อนำมาต้มแล้วไม่เปื่อย มีความคงตัว และดูดซึมน้ำได้ดี วัดคุณภาพของอาหารเส้นมีดังนี้ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540; วิภา สุโรจนะเมธากุล, 2545)

1) น้ำหนักหลังการต้ม นำอาหารเส้นหนัก 10 กรัม มาต้มกับน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร จนเดือดเป็นเวลา 12 นาที จึงตักอาหารเส้นนั้นมาทำให้สะเด็ดน้ำ แล้วชั่งน้ำหนักของเส้นหลังต้มเป็นกรัม

2) น้ำหนักที่หายไปในการต้ม เป็นปริมาณของแข็งจากการระเหยน้ำที่ใช้ต้มอาหารเส้น

3) การวัดสี ใช้เครื่องวัดสีระบบการสะท้อนแสง (Light reflectance)

4) ค่าความคงทนต่อการดึงขาด (Tensile strength) เป็นค่าที่บ่งชี้ความยืดหยุ่นและความแข็งแรงของเส้น

5) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) เป็นค่าของงานที่ต้องการใช้ในการตัดเส้น สามารถใช้ประเมินความคงทนของเส้นต่อการหุงต้มได้

6) ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าเส้น (Adhesiveness) เป็นค่าของงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการดึงหัววัดจากผิวหน้าตัวอย่าง

2.5 ไอศกรีม

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์นมประเภทแช่แข็งโดยนำส่วนผสมที่ฆ่าเชื้อโรคแล้วไปปั่นให้เย็นจัดเพื่อให้อากาศเข้าไป และทำให้เกิดรูปร่างข้นหนืดอย่างสม่ำเสมอ ส่วนผสมหลักของไอศกรีมประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์นม น้ำตาล สารช่วยให้คงตัว (Stabilizer) สารที่ช่วยให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (Emulsifier) ของแข็งที่ไม่รวมไขมัน (Milk Solid Not Fat) กลิ่นและสีที่ไม่เป็นอันตราย ไอศกรีมจัดเป็นของหวานแช่แข็งซึ่งมีหลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมที่นำมาปรุงแต่งเป็นไอศกรีม หรืออาจเปลี่ยนแปลงไปแล้วแต่ความต้องการของตลาดแต่ส่วนมากมักคิดส่วนผสมออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์จากวัตถุดิบต่างๆ ที่นำมาประกอบเป็นไอศกรีม ไอศกรีมที่มีควรมีเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมที่แน่นอนได้สัดส่วนและตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งตามกฎหมายไอศกรีมต้องมีมันเนยมากกว่า 5 % และมีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยมากกว่า 7.5% โดยน้ำหนัก และมีแบคทีเรียไม่เกิน 600,000 ในผลิตภัณฑ์ 1 กรัม (กระทรวงสาธารณสุข, 2544)

ไอศกรีมมีหลายชนิดมีลักษณะแตกต่างกันไป สำหรับงานวิจัยนี้ต้องการผลิตไอศกรีมชนิด Plain Ice Cream หมายถึง ไอศกรีมที่มีกลิ่นรสเพียงอย่างเดียว โดยทั่วไปจะประกอบด้วยไขมัน 8-20% ของแข็งในนมไม่รวมไขมัน (MSNF) 8-15% น้ำตาล 13-20% สารคงตัวหรือสารอิมัลซิไฟเออร์ 0-0.7% โดยรวมจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณ 36-43% มีการเสริมแต่งกลิ่นรสต่างๆ เช่น ไอศกรีมวานิลา สตรอเบอรี่และกาแฟ เป็นต้น (Marshall and Arbuckle, 1996; สมจิตร สุรพัฒน์, 2544)

ในส่วนผสมทั้งหมดของไอศกรีม (Ice cream mix) จะมีสารต่างๆ ละลายอยู่โดยมีน้ำเป็นตัวทำละลาย สารต่างๆ ที่ละลายอยู่นั้นอาจแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ไขมัน จะกระจายตัวอยู่ในน้ำเป็นอิมัลชัน (Oil-in-water emulsion) โปรตีน ของแข็งที่มาจากนม และสารคงตัวละลายอยู่ในรูปของคอลลอยด์ และ น้ำตาลแลคโตส น้ำตาลที่เติมลงไปและเกลือแร่ต่างๆ ละลายอยู่ในรูปของสารละลายแท้ (true solution) สำหรับปริมาณองค์ประกอบของไอศกรีมจะแตกต่างกันไปตามชนิดของไอศกรีมและความต้องการของตลาด โดยเฉลี่ยแล้วไอศกรีมที่จัดว่ามีคุณภาพดีประกอบด้วยไขมัน 12% MSNF 11% น้ำตาล 15% Stabilizer และ Emulsifier 0.3% และปริมาณของแข็งทั้งหมด 38.3% โดยองค์ประกอบของไอศกรีมอาจอยู่ในช่วงกว้างๆ ดังนี้ ไขมัน 8-20% MSNF 8-15% น้ำตาล 13-20% Stabilizer-emulsifier 0-0.7% และปริมาณของแข็งทั้งหมด 36-43% ทั้งนี้ส่วนผสมของไอศกรีมมีดังนี้คือ (Marshall and Arbuckle, 1996; Goff, 2003)

1) ไขมัน ไขมันที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมในไอศกรีมมากที่สุดคือ ไขมันนม โดยวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของไขมันนม ได้แก่ น้ำนมพร้อมมันเนย นมข้นไม่หวาน ครีมสด และ เนย นอกจากไขมันนมแล้วอาจใช้ไขมันพืชเป็นส่วนผสมในไอศกรีมก็ได้ โดยใช้น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมันเม็ดฝ้าย และน้ำมันถั่วเหลือง

2) ของแข็งในนมไม่รวมไขมัน (Milk Solid Not Fat) จะประกอบด้วยโปรตีน แลคโตส และเกลือแร่ต่างๆ โดยแหล่งของแข็งในนมไม่รวมไขมันที่นิยมใช้ได้แก่ หางนม หางนมผง เวย์ผง และโปรตีนเวย์เข้มข้น ปริมาณที่ใช้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของไขมัน ดังนั้นถ้าใช้ไขมัน 12% จะใช้ของแข็งในนมไม่รวมไขมันประมาณ 11-11.5%

3) น้ำตาล สำหรับน้ำตาลชนิดที่นิยมใช้มากที่สุดคือ ซูโครส อาจใช้ชนิดเดียว หรือใช้ร่วมกับน้ำตาลชนิดอื่นก็ได้ โดยปริมาณที่เติมนั้นขึ้นอยู่กับความชอบ ซึ่งพบว่าระดับความหวานที่ทำให้คนส่วนใหญ่พอใจคือ 13-16%

4) สารให้ความคงตัว (Stabilizer) โดยปกติน้ำในไอศกรีมจะไม่อยู่ในสภาพที่แช่แข็งอย่างสมบูรณ์ การเพิ่มขึ้นและลดลง ของอุณหภูมิจะมีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมเปลี่ยนแปลง สารคงตัวที่เติมลงไปจะจับกับน้ำอิสระที่เกิดจากการหลอมเหลว ซึ่งจะช่วยป้องกันการสร้างผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ถ้าน้ำที่หลอมนั้นแข็งตัวขึ้นอีก นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส และความหนืด ช่วยป้องกันการแยกตัวของน้ำระหว่างการหลอมเหลว และช่วยให้ไอศกรีมมีความต้านทานต่อการหลอมเหลวมากขึ้น โดยทั่วไปจะใช้ประมาณ 0.1-0.5% สารคงตัวที่ใช้เป็นส่วนผสมในไอศกรีมได้แก่ Sodium alginate, Carrageenan, Sodium carboxyl methyl cellulose, Locust bean gum, Guar gum, Gelatin และ Agar เป็นต้น

5) อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) เป็นสารที่ทำให้เกิดสภาพอิมัลชัน ช่วยลดแรงตึงผิว (Surface tension) ทำให้สารต่างๆ ผสมกันได้ดี สารอิมัลซิไฟเออร์ที่นิยมใช้มากในการผลิตไอศกรีมมี 2 ชนิดคือ Mono-diglycerides, Polyoxyethylene derivatives of hexadyric alcohols, Glycol และ Glycol esters เป็นต้น

6) สารให้กลิ่นรสและสี ปัจจุบันนิยมใช้สารให้กลิ่นรสจากธรรมชาติ (Natural flavor) กันมากขึ้น ที่นิยมได้แก่ โกโก้ ช็อคโกแลต กาแฟ วนิลา เครื่องเทศ ถั่วต่างๆ ผลไม้ เป็นต้น สำหรับสีนั้นมี

การใช้เติมลงในไอศกรีมกันมาก ยกเว้นไอศกรีมที่ได้สีธรรมชาติจากส่วนผสมอยู่แล้ว สีที่ใช้กันมากเป็นสีสังเคราะห์ ซึ่งปัจจุบันก็มีแนวโน้มที่จะใช้สีจากธรรมชาติกันมากขึ้น

กรรมวิธีการผลิตไอศกรีมมีขั้นตอนดังนี้ (Marshall and Arbuckle, 1996; วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ, 2531 และ สมจิตร สุรพัฒน์, 2544)

1) การผสม (Mixing) ก่อนอื่นจะต้องชั่งส่วนผสมทั้งหมดให้ได้น้ำหนักตามสูตร การผสมจะเริ่มโดยการเติมส่วนผสมที่เป็นของเหลวลงในถังผสม คนให้เข้ากันและให้ความร้อนไปเรื่อยๆ ก่อนที่อุณหภูมิ จะเพิ่มขึ้นถึง 48.9 องศาเซลเซียส จะทำการเติมส่วนผสมที่เป็นของแห้งลงไปแล้วคนตลอดเวลา ซึ่งสามารถป้องกันส่วนผสมที่เป็นของแห้งจับตัวเป็นก้อนได้โดยนำส่วนผสมที่เป็นของแห้งทั้งหมดมาคลุกเคล้าให้เข้ากันก่อนที่จะเติมลงในส่วนผสมที่เป็นของเหลวอย่างช้าๆ ร่อนส่วนผสมที่เป็นของแห้งลงในส่วนผสมที่เป็นของเหลว และถ้าใช้เจลาติน หรือโซเดียมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสเป็นสารคงตัว ควรเติมหลังจากที่ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันดีและควรเติมก่อนที่อุณหภูมิ จะเพิ่มถึง 48.9 องศาเซลเซียส โดยอาจโรยลงบนผิวของส่วนผสมหรืออาจแช่ในน้ำ และให้ความร้อนจนกระทั่งสารคงตัวละลายแล้วจึงเติมลงในส่วนผสมที่อุ่น (37.8-48.9 องศาเซลเซียส) ส่วนผสมประเภทไขมัน เช่น เนย น้ำมันเนย ครีมแช่แข็ง จะต้องนำมาหลอมเหลวก่อนเติมลงในส่วนผสมทั้งหมด สีและกลิ่น จะเติมในส่วนผสมเป็นลำดับสุดท้ายก่อนนำไปปั่นเป็นไอศกรีม

2) การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization) นิยมพาสเจอไรซ์แบบอุณหภูมิสูงระยะเวลาสั้น (HTST) ที่ 82-87 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-30 วินาที โดยใช้แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน (Plate heat exchanger) ซึ่งจะช่วยทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคทั้งหมดที่มีอยู่ในส่วนผสม และลดจำนวนแบคทีเรียชนิดอื่นลง นอกจากนี้ในระหว่างการพาสเจอไรซ์จะช่วยให้ส่วนผสมของไอศกรีมเกิดสภาพเป็นคอลลอยด์

3) การโฮโมจีไนซ์ (Homogenization) เพื่อลดขนาดของเม็ดไขมันลง ส่วนผสมจะเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพที่เป็นอิมัลชันอย่างแท้จริง การโฮโมจีไนส์ส่วนผสมของไอศกรีมมักทำที่ 62.8-76.7 องศาเซลเซียส ส่วนผสมที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิสูงต้องลดอุณหภูมิเหลือ 65.5 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะทำการโฮโมจีไนซ์ เพื่อลดการเกิดกลิ่นนมต้ม สำหรับความดันที่ใช้ในการโฮโมจีไนซ์ควรใช้ให้เหมาะสมซึ่งไม่ควรสูงหรือต่ำจนเกินไป

4) การทำให้เย็น (Cooling) หลังจากทำการโฮโมจีไนส์ส่วนผสมแล้ว ควรทำให้เย็นลงทันทีจนกระทั่งอุณหภูมิสูง ลดลงเหลือ 4.4 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการทำให้ส่วนผสมเย็นลงนี้จะมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น

5) การบ่ม (Aging) เมื่อทำให้ส่วนผสมเย็นลงถึง 4.4 องศาเซลเซียส แล้วจะบ่มไว้ในถังบ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง โดยในระหว่างการบ่มจะมีการเปลี่ยนแปลงของส่วนผสมไอศกรีมเกิดขึ้นดังนี้ คือ สารคงตัว เช่น เจลาตินจะเกิดการไฮเดรชันอย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะเป็นผลให้ความหนืดของส่วนผสมทั้งหมดเพิ่มขึ้น ทำให้ได้ไอศกรีมที่มีความมัน มีความต้านทานต่อการหลอมเหลว และมีความคงตัวในระหว่างเก็บรักษา ไขมันจะเกิดการตกผลึกทำให้เกิดลักษณะเป็นไขมันแข็ง (Solid fat) ล้อมรอบไขมันเหลว การดูดซับของโปรตีนที่ผิวของเม็ดไขมัน ซึ่งจะเกิดขึ้นตั้งแต่ส่วนผสมผ่านการโฮโมจีไนซ์ และจะดำเนินต่อไปแต่จะเกิดในอัตราที่ช้าลง

6) การปั่นไอศกรีม (Freezing ice cream) หลังจากบ่มส่วนผสมทั้งหมดแล้วจะนำมาปั่นหรือทำให้แข็งด้วยเครื่องปั่นไอศกรีม (Ice cream freezer) โครงสร้างของไอศกรีมจะเกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ และในระหว่างการปั่นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในส่วนผสมของไอศกรีมดังนี้ อากาศจะเข้าไปในส่วนผสม : ขณะปั่นไอศกรีมอากาศจะกระจายตัวเข้าไปในส่วนผสม มีลักษณะเป็นฟองอากาศเล็กๆ ซึ่งการกระจายตัวของอากาศจะมีผลต่อคุณภาพของไอศกรีมที่ได้ และอากาศที่เข้าไปจะทำให้ปริมาตรของส่วนผสมเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มปริมาตรของไอศกรีมด้วยการปั่นให้อากาศรวมอยู่ในส่วนผสมระหว่างที่ทำให้ไอศกรีมแข็ง เรียกว่า โอเวอร์รัน (Over run) ในไอศกรีมจะมีโอเวอร์รันประมาณ 70-100% ถ้าไอศกรีมมีโอเวอร์รัน 100% แปลว่าปริมาตรของอากาศที่มีอยู่ในไอศกรีมเท่ากับปริมาตรของส่วนผสม น้ำในส่วนผสมจะแข็งตัวขณะปั่น ในขณะปั่นไอศกรีม ความร้อนจะถ่ายเทออกจากส่วนผสมอย่างรวดเร็วทำให้น้ำในส่วนผสมแข็งตัวเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก ปริมาณน้ำที่แข็งตัวอยู่ในรูปของผลึกน้ำแข็งจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของส่วนผสมที่ลดลง และเกิดการรวมตัวของเม็ดไขมัน โดยในขณะปั่นไอศกรีม จะเกิดการสูญเสียความคงตัวของอิมัลชัน เม็ดไขมันบางเม็ดจะแตกและปล่อยไขมันเหลวออกมาซึ่งจะทำให้เม็ดไขมันบางส่วนรวมตัวกัน โดยจะเกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่างฟองอากาศที่เข้ามาในส่วนผสมกับส่วนที่เป็นซีรัมของไอศกรีม ซึ่งจะเป็นการช่วยจับอากาศให้เข้ามาในส่วนผสมและทำให้ฟองอากาศนั้นคงตัวยิ่งขึ้น

7) การเติมสารให้กลิ่นรส สี และผลไม้ สำหรับสารให้กลิ่นรส สี น้ำผลไม้และผลไม้ที่สับละเอียด มักเติมลงในส่วนผสมของไอศกรีมก่อนที่จะนำไปปั่น ส่วนผลไม้ชิ้นใหญ่ ผลไม้แช่อิ่มและถั่วต่างๆ ควรเติมลงไปหลังจากที่ปั่นไอศกรีมแล้ว

8) การทำให้แข็ง (Hardening) ไอศกรีมที่ได้จากเครื่องปั่นจะมีลักษณะค่อนข้างเหลว ไม่มีรูปร่างที่แน่นอน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแช่แข็งไอศกรีมต่อเพื่อรักษาให้ลักษณะเนื้อสัมผัสและโอเวอร์รันของไอศกรีมยังคงอยู่โดยจะกระทำหลังจากที่บรรจุไอศกรีมลงในภาชนะแล้วนำมาทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วจนถึง -18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า ในเวลาที่สั้นที่สุดเพื่อป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ สำหรับเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งจะแตกต่างกันไป แต่ในทางปฏิบัติส่วนใหญ่มักต้องใช้เวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง

9) การบรรจุ (Packaging) กรณีที่บรรจุไอศกรีมปริมาณน้อยมักจะหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ประกบกับไขหรือหุ้มด้วยกระดาษแข็งที่เคลือบด้วยพลาสติกโพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำแต่ในกรณีที่บรรจุไอศกรีมปริมาณมาก มักบรรจุในภาชนะพลาสติกขนาดใหญ่ หรือภาชนะโลหะทำด้วยดีบุก ส่วนไอศกรีมแท่งโดยทั่วไปจะหุ้มด้วยพลาสติกที่ประกบกับอะลูมิเนียมฟอยด์เพื่อป้องกันความชื้น

10) การเก็บรักษา (Storage) ควรเก็บในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำระหว่าง -25 องศาเซลเซียส ถึง -30 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมิระดับนี้ น้ำในไอศกรีมประมาณ 90% จะอยู่ในรูปของผลึกน้ำแข็ง ไอศกรีมที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ ต่ำเช่นนี้ควรมีความคงตัวดี ไม่ควรเกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้ง่ายเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ เนื่องจากการปิดเปิดห้องเย็น การเก็บไอศกรีมไว้ที่อุณหภูมิต่ำมาก จะมีผลทำให้ผลึกของน้ำแข็งหลอมเหลวเพียงเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิของห้องเก็บเพิ่มขึ้น และการเรียงภาชนะใส่ไอศกรีมควรเรียงติดกันเพื่อช่วยรักษาอุณหภูมิ

2.6 เค้ก

เค้กเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทที่ใช้ผงฟูในการทำให้ขึ้นฟู เป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (Oil in water) ทำจากแป้งสาลีชนิดอ่อน มีส่วนผสมของน้ำตาล ไข่ และเนยค่อนข้างสูง ทำให้เค้กมีรสหวานมัน มีเนื้อนุ่มและชุ่มชื้น เค้กจำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2549)

1) เค้กประเภทส่วนผสมข้น (Batter type cake)โครงสร้างของเค้กมากจากไข่ แป้ง นม และเนยเป็นองค์ประกอบหลัก ปริมาตรของเค้กส่วนใหญ่ได้จากผงฟู ได้แก่ เค้กเนย เค้กช็อกโกแลต เค้กผลไม้ เค้กชั้นสีเหลืองและเค้กที่มีเนื้อหนัก

2) เค้กประเภทส่วนผสมเป็นฟอง (Foam type cake) โครงสร้างของเค้กเกิดจากไข่โดยทั่วไปไม่ใช้ผงฟูหรือเนย เค้กที่ได้จะเป็นเค้กที่มีเนื้อเบาแบ่งเป็น 2 ประเภท ตามชนิดของไข่ที่ใช้ ได้แก่ เค้กแองเจิ้ลหรือเค้กเมอร์แรงค์ (Angel or Meringue cake) ใช้เฉพาะไข่ขาวและเค้กสปันจ์ (Sponge cake) ใช้ไข่ทั้งฟองหรือไข่แดงอย่างเดียว

3) ชิฟฟ่อนเค้ก (Chiffon cake) เป็นเค้กที่มีลักษณะผสมระหว่างเค้กเนยและเค้กไข่ มีรสชาติเข้มข้นและเนื้อนุ่ม มีทั้งการใช้เนย ไข่แดง ไข่ขาว

ส่วนผสมที่นิยมใช้ในการทำเค้กทั่วไป ได้แก่ แป้งสาลี นม เกลือ น้ำตาล และไขมัน เป็นต้น นอกจากนี้ยังประกอบด้วยส่วนผสมอีก 2 ชนิด ที่ไม่ได้ใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทที่ใช้ยีสต์ ได้แก่ สารเคมีที่ช่วยในการขึ้นฟู (Leavening agent) และสารให้กลิ่นรส ซึ่งส่วนผสมที่ใช้ในการทำเค้กมีสมบัติและหน้าที่สำคัญ ดังนี้

1) แป้งสาลี แป้งที่ใช้ในการทำเค้ก ต้องให้ลักษณะของกลูเตนที่อ่อนโดยไม่ทำให้เกิดความเหนียวในระหว่างการผสม แต่ต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทำให้เกิดโครงสร้างของเค้กได้ นิยมใช้แป้งชนิดที่มีโปรตีนต่ำ (7-8%) และเป็นแป้งที่ผ่านการฟอกสีแล้ว แป้งจะทำให้โครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์ การฟอกสีทำให้พีเอชของแป้งลดลงเป็น 4.8-5.2 ซึ่งจะมีทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลแป้งต่ำลง การพองตัวของแป้งเพิ่มขึ้น และความหนืดของแบตเตอร์ในระหว่างการอบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนมอยู่ตัวได้เร็ว โดยขนมจะอยู่ตัว เมื่อโครงสร้างของแป้งสุก แต่แป้งที่ฟอกสีมากเกินไป จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติการเกิดเจล การละลาย การพองตัว และการดูดน้ำของแป้ง เค้กที่ได้จึงมีปริมาตรต่ำ และมีคุณภาพไม่ดี

2) น้ำตาล เป็นสารให้ความหวาน โดยความหวานขึ้นกับการละลายของน้ำตาล น้ำตาลที่มีผลึกขนาดใหญ่จะละลายได้ช้ากว่าน้ำตาลผลึกขนาดเล็ก น้ำตาลมีสมบัติดูดความชื้น (Hygroscopicity) จึงทำให้ความนุ่มและความชุ่มชื้นแก่ผลิตภัณฑ์ น้ำตาลช่วยให้สีและกลิ่นรสแก่ผลิตภัณฑ์

3) ไข่ หน้าที่ของไข่ในผลิตภัณฑ์เค้ก คือ (1) เป็นตัวให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของโปรตีนในไข่ เมื่อได้รับความร้อนในระหว่างการอบ (2) มีสมบัติในการตีให้ขึ้นฟู โดยฟิล์มของโปรตีนไข่จะไปห่อหุ้มฟองอากาศเล็กๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการผสม ทำให้เกิดลักษณะที่เป็นโฟม (3) ให้ความนุ่มและความชุ่มชื้นแก่ผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะจากไขมันและเลซิทินในไข่แดง (4) ให้กลิ่นรสและสีแก่ผลิตภัณฑ์ เช่น สีเหลืองจากไข่แดง และ (5) ให้คุณค่าทางโภชนาการ

4) ไขมัน ไขมันที่ใช้ในการทำเค้กมีหน้าที่พื้นฐาน 3 ประการ คือ (1) เป็นตัวจับอากาศในระหว่างที่ตีส่วนผสม ทำให้ฟองอากาศที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ (2) มีสมบัติในการหล่อลื่น (Lubrication) อนุภาคของโปรตีนและสตาร์ช ทำให้ไม่เกิดกลูเตนมากเกินไป ช่วยให้เนื้อขนมอ่อนนุ่ม และ (3) ทำให้เกิดอิมัลชันช่วยให้ส่วนผสมรวมกันได้ดี และสามารถอุ้มส่วนผสมที่เป็นของเหลวไว้ได้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความนุ่ม ไขมันที่เหมาะสมในการทำเค้กควรมีค่าดรรชนีไขมันที่เป็นของแข็งในช่วงแคบ และมีโมโนกลีเซอไรด์ 2-3% ซึ่งเป็นอิมัลซิไฟเออร์ทำหน้าที่ช่วยในการจับอากาศ ทำให้เกิดฟองอากาศจำนวนมาก และกระจายไขมันให้มีอนุภาคเล็ก ถ้าใช้อิมัลซิไฟเออร์ในปริมาตรที่เหมาะสมจะช่วยกระจายเซลล์อากาศในเฟสไขมันของแบตเตอร์ให้มีขนาดเล็กและสม่ำเสมอ

5) น้ำ ทำให้ส่วนผสมรวมกันได้ดี ช่วยควบคุมอุณหภูมิของส่วนผสม ช่วยควบคุมความคงตัว (Consistency) ของแบตเตอร์ (Batter) ซึ่งเป็นส่วนผสมเค้กที่ผสมเสร็จแล้วและรอเข้าอบ และช่วยให้ผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อเดียวกัน

6) นมผง ช่วยควบคุมสีเปลือก โดยน้ำตาลในนมสามารถเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนนมได้สีน้ำตาล ให้รสชาติ คุณค่าทางโภชนาการ และช่วยให้ความชุ่มชื้นแก่ผลิตภัณฑ์

7) เกลือ ช่วยเพิ่มรสชาติและลดความหวานของผลิตภัณฑ์

8) สารเคมีที่ช่วยในการขึ้นฟู สารเคมีที่ช่วยในการขึ้นฟูมีบทบาทสำคัญในการทำเค้ก โดยช่วยให้เนื้อเค้กนุ่ม ควบคุมปริมาตรของเค้ก และควบคุมพีเอชของแบตเตอร์ นอกจากนี้ยังสามารถขึ้นฟูได้เนื่องจากการตีส่วนผสม เพื่อเพิ่มอากาศให้ส่วนผสมและจากแรงดันไอน้ำที่เกิดขึ้นระหว่างการอบ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของเค้ก

9) สารให้กลิ่นรส การเติมกลิ่นรสและเครื่องเทศ เพื่อช่วยให้เกิดกลิ่นรสที่เฉพาะแก่ผลิตภัณฑ์ กลิ่นรสและเครื่องเทศที่นิยมเติมในผลิตภัณฑ์เค้ก ได้แก่ วานิลา อบเชย ลูกจันทร์ ดอกจันทร์ กานพลู และ เมล็ดป๊อปปี้ เป็นต้น

2.7 ซาลาเปา

ซาลาเปาเป็น ชื่อขนมชนิดหนึ่งของจีน ทำด้วยแป้งสาลีปั้นเป็นลูกกลม ข้างในใส่ไส้ มีทั้งไส้หวานและไส้เค็ม ซาลาเปาเป็นอาหารจีนชนิดหนึ่งทำมาจากแป้งสาลีและยีสต์ และนำมาผ่านการนึ่ง ซาลาเปาจะมีไส้อยู่ภายใน โดยอาจจะเป็นเนื้อหรือผัก ซาลาเปาที่นิยมนำมารับประทาน ได้แก่ ซาลาเปาไส้หมู และ ซาลาเปาไส้ครีม สำหรับอาหารที่มีลักษณะคล้ายซาลาเปา ที่ไม่มีไส้จะเรียกว่า หมั่นโถว นอกจากนี้ซาลาเปายังคงเป็นส่วนหนึ่งในชุดอาหารติ่มซำ ในวัฒนธรรมจีน ซาลาเปาสามารถนำมารับประทานได้ในทุกมื้ออาหาร ซึ่งนิยมมากในมื้ออาหารเช้าในภาษาอังกฤษเรียกซาลาเปาว่า "Chinese bun" ถ้ารู้ไส้ก็เรียกตามไส้ เช่น "Pork bun" คือ ซาลาเปาไส้หมู (สารานุกรมเสรี วิกิพีเดีย, 2553)

แป้งซาลาเปา สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ แป้งซาลาเปาชนิดที่ใช้ยีสต์กับผงฟู และแป้งซาลาเปาชนิดที่ใช้แอมโมเนียกับผงฟู ในการทำให้แป้งซาลาเปาขึ้นฟู เนื้อสัมผัสของแป้งซาลาเปาทั้ง 2 ชนิด จะแตกต่างกัน คือ ชนิดที่ใช้ยีสต์กับผงฟู เนื้อของแป้งซาลาเปาภายในจะมีรูอากาศค่อนข้างใหญ่ เนื้อนิ่ม หยาบ ส่วนใหญ่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด ส่วนอีกชนิดหนึ่ง คือ ชนิดที่ใช้แอมโมเนียกับผงฟู แป้งซาลาเปาชนิดนี้ จะต้องมีการทำแป้งเชื้อก่อนที่จะมาทำเป็นแป้งซาลาเปา ซึ่งเนื้อสัมผัสของแป้งซาลาเปาชนิดนี้จะนิ่ม ละเอียด ไม่มีรูอากาศขนาดใหญ่ภายในเนื้อแป้ง และเมื่อทำการนึ่งให้สุกแล้ว

ผิวหน้าของซาลาเปาจะแตกคล้ายขนมปุยฝ้าย จึงเรียกกันว่าซาลาเปาหน้าแตก โดยมีกรรมวิธีในการทำยุ่งยากกว่า ซาลาเปาชนิดที่ใช้ยีสต์กับผงฟู มีกรรมวิธีในการทำง่ายและราคาถูกมากกว่า ส่วนผสมที่ใช้ในการทำซาลาเปา มีสมบัติและหน้าที่สำคัญ ดังนี้ (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2532; ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2522)

1) แป้งสาลี เป็นวัตถุดิบในการช่วยให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปอยู่ได้ แป้งสาลีที่ใช้ในการทำแป้งซาลาเปา ควรเป็นแป้งสาลีประเภทแป้งอเนกประสงค์ ซึ่งเป็นแป้งที่มีโปรตีนสูงปานกลาง คือ 10-11% ซึ่งเป็นแป้งที่ได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดแข็งกับชนิดอ่อนเข้าด้วยกันในสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งจะใช้เวลาในการนวดแป้งน้อยกว่าขนมปัง ลักษณะของแป้งชนิดนี้จะมีลักษณะของแป้งขนมปังและแป้งเค้กรวมกัน สิ่งที่ทำให้ขึ้นฟูของแป้งชนิดนี้ สามารถใช้ได้ทั้งยีสต์และผงฟู จึงเป็นแป้งที่เหมาะสมในการทำแป้งซาลาเปา เพราะส่วนประกอบในการทำแป้งซาลาเปา มีทั้งยีสต์และผงฟู เป็นตัวช่วยให้แป้งซาลาเปาขึ้นฟู

2) น้ำตาล จะใช้น้ำตาลทรายขาวที่มีผลึกขนาดใดก็ได้ เพราะในกรรมวิธีการทำแป้งซาลาเปาจะต้องนำน้ำตาลมาทำให้ละลายในน้ำเสียก่อนที่จะทำการผสมลงไปในแป้ง โดยมีหน้าที่เป็นสารให้ความหวานแก่ผลิตภัณฑ์ และเป็นอาหารของยีสต์ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้ยีสต์ในการหมักโด ช่วยให้เนื้อของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น เก็บความชื้นและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มอยู่ได้นานและเพิ่มคุณค่าทางอาหารแก่ผลิตภัณฑ์

3) น้ำ เป็นส่วนประกอบที่ใช้ละลายของแข็งที่ละลายน้ำได้ให้เข้ากันก่อนการนวด ผสม และเป็นส่วนช่วยให้แป้งซาลาเปาขึ้นฟู และมีความนุ่มโดยที่ต้องใส่ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ถ้าใส่น้ำน้อยไปจะทำให้แป้งซาลาเปาแข็งและไม่ขึ้นฟูเท่าที่ควร

4) เนยขาว ในแป้งซาลาเปาจะใช้เนยขาวเป็นส่วนประกอบเพราะในแป้งซาลาเปาไม่ต้องการกลิ่นรสของเนยสด และสีของซาลาเปาโดยทั่วไปจะมีสีขาว ซึ่งถ้าใช้เนยสดหรือมาการีนซึ่งมีสีเหลือง จะทำให้ซาลาเปามีสีที่ไม่เป็นไปตามต้องการ เนยขาวเป็นเนยที่มีจุดหลอมละลายสูง จะไม่ละลาย เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ ดังนั้นจึงไม่ทำให้แป้งซาลาเปามีไขมันเยิ้มเป็นของเหลวออกมาเหมือนกับผลิตภัณฑ์ขนมปังบางชนิดซึ่งต้องการให้มีความมันและความชุ่มของส่วนประกอบเนยสดอยู่ด้วยในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้เนยขาวยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวได้ดี ไม่ยุบตัวเมื่อกดลงไป เพราะเนยขาวจะมีสภาพยืดหยุ่นที่ดี

5) ยีสต์ เป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิดการหมัก เป็นแหล่งของวิตามินและเอนไซม์ที่สำคัญ ยีสต์เป็นตัวที่ทำให้แป้งหมักที่มีความหนักเปลี่ยนเป็นเบาตัว มีความยืดหยุ่นและมีรูอากาศ ยีสต์ที่ใช้มีอยู่ 3 ชนิด คือ ยีสต์สด ยีสต์แห้งชนิดเม็ด และยีสต์แห้งชนิดผง ในการทำซาลาเปาจะใช้ยีสต์แห้งชนิดเม็ด เพราะมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด หาซื้อได้ง่าย โดยหน้าที่ของยีสต์ คือ

- สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้โดขยายตัว และปริมาตรของโดเพิ่มขึ้น
- ทำให้เกิดโครงสร้างและลักษณะของเนื้อโด อันเป็นผลจากการขยายตัวของก๊าซที่ยีสต์สร้างขึ้น
- ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่น รส เฉพาะตัว อันเนื่องมาจากสารอัลดีไฮด์ แอลกอฮอล์ คีโตน และกรดที่ยีสต์สร้างขึ้นมาในระหว่างการหมัก
- ช่วยเสริมคุณค่าทางอาหารให้กับผลิตภัณฑ์

6) ผงฟู เป็นสารที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูที่ผลิตจากการผสมของเบคกิ้งโซดา หรือโซเดียมไบคาร์บอเนตกับสารเคมีที่ทำหน้าที่เป็นกรด ซึ่งในการผสมนี้จะเติมแป้งข้าวโพดลงไปด้วยส่วนหนึ่งเพื่อป้องกันมิให้สารทั้งสองนี้สัมผัสกันโดยตรงซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นได้ และแป้งข้าวโพดที่เติมลงไปนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวดูดความชื้นไว้ ทำให้ผงฟูไม่จับเป็นก้อน ผงฟูมีหน้าที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความเบา ขึ้นฟู ง่ายต่อการขบเคี้ยว ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเนื้อในเป็นรูโปร่ง ดังนั้นน้ำย่อยจะสัมผัสกับอาหารได้หมด ทำให้ย่อยง่ายขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความน่ารับประทานและอร่อย ผงฟูโดยทั่วไปมีดังนี้ ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยารวดเร็วหรือเรียกว่าผงฟูกำลังหนึ่ง (Single Acting หรือ Fast Action) และผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาช้าหรือผงฟูกำลังสอง (Double Acting หรือ Slow Action)

7) เกลือ ในการผลิตแป้งซาลาเปา เกลือทำหน้าที่ให้มีรสชาติดีขึ้น โดยช่วยเน้นกลิ่นรสของส่วนผสมอื่นๆ เช่น ความหวานของน้ำตาล จะเด่นชัดขึ้นด้วยรสเค็มของเกลือ ช่วยขจัดความไม่มีรสชาติในอาหาร ช่วยควบคุมการทำงานของยีสต์ในโดที่หมักให้ขึ้นฟูด้วยยีสต์และควบคุมอัตราการหมัก ช่วยให้กลูเตนของโดมีกำลังในการยืดตัว และช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการในโดที่หมักด้วยยีสต์

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล (2532) กล่าวว่า กรรมวิธีในการทำโดของแป้งซาลาเปา จะใช้วิธีการผสมสองครั้งซึ่งเรียกว่า สปันจ์-โด (Sponge and Dough Method) ซึ่งมีวิธีการ คือ การผสมสองครั้ง มีขั้นตอนการผสมและการหมัก 2 ครั้ง การผสมครั้งแรก เป็นการผสมแป้งส่วนหนึ่งจากแป้งทั้งหมดที่ใช้ในสูตรกับยีสต์และอาหารยีสต์ ใช้เวลาในการผสมเพียง 4-5 นาที ผสมพอให้แป้งเข้ากันกับยีสต์และน้ำ ไม่จำเป็นต้องผสมจนเรียบเนียน ผสมเพียงเพื่อให้เกิดกลูเตนมากพอที่จะอุ้มก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักได้เพียงพอ การผสมใช้อัตราเร็วของเครื่องต่ำสุด โดที่ได้จากการผสมครั้งนี้ เรียกว่า สปันจ์ นำสปันจ์ไปหมัก 2-3 ชั่วโมง หรือนานกว่านั้นจนส่วนบนของสปันจ์เริ่มลดตัวยุบลงมาประมาณ 1 นิ้ว การยุบตัวลงของสปันจ์มาจากการยืดตัวเต็มที่ของโครงสร้างของ สปันจ์ตามแรงดันก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมัก จนทนไม่ได้ถึงขาด และปล่อยก๊าซบางส่วนหนีออกจาก สปันจ์ สปันจ์ที่หมักได้ดีนั้น โครงสร้างข้างในจะเป็นร่างละเอียด และแห้ง ถ้าละเอียดมากไปแสดงว่ายังหมักไม่ได้ที่ หรือจะตรวจสอบโดยการดึงส่วนของสปันจ์มาเล็กน้อย แล้วยืดดูด้วยมือ สปันจ์จะขาดง่าย โดยมีแรงต้านการดึงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ถ้ายังหมักไม่ได้ที่เมื่อดึงจะขาดออก และขาดไม่เป็นระเบียบ อีกทั้งยังฝืดและฝืนการดึงออก แต่ถ้าหมักนานเกินไป เมื่อดึงก้อนสปันจ์ก็จะขาดง่ายและลุ่ยไม่เป็นระเบียบเช่นกัน เมื่อหมักสปันจ์ได้ที่แล้ว ก็จะนำมาเข้าเครื่องผสมอีกครั้งเป็นการผสมครั้งที่สอง โดยการผสมส่วนที่เหลือทั้งหมดในสูตรลงไปในสปันจ์ซึ่งได้แก่ แป้งที่เหลือจากส่วนที่แบ่งไปทำสปันจ์ น้ำ น้ำตาล ไขมัน หรือส่วนผสมอื่นๆ ตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ทำ แล้วผสมจนเข้ากันดี ได้โดที่มีลักษณะเรียบเนียน เมื่อดึงออกมายืด โดจะแผ่เป็นแผ่นบางใส แสงผ่านได้ ไม่ขาดออกจากกัน ขั้นตอนนี้เรียกว่า ขั้นการเป็นโด และส่วนผสมที่ได้นี้ เรียก สปันจ์-โด ปริมาณของแป้งที่ใช้ในส่วนผสมของสปันจ์นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและการผสม ถ้าใช้เครื่องผสมก็มักจะใช้แป้งในส่วนของสปันจ์ 80% ที่เหลืออีก 20% แบ่งไว้ใช้ในส่วนของโด แต่ถ้าใช้มือผสมควรใช้แป้งมากขึ้นในส่วนของสปันจ์

โดยคุณลักษณะที่ต้องการของซาลาเปา มีดังนี้คือ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.), 2547)

1) ลักษณะทั่วไป ส่วนที่เป็นแป้งต้องคงรูป ไส้ต้องไม่แตกหรือทะลุออกภายนอก ยกเว้นกรณีเป็นลักษณะเฉพาะของซาลาเปาชนิดนั้นๆ และชนิดของไส้ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก

2) สี ต้องมีสีที่ดีของส่วนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอ

3) กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสที่ดีของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

4) ลักษณะเนื้อสัมผัส แป้งต้องนุ่ม ไม่เหนียวหรือแข็งกระด้าง ไส้ต้องเกาะตัวกันอย่างเหมาะสม

5) สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

6) วัตถุเจือปนอาหาร หากมีการใช้สีและวัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

7) ด้านปริมาณจุลินทรีย์ กำหนดว่าจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^5 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ต้องไม่พบ *Staphylococcus Aureus* ในตัวอย่าง 1 กรัม *Bacillus Cereus* ต้องน้อยกว่า 50 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Escherichia coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.8 เทคนิคการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ใหม่ (ไพโรจน์ วิริยะจารี, 2536; เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2550; Fuller, 1994; Hal, 2007, Jaeger et al., 2015)

ในยุคปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพปัจจัยทางสังคมมากมายที่ส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจโลก ทำให้ผู้ผลิตอาหารมีความพยายามที่จะปรับปรุงและพัฒนาศักยภาพในเรื่องงานวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ และเพิ่มปริมาณการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะตามความต้องการของลูกค้าหรือผู้บริโภคที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย การเปลี่ยนแปลงนั้นมีสาเหตุเนื่องจากสภาพปัจจัยต่าง ๆ เช่น การเปิดเสรีทางการค้า การพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการ พฤติกรรมการบริโภคสินค้าของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป การพัฒนาผลิตภัณฑ์มีวัตถุประสงค์มากมาย และมีลักษณะครอบคลุมกว้างขวางแต่มีจุดมุ่งหมายเดียวกันคือ ต้องการผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สร้างผลกำไรและเพื่อความอยู่รอดของบริษัท โดยทั่วไปสามารถรวบรวมความหมายของคำว่า “ผลิตภัณฑ์ใหม่” เป็น 7 ประเภท ดังนี้

1) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการขยายสายการผลิตโดยใช้กระบวนการผลิตที่มีอยู่ (Line extensions)

2) การสร้างแนวคิดใหม่ในผลิตภัณฑ์เดิม (Repositioned existing product)

3) ผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิมแต่ปรับเปลี่ยนรูปแบบใหม่ (New form of existing products)

4) ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เกิดจากการปรับปรุงสูตรที่มีอยู่แล้ว (Reformulation of existing products)

5) ผลิตภัณฑ์ใหม่ในบรรจุภัณฑ์ใหม่ (New packaging of existing products)

6) ผลิตภัณฑ์ที่เป็นนวัตกรรม (Innovative products/ make changes in an existing product)

7) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากความคิดสร้างสรรค์ (Creative product/bring into existence, the rare, never before-seen product)

ผลิตภัณฑ์อาหารถูกนำเข้าสู่ตลาดด้วยเหตุผลหลายประการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารใหม่อาจมีวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค แรงผลักดันทางการแข่งขัน หรือเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ ผลิตภัณฑ์อาหารอาจถูกปรับสูตร หรือปรับปรุงลักษณะทางด้านต่าง ๆ เช่น บรรจุภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภค เพื่อลดต้นทุน เพื่อหาวัตถุดิบอื่นทดแทนวัตถุดิบที่ขาด หรือหากระบวนการใหม่ทดแทนกระบวนการผลิตที่ล้าสมัย ไม่ว่าเหตุผลของการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจะเป็นอย่างไร การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจะประสบความสำเร็จจำเป็นต้องเข้าใจว่าผู้บริโภคคาดหวังอะไรจากผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็นประโยชน์ทางด้านการนำผลิตภัณฑ์อาหารไปใช้ประโยชน์ หรือทางด้านจิตใจ โดยทำให้เกิดความพึงพอใจ ที่ส่งผลต่ออรรถประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ ที่มีระดับของแต่ละคุณลักษณะที่เหมาะสม

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร การพัฒนาสูตรอาหารถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ โดยเทคนิคการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ใหม่ที่นิยม มักเกี่ยวข้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส เนื่องจากสูตรที่เหมาะสมส่วนใหญ่คือ สูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคนั่นเอง ในงานวิจัยนี้นำเทคนิคการทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธี Ratio Profile Test (RPT) มาใช้ในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ หลักการสำคัญของการพัฒนาสูตรด้วยเทคนิคดังกล่าวนี้คือ หากผลิตภัณฑ์ใหม่ที่กำลังพัฒนามีความเหมือนหรือคล้ายกับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคต้องการ ผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นย่อมมีแนวโน้มเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคได้ การทดสอบ RPT จึงเป็นการทดสอบทางด้านเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ (Profile test) หรือการใช้สเกลในการทดสอบ (Scaling technique) ที่จะสามารถอธิบายคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ในแง่การเปรียบเทียบเชิงปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนา วิธี RPT จึงเป็นเทคนิคหนึ่งซึ่งใช้ทดสอบเค้าโครงของผลิตภัณฑ์โดยการใช้สเกลในการทดสอบ โดยการที่จะกำหนดลักษณะเค้าโครงต่างๆของผลิตภัณฑ์นั้นจำเป็นต้องมีตัวอย่างผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณา ซึ่งอาจจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในท้องตลาดหรือผลิตภัณฑ์จากงานทดลองนั้นเอง สำหรับขั้นตอนในการทดสอบวิธี RPT มีดังนี้ คือ

1) การเลือกคำเพื่อแสดงลักษณะทางประสาทสัมผัส ซึ่งอาจทำโดยบุคลากรด้านเทคนิคและนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่รับผิดชอบโครงการนั้นรวมประมาณ 3-8 คน โดยการประเมินผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง และเลือกลักษณะที่สำคัญทางประสาทสัมผัส เช่น ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นและรสชาติ เป็นต้น

2) การเตรียมแบบประเมินผลการทดสอบ หลังจากกำหนดคำแสดงลักษณะที่จะใช้ในแบบประเมิน จะสร้างแบบประเมินโดยการใช้สเกลที่เป็นเส้นตรง ความยาว 12 เซนติเมตร ที่ปลายทั้ง 2 ด้านของเส้นจะระบุระดับความเข้มของคุณลักษณะนั้น

3) การทดสอบผลิตภัณฑ์กับผู้ทดสอบชิม ถ้าเป็นไปได้ควรใช้ผู้บริโภคทดสอบชิม (Consumer panel) มีปัจจัยที่ต้องพิจารณา เช่น ขนาดตัวอย่าง ช่วงเวลาในการทดสอบ การใช้แสงไฟ เป็นต้น ควรมีการมีการทำความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของคำ และอธิบายวิธีในการกรอกแบบประเมิน เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน ในการทดสอบจะให้ผู้ทดสอบขีดเครื่องหมายลงบนเส้นของ

แต่ละคุณลักษณะ โดยเขียน I บนส่วนที่ผู้ทดสอบต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์หรือเป็นค่าในอุดมคติ และเขียน S บนส่วนที่ได้จากการชิมผลิตภัณฑ์

4) การวิเคราะห์ข้อมูล ทำโดยการวัดระยะของสเกลจากทางด้านซ้ายของเส้นไปถึงระดับที่ผู้ทดสอบทำเครื่องหมายไว้ ทำให้ได้ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และค่าเฉลี่ยสัดส่วนคุณลักษณะต่างๆของตัวอย่าง (S) ต่อค่าในอุดมคติ (I) ผู้ทดสอบชิมแต่ละคนอาจให้ค่า Ratio profile ต่างกัน แต่ค่าเฉลี่ยที่ได้จะนำ มาใช้เป็น Fixed ideal เพื่อเป็นเกณฑ์ หรือมาตรฐานในการเปรียบเทียบ ทดสอบดูเค้าโครงลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้วย ซึ่งค่าเฉลี่ยสัดส่วนสามารถจะแสดงเป็นรูปของกราฟใยแมงมุม (Spider web)

5) การแปลผล ถ้าค่าเฉลี่ยสัดส่วนของค่าความเข้มของคุณลักษณะต่อค่าความเข้มในอุดมคติของคุณลักษณะใดๆ (S/I) เท่ากับ 1.0 หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น หากค่า S/I มากกว่า 1.0 หมายถึง แนวโน้มการพัฒนาคุณลักษณะนั้นคือต้องลดความเข้มของคุณลักษณะลง ในทางตรงกันข้ามหากค่า S/I น้อยกว่า 1.0 หมายถึง แนวโน้มการพัฒนาคุณลักษณะนั้นคือต้องเพิ่มความเข้มของคุณลักษณะ การใช้เทคนิค RPT ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลายกรณี เช่น การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร และขั้นตอนการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบการผลิต ทดสอบผู้บริโภค หรือทดสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้การใช้ RPT แบบ Fixed ideal จะเป็นที่นิยมใช้เพื่อดูเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ในแต่ละสิ่งทดลองว่ามีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างไปจาก Ideal มากน้อยเพียงใดและยังสามารถใช้เพื่อทดสอบการยอมรับรวมต่อผลิตภัณฑ์ของผู้ทดสอบชิมนั้นและพิจารณาว่าคุณลักษณะใดมีผลต่อค่าการยอมรับรวมของผู้ทดสอบ

นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังมีการใช้เทคนิคการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีการทดสอบความพอดี (Just about right: JAR) ซึ่งเป็นการทดสอบความพอดีในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส และรสชาติ คำจำกัดความของการใช้สเกล JAR คือ สเกลที่ระบุคุณลักษณะที่มีทิศทางตรงกันข้ามกัน โดยตำแหน่งตรงกลางของสเกลระบุคำว่า พอดี หรือ Just about right หรือ Just right ซึ่งส่วนปลายทั้งสองด้าน จะมีระดับของคุณลักษณะที่เบี่ยงเบนไปจากค่าที่เป็นอุดมคติ เป้าหมายของการใช้สเกล JAR ในการวิจัยข้อมูลเชิงปริมาณของผู้บริโภคเพื่อหาว่าคุณลักษณะที่ศึกษาควรจะปรับเพิ่มขึ้น หรือลงลงอย่างไร โดยการใช้สเกล JAR ควรอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังนี้

1) ผู้ทดสอบควรจะเข้าใจคำจำกัดความในแต่ละคุณลักษณะ

2) ผู้ทดสอบควรสามารถประเมินแต่ละคุณลักษณะได้อย่างเป็นอิสระในแต่ละคุณลักษณะ

3) ผู้ทดสอบตัดสินแต่ละคุณลักษณะจากการรับรู้ทางประสาทสัมผัสมากกว่าจากการใช้กระบวนการทางความคิด (Cognitive processing)

4) ผู้ทดสอบสามารถคาดคะเน และบอกทิศทางแนวคิดของคุณลักษณะของแต่ละบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับระดับของคุณลักษณะที่ประเมินได้

ตัวอย่างของการใช้สเกล JAR เช่น สอบถามผู้ทดสอบในการบอกระดับความหวานที่เหมาะสม ในการทดสอบผู้ทดสอบต้องบอกระดับความหวานที่ประเมินได้ และการระบุตำแหน่งของระดับความหวานประเมินได้ว่าแตกต่างจากระดับที่เป็นอุดมคติอย่างไร ในกรณีที่ผู้ทดสอบประเมินว่า

ผลิตภัณฑ์นั้นหวานไม่พอ ผู้ทดสอบจะระบุตำแหน่งระดับความหวานว่า “หวานน้อยไป” แต่หากผู้ทดสอบประเมินว่าผลิตภัณฑ์นั้นหวานเกินไป ผู้ทดสอบจะระบุตำแหน่งระดับความหวานว่า “หวานมากไป” เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้เทคนิค JAR ยังมีข้อจำกัดดังนี้

1) ด้านจิตวิทยาของผู้ทดสอบ ผู้ทดสอบบางคนรู้สึกว่าเป็นการยากที่จะต้องพิจารณาพร้อมๆ กันทั้งระดับความเข้มของคุณลักษณะ และตำแหน่งของระดับที่เห็นว่าเหมาะสม และอาจเป็นความยากที่เกิดจากความชอบส่วนบุคคล และปัจจัยด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ด้านสุขภาพ ผู้ทดสอบที่กำลังอยู่ในช่วงคุมอาหารรสเค็ม ทำให้คิดว่าผลิตภัณฑ์ที่มีรสเค็มนั้นไม่ดี เป็นต้น

2) คุณลักษณะบางอย่างไม่สามารถระบุความพอดีได้ การใช้สเกล JAR ในการประเมินความพอดีของส่วนผสมที่เกี่ยวข้องกับความลำเอียงเชิงบวกอาจไม่เหมาะสม เช่น การสอบถามความพอดีของปริมาณไส้กรอกที่โรยหน้าพิซซ่า ช็อกโกแล็ตในคุ๊กกี้ ถั่วในไอศกรีม อาจทำให้ผู้ทดสอบไม่สามารถความพอดีได้ ถึงแม้ว่าการเพิ่มส่วนผสมดังกล่าวไม่ได้ทำให้คุณลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์นั้นเพิ่มขึ้น

3) การประเมินคุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์กัน ข้อจำกัดหนึ่งที่เกิดขึ้นสำหรับการใช้สเกล JAR เนื่องจากเกิดความสัมพันธ์กันระหว่างคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น คุณลักษณะรสหวานกับรสเปรี้ยว และรสเค็ม รวมถึงกลิ่นรสที่มีในผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ผู้ทดสอบตัดสินใจยากในการบอกความพอดีของรสหวาน เป็นต้น

ในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ใหม่มักเกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมข้อมูล และการตอบสนองของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์นั้น โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคมักมีการทดสอบการยอมรับโดยการใช้สเกลแบบ Hedonic (Hedonic scaling) มีหลักการว่าความชอบของผู้บริโภคนั้นสามารถถูกจัดจำแนกได้โดยค่าของการตอบสนอง (ความชอบและไม่ชอบ) วิธีการที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการทดสอบการยอมรับ คือ 9 – Point hedonic scale เป็นการใช้สเกลความชอบ 9 จุด โดยในสเกลจะมีการระบุคำต่างๆ เช่น มากที่สุด มาก ปานกลาง เล็กน้อย เป็นต้น เพื่อให้ผู้ทดสอบสามารถให้ความพอใจของตนแสดงออกมาในรูประดับของความชอบและไม่ชอบผลิตภัณฑ์ตามสเกลกำหนด ในงานพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์อาหารมักทดสอบความชอบด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวม โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด, 5 หมายถึง เฉยๆ และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยหากได้รับคะแนนความชอบอย่างน้อย 6 คะแนน หมายถึง มีความชอบระดับชอบเล็กน้อย เป็นการยืนยันได้ว่าสูตรที่ผลิตได้เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ นอกจากนี้คะแนนที่ได้รับจากการทดสอบด้วยสเกลแบบ Hedonic สามารถนำไปเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ หรือความชอบของแต่ละคุณลักษณะ แสดงถึงความพอใจ คะแนนความชอบ และการเรียงลำดับของแต่ละบุคคลที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทางด้านต่าง ๆ อย่างไรก็ตามการใช้คุณลักษณะดังกล่าวเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป เนื่องจากคะแนนการยอมรับโดยรวม หรือคะแนนความชอบ ความชอบเพียงอย่างเดียวไม่สามารถช่วยให้ผู้พัฒนาเข้าใจว่าคุณลักษณะใดจำเป็นต้องปรับเปลี่ยน เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับ และคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความชอบเพิ่มขึ้น จึงมักมีการใช้เทคนิค JAR มาทดสอบร่วมด้วย เพื่อช่วยให้นักพัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถหาตำแหน่งที่เหมาะสมของแต่ละคุณลักษณะ รวมถึงทราบทิศทางการพัฒนาสูตรได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

สำหรับการนำการทดสอบการยอมรับโดยการใช้สเกลแบบ Hedonic มาใช้งาน นอกจากสเกล 9 ยังสามารถใช้สเกล 7 หรือ 5 ก็ได้ เพราะว่ามีบ้างที่บางครั้งผู้ทดสอบจะไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองหรือแสดงออกที่ระดับสูง ๆ หรือต่ำ ๆ (Extreme) มากนัก นอกจากนี้ในการทดสอบบางชนิดอาจใช้รูปการแสดงออกทางสีหน้า (Facial expressions) แทนความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบด้วย เช่น การทดสอบผลิตภัณฑ์กับเด็ก หรือการใช้สเกลแบบเส้นตรง (Line scale)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้อาหารผงจากพืชเป็นสารผสมอาหาร

จิราพร ใจชื่น (2542) ศึกษาการนำเปลือกถั่วเหลืองผงมาใช้ทดแทนแป้งในการผลิตขนมขบเคี้ยวแบบไทยจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ครองแครง ทองทับ ดอกจอก กรอบเค็ม และขนมผิง โดยนำมาใช้ทดแทนแป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวเจ้า ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ สูตรที่เหมาะสม คือ การใช้เปลือกถั่วเหลืองผงทดแทนแป้งในการผลิตครองแครง กรอบเค็มได้ 40% ทดแทนแป้งในการผลิตทองพับได้ 55% ทดแทนแป้งในการผลิตดอกจอกได้ 35% และ ทดแทนแป้งในการผลิตขนมผิงได้ 20% โดยทำให้ขนมขบเคี้ยวแบบไทยทั้ง 5 ชนิดดังกล่าวมีปริมาณเส้นใยอาหารสูงกว่าสูตรดั้งเดิม

สุธิดา กิจจาวรเสถียร (2553) เตรียมใบชะพลูผงแห้งเพื่อนำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ธัญพืชผสมใบชะพลูอัดแท่ง โดยหาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของใบชะพลู อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งใบชะพลู คือ 50 60 และ 70°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงเท่ากัน จากการทดลองพบว่า การใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 50°C ที่เวลา 3 ชั่วโมงมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 8.95 ซึ่งเกินจากที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 8 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนชะพลูแห้ง (มผช.1204/2549) และมีปริมาณน้ำอิสระ 0.54 ใบชะพลูที่อบแห้งที่ 50°C มีลักษณะเป็นสีเขียวอ่อน ในขณะที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 60°C เวลา 3 ชั่วโมงทำให้ใบชะพลูอบแห้งที่ได้มีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 6.54 และปริมาณน้ำอิสระเฉลี่ย 0.36 และพบว่าใบชะพลูมีลักษณะสีเขียวเข้ม ส่วนการใช้อุณหภูมิอบแห้งที่ 70°C เวลา 3 ชั่วโมงมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 4.59 และปริมาณน้ำอิสระเฉลี่ย 0.29 และพบว่าใบชะพลูมีสีคล้ำและกลิ่นไหม้ อาจเนื่องมาจากอาหารที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนและปฏิกิริยาเคมีการเกิดสีน้ำตาล และส่งผลให้ความชื้นลดลง

วรรณพร อินทร์ก้อนวงค์ (2555) ศึกษาการนำใบมะรุมผงมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กเพื่อสุขภาพร่วมกับการใช้เนื้อฝักมะรุม พบว่า ใบมะรุมผงมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 1,057.92 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/100 กรัมตัวอย่างแห้ง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 3,568.03 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิก/100กรัมตัวอย่างแห้ง โดยสูตรเค้กที่เหมาะสมคือการใช้น้ำมันรำข้าว เนื้อฝักมะรุม ใบมะรุมผง และน้ำตาลทราย เท่ากับ 50%, 100%, 6.5% และ 75% โดยน้ำหนักแป้งสาลี ตามลำดับ

Chantaro (2006) ศึกษาการนำเปลือกแครอทมาผลิตเป็นใยอาหารผง พบว่า มีศักยภาพนำมาใช้เป็นส่วนผสมอาหารได้ โดยเปลือกแครอทผงที่ได้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีความสามารถในการอุ้มน้ำและบวมน้ำ เป็นแหล่งที่ดีของเบต้า-แคโรทีน และมีปริมาณใยอาหารสูงถึง 69-73 กรัม/100 กรัมของตัวอย่างแห้ง

Nilnakara (2006) ศึกษาการนำกาบใบกะหล่ำปลีมามาผลิตเป็นผง พบว่า มีศักยภาพนำมาใช้เป็นส่วนผสมอาหารได้ กะหล่ำปลีผงที่ได้ ยังคงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และวิตามินซี และจัดเป็นส่วนผสมอาหารที่มีปริมาณใยอาหารสูง

Rupasinghe et al. (2008) ศึกษาการนำเปลือกแอปเปิ้ลมาผลิตเป็นผง และศึกษาผลของการเติมเปลือกแอปเปิ้ลในมัฟฟินต่อปริมาณใยอาหารและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด สำหรับสูตรการผลิตมัฟฟิน มีส่วนผสมของแป้งสาลี 34.05% น้ำ 32.13% น้ำตาล 15.42% น้ำมันพืช 13.88% นมผงพร่องมันเนย 2.57% อบเชยผง 1.29% ไข่ผง 0.45% และเกลือ 0.13% ทำการทดลองโดยแปรปริมาณเปลือกแอปเปิ้ลผง เป็น 6 ระดับ (0 4 8 16 24 และ 32% w/w) โดยทดแทนปริมาณแป้งสาลีในมัฟฟิน พบว่า ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดของมัฟฟิน มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณของเปลือกแอปเปิ้ลผงที่เติมลงไปในมัฟฟิน และมีผลให้ปริมาณเควอซิทิน (Quercetin glycosides) แคทีชิน (Catechins) กรดคลอโรจีนิก (Chlorogenic acid) โฟลริดซิน (Phloridzin) และไซยานิดิน กาแลกโทไซด์ (Cyanidingalactoside) เพิ่มขึ้นกว่าการไม่เติม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 61% 57% 53% 44% และ 20% ตามลำดับ

Fuentes-Alventosa et al. (2009) ศึกษาการทำแห้งเศษหน่อไม้ฝรั่งด้วยวิธีการทำแห้งที่ต่างกัน คือการทำแห้งด้วยลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16 ชั่วโมง และการทำแห้งแบบ Freeze drying พบว่า วิธีการทำแห้งไม่มีผลต่อปริมาณใยอาหารทั้งหมด และความสามารถในการอุ้มน้ำ แต่การทำแห้งแบบแช่แข็งระเหิด ทำให้ได้ใยอาหารที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำมันและดัชนีชะลอการดูดซับน้ำตาลมากกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน เนื่องจาก การทำแห้งแบบแช่แข็งระเหิด ทำให้โครงสร้างของใยอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการทำแห้งแบบลมร้อน และยังทำให้โครงสร้างมีความเป็นรูพรุนมาก ด้วยความเป็นรูพรุนของโครงสร้างใยอาหาร จึงเอื้อต่อการขัดขวางการแพร่ของกลูโคสได้ โดยใยอาหารจะทำหน้าที่กักเก็บกลูโคสไว้ อย่างไรก็ตามพบแนวโน้มว่าสามารถนำเศษหน่อไม้ฝรั่งจากการแปรรูปในอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์โดยการผลิตเป็นผงแห้งใช้เป็นส่วนผสมอาหารได้

Lu et al. (2010) นำใบชาเขียวพันธุ์ Shu-Jih-Chun (*Camellia sinensis* L.) มาแปรรูปเป็นผงแห้งแล้วเติมในสปันจ์เค้กโดยแทนที่แป้งสาลีในปริมาณ 0%, 10%, 20% และ 30% พบว่าการใช้ผงชาเขียวแทนที่แป้งสาลีในปริมาณ 0%, 10% และ 20% ให้ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความชอบไม่แตกต่างกัน ($p<0.05$) การเติมผงชาเขียวเป็นการเพิ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจำพวกสารประกอบฟีนอลิก กลุ่มคาเทชิน (Catechins) ให้กับสปันจ์เค้กได้

Martínez-Cervera et al. (2011) ศึกษาผลของการเติมเส้นใยโกโก้ โดยใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์มัฟฟินช็อคโกแลต โดยวิเคราะห์คุณสมบัติของแบทเทอร์ และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของมัฟฟิน โดยเตรียมมัฟฟิน 4 สูตร สูตรที่ 1 ใช้เป็นสูตรควบคุม (เติมผงโกโก้ ไม่เติมเส้นใยโกโก้) สูตรที่ 2 LFR (ทดแทนไขมันระดับต่ำ) (เส้นใยโกโก้ 11.5 และ น้ำมัน 34.5 กรัม/100 กรัม แป้ง) สูตรที่ 3 MFR (ทดแทนไขมันระดับกลาง) (เส้นโกโก้ 23.0 และน้ำมัน 23.0 กรัม/100 กรัม แป้ง) และสูตรที่ 4 HFR (ทดแทนไขมันระดับสูง) (เส้นใยโกโก้ 34.5 และน้ำมัน 11.5 กรัม/100 กรัม แป้ง) พบว่า ความสูงของผลิตภัณฑ์ขนมอบลดลง เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์การแทนที่ไขมัน

แต่การสูญเสียน้ำหนัก ไม่มีความแตกต่างกัน เนื้อสัมผัสของเค้กที่มีการทดแทนไขมัน มีค่า Hardness Chewiness และ Resilience ต่ำกว่าสูตรควบคุม ค่า Sponginess และ Springiness ของตัวอย่าง LFR ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม และการเติมเส้นใยโกโก้มากขึ้นทำให้มัฟฟินเก็บความชื้นได้มากขึ้น โดยมัฟฟิน HFR มีสีช็อคโกแลตคล้ายกับสูตรควบคุม แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้เส้นใยโกโก้ได้โดยไม่ต้องเพิ่มผงโกโก้ มัฟฟินที่มีเส้นใยโกโก้มากขึ้น มีความเหนียวมากขึ้น และมีความยากต่อการเคี้ยวและกลืนมากขึ้น และมีรสขมแตกต่างจากการใช้ผงโกโก้ ผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าการใช้เส้นใยโกโก้ เป็นทางเลือกที่ส่งเสริมการทดแทนน้ำมันในสูตรมัฟฟินช็อคโกแลต มีข้อดี คือมัฟฟินมีความชื้นสูงขึ้น นุ่มขึ้น และเนื้อร่วน มากกว่าสูตรควบคุม สามารถลดความแข็งระหว่างการเก็บรักษาได้ นอกจากนี้การเพิ่มเส้นใยโกโก้สามารถทำหน้าที่ให้สีได้ อย่างไรก็ตามยังมีจุดที่ต้องปรับปรุง เช่น ความสูงที่ลดลง การรับรู้ได้ถึงรสขม และเนื้อสัมผัสเหนียว

Moraes Crizel et al. (2013) ศึกษาลักษณะเส้นใยจากผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมการผลิตน้ำส้ม โดยแบ่งเส้นใยออกเป็น 2 ส่วน คือ F1 (เปลือก กาก และเมล็ด) และ F2 (เปลือก) พบว่าตัวอย่างทั้งสอง (F1 และ F2) มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด และอัตราส่วนระหว่างเส้นใยที่ละลายน้ำได้และเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำในระดับสูง เมื่อศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ พบว่าเส้นใยมีความสามารถในการการอุ้มน้ำ และความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูง ซึ่งเป็นสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดี รวมถึงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณแคโรทีนอยด์สูง เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลดแคลอรี่ได้ จากการนำเส้นใยจากส้มมาทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม แปรเป็น 3 สูตร คือ ไอศกรีมสูตรควบคุม (IC) มีการเติมไขมัน 5 กรัม/100กรัม ไอศกรีมที่มีเส้นใยจากเปลือก กาก และเมล็ดส้ม (ICF1) และไอศกรีมที่มีเส้นใยจากเปลือกส้ม (ICF2) พบว่าการใช้เส้นใยจากส้มทดแทนไขมันในไอศกรีม สามารถลดไขมันได้ถึง 70% โดยผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในคุณลักษณะต่างๆ เช่น สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส เส้นใยจากส้มจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่ใช้ทดแทนไขมันในการทำไอศกรีม แต่อย่างก็ตามยังต้องมีการปรับปรุง การยอมรับด้านกลิ่นรส และรสที่ตกค้างอยู่หลังการรับประทาน

Gawlik-Dziki et al. (2015) ศึกษาการนำใบควินัว (*Chenopodium quinoa*) มาบดเป็นผงแห้งแล้วเสริมในขนมปัง ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสและศักยภาพด้านการออกฤทธิ์ทางยาเมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรควบคุม พบว่า ใบควินัวผงเป็นแหล่งที่ดีของรูทีน (Rutin) และกรดแกลลิก (Gallic acid) การเติมใบควินัวผงในขนมปังในปริมาณ 5 กรัม/100กรัม มีผลให้ปริมาณกรดแกลลิกหลังการย่อยมีปริมาณคงอยู่มากกว่าขนมปังสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการเติมใบควินัวผงในปริมาณ 3 กรัม/100กรัม ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ซึ่งเป็นต้นแบบที่ดีสำหรับการเสริมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพให้กับอาหาร

Sęczyk et al. (2016) ศึกษาถึงศักยภาพด้านการออกฤทธิ์ทางยา โดยวิเคราะห์ด้านปริมาณฟีนอลิก สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมถึงศักยภาพทางโภชนาการ โดยวิเคราะห์ความสามารถในการย่อยของสตาร์ชและโปรตีน ของพาสต้าที่เสริมผงพาสลีย์ (Powdered pasley leaves) ในช่วง 1-4% ผลการศึกษาพบว่าการเสริมผงพาสลีย์ 4% ทำให้ปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้น 67% สมบัติการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น 146% และสมบัติการรีดิวซ์เพิ่มขึ้น

220% ซึ่งมีผลดีต่อการยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง (Antiproliferative) นอกจากนี้พบว่าไม่มีผลต่อการย่อยสตาร์ชแต่มีผลต่อการย่อยโปรตีนโดยทำให้ลดความสามารถในการย่อยลง 20%

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบและสารเคมี

1) ใบขลู่ รับจากสถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 บ้านท่าสอน อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี
2) แมกนีเซียมคาร์บอเนต (Magnesium carbonate, $MgCO_3$) บริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย
3) วัตถุดิบสำหรับใช้ทำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า ตราหมีคู่ดาว
4) วัตถุดิบสำหรับใช้ทำไอศกรีม ได้แก่
    4.1) ครีม (ชนิดไขมัน 35%) ตราโฟร์โมสต์
    4.2) หางนมผง บริษัท เอฟ เอ กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)
    4.3) น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล
    4.4) สารเพิ่มความคงตัว Fulfill I 400 บริษัท บอร์เนต คอร์เปอเรชั่น จำกัด
5) วัตถุดิบสำหรับใช้ทำเค้ก ได้แก่
    5.1) แป้งเค้ก ตราบัวแดง
    5.2) น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล
    5.3) ผงฟู ตราเบสท์ฟู้ดส์
    5.4) นมผง ตราแฮปปี้มิลค์
    5.5) เนยสด ตราออร์คิด
    5.6) เนยขาว ตราใบไม้ทอง
    5.7) เกลือ ตราปรุงทิพย์
    5.8) ไข่ไก่
6) วัตถุดิบสำหรับใช้ทำซาลาเปา ได้แก่
    6.1) แป้งเค้ก ตราบัวแดง
    6.2) น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล
    6.3) เกลือ ตราปรุงทิพย์
    6.4) ยีสต์ ตราเพอร์เฟค
    6.5) ผงฟู ตราเบสท์ฟู้ดส์
    6.6) เนยขาว ตราใบไม้ทอง
    6.7) ไส้สังขยาสำเร็จรูป ตรา อิมพีเรียล

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) ตู้อบลมร้อนแบบถาด บริษัท อีเค ฟู้ดเท็ค จำกัด ประเทศไทย
2) เตาอบไฟฟ้า (Severin รุ่น SEV-2024) ประเทศเยอรมนี
3) เครื่องบดอาหารแห้ง บริษัท โง้วฮวดหยู ประเทศจีน
4) เครื่องปั่นไอศกรีม (RIVAL รุ่น HOM 122050) ประเทศไทย
5) เครื่องผสม บริษัท กิตติวัฒนาโฮส อินดัสทรี จำกัด ประเทศไทย

6) เครื่องวัดค่า Water Activity (Novasina รุ่น AWC) ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
7) เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น BA 610) ประเทศเยอรมนี
8) เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง Sartorius รุ่น AC 211S ประเทศเยอรมนี
9) เครื่องวัดสี (Colorimeter) Hunter Lab รุ่น Miniscan XP Plus ประเทศสหรัฐอเมริกา
10) อุปกรณ์สำหรับทดสอบทางประสาทสัมผัส
11) อุปกรณ์เครื่องแก้ว
12) อุปกรณ์งานครัว

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การผลิตผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐาน

เตรียมใบขลู่ผงตามวิธีของ สิริมา ชินสารและคณะ (2557) ดังนี้ นำใบขลู่มาทำการคัดเลือกเอาเฉพาะใบอ่อน ที่มีขนาดความกว้างของใบประมาณ 3-5 เซนติเมตร และความยาวของใบประมาณ 5-7 เซนติเมตร จากนั้นหั่นเป็นเส้นตามขวางกว้างประมาณ 0.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ล้างให้สะอาด และผึ่งลมให้แห้ง ลวกใบขลู่ในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.06% ที่อุณหภูมิน้ำเดือด เป็นเวลา 1 นาที กำหนดอัตราส่วนของใบขลู่ : น้ำที่ใช้ลวก คือ 1 : 12 แล้วแช่ในน้ำเย็น (อุณหภูมิประมาณ 4°C) ทันทีเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำใบขลู่ที่มาคั่วในกระทะอะลูมิเนียมด้วยไฟอ่อน โดยใช้มือที่สวมถุงมือผ้าแทนตะหลิวนาน 20 นาที นำใบขลู่มาเกลี่ยลงบนถาดนำเข้าตู้อบสุญญากาศ อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความดัน 40 เซนติเมตรปรอท เป็นเวลา 57 นาที เมื่อได้ใบขลู่แห้งแล้ว นำมาบดเป็นผงละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช ได้เป็นใบขลู่ผงสำหรับการใช้งานตลอดการทดลอง ลักษณะของใบขลู่และใบขลู่ผงที่ได้แสดงดังภาพที่ 3-1

ภาพที่ 3-1 ใบขลู่ที่ใช้ในงานวิจัยและใบขลู่ผงที่ผลิตได้

การศึกษาในขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ ที่จะนำใบขลู่ผงมาเป็นส่วนผสมอาหารทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม

เค้ก และซาลาเปา เพื่อให้ได้สูตรพื้นฐานที่มีความเหมาะสมที่สุด โดยดำเนินการผลิตอาหารทั้ง 4 ชนิด แล้วนำมาทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส วิธี 9- point hedonic scale ซึ่งเป็นการทดสอบความชอบด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวม โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด, 5 หมายถึง เฉยๆ และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยสูตรพื้นฐานที่จะนำมาผลิตต่อในขั้นตอนต่อไป ต้องได้รับคะแนนความชอบทุกด้านอย่างน้อย 6 คะแนน (จาก 9 คะแนน) ซึ่งหมายถึงอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย เพื่อเป็นการยืนยันได้ว่าสูตรพื้นฐานที่ผลิตได้เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ สำหรับรายละเอียดการการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 4 ชนิด มีดังนี้

3.1.1 การผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

ดำเนินการโดยผสมแป้งข้าวเจ้ากับน้ำให้ได้ความเข้มข้น 40% (w/w) ผสมในเครื่องผสมโดยใช้อุปกรณ์ช่วยผสมรูปใบพายความเร็วปานกลาง ตีผสมเป็นเวลา 10 นาที จนได้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน นำส่วนผสมมาเทเป็นแผ่นบางบนถาดอลูมิเนียม ควบคุมความหนาโดยเทน้ำแป้งครั้งละ70 มิลลิลิตร ใส่ถาดอลูมิเนียมขนาด 11x11 นิ้ว เอียงถาดเพื่อเกลี่ยให้น้ำแป้งกระจายทั่วถาด นึ่งจนแป้งสุกโดยวางในหม้อนึ่งที่น้ำเดือดอยู่ ปิดฝาแล้วนึ่งโดยใช้เวลา 4 นาที ทิ้งให้แผ่นแป้งเย็นประมาณ 5 นาที แล้วลอกแผ่นแป้งออกจากถาด ตัดเป็นเส้นขนาดเล็ก ให้มีกว้างของเส้นประมาณ 3 มิลลิเมตร นำไปวางเรียงบนถาด แล้วอบโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จนมีความชื้นประมาณ 9-10% ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วบรรจุก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กในถุงพลาสติก ปิดผนึกสนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ (ดัดแปลงจากวิธีของ ณัฐญา โกมลมณี, 2541)

3.1.2 การผลิตไอศกรีม

ดำเนินการโดยเตรียมส่วนผสมไอศกรีมนมตามรายละเอียดในตารางที่ 3-1 โดยมีกรรมวิธีการผลิตดังนี้ คือ ผสมส่วนผสมของแห้งทั้งหมดเข้าด้วยกัน และนำไปละลายผสมกับน้ำ เติมส่วนครีมและปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิจนอุณหภูมิถึง 80 องศาเซลเซียส และคงไว้เป็นเวลา 30 วินาที แล้วทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็นผสมน้ำแข็ง จนอุณหภูมิถึง 55 องศาเซลเซียส นำไปปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันอีกครั้ง นำไปพาสเจอร์ไรซ์โดยการให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ให้ส่วนผสมมีอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็นผสมน้ำแข็งจนอุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้เป็นส่วนผสมของไอศกรีมเหลว แล้วนำไปปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีมเป็นเวลา 30 นาที แช่ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วบรรจุไอศกรีมลงในถ้วยพลาสติก ปิดฝา เก็บไว้ที่อุณหภูมิแช่แข็ง -18 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ (ดัดแปลงจากวิธีของ อัจฉราพรรณ มหพันธ์, 2556)

ตารางที่ 3 -1 ส่วนผสมของไอศกรีมสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	% (โดยน้ำหนัก)
ครีม	25.6
หางนมผง	10.2
น้ำตาลทราย	12.0
สารเพิ่มความคงตัว	0.8
น้ำ	51.4

3.1.3 การผลิตเค้ก

ในงานวิจัยนี้ผลิตเค้กเนย ดำเนินการโดยเตรียมส่วนผสมเค้กเนย ตามรายละเอียดในตารางที่ 3-2 โดยมีกรรมวิธีการผลิตดังนี้ คือ ร่อนน้ำตาล เกลือ และนมผงเข้าด้วยกัน ร่อนแป้ง และผงฟู พักไว้ ตีเนยขาวและเนยสดกับน้ำตาลเกลือ และนมผงที่ร่อนแล้ว โดยใช้เครื่องผสมและใช้อุปกรณ์ช่วยผสม หัวตะกร้อ ใช้ความเร็วปานกลาง ตีผสมเป็นเวลา 5 นาที จนเนยขึ้นฟูค่อยๆ เติมไข่ไก่ ตีผสมจนส่วนผสมเข้ากันดี เติมแป้งและผงฟู ลงไปในส่วนผสมสลับกับการเติมน้ำ โดยแบ่งแป้งออกเป็น 4 ส่วน น้ำ 3 ส่วน เริ่มผสมด้วยแป้งแล้วจบด้วยแป้ง ผสมโดยใช้ความเร็วต่ำสุดแล้วเทใส่พิมพ์ที่ทาไขมัน เทส่วนผสมลงในพิมพ์วงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร และสูง 5.5 เซนติเมตร โดยเทส่วนผสม ประมาณ 3/4 ของพิมพ์ อบที่อุณหภูมิ 350 องศาฟาเรนไฮซ์ เป็นเวลา 25-30 นาที หรือจนสุก นำออกพักไว้บนตะแกรงจนเย็น บรรจุในถุงพลาสติก เก็บในตู้เย็น จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ (ดัดแปลงจากวิธีของ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2554)

ตารางที่ 3-2 ส่วนผสมของเค้กสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	% (โดยน้ำหนักแป้ง)
แป้งเค้ก	100.0
เนยสด	27.0
เนยขาว	27.0
น้ำตาล	100.0
เกลือ	1.5
นมผง	6.5
ไข่ไก่	60.0
ผงฟู	4.0
น้ำ	58.5

3.1.4 การผลิตซาลาเปา

ส่วนผสมสำหรับทำซาลาเปามี 2 ส่วน ดำเนินการโดยเตรียมส่วนผสมซาลาเปา ตามรายละเอียดในตารางที่ 3-3 สำหรับส่วนผสมที่ 1 ผสมแป้งเค้ก ยีสต์ เคล้าให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำ ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมและใช้อุปกรณ์ช่วยผสมหัวตะขอ ใช้ความเร็วปานกลางค่อยๆ เติมน้ำ และนวดส่วนผสมจนเป็นก้อน ใช้พลาสติกปิดคลุมภาชนะ หมักส่วนผสมไว้ 30 นาที สำหรับส่วนผสมที่ 2 ร่อนแป้งเค้ก และผงฟู ผสมเข้าด้วยกัน นำน้ำตาลทรายและเกลือละลายน้ำ แล้วเทเติมลงในส่วนผสมที่เป็นของแห้ง ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมและใช้อุปกรณ์ช่วยผสมหัวตะขอ ใช้ความเร็วต่ำ ผสมให้เข้า จากนั้นนำส่วนผสมที่ 1 ที่หมักไว้มารวมเข้าด้วยกันกับส่วนผสมที่ 2 ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสม ใช้ความเร็วปานกลาง นวดผสมเป็นเวลา 5 นาที ทำเป็นก้อนกลมใส่อ่างผสมแล้วใช้พลาสติกปิดคลุมภาชนะไว้ ทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที (แป้งขึ้นฟูเป็นประมาณสองเท่า) นำแป้งที่ขึ้นฟูมานวดไล่ลม แล้วแบ่งเป็นก้อนเล็กๆ ก้อนละ 30 กรัม ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำก้อนแป้ง มาแผ่ออกเป็นแผ่นวงกลม ให้ขอบด้านนอกบางกว่าตรงกลาง วางบนอุ้งมือ ใส่ไส้ปริมาณ 15 กรัม โดยในงานวิจัยนี้ใส่ไส้สังขยาสำเร็จรูป และจับจีบ วางบนกระดาษรอง นำไปนึ่งโดยวางในหม้อนึ่งที่น้ำเดือดอยู่ ปิดฝาแล้วนึ่งโดยใช้เวลา 10 นาที นำออกพักไว้บนตะแกรงจนเย็น บรรจุในถุงพลาสติก เก็บในตู้เย็น จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ (ดัดแปลงจากวิธีของ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และคณะ, 2557)

ตารางที่ 3-3 ส่วนผสมของซาลาเปาสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	% (โดยน้ำหนัก)
ส่วนผสมที่ 1	
แป้งเค้ก	250.0
ยีสต์	3.5
น้ำ	175.0
ส่วนผสมที่ 2	
แป้งเค้ก	200.0
ผงฟู	5.3
เนยขาว	65.0
น้ำตาลทราย	100.0
เกลือ	0.8
น้ำ	75.0

3.2 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

3.2.1 การหาเค้าโครงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ

ดำเนินการทำการทดลองเบื้องต้นโดยเติมใบขลู่ผงลงในตัวอย่างอาหารทั้ง 4 ชนิด โดยกำหนดปริมาณการเติมใบขลู่ผงลงในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา ในปริมาณเท่ากับ 0.2% 0.5% 1.0% และ 0.3% ตามลำดับ เพื่อให้ได้ตัวอย่างสำหรับให้ผู้ทดสอบได้พิจารณาเปรียบเทียบคุณลักษณะที่ต้องการเพื่อตอบเค้าโครงคุณภาพที่ต้องการได้ชัดเจนขึ้น

วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Ratio Profile Test (RPT) ซึ่งเป็นวิธีที่ทดสอบเค้าโครงคุณภาพที่ผู้บริโภคต้องการในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ในที่นี้กำหนดคุณลักษณะที่ทดสอบด้านด้านสีเขียว กลิ่นขลู่ กลิ่นรสขลู่ และรสชาติ โดยคุณลักษณะด้านสีเขียว กลิ่นขลู่ และกลิ่นรสขลู่ เป็นคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับใบขลู่ผงที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ สำหรับรสชาติเป็นรสชาติเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยมีการอธิบายความหมายของคุณลักษณะกับผู้ทดสอบก่อนการทดสอบ ให้ผู้ทดสอบให้ค่าความเข้มในอุดมคติ (I) และค่าความเข้มของคุณลักษณะด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ ของตัวอย่าง (S) ทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน วิเคราะห์และแปลผลการทดสอบโดยการหาค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มในอุดมคติ เปรียบเทียบกับค่าความเข้มของคุณลักษณะด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ สร้างกราฟใยแมงมุม (Spider web) เพื่อให้การพิจารณาเค้าโครงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด ชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อให้เห็นแนวทางในการปรับปรุงสูตรต่อไป

3.2.2 การปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์

ดำเนินการปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิด โดยแปรปริมาณการเติมใบขลู่ผงลงในตัวอย่างอาหาร ในทั้งนี้ในการกำหนดปริมาณการเติมใบขลู่ผง พิจารณาเค้าโครงคุณภาพทางกายภาพและเคมี ประกอบกับ ค่า S/I โดยแนวทางการพัฒนาสูตรใช้เกณฑ์การพิจารณาดังนี้

- หากค่า S/I เท่ากับ 1.0 ± 0.2 หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น
- หากค่า S/I มากกว่า 1.0 ± 0.2 หมายถึง แนวทางการพัฒนาคุณลักษณะนั้นคือต้องลดความเข้มของคุณลักษณะลง
- หากค่า S/I น้อยกว่า 1.0 ± 0.2 หมายถึง แนวทางการพัฒนาคุณลักษณะนั้นคือต้องเพิ่มความเข้มของคุณลักษณะขึ้น

แปรปริมาณการเติมใบขลู่ผงในอาหารทั้ง 4 ชนิด ดังนี้

- ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก แปรปริมาณการเติมใบขลู่ผง เท่ากับ 0% 0.2% 0.4% 0.6% 0.8% และ1.0%
- ไอศกรีม แปรปริมาณการเติมใบขลู่ผง เท่ากับ 0% 0.5% 1.0% และ 1.5%
- เค้ก แปรปริมาณการเติมใบขลู่ผง เท่ากับ 0% 1.0% 1.5% และ 2.0%
- ซาลาเปา แปรปริมาณการเติมใบขลู่ผง เท่ากับ 0% 0.3% 0.5% และ 0.7%

เพื่อให้การดำเนินการพัฒนาสูตรเป็นไปอย่างมีทิศทางที่ชัดเจน นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้ง 4 ชนิด มาวิเคราะห์เค้าโครงคุณภาพทางกายภาพ เคมี รวมถึงทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสร่วมด้วย ดังนี้

<u>ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก</u>

- ค่าสี L* a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter)
- เวลาที่เหมาะสมในการต้มก๋วยเตี๋ยวให้สุก (Cooking time) (AACC, 1995)
- ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) (AACC, 1995)
- น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) (AACC, 1995)
- คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Ratio Profile Test (RPT)

<u>ไอศกรีม</u>

- ค่าสี L* a* และ b* ของไอศกรีมเหลวและไอศรีมแช่แข็งโดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter)
- การขึ้นฟู (Over run) ตามวิธีของ Arbukle (1986)

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ด้วยเครื่อง Hand refractrometer
- คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Ratio Profile Test (RPT)

เค้ก

- ค่าสี L* a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter)
- ค่าปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) ใช้วิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา
- คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Ratio Profile Test (RPT)

ซาลาเปา

- ค่าสี L* a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter)
- ค่าปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) ใช้วิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา
- คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Ratio Profile Test (RPT)

3.3 การทดสอบการยอมรับของสูตรที่พัฒนาได้

เมื่อปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 4 ชนิด จนมีค่า S/I อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้นแล้ว (S/I เท่ากับ 1.0 ± 0.2) จะดำเนินการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธี Just about right ซึ่งเป็นการทดสอบความพอดีในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส และรสชาติ ร่วมกับการทดสอบวิธี 9- point hedonic scale ซึ่งเป็นการทดสอบความชอบด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน เพื่อพิจารณาการยอมรับของสูตรที่พัฒนาได้ของอาหารทั้ง 4 ชนิด

3.4 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐาน

นำผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 4 ชนิด ที่มีการเติมใบขลู่ผงในปริมาณที่เหมาะสม มาวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผง

ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

- ค่าสี L* a* และ b* ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter)
- เวลาที่เหมาะสมในการต้มก๋วยเตี๋ยวให้สุก (Cooking time) (AACC, 1995)
- ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) (AACC, 1995)
- น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) (AACC, 1995)
- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ดัดแปลงจาก Fan, Zhang, Yu & Ma, 2006)

ไอศกรีม

- ค่าสี L* a* และ b* ของไอศกรีม โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter)
- การขึ้นฟู (Over run) (Marshall and Arbuckle, 1996)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้เครื่อง Hand refractometer
- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ดัดแปลงจาก Fan et al., 2006; Dewanto et al., 2002; Karagozler, et al., 2008)

เค้ก

- ค่าสี L* a* และ b* ของเนื้อเค้ก โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter)
- ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) (Sangnark and Noomhorm, 2003)
- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ดัดแปลงจาก Fan, Zhang, Yu & Ma, 2006)

ซาลาเปา

- ค่าสี L* a* และ b* ของเนื้อซาลาเปา โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter)
- ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) (Sangnark and Noomhorm, 2003)
- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ดัดแปลงจาก Fan et al., 2006; Dewanto et al., 2002; Karagozler, et al., 2008)

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการผลิตผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐาน

จากดำเนินการศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆที่จะนำใบขลู่ผงมาเป็นส่วนผสมอาหารทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา เพื่อให้ได้สูตรพื้นฐานที่มีความเหมาะสมที่สุด โดยนำมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส วิธี 9- point hedonic scale ซึ่งเป็นการทดสอบความชอบด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดย คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 5 หมายถึง เฉยๆ และ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ผลการทดลองพบว่าสูตรพื้นฐานของอาหารทั้ง 4 ชนิด ได้รับคะแนนความชอบทุกด้านอยู่ในช่วง 6.52- 8.55 (จาก 9 คะแนน) ซึ่งหมายถึงอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก เป็นการยืนยันได้ว่าสูตรพื้นฐานที่ผลิตได้เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ รายละเอียดผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-1

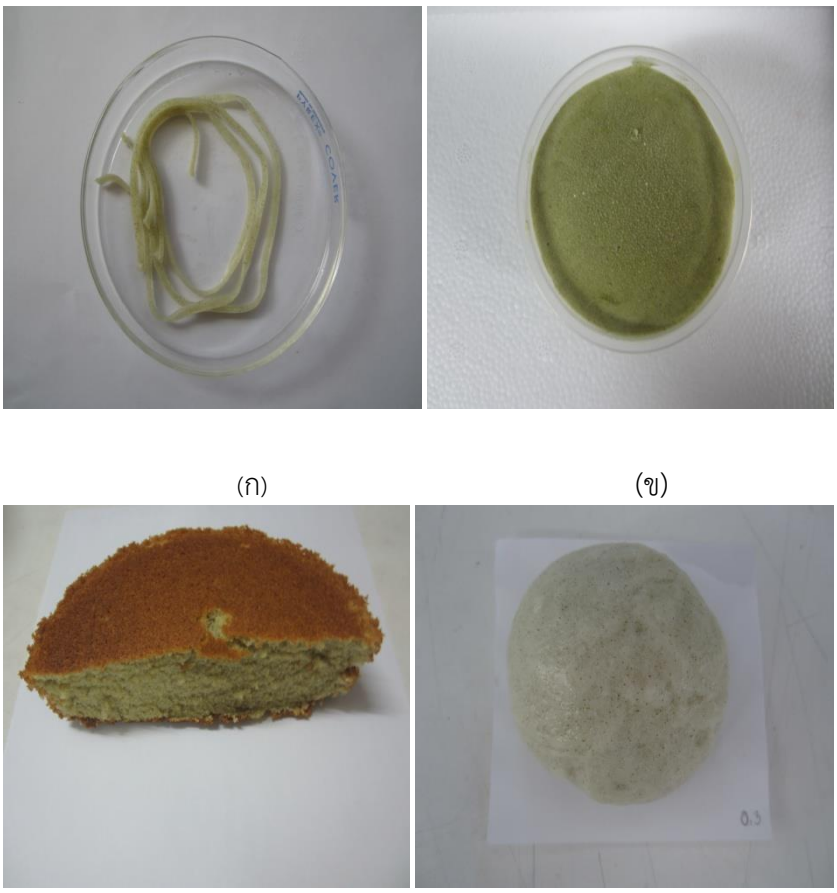
4.2 ผลการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

4.2.1 ผลการหาเค้าโครงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ

จากการเติมใบขลู่ผงลงในตัวอย่างอาหารทั้ง 4 ชนิด มีรายละเอียดดังนี้คือ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา เติมใบขลู่ผงในปริมาณ เท่ากับ 0.2% 0.5% 1.0% และ 0.3% ตามลำดับ ลักษณะของตัวอย่างอาหารทั้ง 4 ชนิด แสดงดังภาพที่ 4-1 เสนอตัวอย่างให้ผู้ทดสอบได้พิจารณาเปรียบเทียบคุณลักษณะที่ต้องการเพื่อตอบเค้าโครงคุณภาพที่ต้องการได้ชัดเจนขึ้น ดำเนินการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Ratio Profile Test (RPT) ด้านสีเขียว กลิ่นขลู่ กลิ่นรสขลู่ และรสชาติ โดยให้ผู้ทดสอบให้ค่าความเข้มในอุดมคติ (I) และค่าความเข้มของคุณลักษณะด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ ของตัวอย่าง (S) ทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน ได้ผลดังภาพที่ 4-2 ถึง 4-5

ตารางที่ 4-1 ความชอบทางประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปาสูตรพื้นฐาน

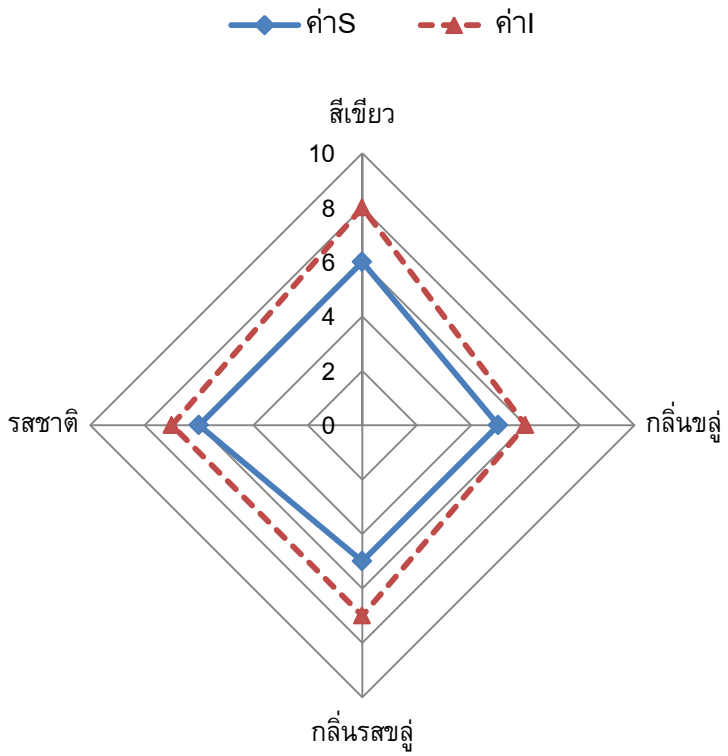
ผลิตภัณฑ์	คะแนนความชอบ ± SD					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก	7.50±0.25	6.52±0.21	7.50±0.20	7.50±0.11	7.45±0.20	7.95±0.20
ไอศกรีม	8.55±0.30	7.65±0.10	7.45±0.15	8.15±0.15	8.05±0.20	8.25±0.25
เค้ก	8.50±0.15	8.55±0.10	8.55±0.10	8.25±0.12	8.20±0.10	8.10±0.31
ซาลาเปา	8.00±0.25	7.35±0.20	8.15±0.35	8.25±0.25	8.10±0.20	8.05±0.20



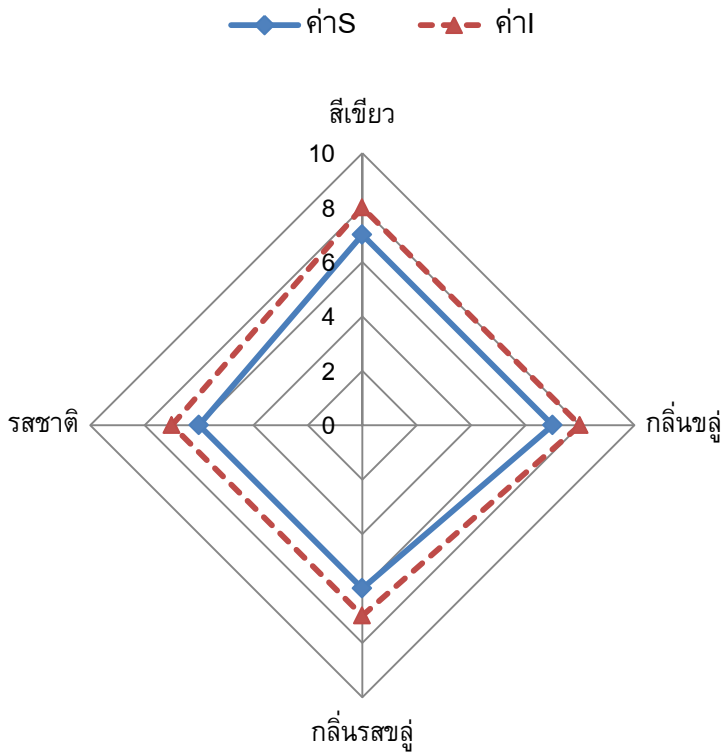
(ก) (ข)

(ค) (ง)

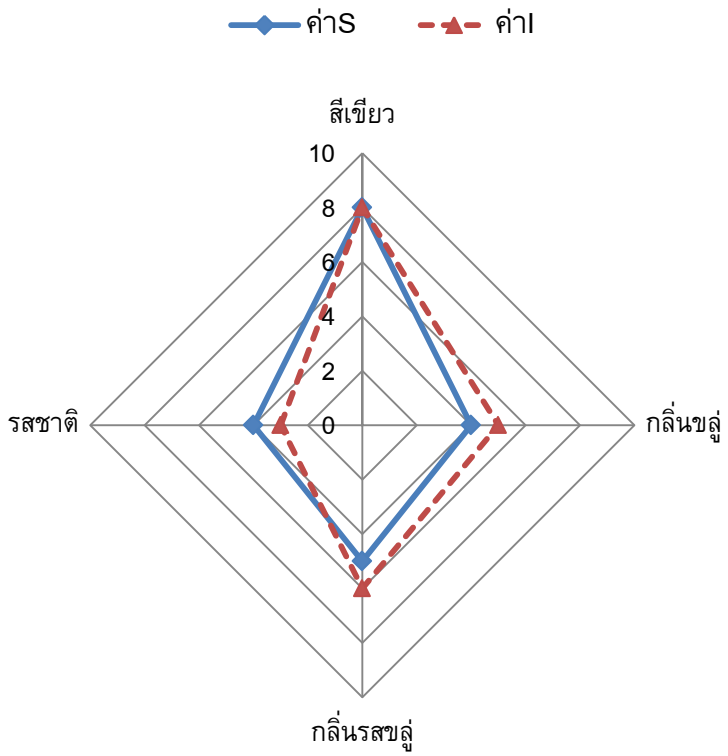
ภาพที่ 4-1 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีการเติมใบขลู่ผง (ก) ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผง 0.2% (ข) ไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผง 0.5% (ค) เค้กที่เติมใบขลู่ผง 1.0% และ (ง) ซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผง 0.3%



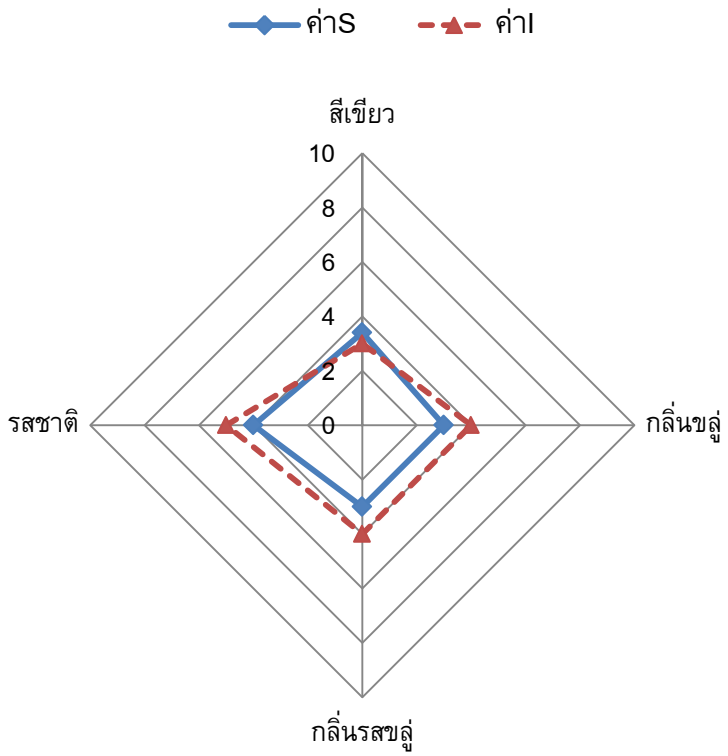
ภาพที่ 4-2 ค่าความเข้มในอุดมคติ (I) และค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผง 0.2%



ภาพที่ 4-3 ค่าความเข้มในอุดมคติ (I) และค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ของไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผง 0.5%



ภาพที่ 4-4 ค่าความเข้มในอุดมคติ (I) และค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ของเค้กที่เติมใบขลู่ผง 1.0%



ภาพที่ 4-5 ค่าความเข้มในอุดมคติ (I) และค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ของซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผง 0.3%

4.2.2 ผลการปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์

ค่าอัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา แสดงดังตารางที่ 4-2 แนวทางการปรับปรุงสูตร พิจารณาจากค่า S/I ดังนี้ หากค่า S/I อยู่ในช่วง 1.0 ± 0.2 หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น หากค่า S/I มากกว่า 1.2 หมายถึง แนวทางการพัฒนาคุณลักษณะนั้นคือต้องลดความเข้มของคุณลักษณะลง และหากค่า S/I น้อยกว่า 0.8 หมายถึง แนวทางการพัฒนาคุณลักษณะนั้นคือต้องเพิ่มความเข้มของคุณลักษณะขึ้น

จากผลการทดลอง พบว่า ค่า S/I ของคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.8-1.2 หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น ยกเว้นผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผง 0.2% มีค่า S/I ของคุณลักษณะด้านสีและกลิ่นรส น้อยกว่า 0.8 ซึ่งหมายถึงต้องเพิ่มความเข้มของสีและกลิ่นรสใบขลู่ผง และสำหรับผลิตภัณฑ์ซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผง 0.3% มีค่า S/I ของคุณลักษณะกลิ่นขลู่และกลิ่นรสขลู่น้อยกว่า 0.8 ซึ่งหมายถึงต้องเพิ่มความเข้มของกลิ่นขลู่และกลิ่นรสใบขลู่ผง อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์สำคัญคือต้องการเติมใบขลู่ผงให้มากที่สุด จึงควรศึกษาผลของปริมาณใบขลู่ผงต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณภาพด้านอื่นเพิ่มเติม จึงได้แนวทางในการ

ปรับปรุงสูตร คือ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก กำหนดเติมใบขลู่ผงในช่วง 0.2%-1.0% ไอศกรีม กำหนดเติมใบขลู่ผงในช่วง 0.5%-1.5% เค้ก กำหนดเติมใบขลู่ผงในช่วง 1.0%-2.0% และซาลาเปา กำหนดเติมใบขลู่ผงในช่วง 0.3%-0.7%

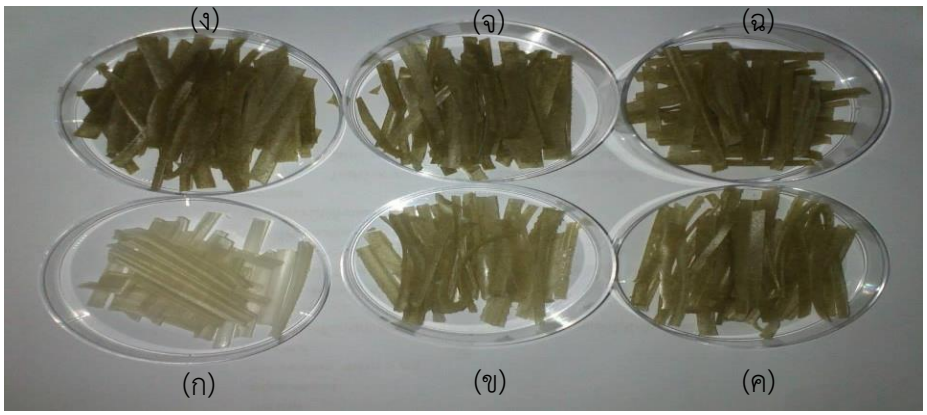
ตารางที่ 4-2 อัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา

ผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ย S/I*±SD			
	สีเขียว	กลิ่นขลู่	กลิ่นรสขลู่	รสชาติ
ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก (เติมใบขลู่ผง 0.2%)	0.75±0.05	0.83±0.08	0.71±0.04	0.86±0.06
ไอศกรีม (เติมใบขลู่ผง 0.5%)	0.88±0.06	0.88±0.09	0.86±0.07	0.86±0.04
เค้ก (เติมใบขลู่ผง 1.0%)	1.00±0.07	0.80±0.05	0.83±0.04	1.13±0.05
ซาลาเปา (เติมใบขลู่ผง 0.3%)	1.13±0.06	0.75±0.05	0.75±0.01	0.80±0.02

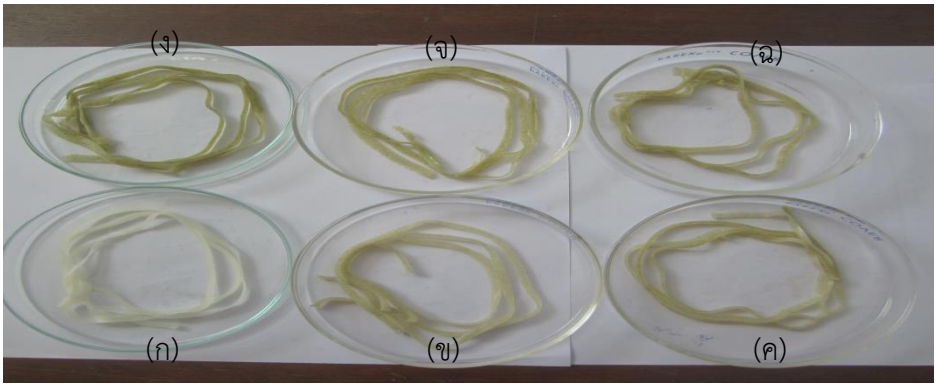
* ตัวเลขที่ขีดเส้นใต้ หมายถึง ค่า S/I ของคุณลักษณะอยู่ในช่วง 0.8-1.2

1) ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

จากการแปรปริมาณการเติมใบขลู่ผงในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ในปริมาณเท่ากับ 0% 0.2% 0.4% 0.6% 0.8% และ 1.0% ลักษณะของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้งที่ได้ และ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการต้มสุก แสดงดังภาพที่ 4-6 และ ภาพที่ 4-7 พบว่า ลักษณะของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้ง จากการแปรปริมาณใบขลู่ผงเพิ่มขึ้น ทำให้ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ได้ มีสีเขียวเข้มมากขึ้น โดยก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการต้มสุกที่ได้มีสีเขียวเข้มขึ้นเมื่อเติมใบขลู่ผงเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่มีสีเข้มน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้ง



ภาพที่ 4-6 ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้งเมื่อแปรปริมาณการเติมใบขลู่ผง (ก) 0% (ข) 0.2% (ค) 0.4% (ง) 0.6% (จ) 0.8% และ (ฉ) 1.0%



ภาพที่ 4-7 ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการต้มสุกเมื่อแปรปริมาณการเติมใบขลู่ผง (ก) 0% (ข) 0.2% (ค) 0.4% (ง) 0.6% (จ) 0.8% และ (ฉ) 1.0%

ผลการวิเคราะห์คุณภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กด้านค่าสี L* a* และ b* เวลาที่เหมาะสมในการต้มก๋วยเตี๋ยวให้สุก (Cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) แสดงดังตารางที่ 4-3 และ 4-4 ด้านค่าสี พบว่าค่าสี L* a* และ b* ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้งแต่ละสิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผง มีค่าความสว่างมากที่สุดสอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เนื่องจากสีของก๋วยเตี๋ยวมีลักษณะขาวขุ่น ค่าสี a* (มีค่าเป็นลบ (-) แสดงค่าความเป็นสีเขียว) พบว่า ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผงมากที่สุดคือ 1.0% มีค่าสีเขียวมากที่สุด สอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่าเช่นกัน เนื่องจากมีการเติมใบขลู่ผงในปริมาณมากที่สุด ส่วนค่าสี b* (มีค่าเป็นบวก (+) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง) พบว่า ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผงทุกสิ่งทดลองมีค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสิ่งทดลองควบคุมประมาณ 2 เท่า

ตารางที่ 4-3 ค่าสี L* a* และ b* ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้งที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง (%)	ค่าเฉลี่ย ± SD		
	L*	a*	b*
0	59.20±0.06 [a]	-0.02±0.08 [e]	9.18±0.14 [d]
0.2	51.58±0.17 [b]	-0.11±0.02 [d]	17.00±0.48 [c]
0.4	46.08±0.24 [c]	-0.73±0.04 [c]	18.00±0.29 [b]
0.6	44.13±0.26 [d]	-0.93±0.12 [b]	18.87±0.26 [b]
0.8	44.29±0.13 [d]	-0.98±0.06 [b]	19.62±0.58 [a]
1.0	41.19±0.25 [e]	-1.17±0.35 [a]	19.17±0.63 [a]

[a,b,...] หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4-4 แสดงผลการหาเวลาที่เหมาะสมในการต้มก๋วยเตี๋ยวให้สุก พบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กทุกสิ่งทดลองใช้เวลาในการทำให้สุกอยู่ในช่วง 59.25-61.20 วินาที ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเติมใบขลู่ผงเพิ่มลงไปในสูตรไม่มีผลต่อเวลาการทำให้ตัวอย่างสุก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีการเติมใบขลู่ผงปริมาณน้อย ไม่เกิน 1.0% เท่านั้น การต้มสุกของก๋วยเตี๋ยวเกี่ยวข้องกับกลไกการเกิดเจลาทิไนเซชัน (Gelatinization) ของเม็ดสตาร์ชในแป้งข้าวเจ้าที่ใช้ทำก๋วยเตี๋ยว ซึ่งทุกสูตรมีการใช้ปริมาณแป้งเท่ากัน การเติมใบขลู่ผงในปริมาณน้อยจึงไม่ส่งผลต่อการขัดขวางการเกิดเจลาทิไนเซชันของเม็ดสตาร์ชมากนัก อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก แสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยการเติมใบขลู่ผงในปริมาณ 0.8%-1.0% ทำให้ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มประมาณ 5% ซึ่งมากกว่าเมื่อเติมใบขลู่ผงในปริมาณ 0%-0.6%ที่ทำให้ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มประมาณ 2%-2.5% แสดงให้เห็นว่าการเติมใบขลู่ผงในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กในปริมาณมากขึ้น มีแนวโน้มให้เกิดการสูญเสียของแข็งระหว่างการต้มได้มากขึ้น อาจเนื่องมาจากใบขลู่ผงได้มาจากส่วนของใบพืช ซึ่งมีองค์ประกอบของใยอาหาร การเติมใบขลู่ผงจึงเป็นการเติมปริมาณใยอาหารให้กับส่วนผสมก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ซึ่งอาจไปขัดขวางการเชื่อมโครงสร้างของสตาร์ชในก๋วยเตี๋ยว ทำให้เกิดโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง จึงทำให้เม็ดสตาร์ชเกิดการแตกออกได้ง่ายในระหว่างการต้ม ส่งผลให้องค์ประกอบในเม็ดสตาร์ช เช่น อะไมโลส หลุดออกและปนอยู่กับน้ำที่ใช้ต้ม ได้ง่ายขึ้นในระหว่างการต้ม (Tudorica et al., 2002) สำหรับน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม พบว่า มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเติมใบขลู่ผงปริมาณมากขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าสอดคล้องกับการที่ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมใบขลู่ผงปริมาณมากขึ้น เนื่องจากน้ำหนักบางส่วนสูยเสียไปกับของแข็งที่ปนอยู่กับน้ำที่ใช้ต้ม การเติมใบขลู่ผงปริมาณมากขึ้นทำให้โครงสร้างของเส้นก๋วยเตี๋ยวแข็งแรงน้อยลง จึงมีผลต่อการรักษาน้ำหนักในระหว่างการต้มไว้ได้น้อยนั่นเอง

ตารางที่ 4-4 เวลาที่เหมาะสมในการต้มก๋วยเตี๋ยวให้สุก (Cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง	ค่าเฉลี่ย ± SD		
(%)	Cooking time (s)[ns]	Cooking loss (%)	Cooking yield (%)
0	60.20±0.05	2.05±0.25 [b]	85.18±0.15 [a]
0.2	60.06±0.05	2.15±0.25 [b]	84.05±0.40 [a]
0.4	61.20±0.08	2.53±0.44 [b]	84.20±0.25 [a]
0.6	60.10±0.05	2.43±0.15 [b]	85.10±0.25 [a]
0.8	59.25±0.04	5.18±0.16 [a]	80.60±0.50 [b]
1.0	60.40±0.05	5.19±0.15 [a]	80.27±0.23 [b]

[ns] หมายถึง ค่าในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

[a,b,...] หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อนำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการต้มสุกมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี RPT ค่าอัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4-5 โดยมีแนวทางการพิจารณาจากค่า S/I ดังนี้ หากค่า S/I อยู่ในช่วง 1.0 ± 0.2 หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น จากผลการทดลอง พบว่า ค่า S/I ของคุณลักษณะก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผง 0.4% และ 0.6% มีค่า S/I ของทุกคุณลักษณะ ได้แก่ สีเขียว กลิ่นขลู่ กลิ่นรสขลู่ และรสชาติ เท่ากับ 0.85-1.08 ซึ่งอยู่ในช่วง 0.80-1.20หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายที่จะเติมใบขลู่ผงลงในผลิตภัณฑ์ให้ได้มากที่สุด ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผง 0.6% จึงเป็นสิ่งทดลองที่มีความเหมาะสมที่สุด ที่จะนำไปทดสอบการยอมรับของสูตรที่พัฒนาได้ต่อไป

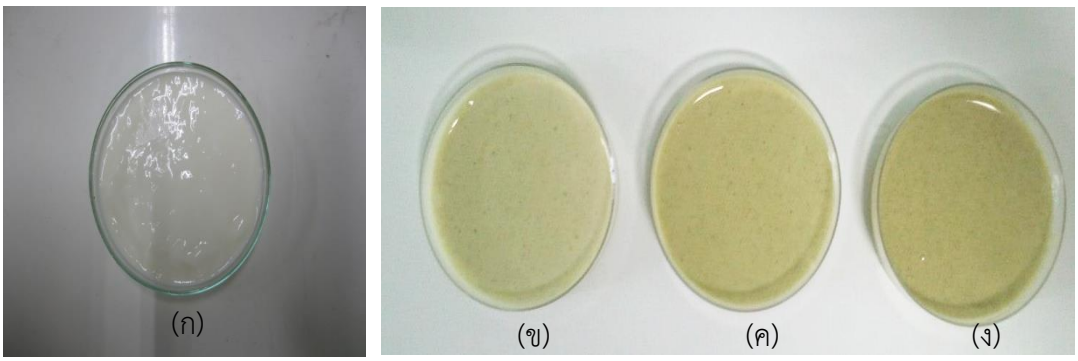
ตารางที่ 4-5 อัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง (%)	ค่าเฉลี่ย S/I±SD			
	สีเขียว	กลิ่นขลู่	กลิ่นรสขลู่	รสชาติ
0	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.98±0.05
0.2	0.79±0.04	0.86±0.05	0.75±0.06	0.89±0.11
0.4	0.85±0.08	0.88±0.06	0.89±0.18	0.97±0.21
0.6	0.91±0.11	0.89±0.04	1.08±0.03	1.07±0.10
0.8	0.94±0.05	0.94±0.08	1.31±0.05	1.19±0.08
1.0	1.09±0.04	1.11±0.06	1.42±0.09	1.29±0.11

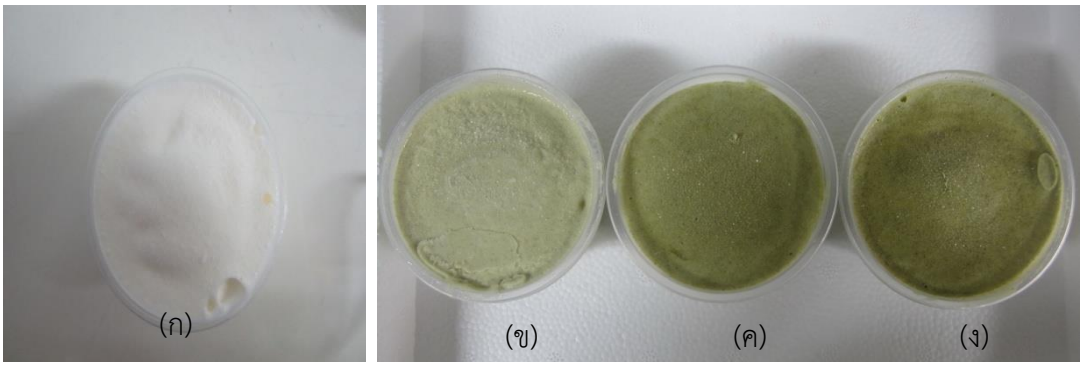
2) ไอศกรีม

จากการแปรปริมาณการเติมใบขลู่ผงในไอศกรีม ในปริมาณเท่ากับ 0% 0.5% 1.0% และ 1.5% ลักษณะของไอศกรีมเหลวและไอศกรีมที่ได้ แสดงดังภาพที่ 4-8 และ 4-9 ตามลำดับ พบว่าลักษณะของไอศกรีมเหลวที่ได้จากการแปรปริมาณใบขลู่ผง 0% 0.5% 1.0% และ 1.5% มีลักษณะข้นหนืด การเติมใบขลู่ผงเพิ่มขึ้น ทำให้ไอศกรีมเหลวมีสีเขียวเข้มมากขึ้น เมื่อปั่นไอศกรีมเหลวตามวิธีกำหนดพบว่า ไอศกรีมที่ได้มีสีเขียวเข้มขึ้นเมื่อเติมใบขลู่ผงเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพไอศกรีมด้านค่าสี L* a* และ b* การขึ้นฟู (Over run) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4-6 4-7 และ 4-8 ด้านค่าสี พบว่าค่าสี L* a* และ b* ของไอศกรีมแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ของไอศกรีมสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผง มีค่าความสว่างมากที่สุดสอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เนื่องจากเนื้อของไอศกรีมมีสีขาว ค่าสี a* (มีค่าเป็นลบ (-) แสดงค่าความเป็นสีเขียว) พบว่าไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผงมากที่สุดคือ 1.5% มีค่าสีเขียวมากที่สุด สอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่าเช่นกัน เนื่องจากมีการเติมใบขลู่ผงในปริมาณมากที่สุด ส่วนค่าสี b* (มีค่าเป็นบวก (+) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง) พบว่าไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผงทุกสิ่งทดลองมีค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าไอศกรีมสิ่งทดลองควบคุม



ภาพที่ 4-8 ไอศกรีมเหลวเมื่อแปรปริมาณการเติมใบขลู่ผง (ก) 0% (ข) 0.5% (ค) 1.0% และ (ง) 1.5%



ภาพที่ 4-9 ไอศกรีมเมื่อแปรปริมาณการเติมขลู่ผง (ก) 0% (ข) 0.5% (ค) 1.0% และ (ง) 1.5%

ตารางที่ 4-6 ค่าสี L* a* และ b* ของไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง	ค่าเฉลี่ย ± SD		
(%)	L*	a*	b*
0	90.30±0.18[a]	-1.76±0.19[c]	11.20±0.32[c]
0.5	75.37±0.24[b]	-2.10±0.19[b]	37.20±0.28[a]
1.0	67.73±0.40[c]	-2.52±0.10[a]	32.50±0.24[b]
1.5	62.51±0.69[c]	-2.61±0.81[a]	31.34±0.77[b]

[a,b,...] หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ในงานวิจัยนี้มีการวิเคราะห์ค่าการขึ้นฟู (Over run) ซึ่งเป็นคุณภาพที่สำคัญของไอศกรีม โดยค่าการขึ้นฟู หมายถึง ปริมาตรที่เพิ่มขึ้นของไอศกรีมจากส่วนผสมไอศกรีมเหลวเนื่องจากการอัดอากาศในระหว่างการผลิต แสดงถึงปริมาตรอากาศที่เพิ่มขึ้นของส่วนผสม หากไอศกรีมมีค่าการขึ้นฟูมาก หมายถึง ปริมาตรของอากาศในไอศกรีมมีมาก และหากมีค่าการขึ้นฟูต่ำหมายถึงปริมาตรของอากาศในไอศกรีมลดลง แสดงถึง การจับอากาศไว้ในโครงสร้างไอศกรีมไม่ดี (Marshall and Arbuckle, 1996) จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณการเติมใบขลู่ผงมีผลต่อการขึ้นฟูของไอศกรีมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าไอศกรีมสิ่งทดลองควบคุมมีค่าการขึ้นฟูสูงที่สุด ($p<0.05$) รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่เติมใบขลู่ผง 0.5% 1.0% และ 1.5% ตามลำดับ โครงสร้างหลักของไอศกรีมประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ ไขมัน โปรตีน และเซลล์อากาศ หากถูกรบกวนด้วยส่วนผสมอื่น เช่น การเติมเส้นใยอาหาร มีผลทำให้เม็ดไขมันไม่สามารถสร้างร่างแห (Fat coalescence) ที่แข็งแรงเพียงพอที่จะกักเก็บอากาศที่ได้จากกระบวนการตีปั่นไอศกรีม ทำให้อัตราการขึ้นฟูของไอศกรีมลดลง (Murtaza et al., 2004)

ตารางที่ 4-7 ค่าการขึ้นฟู (over run) ของไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง (%)	ค่าการขึ้นฟูเฉลี่ย ± SD (%)
0	52.38 ± 0.18^{a}
0.5	48.31 ± 0.10^{b}
1.0	44.28 ± 0.11^{c}
1.5	41.30 ± 0.25^{d}

$^{a,b,...}$ หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของไอศกรีมแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าไอศกรีมสิ่งทดลองควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุด ($p<0.05$) รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่เติมใบขลู่ผง 0.5% 1.0% และ1.5% ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่วัดได้จาก Refractometer มักแสดงถึงปริมาณน้ำตาลในส่วนผสม ซึ่งในส่วนผสมของทุกสูตรมีการใช้น้ำตาลทราย การเติมใบขลู่ผงเป็นการเพิ่มปริมาณส่วนผสมทั้งหมดในสูตร ทำให้สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำตาลทรายมีสัดส่วนน้อยลง จึงอาจมีผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเติมใบขลู่ผงเพิ่มขึ้นนั่นเอง

ตารางที่ 4-8 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ย ± SD (%)
0	35.12±0.56[a]
0.5	31.14±0.45[b]
1.0	29.23±0.15[c]
1.5	28.31±0.18[d]

[a,b,...] หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อนำไอศกรีมมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี RPT ค่าอัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4-9 โดยมีแนวทางการพิจารณาจากค่า S/I ดังนี้ หากค่า S/I อยู่ในช่วง 1.0 ± 0.2 หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น จากผลการทดลอง พบว่า ค่า S/I ของคุณลักษณะไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผง 0.5% และ 1.0% มีค่า S/I ของทุกคุณลักษณะ ได้แก่ สีเขียว กลิ่นขลู่ กลิ่นรสขลู่ และรสชาติ เท่ากับ 0.88-1.12 ซึ่งอยู่ในช่วง 0.80-1.20 หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายที่จะเติมใบขลู่ผงลงในผลิตภัณฑ์ให้ได้มากที่สุด ไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผง 1.0% จึงเป็นสิ่งทดลองที่มีความเหมาะสมที่สุด ที่จะนำไปทดสอบการยอมรับของสูตรที่พัฒนาได้ต่อไป

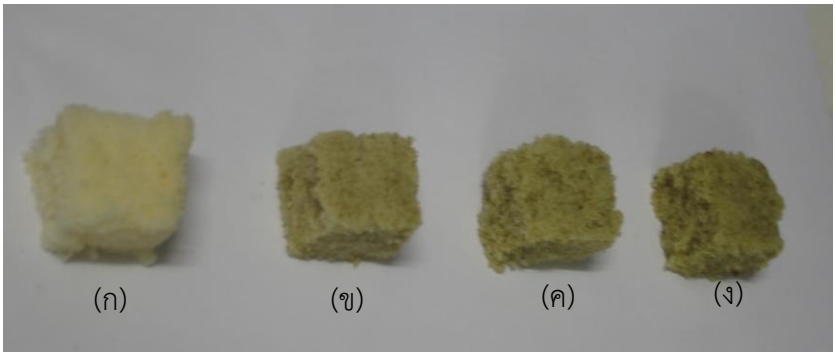
ตารางที่ 4-9 อัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง (%)	ค่า S/I เฉลี่ย ± SD			
	สีเขียว	กลิ่นขลู่	กลิ่นรสขลู่	รสชาติ
0	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.91±0.08
0.5	0.89±0.07	0.90±0.08	0.88±0.10	0.89±0.05
1.0	1.04±0.11	1.12±0.06	0.93±0.08	1.06±0.13
1.5	1.13±0.09	1.23±0.07	0.99±0.10	1.29±0.10

3) เค้ก

จากการแปรปริมาณการเติมใบขลู่ผงในเค้ก ในปริมาณเท่ากับ 0% 1.0% 1.5% และ 2.0% ลักษณะของส่วนผสมเค้ก (แบตเตอร์) ก่อนอบ และเค้กที่ได้ แสดงดังภาพที่ 4-10 และ 4-11 ตามลำดับ พบว่า การแปรปริมาณใบขลู่ผงเพิ่มขึ้น ทำให้แบตเตอร์ และเค้กที่ได้ มีสีเขียวเข้มมากขึ้น และจากการสังเกตแบตเตอร์ พบว่า เห็นผงขลู่สีเขียวกระจายตัวอยู่มากขึ้นเมื่อเติมใบขลู่ผงมากขึ้น แต่เมื่อนำไปอบ พบว่า เนื้อเค้กที่ได้มีสีเขียวอ่อน โดยมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่เห็นเป็นลักษณะผงขลู่กระจายเหมือนในแบตเตอร์

ภาพที่ 4-10 ส่วนผสมเค้กเมื่อแปรปริมาณการเติมขลู่ผง (ก) 0% (ข) 1.0% (ค) 1.5% และ (ง) 2.0%



ภาพที่ 4-11 เค้กเมื่อแปรปริมาณการเติมขลู่ผง (ก) 0% (ข) 1.0% (ค) 1.5% และ (ง) 2.0%

ผลการวิเคราะห์คุณภาพเค้กด้านค่าสี L* a* และ b* และค่าปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) แสดงดังตารางที่ 4-10 และ 4-11 ด้านค่าสี พบว่าค่าสี L* a* และ b* ของเนื้อเค้กแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ของเนื้อเค้กสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผง มีค่าความสว่างมากที่สุดสอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เนื่องจากในส่วนผสมของเค้กไม่มีการเติมใบขลู่ผงซึ่งให้สีเขียว เนื้อเค้กเนยจึงมีสีออกขาวเหลืองและสว่าง ค่าสี a* (มีค่าเป็นลบ (-) แสดงค่าความเป็นสีเขียว) พบว่าเค้กที่เติมใบขลู่ผงมากที่สุดคือ 2.0% มีค่าสีเขียวมากที่สุด สอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่าเช่นกัน เนื่องจากมีการเติมใบขลู่ผงในปริมาณมากที่สุด ส่วนค่าสี b* (มีค่าเป็นบวก (+) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง) พบว่าเนื้อเค้กที่เติมใบขลู่ผงทุกสิ่งทดลองมีค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ปริมาตรจำเพาะ เป็นค่าที่แสดง

อัตราส่วนระหว่างปริมาตรต่อน้ำหนัก หากมีค่ามากแสดงถึงเค้กมีปริมาตรต่อหน่วยน้ำหนักมาก หมายถึง เค้กมีการขึ้นฟูดี มีปริมาตรมาก ในทางกลับกันหากมีค่าน้อย แสดงถึงเค้กมีการขึ้นฟูน้อยกว่านั่นเอง จากผลการทดลองตารางที่ 4-10 พบว่า ปริมาตรจำเพาะของเค้กไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 1.80-1.85 cm^3/g แสดงให้เห็นว่าเค้กทุกสิ่งทดลองเกิดการขึ้นฟูทั่วถึง สม่ำเสมอ จึงอาจมีผลให้ขนาดฟองอากาศที่เกิดขึ้นภายในเนื้อเค้กมีขนาดเท่าๆกัน และเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จึงส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะไม่แตกต่างกัน การเติมใบขลู่ผงเพิ่มลงไปในสูตรเค้กในช่วง 1.0%-2.0% ไม่ได้มีผลต่อการขึ้นฟูของเค้กจนแตกต่างจากสิ่งทดลองควบคุม

ตารางที่ 4-10 ค่าสี L* a* และ b* ของเนื้อเค้กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง	ค่าเฉลี่ย ± SD		
(%)	L*	a*	b*
0	79.48 ± 0.22^{a}	-0.19 ± 0.06^{d}	25.37 ± 0.17^{c}
1.0	67.88 ± 0.01^{b}	-0.28 ± 0.02^{c}	27.03 ± 0.14^{b}
1.5	63.48 ± 0.12^{c}	-0.68 ± 0.08^{b}	29.02 ± 0.02^{a}
2.0	59.98 ± 0.02^{d}	-0.96 ± 0.06^{a}	29.03 ± 0.56^{a}

$^{a,b,...}$ หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-11 ปริมาตรจำเพาะของเค้กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง (%)	ปริมาตรจำเพาะเฉลี่ย ± SD (cm^3/g)^{ns}
0	1.85±0.13
1.0	1.85±0.10
1.5	1.80±0.15
2.0	1.80±0.05

^{ns} หมายถึง ค่าในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

เมื่อนำเค้กมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี RPT ค่าอัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของเค้กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4-12 โดยมีแนวทางการพิจารณาจากค่า S/I ดังนี้ หากค่า S/I อยู่ในช่วง 1.0 ± 0.2 หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น จากผลการทดลอง พบว่า ค่า S/I ของคุณลักษณะเค้กที่เติมใบขลู่ผง 1.0% และ 1.5% มีค่า S/I ของทุกคุณลักษณะ ได้แก่ สีเขียว กลิ่นขลู่ กลิ่นรสขลู่ และรสชาติ เท่ากับ 0.82-1.16 ซึ่งอยู่ในช่วง 0.80-1.20 หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายที่จะเติมใบขลู่ผงลง

ในผลิตภัณฑ์ให้ได้มากที่สุด เค้กที่เติมใบขลู่ผง 1.5% จึงเป็นสิ่งทดลองที่มีความเหมาะสมที่สุด ที่จะนำไปทดสอบการยอมรับของสูตรที่พัฒนาได้ต่อไป

ตารางที่ 4-12 อัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของเค้กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง (%)	ค่า S/I เฉลี่ย ± SD			
	สีเขียว	กลิ่นขลู่	กลิ่นรสขลู่	รสชาติ
0	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.85±0.12
1.0	1.01±0.10	0.82±0.09	0.86±0.05	1.12±0.08
1.5	1.03±0.09	1.02±0.12	0.99±0.19	1.16±0.06
2.0	1.15±0.11	1.33±0.08	1.40±0.13	1.38±0.12

4) ซาลาเปา

จากการแปรปริมาณการเติมใบขลู่ผงในซาลาเปา ในปริมาณเท่ากับ 0% 0.3% 0.5% และ 0.7% ลักษณะของซาลาเปาที่ได้ แสดงดังภาพที่ 4-12 พบว่า การแปรปริมาณใบขลู่ผงเพิ่มขึ้น ทำให้สีเนื้อของซาลาเปามีสีเขียวเข้มมากขึ้น โดยสังเกตเห็นผงขลู่สีเขียวกระจายตัวอยู่มากขึ้นเมื่อเติมใบขลู่ผงมากขึ้น

ภาพที่ 4-12 ซาลาเปาเมื่อแปรปริมาณการเติมขลูผง (ก) 0% (ข) 0.3% (ค) 0.5% และ (ง) 0.7%

ผลการวิเคราะห์คุณภาพซาลาเปาด้านค่าสี L* a* และ b* และค่าปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) แสดงดังตารางที่ 4-13 และ 4-14 ด้านค่าสี พบว่าค่าสี L* a* และ b* ของเนื้อซาลาเปาแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ของเนื้อซาลาเปาสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผง มีค่าความสว่างมากที่สุด

สอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เนื่องจากในส่วนผสมของเนื้อแป้งซาลาเปาไม่มีการเติมใบขลู่ผง ซึ่งให้สีเขียว เนื้อแป้งซาลาเปาจึงมีสีออกขาวเหลืองและสว่าง ค่าสี a* (มีค่าเป็นลบ (-) แสดงค่าความเป็นสีเขียว) พบว่าซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผงมากที่สุดคือ 0.7% มีค่าสีเขียวมากที่สุด สอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่าเช่นกัน เนื่องจากมีการเติมใบขลู่ผงในปริมาณมากที่สุด ส่วนค่าสี b* (มีค่าเป็นบวก (+) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง) พบว่าเนื้อซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผงทุกสิ่งทดลองมีค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ด้านปริมาตรจำเพาะ เป็นค่าที่แสดงอัตราส่วนระหว่างปริมาตรต่อน้ำหนัก สามารถนำมาใช้อธิบายการขึ้นฟูของซาลาเปาได้ โดยหากมีค่ามากแสดงถึงซาลาเปามีปริมาตรต่อหน่วยน้ำหนักมาก หมายถึง เนื้อแป้งซาลาเปามีการขึ้นฟูดี มีปริมาตรมาก ในทางกลับกันหากมีค่าน้อย แสดงถึงเนื้อแป้งซาลาเปามีการขึ้นฟูน้อยกว่านั่นเอง จากผลการทดลองตารางที่ 4-14 พบว่า ปริมาตรจำเพาะของซาลาเปาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.74-0.75 cm^3/g แสดงให้เห็นว่าซาลาเปาทุกสิ่งทดลองเกิดการขึ้นฟูได้ไม่แตกต่างกัน การเติมใบขลู่ผงเพิ่มลงไปในสูตรซาลาเปาในช่วง 0.3%-0.7% ไม่ได้มีผลต่อการขึ้นฟูของซาลาเปาจนแตกต่างจากสิ่งทดลองควบคุม

ตารางที่ 4-13 ค่าสี L* a* และ b* ของซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง (%)	ค่าเฉลี่ย ± SD		
	L*	a*	b*
0	86.51 ± 0.13^{a}	-0.08 ± 0.02^{c}	14.62 ± 0.11^{d}
0.3	79.71 ± 0.07^{b}	-0.75 ± 0.01^{a}	16.19 ± 0.06^{c}
0.5	77.90 ± 0.41^{c}	-0.78 ± 0.01^{b}	18.58 ± 0.03^{b}
0.7	74.82 ± 0.39^{d}	-0.82 ± 0.03^{b}	20.03 ± 0.19^{a}

$^{a,b,...}$ หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-14 ปริมาตรจำเพาะของซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง (%)	ปริมาตรจำเพาะเฉลี่ย ± SD (cm^3/g)^{ns}
0	0.75±0.15
0.3	0.74±0.12
0.5	0.74±0.15
0.7	0.75±0.15

^{ns} หมายถึง ค่าในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

เมื่อนำซาลาเปามาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี RPT ค่าอัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของเค้กที่เติมที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4-15 โดยมีแนวทางการพิจารณาจากค่า S/I ดังนี้ หากค่า S/I อยู่ในช่วง 1.0 ± 0.2 หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น จากผลการทดลอง พบว่า ค่า S/I

ของคุณลักษณะเค้กที่เติมใบขลู่ผง 0.5% มีค่า S/I ของทุกคุณลักษณะ ได้แก่ สีเขียว กลิ่นขลู่ กลิ่นรสขลู่ และรสชาติ เท่ากับ 1.08-1.19 ซึ่งอยู่ในช่วง 0.80-1.20 หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น ดังนั้นซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผง 0.5% จึงเป็นสิ่งทดลองที่มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำไปทดสอบการยอมรับของสูตรที่พัฒนาได้ต่อไป

ตารางที่ 4-15 อัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มคุณลักษณะ (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) ของซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง (%)	ค่า S/I เฉลี่ย ± SD			
	สีเขียว	กลิ่นขลู่	กลิ่นรสขลู่	รสชาติ
0	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.89±0.10
0.3	1.10±0.05	0.75±0.08	0.76±0.02	0.82±0.05
0.5	1.19±0.07	1.12±0.05	1.08±0.10	1.16±0.06
0.7	1.34±0.15	1.32±0.09	1.25±0.10	1.20±0.15

4.3 ผลการทดสอบการยอมรับของสูตรที่พัฒนาได้

จากผลการปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 4 ชนิด พบว่า สูตรที่เหมาะสมมีดังนี้คือ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเติมใบขลู่ผง 0.6% ไอศกรีมเติมใบขลู่ผง 1.0% เค้กเติมใบขลู่ผง 1.5% และซาลาเปาเติมใบขลู่ผง 0.5% เมื่อนำผลิตภัณฑ์สูตรที่พัฒนาได้มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธี Just about right ซึ่งเป็นการทดสอบความพอดีในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส และรสชาติ ร่วมกับการทดสอบวิธี 9- point hedonic scale ซึ่งเป็นการทดสอบความชอบด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เพื่อพิจารณาการยอมรับของสูตรที่พัฒนาได้ของอาหารทั้ง 4 ชนิด ในการเสนอตัวอย่างสำหรับการทดสอบชิม เสนอในรูปแบบพร้อมบริโภค ดังนี้ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก นำมาต้มให้สุกและเติมน้ำซุป ไอศกรีมเสนอเมื่อตัวอย่างอยู่ที่อุณหภูมิแช่แข็ง ยังไม่ละลาย เค้กตัดเป็นชิ้นพอคำ และซาลาเปาเสนอตัวอย่างทั้งลูก ได้ผลดังตารางที่ 4-16 และ 4-17 ตามลำดับ

ในการพิจารณาความพอดี มักมีการต้องเกณฑ์ความพอดีจากการพิจารณา%ความถี่ของผู้ที่ตอบว่าพอดีซึ่งควรต้องมากกว่า 50% ในงานวิจัยนี้ตั้งเกณฑ์ %ความถี่ของผู้ที่ตอบว่าพอดี ไว้เท่ากับ 70% สอดคล้องกับงานวิจัยของโสมศิริ สมถวิล และ สุจินดา ศรีวัฒนะ (2555) โดยหาก%ความถี่ของผู้ที่ตอบว่าพอดีในคุณลักษณะใดๆ มากกว่า 70% แสดงว่า ไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะดังกล่าว แต่หากมี%ความถี่ของผู้ที่ตอบว่าพอดีน้อยกว่า 70% แสดงว่า ต้องปรับปรุงคุณลักษณะนั้นๆ โดยทิศทางของการปรับปรุงจาก%ความถี่ของผู้ที่ตอบว่าเข้มไปหรืออ่อนไป ดังนั้นแนวทางการใช้ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธี Just about right ในขั้นตอนนี้จึงสามารถนำมาใช้เพื่อยืนยันได้ว่าผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเติมใบขลู่ผง 0.6% ไอศกรีมเติมใบขลู่ผง 1.0% เค้กเติมใบขลู่ผง 1.5%

และซาลาเปา เติมใบขลู่ผง 0.5% ซึ่งเป็นสูตรที่พัฒนาได้นี้ มีความเหมาะสม ไม่ต้องปรับมีการปรับปรุงคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส และรสชาติ

ตารางที่ 4-16 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธี Just about right พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่พัฒนาได้ทุกสูตรมี %ความถี่ของผู้ที่ตอบว่าพอดีสำหรับทุกคุณลักษณะที่สอบถามมากกว่า 70% (72%-94%) แสดงว่า ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเติมใบขลู่ผง 0.6% ไอศกรีมเติมใบขลู่ผง 1.0% เค้กเติมใบขลู่ผง 1.5% และซาลาเปาเติมใบขลู่ผง 0.5% ไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส และรสชาติ จึงสามารถยืนยันได้ว่าสูตรที่พัฒนาได้นี้ มีความเหมาะสม โดยพบข้อสังเกตจากผลการทดลองว่า ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผง 1.0% มี%ความถี่ของผู้ที่ตอบว่าพอดีสำหรับทุกคุณลักษณะมากกว่าผลิตภัณฑ์อื่น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 84%-94%

ตารางที่ 4-17 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธี 9- point hedonic scale พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่พัฒนาได้ทุกสูตรได้รับคะนนความชอบทุกด้านอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก ดังนี้ ความชอบด้านลักษณะปรากฏอยู่ในช่วง 6.10-8.50 ความชอบด้านสีอยู่ในช่วง 6.01-8.11 ความชอบด้านกลิ่นอยู่ในช่วง 6.17-7.82 ความชอบด้านกลิ่นรสอยู่ในช่วง 6.08-8.57 ความชอบด้านรสชาติอยู่ในช่วง 6.02-8.05 ความชอบด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 6.08-7.18 และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 6.55-8.15 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบ เนื่องจากได้รับคะแนนอยู่ในระดับชอบขึ้นไป จึงสามารถยืนยันได้ว่าสูตรที่พัฒนาได้นี้ มีความเหมาะสม โดยพบแนวโน้มว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมได้รับคะแนนความชอบทุกด้านมากที่สุด (7.18-8.50) อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ในขณะที่ซาลาเปาได้รับคะแนนความชอบทุกด้านน้อยที่สุด (6.01-6.55) อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

ตารางที่ 4-16 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธี Just about right ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา สูตรที่พัฒนาได้

ผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ยความถี่ของผู้ตอบ(%)														
	ลักษณะปรากฏ			สี			กลิ่น			กลิ่นรส			รสชาติ		
	อ่อนไป	พอดี	เข้มไป	อ่อนไป	พอดี	เข้มไป	อ่อนไป	พอดี	เข้มไป	อ่อนไป	พอดี	เข้มไป	อ่อนไป	พอดี	เข้มไป
ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก (เติมใบขลู่ผง 0.6%)	0.00	84.00	16.00	16.00	80.00	4.00	14.00	72.00	14.00	12.00	74.00	14.00	2.00	90.00	8.00
ไอศกรีม (เติมใบขลู่ผง 1.0%)	0.00	84.00	16.00	0.00	94.00	6.00	6.00	90.00	4.00	12.00	84.00	4.00	2.00	90.00	8.00
เค้ก (เติมใบขลู่ผง 1.5%)	2.00	80.00	18.00	16.00	74.00	10.00	10.00	86.00	4.00	10.00	84.00	6.00	0.00	92.00	8.00
ซาลาเปา (เติมใบขลู่ผง 0.5%)	0.00	72.00	28.00	0.00	76.00	24.00	4.00	90.00	6.00	4.00	88.00	8.00	0.00	88.00	12.00

ตารางที่ 4-17 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสวิธี 9-point hedonic scale ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา สูตรที่พัฒนาได้

ผลิตภัณฑ์	ความชอบเฉลี่ย* ± SD						
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก (เติมใบขลู่ผง 0.6%)	7.20 ± 0.05	7.08 ± 0.05	6.85 ± 0.11	6.78 ± 0.12	6.20 ± 0.09	6.08 ± 0.08	7.05 ± 0.11
ไอศกรีม (เติมใบขลู่ผง 1.0%)	8.50 ± 0.15	8.11 ± 0.11	7.82 ± 0.08	8.57 ± 0.10	8.05 ± 0.12	7.18 ± 0.09	8.15 ± 0.15
เค้ก (เติมใบขลู่ผง 1.5%)	6.28 ± 0.05	7.17 ± 0.05	7.05 ± 0.11	7.07 ± 0.12	7.11 ± 0.09	6.11 ± 0.08	7.19 ± 0.08
ซาลาเปา (เติมใบขลู่ผง 0.5%)	6.10 ± 0.24	6.01 ± 0.09	6.17 ± 0.08	6.08 ± 0.08	6.02 ± 0.19	6.19 ± 0.11	6.55 ± 0.21

* จากคะแนน 1-9 โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด 5 หมายถึง เฉยๆ และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐาน

จากการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 4 ชนิด ที่มีการเติมใบขลู่ผงในปริมาณที่เหมาะสม ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเติมใบขลู่ผง 0.6% ไอศกรีมเติมใบขลู่ผง 1.0% เค้กเติมใบขลู่ผง 1.5% และซาลาเปา เติมใบขลู่ผง 0.5% เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผง ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

1) ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กด้านค่าสี L* a* และ b* แสดงดังตารางที่ 4-18 พบว่า ค่าสี L* a* และ b* ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้งของสิ่งทดลองที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผงมีค่าความสว่างมากที่สุดสอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เนื่องจากสีของก๋วยเตี๋ยวมีลักษณะขาวขุ่น ส่วนค่าสี a* (มีค่าเป็นลบ (-) แสดงค่าความเป็นสีเขียว) และค่าสี b* (มีค่าเป็นบวก (+) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผงในปริมาณ 0.6% แสดงความเป็นสีเขียวและสีเหลืองสอดคล้องกับสีที่มองเห็นด้วยตาเปล่าเช่นกัน เนื่องจากใบขลู่ผงมีรงควัตถุสำคัญที่ให้สีเขียวจากคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) การผ่านกระบวนการแปรรูปในขั้นตอนการนึ่งและการอบแห้งก๋วยเตี๋ยวอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างรงควัตถุคลอโรฟิลล์เป็นฟีโอไฟติน (Pheophytin) ที่เปลี่ยนแปลงมาจากโมเลกุลของ คลอโรฟิลล์เอ ที่สูญเสียอะตอมของแมกนีเซียมไอออน ซึ่งอยู่กลางโมเลกุลในโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ เมื่อได้รับความร้อน โดยถูกแทนที่ด้วยอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอมซึ่งทำให้มีสีเขียวมะกอก หรือสีเขียวไม่บริสุทธิ์ (Kariola et al.,2005) จึงอาจทำให้สีของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผงจึงมีสีออกเขียวและเหลืองมากกว่า รวมถึงมีความสว่างต่ำกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ไม่เติมใบขลู่ผง

ตารางที่ 4-18 ค่าสี L* a* และ b* ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้งที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง

การเติมใบขลู่ผง	ค่าเฉลี่ย ± SD		
	L*	a*	b*
ไม่เติม	55.25±0.08 [a]	-0.04±0.09 [b]	9.21±0.11 [b]
เติม 0.6%	45.15±0.12 [b]	-0.91±0.20 [a]	18.80±0.15 [a]

[a,b,...] หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ด้านเวลาที่เหมาะสมในการต้มก๋วยเตี๋ยวให้สุก (Cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) แสดงดังตารางที่ 4-19 พบว่า เวลาที่เหมาะสมในการต้มก๋วยเตี๋ยวให้สุก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) อยู่ในช่วง 60.10-60.20 วินาที แสดงให้เห็นว่าการเติมใบขลู่ผงเพิ่มลงไปในสูตรไม่มีผลต่อเวลาการทำให้ตัวอย่างสุก นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม และน้ำหนักที่ได้หลังการต้มของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) เช่นกัน แสดงให้เห็นว่าการเติมใบขลู่ผงในปริมาณน้อยเพียง 0.6% ไม่มีผลกระทบต่อการ

เชื่อมโครงสร้างของสตาร์ชในก๋วยเตี๋ยวมากนัก ก๋วยเตี๋ยวยังคงมีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน จึงทำให้การแตกออกของเม็ดสตาร์ชในระหว่างการต้มไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-19 เวลาที่เหมาะสมในการต้มก๋วยเตี๋ยวให้สุก (Cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง

การเติมใบขลู่ผง	ค่าเฉลี่ย ± SD		
	Cooking time (s)^{ns}	Cooking loss (%)^{ns}	Cooking yield (%)^{ns}
ไม่เติม	60.20±0.05	2.06±0.20	85.25±0.10
เติม 0.6%	60.10±0.05	2.48±0.10	85.12±0.11

^{ns} หมายถึง ค่าในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH แสดงดังตารางที่ 4-20 พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของก๋วยตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้งที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในงานวิจัยนี้เตรียมใบขลู่ผงตามวิธีของ สิริมา ชินสารและคณะ (2557) ซึ่งรายงานไว้ว่า สารสกัดจากใบขลู่ผงมีปริมาณฟีนอลิก 115.85 mg GAE/g dry matter และมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่รายงานเป็น % inhibition เท่ากับ 83.68% แสดงให้เห็นว่าผงขลู่มีศักยภาพในการเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีพวกสารประกอบฟีนอลิก รวมถึงมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ การนำมาเติมในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กจึงมีโอกาสทำให้เพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ จากผลการทดลอง พบว่า ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผง 0.6% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (57.17 mgGAE/100g) มากกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ไม่เติมใบขลู่ผง (45.22 mgGAE/100g) รวมถึงมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (% inhibition เท่ากับ 48.42) มากกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ไม่เติมใบขลู่ผง (% inhibition เท่ากับ 21.35)

จากผลการทดลองพบข้อสังเกตว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรที่ไม่เติมใบขลู่ผงสามารถวิเคราะห์พบองค์ประกอบของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากส่วนผสมหลักที่ใช้ทำก๋วยเตี๋ยวในงานวิจัยนี้คือ แป้งข้าวเจ้า ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเอนโดสเปิร์มของข้าวที่มีสารพฤกษเคมีต่างๆ ซึ่งรวมถึงกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกตามธรรมชาติของข้าวด้วย วนัสนันท์ ธิบูรณ์บุญ (2555) รายงานว่า แป้งข้าวเจ้ามีองค์ประกอบของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 0.81 mg GAE/g เมื่อนำมาเป็นส่วนผสมในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวร่วมกับแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 0.57 mg GAE/g ทำให้ก๋วยเตี๋ยวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดประมาณ 55 mgGAE/100g extracted sample ซึ่งมากกว่าผลการวิเคราะห์จากงานวิจัยนี้เล็กน้อย (45.22 mgGAE/100g extracted sample) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณส่วนผสมที่ใช้และกรรมวิธีการแปรรูปแตกต่างกัน

ตารางที่ 4-20 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหลังการอบแห้งที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง

การเติมใบขลู่ผง	ค่าเฉลี่ย ± SD	
	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (mgGAE/100g extracted sample)	สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (% inhibition)
ไม่เติม	45.22±0.71 [b]	21.35±2.25 [b]
เติม 0.6%	57.17±0.91 [a]	48.42±1.20 [a]

[a,b,...] หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2) ไอศกรีม

ผลการวิเคราะห์คุณภาพไอศกรีมด้านค่าสี L* a* และ b* แสดงดังตารางที่ 4-21 พบว่า ค่าสี L* a* และ b* ของไอศกรีมที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผง มีค่าความสว่างมากที่สุดสอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เนื่องจากเนื้อของไอศกรีมมีสีขาว ในขณะที่ไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผง 1.0% มีสีเขียวอ่อน สอดคล้องกับค่าสี a* ที่วัดค่าได้ (มีค่าเป็นลบ (-) แสดงค่าความเป็นสีเขียว) แสดงให้เห็นว่าใบขลู่ผงที่เติมลงไปสามารถแต่งสีไอศกรีมเป็นสีเขียวอ่อนได้ ส่วนค่าสี b* (มีค่าเป็นบวก (+) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง) พบว่า ไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผง 1.0 % มีค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าไอศกรีมที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผง

ไอศกรีมเป็นของหวานแช่แข็งชนิดหนึ่งที่มีน้ำ อากาศ โปรตีน น้ำตาล และไขมัน ได้จากการผสมส่วนผสม นำไปผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วนำไปปั่นในสภาวะที่เย็นจัดเพื่อเติมอากาศเข้าไปพร้อมๆ กับการลดอุณหภูมิโดยอาศัยเครื่องปั่นไอศกรีม จะเห็นได้ว่าในกระบวนการผลิตไอศกรีมแม้ต้องผ่านขั้นตอนการให้ความร้อนกับส่วนผสมด้วย แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงให้สีตามใบขลู่ผงที่เติมลงไป จึงกล่าวได้ว่าการใช้ใบขลู่ผงที่มีสีเขียวเป็นส่วนผสมในการผลิตไอศกรีม สามารถทำหน้าที่เป็นสารแต่งสีตามธรรมชาติ ใช้แทนสีสังเคราะห์ได้ จึงเป็นข้อดีอีกประการหนึ่ง

ตารางที่ 4-21 ค่าสี L* a* และ b* ของไอศกรีมที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง

การเติมใบขลู่ผง	ค่าเฉลี่ย ± SD		
	L*	a*	b*
ไม่เติม	91.10±0.10 [a]	-1.68±0.24 [b]	10.80±0.42 [b]
เติม 1.0%	67.01±0.25 [b]	-2.47±0.11 [a]	33.01±0.20 [a]

[a,b,...] หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพไอศกรีมด้านค่าการขึ้นฟู (Over run) แสดงดังตารางที่ 4-22 พบว่า การเติมใบขลู่ผง 1.0% ลงในไอศกรีม มีผลให้ค่าการขึ้นฟูลดลง ประมาณ 5% แสดงให้เห็นว่าปริมาตรของอากาศในไอศกรีมมีน้อยลงเมื่อเทียบกับไอศกรีมที่ไม่เติมใบขลู่ผง ไอศกรีมอาจมีลักษณะเนื้อหนักมากขึ้น อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคยอมรับ

กับคุณลักษณะที่เกิดขึ้นได้ สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพไอศกรีมด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4-23 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของไอศกรีมที่ไม่เติมใบขลู่ผงมากกว่าไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผง 1.0% ($p<0.05$) อาจเนื่องมาจากการเติมใบขลู่ผงเป็นการเพิ่มปริมาณส่วนผสมทั้งหมดในสูตร ทำให้สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มีสัดส่วนน้อยลง

ตารางที่ 4-22 ค่าการขึ้นฟู (over run) ของไอศกรีมที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง

ปริมาณการเติมใบขลู่ผง (%)	ค่าการขึ้นฟูเฉลี่ย ± SD (%)
ไม่เติม	50.48 ± 0.11^{a}
เติม 1.0%	45.01 ± 0.08^{b}

$^{a,b,...}$ หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-23 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของไอศกรีมที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง

การเติมใบขลู่ผง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ย ± SD (%)
ไม่เติม	32.72 ± 0.86^{a}
เติม 1.0%	28.33 ± 0.22^{b}

$^{a,b,...}$ หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH แสดงดังตารางที่ 4-24 พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของไอศกรีมที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การใช้ใบขลู่ผงที่มีศักยภาพทางสารพฤกษเคมี โดยปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเป็นองค์ประกอบ รวมถึงมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงมีโอกาสทำให้ไอศกรีมที่มีการเติมผงขลู่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นได้ จากผลการทดลอง พบว่า ไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผง 1.0% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (55.17 gGAE/100g extracted sample) มากกว่าไอศกรีมที่ไม่เติมใบขลู่ผง (40.04 gGAE/100g extracted sample) รวมถึงมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (% inhibition เท่ากับ 45.12) มากกว่าไอศกรีมที่ไม่เติมใบขลู่ผง (% inhibition เท่ากับ 38.39)

ตารางที่ 4-24 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของไอศกรีมที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง

การเติมใบขลู่ผง	ค่าเฉลี่ย ± SD	
	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (gGAE/100g extracted sample)	สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (% inhibition)
ไม่เติม	40.04±0.17 [b]	38.39±0.61 [b]
เติม 1.0%	55.17±0.21 [a]	45.12±1.01 [a]

[a,b,...] หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3) เค้ก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพเค้กด้านค่าสี L* a* และ b* และค่าปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) แสดงดังตารางที่ 4-25 และ 4-26 ด้านค่าสี พบว่าค่าสี L* a* และ b* ของเนื้อเค้กแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ของเนื้อเค้กที่ไม่เติมใบขลู่ผง มีค่าความสว่างมากที่สุด เนื่องจากในส่วนผสมของเค้กไม่มีการเติมใบขลู่ผงซึ่งให้สีเขียว เนื้อเค้กเนยจึงมีสีออกขาวเหลืองและสว่าง ค่าสี a* (มีค่าเป็นลบ (-) แสดงค่าความเป็นสีเขียว) และ b* (มีค่าเป็นบวก (+) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง) แสดงความเป็นสีเขียว และสีเหลือง มากกว่าเค้กที่ไม่เติมใบขลู่ผง สอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่าเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าการเติมใบขลู่ผงช่วยทำให้เค้กมีสีเขียวอ่อนคล้ายกับสีของเค้กใบเตย หรือเค้กชาเขียว สำหรับด้านปริมาตรจำเพาะ ซึ่งบ่งบอกลักษณะการขึ้นฟูของเค้ก พบว่า ปริมาตรจำเพาะของเค้กไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเติมใบขลู่ผง 1.5% ไม่มีผลต่อการขึ้นฟูของเค้กจนทำให้ปริมาตรจำเพาะแตกต่างกัน โดยภาพรวมจึงอาจกล่าวได้ว่า การเติมใบขลู่ผงปริมาณ 1.5% จึงมีผลให้สีของเนื้อเค้กมีสีเขียวอ่อนตามธรรมชาติและไม่รบกวนการทำให้เค้กขึ้นฟูน้อยลง

เค้กในงานวิจัยนี้จัดเป็นเค้กที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหรือแบตแตอร์เค้ก (Batter cake) เป็นเค้กที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณมาก เนื้อแป้งที่ผสมมีลักษณะเป็นอิมัลชันระหว่างไขมันและของเหลว ปริมาตรการขึ้นฟูของเค้กจะขึ้นเกิดขึ้นจากการตีครีมและการเติมผงฟู ในการตีครีมเป็นขั้นตอนที่ส่วนผสมไขมันในสูตรจับกับอากาศ ไขมันจะฟูเบาโดยเกิดโครงสร้างเป็นฟองอากาศ ส่วนการเติมผงฟูเป็นการทำให้เกิดการขยายตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในผงฟูร่วมกับแรงดันไอน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างการอบเค้ก (อุสาห์ เจริญวัฒนา, 2537) ดังนั้นการที่เค้กที่มีการเติมใบขลู่ผงมีปริมาตรจำเพาะไม่แตกต่างกันกับเค้กที่ไม่มีการเติมใบขลู่ผง อาจแสดงให้เห็นว่าแม้มีการเติมใบขลู่ผงเพิ่มลงไป ก็ไม่กระทบกับโครงสร้างการขึ้นฟูของเค้กที่เกิดขึ้น การเติมส่วนผสมอื่นลงไปในสูตรการผลิตเค้กในปริมาณมาก เพียงพอที่จะรบกวนการเกิดโครงสร้างหรือปริมาตรของเค้กสามารถเกิดขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น Kim et al. (2012) กล่าวว่า การเติมผง Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*) ปริมาณ 3-9% ลงในสูตรการผลิตสปันจ์เค้ก มีผลให้แบตเตอร์มีความหนืดมากขึ้น เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับน้ำไว้ได้มากขึ้น เป็นผลให้ค่าความถ่วงจำเพาะของแบตเตอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเติมผง Cheonnyuncho มากขึ้น ซึ่งส่งผลให้สปันจ์เค้กที่ได้มีปริมาตรเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้

เนื่องจากในขั้นตอนการตีผสมสามารถกักเก็บอากาศได้มากขึ้น และในขั้นตอนการให้ความร้อนมีแรงดันไอน้ำเกิดขึ้นในระหว่างการอบได้มากขึ้นนั้นเอง

ตารางที่ 4-25 ค่าสี L* a* และ b* ของเนื้อเค้กที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง

การเติมใบขลู่ผง	ค่าเฉลี่ย ± SD		
	L*	a*	b*
ไม่เติม	79.11±0.29[a]	-0.18±0.07[d]	24.31±0.08[c]
เติม 1.5%	60.02±0.11[c]	-0.65±0.09[b]	30.01±0.14[a]

[a,b,...] หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-26 ปริมาตรจำเพาะของเค้กที่เติมใบขลู่ผงปริมาณต่างๆ

การเติมใบขลู่ผง	ปริมาตรจำเพาะเฉลี่ย ± SD (cm^3/g)[ns]
ไม่เติม	1.85±0.11
เติม 1.5%	1.80±0.13

[ns] หมายถึง ค่าในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH แสดงดังตารางที่ 4-27 พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเค้กที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากผลการทดลอง พบว่า เค้กที่เติมใบขลู่ผง 1.5% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (26.74 gGAE/100g extracted sample) มากกว่าเค้กที่ไม่เติมใบขลู่ผง (17.14 gGAE/100g extracted sample) รวมถึงมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (% inhibition เท่ากับ 25.62) มากกว่าเค้กที่ไม่เติมใบขลู่ผง (% inhibition เท่ากับ 18.14)

จากผลการทดลองพบข้อสังเกตว่าเค้กที่เติมใบขลู่ผง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่คงเหลือน้อยกว่าผลิตภัณฑ์อื่น เช่น ไอศกรีม อาจเนื่องมาจากในกระบวนการผลิตเค้ก ทำให้สุกโดยการอบในตู้อบอุณหภูมิสูงถึง 350 องศาฟาเรนไฮซ์ เป็นเวลา 25-30 นาที จนกว่าเค้กจะสุก ความร้อนที่ใช้มีโอกาสส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกในใบขลู่ผง เกิดการสูญเสียโครงสร้างและความเสถียรไป จึงส่งผลให้สมบัติการต้านอนุมูลอิสระจึงลดลงไปมาก สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารพฤกษเคมีที่มี Aromatric ring และ Hydroxyl group เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีลักษณะเป็นโมเลกุลเล็กๆ สามารถระเหยกลายเป็นไอ และถูกพาไปกับอากาศร้อนระเหยออกมาสู่ผิวหน้าอาหารได้ ไม่คงตัวต่อความร้อน สามารถสลายตัวได้ด้วยความร้อน เมื่อให้ความร้อนเป็นเวลานานทำให้มีโอกาสสูญเสียสารพฤกษเคมีต่างๆ รวมทั้งสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้มาก และการสัมผัสอุณหภูมิสูงมีผลให้เกิดการเสื่อมเสียหรือการระเหยของสารต่างๆ ได้ง่ายขึ้น รวมถึงมีผลให้สมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระลดลง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549; Vega-Galvez et al., 2009)

ตารางที่ 4-27 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเค้กที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง

การเติมใบขลู่ผง	ค่าเฉลี่ย ± SD	
	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (gGAE/100g extracted sample)	สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (% inhibition)
ไม่เติม	17.14±0.78[b]	18.14±0.47[b]
เติม 1.5%	26.74±0.66[a]	25.62±0.20[a]

[a,b,...] หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3) ซาลาเปา

ผลการวิเคราะห์คุณภาพซาลาเปาด้านค่าสี L* a* และ b* และค่าปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) แสดงดังตารางที่ 4-28 และ 4-29 ด้านค่าสี พบว่า ค่าสี L* a* และ b* ของเนื้อซาลาเปาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ของเนื้อซาลาเปาที่ไม่เติมใบขลู่ผง มีค่าความสว่างมากที่สุด เนื่องจากในส่วนผสมของเนื้อซาลาเปาไม่มีการเติมใบขลู่ผงซึ่งให้สีเขียว เนื้อซาลาเปาจึงมีสีออกขาวและสว่าง ค่าสี a* (มีค่าเป็นลบ (-) แสดงค่าความเป็นสีเขียว) และ b* (มีค่าเป็นบวก (+) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง) แสดงความเป็นสีเขียว และสีเหลือง มากกว่าซาลาเปาที่ไม่เติมใบขลู่ผง สอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่าเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าการเติมใบขลู่ผงช่วยทำให้ซาลาเปามีสีเขียวอ่อนมากขึ้นเล็กน้อย สำหรับด้านปริมาตรจำเพาะ ซึ่งบ่งบอกลักษณะการขึ้นฟูของซาลาเปา พบว่า ปริมาตรจำเพาะของซาลาเปาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเติมใบขลู่ผง 0.5% ไม่มีผลต่อการขึ้นฟูของซาลาเปาจนทำให้ปริมาตรจำเพาะแตกต่างกัน โดยภาพรวมจึงอาจกล่าวได้ว่า การเติมใบขลู่ผงปริมาณ 0.5% มีผลให้สีของเนื้อซาลาเปามีสีเขียวเพิ่มขึ้นและไม่รบกวนการทำให้ซาลาเปาขึ้นฟูน้อยลง

การขึ้นฟูของซาลาเปาในงานวิจัยนี้ เกิดจากการนวดผสมแป้งสาลี ยีสต์ น้ำ เกลือ และน้ำตาลจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปหมัก โครงสร้างของซาลาเปาเริ่มเกิดขึ้นจากการนวดส่วนผสม และขยายขนาดเพิ่มขึ้นในขั้นตอนการหมัก ซึ่งเกิดเป็นโครงสร้างโพรงอากาศในโดและเมื่อนำมานึ่งจะเป็นโครงสร้างของลักษณะเนื้อสัมผัสของซาลาเปา ทิพาพร อยู่วิทยา และสุวิช ศิริวัฒนโยธิน (2548) กล่าวว่ากลไกการเกิดโพรงอากาศและการขึ้นฟูในโดซาลาเปานั้นขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างในกระบวนการผลิตซาลาเปา หากมีการใช้ยีสต์ ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ซาลาเปาเกิดการขึ้นฟูโดยอัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นกับปฏิกิริยาสูงสุดของการย่อยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวของเอนไซม์จากยีสต์ และอัตราการเสียสภาพของเอนไซม์ โดยอัตราการขึ้นฟูของโดเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณยีสต์และอุณหภูมิห้องขึ้นฟูเพิ่มขึ้น แต่อาจถูกจำกัดด้วยการเสียสภาพของโดและการเสียสภาพของเอนไซม์เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นได้ นอกจากนี้ในสูตรซาลาเปามีการใช้ผงฟูร่วมด้วย การขึ้นฟูของซาลาเปาส่วนหนึ่งจึงเกิดจากการขยายตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในผงฟูร่วมกับแรงดันไอน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างนึ่งซาลาเปาด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4-28 ค่าสี L* a* และ b* ของซาลาเปาที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง

การเติมใบขลู่ผง	ค่าเฉลี่ย ± SD		
	L*	a*	b*
ไม่เติม	84.11±0.11[a]	-0.05±0.05b[b]	13.98±0.08[b]
เติม 0.5%	75.14±0.35[b]	-0.74±0.08[a]	18.50±0.11[a]

[a,b,...] หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-29 ปริมาตรจำเพาะของซาลาเปาที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง

การเติมใบขลู่ผง	ปริมาตรจำเพาะเฉลี่ย ± SD (cm^3/g)[ns]
ไม่เติม	0.75±0.10
เติม 0.5%	0.74±0.11

[ns] หมายถึง ค่าในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH แสดงดังตารางที่ 4-30 พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของซาลาเปาที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากผลการทดลอง พบว่า ซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผง 0.5% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (14.60 gGAE/100g extracted sample) มากกว่าซาลาเปาที่ไม่เติมใบขลู่ผง (9.18 gGAE/100g extracted sample) รวมถึงมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (% inhibition เท่ากับ 15.46) มากกว่าซาลาเปาที่ไม่เติมใบขลู่ผง (% inhibition เท่ากับ 8.06) จากผลการทดลองพบข้อสังเกตว่าซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่คงเหลือน้อยกว่าผลิตภัณฑ์อื่น เนื่องมาจากซาลาเปาสูตรที่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบสามารถเติมใบขลู่ผงได้เพียง 0.5% เท่านั้น ซึ่งเติมได้น้อยกว่าผลิตภัณฑ์อื่น (ก๋วยเตี๋ยว ไอศกรีม เค้ก เติมใบขลู่ผงได้ เท่ากับ 0.6 1.0 และ 1.5% ตามลำดับ

ตารางที่ 4-30 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของซาลาเปาที่ไม่เติมและเติมใบขลู่ผง

การเติมใบขลู่ผง	ค่าเฉลี่ย ± SD	
	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (gGAE/100g extracted sample)	สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (% inhibition)
ไม่เติม	9.18±0.44[b]	8.06±0.57[b]
เติม 0.5%	14.60±0.48[a]	15.46±0.15[a]

[a,b,...] หมายถึง ค่าในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากผลการทดลองที่ได้ทั้งหมด แสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในการใช้ใบขลู่ซึ่งมีศักยภาพด้านการมีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมาใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีการรายงานว่าใบขลู่มีสารพฤกษเคมีที่เป็นประโยชน์ที่น่าสนใจ โดยเฉพาะการมีองค์ประกอบของสารฟีนอลิก และการมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี (Traithip, 2005; Banerjee et al., 2008; Uchiyama et al.; 1989; Uchiyama et al., 1991; Mukhapadhyay et al., 1983) โดยการนำใบขลู่ผงเป็นสารผสมอาหาร (Food Ingredient) ในผลิตภัณฑ์อาหารต้นแบบทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา พบว่า สามารถได้สูตรที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ โดยมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้มากกว่าการไม่เติมใบขลู่ผงในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้สามารถสรุปสูตรอาหารที่พัฒนาได้ทั้ง 4 ชนิด ตามรายละเอียดในตารางที 4-31 ถึง 4-34

ตารางที่ 4 -31 ส่วนผสมของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเติมใบขลู่ผงที่พัฒนาได้

ส่วนผสม	% (โดยน้ำหนัก)
แป้งข้าวเจ้า	40.0
น้ำ	60.0
ใบขลู่ผง	0.6

ตารางที่ 4 -32 ส่วนผสมของไอศกรีมเติมใบขลู่ผงที่พัฒนาได้

ส่วนผสม	% (โดยน้ำหนัก)
ครีม	25.6
หางนมผง	10.2
น้ำตาลทราย	12.0
สารเพิ่มความคงตัว	0.8
น้ำ	51.4
ใบขลู่ผง	1.0

ตารางที่ 4-33 ส่วนผสมของเค้กเติมใบขลู่ผงที่พัฒนาได้

ส่วนผสม	% (โดยน้ำหนักแป้ง)
แป้งเค้ก	100.0
เนยสด	27.0
เนยขาว	27.0
น้ำตาล	100.0
เกลือ	1.5
นมผง	6.5
ไข่ไก่	60.0
ผงฟู	4.0
น้ำ	58.5
ใบขลู่ผง	1.5*

* % (โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด)

ตารางที่ 4-34 ส่วนผสมของซาลาเปาเติมใบขลู่ผงที่พัฒนาได้

ส่วนผสม	% (โดยน้ำหนัก)
ส่วนผสมที่ 1	
แป้งเค้ก	250.0
ยีสต์	3.5
น้ำ	175.0
ส่วนผสมที่ 2	
แป้งเค้ก	200.0
ผงฟู	5.3
เนยขาว	65.0
น้ำตาลทราย	100.0
เกลือ	0.8
น้ำ	75.0
ใบขลู่ผง	0.5

งานวิจัยจำนวนหนึ่งให้ความสำคัญกับการใช้ศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compound) ที่มีอยู่ในพืชตามธรรมชาติ โดยนำมาแปรรูปเป็นผงแห้งแล้วนำมาเติมในอาหารเพื่อเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพนั้น รวมถึงเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการอื่นให้กับอาหารด้วย นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่ได้ยังมีสมบัติเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (Food additives) ตามธรรมชาติอีกด้วย ตัวอย่างเช่น

Lu et al. (2010) นำใบชาเขียวพันธุ์ Shu-Jih-Chun (*Camellia sinensis* L.) มาแปรรูปเป็นผงแห้งแล้วเติมในสปันจ์เค้กโดยแทนที่แป้งสาลีในปริมาณ 0%, 10%, 20% และ 30% พบว่าการใช้ผงชาเขียวแทนที่แป้งสาลีในปริมาณ 0%, 10% และ 20% ให้ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความชอบไม่แตกต่างกัน ($p<0.05$) การเติมผงชาเขียวเป็นการเพิ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจำพวกสารประกอบฟีนอลิก กลุ่มคาเทชิน (Catechins) ให้กับสปันจ์เค้กได้ ซึ่งมีการรายงานว่าผงชาเขียวมีส่วนช่วยลดระดับโคเลสเตอรอล และความดันในเลือดได้ (Higdon & Frei, 2003) นอกจากนี้การเติมผงชาเขียวยังเป็นการเสริมปริมาณใยอาหารให้กับสปันจ์เค้กได้ ผลการเติมผงชาเขียวในสปันจ์เค้กเพิ่มขึ้นทำให้สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลดีต่อสุขภาพนอกจากนี้สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระนี้ ช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารจากการออกซิไดซ์ไขมันและน้ำมันในสปันจ์เค้กได้ โดยเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติไม่เป็นพิษ แม้การใช้สารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่เป็นสารสังเคราะห์ เช่น BHA จะมีประสิทธิภาพมากและสามารถใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย ส่วนการใช้ผงชาเขียวต้องเติมในปริมาณมากกว่า แต่มีผลดีด้านสามารถเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการอื่นให้กับสปันจ์เค้กได้ด้วย

Gawlik-Dziki et al. (2015) ศึกษาการนำใบควินัว (*Chenopodium quinoa*) มาบดเป็นผงแห้งแล้วเสริมในขนมปัง ผลการวิเคราะห์ผคุณภาพทางประสาทสัมผัสและศักยภาพด้านการออกฤทธิ์ทางยาเมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังสูตรควบคุม พบว่า ใบควินัวผงเป็นแหล่งที่ดีของรูทีน (Rutin) และกรดแกลลิก (Gallic acid) การเติมใบควินัวผงในขนมปังในปริมาณ 5 กรัม/100กรัม มีผลให้ปริมาณกรดแกลลิกหลังการย่อยมีปริมาณคงอยู่มากกว่าขนมปังสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการเติมใบควินัวผงในปริมาณ 3 กรัม/100กรัม ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ซึ่งเป็นต้นแบบที่ดีสำหรับการเสริมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพให้กับอาหาร

Sęczyk et al. (2016) ศึกษาถึงศักยภาพด้านการออกฤทธิ์ทางยา โดยวิเคราะห์ด้านปริมาณฟีนอลิก สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมถึงศักยภาพทางโภชนาการ โดยวิเคราะห์ความสามารถในการย่อยของสตาร์ชและโปรตีน ของพาสต้าที่เสริมผงพาสลีย์ (Powdered pasley leaves) ในช่วง 1-4% ผลการศึกษาพบว่าการเสริมผงพาสลีย์ 4% ทำให้ปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้น 67% สมบัติการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น 146% และสมบัติการรีดิวซ์เพิ่มขึ้น 220% ซึ่งมีผลดีต่อการยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง (Antiproliferative) นอกจากนี้พบว่าไม่มีผลต่อการย่อยสตาร์ชแต่มีผลต่อการย่อยโปรตีนโดยทำให้ลดความสามารถในการย่อยลง 20%

การนำพืชที่มีศักยภาพด้านสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compound) โดยเฉพาะพืชในท้องถิ่นที่ไม่มีราคา หรือราคาต่ำ มาผลิตเป็นผงแห้งที่มีคุณภาพดี สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารได้ โดยเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค รวมถึงเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ในท้องถิ่นให้ดีขึ้น

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้ใบขลู่ผงเป็นสารผสมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ไอศกรีม เค้ก และซาลาเปา จากการหาสูตรที่เหมาะสมในการเติมใบขลู่ผงในผลิตภัณฑ์อาหาร สามารถสรุปได้ดังนี้

1) สูตรที่เหมาะสมของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก คือ การเติมใบขลู่ผง 0.6% โดยน้ำหนัก ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.05 แสดงถึงชอบปานกลาง โดยก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เติมใบขลู่ผง 0.6% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 57.17 mgGAE/100g และมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่รายงานเป็น% inhibition เท่ากับ 48.42% ซึ่งมากกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ไม่เติมใบขลู่ผง

2) สูตรที่เหมาะสมของไอศกรีม คือ การเติมใบขลู่ผง 1.0% โดยน้ำหนัก ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 8.15 แสดงถึงชอบมาก ไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผง 1.0% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 55.17 gGAE/100g extracted sample และมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่รายงานเป็น% inhibition เท่ากับ 45.12% ซึ่งมากกว่าไอศกรีมที่ไม่เติมใบขลู่ผง

3) สูตรที่เหมาะสมของเค้ก คือ การเติมใบขลู่ผง 1.5% โดยน้ำหนัก ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.19 แสดงถึงชอบปานกลาง เค้กที่เติมใบขลู่ผง 1.5% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 26.74 gGAE/100g extracted sample และมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่รายงานเป็น% inhibition เท่ากับ 25.62% ซึ่งมากกว่าเค้กที่ไม่เติมใบขลู่ผง

4) สูตรที่เหมาะสมของซาลาเปา คือ การเติมใบขลู่ผง 0.5% โดยน้ำหนัก ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.55 แสดงถึงชอบเล็กน้อย ซาลาเปาที่เติมใบขลู่ผง 0.5% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 14.60 gGAE/100g extracted sample และมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่รายงานเป็น% inhibition เท่ากับ 15.46% ซึ่งมากกว่าซาลาเปาที่ไม่เติมใบขลู่ผง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ศึกษาการใช้ใบขลู่ผงเป็นสารผสมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบอื่นๆ ได้อีก เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทขนมอบชนิดอื่นๆ จำพวกขนมปัง คุกกี้ รวมถึงผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ จำพวกน้ำผลไม้ น้ำสลัด เป็นต้น

2) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ หรือการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

รายการอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. (2544). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ไอศกรีม*, ฉบับที่ 22.

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, (2554). *เอกสารประกอบการสอน วิชาเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ขนมอบ.* ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

จักรพงษ์ ไพบูลย์. (2542). *สารต้านอนุมูลอิสระ Antioxidant.* วันที่ค้นข้อมูล 27 ตุลาคม 2555, เข้าถึงได้จาก http://www.thaiclinic.com/antioxidant.html

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2532). *เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น*. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 23-80 หน้า.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2549). *เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิราพร ใจชื่น. (2542). *การพัฒนาสูตรอาหารว่างประเภทขนมขบเคี้ยวแบบไทยเสริมใยอาหารโดยใช้เปลือกถั่วเหลือง*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาโภชนศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ณัฐญา โกมลมณี. (2541). *การทดแทนแป้งบางส่วนด้วยเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารเส้น.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิพาพร อยู่วิทยา และสุวิช ศิริวัฒนโยธิน. (2548). *กลไกการขึ้นฟูของโดซาละเปาเนื่องจากผงฟู*. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ธวัชชัย รอดสม. (2536). *การศึกษาฤทธิ์ขับปัสสาวะของยาเตรียมจากขลู่ในอาสาสมัครและผู้ป่วย.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเภสัชวิทยา, มหาวิทยาลัยมหิดล.

นันทพร นิลวิเศษ, วัลลา วามนัฐจินดา, บุญสม วรรณวีรกุล และพรรณี พิเดช. (2532). การศึกษาฤทธิ์ขับปัสสาวะของขลู่. *วารสารเภสัชวิทยา*, *11*(1), 1.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2549*). เคมีอาหาร* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

บุญเชิด วิมลสุจริต. (2543). วุ้นเส้น: สายใยจากถั่วเขียว. *กสิกร*, *73*(2), 193-202

พจน์ ศรีบุญลือ, วิทูรย์ ประสงค์วัฒนา, สมบัติ บวรผดุงกิตติ, สุนทร สุวรรณไตรย์ และประดิษฐ์ เพียรักษา. (2542). การศึกษาศักยภาพของสมุนไพรในการรักษาและป้องกันโรคนิ่วไต. *รายงานการวิจัย,* มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พรทิพย์ วิรัชวงศ์. (2546). *อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ.* วันที่ค้นข้อมูล 27 ตุลาคม 2555, เข้าถึงได้จาก http://202.129.59.198/rdi/html.antioxidats.html

ไพโรจน์ วิริยะจารี. (2536). *การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. (2550). *การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์.

เพ็ญโฉม พึ่งวิชา, รุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล และสุจิตรา ทองประดิษฐ์โชติ. (2542). ฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดของสารสกัดรากขลู่. *วารสารสมุนไพร. 6*(2), 18-22.

ลักษณา เจริญใจ. (2554). *ขลู่*. วันที่ค้นข้อมูล 19 กันยายน 2554, เข้าถึงได้จาก http://www.phargarden.com/attachments/article-20110302101013.pdf

วนัสนันท์ ธิบูรณ์บุญ. (2555). *การผลิตเส้นกวยเตี๋ยวที่มีปริมาณแป้งทนต่อการย่อยสูงโดยใช้แป้งกล้วยดิบ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, นิสานารถ กระแสร์ชล, นฤศันส์ วาสิกดิลก, ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล และอุดมลักษณ์ สุขอัตตะ. (2557). *การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตข้าวกล้องงอกเคลือบสารสมุนไพรและการนำแป้งข้าวกล้องงอกไปใช้ทำอาหาร*. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนอุดหนุนโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

วิภา สุโรจนะเมธากุล. (2545). การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเส้นเพื่อการควบคุมคุณภาพ. *วารสารอาหาร, 32* (2). 86-91.

วิวัฒน์ หวังเจริญ. (2545). บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อสุขภาพ. *วารสารอาหาร. 32*(4), 345-253.

วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. (2531). *นมและผลิตภัณฑ์นม*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

วรรณพร อินทร์ก้อนวงค์. (2555). การใช้เนื้อฝักมะรุมและใบมะรุมผงในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กเพื่อสุขภาพ. วิทยานิพนธ์ สาขาโภชนศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. (2522). *ทฤษฎีอาหาร เล่ม 3*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 118-147 หน้า.

สารานุกรมเสรี วิกิพีเดีย. (2553). ซาลาเปา. เข้าถึงได้จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ซาลาเปา

สมจิตร สุรพัฒน์. (2544). *ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สิริมา ชินสาร, วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และนิสานารถ กระแสร์ชล. (2557). ผลของการเตรียมขั้นต้นและวิธีการในการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใบขลู่ผง. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, *45*(2), 101-104 .

สุธิดา กิจจาวรเสถียร. (2553). *ผลิตภัณฑ์ธัญพืชผสมใบชะพลูอัดแท่ง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาคหกรรมบัณฑิต, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ.

โสมศิริ สมถวิล และสุจินดา ศรีวัฒนะ (2555). การใช้สเกลความพอดีในการปรับสูตรไส้อั่ว. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50* (หน้า 167-174). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ซาลาเปา*. เข้าถึงได้จาก http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps505_47.pdf

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2540). เทคโนโลยีการผลิตและการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวและอบแห้ง. *วารสารเกษตรศาสตร์*, *8*(3), 58-66.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2550). ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนุธิดา ผายพันธ์ และสารินทร์ แก้ววงค์. (2551). การสกัดหาปริมาณฟีนอลิกในผักพื้นบ้านเพื่อใช้เป็นสารต้านกันหืนในน้ำมัน. *วารสารการเกษตรราชภัฏ, 7*(2), 30-38.

อัจฉราพรรณ มหพันธ์. (2556). *การพัฒนาไอศกรีมเสริมโอลิโกแซคคาไรด์จากแก้วมังกรและโพรไบโอติก.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัย บูรพา.

อัญชนา เจนวิถีสุข. (2544). *การตรวจหาและบ่งชี้ชนิดสารต้านอนุมูลอิสระจากผักพื้นบ้านและสมุนไพรไทย.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อุสาห์ เจริญวัฒนา. (2537). *เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เบเกอรี่.* ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

โอภา วัชระคุปต์. (2550). *สารต้านอนุมูลอิสระ.* กรุงเทพฯ: นิวไทยมิตรการพิมพ์.

AACC. (1995). *Approved Method of the American Association of Cereal Chemists* (9th ed.). American Assosication of Cereal Chemists.

Arbuckle, W.S. (1986). *Ice Cream* (4th ed.). Van Nostrand Reinhold.

Banerjee, D., Chakrabarti, S., Hazra, A. K., Banerjee, S., Ray, J., & Mukherjee, B. (2008). Antioxidant activity and total phenolics of some mangroves in Sundarbans. *African Journal of Biotechnology*, *7*(6), 805-810.

Benkouider, C. (2004). Functional foods: A global overview. *International Food Ingredients*, *5*, 66–68.

Burton, G.W., & Traber, M.G. (1990). Vitamin E antioxidant activity biokineties and bioavailability. *Annual Review of Nutrition, 10*, 357-382.

Chantaro, P. (2006). *Effects of Blanching and Drying on Antioxidant Activity of High Dietary Fiber Powder Produced from Carrot Peels*. Thesis. Master of Engineering (Food Engineering) Faculty of Engineering King Mongkut's. University of Technology Thonburi.

Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Lin, R. H. (2002). Thermal Processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Agricultural and Food Chemistry*, *50*, 3010-3014.

Fan, L., Zhang, S., Yu, L., & Ma, L. (2006). Evaluation of antioxidant property and quality of breads containing Auricularia auricula polysaccharide flour. *Food Chemisty*, *101*, 1158-1163.

Frankel, E. N., Bosanek, C. A., Meyer, A. S., Silliman, K., & Kirk, L. L. (1998). Commercial grape juices inhibit the in vitro oxidation of human low- density lipoproteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *46*, 834-838.

Fuentes-Alventosa J. M., Rodríguez-Gutiérrez G., Jaramillo-Carmona S., Espejo-Calvo J. A., Rodríguez-Arcos R., Fernández-Bolaños J., Guillén-Bejarano R., & Jiménez-Araujo A. (2009). Effect of extraction method on chemical composition and functional characteristics of high dietary fibre powders obtained from asparagus by-products. *Food Chemistry*, *113*, 665–671.

Fuller, G. W. (1994). New product development from concept to marketplace. CRC Press, Inc. USA: Boca Raton, Florida. pp. 1-23.

Gawlik-Dziki, U., Dziki, D., Świeca, M., Sęczyk, Ł., Różyło, R., & Szymanowska, U. (2015). Bread enriched with *Chenopodium quinoa* leaves powder – The procedures for assessing the fortification efficiency. *LWT - Food Science and Technology*, *62*(2), 1226–1234.

Goff, H. D. (2003). *Ice cream*. In Fox , P. F. and McSweeney, P. L. H. (eds.) Advanced Dairy Chemistry Volume 1 Protein. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 1063-1082.

Hal, M. (2007). Consumer-led food product development. New York: CRC Press. p 407-410.

Higdon, J. V., & Frei, B. (2003). Tea catechins and polyphenols: Health effects,metabolism, and antioxidant functions. *Critical Reviews in Food Science and Technology*, *43*, 89–143.

Jaegera, S. R., Huntera, D. C., Kama, K. Beresforda, M. K., Jina, D., Paisleya, A. G., Chheanga, S. L., Roigarda, C. M., & Aresb, G. (2015).The concurrent use of JAR and CATA questions in hedonic scaling is unlikely to cause hedonic bias, but may increase product discrimination. *Food Quality and Preference, 44*, 70–74.

Karagozler, A. A., Erdag, B. B., Emer, Y., & Uygum, D. A. (2008). Antioxidant activity and proline content of leaf extracts from Dorystoechas hastate. *Food Chemistry*, *111*(2), 400-407.

Kariola, T., Brader, G., Li J., & Palva, E. T. (2005). Chlorophyllase 1, a damage control enzyme, affects the balance between defense pathway in plants. *The Plant Cell*, 17(1), 282-294.

Kim, J. H., Lee, H. J., Lee, H. S., Lim, E. J., Imm, J. Y., & Suh, H. j. (2012). Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with *Opuntia humifusa*. *LWT - Food Science and Technology, 47*(2), 478–484.

Lu, T. M., Lee, C. C., Mau, J. L., & Lin, S. D. (2010). Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chemistry, 119*, 1090-1095.

Marshall, R. T., & Arbuckle, W. S. (1996). *Ice cream* (5th ed.). New York : Champman & Hall, 222.

Martínez-Cervera, S., Salvador, A., Muguerza, B., Moulay, L., & Fiszman, S. M. (2011). Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *LWT - Food Science and Technology, 44*, 729-736.

Molyneux, P. (2004). The use of the stable free ravo dical diphenylpicryl hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Food Chemistry*, *26*(2), 211- 219.

Moraes Crizel, T., Jablonski, A., Rios, A. O., Rech, R., Flôres, S. H. (2013). Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. *LWT - Food Science and Technology*, *53(*1), 9-14.

Mukhapadhyay, S., Cordell, G. A., Ruangrungsi, N., Rodkird, S., Tantivatana, P., Hylands, P. J. (1983). Traditional medicinal plants of Thailand IV 3-(2',3'-Diacetoxy-2'-methyl butyryl)- cuanhtemone from *Pluchea indica. Journal of Natural Products, 46*(5), 671-674.

Murtaza, A. M., Huma, N., Mueen-UD-Din, G., Shabbir, M. A., & Mahmood, S. (2004). Effect of Fat Replacement by Fig Addition on Ice Cream Quality. *International Journal of Agriculture and Biology*, *6*(1), 68-70.

Nilnakara, S. (2006). Effects of Blanching and Drying on Physicochemical Properties of High Dietary Fiber Powder Produced from Cabbage Residues.Thesis. Master of Engineering (Food Engineering) Faculty of Engineering King Mongkut's. University of Technology Thonburi.

Puerta, T. (1999). Inhibition of leukocytes lipoxygenase by phenolics from virgin olive oil. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *57,* 445-449.

Rupasinghe', H. P. V., Wang, L., Huber, G. M., Pitts, N. L. (2008). Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food Chemistry*, *107*(3), 1217–1224.

Sanchez-Moreno, C., Jimenez-Escria, A., & Saura-Calixto. J. (2000). Study of low-density lipoprotein oxidizability indexes to measure the antioxidant activity of dietary polyphenols. *Nutrition Research, 20*, 941-953.

Sangnark, A., & Noomhorm, A. (2003). Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse. *Food Chemistry, 80*, 221–229.

Sęczyk , Ł., Świeca, M., Gawlik-Dziki, U., Luty, M., & Czyż, J. (2016). Effect of fortification with parsley (*Petroselinum crispum* Mill.) leaves on the nutraceutical and nutritional quality of wheat pasta. *Food Chemistry, 190,* 419–428.

Siro, I., Kapolna, E., Kapolna, B., & Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-A review. *Appetite, 51*, 456–467.

Traithip, A. (2005). *Phytochemistry and antioxidant activity of Pluchea indica*. Master's thesis, Master of Science in Pharmacy, Mahidol University.

Tudorica, C. M., Kuri, V., & Brennan, C. S. (2002). Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50*, 347-356.

Uchiyama, T., Miyase, T., Ueno, A., & Usmanghani, K. (1989). Terpenic glycosides from *Pluchea indica. Phytochemistry*, *28*(12), 3369-3372.

Uchiyama, T., Miyase, T., Ueno, A., & Usmanghani, K. (1991). Terpene and lignan glycosides from *Pluchea indica. Phytochemistry*, *30*(2), 655-657.

Vega-Galvez, A. V., Scala, K. D., Rodriguez, K., Mondaca, R. L., Miranda, M., Lopez, J., & Won, M. P. (2009). Effect of air-drying temperature on physic-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). *Food Chemisty, 117,* 647-653.

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์คุณภาพ

ก-1 ค่าสี

การวัดค่าสี รายงานเป็นค่าสี L* a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter LAB รุ่น Miniscan XP Plus) ต้องดำเนินการเทียบมมาตรฐานของเครื่องวัดสี (Calibration) โดยการใช้แผ่นกระเบื้องสีขาวและสีดำวางบนหัววัด แล้วกดปุ่ม Measure ซึ่งเครื่องวัดสีจะบันทึกข้อมูลค่าสีไว้คือ (x=81.17, y=86.12, และ z=91.78) สุ่มตัวอย่างจัดเรียงใส่ในถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่างให้เต็มถ้วย โดยไม่ให้มีช่องที่แสงผ่านได้และใช้ฝาครอบปิดตัวอย่าง โดยแต่ละสิ่งทดลองจะวัด 3 ครั้ง ซึ่งค่าที่วัดในระบบ CIE มีความหมาย ดังนี้

ค่าสี L* หมายถึง ค่าความสว่าง (lightness) มีช่วงตั้งแต่ 0 (สีดำ) จนถึง 100 (สีขาว)

ค่าสี a* หมายถึง ค่าสีเขียว-แดง มีค่าเป็นลบหมายถึงสีเขียว ถ้าเป็นบวกหมายถึงสีแดง

ค่าสี b* หมายถึง ค่าสีน้ำเงิน-เหลือง มีค่าเป็นลบหมายถึงสีน้ำเงินถ้ามีค่าเป็นบวกหมายถึงสีเหลือง

ก-2 เวลาที่เหมาะสมในการต้มก๋วยเตี๋ยวให้สุก (Cooking time) (AACC, 1995)

1. ตัดเส้นก๋วยเตี๋ยวให้มีความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร และนำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ 10 กรัม
2. ต้มน้ำกลั่นปริมาตร 300 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ให้เดือด แล้วใส่ตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวลงไป ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ
3. ทุก 30 วินาที ใช้คีมคีบ (forcep) สุ่มจับชิ้นตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวออกมาวางบนแผ่นกระจก แล้วใช้แผ่นกระจกอีกแผ่น บีบตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยว แล้วสังเกตลักษณะเส้นก๋วยเตี๋ยว หากไม่เห็นลักษณะเป็นไตสีขาวในเส้นก๋วยเตี๋ยว แสดงว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวสุก ให้บันทึกเป็นเวลาที่เหมาะสมในการต้มก๋วยเตี๋ยวให้สุก

ก-3 ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) (AACC, 1995)

1. ตัดเส้นก๋วยเตี๋ยวให้มีความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร และนำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ 10 กรัม บันทึกน้ำหนักไว้ (W_S)
2. ชั่งบีกเกอร์เปล่า บันทึกน้ำหนักไว้ (W_1)
3. ต้มน้ำกลั่นปริมาตร 300 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ให้เดือด แล้วใส่ตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวลงไป ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ
4. ต้มเส้นก๋วยเตี๋ยวให้สุกตามเวลาที่เหมาะสมในการต้มก๋วยเตี๋ยวให้สุก แล้วใช้คีมคีบ (forcep) ย้ายตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวไปใส่ในตะแกรง ล้างด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ 15 นาที
5. ชั่งเส้นก๋วยเตี๋ยว บันทึกน้ำหนักไว้ (W_2)
6. นำบีกเกอร์ที่ใช้ต้มเส้นก๋วยเตี๋ยว ไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง

7. ชั่งบีกเกอร์ที่ผ่านการอบ บันทึกน้ำหนักไว้ (W_3)

การคำนวณ

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{(W_3 - W_1)}{(W_S \times \text{DM})} \times 100$$

$$\text{Cooking yield (\%)} = \frac{(W_2 \times 100)}{(W_S \times \text{DM})}$$

เมื่อ W1 คือ น้ำหนักบีกเกอร์เปล่า (กรัม)
W2 คือ น้ำหนักเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังต้มสุก (กรัม)
W3 คือ น้ำหนักปริมาณของแข็งรวมน้ำหนักบีกเกอร์เปล่าหลังต้มสุก (กรัม)
WS คือ น้ำหนักเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนต้มสุก (กรัม)
DM คือ สัดส่วนน้ำหนักแห้งของเส้นก๋วยเตี๋ยว (%)

ก-4 การขึ้นฟู (Over run) (Marshall and Arbuckle, 1996)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างไอศกรีมเหลวหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่บรรจุเต็มด้วยถ้วยพลาสติกขนาด 3 ออนซ์ บันทึกน้ำหนักไอศกรีมเหลว นำไอศกรีมเหลวทั้งหมดไปปั่นด้วยเครื่องปั่นไอศกรีมจนกระทั่งไอศกรีมขึ้นฟู ชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่บรรจุพอดีถ้วยไอศกรีมใบเดิม พยายามอย่าให้เกิดช่องว่างและห้ามกดอัด บันทึกน้ำหนัก นำข้อมูลไปคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟูดังสมการ

การคำนวณ

$$\text{Over run (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมเหลว} - \text{น้ำหนักไอศกรีม}}{\text{น้ำหนักไอศกรีม}} \times 100$$

ก-5 ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) (Sangnark and Noomhorm, 2003)

หาปริมาตรจำเพาะโดยวิธีการแทนที่ด้วยงา เริ่มจากนำภาชนะที่มีความสูง กว้าง และยาวมากกว่าขนาดตัวอย่าง มาหาปริมาตรโดยการใช้เมล็ดงาเทให้เต็มภาชนะ หลังจากนั้นนำเมล็ดงามาวัดปริมาตรด้วยกระบอกตวง และชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาความหนาแน่นของเมล็ดงาในภาชนะ คำนวณความหนาแน่นของเมล็ดงาในภาชนะที่กำหนดจากสูตร

$$D = \frac{M_1}{V_1}$$

เมื่อ D คือ ความหนาแน่นของเมล็ดงา
M_1 คือ น้ำหนักของเมล็ดงาที่เต็มภาชนะ (กรัม)
V_1 คือ ปริมาตรของเมล็ดงาที่เต็มภาชนะ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

หาปริมาตรของตัวอย่างโดยการแทนที่งา และทำการทดลองเช่นเดียวกับการหาความหนาแน่นของเมล็ดงา โดยนำเมล็ดงาที่เต็มภาชนะข้างต้นมาใช้ในการทดลอง ทำโดยเทเมล็ดงารองก้น

ภาชนะก่อน แล้วจึงวางก้อนขนมปังที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนลงในภาชนะ หลังจากนั้นเทเมล็ดงาให้เต็มภาชนะ ใช้พายปาดให้ผิวหน้าเรียบ นำเมล็ดงาที่เหลือมาชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาปริมาตรของตัวอย่าง โดยการหาปริมาตรของตัวอย่างคำนวณจากสูตร

$$V_2 = \frac{M_2}{D}$$

เมื่อ D คือ ความหนาแน่นของเมล็ดงา (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

M_2 คือ น้ำหนักของเมล็ดงาที่เหลือ (กรัม)

V_2 คือ ปริมาตรของตัวอย่าง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

การคำนวณ

$$\text{Specific volume} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ก-6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH

การเตรียมสารสกัดตัวอย่าง (ดัดแปลงจาก Fan et al., 2006)

ชั่งตัวอย่างมา 100 กรัม สกัดด้วยเอทานอล 95 % ปริมาตร 250 มิลลิลิตร โดยผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้แท่งแก้วคนเป็นเวลา 3 นาที และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำสารสกัดมากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 และล้างสารสกัดผ่านกระดาษกรองด้วยเอทานอล 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาระเหยตัวละลายออกโดยใช้ Water bath ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้สารสกัดที่เป็นของแข็ง (สารเหนียว) เก็บสารสกัดที่ได้ในขวดแก้วสีชาและเก็บที่สภาวะแช่แข็ง (อุณหภูมิประมาณ -20 องศาเซลเซียส) จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอกลิกทั้งหมด และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Dewanto et al., 2002)

สารเคมีและอุปกรณ์

- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (SPECTRONIC GENESYSTH 5, USA)
- เครื่องผสมสาร (Vortex mixter) (Heidolph, REAX 2000, Germany)
- ปิเปต ชนิด Measuring ขนาด 5 ml
- ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 ml
- หลอดทดลอง
- ฟอลิน ซิโอแคลทู รีเอเจนต์ (Folin-Ciocalteu reagent) (Garlo ERBA) (Sigma; USA)
- กรดแกลลิก (Gallic acid: $C_7H_6O_5$) 98 % (Fluka, Switzerland)
- เอทานอล (Ethanol: CH_3CH_2OH) บริษัท Labscan ประเทศไทย
- โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate anhydrous: Na_2CO_3) (Ajax Finechem, Australia)

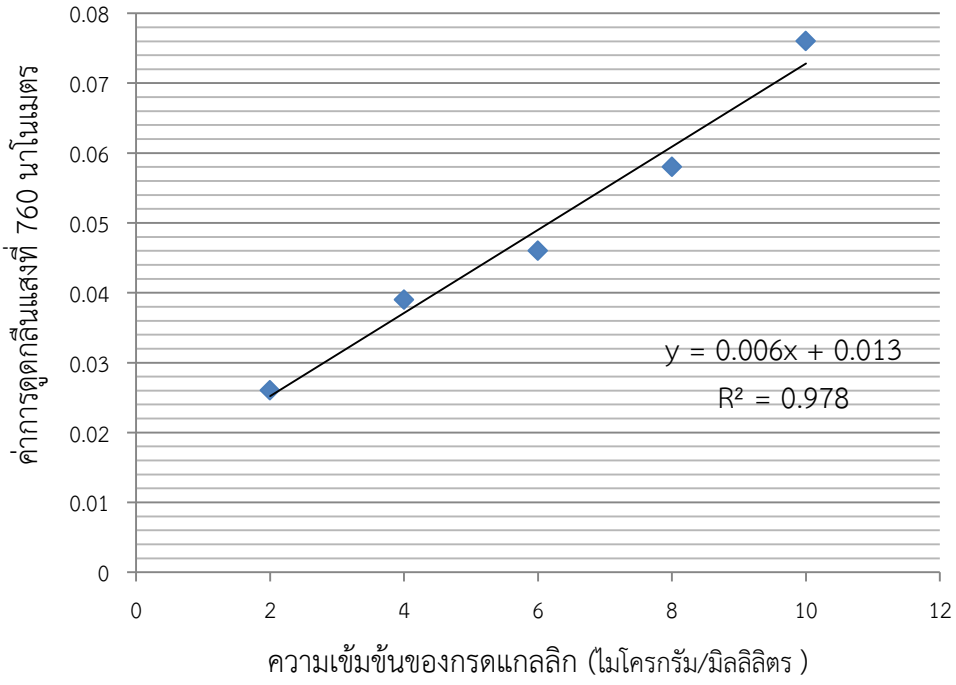
การเตรียมสารเคมี

1. เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7% โดยชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 7 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
2. เติมเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ชั่งกรดแกลลิก 0.01 กรัม นำมาละลายด้วยเอทานอลเล็กน้อย และปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

การทำกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกโดยผสมกรดแกลลิกและน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 2, 4, 6, 8 และ 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ดังนี้

1. ปิเปตสารละลายกรดแกลลิกแต่ละความเข้มข้นมา 0.125 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายโฟลิน ซิโอแคลทู หลอดละ 1.00 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex เป็นเวลา 3 วินาที และตั้งทิ้งไว้ 6 นาที
3. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7% 1.25 มิลลิลิตร โดยสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำเงิน และเติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 90 นาที
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
5. พล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเข้มข้นของกรดแกลลิก (แกน X) และค่าการดูดกลืนแสง (แกน Y) ได้กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก ดังนี้



การวิเคราะห์

1. ใช้สารสกัดตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมข้างต้น โดยชั่งสารสกัดมา 0.1 กรัม จากนั้นนำมาละลายเอทานอล 95% แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยเอทานอล
2. ปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 0.125 มิลลิลิตร
3. จากนั้นเติมสารละลายโฟลิน ซิโอแคลทูหลอดละ 1.00 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex เป็นเวลา 3 วินาที และตั้งทิ้งไว้ 6 นาที
4. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7% 1.25 มิลลิลิตร โดยสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำเงิน และเติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 90 นาที
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
6. คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด จากการแทนค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการวัดจากตัวอย่าง (ค่า Y) ในสมการเส้นตรงที่ได้ จะได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรูปกรดแกลลิก (ค่า X) จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และรายงานในหน่วยมิลลิกรัม (mg) หรือ กรัม (g) GAE/100 กรัม extracted sample

การวิเคราะห์สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH (วิธี DPPH radical scavenging assay) (ดัดแปลงจาก Karagozler, et al., 2008)

สารเคมีและอุปกรณ์

- เอทานอล (Ethanol: CH_3CH_2OH) บริษัท Labscan ประเทศไทย
- ดีพีพีเอช (2-diphenyl-1picrylhydrazyl: $C_{18}H_{12}N_5O_6$) 90 % บริษัท Sigma ประเทศเยอรมัน
- ปิเปต ชนิด Measuring ขนาด 1 ml
- ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 ml
- หลอดทดลอง
- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (SPECTRONIC GENESYSTH 5, USA)

การเตรียมสารเคมี

เตรียมสารละลาย DPPH ทันทีก่อนใช้ให้มีความเข้มข้น 0.1 mM ปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยชั่ง DPPH 0.004 กรัม ละลายในเอทานอล 95% แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยเอทานอล เก็บในภาชนะปิดสนิทป้องกันแสงจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์

การวิเคราะห์

1. ใช้สารสกัดตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมข้างต้น โดยชั่งสารสกัดมา 0.1 กรัม จากนั้นนำมาละลายด้วยเอทานอล 95% แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยเอทานอล
2. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 3 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 mM 1 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ในที่มืดประมาณ 30 นาที สำหรับตัวอย่าง blank โดยทำเช่นเดียวกัน แต่ใช้เอทานอล 95 % แทนสารละลายตัวอย่าง
3. นำหลอดทดลองที่เป็นสารละลายตัวอย่างและ blank ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การคำนวณ

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100$$

กำหนดให้ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ blank

A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

ภาคผนวก ข
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ข-1 แบบประเมินความชอบวิธี 9-point Hedonic scale

หมายเลขผู้ทดสอบ.....วันที่..... .....

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่างจากด้านซ้ายไปขวาตามลำดับ แล้วให้คะแนนความชอบที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ (กรุณาบ้วนปากก่อนชิมทุกครั้ง)

1 = ไม่ชอบมากที่สุด	2 = ไม่ชอบมาก	3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	5 = เฉยๆ	6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง	8 = ชอบมาก	9 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

ข-2 แบบประเมินทางประสาทสัมผัสวิธี Ratio Profile Test (RPT)

ผลิตภัณฑ์.....
หมายเลขผู้ทดสอบ.....วันที่..... .....

คำแนะนำ: กรุณทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและขีดเครื่องหมาย "I" ลงบนเส้นของแต่ละปัจจัยคุณภาพ โดยเขียน I บนเส้นตามความรู้สึกที่ท่านต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์ และเขียน S บนเส้นที่ท่านรู้สึกได้จากการทดสอบ (กรุณาบ้วนปากก่อนชิมทุกครั้ง)

…สีเขียว… _____

…อ่อน….. ..เข้ม…

…กลิ่นขลู่… _____

…น้อย….. ..มาก…

…กลิ่นรสขลู่… _____

…น้อย….. ..มาก…

…รสชาติ… _____

…เจือจาง (น้อย)….. ..เข้มข้น(มาก)…

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

ข-3 แบบประเมินทางประสาทสัมผัสวิธี Just about Right

ผลิตภัณฑ์.....
หมายเลขผู้ทดสอบ.....วันที่..... .....

คำแนะนำ: กรุณทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและขีดเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างตามความรู้สึกของท่าน ตามคุณลักษณะที่ทดสอบ (กรุณาบ้วนปากก่อนชิมทุกครั้ง)

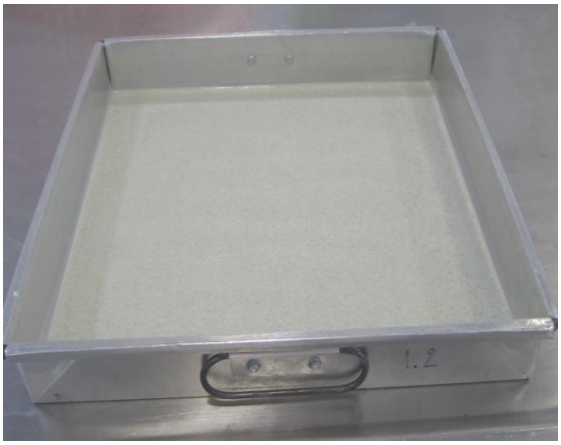
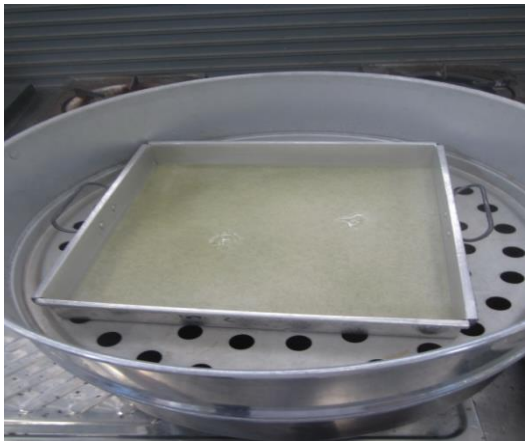
คุณลักษณะ	อ่อนไป	พอดี	เข้มไป
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....
กลิ่นรส	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

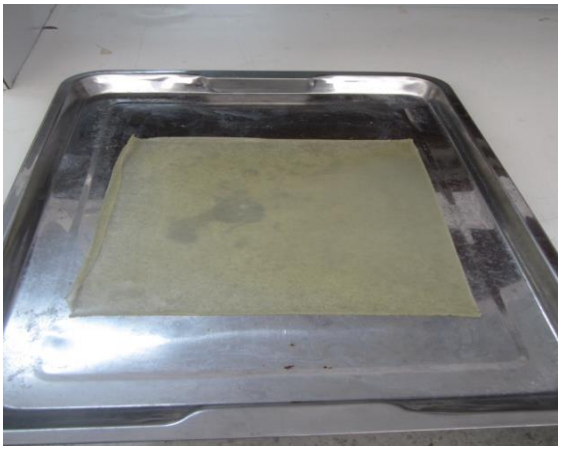
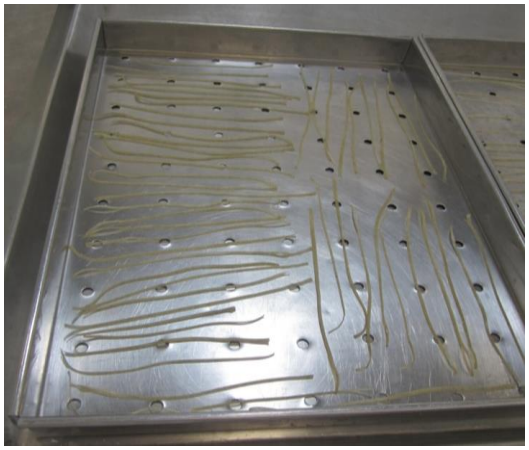
ขอขอบคุณในความร่วมมือ

ภาคผนวก ค
ภาพประกอบงานวิจัย

ค-1 การผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

ภาพที่ ค-1 การเทน้ำแป้งที่เติมขลู่ผงในถาดสำหรับการนึ่ง

ภาพที่ ค-2 ลักษณะแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่เติมขลู่ผงผ่านการนึ่ง และตัดเป็นเส้นเพื่อนำอบโดยใช้ตู้อบลมร้อน

ค-2 การผลิตไอศกรีม

ภาพที่ ค-3 การเตรียมส่วนผสมไอศกรีมที่เติมขลู่ผง

ภาพที่ ค-4 การปั่นส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และลักษณะไอศกรีมเหลวที่เติมขลู่ผงก่อนการปั่นเป็นไอศกรีม

ค-3 การผลิตเค้ก

ภาพที่ ค-5 การร่อนส่วนผสมของแห้งสำหรับเค้กที่เติมขลู่ผง และลักษณะส่วนผสมก่อนการเติมแป้งและผงฟู

ภาพที่ ค-6 การตีผสมส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และลักษณะแบตเตอร์เค้กที่เติมขลู่ผงก่อนอบ

ค-4 การผลิตซาลาเปา

ภาพที่ ค-7 การเตรียมส่วนผสมซาลาเปาที่เติมขลู่ผง และลักษณะส่วนผสมก่อนการหมักให้ขึ้นฟู

ภาพที่ ค-8 ลักษณะแป้งที่ผ่านการหมักให้ขึ้นฟู ใส่ไส้และปั้นเป็นก้อน