



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร

พัฒนาผลิตภัณฑ์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้อง

Development of Fermented Vinegar from Black Glutinous Brown Rice

นามผู้วิจัย นางสาวประวีณา ลาภา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์วิชัย หฤทัยธนาสันต์, ป.ร.ค.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบศิริ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้อง

Development of Fermented Vinegar from Black Glutinous Brown Rice

โดย

นางสาวประวีณา ลาภา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2554

ประวีณา ลาภา 2554: การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวคั่วกล้อง
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนา
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
หลัก: รองศาสตราจารย์เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, Ph.D. 102 หน้า

การศึกษาพัฒนาข้าวเหนียวคั่วกล้องมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มมูลค่าและ
แนวทางการใช้ประโยชน์จากข้าวเหนียวคั่วกล้องโดยนำมาผลิตเป็นน้ำส้มสายชูหมักเพื่อสุขภาพ
ทางเลือกใหม่ ในการศึกษาข้าวเหนียวคั่วกล้องที่ใช้ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 79.22% และมี
ปริมาณไซยานิน-3-กลูโคไซด์ 50.62 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ขั้นตอนในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก
ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรก เป็นการย่อยข้าวเหนียวคั่วให้เป็นน้ำตาลกลูโคส โดย
นำข้าวเหนียวคั่วหนึ่งผ่านการแช่น้ำในอัตราส่วนข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1:1.25 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มา
ผสมกับโคจิจของเชื้อรา *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 ปริมาณ 0.4% ของน้ำหนักข้าวเหนียวคั่ว
ในการย่อยข้าวเหนียวคั่ว เป็นเวลา 3 วัน จะได้น้ำตาลกลูโคส 39.6% ขั้นตอนที่สอง เป็นการหมัก
ไวน์จากสารละลายน้ำตาลที่ได้ โดยนำสารละลายที่ได้มาผสมกับน้ำมะพร้าวหมักด้วยเชื้อยีสต์
Saccharomyces cerevisiae TISTR 5049 เป็นเวลา 8 วัน จะได้น้ำข้าวเหนียวคั่วที่มีปริมาณ
แอลกอฮอล์เท่ากับ 11.5% ขั้นตอนที่สาม คือ การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ ด้วยการปรับปริมาณ
แอลกอฮอล์เริ่มต้นในไวน์ข้าวเหนียวคั่วให้เป็น 5% ค่า pH เท่ากับ 5.5 หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย
Acetobacter aceti TISTR 354 ด้วยวิธีการเขย่าให้อากาศ เป็นเวลา 3 วัน จะได้น้ำส้มสายชูหมัก
ข้าวเหนียวคั่วกล้องที่มีลักษณะใส สีส้มอ่อน มีปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับ 5.48% ค่า pH 3.38 และ
มีปริมาณไซยานิน-3-กลูโคไซด์ เท่ากับ 5.01 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ผลการสำรวจตลาด
พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ น้ำสลัด มายองเนส สเปรด ซอสพริก
เครื่องจิ้ม เครื่องปรุงรส และเครื่องดื่มน้ำ ซึ่งเมื่อนำน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวคั่วกล้องที่ได้ไป
ประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดได้ โดยสามารถใช้เป็นส่วนประกอบในน้ำสลัดได้ประมาณ 34%
น้ำสลัดที่มีส่วนผสมของน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวคั่วกล้อง มีลักษณะใส สีส้มอ่อน และมี
ปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับ 1.59% เมื่อทำการทดสอบกับผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบ
รวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.78

Praweena Lapa 2011: Development of Fermented Vinegar from Black Glutinous Brown Rice. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Associate Professor Penkwan Chompreeda, Ph.D. 102 pages.

Developing new healthy fermented vinegar from black glutinous brown rice (BGBR) was the objective of this research in order to add value of BGBR. BGBR was composed of carbohydrate 79.22% and cyanidin-3-glucoside 50.62 mg/100g. There are three steps of making fermented vinegar. The first step was about BGBR saccharification from steamed rice which was soaked in water as ratio 1:1.25 for 4 hrs. Then, it was mixed with 0.4% koji of *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 and fermented to obtain glucose of 39.6% for 3 days. Secondly, BGBR wine was made from the mixture of saccharified BGBR liquid and coconut water which was fermented by *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5049 to obtain alcohol of 11.5% for 8 days. Lastly, vinegar was made from BGBR wine which was adjusted to alcohol 5%, pH 5.5 and fermented by using *Acetobacter aceti* TISTR 354 and shaking method for 3 days. The BGBR vinegar was clear, light orange color and contained acetic acid 5.48% with pH 3.38 and cyanidin-3-glucoside 5.01 mg/100ml. The vinegar combined product from the market survey were salad dressing, mayonnaise, spread, chilli sauce, dipping sauce, seasoning sauce and beverage. The application of BGBR vinegar was used in dressing for 34%. The BGBR vinegar combined dressing was clear, light orange color and contained acetic acid 1.59% with consumer's overall liking score 6.78.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. เพ็ญขวัญ ชมปรีดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.ดร. วิชัย หฤทัยธนาสันดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในระหว่างดำเนินการวิจัย ตลอดจนทั้งตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไป

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ เจ้าหน้าที่หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปข้าว เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพทุกท่าน ที่ช่วยอำนวยความสะดวก และให้คำแนะนำในการปฏิบัติงาน ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยที่ให้ความอนุเคราะห์สายพันธุ์จุลินทรีย์ในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกท่านที่ช่วยเหลือในการปฏิบัติงาน ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ความอนุเคราะห์ในด้านต่างๆ จนงานสำเร็จอย่างสมบูรณ์

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้องและญาติสนิทมิตรสหาย รวมทั้งผู้มีพระคุณที่ได้เอื้อนามไว้ ณ ที่นี้ทุกท่าน สำหรับความรัก ความห่วงใย ความเข้าใจ และกำลังใจที่มีให้มาตลอดจนสำเร็จการศึกษา และสุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอมอบส่วนที่ดีของวิทยานิพนธ์ให้แก่ ครูบาอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขออภัย และขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ประวีณา ลาภา
กุมภาพันธ์ 2554

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	35
อุปกรณ์	35
วิธีการ	37
ผลและวิจารณ์	44
สรุปและข้อเสนอแนะ	72
สรุป	72
ข้อเสนอแนะ	74
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	75
ภาคผนวก	86
ภาคผนวก ก การเตรียมกล้าเชื้อจุลินทรีย์	87
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางเคมี	89
ภาคผนวก ค การอภิปรายกลุ่ม	96
ภาคผนวก ง แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	100
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	102

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบคุณค่าทางอาหารของข้าวเหนียวดำ	5
2	ชนิดของแอนโทไซยานิน	10
3	แอนโทไซยานินในผัก และผลไม้บางชนิด	11
4	การเปลี่ยนแปลงค่าความยาวคลื่นสูงสุดและระดับสีของแอนโทไซยานินที่ความเป็นกรด-ด่างช่วงต่าง ๆ	13
5	อัตราส่วนของน้ำส้มสายชู (X_1) น้ำตาล (X_2) และเกลือ (X_3) ในแต่ละสิ่งทดลอง	43
6	ค่าคุณภาพทางเคมีของข้าวเหนียวดำกลิ้ง	44
7	ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำตาลกลูโคสที่ได้จากสารละลายน้ำย่อยข้าวเหนียวดำ	46
8	ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำตาลกลูโคสที่ได้จากสารละลายน้ำย่อยข้าวเหนียวดำที่ย่อยด้วยโคจิ	47
9	ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักน้ำตาลข้าวเหนียวดำ	48
10	ค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกของน้ำส้มสายชูข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยเชื้อ <i>A. aceti</i> 3 สายพันธุ์	49
11	ค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกของน้ำส้มสายชูข้าวเหนียวดำที่แปรผันปริมาตรไวน์ต่อปริมาตรภาชนะ	50
12	ค่าคุณภาพทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกลิ้ง	52
13	ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบที่จำหน่ายในท้องตลาด	55
14	การคัดเลือกแนวความคิดผลิตภัณฑ์สำหรับการประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูหมัก	57
15	ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่จำหน่ายในท้องตลาด	59
16	การคัดเลือกผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสที่จำหน่ายในท้องตลาด	63
17	ส่วนประกอบของน้ำสลัดใส ในตัวอย่างที่คัดเลือกได้	65
18	ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส	67
19	คะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านต่างๆ ของตัวอย่างน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกลิ้ง	69
20	ค่าคุณภาพของน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกลิ้ง	70

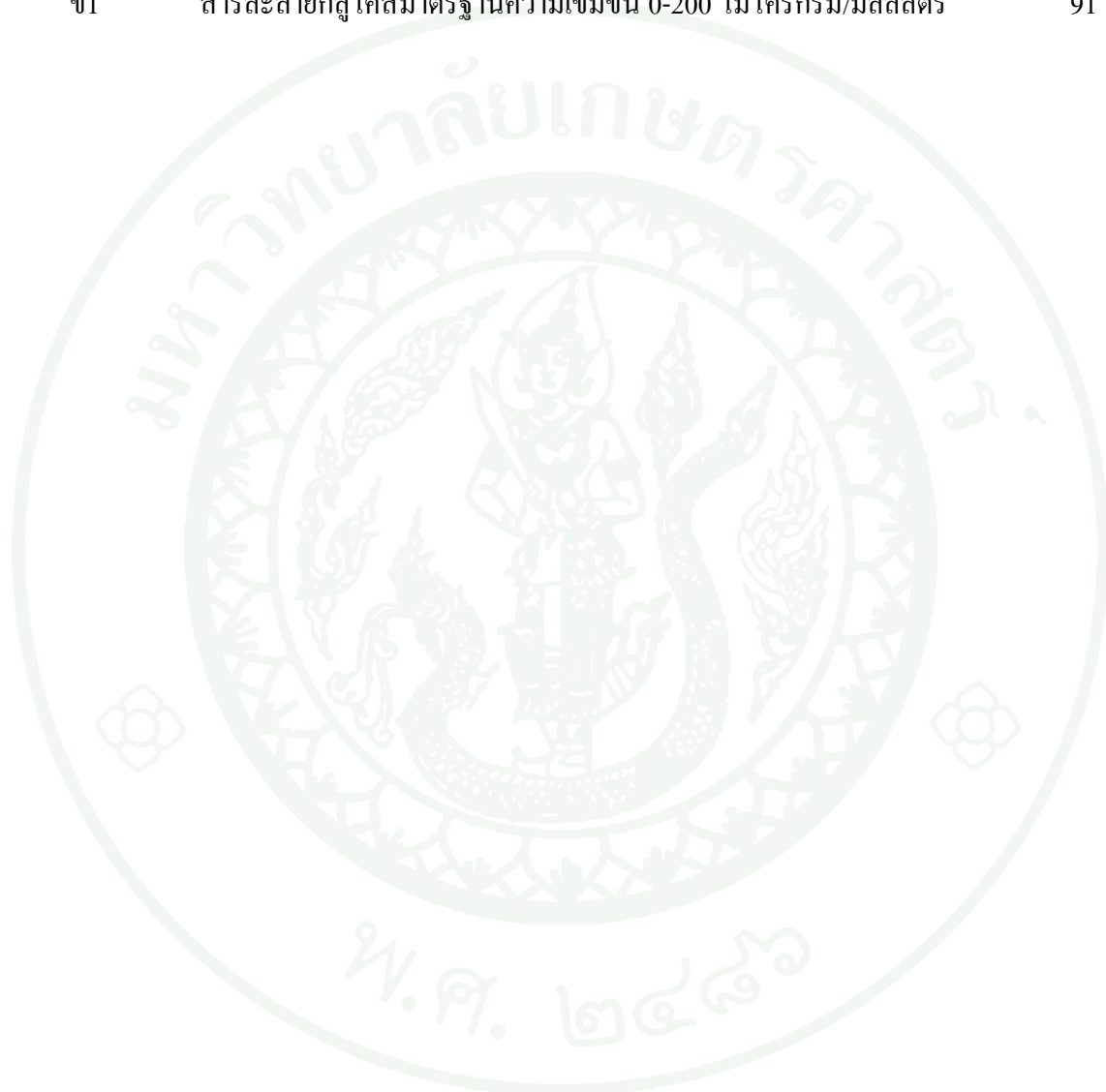
สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่

หน้า

ข1 สารละลายกลูโคสมาตรฐานความเข้มข้น 0-200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

91



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ข้าวเหนียวดำ	3
2	โครงสร้างสารแอนโทไซยานิน	9
3	การเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่สกัดจากผิวองุ่นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด – ด่าง	12
4	กรรมวิธีการผลิตน้ำสลดใส	43
5	กรรมวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้าง	51

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้อง

Development of Fermented Vinegar from Black Glutinous Brown Rice

คำนำ

น้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้บริโภคกันมานานแล้ว โดยใช้เป็นสารเติมแต่งในอาหาร ช่วยในการถนอมอาหาร อีกทั้งในปัจจุบันยังมีการบริโภคในรูปแบบของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ น้ำส้มสายชูมีคุณสมบัติประโยชน์หลายด้าน เช่น การรับประทานควบคู่ไปกับมื้ออาหารจะช่วยลดค่าดัชนี ไกลซีมิก (Leeman *et al.*, 2005) ช่วยลดระดับการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลกลูโคสและอินซูลิน ทำให้ ความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานลดลง (Johnston *et al.*, 2004) ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลใน เลือด (Fushimi *et al.*, 2006) มีผลต่อการลดน้ำหนัก (Ostman *et al.*, 2005) เป็นต้น โดย สารประกอบหลักที่พบในน้ำส้มสายชู คือ กรดอะซิติก น้ำส้มสายชูสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบ หลายชนิด เช่น ผลไม้ ธัญพืช แป้ง แอลกอฮอล์ เป็นต้น โดยข้าวเหนียวดำเป็นวัตถุดิบในประเทศที่ สามารถนำไปใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้ ทั้งยังเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด ได้แก่ แกมมา-โอไรซานอล, แอนโทไซยานิน, โพรแอนโทไซยานิน และวิตามินอี (Ling *et al.*, 2002) โดยสารแอนโทไซยานินทั้งหมดที่มีในข้าวสีม่วงดำประมาณ 85% จะเป็นสาร cyanidin-3-glucoside และ peonidin-3-glucoside (Hu *et al.*, 2003) ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเติบโตของ เซลล์มะเร็ง (Chen *et al.*, 2005) ช่วยควบคุมภาวะของการเป็นโรคหัวใจ โดยช่วยปรับระดับของ สารต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งปัจจัยที่ทำให้เกิดการอักเสบได้ (Wang *et al.*, 2007) ทั้งนี้การปลูก ข้าวเหนียวดำในปัจจุบันยังมีปริมาณน้อย แม้ว่าจะมีการใช้ประโยชน์จากข้าวเหนียวดำมากขึ้น โดย สามารถใช้ประโยชน์จากข้าวเหนียวดำได้หลากหลายทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และ อุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหาร ทำให้ข้าวเหนียวดำมีความสำคัญทางการค้า โดยเฉพาะในช่วงต้นฤดู เก็บเกี่ยวราคาจะสูงถึงตันละ 16,000-20,000 บาท (จริญจิตและสุวัฒน์, 2552)

งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์จากข้าวเหนียวดำในการผลิต น้ำส้มสายชูหมักซึ่งเป็นวัตถุดิบในประเทศเท่ากับการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเหนียวดำที่เป็น วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติ ทั้งยังช่วยส่งเสริมให้คนหันมาบริโภคข้าวเหนียวดำกันมากขึ้น และยังเป็น การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักเพื่อสุขภาพทางเลือกใหม่

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบ
2. เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวดำกล้อง
3. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้อง
4. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้อง

การตรวจเอกสาร

1. ข้าวเหนียวดำ

ข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* L.) มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Black glutinous rice เป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Gramineae (นิจสิริและพยอม, 2534) หรือเรียกตามภาษาพื้นเมืองของทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือว่า ข้าวก่ำ ซึ่งเป็นการเรียกตามลักษณะสีของเมล็ดที่มีสีม่วงดำ หรือแดงก่ำ (ทีมข่าวเฉพาะกิจมติชน, 2550) ซึ่งเกิดจากสารสีแอนโทไซยานิน (anthocyanin) นิยมปลูกมากในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พันธุ์ข้าวเหนียวดำมีลักษณะเป็นข้าวพันธุ์ไวแสง และเป็นข้าวเหนียวปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี นอกจากนี้ข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมืองจะมีความสามารถในการทนแล้งและฟื้นตัวจากแล้งได้ดี ด้านทานต่อเพลี้ยจักจั่นสีเขียว ลักษณะเฉพาะที่แตกต่างไปจากข้าวทั่วไปที่เห็นอย่างชัดเจน คือ การปรากฏของสีม่วงบนส่วนต่างๆ ของต้น เช่น กาบใบ แผ่นใบ กลีบดอก เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด เป็นต้น ปริมาณของสีเข้มแตกต่างกันไป เป็นลักษณะเฉพาะประจำพันธุ์ ซึ่งตามภูมิปัญญาท้องถิ่น ข้าวเหนียวดำไรจะมีลักษณะสีม่วงเฉพาะส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดเท่านั้น ในขณะที่ข้าวเหนียวดำนาจะมีลักษณะสีม่วงปรากฏอยู่ในส่วนอื่นๆ ด้วย นอกจากนี้อาจแบ่งลักษณะประจำพันธุ์ตามสีเยื่อหุ้มเมล็ดโดยเฉพาะข้าวเหนียวดำนาเรียกตามท้องถิ่น คือ ข้าวก่ำล้วน (เมล็ดข้าวมีสีม่วงทั้งเมล็ด) กับข้าวก่ำผ่า (เมล็ดมีสีม่วงเพียงบางส่วน)



ภาพที่ 1 ข้าวเหนียวดำ

ที่มา: Anonymous (2007)

1.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวดำ

เมล็ดข้าวเหนียวดำ มีสารสำคัญชื่อ แกมมา-โอไรซานอล (gamma oryzanol) ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) ด้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็ง (Dejian *et al.*, 2002) สามารถลดการสังเคราะห์ cholesterol, triglyceride และเพิ่มระดับของ high density lipoprotein (HDL) ในเลือด ลดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis) (Nakamura *et al.*, 1996 ; Lichenstein *et al.*, 1994) มีผลต่อการทำงานของต่อมไธมัส ยับยั้งการหลั่งกรดในกระเพาะอาหารและการรวมตัวของเกล็ดเลือด ลดน้ำตาลในเลือดและเพิ่มระดับของฮอร์โมนอินซูลิน ปรับสมดุลของสภาพ menopause ของสตรีวัยทองเป็นต้น (Nakayama *et al.*, 1987) ซึ่ง Xu *et al.* (2001) พบว่าสารแกมมา-โอไรซานอลในข้าวมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพดีกว่าวิตามินอีถึง 10 เท่า โดยเฉพาะอนุพันธ์ 24-ethylenecycloartanyl ferulate และกระตุ้นการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน (Teltathum, 2004) โดยปณิศาและคณะ (2549) ได้ทำการทดลองเพื่อหาปริมาณแกมมาโอไรซานอลในเมล็ดข้าวกล้อง โดยใช้ข้าวเหนียวดำ 10 พันธุ์กรรม และข้าวขาว 2 พันธุ์กรรม พบว่าข้าวพันธุ์กรรมที่แสดงปริมาณแกมมาโอไรซานอลสูงสุดคือ กำดอยสะเก็ด และ Kum Co1 No. 002 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 72.95 และ 70.16 mg/100 g grain ตามลำดับ ส่วน KDML 105 และ RD 6 ซึ่งเป็นข้าวขาวเป็นกลุ่มที่แสดงปริมาณแกมมาโอไรซานอลต่ำที่สุด 30.89 และ 30.44 mg/100 g grain ตามลำดับ

ข้าวเหนียวดำมีสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) โดยเฉพาะในกลุ่มของ cyanindin 3-glucoside ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ช่วยการหมุนเวียนของกระแสโลหิต ชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย อีกทั้งสารสกัดในข้าวเหนียวดำ ยังมีคุณสมบัติช่วยสร้างเม็ดเลือดแดง สร้างวิลโลในผนังลำไส้เล็ก ทำให้ร่างกายสามารถดูดซับสารอาหารได้มากขึ้น (พันทิพา, 2551) นอกจากนี้ยังพบสารประกอบอื่นๆ ในเมล็ดข้าวเหนียวดำที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีเข้ม ได้แก่ โปรตีน ซึ่งในข้าวกล้องมีปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่สำคัญ คือ ไลซีน (lysine) สูงกว่าข้าวสาร (Frei and Becker, 2005) ธาตุเหล็ก ในเมล็ดข้าวโดยทั่วไปแล้วมีแนวโน้มว่าพันธุ์ข้าวที่มีกลิ่นหอมและมีสี (แดงและดำ) จะมีปริมาณธาตุเหล็กสูงกว่าพันธุ์ที่ไม่มีกลิ่นหอมและไม่มีสี (Gregorio, 2002) และพบว่า พันธุ์ข้าวของจีนที่มีเมล็ดขาวสีแดง มีปริมาณธาตุเหล็กสูงสุดถึง 64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Kennedy and Burlingame, 2003) สังกะสี โดยที่ข้าวสีและมิกกลิ่นหอมมีแนวโน้มที่มีธาตุสังกะสีในปริมาณสูง (Frei and Becker, 2005) วิตามิน เช่น วิตามินเอ ช่วยในการเจริญเติบโต บำรุงสายตาและซ่อมแซมเนื้อเยื่อ ช่วยพัฒนากระดูกและฟัน และช่วยสร้างภูมิคุ้มกันโรค วิตามินอี (tocopherol) ช่วย

ชะลอการแก่ของเซลล์ ทำให้การกระจายออกซิเจนในกระแสเลือดดีขึ้น ป้องกันการสะสมและการเกาะของแคลเซียมในหลอดเลือด เป็นสารหลักของสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยในการดูแลรักษาผิว รักษาแผลเป็น และลดริ้วรอยบนผิวจึงนิยมมาผสมเครื่องสำอาง วิตามินบี1 (thiamine) ทำให้กลไกการย่อยคาร์โบไฮเดรตในร่างกายดีขึ้น สนับสนุนระบบการทำงานของประสาท หัวใจ และกล้ามเนื้อ วิตามินบี2 (riboflavin) จำเป็นสำหรับสุขภาพของผิวหนังและระบบประสาท ช่วยบำรุงสายตา วิตามินบี6 (pyridoxine) จำเป็นสำหรับสุขภาพของผิวหนัง ลื่น การทำงานของกระเพาะอาหารและลำไส้ รวมทั้งการทำงานของระบบประสาท (จริญจิตและสุวัฒน์, 2552)

ส่วนประกอบคุณค่าทางอาหารของข้าวเหนียวดำแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบคุณค่าทางอาหารของข้าวเหนียวดำ

ส่วนประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน	364.00 กิโลแคลอรี
ความชื้น	11.80 กรัม
โปรตีน	8.20 กรัม
ไขมัน	3.00 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	76.10 กรัม
เส้นใย	4.90 กรัม
เถ้า	0.90 กรัม
แคลเซียม	26.00 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	65.00 มิลลิกรัม
เหล็ก	2.30 มิลลิกรัม
เบต้าแคโรทีน	16.00 มิลลิกรัม
วิตามินเอ	3.00 มิลลิกรัม
ไทอามีน	0.55 มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิน	0.29 มิลลิกรัม
ไนอาซิน	0.60 มิลลิกรัม

ที่มา: กรมอนามัย (2521)

1.2 รงควัตถุที่พบในข้าวเหนียวดำ

รงควัตถุในข้าวที่พบโดยทั่วไปมักมีสีดำ สีแดง หรือสีม่วงดำ ซึ่งพบในข้าวเหนียวดำ หรือข้าวแดง มีหน้าที่ในการต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการชราและการเกิดโรคต่างๆ ในมนุษย์ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ เป็นต้น (วาริช, 2549) จากการศึกษาพบว่ารงควัตถุเหล่านี้ถูกจัดอยู่ในรงควัตถุประเภทฟลาโวนอยด์โดยเฉพาะกลุ่มแอนโทไซยานิน พบว่า cyanidin-3-o-D-glucoside (Cy-3-Glc) ที่พบในพืชทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนใบของพืช Hu *et al.* (2003) พบว่า 85% ของแอนโทไซยานินทั้งหมดที่มีในข้าวสีม่วงดำ จะเป็น cyanidin-3-glucoside และ peonidin-3-glucoside ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไลโปโปรตีน (low density lipoprotein: LDL) (Kong *et al.*, 2003) ส่วนโปรแอนโทไซยานิน หรือแทนนิน พบในข้าวเหนียวดำประมาณ 0.044-0.103 % ของน้ำหนักแห้ง (Karladee *et al.*, 2003) ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ สามารถจับกับไอออนของโลหะ เช่น เหล็ก และสังกะสี เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียรที่สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Koga *et al.*, 1999; Ichikawa *et al.*, 2001)

จากการศึกษาของทีมวิจัยด้านเภสัชศาสตร์ในประเทศญี่ปุ่นพบว่า รงควัตถุที่สกัดได้จากข้าวที่มีสีม่วงดำมีคุณสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระในกลุ่ม superoxide radical และกลุ่ม hydroxyl radical (Ichianagi *et al.*, 2001) นอกจากนี้นักวิจัยในประเทศอเมริกาพบว่าข้าวและธัญพืชที่มีรงควัตถุสีดำหรือสีแดงมีกิจกรรมต่อต้านอนุมูลอิสระสูงใกล้เคียงกับผลบลูเบอร์รี่ ซึ่งผลไม้นี้ในตระกูลบลูเบอร์รี่ได้ชื่อว่าเป็นแหล่งที่ดีของสารต้านอนุมูลอิสระ (Awika, 2004) Ling *et al.* (2001) พบว่าภาวะการอุดตันของเส้นเลือดของกระต่ายที่กินข้าวแดงน้อยกว่ากระต่ายที่กินข้าวขัดขาวถึงร้อยละ 50 นอกจากนี้ยังพบว่าระดับของสารออกซิเจนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาและ malondialdehyde (ผลผลิตของการเกิดออกซิไดซ์ไขมัน) ที่อยู่ในตับของกระต่ายที่กินข้าวแดงมีการสะสมอยู่ในปริมาณที่น้อย ในขณะที่เดียวกันมีกิจกรรมการต่อต้านอนุมูลอิสระและกิจกรรมของเอนไซม์ superoxide dismutase เพิ่มขึ้น และยังพบว่าข้าวแดงยังช่วยให้มีการสะสมของ DHL ซึ่งเป็นคลอเลสเตอรอลชนิดที่เป็นประโยชน์ในเลือดกระต่ายอีกด้วย Ling *et al.* (2002) พบว่าสีม่วงดำของข้าวเหนียวดำเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่น่าสนใจหลายชนิด ซึ่งได้แก่ แกมมา-โอไรซานอล, แอนโทไซยานิน, โปรแอนโทไซยานิน และวิตามินอี Wang *et al.* (2007) พบว่าสารรงควัตถุในข้าวสีม่วงดำสามารถควบคุมภาวะการเป็นโรคหัวใจได้ โดยช่วยปรับระดับของสารต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งปัจจัยที่ทำให้เกิดการอักเสบได้ Chen *et al.* (2005); Chen *et al.* (2006) แสดงให้เห็นว่า

สารแอนโทไซยานินที่พบในข้าวอินดิกาสีดํา ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม cyanidin 3-glucoside และ peonidin 3-glucoside สามารถที่จะช่วยป้องกันการเกิดมะเร็ง โดยสามารถยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็งได้

วารินและคณะ (2551) ได้ทำการตรวจวัดปริมาณรวมสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากข้าว 3 กลุ่ม ได้แก่ ข้าวแดง ข้าวสีนํ้า และข้าวเหนียวดํา พบว่าข้าวเหนียวดํามีปริมาณรวมสารต้านอนุมูลอิสระสูงมาก ส่วนข้าวแดงและข้าวสีนํ้ามีปริมาณรวมสารต้านอนุมูลอิสระรองลงมา ซึ่งเหมาะจะเป็นอาหารหลักในการบริโภคแทนข้าวขาว เพราะนอกจากจะได้สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตแล้วยังได้สารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ แอนโทไซยานิน, โพลีฟีนอล, แกมมาไรซานอล, คิวโนโลน อัลคาลอยด์ และวิตามินอี เป็นต้น

1.3 สรรพคุณทางยาของข้าวเหนียวดํา

เนื่องจากในข้าวกล้องของข้าวเหนียวดํา มีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล และสามารถสังเคราะห์สารแอนโทไซยานินได้มากกว่าข้าวขาว จึงได้มีการนำคุณสมบัตินี้มาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ โดยพบว่าสารแกมมาโอไรซานอล จะช่วยกระตุ้น Growth Hormone ทำให้ร่างกายทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ร่างกายจึงสร้างภูมิคุ้มกันต่อโรคต่างๆ หรือบำบัดอาการของโรคเรื้อรังต่างๆ ด้วยตัวเอง โดยเฉพาะโรคที่เกี่ยวกับความเสื่อม ด้านมะเร็ง อัมพฤกษ์ โรคหัวใจ ความดันโลหิต ลดคอเลสเตอรอล เส้นเลือดตีบ โรคเก๊าท์ ไมเกรน ลดความเครียด ช่วยให้นอนหลับ แก้ปัญหาวัยทอง ปวดประจำเดือน และสมรรถภาพเพศชาย (ชวิชัย, 2547) ในต่างประเทศได้มีการนำสาร GABA (gamma-aminobutyric acid) ที่พบในข้าวกล้องงอก มาใช้ในวงการแพทย์เพื่อรักษาโรคเกี่ยวกับประสาท เช่น โรควิตกกังวล โรคนอนไม่หลับ และ โรคซึมเศร้า เพราะสาร GABA หรือ กรดแกมมามิโนบิวทีริก จัดอยู่ในกลุ่มกรดโปรตีนที่ช่วยบำรุงเซลล์ประสาท ทำให้สมองเกิดการผ่อนคลาย ป้องกันการทำลายสมอง ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคสูญเสียความทรงจำ หรืออัลไซเมอร์ วรรณุช (2550) พบวิธีการเตรียมข้าวกล้องงอกแบบใหม่ คือ งอกทั้งเปลือก ทำให้ได้สาร GABA สูงขึ้น โดยพันธุ์ข้าวมะลิแดง ให้สาร GABA สูงที่สุด (12 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)

1.4 การใช้ประโยชน์ข้าวเหนียวดำ

จริญจิตและสุวัฒน์ (2552) ได้รวบรวมและแบ่งการใช้ประโยชน์จากข้าวเหนียวดำ ดังนี้

1.4.1 การใช้บริโภคเป็นอาหาร

ข้าวเหนียวดำใช้รับประทานเป็นข้าวกับอาหาร เช่น ส้มตำ ไก่ย่าง น้ำพริกหนุ่ม ใส่อั่ว เป็นต้น สามารถดัดแปลงเพื่อทำอาหารคาวหวานได้ เช่น ข้าวเหนียวดำนึ่งนม ข้าวจี ข้าวเม่าหิมี่ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวดำมูลกัณฑ์ ข้าวเหนียวดำเปียก ข้าวหลามข้าวเหนียวดำ ข้าวต้มมัดข้าวเหนียวดำ ขนมครกข้าวเหนียว ขนมต้มข้าวเหนียวดำ ถั่วแปบข้าวเหนียวดำ ขนม นางเล็ดข้าวเหนียวดำ บะจ่างข้าวเหนียวดำ ข้าวแต่น้ำข้าวเหนียวดำ ข้าวหมากข้าวเหนียวดำ ไอศกรีม ข้าวเหนียวดำ น้ำข้าวกล้องงอก สุราแช่ สาโทข้าวเหนียวดำ ข้าวสารข้าวเหนียวดำบรรจุถุงพร้อมใช้น้ำมันรำข้าวเหนียวดำ สีสผสมอาหารสีม่วงจากข้าวเหนียวดำ และหาขงคิมกึ่งสำเร็จรูปผลิตจากข้าวเหนียวดำ

1.4.2 การใช้อุปโภคในผลิตภัณฑ์บำรุงสุขภาพและเครื่องสำอาง

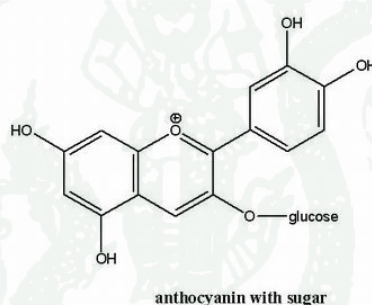
การนำสารสกัดจากเมล็ดข้าวเหนียวดำ ไปเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางประเภทต้านริ้วรอยต่างด้า ผ้า กระ หรือชะลอความแก่ เช่น สบู่ข้าวเหนียวดำผสมถ่าน ช่วยลดริ้วรอยต่างด้าบนใบหน้าและผิว แชมพูข้าวเหนียวดำผสมใบม่อน มาสคาร่าข้าวเหนียวดำสูตรธรรมชาติ สบ่าข้าวเหนียวดำ อุดมไปด้วยแคลเซียม และโปรตีน สำหรับนวดผ่อนคลายแบบไทยโบราณ ช่วยกระตุ้นการผลัดเปลี่ยนเซลล์ผิว ทำให้ผิวพรรณเปล่งปลั่ง

1.4.3 การใช้ข้าวเหนียวดำในผลิตภัณฑ์อื่นนอกเหนือจากการบริโภค

การนำข้าวเหนียวดำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอื่นๆ นอกเหนือจากการบริโภค เช่น ทำเป็นของที่ระลึกสำหรับมอบเป็นของขวัญในเทศกาลงานต่างๆ หรือแม้กระทั่งใช้เมล็ดข้าวเหนียวดำมาประดิษฐ์เพื่อประดับหรือตกแต่ง เช่น จานรองแก้วข้าวเหนียวดำ

2. แอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบของสารที่ให้สีในผลไม้ ผัก ดอกไม้ ใบไม้ รากและส่วนอื่นๆของพืช แอนโทไซยานินทำให้เกิดสีส้ม แดง ม่วง และน้ำเงิน พบในธรรมชาติในรูปของโพลีไฮดรอกซีเลต (polyhydroxylated) และหรือเมทอกซีเลตเฮเทอโรไซด์ (methoxylated heterosides) ซึ่งเป็นสารอนุพันธ์ของไอออนฟลาเวียม (flavylium ion) หรือ 2-ฟีนิลเบนโซไพริเลียม (2-Phenylbenzopyrilium) แสดงดังภาพที่ 2 มีโครงสร้างหลักเป็น $C_6C_3C_6$ โมเลกุลประกอบด้วยสารอะไกลโคน (Aglycon) หรือแอนโทไซยานิดิน (anthocyanidin) อยู่ร่วมกับน้ำตาลชนิดเดียวหรือมากกว่าหนึ่งชนิดด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic) (Mazza and Miniati, 1993) การที่โครงสร้างโมเลกุลมีหมู่ไฮดรอกซีอยู่ที่วงแหวนและมีน้ำตาลหนึ่งหรือหลายโมเลกุลเป็นองค์ประกอบภายในทำให้แอนโทไซยานินมีคุณสมบัติในการละลายในน้ำ เอทานอลและเมทานอล (Vargas *et al.*, 2003)



ภาพที่ 2 โครงสร้างสารแอนโทไซยานิน

ที่มา: Vargas *et al.* (2003)

แอนโทไซยานินชนิดที่สำคัญมี 17 ชนิด แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันที่จำนวนและตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซีและหมู่เอทิลอีเทอร์ แต่ที่พบบ่อยในธรรมชาติมี 6 ชนิด ได้แก่ pelargonidin, cyaniding, peonidin, delphinidin, petunidin และ malvidin (Vargas *et al.*, 2003)

ตารางที่ 2 ชนิดของแอนโทไซยานิน

ชื่อ	สี
Apigeninidin	ส้ม
Aurantininidin	ส้ม
Cyanidin	น้ำเงินม่วง
Delphinidin	ม่วง
8-Hydroxycyanidin	แดง
Luteolinidin	ส้ม
Pelargonidin	ส้ม
Triacetidin	แดง
Capensinidin	แดงน้ำเงิน
Europenidin	แดงน้ำเงิน
Hirsutidin	แดงน้ำเงิน
Malvidin	ม่วง
5-Methylcyanidin	ส้มแดง
Peonidin	น้ำเงินม่วง
Petunidin	ม่วง
Pulchellidin	แดงน้ำเงิน
Rosinidin	แดง

ที่มา: Vargas *et al.* (2003)

แอนโทไซยานินที่พบในผัก ผลไม้ ต่าง ๆ จะมีอัตราส่วนและปริมาณที่แตกต่างกันไป เนื่องจากแอนโทไซยานินมักจะอยู่ในรูปอิสระในเซลล์ของพืช จึงส่งผลต่อความคงตัวของสีเมื่อเกิดปฏิกิริยาต่างๆ แอนโทไซยานินในผักและผลไม้บางชนิด แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แอนโทไซยานินในผัก และผลไม้บางชนิด

ชนิดของผักและผลไม้	แอนโทไซยานิน
แครนเบอร์รี่	ฟิโอนิดิน
แอปเปิ้ล	ไซยานิดิน
แบลคเคอร์แรนต์	ไซยานิดิน และเคลฟีนิดิน
บลูเบอร์รี่	ไซยานิดิน เคลฟีนิดิน มอลวิดิน ฟิทุนิดิน และฟิโอนิดิน
กะหล่ำปลีแดง	ไซยานิดิน
เชอร์รี่	ไซยานิดิน และฟิโอนิดิน
ส้ม	ไซยานิดิน และเคลฟีนิดิน
ท้อ	ไซยานิดิน
พลัม	ไซยานิดิน และฟิโอนิดิน
เรดิช	ฟิลาโรโกนิน
ราสเบอร์รี่	ไซยานิดิน
สตรอเบอร์รี่	ฟิลาโรโกนิน และไซยานิดิน เล็กน้อยและฟิลาโรโกนิน
องุ่น	มัลวิดิน เคลฟีนิดิน ไซยานิดิน ฟิโอนิดิน ฟิทุนิดิน
มะเขือม่วง	เคลฟีนิดิน

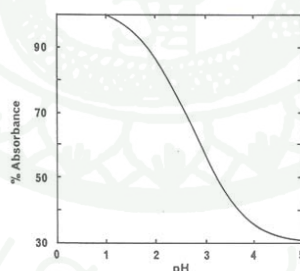
ที่มา: ดัดแปลงจาก Deman (1990)

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินเป็นสารที่มีความไวต่อปฏิกิริยามาก เนื่องจากผลของการขาดอิเล็คตรอนของโมเลกุลแอนโทไซยานินจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้าง ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับของสี โดยในการเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากสภาวะต่าง ๆ ในกระบวนการแปรรูป และในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารนั้น Hendry and Houghton (1996) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน ดังต่อไปนี้

2.1.1 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)

แอนโทไซยานินมีคุณสมบัติของการบอกค่าความเป็นกรด - ด่างได้ โดยในสถานะสารละลาย ระดับสีของแอนโทไซยานินมีการเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความเป็นกรด - ด่างของสถานะแวดล้อม คือ แอนโทไซยานินมีการเปลี่ยนแปลงจากสีแดงที่ค่าความเป็นกรด - ด่าง 1.0 เป็นสีแดงถึงน้ำเงินที่ค่าความเป็นกรด - ด่างประมาณ 4.0 สีม่วงที่ค่าความเป็นกรด - ด่างประมาณ 6.0 สีนํ้าเงินที่ค่าความเป็นกรด - ด่างประมาณ 8.0 เป็นสีเขียวและสีเหลืองที่ค่าความเป็นกรด - ด่างประมาณ 12.0 และ 13.0 ตามลำดับ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการใช้แอนโทไซยานินให้ได้ระดับสีที่ดีจึงควรใช้แอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดเท่านั้น โดยควรใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีค่าความเป็นกรด - ด่างไม่เกิน 4.0 นอกจากการเปลี่ยนแปลงของระดับสีตามค่าความเป็นกรด - ด่างแล้ว ค่าความเข้มของสี (Color intensity) ก็แปรผันตามค่าความเป็นกรด - ด่างด้วย กล่าวคือมีความเข้มมากที่สุดที่ค่าความเป็นกรด - ด่าง 1.0 และลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อค่าความเป็นกรด - ด่างสูงขึ้น ดังจะเห็นได้จากกราฟค่าการดูดกลืนแสงกับค่าความเป็นกรด - ด่างที่แสดงในภาพที่ 3 ส่วนค่าความยาวคลื่นของการดูดกลืนแสงสูงสุด (Absorbion maximum) ก็แปรผันตามค่าความเป็นกรด - ด่างด้วย กล่าวคือค่าความยาวคลื่นสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่าง ดังตารางที่ 4



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่สกัดจากผิวองุ่นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด - ด่าง

ที่มา: Hendry and Houghton (1996)

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าความยาวคลื่นสูงสุดและระดับสีของแอนโทไซยานินที่ความเป็นกรด-ด่างช่วงต่างๆ

ช่วงกรด - ด่าง	ความยาวคลื่นสูงสุด(นาโนเมตร)	ระดับสี
4.0	520	แดง
4.0 – 6.0	525 – 550	ม่วงแดง - ม่วงน้ำเงิน
6.5	570 – 575	น้ำเงิน
9.0	590 - 600	น้ำเงิน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Counsell (1981)

2.1.2 สารไอออนบวก (Cations)

ผลจากไอออนบวกบางชนิด โดยเฉพาะโคและไตรวาเลนท์เมทัลไอออนจากเหล็กและทองแดง เมื่อทำปฏิกิริยากับแอนโทไซยานิน ทำให้เกิดสีน้ำเงิน (Bluing) และเกิดการตกตะกอนของสีได้ ดังนั้นค่าความยาวคลื่นสูงสุดของการดูดกลืนแสงจึงเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงไม่ให้แอนโทไซยานินเกิดการสัมผัสกับเหล็ก เหล็กกล้า และทองแดง (Hendry และ Houghton, 1996)

2.1.3 ความร้อนและแสง

แอนโทไซยานินมีความคงตัวต่อความร้อนและแสง เนื่องจากโครงสร้างที่อยู่ร่วมกับหมู่น้ำตาล โดยมีความคงตัวเพียงพอสำหรับกระบวนการผลิตที่ต้องใช้ความร้อนสูงบางชนิด เช่น แยม การต้มน้ำตาล และการผลิตผลไม้กระป๋อง ทำให้เกิดการแทนที่หมู่เอซิล (acyl) เข้าไปในโมเลกุล ส่งผลให้มีคุณสมบัติในการทนความร้อนและแสงได้ดีเพิ่มขึ้น

2.1.4 ออกซิเจน

แอนโทไซยานินมีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เมื่อมีออกซิเจนอยู่ด้วย อัตราของการเกิดออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย หรือผลิตภัณฑ์อาหาร อุณหภูมิและความเข้มข้นของแอนโทไซยานิน และสามารถเกิดการออกซิไดส์อย่างช้าๆ ภายใต้สภาวะที่อยู่ในรูปสารละลาย

2.1.5 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยารวมตัวกับแอนโทไซยานินเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่มีสีขึ้น ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้เมื่อมีการให้ความร้อนแอนโทไซยานินก็จะสามารถกลับคืนสู่รูปเดิม

2.1.6 โปรตีน

แอนโทไซยานินบางชนิดที่สกัดจากองุ่นสามารถรวมตัวกับโปรตีน เช่น เจลาติน เป็นสารประกอบที่มีความขุ่นและตกตะกอนได้

2.1.7 เอนไซม์

เอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการปรับปรุงน้ำผลไม้ ในกลุ่มพวกลูโคซิเดส (glucosidase) จะสามารถทำให้แอนโทไซยานินสามารถสลายตัวได้

3. น้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชู (vinegar) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส ทำจากวัตถุดิบที่เหมาะสม ได้แก่ ธัญพืช ผลไม้ น้ำตาล หรือกากน้ำตาล ตามกรรมวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูแต่ละประเภท มีรสเปรี้ยวที่เกิดจากการกรดอะซิติก (acetic acid) เป็นส่วนใหญ่ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2527) น้ำส้มสายชูใช้เป็นกรดเติมแต่งในอาหาร เป็นสารปรุงแต่งรส และ

ช่วยในการถนอมอาหาร เช่น มายองเนส ผักดอง ซอส (Bamforth, 2005) น้ำสลัด มัสตาร์ด ขนมอบ ซอสมะเขือเทศ อาหารกระป๋อง (Hutkins, 2006)

น้ำส้มสายชู (vinegar) หรือกรดอะซิติก (acetic acid) เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ผลิตขึ้นมาจากกระบวนการหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการหมักในสภาพอาหารเหลว ซึ่งในสมัยโบราณพบว่าน้ำส้มสายชูนี้เกิดขึ้นมาจากการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไวน์ โดยเกิดจากการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในสกุล *Acetobacter* ซึ่งก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในไวน์ให้เป็นกรดอะซิติก ในสภาพที่มีออกซิเจน ทำให้ไวน์นั้นมีรสเปรี้ยว จึงทำให้เรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่า น้ำส้มสายชู (วราวุฒิและรุ่งนภา, 2532)

น้ำส้มสายชูมาจากคำภาษาฝรั่งเศส vinaigre แปลว่า ไวน์ที่มีรสเปรี้ยวมาก (vin = wine = ไวน์ aigre = รสเปรี้ยวหรือ แหลม) ดังนั้นน้ำส้มสายชู จึงมีความหมายว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำให้เกิดกรดน้ำส้ม (acetification) ของวัตถุดิบพวกน้ำตาลหรือแป้งที่ผ่านกระบวนการหมักแอลกอฮอล์มาแล้ว (Underkofler and Hickey, 1954) สำหรับกรดอะซิติกที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีจะไม่สามารถระบุว่าเป็นน้ำส้มสายชูได้ โดยน้ำส้มสายชูจะต้องมีกรดอะซิติกเป็นองค์ประกอบอยู่อย่างน้อย 4% และต้องมีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ต่ำกว่า 0.5% และมีค่า pH อยู่ระหว่าง 2.0-3.5 (Hutkins, 2006) แต่น้ำส้มสายชูที่ได้จากกระบวนการหมักจะมีความเข้มข้นมากกว่านี้ จึงต้องมีการเจือจางด้วยน้ำ (ก้านนิค, 2534)

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู

วราวุฒิและรุ่งนภา (2532) และมณชัย (2547) แบ่งประเภทวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตน้ำส้มสายชูได้ดังนี้

3.1.1 ผลไม้ เช่น องุ่น แอปเปิ้ล ส้ม แพร์ และผลไม้หลายๆ ชนิดที่ให้น้ำตาลและสามารถนำมาหมักเป็นไวน์ได้ เช่น น้ำส้มสายชูหมักที่ผลิตจากน้ำแอปเปิ้ลซึ่งนิยมบริโภคในสหรัฐอเมริกา สวิตเซอร์แลนด์ และออสเตรเลีย โดยทำการหมักน้ำแอปเปิ้ลที่มีความเริ่มต้น 10 องศาบริกซ์ เป็นเวลานาน 1 ปี จะได้น้ำส้มสายชูที่มีกรดอะซิติก 5% น้ำส้มสายชูชนิดนี้เรียกกันว่า cider vinegar

3.1.2 ผักที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น มันเทศ มันฝรั่ง มันสำปะหลัง ทั้งนี้ แป้งที่มีอยู่ในผักจะต้องถูกนำไปผ่านการแปรสภาพ เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์เสียก่อน ซึ่งทำได้โดยการนำผักที่มีแป้งเหล่านี้มาผ่านความร้อน และนำไปย่อยให้เป็นน้ำตาลโดยใช้ลูกแป้ง น้ำส้มสายชู หรือเอนไซม์อะไมเลสบริสุทธิ์ ซึ่งเป็นน้ำย่อยที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล (มณชัย, 2547) ในรูปของมอลท์ (malted grain) หรือ จากจุลินทรีย์ เช่น เอนไซม์อะไมเลสจากโคจิ (koji) ซึ่งได้จากเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ที่เจริญบนข้าวที่นึ่งแล้ว (Adam, 1985)

3.1.3 ธัญพืชต่างๆ เช่น ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรย์ ข้าวมอลท์ ข้าวสาลี ข้าวเหนียวขาว ข้าวเหนียวดำ ข้าวเจ้า และข้าวโพด เป็นต้น ธัญพืชเหล่านี้จะมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นจึงต้องมีการแปรสภาพไปเป็นน้ำตาลเหมือนกับผักที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักเสียก่อน แล้วจึงนำไปหมักให้เกิดเป็นแอลกอฮอล์และน้ำส้มสายชูต่อไป เช่น สาโทที่นำไปหมักต่อเป็นน้ำส้มสายชู

3.1.4 วัตถุดิบพวกน้ำตาล เช่น กากน้ำตาล น้ำผึ้ง น้ำอ้อย น้ำตาลสด น้ำเชื่อม เป็นต้น วัตถุดิบประเภทนี้จะมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งยีสต์สามารถใช้ในการหมักเป็นแอลกอฮอล์ได้เลย แต่ก่อนที่จะนำมาใช้ยีสต์หมักจะต้องมีการปรับความหวานของน้ำตาลให้เหมาะสมเสียก่อน

3.1.5 แอลกอฮอล์เพื่อใช้ในการหมักโดยตรง เช่น แอลกอฮอล์เจือจาง แอลกอฮอล์ที่สูญเสียสภาพธรรมชาติแล้ว รวมถึงน้ำทิ้งจากโรงงานเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น โรงงานเบียร์ ซึ่งมีปริมาณแอลกอฮอล์เหลืออยู่ หรืออาจนำหลักันจากกากน้ำตาลและข้าวมาใช้เป็นวัตถุดิบ น้ำส้มสายชูที่ได้จะถือว่าเป็นน้ำส้มสายชูกลั่น

วัตถุดิบที่สามารถใช้ในการหมักน้ำส้มสายชูนั้นมีหลายชนิด ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้จะเป็นตัวชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูที่ได้ ดังนั้นในการผลิตจึงจำเป็นต้องเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพ เช่น ถ้าใช้ผลไม้เป็นวัตถุดิบ ต้องไม่แก่จัด ถ้าใช้สาโท ไวน์ หรือแอลกอฮอล์เป็นวัตถุดิบ ไวน์หรือแอลกอฮอล์นั้นจะต้องมีความสะอาด ใส และปราศจากสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ นอกจากนี้วัตถุดิบแต่ละชนิดจะให้กลิ่นและรสชาติของน้ำส้มสายชูที่แตกต่างกันด้วย เช่น การหมักน้ำส้มสายชูจากสาโท ข้าวกล้อง สาโทข้าวเหนียวขาว สาโทข้าวเหนียวดำ พบว่าข้าวเหนียวขาวจะให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุด แต่ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับน้ำส้มสายชูที่หมักโดยใช้สาโทจากข้าวเหนียวดำเป็นวัตถุดิบในการหมักมากที่สุด (มณชัย, 2547)

3.2 ประเภทของน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักจะมีลักษณะที่เฉพาะตัว จึงทำให้น้ำส้มสายชูหมักแตกต่างจากน้ำเงี้ยวกรดอะซิติก ประเภทของน้ำส้มสายชูจะขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ ซึ่งน้ำส้มสายชูที่ผลิตขึ้นมาจากวัตถุดิบที่แตกต่างกันก็จะมีกลิ่นรสและคุณภาพโดยรวมที่แตกต่างกันไป (Hutkins, 2006)

น้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายใต้การควบคุมของพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหาร ซึ่งแบ่งน้ำส้มสายชูออกเป็น 3 ชนิด คือ

3.2.1 น้ำส้มสายชูหมัก (fermented vinegar)

น้ำส้มสายชูหมัก (fermented vinegar) หมายถึง น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมัก ธัญพืช ผลไม้ น้ำตาล หรือกากน้ำตาล ด้วยลำเหล้าหรือยีสต์ให้ได้แอลกอฮอล์ แล้วนำมาหมักต่อกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีการผลิต น้ำส้มสายชูหมักจัดเป็นน้ำส้มสายชูที่มีกลิ่นหอมและรสชาติดี มีสีแตกต่างกันตามสีของวัตถุดิบ กลิ่นหอมของน้ำส้มสายชูชนิดนี้ได้จากสารบางชนิดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักและกลิ่นรสจะดียิ่งขึ้นเมื่อเก็บไว้นานๆ

3.2.2 น้ำส้มสายชูกลั่น (distilled vinegar or spirit vinegar (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2527)

ก. น้ำส้มสายชูกลั่น (distilled vinegar) หมายถึง น้ำส้มสายชูที่ได้จากการกลั่นน้ำส้มสายชูหมัก

ข. น้ำส้มสายชูกลั่น (spirit vinegar) หมายถึง น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักเอทานอลเงี้ยวกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีการผลิต โดยมีการเติมเกลือแร่และอาหารเสริมซึ่งจำเป็นต่อการเจริญของเชื้อน้ำส้มสายชู ได้แก่ แอมโมเนียมไนโตรเจนฟอสเฟต กลูโคส ออโตไลซ์ ยีสต์ (autolysed yeast) แพนโตธีเนต และเกลือของกรดอินทรีย์ แล้วนำน้ำส้มสายชูที่ได้ไปกลั่นหรือกรองต่อไป

น้ำส้มสายชูหมักแบบธรรมชาติจะมีความแตกต่างจากน้ำส้มสายชูกลั่นตรงที่นอกจากความเปรี้ยวที่ใช้ในการปรุงรส ประกอบอาหาร หรือใช้ในการถนอมอาหารแล้ว น้ำส้มสายชูหมักยังอุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆ ซึ่งไม่มีในน้ำส้มสายชูกลั่น สารอาหารต่างๆ เหล่านี้ เช่น กรดอะมิโน เอนไซม์ แร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส ทั้งนี้ขึ้นกับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมัก (กองบรรณาธิการเกษตรกรรมธรรมชาติ, 2548)

3.2.3 น้ำส้มสายชูเทียม

น้ำส้มสายชูเทียม หมายถึง น้ำส้มสายชูที่ได้จากการนำเอากรดอะซิติกเข้มข้นมาทำให้เจือจางไม่น้อยกว่า 4 กรัม แต่ไม่เกิน 7 กรัม ต่อ 1000 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส น้ำส้มสายชูเทียมเป็นน้ำส้มที่มีราคาถูก มีความบริสุทธิ์สูง แต่ขาดกลิ่นรสที่ดี (คุษณิ, 2546)

นอกจากนี้ยังมีน้ำส้มสายชูอีกชนิดหนึ่งเพิ่มขึ้นมา เรียกว่า น้ำส้มสายชูปลอม ซึ่งได้จากการดองอินทรีย์ที่มีพิษร้ายแรง เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ ซึ่งมีราคาถูกมาเจือจางกับน้ำ แทนที่จะใช้หัวน้ำส้มพวกกรดอะซิติกกลั่น (Glacial acetic acid) ซึ่งมีราคาแพงมาผสมกับน้ำ ถ้ารับประทานน้ำส้มสายชูปลอมเข้าไปจะทำให้เยื่อกระเพาะและลำไส้อักเสบ อาจทำให้เป็นโรคกระเพาะเรื้อรัง และยังบั่นทอนระบบประสาท ตลอดจนระบบการย่อยอาหารอีกด้วย (พรพรรณ, 2537) ในน้ำส้มสายชูปลอม นอกจากจะมีอันตรายจากความเข้มข้นของกรดแล้ว ยังอาจมีสารปนเปื้อนอื่นๆ เช่น โปรท ตะกั่ว สารหนู ซึ่งล้วนเป็นอันตรายทั้งสิ้น (คุษณิ, 2546)

วรารุณีและรุ่งนภา (2532) ได้แบ่งประเภทของน้ำส้มสายชูที่ผลิตเป็นการค้า ดังนี้

Distilled vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ผลิตขึ้นมา โดยใช้แอลกอฮอล์เป็นวัตถุดิบโดยตรง ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการหมักมีความเข้มข้น 10-14% โดยปริมาตร ลักษณะของน้ำส้มสายชูชนิดนี้จะใส และมีกรดอะซิติก 4% อีกทั้งมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่เหลืออยู่ไม่ควรเกิน 0.5% นอกจากนี้ยังอาจจะพบอะเซทัลดีไฮด์ อะซีโตน เอทิลอะซิเตตอีกด้วย เพราะสารเหล่านี้อาจมีอยู่ในแอลกอฮอล์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบนั่นเอง

Cider vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากน้ำแอปเปิ้ล โดยทำการหมักน้ำแอปเปิ้ลที่มีความหวานประมาณ 10 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 1 ปี จะได้น้ำส้มสายชูที่มีกรดอะซิติก 5%

Malt vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากข้าวมอลต์ ตามปกติแล้วข้าวมอลต์นิยมใช้เป็นแหล่งของเอนไซม์อะไมเลสเพื่อย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลในการทำเบียร์ ดังนั้นการผลิตน้ำส้มสายชูชนิดนี้ จึงต้องมีการย่อยสลายข้าวบาร์เลย์ หรือธัญพืชชนิดอื่นด้วยเอนไซม์ในข้าวมอลต์ แล้วยีสต์นำน้ำตาลนั้นไปหมักเป็นแอลกอฮอล์ จากนั้นจึงจะหมักต่อไปเป็นกรดอะซิติกอีกต่อหนึ่ง โดยใช้แบคทีเรียในกลุ่ม acetic acid bacteria

Whey vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตนม หรือที่เรียกว่า เวย์ ที่ถูกทำให้เข้มข้นแล้ว ในน้ำทิ้งจากโรงงานนมนี้มักมีน้ำตาลแลคโตสเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นในการหมักแอลกอฮอล์ในช่วงแรกจึงจำเป็นต้องใช้เชื้อยีสต์ที่สามารถหมักน้ำตาลแลคโตสได้เช่น *Kluyveromyces* อย่างไรก็ตาม เชื้อ *Acetobacter* ก็มีคุณสมบัติใช้น้ำตาลแลคโตสได้เช่นกัน

Rice vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากข้าว กรรมวิธีในการผลิตเช่นเดียวกับน้ำส้มสายชูที่ทำจากข้าวมอลต์

Wine vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่ทำจากองุ่น กรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกับน้ำส้มสายชูที่หมักจากน้ำแอปเปิ้ล

Fruit vinegar เป็นน้ำส้มสายชูที่หมักจากผลไม้ต่างๆ เช่น อินทผลัม ส้ม กล้วย

Sugar vinegar เป็นการนำน้ำเชื่อมหรือกากน้ำตาลมาหมักให้เป็นแอลกอฮอล์และหมักต่อให้เกิดกรด

Glucose vinegar เป็นการหมักสารละลายกลูโคสให้เป็นแอลกอฮอล์และเป็นกรดอะซิติกในที่สุด

3.3 ขั้นตอนการผลิตน้ำส้มสายชู

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ (raw material preparation)

วิธีการเตรียมวัตถุดิบให้เป็นสารละลายที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้ เช่น วัตถุดิบที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำจะมีปัญหาในการเก็บรักษาจึงจำเป็นต้องทำให้อยู่ในรูปเข้มข้นโดยใช้เทคนิครีเวิร์สออสโมซิส (reverse osmosis) ส่วนวัตถุดิบที่มีปริมาณน้ำตาลสูง เช่น โมลาส (molasses) น้ำเชื่อมข้าวโพด (corn syrup) และน้ำผึ้ง จะต้องเจือจางด้วยน้ำให้มีน้ำตาล 10-15% (w/v) และต้องการลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ด้วยการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 4.5-5.0 ด้วยกรดและทำการพาสเจอร์ไรส์ และอาจมีการเติมสารอาหารให้แกยีสต์ในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟต

การสกัดน้ำผลไม้ทั่วไป ผลไม้จะถูกเตรียมด้วยการนำมาสับหรือตีปั่น และมีการเติมเอนไซม์ที่ย่อยสลายเพกตินเพื่อให้ได้น้ำผลไม้มากขึ้นภายหลังการบีบ ส่วนวัตถุดิบที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบและเมล็ดธัญพืช เช่น มอลต์และข้าว จะต้องถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลก่อน โดยการนำไปย่อยด้วยกรดหรือเอนไซม์ ในประเทศญี่ปุ่นมีการใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชู (rice vinegar) ด้วยการเลี้ยงเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ในข้าวที่นำมาทิ้งเพื่อผลิตเป็นโคจิ (koji) ซึ่งเป็นแหล่งของเอนไซม์อะไมเลส หลังจากนั้นจะนำมาผสมกับข้าวที่นึ่งในแล้วในอัตราส่วนเท่ากับ 1 ต่อ 3 ของเหลวที่ได้จะมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบสามารถนำไปใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์ต่อไป ในขณะที่การใช้มอลต์เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชู จะไม่มีการกรองของเหลวออกมา แต่จะหมักไปพร้อมกับส่วนกากที่เป็นของแข็ง เนื่องจากการมีส่วนที่เป็นของแข็งอยู่มากจะมีผลต่อความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ได้ นอกจากนี้ในประเทศจีนจะใช้เชื้อราชนิดอื่นในการย่อยแป้งเป็นน้ำตาล ได้แก่ *Rhizopus* และ *Mucor spp.* เป็นต้น (จารูวรรณ, 2552)

3.3.2 กลไกการผลิตน้ำส้มสายชู

กลไกการผลิตน้ำส้มสายชู มี 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

ถ้ามีปริมาณแอลกอฮอล์มากกว่า 14% จะทำให้การเกิดน้ำส้มสายชูเป็นไปอย่างช้า และบางครั้งปริมาณแอลกอฮอล์อาจจะถูกเปลี่ยนไปไม่หมด แต่ถ้าแอลกอฮอล์น้อยเกินไปจะทำให้สูญเสีย น้ำส้มสายชูไป เนื่องจากเมื่อแอลกอฮอล์หมด ทำให้จุลินทรีย์จะหันมาออกซิไดส์กรดน้ำส้มให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำแทน (ลูกจันทร์, 2524)

นอกจากนี้ควรแยกขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์และน้ำส้มสายชูออกจากกัน เพราะการสร้างกรดน้ำส้มสามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์ และทำให้การหมักแอลกอฮอล์เป็นไปโดยไม่สมบูรณ์ แม้ว่ายังคงมีน้ำตาลเหลืออยู่ (Adam, 1985)

ข. การหมักน้ำส้มสายชู (Acetification)

การเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก โดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม acetic acid bacteria ทำการหมักในสภาพที่มีอากาศ หลังจากการหมักแอลกอฮอล์สิ้นสุดลงแล้ว น้ำใสจะถูกแยกออกจากตะกอน น้ำไวน์ที่พร้อมจะเข้าสู่ขบวนการทำน้ำส้มนี้เรียกว่า vinegar stock ถ้าหากไม่นำไปใช้เลยทันที จะต้องเก็บน้ำไวน์นี้ภายใต้สภาพปลอดอากาศ เพื่อป้องกันแอลกอฮอล์ระเหยและถูกใช้ไปโดยออกซิเดทีฟยีสต์ (oxidative yeast) และทั้งยังเป็นที่ตั้งของแมลงอีกด้วย ดังนั้นควรเก็บไว้ให้เต็มในถังปิดเพื่อป้องกันอากาศเข้า และควรทำให้เป็นกรด โดยการเติมน้ำส้มสายชูอย่างเข้มข้นลงไปเพิ่มความเป็นกรดให้ได้ 2% เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดอื่นๆ เช่น แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำไวน์นี้ไม่ควรมากเกินไป มิฉะนั้นเชื้อน้ำส้มสายชูจะขึ้นได้ไม่ดี โดยส่วนมากจะเจือจางให้มีแอลกอฮอล์ประมาณ 10% การเกิดกรดน้ำส้มสายชูเป็นปฏิกิริยาแบบ aerobic คือต้องใช้ออกซิเจนในการเกิดปฏิกิริยาและมีการระบายความร้อนออกมาด้วย ดังนั้นจะต้องมีการควบคุมปริมาณออกซิเจนและการระบายความร้อนให้พอเพียง (ลูกจันทร์, 2524)

สำหรับปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้
(วารุณีและรุ่งนภา, 2532)

ขั้นตอนแรกเป็นการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นอะซีทัลดีไฮด์ (acetaldehyde) โดยอาศัยเอนไซม์แอลกอฮอล์ ดีไฮโดรจีเนส (alcohol dehydrogenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนี้

ในการผลิตน้ำส้มสายชูจะเลือกใช้เฉพาะสายพันธุ์ที่ทำให้กรดอะซิติกสูงกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร เท่านั้น และเรียกแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูนี้ว่า เชื้อน้ำส้มสายชู โดย *Acetobacter* มีความสำคัญในอุตสาหกรรมผลิตน้ำส้มสายชู จึงได้ชื่อว่าแบคทีเรียกรดอะซิติก (acetic acid bacteria) เช่น *A. aceti* โดยทำให้เกิดกรดอะซิติกได้ภายหลังจากได้อัลกอฮอล์ ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากการหมักโดยยีสต์แล้ว แบคทีเรียตัวนี้จะออกซิไดส์แอลกอฮอล์ต่อจนได้กรดอะซิติกและกระบวนการนี้จะเกิดได้ต้องอยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนเท่านั้น (กานินิด, 2534)

คุณสมบัติของ *Acetobacter* ที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำส้มสายชูต้องมีลักษณะดังนี้ สามารถทนต่อกรดอะซิติกที่มีความเข้มข้นสูง ทนต่อความเข้มข้นของสารละลายโดยรวม (Total Concentration) ต้องการสารอาหารปริมาณน้อยและไม่เกิดปฏิกิริยาการออกซิไดส์กรดอะซิติกไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (overoxidation) (วารุณี, 2545)

คุณสมบัติทั่วไปของ *Acetobacter spp.*

เซลล์ของ *Acetobacter spp.* มีหลายลักษณะ (pleomorphic) ปกติพบรูปร่างค่อนข้างรี จนกระทั่งเป็นท่อนชัดเจน ขนาดกว้างประมาณ 0.6-0.8 ไมครอน ยาวประมาณ 1.0-3.0 ไมครอน อาจพบเซลล์เดี่ยวๆ จับเป็นคู่หรือต่อกันเป็นลูกโซ่ บางครั้งพบเซลล์เดี่ยวๆ จับเป็นคู่หรือต่อกันเป็นลูกโซ่ บางครั้งพบเซลล์ที่มีรูปร่างแปลกไปจากที่กล่าวมาแล้ว เช่น รูปร่างกลม ยึดยาวออก บวม หรือรูปกระบอง บางชนิดมีแฟลกเจลลา (flagella) แบบรอบเซลล์ (peritrichous) ทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้ (De Ley and Frateur, 1974 b) นอกจากนั้นมียางานว่าเซลล์ที่มีอายุน้อยของ *Acetobacter peroxydans* สามารถเคลื่อนที่ได้ แต่ไม่พบการเคลื่อนที่เมื่อเซลล์มีอายุมาก แสดงว่าอายุของเซลล์มีผลต่อการเคลื่อนที่และการสร้างแฟลกเจลลา ส่วน *Acetobacter spp.* บางชนิดไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น *Acetobacter xylinum* (Rao, 1957)

เมื่อย้อมสีพบว่าเซลล์ของ *Acetobacter spp.* ในระยะแรกของการเจริญเติบโตแกรมลบ (Gram Negative) เมื่ออายุมากขึ้นเซลล์จะติดสี Gram variable ไม่พบการสร้างสปอร์ภายในเซลล์ (endospore) ส่วนมากไม่สร้างรงควัตถุ แต่เมื่อเซลล์อยู่รวมกันมากๆ อาจมีสีชมพู เนื่องจากอิทธิพลของพอร์ไฟรินส์ (porphyrins) และบางสายพันธุ์สามารถสร้างรงควัตถุสีน้ำตาล (De Ley and Frateur, 1974 b)

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญของ *Acetobacter spp.* จะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ ซึ่งเชื้อส่วนใหญ่จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิตั้งแต่ 15-34 องศาเซลเซียส และ *Acetobacter spp.* ชอบพีเอชที่ค่อนข้างต่ำ โดยพบว่า เชื้อเจริญได้ที่พีเอช 4.0-4.5 และเจริญได้ดีที่พีเอช 5.4-6.3 ในระดับพีเอช 7-8 จะเจริญได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (De Ley and Frateur, 1974 b)

ในช่วงการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก (ปฏิกิริยาออกซิเดชัน) นี้ไม่ขึ้นกับการเพิ่มจำนวนเซลล์ (cell multiplication) ของเชื้อ *Acetobacter* กล่าวคือหลังจากเซลล์หยุดการเจริญเติบโตแล้ว เซลล์จะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก ในช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น จนกระทั่งความเข้มข้นของกรดอะซิติกสูงสุดแล้ว เซลล์จะตายอย่างรวดเร็วและจะทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันหยุดลงทันทีเช่นเดียวกัน (วรารุณและรุ่งนภา, 2532)

3.5 ประโยชน์ทางสุขภาพของน้ำส้มสายชู

การได้รับน้ำส้มสายชูปริมาณ 20 มิลลิตรหรือประมาณ 2 ช้อนโต๊ะที่ผสมในอาหารหรือดื่มควบคู่ไปกับมื้ออาหาร จะช่วยลดค่าดัชนีไกลซีมิก (Glycemic Index) ของอาหารคาร์โบไฮเดรตในผู้ทดลองที่ปกติและเป็นโรคเบาหวาน (Liljeberg and Bjorck, 1998; Leeman *et al.*, 2005; Johnston *et al.*, 2004)

Johnston *et al.* (2004) พบว่าน้ำส้มสายชูแอปเปิ้ลไซเดอร์ (apple cider vinegar) ช่วยลดระดับการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลกลูโคสและอินซูลินหลังการรับประทานอาหาร ซึ่งช่วยให้โอกาสการเป็นโรคเบาหวานลดลงด้วย

น้ำส้มสายชูช่วยลดความอยากอาหาร จากการทดลองของ Ostman *et al.* (2005) โดยให้ชายและหญิงที่มีสุขภาพแข็งแรงจำนวน 12 คน รับประทานอาหารนมปั่นขาวเพียงอย่างเดียว เปรียบเทียบกับการรับประทานร่วมกับน้ำส้มสายชูที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 18, 23 และ 28 มิลลิโมล พบว่าระดับการเพิ่มขึ้นของทั้งกลูโคสและอินซูลินต่างลดลงตามสัดส่วนของน้ำส้มสายชูที่รับประทานเข้าไป นอกจากนี้ผู้เข้าทดลองต่างมีความหิวน้อยลงนานมากขึ้นถึง 2 ชั่วโมงหลังรับประทานอาหารนมปั่นขาวพร้อมกับน้ำส้มสายชู 2 ช้อนโต๊ะ เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารทานนมปั่นแต่เพียงอย่างเดียว

Fushimi *et al.* (2006) พบว่าหนูที่ได้รับกรดอะซิติกซึ่งเป็นสารประกอบหลักที่พบในน้ำส้มสายชู จะมีระดับของคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับหนูที่ไม่ได้รับกรดอะซิติก

Kondo *et al.* (2001) พบว่าหนูที่ได้รับน้ำส้มสายชูหรือสารละลายกรดอะซิติกที่มีความเข้มข้น 0.86 มิลลิโมล เป็นเวลา 6 สัปดาห์ จะมีความดันโลหิตลดลง

ในการให้น้ำส้มสายชูแก่หนูทดลอง พบว่าช่วยเพิ่มการดูดซึมและรักษาระดับแคลเซียมในหนู นอกจากนี้สารในกลุ่มอะซิเตทจะช่วยเพิ่มการดูดซึมแคลเซียมของลำไส้ใหญ่ส่วนปลายในมนุษย์ (Trinidad *et al.*, 1996)

น้ำส้มสายชูจากข้าวของญี่ปุ่น (Kurosu) สามารถช่วยยับยั้งการขยายตัวของเซลล์มะเร็งในมนุษย์ (Nanda *et al.*, 2004) Seki (2004) พบว่าหนูที่ได้รับน้ำส้มสายชูปริมาณ 0.3 ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 40 วัน จะมีผลทำให้ขนาดของเซลล์เนื้องอกเล็กลงได้

Nishino (2005) พบว่าน้ำส้มสายชูช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นโรคมะเร็งได้ เนื่องจากในน้ำส้มสายชูมีสารโพลีฟีนอลซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเป็นองค์ประกอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำส้มสายชูจากข้าวของญี่ปุ่น (Kurosu) ซึ่ง Nishidai (2000) พบว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่พบ คือ เอทิลอะซิเตท (ethyl acetate) มีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับสารแอลฟาโทโคฟีรอล วิตามินอี และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในไวน์ น้ำส้มสายชูและน้ำส้มสายชูแอปเปิ้ล

4. น้ำส้มสายชูหมักจากข้าว (Rice vinegar)

น้ำส้มสายชูหมักจากข้าว เป็นน้ำส้มสายชูหมักชนิดหนึ่งที่มีการทำกันมานานกว่า 3,000 ปีมาแล้ว พบการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวในประเทศจีนและญี่ปุ่น ซึ่งสูตรดั้งเดิมของชาวจีนในมณฑลซานซี ประเทศจีนจะใช้ธัญพืช ข้าวบาร์เลย์ และถั่ว หมักกับหัวเชื้อน้ำส้ม จนได้น้ำส้มสายชูหมักสีเข้ม มีรสหวาน ใช้สำหรับปรุงอาหาร และใช้ดื่มก่อนมื้ออาหารตามความเชื่อที่ว่าจะทำให้มีสุขภาพแข็งแรงและอายุยืน สำหรับญี่ปุ่นจะใช้ข้าวเป็นหลักในการหมักจนได้น้ำส้มสายชูเพื่อใช้

เป็นเครื่องปรุงในการทำซูชิ หรือ ปลาดิบ นอกจากนี้ น้ำส้มสายชูยังช่วยฆ่าเชื้อแบคทีเรียในปลาดิบ ด้วย (คมสัน, 2548)

น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวทำมาจากไวน์ข้าวหรือสาโท หรือสาเกนั่นเอง ถ้าใช้ข้าวขาวหมักก็จะได้ น้ำส้มสายชูข้าวที่มีสีออกเหลืองอ่อนๆ คล้ายสีของฟางข้าว แต่ถ้าใช้ข้าวกล้องก็จะออกสีขุ่น คล้ายมีรสชาตินุ่มนวล กลิ่นหอมหวาน อุดมไปด้วยธาตุอาหารกรดอะมิโนหลายชนิด มีสรรพคุณในทางยา ช่วยบำรุงรักษาสุขภาพร่างกาย (คมสัน, 2548)

4.1 การทำน้ำส้มสายชูหมักจากข้าว

การทำน้ำส้มสายชูหมักจากข้าว มีวิธีการทำเหมือนกับการหมักน้ำส้มสายชูจากผลไม้ คือ เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์แล้วหมักต่อ เพื่อเปลี่ยนแอลกอฮอล์ไปเป็นน้ำส้มสายชู แต่การหมักข้าวนั้นจะมีขั้นตอนของการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาลเสียก่อน ดังนี้

4.1.1 การเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล

การเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล โดยการนำข้าวกล้องมานึ่งหรือหุงให้สุก แล้วโรย ด้วยเชื้อรา *Aspergillus* หรือหัวเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งไว้ในห้องที่อุ่นๆ เพื่อให้เชื้อราเจริญเติบโต และผลิตเอนไซม์เพื่อย่อยสลายอาหารในข้าวกล้อง ภายในเวลา 2 วัน ข้าวจะเปลี่ยนเป็นข้าวหมัก หรือ Koji ซึ่งจะใช้เป็นหัวเชื้อในการหมักต่อไป ซึ่งโคจิที่ได้จะเป็นแหล่งของเอนไซม์ที่ใช้สำหรับการเปลี่ยนแป้ง (starch) ภายในเมล็ดข้าวให้กลายเป็นน้ำตาล ซึ่งปฏิกิริยานี้ เรียกว่า liquefaction and saccharification

4.1.2 การเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และเปลี่ยนแอลกอฮอล์ไปเป็นน้ำส้มสายชู

การเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และเปลี่ยนแอลกอฮอล์ไปเป็นน้ำส้มสายชู โดยนำข้าวหมักหรือหัวเชื้อที่ได้มาเดิมในข้าวกล้องหุงสุก และเติมน้ำใส่ลงใน ถังไม้ ตั้งทิ้งไว้ 2 เดือน หัวเชื้อข้าวที่อุดมไปด้วยเอนไซม์จะเปลี่ยนโปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรตในข้าวไปเป็นกรดอะมิโน กรดไขมัน และน้ำตาล แล้วยีสต์ตามธรรมชาติจะเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็น

แอลกอฮอล์ หรือ ไวน์ข้าว ที่เรียกว่า สาเกหรือสาโท เมื่อระดับของแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นถึงระดับ 20% การเจริญเติบโตของยีสต์จะหยุด การหมักก็จะหยุด จึงนำเอาไวน์ข้าวที่ได้มาเติมน้ำและเติมหัวเชื้อน้ำส้มสายชูลงไปประมาณ 15% หมักในโอ่งหรือภาชนะดินเผา ปิดปากด้วยกระดัง หรือฝาไม้ที่มีรูให้อากาศถ่ายเท แล้วนำลงไปฝังลงในดิน ให้ฝังลงไป 2 ใน 3 ของโอ่ง หมักทิ้งไว้เป็นเวลาหลายเดือนจะได้ น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวที่มีรสชาติหวาน หอมนุ่มนวล (คมสัน, 2548)

สิริพรและคณะ (2531) ทำการหมักน้ำส้มสายชูจากข้าวเหนียวโดยใช้เชื้อ *Aspergillus oryzae*, *Saccharomyces sake* และ *Acetobacter aceti* สายพันธุ์ 6-13 พบว่า ได้ น้ำส้มสายชู 3.87% ภายในเวลา 4 วัน ในสภาพ submerge culture

5. กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นการพัฒนา ปรับปรุง หรือทำการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค การพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการที่มีระบบ ซึ่งเป็นการการรวมเอาความรู้ในสาขาต่างๆ เช่น ความรู้ด้านการตลาด ผู้บริโภค การแปรรูป ความรู้ด้านวิศวกรรมมาใช้ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้นมาซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (หทัยรัตน์, 2550)

ไพโรจน์ (2539) เรียบเรียงกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้

5.1 การรวบรวมความคิดผลิตภัณฑ์และการค้นหรือสร้างความคิดผลิตภัณฑ์ (Exploration of Product Idea Generation) เป็นสิ่งที่ต้องกระทำก่อน โดยแหล่งที่มาของความคิดอาจมาจากแหล่งเดียวหรือหลายแหล่งรวมกัน ซึ่งอาจหาได้จาก

5.1.1 ผู้บริโภคหรือผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ โดยใช้การสำรวจหรือแบบสอบถามจากผู้บริโภค หรือผู้ใช้ผลิตภัณฑ์โดยตรง ซึ่งจะได้ข้อมูลทั้งข้อดีและข้อเสียของผลิตภัณฑ์ ข้อเสนอแนะ ค่าโครงของผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้ในการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงจากอุดมคติของผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ สามารถนำไปสู่การปรับปรุงปัญหาต่างๆ

5.1.2 ร้านค้าที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์

5.1.3 การติดตามการดำเนินงานของกลุ่มแข่งขันในธุรกิจเดียวกัน

5.1.4 พนักงานหรือตัวแทนจำหน่ายผลิตภัณฑ์

5.1.5 ผู้บริหารของบริษัท

5.1.6 ผู้จัดการฝ่ายต่างๆ ในบริษัท

5.1.7 นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ หรือที่ปรึกษาของบริษัท

5.1.8 การสำรวจผลิตภัณฑ์ทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ

5.1.9 แหล่งอื่นๆ เช่น งานแสดงสินค้า งานนิทรรศการ งานแสดงเทคโนโลยี นิตยสาร วารสาร หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน เป็นต้น

5.2 การกลั่นกรองความคิดผลิตภัณฑ์ (Product Idea Screening)

เป็นการนำความคิดที่รวบรวมได้มากลั่นกรอง เอาความคิดที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ออกไป เพื่อนำความคิดที่เป็นไปได้มาปฏิบัติ โดยข้อมูลที่จะนำมาลั่นกรอง แนวความคิดผลิตภัณฑ์จะต้องเป็นข้อมูลที่สอดคล้องกับโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งเทคนิคและวิธีการที่นำไปใช้ คือ การคัดเลือกตามลำดับที่เกี่ยวข้อง (Sequential Screening) และการคัดเลือกตามลำดับคะแนนของน้ำหนักเกณฑ์กำหนด (Checklist Screening)

5.3 การพัฒนาและทดสอบแนวความคิดผลิตภัณฑ์ (Development and Product Concept Testing)

ความคิดที่ผ่านการกลั่นกรองแล้ว จะต้องนำมาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยพิจารณาว่าผลิตภัณฑ์นั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อใคร มีประโยชน์อย่างไรกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย มีความสอดคล้องกับนโยบายของบริษัทอย่างไร เป็นต้น แล้วทำการสรุปความคิดเห็นออกมา สุดท้ายจะเหลือความคิดเดียวที่ดีที่สุดที่จะถูกนำไปพัฒนา วิธีการและเทคนิคที่นิยมใช้ได้แก่ การศึกษาความเป็นไปได้ของปัจจัยความสำเร็จต่างๆ (Probability Screening)

5.4 การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค (Technological Studied)

ความคิดที่ผ่านการกลั่นกรองแล้ว ต้องสอดคล้องและมีความเป็นไปได้ทางเทคนิค ตลอดจนเงินทุนในเทคนิค และความพร้อมของบริษัท

5.5 การวิเคราะห์เชิงธุรกิจ (Business Analysis)

เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับยอดขาย การคาดคะเนผลกำไรที่จะเกิดขึ้น แนวโน้มความต้องการของผู้บริโภค ความถี่ในการใช้ผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดขั้นตอนการผลิตทั้งหมด สามารถวางแผนการผลิต การเหลือสินค้าคงคลัง การตั้งราคาให้สอดคล้องกับการลงทุน

5.6 การพัฒนาผลิตภัณฑ์

เป็นการเปลี่ยนจากความคิดผลิตภัณฑ์มาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีตัวตนอยู่จริงๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้จริงๆ เพราะเป็นขั้นตอนที่มีค่าใช้จ่ายและการใช้เวลาเกิดขึ้นอย่างจริงจัง โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์มีทั้งการพัฒนาสูตร พัฒนาระบบวิธีการผลิต และการเปลี่ยนรูปแบบผลิตภัณฑ์

5.7 การทดสอบผลิตภัณฑ์ (Product Testing)

เพื่อเป็นการทดสอบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วเหมาะสมในเชิงการค้าตามเป้าหมายตามที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยการทดสอบผลิตภัณฑ์ จะทำการทดสอบคุณภาพและการเก็บรักษา รวมถึงการทดสอบตลาด

5.8 การทดสอบเชิงพาณิชย์ (Commercialization)

ขั้นตอนนี้จะมีการวางแผน ตั้งแต่การวางแผนการผลิต วางแผนเรื่องการใช้วัตถุดิบ จนกระทั่งเรื่องการจัดส่ง การวางผลิตภัณฑ์ แผนการตลาดที่สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ใหม่

6. วิธีการประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์

เพ็ญขวัญ (2550) กล่าวว่า การประเมินความชอบและการยอมรับของผลิตภัณฑ์เป็นวิธีการที่ใช้ตัวแทนผู้บริโภคเป้าหมายเป็นผู้ประเมิน การประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญมากสำหรับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะถูกนำมาใช้ในหลายขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การสร้างแนวความคิดผลิตภัณฑ์ การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากสินค้าในตลาด การพัฒนาผลิตภัณฑ์

ต้นแบบให้ตรงตามแนวความคิดหรือให้คล้ายกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่เลือกมาและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบสุดท้ายที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค วัตถุประสงค์ของการประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์มีดังต่อไปนี้

1. เพื่อประเมินความชอบโดยรวมของผู้ประเมินที่มีต่อผลิตภัณฑ์
2. เพื่อประเมินความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์
3. เพื่ออนุมานการตอบสนองของผู้ประเมินโดยสร้างความสัมพันธ์กับฐานข้อมูลค่าของแผนภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัสและ/หรือฐานข้อมูลค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์

6.1 วิธีการประเมินความชอบของผลิตภัณฑ์

6.1.1 วิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบ วิธีการนี้จะสามารถวัดความชอบได้โดยตรง ผู้ประเมินจะได้รับตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง จะต้องเลือกว่าชอบตัวอย่างใดมากกว่า วิธีนี้จะวัดได้เฉพาะว่าผู้ประเมินชอบผลิตภัณฑ์หนึ่งมากกว่าอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งเท่านั้น ไม่สามารถบอกได้ว่า ผู้ประเมินชอบผลิตภัณฑ์นั้นๆ มากน้อยแค่ไหน วิธีการนี้ต้องใช้ผู้ประเมินอย่างน้อย 30 คน

6.1.2 วิธีการเรียงลำดับความชอบ การนำวิธีการเรียงลำดับความชอบมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ประเมินเรียงลำดับความชอบที่มีต่อตัวอย่างตั้งแต่ 3 ตัวอย่างขึ้นไป โดยการเรียงลำดับความชอบจากชอบน้อยไปชอบมาก วิธีการนี้จึงควรใช้ตัวอย่างประมาณ 4-6 ตัวอย่าง เพื่อคัดเลือกตัวอย่างที่ผู้ประเมินชอบมาก 1-2 ตัวอย่าง เพื่อนำไปใช้ทดสอบการยอมรับต่อไปกับผู้ทดสอบจำนวนมากขึ้น วิธีนี้ไม่สามารถบอกได้ว่าผู้ประเมินชอบหรือไม่ชอบตัวอย่างมากน้อยแค่ไหน และต้องใช้ผู้ประเมินอย่างน้อย 30 คน

6.2 วิธีการประเมินการยอมรับ

วิธีการประเมินการยอมรับเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมากกว่าวิธีการประเมินความชอบ เนื่องจากสามารถประเมินเพียง 1 ตัวอย่างหรือมากกว่าได้ ข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบว่าผู้

ประเมินชอบผลิตภัณฑ์มากน้อยแค่ไหน นอกจากนั้นยังสามารถถามผู้ประเมินเรื่องความถี่ในการใช้หรือซื้อผลิตภัณฑ์ จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมจะนำไปใช้ในการประเมินผู้บริโภคเป้าหมายที่มีจำนวนมากๆ วิธีการประเมินการยอมรับที่นิยมใช้ ได้แก่

6.2.1 วิธีการให้คะแนนความชอบ (Hedonic Scaling) วิธีการให้คะแนนความชอบโดยใช้สเกลความชอบ 9 คะแนน เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน การวิเคราะห์ผลการประเมินความชอบอาจทำได้โดยการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบ หากมีผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ตัวอย่างขึ้นไป จะสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการต่างๆ เช่น Duncan's New Multiple Range Test หรือ LSD หรือ Turkey เป็นต้น วิธีการนี้จะต้องใช้ผู้ประเมินอย่างน้อย 30 คน

6.2.2 วิธีการวัดความถี่ในการบริโภค (Food Action Rating Scale, FACT) วิธีการนี้เป็นวิธีที่ผู้ประเมินบอกถึงความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์ได้ เช่นเดียวกับวิธีการให้คะแนนความชอบ หรืออาจใช้วิธีการวัดความถี่ในการบริโภคร่วมกับการให้คะแนนความชอบ เพื่อตรวจสอบว่าความชอบหรือการยอมรับผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์จริง

6.2.3 วิธีการวัดความพอดี (Just About Right Scale, JAR) การวัดความพอดีหรือความพอใจของผู้บริโภคเป็นวิธีการทั่วไปในการทดสอบตลาด การนำวิธีการนี้มาปรับใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จะช่วยในการตัดสินใจว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาแล้วมีความเหมาะสมที่จะทดสอบตลาดหรือไม่ สามารถวัดความพอใจทำได้โดยการนับความถี่แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์

7. การอภิปรายกลุ่ม (Focus group) (Resurreccion, 1998)

การสนทนากลุ่มหรือการสัมภาษณ์กลุ่ม (Focus group) เป็นวิธีการวิจัยการตลาดเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เป็นวิธีการที่ใช้ในการรวบรวมแนวความคิด ในการศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค เพื่อใช้ในการกำหนดปัญหาที่ชัดเจนขึ้น ในแต่ละกลุ่มใช้ผู้เข้าร่วมการสนทนาประมาณ 6-12 คนโดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง เป็นการสัมภาษณ์โดยไม่มีโครงสร้าง ไม่มีการกำหนดคำถามและคำตอบการอภิปรายจะถูกควบคุมด้วยบุคคลที่ทำ

หน้าที่เป็นผู้จัดการกลุ่ม (Moderator) ซึ่งมีหน้าที่ในการกำหนดโครงสร้างของการอภิปราย และนำการอภิปรายให้ดำเนินการไปตามทิศทางที่กำหนดปัญหาที่เกี่ยวข้อง

แนวทางของการอภิปรายกลุ่ม มีดังนี้

7.1 การแนะนำตัว

ผู้ดำเนินการอภิปรายแนะนำตัว กล่าวถึงเป้าหมายและรายละเอียดในการทำกลุ่มอภิปรายกลุ่มเฉพาะ รวมทั้งอธิบายให้ผู้ร่วมกลุ่มเข้าใจถึงบทบาทและหน้าที่ แจ้งวัตถุประสงค์ ตกลงกติกา มารยาทของการอภิปรายกลุ่ม เช่น แจ้งผู้ร่วมกลุ่มว่า มีการบันทึกการเสียง ขอให้พูดเสียงดังฟังชัด บอกชื่อก่อนทุกครั้งที่จะพูด อย่าพูดแทรกผู้อื่น โดยผู้ร่วมกลุ่มสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ เพราะไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิด โดยผู้ดำเนินการอภิปรายกลุ่มควรทำให้การอภิปรายน่าสนใจ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาประมาณ 10 นาที

7.2 การสำรวจทั่วไป

เป็นขั้นตอนการอภิปรายเกี่ยวกับเรื่องทั่วไป ซึ่งครอบคลุมหัวข้อที่สนใจ เช่น ปกติท่านมีพฤติกรรมบริโภคอาหารอย่างไร ผู้ดำเนินการอภิปรายกลุ่มทำตามบทบาทที่วางไว้เพื่อให้แน่ใจว่าครบทุกหัวข้อสำคัญ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาประมาณ 10 นาที

7.3 การสอบถามอย่างละเอียด

เป็นการสอบถามอย่างละเอียด โดยในขั้นตอนนี้จะลงลึกในหัวข้อที่ต้องการศึกษา ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาประมาณ 60 นาที

7.4 การปิดการอภิปรายกลุ่ม

ผู้นำการอภิปราย กล่าวปิดการอภิปราย โดยกล่าวขอบคุณ และแจกของที่ระลึกหรือคำตอบแทน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาประมาณ 10 นาที

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

- 1.1 ข้าวเหนียวดำ
- 1.2 น้ำมะพร้าว
- 1.3 เชื้อรา *Amylomyces rouxii* TISTR 3182
- 1.4 เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5049
- 1.5 เชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 354
- 1.6 อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

2. อุปกรณ์ในการผลิตและเตรียมวัตถุดิบ

- 2.1 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำ (autoclave)
- 2.2 เครื่องเขย่า (Shaker) ความเร็วรอบ 150 rpm
- 2.3 ห้องเย็นเชื้อ
- 2.4 ตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์ (Astell Hearson, UK)
- 2.5 ถังถึง
- 2.6 ผ้าขาวบาง
- 2.7 อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- 2.8 ถาดสเตนเลส

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- 3.1 เครื่องวัดความเข้มของแสงและการดูดกลืน (UV-Visible Recording Spectrophotometer, UV-160A, Shimadzu, Japan)
- 3.2 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (Hand Refractometer, N-10, ATAGO, Japan)

3.3 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

3.4 เครื่องวัดค่าสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) รุ่น CM-3500 d) (บริษัท Minolta, ประเทศญี่ปุ่น)

4. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

4.1 ชุดอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis) ได้แก่ ความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, เถ้า, และเส้นใยหยาบ

4.2 เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ Ebulliometer (Per Vinum J. Salleron Dujardin, Paris)

5. อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

5.1 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

5.2 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Autoclave Steam Sterilizer, Tuttnauer Model 3850 M)

5.3 ตู้สำหรับบ่มเชื้อจุลินทรีย์ (Astell Hearson, UK)

5.4 กล้องจุลทรรศน์

6. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

อุปกรณ์ทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ แก้วน้ำ ถาด และอุปกรณ์เครื่องเขียน แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

7. อุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล

7.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

7.2 โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS

วิธีการ

1. การวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบ

1.1 การวัดค่าองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเหนียวดำ ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (2000)

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำ (Lee *et al.*, 2005)

2. การศึกษาวิธีการผลิตแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวดำกล้าง

2.1 การศึกษาสภาวะในการย่อยข้าวเหนียวดำ

2.1.1 การศึกษาอัตราส่วนของข้าวเหนียวดำต่อน้ำที่ใช้แช่และระยะเวลาในการย่อยที่เหมาะสม

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ โดยศึกษาอัตราส่วนของข้าวเหนียวดำต่อน้ำที่ใช้แช่ 3 ระดับ คือ 1:1, 1:1.25, 1:1.5 และทำการเก็บตัวอย่างทุกวัน เป็นเวลา 4 วัน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ในขั้นตอนการย่อยข้าวเหนียวดำจะนำข้าวเหนียวดำ 50 กรัม มาล้างและใส่ในขวดแช่น้ำเป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำข้าวเหนียวดำมานึ่งให้สุกโดยใช้ลังถึงเป็นเวลา 45 นาที เมื่อข้าวเหนียวสุก ทำให้เย็น (ดัดแปลงจาก Dung, 2005) นำเส้นใยของเชื้อรา *Amylomyces rouxii* ที่เตรียมไว้ ตามภาคผนวก ก. มาเพาะลงบนข้าวเหนียวดำนึ่งสุก ผสมให้เข้ากัน ปิดฝาขวดด้วยผ้าขาวบาง บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เมื่อครบเวลานำข้าวเหนียวดำที่ถูกย่อยแล้วมาคั้นและกรองแยกน้ำ เพื่อวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในรูปน้ำตาลกลูโคส ตามวิธีการของ Somogyi and Nelson (1952)

จากนั้นนำผลปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่วัดได้ มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 คัดเลือกอัตราส่วนของข้าวเหนียวดำต่อน้ำที่ใช้แช่ และระยะเวลาในการย่อยที่ให้ค่าน้ำตาลกลูโคสสูงสุดเพื่อศึกษาต่อไป

2.1.2 การศึกษาปริมาณโคจิของเชื้อรา *Amylomyces rouxii* ที่เหมาะสมในการย่อยข้าวเหนียวดำ

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มทดลองโดยสมบูรณ์ โดยแปรผันเปอร์เซ็นต์โคจิที่ใช้ต่อน้ำหนักข้าวเหนียวดำดิบ 5 ระดับ คือ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โคจิข้าวที่ใช้เตรียมได้จากการนำแป้งข้าว 50 กรัม ใส่ในถุงพลาสติก นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที นำมาทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 25 มิลลิลิตร (ดัดแปลงจาก Chou and Rwan, 1995) แล้วถ่ายเส้นใยเชื้อ *A. rouxii* ที่เตรียมไว้จากภาคผนวก ก. ลงบนแป้งข้าว บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ในการเตรียมข้าวเหนียวดำสำหรับการย่อยจะนำข้าวเหนียวดำ 500 กรัม มาล้างและแช่น้ำในอัตราส่วน 1:1.25 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.1.1 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำข้าวเหนียวดำมานึ่งให้สุกโดยใช้ลังถึงเป็นเวลา 45 นาที เมื่อข้าวเหนียวสุก นำมาใส่ถาดสเตนเลสสีเหลี่ยม ทำให้เย็น (ดัดแปลงจาก Dung, 2005) นำโคจิแป้งข้าวที่เตรียมไว้มาเพาะลงบนข้าวเหนียวดำนึ่งสุก ผสมให้เข้ากัน คลุมถาดด้วยผ้าขาวบาง หมักไว้ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ตามระยะเวลาในการหมักที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.1.1 เมื่อครบเวลานำข้าวเหนียวดำที่ถูกย่อยแล้วมาคั้นและกรองแยกน้ำ เพื่อวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในรูปน้ำตาลกลูโคส ตามวิธีการของ Somogyi and Nelson (1952)

จากนั้นนำผลปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่วัดได้ มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 คัดเลือกระดับปริมาณโคจิที่ให้ค่าน้ำตาลกลูโคสสูงสุดเพื่อศึกษาต่อไป

2.2 การศึกษาชนิดของสารเจือจางและระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวดำ

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มทดลองโดยสมบูรณ์ โดยศึกษาชนิดของสารเจือจาง 2 ชนิด คือ น้ำ และ น้ำมะพร้าว ทำการเก็บตัวอย่างทุกวันเป็นเวลา 14 วัน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ การหมักแอลกอฮอล์จะนำของเหลวที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวดำมาปรับด้วยสารเจือจางให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 20 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4.5 ด้วยกรดซิตริก นำไปต้มให้เดือดประมาณ 5 นาที ทำให้เย็นแล้วใส่ในขวดแก้ว เติมหล้าเชื้อ *S. cerevisiae* ที่เตรียมได้จาก

ภาคผนวก ก. ปริมาณ 10% ซึ่งมีจำนวนเซลล์ประมาณ 1.11×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ทำการหมักที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส จนครบเวลา นำไวน์ข้าวเหนียวดำที่ได้มาวัดปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยเครื่อง Ebulliometer (Per Vinum J. Salleron Dujardin, Paris)

จากนั้นนำผลปริมาณแอลกอฮอล์ที่วัดได้ มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 ทำการคัดเลือกชนิดของสารเจือจางที่ทำให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด และใช้ระยะเวลาสั้นที่สุดเพื่อศึกษาต่อไป

3. การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการหมักน้ำส้มสายชูจากข้าวเหนียวดำด้วยเชื้อแบคทีเรีย

Acetobacter aceti

3.1 การคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อ *Acetobacter aceti* ที่เหมาะสมสำหรับการหมักน้ำส้มสายชู

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ โดยศึกษาสายพันธุ์เชื้อ *A. aceti* 3 สายพันธุ์ ได้แก่ TISTR 102, 103 และ 354 ทำการเก็บตัวอย่างทุกวันเป็นเวลา 5 วัน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำไวน์ที่ได้จากข้อ 2.2 มาปรับให้มีปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับ 5% ค่าความเป็นกรดต่าง 5.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมเชื้อ *A. aceti* ที่เตรียมได้จากภาคผนวก ก. ปริมาณ 5% และนำไปหมักบนเครื่องเขย่าที่มีความเร็วรอบ 150 ต่อนาที จนครบเวลา ทำการวัดปริมาณกรดอะซิติกที่ได้ตามวิธีการของ AOAC (2000)

จากนั้นนำผลปริมาณกรดที่วัดได้ มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ของเชื้อที่ให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงสุด ในระยะเวลาสั้นที่สุด เพื่อศึกษาต่อไป

3.2 การศึกษาปริมาณของไวน์ที่เหมาะสมในภาชนะหมัก

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ แปรผันอัตราส่วนปริมาตรไวน์ต่อปริมาตรภาชนะ 5 ระดับ คือ 1:10, 1:5, 1:3.3, 1:2.5 และ 1:2 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำไวน์ที่ได้จากข้อ 2.2 มาปรับให้มีปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับ 5% ค่าความเป็นกรดต่าง 5.5 ด้วยสารละลาย NaOH แล้วใส่ในขวดรูปชมพู่ เต็มเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.1 ปริมาณ 5% และนำไปหมักบนเครื่องเขย่าที่มีความเร็วรอบ 150 ต่อนาที เป็นเวลา 3 วัน ทำการวัดปริมาณกรดอะซิติกที่ได้ตามวิธีการของ AOAC (2000)

จากนั้นนำผลปริมาณกรดที่วัดได้ มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 ทำการคัดเลือกอัตราส่วนปริมาตรไวน์ต่อปริมาตรภาชนะที่ทำให้ได้ปริมาณกรดสูงสุด

4. การศึกษาค่าคุณภาพของน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกลิ้ง

ทำการผลิตน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกลิ้ง ตามกรรมวิธีที่ได้จากข้อ 2 และ 3 แล้วนำมาวัดค่าคุณภาพ ดังนี้

4.1 การวัดค่าความเป็นกรด-เบส ด้วยเครื่อง pH meter

4.2 การวัดปริมาณกรดอะซิติก (AOAC, 2000)

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน (Lee *et al.*, 2005)

4.4 การวัดค่าสี L^* a^* b^* โดยเครื่อง Spectrophotometer CM-3500 d

5. การศึกษาการนำน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดองไปประยุกต์ใช้

5.1 การสำรวจผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบในท้องตลาด (Product Survey)

ทำการสำรวจผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนผสม ที่บิกชีซูเปอร์มาร์เก็ต สาขา สะพานควาย โลตัสซูเปอร์มาร์เก็ต สาขาลาดพร้าว ท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต สาขาเซ็นทรัล ลาดพร้าว และร้าน Gourmet Market สาขาพารากอน ทำการสำรวจในระหว่าง เดือนพฤศจิกายน 2553 ข้อมูลที่ทำการสำรวจ ได้แก่ ประเภท ตรายี่ห้อ ปริมาณน้ำส้มสายชู ขนาดบรรจุ และสถานที่ผลิต ซึ่งได้ระบุไว้บนบรรจุภัณฑ์ ส่วนราคาของผลิตภัณฑ์จะสำรวจจากราคาที่ระบุไว้บนชั้นจำหน่ายสินค้า ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะนำน้ำส้มสายชูหมักมาประยุกต์ใช้ โดยใช้วิธี pass-fail ซึ่งมีเกณฑ์ในการเลือก 3 ข้อ คือ มีปริมาณน้ำส้มสายชูอย่างน้อย 20% กรรมวิธีในการผลิตไม่ซับซ้อน และผลิตภัณฑ์เป็นที่นิยมโดยมีจำหน่ายอย่างแพร่หลายในท้องตลาด คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์ทั้ง 3 ข้อมาเพียงประเภทเดียวเพื่อทำการศึกษาต่อไป

5.2 การสำรวจผลิตภัณฑ์น้ำสลัดในท้องตลาด (Product Survey)

ทำการสำรวจผลิตภัณฑ์น้ำสลัดซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกได้จากข้อ 5.1 ที่บิกชีซูเปอร์มาร์เก็ต สาขาสะพานควาย โลตัสซูเปอร์มาร์เก็ต สาขาลาดพร้าว คาร์ฟูร์ซูเปอร์มาร์เก็ต สาขาลาดพร้าว ท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต สาขาเซ็นทรัลลาดพร้าว และ ร้าน Gourmet Market สาขาพารากอน ทำการสำรวจในระหว่าง เดือนพฤศจิกายน 2553 ข้อมูลที่ทำการสำรวจ ได้แก่ ชนิด ตรายี่ห้อ สถานที่ผลิต ขนาดบรรจุ และปริมาณน้ำส้มสายชู ซึ่งได้ระบุไว้บนบรรจุภัณฑ์ ส่วนราคาของผลิตภัณฑ์จะสำรวจจากราคาที่ระบุไว้บนชั้นจำหน่ายสินค้า คัดเลือกผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดน้ำใสเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบในการนำน้ำส้มสายชูมาประยุกต์ใช้ โดยใช้วิธี pass-fail ซึ่งมีเกณฑ์ในการเลือก 2 ข้อ คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์น้ำส้มสายชูมากกว่า 25% และผลิตภัณฑ์ผลิตในประเทศ คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์ทั้ง 2 ข้อ เพื่อทำการศึกษาต่อไป

5.3 การสำรวจความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายต่อผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส

ทำการสำรวจความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้บริโภคต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสที่คัดเลือกได้จากข้อ 5.2 ด้วยวิธีเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) กับผู้กัปรายจำนวน 7 คน ด้วยวิธีการอภิปรายกลุ่ม (Focus Group discussion) ตามขั้นตอนการทำอภิปรายกลุ่ม (Resurreccion, 1998) ดังแสดงในภาคผนวก ค โดยมีการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องบันทึกเทป และจดบันทึก ทำการทดสอบ ในเดือน ธันวาคม 2553 ณ หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปข้าว สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร ขั้นตอนการทดสอบจะเริ่มจากผู้ทดสอบจะได้รับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสที่เสิร์ฟพร้อมผักสลัด จำนวน 7 ตัวอย่าง ที่คัดเลือกได้จากข้อ 5.2 โดยทำการทดสอบทีละตัวอย่าง จากนั้นจะสอบถามผู้ทดสอบถึงแนวคิด ทศนคติ ความชอบ และความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส

5.4 การศึกษาประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส

ทำการศึกษสูตรสำหรับน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำที่ได้จากข้อ 4 โดยใช้น้ำสลัดใสตราเบสท์ฟู้ดที่คัดเลือกได้จากข้อ 5.3 มาเป็นสูตรน้ำสลัดพื้นฐาน ซึ่งมีส่วนประกอบ ดังนี้ ปริมาณน้ำส้มสายชู 32% ปริมาณน้ำตาล 65% และปริมาณเกลือ 3% โดยการศึกษาปริมาณน้ำส้มสายชู น้ำตาลและเกลือ วางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) และออกแบบการทดลองแบบ Constrained simplex lattice mixture design โดยการกำหนดช่วงการศึกษาของแต่ละปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำส้มสายชู 30-34% ปริมาณน้ำตาล 62-68% และปริมาณเกลือ 2-4% ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 7 สิ่งทดลอง ดังแสดงตารางที่ 5 โดยกรรมวิธีการผลิตน้ำสลัดใส แสดงดังภาพที่ 4

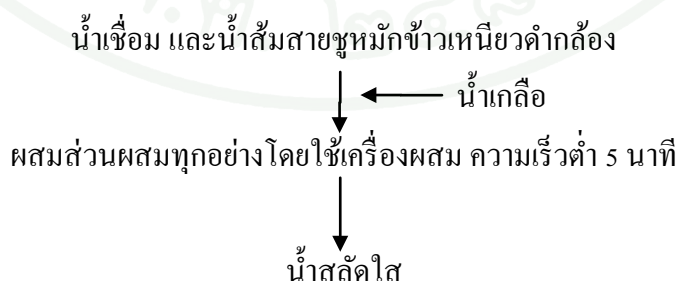
ทำการวัดค่าคุณภาพของน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำ และทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำ 7 สิ่งทดลอง โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มไม่สมบูรณ์ในบล็อกกับชุดควบคุม (augmented BIB) ทำการเสิร์ฟตัวอย่างทีละ 4 ตัวอย่างรวมทั้งตัวอย่างควบคุม ทดสอบตัวอย่างโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด คะแนน 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด ณ บริเวณคณะอุตสาหกรรมเกษตรอาคาร 1 และ อาคาร 3 ใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นบุคลากรและนิสิตของ

มหาวิทยาลัยจำนวน 80 คน คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ใช้ในการทดสอบความชอบ ได้แก่ กลิ่นน้ำสัสด รสชาติรวม และความชอบโดยรวม

จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 ทำการคัดเลือกสูตรน้ำสัสดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุด เพื่อเป็นข้อสรุปสำหรับแนวทางในการนำน้ำส้มสายชูหมักมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำสัสดใส

ตารางที่ 5 อัตราส่วนของน้ำส้มสายชู (X_1) น้ำตาล (X_2) และเกลือ (X_3) ในแต่ละสิ่งทดลองจำนวน 7 สิ่งทดลอง โดยสิ่งทดลองที่ 4 เป็นชุดควบคุม

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนของปัจจัย		
	น้ำส้มสายชู (X_1)	น้ำตาล (X_2)	เกลือ (X_3)
1	30	66	4
2	30	68	2
3	32	64	4
4	32	65	3
5	32	66	2
6	34	62	4
7	34	64	2



ภาพที่ 4 กรรมวิธีการผลิตน้ำสัสดใส

ผลและวิจารณ์

1. ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางเคมีของข้าวเหนียวดำกลิ้ง

ผลการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเหนียวดำกลิ้งที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 6 พบว่ามี คาร์โบไฮเดรต 79.22% และมีปริมาณไซยานิน-3-กลูโคไซด์ 50.62 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการวิเคราะห์ส่วนประกอบคุณค่าทางอาหารของข้าวเหนียวดำในตารางที่ 1 จะพบว่า ปริมาณความชื้น ไขมัน เถ้า โปรตีน เส้นใย คาร์โบไฮเดรต มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย สำหรับปริมาณไซยานิน-3-กลูโคไซด์ จะสอดคล้องกับ ดำเนินและสันสนีย์ (2007) ที่ทำการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในรูปไซยานิน-3-กลูโคไซด์ในข้าวเหนียวดำพันธุ์ต่างๆ ที่ได้รวบรวมไว้ พบว่า มีปริมาณอยู่ในช่วงตั้งแต่ 16.2 ถึง 227.32 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวเหนียวดำที่ปลูกในที่แตกต่างกันจะทำให้มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 6 ค่าคุณภาพทางเคมีของข้าวเหนียวดำกลิ้ง

ค่าคุณภาพทางเคมี	ค่าเฉลี่ย
ความชื้น (%)	7.00±0.05
ไขมัน (%)	2.14±0.32
เถ้า (%)	1.64±0.07
โปรตีน (%)	8.60±0.16
เส้นใย (%)	1.40±0.36
คาร์โบไฮเดรต (%) (คำนวณ)	79.22
ไซยานิน-3-กลูโคไซด์ (มก./100 กรัม)	50.62±0.01

2. ผลการศึกษากิจกรรมวิธีการผลิตแอลกอฮอล์

2.1 ผลการศึกษาสภาวะในการย่อยข้าวเหนียวดำ

2.1.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนของข้าวเหนียวดำต่อน้ำที่ใช้แช่และระยะเวลาในการย่อยที่เหมาะสม

ผลการวัดค่าปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากสารละลายน้ำย่อยข้าวเหนียวดำ ที่แปรผันอัตราส่วนข้าวเหนียวดำต่อน้ำและระยะเวลาในการหมักที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 7 พบว่า การใช้อัตราส่วนเท่ากับ 1:1 หรือ 1:1.5 จะได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสต่ำกว่าการใช้อัตราส่วนเท่ากับ 1:1.25 โดยแนวโน้มของปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ผลิตได้จะเพิ่มขึ้นในระยะเวลา 3 วันแรกเท่านั้น และถึงแม้จะเพิ่มระยะเวลาในการย่อยจาก 3 วัน เป็น 4 วันก็ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลกลูโคส เนื่องจากข้าวเหนียวดำถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลกลูโคสโดยสมบูรณ์แล้ว (สิรินทรเทพ, 2523) ซึ่งใกล้เคียงกับ Dung (2005) ที่ใช้อัตราส่วนของข้าวเหนียวดำต่อน้ำที่ใช้แช่เท่ากับ 1:1.2 และใช้เวลาในการย่อย 3 วัน ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนของข้าวเหนียวดำต่อน้ำที่ใช้แช่เท่ากับ 1 ต่อ 1.25 และระยะเวลาในการย่อย 3 วัน ซึ่งได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 31.64% เพื่อศึกษาต่อไป

ทั้งนี้จากการคัดเลือกอัตราส่วนข้าวเหนียวดำต่อน้ำที่ใช้แช่เท่ากับ 1: 1.25 พบว่า ภายหลังการแช่เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ข้าวเหนียวดำแช่จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 50% เมื่อเทียบกับน้ำหนักข้าวเหนียวดำดิบ เนื่องจากข้าวเหนียวดำได้รับความชื้นจากน้ำที่ใช้แช่

ตารางที่ 7 ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำตาลกลูโคสที่ได้จากสารละลายน้ำย่อยข้าวเหนียวดำ

อัตราส่วนข้าวเหนียวดำต่อน้ำ	ระยะเวลาหมัก (วัน)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (%)
1:1	1	25.80d±0.11
	2	25.31e±0.12
	3	23.75f±0.15
	4	23.71f±0.20
1:1.25	1	28.51c±0.10
	2	30.00b±0.12
	3	31.64a±0.11
	4	30.09b±0.16
1:1.5	1	21.86g±0.12
	2	28.12c±0.12
	3	29.11b±0.10
	4	29.13b±0.11

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.1.2 ผลการศึกษาปริมาณโคจิที่เหมาะสมในการย่อยข้าวเหนียวดำ

ผลการศึกษาปริมาณโคจิข้าวที่ระดับต่างๆในการย่อยข้าวเหนียวดำทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในสารละลาย แสดงดังตารางที่ 8 พบว่าเมื่อเพิ่มระดับหัวเชื้อโคจิจาก 0.1% ไปเป็น 0.3% ค่าน้ำตาลกลูโคสที่ได้ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อใช้ที่ระดับ 0.4% จะทำให้ได้ค่าน้ำตาลกลูโคสสูงสุดเท่ากับ 39.6 % ในการย่อยเป็นเวลา 3 วัน และการเพิ่มระดับหัวเชื้อโคจิเป็น 0.5% ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลกลูโคส ซึ่งใกล้เคียงกับชาญชัย (2550) ในการผลิตกล้าเชื้อข้าวหมากผงที่ใช้ปริมาณหัวเชื้อ 0.5% ในการผลิตข้าวหมาก ดังนั้นจึงเลือกปริมาณโคจิ 0.4% ของน้ำหนักข้าวเหนียวดำดิบ เพื่อการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 8 ค่าปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากสารละลายน้ำย่อยข้าวเหนียวดำที่ย่อยด้วยโคจิ

ปริมาณโคจิ (%)	ปริมาณกลูโคส (%)
0.1	36.62bc±0.13
0.2	35.59bc±0.14
0.3	35.16c±0.15
0.4	39.60a±0.20
0.5	38.62ab±0.11

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากขั้นตอนนี้ สามารถสรุปได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย่อยข้าวเหนียวดำเป็นน้ำตาลกลูโคส คือ การใช้อัตราส่วนข้าวเหนียวดำต่อน้ำที่ใช้แช่เท่ากับ 1 ต่อ 1.25 และทำการย่อยด้วยโคจิของเชื้อ *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 ปริมาณ 0.4% ของน้ำหมักข้าวเหนียวดำดิบ เป็นเวลา 3 วัน

2.2 ผลการศึกษาชนิดของสารเจือจางและระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวดำ

ผลการศึกษาชนิดของสารเจือจางและระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวดำ แสดงดังตารางที่ 9 พบว่าการใช้น้ำมะพร้าวเป็นสารเจือจางทำให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าการใช้น้ำ เนื่องจากในน้ำมะพร้าวมีสารอาหารหลายชนิดที่จำเป็นต่อการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยยีสต์ ซึ่งในน้ำมะพร้าวก็มีคุณค่าทางอาหารสูงเพราะประกอบไปด้วยน้ำตาล ไขมัน สารประกอบไนโตรเจนและแร่ธาตุชนิดต่างๆ (อำพน, 2552) นอกจากนี้ยังสามารถหมักแอลกอฮอล์ได้ในระยะเวลาที่สั้นกว่า โดยการใช้น้ำมะพร้าวเป็นสารเจือจางจะทำให้ได้แอลกอฮอล์ 11.5% ภายในเวลา 8 วัน ดังนั้นจึงเลือกน้ำมะพร้าวเป็นสารเจือจางและระยะเวลาการหมัก 8 วัน ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 9 ค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักน้ำตาลข้าวเหนียวดำโดยใช้น้ำและน้ำมะพร้าวเป็นสารเจือจาง ในเวลา 14 วัน

ระยะเวลาในการหมัก (วัน)	ชนิดสารเจือจาง	
	น้ำ	น้ำมะพร้าว
1	2.94p±0.15	5.73n±0.022
2	4.53o±0.21	8.37j±0.014
3	6.00m±0.18	10.87d±0.16
4	7.03l±0.21	11.15c±0.13
5	7.88k±0.17	11.22c±0.12
6	8.6i±0.15	11.33b±0.07
7	8.83h±0.13	11.33b±0.05
8	9.08g±0.11	11.5a±0.12
9	9.25f±0.22	11.5a±0.22
10	9.25f±0.01	11.5a±0.23
11	10.28e±0.02	11.5a±0.05
12	11.33b±0.01	11.5a±0.01
13	11.33b±0.03	11.5a±0.02
14	11.33b±0.03	11.5a±0.03

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากขั้นตอนนี้ จะได้สภาวะที่เหมาะสมในการหมักแอลกอฮอล์จากน้ำตาลข้าวเหนียวดำ คือ การใช้สารละลายน้ำตาลข้าวเหนียวดำผสมกับน้ำมะพร้าวเพื่อปรับให้มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 20 องศาบริกซ์ แล้วทำการหมักด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5049 เป็นเวลา 8 วัน

3. ผลการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการหมักน้ำส้มสายชู

3.1 ผลการคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อ *Acetobacter aceti*

ผลการใช้เชื้อแบคทีเรีย *A. aceti* สายพันธุ์ต่างๆ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ TISTR 102, 103 และ 354 ในการหมักน้ำส้มสายชูทำให้ได้ปริมาณกรดอะซิติกแสดงดังตารางที่ 10 พบว่า สายพันธุ์ TISTR 354 เป็นสายพันธุ์ที่ให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุดเท่ากับ 5.46 % และมีค่าปริมาณกรดอะซิติกแตกต่างจากสายพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีแนวโน้มของการผลิตกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นแปรผันกับเวลาในช่วง 3 วันแรกของการหมัก และเมื่อระยะเวลาหมักเพิ่มเป็น 3, 4 และ 5 วัน จะให้ปริมาณกรดอะซิติกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้ความต้องการปัจจัยในการดำรงชีพ และการทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันของเชื้อแต่ละสายพันธุ์ ทำให้มีผลต่อปริมาณกรดอะซิติกที่ผลิตได้ (Krisch and Szajani, 1997) ดังนั้นเพื่อความคุ้มค่าในการผลิตในระยะเวลาที่สั้นกว่า จึงเลือก *A. aceti* สายพันธุ์ TISTR 354 และระยะเวลาในการหมักน้ำส้มสายชู 3 วัน ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 10 ค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกของน้ำส้มสายชูข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยเชื้อ *A. aceti* 3 สายพันธุ์

ระยะเวลา (วัน)	สายพันธุ์เชื้อ <i>A. aceti</i>		
	TISTR 102	TISTR 103	TISTR 354
1	1.5j±0.03	2.38i±0.01	3.12g±0.01
2	2.70h±0.04	3.32f±0.01	4.86de±0.01
3	4.86de±0.10	5.24c±0.03	5.46a±0.05
4	4.86de±0.01	5.32bc±0.01	5.44ab±0.04
5	4.80e±0.02	5.32bc±0.02	5.44ab±0.02

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2 ผลการศึกษาปริมาณของไวน์ที่เหมาะสมในภาชนะหมัก

ผลการแปรผันอัตราส่วนปริมาตรไวน์ต่อปริมาตรภาชนะ ทำให้ได้ปริมาณกรดอะซิติก แสดงดังตารางที่ 11 พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนจาก 1:10 เป็น 1:5 และ 1:3.3 ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดอะซิติก แต่การเพิ่มอัตราส่วนเป็น 1:2.5 และ 1:2 ทำให้ปริมาณกรดอะซิติกลดลง เนื่องจากเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของไวน์ในภาชนะทำให้ปริมาตรอากาศในภาชนะลดลง แต่เชื้อ *A. aceti* ต้องการอากาศ (วรารุณีและรุ่งนภา, 2532) สอดคล้องกับวิเศษมนต์และกุลพร (2553) ; นันทพร (2517) ที่พบว่าปริมาตรของน้ำหมักที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของชุมชนตามมาตรฐาน มพช 321/2547 ซึ่งสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2547) ระบุไว้ว่าน้ำส้มสายชูหมักจะต้องมีปริมาณกรดอะซิติกไม่ต่ำกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ดังนั้นปริมาตรของไวน์ต่อภาชนะที่เหมาะสม คือ 1:5 ทำให้ได้กรดอะซิติกสูงสุดเท่ากับ 5.5% ซึ่งมีความคุ้มค่าในการผลิตและเป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมัก

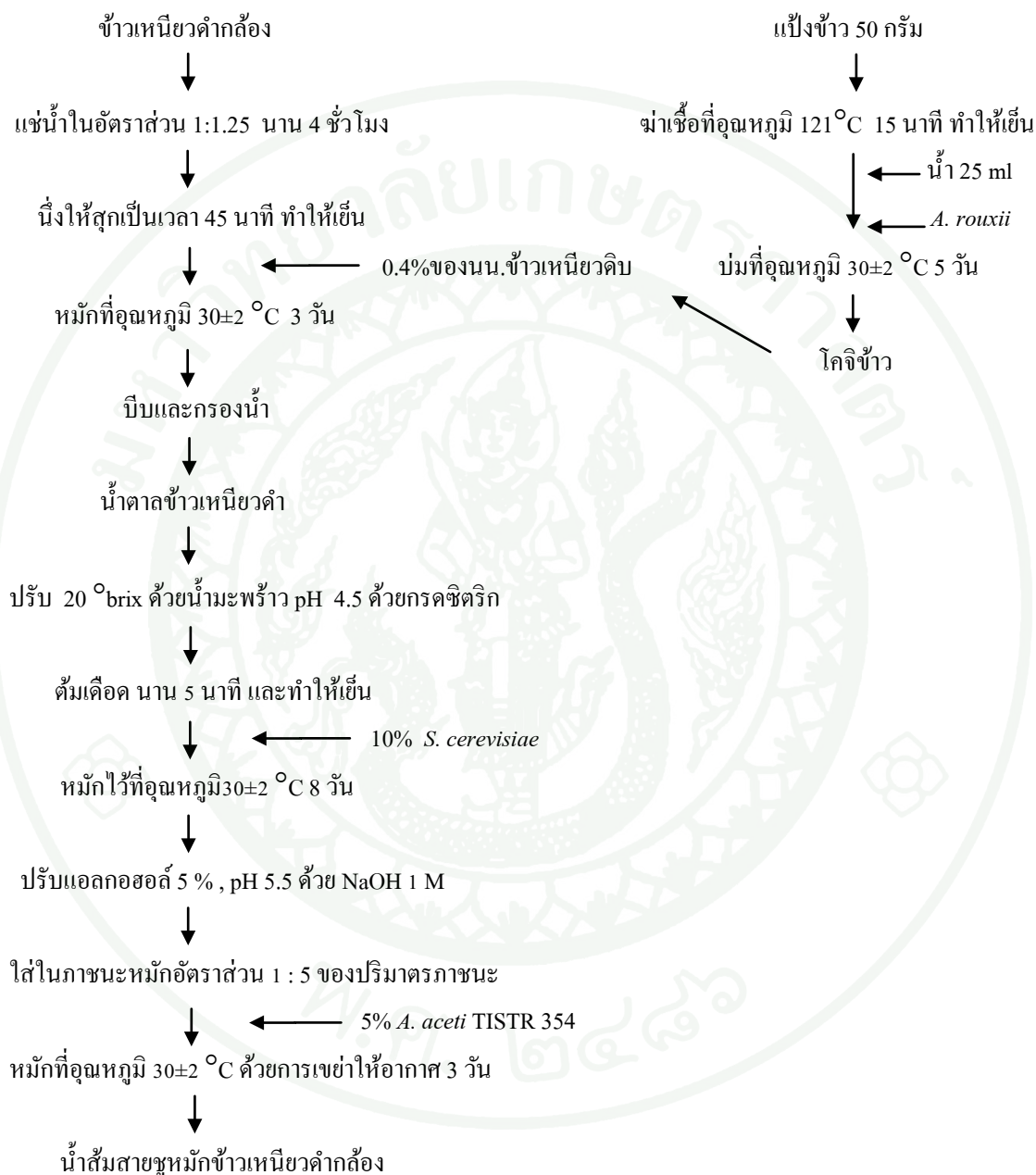
ตารางที่ 11 ค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกของน้ำส้มสายชูข้าวเหนียวดำที่แปรผันปริมาตรไวน์ต่อปริมาตรภาชนะ

ปริมาตรไวน์ (มล.)	ปริมาณกรดอะซิติก(%)
25 (1:10)	4.98a±0.01
50 (1:5)	5.5a±0.02
75 (1:3.3)	3.66ab±0.01
100 (1:2.5)	2.04b±0.03
125 (1:2)	1.94b±0.01

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากขั้นตอนนี้ จะได้สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมักน้ำส้มสายชูข้าวเหนียวดำ คือ การใช้ปริมาตรของไวน์ต่อปริมาตรภาชนะเท่ากับ 1 ต่อ 5 แล้วทำการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 354 ด้วยวิธีการเขย่าให้อากาศ เป็นเวลา 3 วัน

ดังนั้นจากการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียว
กล้อง สามารถสรุปกรรมวิธีการผลิตได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กรรมวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวคั่วกล้อง

4. ผลการศึกษาค่าคุณภาพทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดักล้อง

จากการทำการผลิตน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดักล้อง ตามภาพที่ 5 จะได้น้ำส้มสายชูหมักที่มีลักษณะใส มีสีส้มอ่อน ปริมาณกรดอะซิติก 5.48% ปริมาณไซยานิน-3-กลูโคไซด์เท่ากับ 5.01 มิลลิกรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร โดยมีค่าคุณภาพทางเคมีแสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าคุณภาพทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดักล้อง

ค่าคุณภาพทางเคมี	ค่าโดยประมาณ
ความเป็นกรด-เบส	3.38±0.01
กรดอะซิติก (%)	5.48±0.05
ไซยานิน-3-กลูโคไซด์ (มก./100 มล.)	5.01±0.05
L*	76.38±0.01
a*	9.21±0.01
b*	13.13±0.01

เมื่อพิจารณาปริมาณแอนโทไซยานินในรูปไซยานิน-3-กลูโคไซด์ที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างข้าวเหนียวดักล้องดังตารางที่ 6 และน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดักล้องดังตารางที่ 12 พบว่า มีปริมาณลดลงจาก 50.62 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม เป็น 5.01 มิลลิกรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่ามีการสูญเสียแอนโทไซยานินไปในระหว่างการผลิต สอดคล้องกับ กุลนรีและกุลยา (2552) ที่ใช้เปลือกมังคุดเป็นแหล่งใยอาหารและเสริมปริมาณแอนโทไซยานินในโดนัทเค้ก โดยมีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงจากในเปลือกมังคุดที่มีค่าเท่ากับ 2.84 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง เป็น 0.30 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสภาวะแวดล้อมในการผลิต เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ออกซิเจน และการแยกกากข้าวเหนียวดำออกในขั้นตอนการบีบและกรองน้ำหลังจากที่เสร็จสิ้นกระบวนการย่อยข้าวเหนียวดำให้เป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นส่วนที่ยังมีสีม่วงของแอนโทไซยานินอยู่มาก

5. การศึกษาการนำน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกลิ้งไปประยุกต์ใช้

5.1 ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบในท้องตลาด

ผลการสำรวจตลาดผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบที่มีจำหน่ายในตลาด แสดงดังตารางที่ 13 พบว่าสามารถนำผลิตภัณฑ์มาแบ่งกลุ่มตามการนำไปใช้บริโภค ได้เป็น 7 กลุ่ม ดังนี้ 1. กลุ่มน้ำสลัด ซึ่งมีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 3-70% 2. กลุ่มมายองเนส ซึ่งมีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 4-8% 3. กลุ่มสเปรด ซึ่งมีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 5-33% 4. กลุ่มซอสพริก ซึ่งมีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 3-37% 5. กลุ่มเครื่องจิ้ม ซึ่งมีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 0.55-30% 6. กลุ่มเครื่องปรุงรส ซึ่งมีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 1.5-50% 7. กลุ่มเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 2-8%

ปริมาณน้ำส้มสายชูที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดและประเภทผลิตภัณฑ์ พบว่ามีความแตกต่างกันไป โดยส่วนใหญ่จะมีปริมาณมากในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด และซอสปรุงรสบางชนิด โดยจะมีปริมาณตามสูตรเฉพาะของแต่ละผู้ผลิตไป

เมื่อพิจารณาจำนวนสูตรโดยรวมในชนิดของผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบที่มีจำหน่ายในท้องตลาดในแต่ละกลุ่มประเภทที่ทำการสำรวจ พบว่า กลุ่มน้ำสลัด มีจำนวนนับรวมเท่ากับ 55 กลุ่มมายองเนส มีจำนวนนับรวมเท่ากับ 8 กลุ่มสเปรด มีจำนวนนับรวมเท่ากับ 6 กลุ่มซอสพริก มีจำนวนนับรวมเท่ากับ 17 กลุ่มเครื่องจิ้ม มีจำนวนนับรวมเท่ากับ 11 กลุ่มเครื่องปรุงรส มีจำนวนนับรวมเท่ากับ 14 กลุ่มเครื่องดื่มน้ำส้มสายชู มีจำนวนนับรวมเท่ากับ 9 ข้อมูลจากจำนวนนับโดยรวมในชนิดของผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบที่มีจำหน่ายในท้องตลาดในแต่ละกลุ่มประเภท แสดงให้เห็นว่า กลุ่มน้ำสลัด มีจำนวนนับรวมสูงที่สุด ซึ่งสามารถคาดคะเนได้ว่า ผลิตภัณฑ์กลุ่มน้ำสลัดน่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคมากที่สุดในผลิตภัณฑ์ที่ทำการสำรวจ

ราคาของผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบในแต่ละกลุ่มประเภทที่ทำการสำรวจ แสดงให้เห็นถึงระดับราคาที่แตกต่างกันไป ซึ่งระดับราคานั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง

เป็นตัวกำหนดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ เช่น ประเภทและชนิดของผลิตภัณฑ์ ตราสินค้า สถานที่ผลิต ขนาดบรรจุ และรูปแบบบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบเพื่อเป็นแนวทางในการนำน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกลี้งมาประยุกต์ใช้ แสดงดังตารางที่ 14 ซึ่งในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์จะพิจารณาตามเกณฑ์ข้อกำหนดในการคัดเลือกด้วยวิธี pass-fail โดยมีข้อกำหนด คือ มีปริมาณน้ำส้มสายชูมากกว่า 20% ผลิตภัณฑ์เป็นที่นิยมในท้องตลาด และมีกรรมวิธีการผลิตไม่ซับซ้อน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกได้ คือ กลุ่มน้ำสลัด ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางสำหรับการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 13 ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบที่จำหน่ายในท้องตลาด

ประเภท	ตราสินค้า	จำนวน สูตร	น้ำส้มสายชู (%)	ขนาด	ราคาเฉลี่ย 100 ก./มล.
น้ำสลัด	เบสท์ ฟู้ด	3	8-32	220 มล.	19.09
	ไฮนซ์	1	12	285 กรัม	32.98
	กราฟท์	4	7-11	236 มล.	58.90
	เพรสท์	8	3-30	330 มล.	31.52
	เรมิดา	9	7-24	250 กรัม	21.20
	สุขุม	3	32-40	290 มล.	11.90
	ออร์แกนิก วิลด์	3	5-15	236 มล.	69.92
	แมคคอร์มิก	15	4-40	150-230 มล.	50-75.25
	เฮลตี้ดีเมท	1	70	200 มล.	75.00
	มิสกัน	3	12-20	190 มล.	104.21
	มอลลี	2	18	470 มล.	15.53
	คิวพี	3	12-39	110-380 มล.	85-129.25
มายองเนส	คิวพี	3	6	310 กรัม	21.94
	ไฮนซ์	1	8	220 กรัม	19.55
	เบสท์ ฟู้ด	1	4	220 กรัม	22.73
	สุขุม	1	5	220 กรัม	19.09
	เรมิดา	1	8	482 กรัม	19.50
	กราฟท์	1	4	443 กรัม	20.99
สเปรด	เบสท์ ฟู้ด	3	5-6	220 กรัม	28.18
	สุขุม	1	8	230 กรัม	21.74
	ไฮนซ์	1	33	200 กรัม	53.00
	กราฟท์	1	25	443 กรัม	21.90
ซอสพริก	เด็กสมบูรณ์	1	13	350 กรัม	6.00
	ไฮนซ์	3	10-11	300 กรัม	6.67
	ภูเขาทอง	1	10	230 กรัม	6.96
	โรซ่า	1	14	300 กรัม	6.00

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ประเภท	ตราสินค้า	จำนวน สูตร	น้ำส้มสายชู (%)	ขนาด	ราคาเฉลี่ย 100 ก./มล.
ซอสพริก	ฉลากทอง	1	7	300 กรัม	11.67
	อ่าวศิลา	1	22	350 กรัม	6.57
	ก๊วด ไหล่	1	16	500 กรัม	8.00
	ไฮ คิว	1	10	170 กรัม	11.18
	สุขุม	1	30	720 กรัม	6.39
	ทาบาสโก	5	32-37	60 กรัม	131.67
เครื่องจิ้ม	หลุยส์ เซียร์น่า	1	3	177 กรัม	67.23
	เฮลท์ดีเมท	1	10	250 มล.	28.00
	สุริย์	2	0.6-1	270-342 มล.	9.5-10.78
	แม่ประนอม	2	3-30	200 มล.	13.50
	แม่พลอย	1	7	250 มล.	7.60
	พันท้ายนรสิงห์	2	0.55-1.50	220-330 มล.	9.3-11.64
	โลโบ	1	7.6	200 มล.	18.50
	ควิกเชฟ	1	5.5	280 มล.	12.14
	ยู เอฟ ซี	1	8	300 มล.	9.67
	สุขุม	1	15	290 มล.	12.07
เครื่องปรุงรส	กราฟท์	1	11	310 กรัม	29.68
	ลาวีรี	3	10-40	354 มล.	30.51
	ไฮนซ์	3	10-26	340-520 มล.	20.3-22.91
	ไดโดมอน	3	1.5-15	240-600 มล.	8.5-10.83
	เฮช พี	1	38	255 มล.	12.16
	นัมเบอร์วัน	1	97	150 มล.	16.00
	ชอยส์				
	เอ็ม แอนด์ เอ็น	1	40	198 มล.	26.26
	ไก่อ่งหว	1	50	200 มล.	23.25

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ประเภท	ตราสินค้า	จำนวน สูตร	น้ำส้มสายชู (%)	ขนาด	ราคาเฉลี่ย 100 ก./มล.
เครื่องดื่ม	เฮลท์ดีเมท	2	8	200 มล.	18.75
	ทิปโก้	1	6	1000 มล.	5.30
	สถาบันอาหาร	6	2	220 มล.	20.45

ตารางที่ 14 การคัดเลือกแนวความคิดผลิตภัณฑ์สำหรับการประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูหมัก

ผลิตภัณฑ์	ปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือก		
	ปริมาณน้ำส้มสายชู มากกว่า 20%	ผลิตภัณฑ์เป็นที่ นิยมในท้องตลาด	กรรมวิธีผลิต ไม่ซับซ้อน
น้ำสลัด	P	P	P
มายองเนส	F	F	P
สเปรด	P	F	P
เครื่องปรุงรส	P	F	F
เครื่องจิ้ม	F	F	F
ซอสพริก	P	F	F
เครื่องดื่ม	F	F	P

5.2 ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์น้ำสลัดในท้องตลาด (Product Survey)

ผลการสำรวจตลาดผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่มีจำหน่ายในท้องตลาด แสดงดังตารางที่ 15 พบว่าสามารถนำผลิตภัณฑ์มาแบ่งกลุ่มได้เป็น 2 ชนิด คือ 1. น้ำสลัดชนิดใส 2. น้ำสลัดชนิดข้น โดยการสังเกตจากลักษณะปรากฏภายนอก ซึ่งถ้าเป็นน้ำสลัดชนิดใสแม้จะมีสีเข้ม แต่ก็สามารถสังเกตเห็นการแยกตัวของน้ำมันลอยอยู่ด้านบนได้ ในขณะที่น้ำสลัดชนิดข้นจะมีเนื้อเนียนเหมือนครีม

ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดในแต่ละกลุ่มที่สำรวจจะมีชื่อเรียกแต่ละชนิดที่แตกต่างกันไป เช่น กลุ่มน้ำสลัดข้น ได้แก่ น้ำสลัดชีซาร์ เทาซัน ไอส์แลนด์ สลัดครีม เป็นต้น กลุ่มน้ำสลัดใส เช่น เฟรนช์ เดสซิ่ง บัลซามิก วินิเกรท เป็นต้น โดยชื่อเรียกที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มนั้นจะบ่งบอกถึงส่วนผสมที่แตกต่างกัน และในกรณีของกลุ่มน้ำสลัดใส ชื่อยังสามารถใช้บอกถึงชนิดของน้ำส้มสายชูที่ใช้เป็นส่วนประกอบได้อีกด้วย เช่น วินิเกรท เป็นน้ำสลัดที่ใช้น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขาว น้ำสลัดบัลซามิก เป็นน้ำสลัดที่ใช้น้ำส้มสายชูหมักบัลซามิก เป็นต้น

ด้านปริมาณของน้ำส้มสายชูที่เป็นส่วนประกอบในน้ำสลัดแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันออกไปในน้ำสลัดแต่ละชนิด โดยในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้น จะมีปริมาณของน้ำส้มสายชูประมาณ 2-29% และในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดใส จะมีปริมาณของน้ำส้มสายชูประมาณ 2-70% ซึ่งน้ำสลัดใสบัลซามิก ตราเฮลตี้เมทจะมีปริมาณของน้ำส้มสายชูที่เป็นส่วนประกอบมากที่สุด ในผลิตภัณฑ์ที่สำรวจ คือ มีปริมาณเท่ากับ 70% และน้ำสลัดข้นชีซาร์ ตราเพียวฟู้ด และน้ำสลัดใสบัลซามิก ตราออร์แกนิก วิลล์ จะมีปริมาณของน้ำส้มสายชูที่เป็นส่วนประกอบน้อยที่สุดในผลิตภัณฑ์ที่สำรวจ คือ มีปริมาณเท่ากับ 2%

เมื่อพิจารณาราคาของน้ำสลัดใสแต่ละชนิด พบว่า มีความแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับต้นทุนของการผลิต เช่น แหล่งผลิต วัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบในน้ำสลัด โดยถ้าผลิตจากต่างประเทศหรือมีส่วนประกอบที่ซับซ้อนในสูตร น้ำสลัดก็จะมีราคาแพงตามไปด้วย

การคัดเลือกชนิดของน้ำสลัดเพื่อเป็นแนวทางในการนำน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกลั่นมาประยุกต์ใช้นั้น เนื่องจากความต้องการให้ลักษณะปรากฏของน้ำส้มสายชูหมักยังคงอยู่ทั้งในด้านสี และกลิ่น ดังนั้นจึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 15 ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่จำหน่ายในท้องตลาด

ชนิด	สูตร	น้ำส้มสายชู (%)	ตราสินค้า	ประเทศ ที่ผลิต	ปริมาณ	ราคาเฉลี่ย 100 ก./มล.
ชั้น	ครีม (ไขมันต่ำ)	10	เบสท์ฟู้ด	ไทย	180 มล.	18.89
ชั้น	ครีม	8	เบสท์ฟู้ด	ไทย	180 มล.	18.89
ชั้น	สลัดครีม	10	เพียวฟู้ด	ไทย	180 มล.	19.44
ชั้น	ครีมมะนาว	5	เพียวฟู้ด	ไทย	180 มล.	20.00
ชั้น	พริกไทยดำ	5	เพียวฟู้ด	ไทย	180 มล.	20.00
ชั้น	ชีซาร์	2	เพียวฟู้ด	ไทย	180 มล.	20.00
ชั้น	ลดไขมัน	12	ครูสรรเสริญ	ไทย	180 มล.	18.89
ชั้น	ไขมันต่ำ	9	ครูสรรเสริญ	ไทย	180 มล.	18.89
ชั้น	มิราเคิล วิป	7	กราฟท์	ออสเตรเลีย	443 มล.	20.49
ชั้น	เทาซัน	8	กราฟท์	ออสเตรเลีย	300 มล.	43.33
ชั้น	ไอร์แลนด์					
ชั้น	แคลิฟอเนียร์	6.5	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	150 มล.	50.00
	ครีม					
ชั้น	ชีซาร์ ไม่มีไขมัน	10	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	150 มล.	50.00
ชั้น	ชีซาร์	15	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	150 มล.	60.00
ชั้น	ทาร์ทาร์	4	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	230 มล.	64.35
ชั้น	เทาซัน	6	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	230 มล.	64.35
	ไอร์แลนด์					
ชั้น	ชีซาร์	14	เรมิดา	เนเธอร์แลนด์	250 กรัม	24.00
ชั้น	บลูชีส	12	เรมิดา	เนเธอร์แลนด์	250 กรัม	24.00
ชั้น	เทาซัน	14	เรมิดา	เนเธอร์แลนด์	250 กรัม	24.00
	ไอร์แลนด์					
ชั้น	ครีม	18	เรมิดา	เนเธอร์แลนด์	250 กรัม	23.90
ชั้น	โยเกิร์ต	9.2	เรมิดา	เนเธอร์แลนด์	400 มล.	21.00
ชั้น	งาญี่ปุ่น	8	ฟูจิ	ไทย	280 มล.	23.21
ชั้น	งาคั่ว	29	นี ฟู้ด	ไทย	190 มล.	50.00

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ชนิด	สูตร	น้ำส้มสายชู (%)	ตราสินค้า	ประเทศ ที่ผลิต	ปริมาณ	ราคาเฉลี่ย 100 ก./มล.
ขึ้น	ชีซาร์	20	นี ฟู้ด	ไทย	138 มล.	163.04
ขึ้น	ครีมมังคุด	11	นี ฟู้ด	ไทย	220 มล.	52.27
ขึ้น	ครีมฟักทอง	16	นี ฟู้ด	ไทย	220 มล.	34.09
ขึ้น	เครื่องเทศและ กระเทียม	23	โฮมเวิร์ค	ไทย	220 มล.	79.55
ขึ้น	เฟรนช์	5	ออร์แก นิคส์- วิลล์	สหรัฐอเมริกา	236 มล.	69.92
ขึ้น	เครื่องเทศ	10	ออร์แก นิคส์- วิลล์	สหรัฐอเมริกา	236 มล.	69.92
ขึ้น	โพเตโต้	3	เพรสท์	ออสเตรเลีย	330 มล.	31.52
ขึ้น	เทาซัน ไฮร์แลนด์	15	เพรสท์	ออสเตรเลีย	330 มล.	31.52
ขึ้น	เทาซัน ไฮร์แลนด์	16	คิวฟี	ญี่ปุ่น	110 มล.	109.09
ขึ้น	ครีมผสมทูน่า	9	ซีเล็ค ทูน่า	ไทย	60 กรัม	24.58
ขึ้น	ครีม	9	สุขุม	ไทย	220 มล.	18.75
ขึ้น	ครีม	12	ไฮนซ์	ไทย	230 มล.	13.59
ขึ้น	ครีม	18	มอลลี่	สหรัฐอเมริกา	470 มล.	15.69
ขึ้น	ชาเขียวพริกไทย ดำ	18	มอลลี่	สหรัฐอเมริกา	470 มล.	15.69
ขึ้น	ครีม	3	เทลโก้	ไทย	70 มล.	15.71
ขึ้น	ลดไขมัน	8	เทลโก้	ไทย	500 มล.	11.8
ขึ้น	ไขมันต่ำ	9.5	เทลโก้	ไทย	500 มล.	11.8
ใส	น้ำใส	32	เบสท์ฟู้ด	ไทย	180 มล.	20.00
ใส	อิตาเลียน	15	เพียวฟู้ด	ไทย	280 มล.	48.21
ใส	อิตาเลียน	11	คราฟท์	ออสเตรเลีย	300 มล.	43.33

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ชนิด	สูตร	น้ำส้มสายชู (%)	ตราสินค้า	ประเทศ ที่ผลิต	ปริมาณ	ราคาเฉลี่ย 100 ก./มล.
ใส	เฟรนช์	10	คราฟท์	ออสเตรเลีย	300 มล.	43.33
ใส	งา	6	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	150 มล.	50.00
ใส	หัวหอม	8	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	150 มล.	50.00
ใส	เฟรนช์	8	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	150 มล.	50.00
ใส	อิตาลี	9	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	150 มล.	50.00
ใส	จีน	7	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	150 มล.	50.00
ใส	วาซาบิ	20	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	150 มล.	50.00
ใส	จิง	16	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	150 มล.	50.00
ใส	มะนาวพริก หยวก	40	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	150 มล.	60.00
ใส	สไปซี่ เฮอร์บ์	30	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	150 มล.	60.00
ใส	กิมจิ	41	แม็คคอร์ดมิก	ญี่ปุ่น	150 มล.	60.00
ใส	อิตาลี	24	เรมิดา	เนเธอร์แลนด์	250 กรัม	26.00
ใส	เฟรนช์	17	เรมิดา	เนเธอร์แลนด์	250 กรัม	18.40
ใส	เฮอร์บ์	7	เรมิดา	เนเธอร์แลนด์	400 มล.	21.00
ใส	กระเทียม	18	เรมิดา	เนเธอร์แลนด์	400 มล.	21.00
ใส	ญี่ปุ่น	20	นิ ฟู้ด	ไทย	200 มล.	87.50
ใส	อิตาลี	24	นิ ฟู้ด	ไทย	200 มล.	62.50
ใส	อิตาลี	17.6	เกรย์ฮาว์	ไทย	200 มล.	80.00
ใส	อิตาลี	24	โฮมเวิร์ค	ไทย	200 มล.	87.50
ใส	บัลซามิก	2	ออร์แกนิก นิคส์วิลล์	สหรัฐอเมริกา	236 มล.	69.92
ใส	แรนช์	3	เพรสท์	ออสเตรเลีย	330 มล.	31.52
ใส	บาสามิก มะนาว เครื่องเทศ	8	เพรสท์	ออสเตรเลีย	330 มล.	31.52
ใส	อิตาลี	30	เพรสท์	ออสเตรเลีย	330 มล.	31.52

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ชนิด	สูตร	น้ำส้มสายชู (%)	ตราสินค้า	ประเทศ ที่ผลิต	ปริมาณ	ราคาเฉลี่ย 100 ก./มล.
ใส	ผักชีโตะ	39	คิวพี	ญี่ปุ่น	380 มล.	47.11
ใส	ญี่ปุ่น	12	คิวพี	ญี่ปุ่น	150 มล.	53.00
ใส	ญี่ปุ่นผสมพริก	14	ซีเล็ค พริก	ไทย	60 กรัม	24.58
ใส	น้ำราดผัก	39.5	สุขุม	ไทย	200 มล.	13.75
ใส	อิตาเลียน	37.5	สุขุม	ไทย	250 มล.	17.00
ใส	บัลซามิก	70	เฮลตี้ เมท	ไทย	200 มล.	75.00
ใส	ญี่ปุ่น	16	ซูเปอร์ เฟรช	ไทย	200 มล.	17.50
ใส	วีเนเกรท	30	เอส แอนด์ พี	ไทย	380 กรัม	30.26
ใส	เพสโต	30	เอส แอนด์ พี	ไทย	380 กรัม	30.26
ใส	ญี่ปุ่น	25	เอส แอนด์ พี	ไทย	380 กรัม	30.26
ใส	คุโรชิไรซ์ วีเนการ์	20	มิตกัน	ญี่ปุ่น	190 มล.	104.21
ใส	ชิตรัส	12	มิตกัน	ญี่ปุ่น	150 มล.	63.33
ใส	งา	14	มิตกัน	ญี่ปุ่น	190 มล.	65.79

เมื่อได้ชนิดของน้ำสลัดที่จะนำน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำมาประยุกต์ใช้เป็นชนิดใสแล้ว ทำการคัดเลือกตัวอย่างน้ำสลัดใสสำหรับการนำไปสำรวจพฤติกรรมและความคิดเห็นของผู้บริโภคด้วยวิธี pass-fail โดยมีข้อกำหนด คือ น้ำสลัดใสต้องมีปริมาณน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบมากกว่า 25% และต้องผลิตในประเทศ การคัดเลือกผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสแสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์น้ำสัດใส่ที่จำหน่ายในท้องตลาด

ตราสินค้า	สูตร	น้ำสัสมายช้อยอย่างน้อย 25%	ผลิตในประเทศ
เบสท์ฟู้ด	น้ำใส	P	P
เพียวฟู้ด	อิตาเลียน	F	P
คราฟท์	อิตาเลียน	F	F
คราฟท์	เฟรนช์	F	F
แม็คคอร่มิก	งา	F	F
แม็คคอร่มิก	หัวหอม	F	F
แม็คคอร่มิก	เฟรนช์	F	F
แม็คคอร่มิก	อิตาเลียน	F	F
แม็คคอร่มิก	จีน	F	F
แม็คคอร่มิก	วาซาบิ	F	F
แม็คคอร่มิก	จิง	F	F
แม็คคอร่มิก	มะนาวพริกหยวก	P	F
แม็คคอร่มิก	สไปซี่ เฮอร์บ์	P	F
แม็คคอร่มิก	กิมจิ	F	F
เรมื่อ	อิตาเลียน	F	F
เรมื่อ	เฟรนช์	F	F
เรมื่อ	เฮอร์บ์	F	F
เรมื่อ	กระเทียม	F	F
นี ฟู้ด	ญี่ปุ่น	F	P
นี ฟู้ด	อิตาเลียน	F	P
เกรย์ฮาว์	อิตาเลียน	F	P
โฮมเวิร์ค	อิตาเลียน	F	P
ออร์แกนิกส์วิลด์	บัลซามิก	F	F
เพรสท์	แรนช์	F	F
เพรสท์	บาซามิก มะนาว	F	F
	เครื่องเทศ		
เพรสท์	อิตาเลียน	F	F

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ตราสินค้า	สูตร	น้ำส้มสายชูอย่างน้อย 25%	ผลิตในประเทศ
คิวพี	ผักชีโตะ	P	F
คิวพี	ญี่ปุ่น	F	F
ซีเล็ก ทูน่า	ญี่ปุ่นผสมทูน่า	F	P
สุขุม	น้ำราดผัก	P	P
สุขุม	อิตาเลียน	P	P
เฮลตี้ เมท	บัลซามิก	P	P
ซูเปอร์ เฟรช	ญี่ปุ่น	F	F
เอส แอนด์ พี	วินิเกรท	P	P
เอส แอนด์ พี	เพสโต	P	P
เอส แอนด์ พี	ญี่ปุ่น	P	P
มิสก้น	คุโรชิไรซ์ วินิการ์	F	F
มิสก้น	ชีตริส	F	F
มิสก้น	งา	F	F

ผลจากการคัดเลือกทำให้ได้น้ำสลัดใสทั้งหมด 7 ตัวอย่าง ได้แก่ 1. น้ำสลัดใสตราเบสท์ ฟู้ด 2. น้ำราดผักตราสุขุม 3. น้ำราดผักสูตรอิตาเลียนตราสุขุม 4. น้ำสลัดใสสูตรวินิเกรทตราเอส แอนด์ พี 5. น้ำสลัดใสสูตรซีอิ๊วญี่ปุ่น ตราเอส แอนด์ พี 6. น้ำสลัดใสสูตรเพสโต ตราเอส แอนด์ พี 7. น้ำสลัดใสบัลซามิก ตราเฮลตี้เมท ซึ่งส่วนประกอบของน้ำสลัดใสทั้ง 7 ตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 17 โดยตัวอย่างน้ำสลัดใสทั้ง 7 ตัวอย่างที่คัดเลือกได้จะนำไปศึกษาต่อไป

ตารางที่ 17 ส่วนประกอบของน้ำสลัดใสทั้ง 7 ตัวอย่างที่คัดเลือกได้

ชื่อสินค้า	ตราสินค้า	ส่วนประกอบ
น้ำราดผัก	สุขุม	น้ำส้มสายชู 39.5% น้ำตาล 60% เกลือ 0.5%
น้ำสลัดบัลซามิก	เฮลดีเมท	น้ำส้มสายชูหมักบัลซามิก 70%
น้ำสลัดชีอัวญี่ปุ่น	เอส แอนด์ พี	น้ำมันมะกอก 29% เครื่องเทศ 1%
		น้ำส้มสายชู 25% เครื่องปรุงรส 40%
		ซอสปรุงรส 15% น้ำมันพืช 5% น้ำมันงา 5%
		มัสตาร์ด 5% กระเทียม 5%
น้ำราดผัก สูตรโรตาลีเยน	สุขุม	น้ำส้มสายชู 37.5% น้ำตาล 60% เกลือ 0.5%
		กระเทียม 1% พริกชี้ฟ้าแดงปั่น 1%
น้ำสลัดวินิเกรท	เอส แอนด์ พี	น้ำส้มสายชู 30% เครื่องปรุงรส 50% น้ำมันพืช
		10% มัสตาร์ด 5% กระเทียม 5%
น้ำสลัดใส	เบสท์ฟู้ด	น้ำส้มสายชู 32% น้ำตาล 65% เกลือ 3%
น้ำสลัดเพสโต	เอส แอนด์ พี	น้ำส้มสายชู 30% เครื่องปรุงรส 25% น้ำมันพืช
		และน้ำมันมะกอก 25% มัสตาร์ด 5%
		กระเทียม 5% ซอสเพสโต 10%

5.3 ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกล้อง

ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส โดยใช้วิธีเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) ด้วยวิธีการอภิปรายกลุ่ม (Focus Group discussion) ทำการคัดเลือกผู้บริโภคเป้าหมายที่มีคุณสมบัติดังนี้ ได้แก่ ผู้บริโภคที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป และเคยบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส จำนวน 7 คน เป็นเพศหญิง มีอายุอยู่ในช่วง 20-35 ปี เป็นนิสิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์และแบ่งข้อมูลออกเป็นด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านพฤติกรรมในการบริโภคน้ำสลัดใส ด้านความคิดเห็นและความรู้สึกที่มีต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส ดังนี้

5.3.1 ด้านพฤติกรรมในการบริโภคน้ำสลัดใส

จากการสำรวจ พบว่า ความถี่ในการบริโภคน้ำสลัดใสของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่จะบริโภคน้ำสลัดใส 1 ครั้ง ในช่วงระยะเวลา 2-3 เดือน และเหตุผลในการเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส คือ รับประทานแล้วไม่อ้วน เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันน้อย และรสชาติไม่เลี่ยน

5.3.2 ด้านความคิดเห็นและความรู้สึกของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส

ผลการสำรวจความคิดเห็นและความรู้สึกของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสทั้ง 7 ตัวอย่าง โดยสำรวจในคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ 4 ด้าน คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม แสดงดังตารางที่ 18

จากการสอบถามความรู้สึกของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย เกี่ยวกับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างน้ำสลัดใสในด้านลักษณะปรากฏ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบน้ำสลัดใสญี่ปุ่น ตรา เอส แอนด์ พี ในด้านกลิ่น พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบน้ำสลัดใสญี่ปุ่น ตรา เอส แอนด์ พี ในด้านรสชาติ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบน้ำสลัดใส ตราเบสท์ฟู้ด ในด้านความชอบรวม พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบผลิตภัณฑ์น้ำสลัดตราเบสท์ฟู้ด และเมื่อให้ผู้เข้าร่วมอภิปรายกลุ่มทำการลงคะแนนเพื่อเลือกน้ำสลัดที่ชอบที่สุดเพียงตัวอย่างเดียว โดยให้พิจารณาลักษณะโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ เลือกน้ำสลัดใส ตราเบสท์ฟู้ด ดังนั้นจึงเลือกน้ำสลัดใส ตราเบสท์ฟู้ดเพื่อเป็นสูตรน้ำสลัดพื้นฐานในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 18 ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส

ชื่อสินค้า	ตราสินค้า	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	รส
น้ำราดผัก	สุขุม	ใส สีเหลือง มีความเป็นเนื้อเดียวกัน มีความหนืด	กลิ่นน้ำส้มสายชูแรง มีความฉุน	เปรี้ยวอมหวาน เค็ม
น้ำสลัด บัลซามิก	เฮลตี้เมท	สีน้ำตาลดำ มีน้ำมันลอยแยกชั้น ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มีความหนืดเล็กน้อย	กลิ่นน้ำส้มสายชูแรง กลิ่นหมัก	เปรี้ยว และขม
น้ำสลัดชีอิ้ว ญี่ปุ่น	เอส แอนด์ พี	สีน้ำตาลอ่อน มีน้ำมันแยกชั้น ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มีเงาแว่นลอย	กลิ่นน้ำมันงา กล้วย	รสเปรี้ยว เค็มและหวานเล็กน้อย มีความมัน
น้ำราดผัก สูตรอิตาเลียน	สุขุม	ใส มีพริกแขวนลอย มีความหนืด	กลิ่นน้ำส้มสายชู และกลิ่นกระเทียม	รสหวานอมเปรี้ยว เค็ม และเผ็ด
น้ำสลัด วินิเกรท	เอส แอนด์ พี	สีเหลืองขุ่น มีพริกไทยแขวนลอย ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน	กลิ่นน้ำส้มสายชู มัสตาร์ด พริกไทย กระเทียม	รสเปรี้ยว เค็ม มีความมัน
น้ำสลัดใส	เบสท์ฟู้ด	ใส ไม่มีสี มีความหนืด เป็นเนื้อเดียวกัน	กลิ่นน้ำส้มสายชู	รสหวานอมเปรี้ยว เค็ม
น้ำสลัด เพสโต	เอส แอนด์ พี	สีเหลืองน้ำตาลอมเขียว มีพริก กระเทียม และผักแขวนลอย ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน	กลิ่นน้ำส้มสายชู กระเทียม พริกไทย และเครื่องเทศ	รสเปรี้ยว เค็ม เผ็ด และมีความมัน

5.4 ผลการศึกษาประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส

ผลการศึกษาประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส โดยใช้น้ำสลัดใสตราเบสท์ฟู้ดที่คัดเลือกได้จากข้อ 5.3 มาเป็นสูตรน้ำสลัดพื้นฐาน ซึ่งมี ส่วนประกอบ ดังนี้ ปริมาณน้ำส้มสายชู 32% ปริมาณน้ำตาล 65% และปริมาณเกลือ 3% ทำการศึกษาปริมาณน้ำส้มสายชู น้ำตาลและเกลือ วางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) ออกแบบการทดลองแบบ Constrained simplex lattice mixture design โดยการกำหนดช่วง การศึกษาของแต่ละปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำส้มสายชูร้อยละ 32-34 ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 62-68 และปริมาณเกลือร้อยละ 2-4 ได้ทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง ดังแสดงตารางที่ 5 โดยมีสิ่งทดลองที่ 4 เป็น สิ่งทดลองควบคุม และกรรมวิธีการผลิตดังภาพที่ 4 โดยสิ่งทดลองทั้งหมดจะนำไปศึกษาค่าคุณภาพ ทางประสาทสัมผัสและค่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดอะซิติก

ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมัก จากข้าวเหนียวดำ 7 สิ่งทดลอง โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มไม่สมบูรณ์ในบล็อกกับชุด ควบคุม (augmented BIB) ทำการเสิร์ฟตัวอย่างทีละ 4 ตัวอย่างรวมตัวอย่างควบคุม ทดสอบตัวอย่าง โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุดและ 1 หมายถึง ชอบ น้อยที่สุด ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่ กลิ่นน้ำสลัด รสชาติรวม และความชอบ โดยรวม ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 19 พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบกลิ่นน้ำสลัดของสิ่งทดลอง ที่ 1 แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 6.4 ส่วนสิ่ง ทดลองอื่นมีความชอบไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองควบคุม ($p \geq 0.05$) ในด้านรสชาติโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบในรสชาติสิ่งทดลองที่ 6 แตกต่างจากสิ่งทดลองควบคุม ($p < 0.05$) โดยมี คะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 7.05 ส่วนสิ่งทดลองอื่นมีความชอบไม่แตกต่างจากสิ่งทดลอง ควบคุม ($p \geq 0.05$) ในด้านความชอบรวม พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบรสชาติรวมของสิ่งทดลองที่ 6 แตกต่างจากสิ่งทดลองควบคุม ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 6.8 ส่วนสิ่งทดลอง อื่นมีความชอบไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองควบคุม ($p \geq 0.05$) ดังนั้นสูตรน้ำสลัดใสที่เหมาะสม สำหรับเป็นแนวทางในการนำน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกลั่นไปประยุกต์ใช้ คือ สูตรของสิ่ง ทดลองที่ 6 ซึ่งประกอบด้วย น้ำส้มสายชู 34% น้ำตาล 62% และเกลือ 4%

ผลการวัดค่าคุณภาพของน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกล้างในด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณร้อยละกรดอะซิติกของตัวอย่างน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกล้างทั้ง 7 ตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 19 คะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านต่างๆ ของตัวอย่างน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำ

สิ่ง ทดลอง	ส่วนประกอบ			คุณลักษณะ		
	น้ำส้มสายชู (X ₁)	น้ำตาล (X ₂)	เกลือ (X ₃)	กลิ่นน้ำสลัด	รสชาติโดยรวม	ความชอบ โดยรวม
1	30	66	4	6.43 a±0.72	6.48 b±0.78	6.50 b±0.75
2	30	68	2	6.23 b±0.84	6.38 bc±0.92	6.25 bc±0.86
3	32	64	4	6.15 b±0.92	6.28 bc±0.83	6.25 bc±0.99
4	32	65	3	6.09 b±0.91	6.28 bc±0.91	6.25 bc±0.93
5	32	66	2	6.08 b±0.98	6.18 c±0.92	6.10 c±0.92
6	34	62	4	6.08 b±0.91	7.05 a±0.82	6.78 a±0.96
7	34	64	2	6.13 b±0.70	6.33 bc±0.62	6.25 bc±0.45

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 20 ค่าคุณภาพของน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวคั่วกลิ้ง

สิ่งทดลอง	ส่วนประกอบ			ค่าคุณภาพ	
	น้ำส้มสายชู (X ₁)	น้ำตาล (X ₂)	เกลือ (X ₃)	ปริมาณกรดอะซิติก (%)	ความเป็นกรด-ด่าง
1	30	66	4	1.50 b ±0.12	3.07 d ±0.13
2	30	68	2	1.50 b ±0.13	3.11 b ±0.14
3	32	64	4	1.50 b ±0.12	3.07 d ±0.15
4	32	65	3	1.59 a ±0.11	3.09 c ±0.11
5	32	66	2	1.56 ab ±0.15	3.20 a ±0.19
6	34	62	4	1.59 a ±0.14	3.05 e ±0.16
7	34	64	2	1.62 a ±0.12	3.09 c ±0.11

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าปริมาณกรดอะซิติกของตัวอย่างน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวคั่วกลิ้ง ทั้ง 7 ตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่างที่ 5, 6 และ 7 มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่ต่างจากตัวอย่างที่ 4 ซึ่งเป็น ตัวอย่างควบคุม ส่วนตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่างจากตัวอย่างที่ 4 ซึ่งเป็น ตัวอย่างควบคุม

ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกลัอง ทั้ง 7 ตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่างที่ 6 มีค่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุดเท่ากับ 3.05 และมีค่าแตกต่างจากตัวอย่างอื่น

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติก ระหว่างตัวอย่าง น้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกลัองตัวอย่างที่ 6 ที่คัดเลือกเป็นแนวทางสำหรับการ ประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกลัอง ซึ่งมีกรดอะซิติก 1.59% และมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.05 กับน้ำสลัดใสตราเบสท์ฟู๊ด ซึ่งมีกรดอะซิติก 2.8% และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 2.04 พบว่ามีค่าคุณภาพแตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากวัตถุดิบที่ใช้ โดยเฉพาะน้ำส้มสายชูที่เป็นส่วนประกอบหลักในสูตรน้ำสลัดใสมีความแตกต่างกันทั้งชนิด และปริมาณกรดอะซิติกใน น้ำส้มสายชู

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการพัฒนาการผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกล้อง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ค่าคุณภาพทางเคมีของข้าวเหนียวดำกล้อง พบว่า ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 79.22% และมีปริมาณไซยานิน-3-กลูโคไซด์ 50.62 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม
2. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย่อยข้าวเหนียวดำเป็นน้ำตาลกลูโคส คือ การใช้อัตราส่วนข้าวเหนียวดำต่อน้ำที่ใช้แช่เท่ากับ 1 ต่อ 1.25 และทำการย่อยด้วยโคจิจของเชื้อ *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 ปริมาณ 0.4% ของน้ำหมักข้าวเหนียวดำดิบ เป็นเวลา 3 วัน จะให้ค่าน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 39.6%
3. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมักแอลกอฮอล์ข้าวเหนียวดำ คือ การใช้สารละลายน้ำตาลข้าวเหนียวดำผสมกับน้ำมะพร้าวเพื่อปรับให้มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 20 องศาบริกซ์ ปรับ pH เท่ากับ 4.5 ด้วยกรดซิตริก แล้วทำการหมักด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5049 เป็นเวลา 8 วัน จะได้ไวน์ข้าวเหนียวดำที่มีปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับ 11.5%
4. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมักน้ำส้มสายชูข้าวเหนียวดำ คือ การปรับไวน์ด้วยสารละลาย NaOH 1 M ให้มีค่า pH เท่ากับ 5.5 และมีปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับ 5% โดยใช้ปริมาตรของไวน์เท่ากับ 1 ใน 5 ส่วนของภาชนะที่ใช้หมัก และทำการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 354 ด้วยวิธีการเขย่าให้อากาศ เป็นเวลา 3 วัน จะได้ปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับ 5.46%
5. น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้องที่ได้ มีลักษณะใส สีส้มอ่อน ปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับ 5.48% ปริมาณไซยานิน-3-กลูโคไซด์เท่ากับ 5.01 มิลลิกรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร
6. ผลการสำรวจตลาดผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบ สามารถนำมาแบ่งกลุ่มตามการนำไปใช้บริโภค ได้เป็น 7 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มน้ำสลัด ซึ่งมีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 3-70% , กลุ่มมายองเนส ซึ่งมีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 4-8%, กลุ่มสเปรด

ซึ่งมีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 5-33%, กลุ่มซอสพริก ซึ่งมีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 3-37%, กลุ่มเครื่องจิ้ม ซึ่งมีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 0.55-30%, กลุ่มเครื่องปรุงรส ซึ่งมีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 1.5-50% และกลุ่มเครื่องดื่มน้ำ ซึ่งมีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบประมาณ 2-8% เมื่อทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบเพื่อเป็นแนวทางในการนำน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกลี้งมาประยุกต์ใช้ ด้วยวิธี pass-fail ตามเกณฑ์ข้อกำหนด คือ มีปริมาณน้ำส้มสายชูมากกว่า 20% ผลิตภัณฑ์เป็นที่นิยมในท้องตลาด และมีกรรมวิธีการผลิตไม่ซับซ้อน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกได้ คือ กลุ่มน้ำสลัด

7. ผลการสำรวจตลาดผลิตภัณฑ์น้ำสลัด สามารถนำผลิตภัณฑ์มาแบ่งกลุ่มได้เป็น 2 ชนิด คือ น้ำสลัดชนิดใส มีปริมาณของน้ำส้มสายชูประมาณ 2-29% และน้ำสลัดชนิดข้น มีปริมาณของน้ำส้มสายชูประมาณ 2-70% ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใดยังคงมีลักษณะปรากฏของน้ำส้มสายชูทั้งในด้านสีและกลิ่น จึงมีความเหมาะสมในการเป็นผลิตภัณฑ์ที่จะนำน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกลี้งมาประยุกต์ใช้ เมื่อทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสด้วยวิธี pass-fail โดยมีข้อกำหนด ต้องมีปริมาณน้ำส้มสายชูเป็นส่วนประกอบมากกว่า 25% และผลิตในประเทศ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสทั้งหมด 7 ตัวอย่าง ได้แก่ น้ำสลัดใสตราเบสท์ฟู้ด, น้ำราดผักตราสุขุม, น้ำราดผักสูตรอิตาเลียนตราสุขุม, น้ำสลัดใสสูตรวีเนเกรตตราเอส แอนด์ พี, น้ำสลัดใสสูตรชีวี่ญี่ปุ่น ตราเอส แอนด์ พี, น้ำสลัดใสสูตรเพสโต ตราเอส แอนด์ พี และน้ำสลัดใสบัลซามิก ตราเฮลตี้เมท

8. ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคเป้าหมายต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส โดยให้พิจารณาลักษณะโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบน้ำสลัดใส ตราเบสท์ฟู้ด ซึ่งเป็นสูตรน้ำสลัดพื้นฐานในการนำน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกลี้งมาประยุกต์ใช้ ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ ปริมาณน้ำส้มสายชู 32% ปริมาณน้ำตาล 65% และปริมาณเกลือ 3%

9. ผลการศึกษาประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกลี้งในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส พบว่า สูตรน้ำสลัดใสที่เหมาะสมประกอบด้วย น้ำส้มสายชู 34% น้ำตาล 62% และเกลือ 4% โดยได้คะแนนความชอบรวมจากผู้บริโภคเท่ากับ 6.78 ซึ่งน้ำสลัดใสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกลี้งมีปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับ 1.59%

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวดำกล้องต้องใช้เชื้อบริสุทธิ์ในการผลิตถึง 2 ขั้นตอน ดังนั้นควรมีการศึกษาการใช้เชื้อบริสุทธิ์ผสมในการผลิต เพื่อประหยัดเวลาและลดโอกาสในการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่น
2. ควรมีการศึกษารวมวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้อง โดยให้มีกากข้าวเหนียวดำที่เป็นของเหลือจากขั้นตอนของการย่อยข้าวเหนียวดำกล้องด้วยโคจิเชื้อราให้เหลือปริมาณน้อยที่สุด และศึกษาการนำกากข้าวเหนียวดำ ซึ่งยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น โปรตีน เส้นใย และแอนโทไซยานิน มาใช้ประโยชน์ต่อไป
3. ควรมีการศึกษาสัดส่วนปริมาณของน้ำมะพร้าวที่เหมาะสมในการเป็นสารเจือจาง หรืออาจใช้วัตถุดิบอื่นที่ได้จากธรรมชาติทดแทนน้ำมะพร้าว ในขั้นตอนของการผลิตไวน์จากข้าวเหนียวดำกล้อง เพื่อประหยัดต้นทุนในการผลิต
4. ควรมีการศึกษการปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกล้อง สำหรับการนำไปผลิตระดับอุตสาหกรรมต่อไป ทั้งในด้านกรรมวิธีและอุปกรณ์ในการผลิต
5. ควรมีการศึกษการประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกล้องในผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ
6. ควรมีการศึกษการทดสอบผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใสกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายในการศึกษาต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2521. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย .

โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก. กรุงเทพฯ

กองบรรณาธิการเกษตรกรรมธรรมชาติ. 2548. น้ำส้มสายชูหมักแบบธรรมชาติ. เกษตรกรรม

ธรรมชาติ 11:35

กุลนรี ศาสตร์ประสิทธิ์ และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์. 2552. การใช้เปลือกมังคุดเป็นแหล่งใยอาหาร
ในโดนัทเค้ก. ว. วิทย. กษ. 40(3) (พิเศษ) : 97-100.

กำเนิด สุภณวงษ์. 2534. จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

คมสัน หุตะแพทย์. 2548. น้ำส้มสายชูหมักจากข้าว. เกษตรกรรมธรรมชาติ 11:35

จรัญจิต เฟื่องรัตน์ และ สุวัฒน์ เกียรติระกมน์. 2552. ข้าวเหนียวดำ หลากประโยชน์ หลายแนวคิด
เสริมเศรษฐกิจไทยสู่สากล, น 325-342. ใน การประชุมวิชาการข้าวและชัยภูมิเมืองหนาว
ประจำปี 2552. กรมการข้าว สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, กรุงเทพฯ.

จารุวรรณ มณีศรี. 2552. เทคโนโลยีอาหารหมัก. สำนักพิมพ์ไทร์เฟซ, กรุงเทพฯ.

ชาญชัย ผดุงศักดิ์. 2550. ผลของอบเชยต่อ *Bacillus cereus* และ *Amylomyces rouxii* ในการผลิต
กล้าเชื้อข้าวหมากผง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง.

ดำเนิน กาละดี และศันสนีย์ จำจด. 2007. Genotypic Variation in Grain Nutrition in Local
Purple Rice Genotypes, pp. 138-140. In **Proceedings of the 2nd International
Conference on Rice for the Future 2007.** 5 - 9 November 2007, Queen Sirikit National
Convention Center Bangkok, Thailand.

คุณิธี ฐนะบริพัฒน์. 2546. **จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์.
คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

ทิมข้าวเฉพาะกิจมติชน. 2550. **ข้าวกำ ยารักษาโรคพื้นบ้าน ที่กำลังถูกลืม**.

แหล่งที่มา: http://www.matichon.co.th/matichon/matichon_detail. 24 สิงหาคม 2550.

รัชชัย แก้วธำ. 2547. Effect of Gamma Oryzanol in Purple Glutinous Rice Bran on
Immune Response in Male Mice (Mus musculus. ใน **เอกสารประกอบการประชุม First
Agriculture Biotechnology**. 18-19 มีนาคม 2547, โรงแรมริเจนท์ กรุงเทพฯ.

นภสร บุญเพ็ชรแก้ว. 2545. **การผลิตน้ำส้มสายชูโดยการตรึงเซลล์ในถังหมักทรงสูงที่ให้อากาศ
อย่างต่อเนื่อง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง.

นิจศิริ เรืองรังษี และ พยอม ตันติวัฒน์. 2534. **พืชสมุนไพร**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

นันทพร วรุดิพงษ์. 2517. **การคัดสายพันธุ์แบคทีเรียเพื่อใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู**.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปณิตา บุญสิทธิ, ดำเนิน กาละดี และ พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2549. ปริมาณแกมมาโอไรซานอล
ในข้าวเหนียวดำพื้นเมืองของไทย. **ว. วิทย. กษ.** 37(5) (พิเศษ) : 191-194.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2550. การประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์, น. 127-140. ใน
กาญจนา หงษ์หยก, บรรณาธิการ. **การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับ
ของผู้บริโภค**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2551. **แป็บข้าวเหนียวดำแล้วแกะข้าว**. หน่วยวิจัยข้าวดำ สถาบันวิจัย
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ใน **หนังสือพิมพ์ คม ชัด ลึก วันจันทร์
ที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2551**.

ไพโรจน์ วิริยาริ. 2539. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาคัดภัณฑ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พรพรรณ รพี. 2537. โภชนาการเพื่อสุขภาพ. สำนักพิมพ์สุขภาพใจ. กรุงเทพฯ .

มณชัย เดชสังกรานนท์. 2547. เทคโนโลยีชีวภาพกับวิถีไทยสู่ครัวโลก . เกษตรแปรรูป 2(24):
106-109.

ลูกจันทร์ ภัคธิ์พันธุ์. 2524. อุตสาหกรรมอาหารหมักดอง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรนุช ศรีเจษฎารักษ์. 2550. การผลิตสารประกอบทางชีวภาพจากข้าวกล้องงอก. ใน จดหมายข่าว
มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
แหล่งที่มา: <http://202.12.97.4/kkunews/index>. 5 ก.พ. 2554.

วราวุฒิ คุรุสง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม.
สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

วิเศษณ์ นิลนนท์ และ กุลพร พุทธิ. 2553. การหาสภาวะที่เหมาะสมของการหมักน้ำส้มสายชู
จากเงาะแบบถาด. เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ครั้งที่ 48 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วาริช ศรีละออง. 2549. รงควัตถุในข้าวมีความสำคัญอย่างไร. วารสารจารย์พา 14(90): 54-55.

วาริน แสงกิติโกมล เทวิน เทนคำเนา และอติทยา โรจนสโรช. 2551. การเปรียบเทียบปริมาณ
รวมสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวแดง ข้าวสีนิล และข้าวเหนียวดำ. วารสารโภชนาการ
43(2). แหล่งที่มา: http://www.nutritionthailand.or.th/scripts/natmagazine_content.asp?nMAGID=26&nStoryID=245. 15 มกราคม 2554.

วารุณี ประดิษฐ์ศรีกุล. 2545. เทคโนโลยีการหมักดอง. คณะวิชาเทคโนโลยีการอาหาร
 วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

สุมัตติกา โมรากุล. 2545. การพัฒนากรรมวิธีการผลิตไวน์ข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิรินทรเทพ ภัคศิสุภผล. 2523. การหมักข้าวหมากด้วยเชื้อบริสุทธิ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริพร แก้วสุริยะ มีชัย และ สมชาย จอมดวง จารุณี. 2531. การใช้เชื้อ *Aspergillus oryzae*,
Saccharomyces sake และแบคทีเรียกรดอะซิติกในการผลิตน้ำส้มสายชูจากข้าวเหนียว. ใน
 รายงานการวิจัยของสถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง. แหล่งที่มา:
[http://202.28.199.3/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=21229&dis
 play=list_subject&q=น้ำส้ม](http://202.28.199.3/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=21229&display=list_subject&q=น้ำส้ม). 12 พฤศจิกายน 2552.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2527. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำส้มสายชู.
 มอก. 83-2527.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำส้มสายชู
 หมัก. มผช.326/2547. แหล่งที่มา: http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps326_47.pdf.
 15 มกราคม 2554.

หทัยรัตน์ ริมศิริ. 2550. กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์, น. 22-38. ใน รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต,
 บรรณาธิการ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
 กรุงเทพฯ.

อำพน กันธิยะ. 2552. การใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้งจากการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร:
 น้ำมะพร้าวแก่. สารปริทรรศน์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 1(1): 1-3.
http://www.agro.cmu.ac.th/Service50/Review%5CPVol01_May09.pdf. 10 ธันวาคม
 2553.

Adams, M.R. 1985. Vinegar, pp. 1-47. In B.J.B. Wood, ed. **Microbiology of Fermented Foods** vol.1. Elsevier Applied Science Publisher, London.

Anonymous. 2007. **Black Sticky Rice**. Available Source:

<http://www.allcreatures.org/recipes/i-rice-blacksticky.html>, March 15, 2007.

AOAC. 2000. **Official Method of Analysis of AOAC International**. 17th ed. The Association of Official analytical Chemists, Virginia.

Asai, T. 1968. **Acetic Acid Bacteria**. University of Tokyo Press, Tokyo.

Awika, J.M. and L.W. Rooney. 2004. Are cereals available source of phytochemical antioxidants?. In **2004 IFT Annual Meeting**. Las Vegas NV.

Bamforth, C.W. 2005. **Food Fermentation and Microorganisms**. 1st ed. Blackwell Science, USA.

Chen, P.N., S.C. Chu, H.L. Chiou, C.L. Chiang, S.F. Yang, and Y.S. Hsieh. 2005. Cyanidin 3-Glucoside and Peonidin 3-Glucoside Inhibit Tumor Cell Growth and Induce Apoptosis In Vitro and Suppress Tumor Growth In Vivo. **Nutrition and cancer** 53(2):232–243.

_____, W. H. Kuo, C. L. Chiang, H. L. Chiou, Y. S. Hsieh and S.C. Chu. 2006. Black rice anthocyanins inhibit cancer cells invasion via repressions of MMPs and u-PA expression. **Chemico-Biological Interactions** 163: 218–229.

Chou, C.C. and J.H. Ruan. 1995. Mycelial propagation and enzyme production in koji prepared with *Aspergillus oryzae* on various rice extrudates and steamed rice. **Journal of Fermentation and Bioengineering** 79: 509-512.

- Counsell, J.N. 1981. **Natural Colours for Food and Other Uses**. Applied Science Publishers Ltd., London.
- Deman, J.M. 1990. **Principles of Food Chemistry**. 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, New York.
- De ley, J. and J. Frateur. 1974a. **The genus *Gluconobacter*. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology**. 8th ed. The Williams and Wilkin Co., Baltimore.
- _____ and _____. b. **The genus *Acetobacter*. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology**. 8th ed. The Williams and Wilkin Co., Baltimore.
- Dejian H., B. Ou, M.H. Woodill, J.A. Flanagan, and E.K. Deemer. 2002. Development of oxygen radical absorbance capacity assay for lipophilic antioxidants using randomly methylated cyclodextrin as the solubility enhancer. **J. Agri. Chem.** 50: 1815-1821.
- Dung, NTP., F.M. Rombouts, and M.J.R. Nout. 2005. Development of defined mixed culture fungal fermentation starter granulate for controlled production of rice wine. **Innovative Food Science and Emerging Technology** 6:429-441
- Frei, M. and K. Becker. 2005. **Rice Biodiversity and Nutrients**. Institute of Animal Production In The Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Germany.
<http://www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/rice-biodiversity-nutrients.pdf>. 15 February, 2010.
- Fushimi, T., K. Suruga, Y. Oshima, M. Fukiharu, Y. Tsukamoto and T. Goda. 2006. Dietary acetic acid reduces serum cholesterol and triacylglycerols in rats fed a cholesterol-rich diet. **British Journal of Nutrition** 95, 916–924.
- Gibbs, B.M. and D.A. Shapton. 1968. **Identification Method for Microbiologist. Part B**. Academic press, New York.

Gregorio, G.B. 2002. Progress in breeding for trace minerals in staple crops. **Journal of Nutrition** 132: 500 – 502.

Hendry, G.A.F. and J. D. Houghton. 1996. **Natural Food Colorants**. 2nd ed.
Blackie Academic&Professional, Cornwall.

Hu, C., J. Zawistowski, W. H. Ling, and D. D Kitts. 2003. Black rice (*Oryza sativa* L. *indica*) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. **Journal of Agriculture and Food Chemistry** 51: 5271-5277.

Hutkins, R. W. 2006. **Microbiology and Technology of Fermented Foods**. 1st ed.
Blackwell Publishing, Iowa.

Ichikawa, H., T. Ichianagi , B. Xu , Y. Yoshii, M. Nakajima, and T. Konishi. 2001.
Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. **Journal of Medicinal Food** 4(4):211-218.

Ichianagi, T., B. Xu, Y. Yoshii, M. Nakajima, and T. Konishi. 2001. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. **Journal of Medicinal Food** 4: 211-218.

Johnston, C., C. Kim, and A. Buller. 2004. Vinegar improves insulin sensitivity to a high carbohydrate meal in subjects with insulin resistance or type 2 diabetes mellitus. **Diabetes Care** 27:281-282.

Karladee, D., P. Pongpiachan, T. Taltachum, and A. Gavilo. 2003. Accumulation of gamma-oryzanol in purple rice grain. pp. 225-232. *In proceeding of the Conference on Rice Biotechnology 2003. BioThailand 2003: Technology for Life.* 25 - 30 April 2003. Available source: <http://www.phtnet.org/download/phtic-research/82.pdf>, April 3, 2010.

- Kennedy, G. and B. Burlingame. 2003. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. **Food Chemistry** 80: 589 – 596.
- Koga, T., K. Moro, K. Nakamori, J. Yamakoshi, H. Hosoyama, S. Kataoka and T. Ariga. 1999. Increase of antioxidative potential of rat plasma by oral administration of proanthocyanidin-rich extract from grape seeds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. 47: 1892-1897.
- Kondo S., K. Tayama, Y. Tsukamoto, K. Ikeda and Y. Yamori. 2001. Antihypertensive effects of acetic acid and vinegar on spontaneously hypertensive rats. **Biosci Biotechnol Biochem** 65:2690–2694.
- Kong, J. M., C. Lian-Sai, G. Ngoh-Khang, C. Tet-Fatt and R. Brouillard. 2003. Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry** 64: 923-933.
- Krisch, J. and B. Szajani. 1997. Ethanol and acetic tolerance in free and immobilized cells of *Saccharomyces cerevisiae* and *Acetobacter aceti*. **Biotechnol. Letters** 19:525-528.
- Lee, J., R.W. Durst and R.E. Wrolstad. 2005. Determination of monomeric anthocyanin pigment Content of fruit juices, beverages natural colorants, and wines by the pH Differential method: collaborative study. **Journal of AOAC International** 88(5): 1269-1278.
- Leeman, M., E. Ostman and I. Bjorck. 2005. Vinegar dressing and cold storage of potatoes lowers postprandial glycemic and insulinaemic responses in healthy subjects. **Eur. J. Clin. Nutr.** 59:1266-1271.

Lichenstein, A.H., L. M. Ausman, J. L. Jenner, W. Carrasco, L. J. Gualtieri, J. L. Jenner, J. M. Ordovas, R. J. Nicolosi, B.R. Goldin and E. J. Schaefer. 1994. Rice Bran Oil Consumption and Plasma Lipid Levels in Moderately Hypercholesterolemic Humans. **Arteriosclerosis** 14(4): 549-556.

Liljeberg, H. and I. Bjorck. 1998. Delayed gastric emptying rate may explain improved glycemia in healthy subjects to a starchy meal with added vinegar. **Eur. J. Clin. Nutr.** 64:886-893.

Ling, W.H., L. L. Wang and J. Ma. 2002. Supplementation of the black rice outer layer fraction to rabbits decreases atherosclerotic plaque formation and increases antioxidant status. **Journal of Nutrition** 132: 20-26.

_____, Q. X. Cheng, J. Ma, and T. Wang. 2001. Red and black rice decrease arteriosclerotic plaque formation and increase antioxidant status in rabbits. **Journal of American Society for Nutritional Sciences** 131: 1421-1426.

Mazza, G. and E. Miniati. 1993. **Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains.** CRC Press, Inc., USA.

Nakamura, H. 1996. Effect of γ -oryzanol on hepatic cholesterol biosynthesis and fecal excretion metabolites. **Radioisotopes** 25:371-374.

Nakayama, S., A. Manabe, J. Suzuki, K. Sakamoto and T. Inagake. 1987. Comparative effects of two forms of γ -oryzanol in different sterol compositions on hyperlipidemia induced by cholesterol diet in rats. **Japan Journal of Pharmacology** 44(2): 135-143.

Nanda, K., N. Miyoshi and Y. Nakamura. 2004. Extract of vinegar “Kurosu” from unpolished rice inhibits the proliferation of human cancer cells. **J. Exp. Clin. Cancer Res.** 23: 69–75.

- Nishidai S., Y. Nakamura and K. Torikai. 2000. Kurosu, a traditional vinegar produced from unpolished rice, suppresses lipid peroxidation in vitro and in mouse skin. **Biosci. Biotechnol. Biochem.** 64:1909–1914.
- Nishino H., M. Murakoshi and X. Y. Mou. 2005. Cancer prevention by phytochemicals. **Oncology** 69(1):38–40.
- Ostman, E., Y. Granfeldt, L. Persson and I. Bjorck. 2005. Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects. **Eur. J. Clin. Nutr.** 59(9):983–8.
- Rao, M. R. R. 1957. Acetic acid bacteria. **Ann. Review of Microbiol.** 11:317–337.
- Resurreccion V.A. 1998. **Consumer sensory testing for Product development.** A Chapman & Hall Food Science Book, Maryland.
- Rhode, A. and D. L. Fletcher. 1966. **Principles of Industrial Microbiology.** Pergamon Press, New York.
- Seki, T., S. Morimura, T. Shigematsu, H. Maeda and K. Kida. 2004. Antitumor activity of rice-shochu post-distillation slurry and vinegar produced from the post-distillation slurry via oral administration in a mouse model. **Biofactors** 22:103–105.
- Somogyi, S. and N. Nelson. 1952. A photometric adaptation of somogyi and method for the determination of cellulose. **Biol Chem.** 153: 1.
- Stanier, R. Y., E. A. Adelberg and J. L. Ingraham. 1976. **The Microbial World.** Prentice-Hall Inc., New Jersey.

- Teltathum, T. 2004. **Effect of gamma oryzanol in purple glutinous rice bran on immune response in male mice (*Mus musculus*)**. Master of Science (Agriculture) in Animal Science, Chiang Mai University.
- Trinidad, T. P., T. M. Wolever and L. U. Thompson. 1996. Effect of acetate and propionate on calcium absorption from the rectum and distal colon of humans. **Am. J. Clin. Nutr.** 63:574–579.
- Underkofler, L. A. and R. J. Hickey. 1954. **Industrial Fermentations**. Volume 1. Chemical Publishing Co., Inc., New York.
- Vargas F.D. and Lopez O.P. 2003. **Natural colorants for food and nutraceutical uses**. CRC Press, Inc., USA.
- Wang, Q., P. Han, M. Zhang, M. Xia, H. Zhu, J. Ma, M. Hou, Z. Tang, and W. Ling. 2007. Supplementation of black rice pigment fraction improves antioxidant and anti-inflammatory status in patients with coronary heart disease. **Asia Pac. J. Clin. Nutr.** 16 (Suppl 1): 295-301.
- Xu, Z., N. Hua and J. S. Godber. 2001. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and γ -oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2-azobis(2-methylpropionamidine) dihydrochloride. **Journal of Agriculture Food and Chemistry** 49: 2077-2081.





1. การเตรียมกล้าเชื้อสำหรับการหมักน้ำส้มสายชู

1.1 การเตรียมกล้าเชื้อรา *Amylomyces rouxii*

ถ่ายเชื้อ *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 ที่เลี้ยงบนจานอาหาร PDA อายุ 3 วัน ลงบนอาหาร PDA slant บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3-5 วัน (ดัดแปลงจากสุมัตติกา, 2545)

1.2 การเตรียมกล้าเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*

บรรจุอาหาร YM broth (Yeast malt extract) ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ในฟลasks ขนาด 250 มิลลิลิตร นำมาเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที หลังจากเย็นแล้วทำการถ่ายเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5049 ที่เลี้ยงบน YM agar slant อายุ 18-24 ชั่วโมง ลงในอาหาร จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเขย่าโดยใช้ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก นภสร, 2545) จากนั้นนำเชื้อที่ได้ไปปรับปริมาณเชื้อ โดยผสมน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว นำไปวัดค่าความขุ่นของเชื้อเป็น optical density (OD) ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร โดยต้องทำการปรับให้สารละลายของเชื้อมีค่า OD เท่ากับ 0.5

1.3 การเตรียมกล้าเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti*

บรรจุอาหาร Glucose yeast extract (GYE) ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ลงในฟลasks ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที เมื่ออาหารเย็นแล้วทำการถ่ายเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 354 ที่เลี้ยง บน GYE slant ที่บ่มที่อุณหภูมิห้องอายุ 24-48 ชั่วโมง 1 หลอด นำไปเข้าเครื่องเขย่าโดยใช้ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้เชื้อที่เตรียมได้นี้ปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ใส่ลงไปในอาหาร Glucose yeast extract broth ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วอีกครั้ง นำไปเข้าเครื่องเขย่าโดยใช้ความเร็วและเวลาเท่าเดิม จากนั้นนำเชื้อที่ได้ไปปรับปริมาณเชื้อ โดยผสมน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว นำไปวัดค่าความขุ่นของเชื้อเป็น optical density (OD) ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยต้องทำการปรับให้สารละลายของเชื้อมีค่า OD เท่ากับ 0.5 (ดัดแปลงจากนันทพร, 2517)



1. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำส้มสายชู (AOAC, 2000)

1.1 สารเคมี

1.1.1 น้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ เตรียมโดยต้มน้ำกลั่นให้เดือด 20 นาที

1.1.2 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.5 M เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 20 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร นำมาหาความเข้มข้นก่อนใช้

การหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยชั่งโพแทสเซียมเพทาเลต ที่อบที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมได้จากข้อ 1.1.2

1.2 วิธีวิเคราะห์

นำสารละลายตัวอย่างมา 2 มิลลิลิตร ทำการเจือจางด้วยน้ำต้มเดือดที่เย็นแล้วจนได้สารละลายที่มีสีอ่อน 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาเลอิน (phenolphthalein) 1 มิลลิลิตร แล้วนำมาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 M จดปริมาตรสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

1.3 วิธีการคำนวณ

คำนวณหากรดอะซิติกเป็นกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร จากสูตรดังนี้

$$\text{กรดอะซิติก (กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร)} = \frac{V \times N \times 60 \times 100}{2 \times 1000}$$

เมื่อ V = ปริมาตรสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต (ml)

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (mol/dm^3)

2. การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ (Somogyi and Nelson, 1952)

2.1 สารเคมี

2.1.1 Alkaline Copper Reagent : ชั่งสารต่อไปนี้ $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 71 กรัม , NaK Tartrate 40 กรัม, NaOH 4 กรัม และ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 8 กรัม ละลายสารในน้ำกลั่นประมาณ 700 มิลลิลิตร ตามลำดับ และเริ่มให้ความร้อนเมื่อเติม $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ จนละลายหมดแล้วจึงเติม Na_2SO_4 180 กรัม จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง 24-48 ชั่วโมง แล้วนำมากรองตะกอนออกก่อนใช้

2.1.2 Nelson Reagent : ชั่งสารต่อไปนี้ $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 53.2 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 21 มิลลิลิตร และ $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 6 กรัม ละลายสารตามลำดับในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง 24-48 ชั่วโมง แล้วนำมากรองตะกอนออกก่อนใช้

2.2 การเตรียมกราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคส

เตรียมสารละลายน้ำตาลกลูโคสเข้มข้น 0.2% นำสารละลายน้ำตาลที่ได้มาทำให้เจือจางเป็นความเข้มข้น 0.02% และนำมาทำให้มีความเข้มข้นต่างๆจากน้ำตาลกลูโคส 0.02% แสดงดังตารางผนวกที่ 1

ตารางผนวกที่ 1 สารละลายกลูโคสมาตรฐานความเข้มข้น 0-200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

ความเข้มข้นของกลูโคส (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)	ปริมาตรน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	ปริมาตรสารละลายกลูโคส 0.02% (มิลลิลิตร)
0	1.0	0
40	0.8	0.2
80	0.6	0.4
120	0.4	0.6
160	0.2	0.8
200	0	1.0

2.3 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

2.3.1 ปิเปตสารละลายน้ำตาลลงในหลอดทดลอง 1 มิลลิลิตร

2.3.2 เติมสารละลาย Alkaline Copper Reagent 1 มิลลิลิตร ผสมกัน นำไปต้มในอ่างน้ำเดือดนาน 15 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็นจัด

2.3.3 เติมสารละลาย Nelson Reagent 1 มิลลิลิตร ผสมกันทันที ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

2.3.4 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน(กราฟมาตรฐาน)

2.3.5 สำหรับตัวอย่างที่จะวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ วิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 2.3.1-2.3.4 โดยใช้สารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรแทนสารละลายกลูโคส 1 มิลลิลิตร โดยปริมาณน้ำตาลของตัวอย่างต้องอยู่ในช่วงที่วิเคราะห์ได้ ถ้าตัวอย่างมีปริมาณน้ำตาลอยู่สูงจะต้องเจือจางให้อยู่ในช่วงที่จะวิเคราะห์ได้ และหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3. การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน (Lee *et al.*, 2005)

การวัดปริมาณแอนโทไซยานินจะใช้วิธีความแตกต่างของค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบบัฟเฟอร์ 2 ชนิด คือ โพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ (Potassium Chloride Buffer), pH 1.0 (0.025 M) และ โซเดียมอะซิเตด (Sodium Acetate Buffer), pH 4.5 (0.4 M)

3.1 การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์สำหรับการวัดค่าการดูดกลืนแสง

3.1.1 สารละลายบัฟเฟอร์ความเป็นกรด-ด่าง 1.0

ละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1.86 กรัม ในน้ำกลั่น 980 มิลลิลิตร ปรับให้สารละลายมีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 1.0 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 37% แล้วปรับให้สารละลายมีปริมาตรสุดท้ายเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

3.1.2 สารละลายบัฟเฟอร์ความเป็นกรด-ด่าง 4.5

ละลายโซเดียมอะซิเตดไฮเดรต 54.43 กรัม ในน้ำกลั่น 980 มิลลิลิตร ปรับให้สารละลายมีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 37% แล้วปรับให้สารละลายมีปริมาตรสุดท้ายเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

สารละลายบัฟเฟอร์มีความคงตัวที่อุณหภูมิห้องนาน 1-2 เดือน แต่ควรมีการตรวจสอบและปรับค่าความเป็นกรด-ด่างก่อนใช้ทุกครั้ง

3.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

นำตัวอย่างข้าวเหนียวดำที่ผ่านการบดแล้ว 75 กรัมมาแช่ในสารละลายเมทานอล 100 มิลลิลิตร แล้วเติม 0.1% กรดไฮโดรคลอริก ทั้งไว้ข้ามคืนที่อุณหภูมิห้อง นำไปกรองโดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ภายใต้ระบบสุญญากาศ ส่วนที่เหลือค้ำบนกระดาษกรองนำไปสกัดต่อโดยใช้สารละลายเช่นเดิม ทำการสกัดจนกว่าจะได้สารละลายที่ใสไม่มีสี (ดัดแปลงจาก Orak, 2006) นำสารละลายที่ได้จากการสกัดไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินต่อไป

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

นำสารละลายที่ได้มาเจือจางด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่เตรียมจากข้อ 3.1 เพื่อให้สารละลายตัวอย่างมีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.4-0.6 ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตรตามลำดับ จากนั้นคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินได้จากสมการข้างล่าง ดังนี้

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/L)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times 1}$$

เมื่อ A = ผลต่างของค่าการดูดกลืนแสง ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$(A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 1.0} - (A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 4.5}$$

MW = น้ำหนักโมเลกุลของไซยานิน-3-กลูโคไซด์ (cyanin-3-glu8coside) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 449.2 กรัมต่อโมล

DF = อัตราการเจือจางเป็นสารละลาย (dilution factor) ของสารละลายตัวอย่าง เช่น สารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร นำมาเจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร ดังนั้นค่า DF = 10

ϵ = โมลาร์แอบซอร์บติวิตีของไซยานิน-3-กลูโคไซด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 29,600 L/mol/cm

4. การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้ Ebulliometer

4.1 การหาจุดเดือดของน้ำ

ล้าง Ebulliometer ให้สะอาดแล้วเติมน้ำให้ได้ปริมาตรที่ขีดไว้ตอนล่างของกระบอกตวง (25 มิลลิลิตร) โดยเติมน้ำลงในช่องใส่เทอร์โมมิเตอร์ ใส่เทอร์โมมิเตอร์ตามเดิม จุดไฟตะเกียงแอลกอฮอล์ใต้ไว้ใต้เครื่อง รอประมาณ 8-9 นาที น้ำจะร้อนขึ้น จะเห็นปรอทของเทอร์โมมิเตอร์ขึ้นเมื่อน้ำเดือดและปรอทอยู่คงที่ อ่านค่าอุณหภูมิที่ได้จะเป็นจุดเดือดของน้ำ (ควรจะได้ใกล้เคียงกับ 100)

ข้อสังเกต ไม่ต้องเติมน้ำในส่วนคอนเดนเซอร์ข้างบนในขณะที่หาจุดเดือดของน้ำ

4.2 การหาจุดเดือดของตัวอย่าง

เทน้ำออกแล้วใช้ตัวอย่างล้างและเททิ้งให้หมด ตวงตัวอย่างด้วยกระบอกตวงโดยใช้ปริมาตรของซีบับ (50 มิลลิลิตร) เติมน้ำลงในคอนเดนเซอร์ จุดตะเกียงแอลกอฮอล์สังเกตปรอทที่เริ่มขึ้นสูงจนกระทั่งปรอทหยุดคงที่ อ่านค่าอุณหภูมิที่ได้

ข้อสังเกต จุดเดือดที่ถูกต้องจะคงที่อยู่ระยะหนึ่ง ถ้าปล่อยให้เวลานานขึ้นจุดเดือดจะสูงขึ้นไปเรื่อยๆ เพราะน้ำในคอนเดนเซอร์ร้อน ค่าที่อ่านได้จะผิดไป จำเป็นต้องเผื่อสังเกตให้ดี เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับหาตัวอย่างที่มีแอลกอฮอล์ไม่เกิน 20% ถ้าสูงกว่านั้นจำเป็นต้องทำให้เจือจางตามอัตราส่วน

4.3 การอ่านค่าแอลกอฮอล์

อ่านค่าได้โดยใช้เป็นกลม หมุนปุ่มวงกลมให้จุดเดือดของน้ำตรงกับค่าแอลกอฮอล์ที่ 0 ดีกรี จากนั้นอ่านค่าจุดเดือดของตัวอย่างและด้านตรงข้ามจะเป็นแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในตัวอย่าง



ขั้นตอนการทำอภิปรายกลุ่ม (Resurreccion, 1998)

1. ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.1 กล่าวนำ

สวัสดีค่ะ ดิฉันนางสาวประวีณา ลาภา จะเป็นผู้นำการอภิปรายแบบ Focus group discussion โดยขั้นแรกจะขออธิบายเกี่ยวกับการศึกษาในครั้งนี้ก่อนนะคะ

1.2 ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการศึกษาแบบ Focus group discussion

ในการอภิปรายแบบ Focus group discussion มีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการทราบทัศนคติ ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์น้ำสลดใสที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

โดยดิฉันจะเป็นผู้ถามคำถามให้ทุกท่านตอบ ซึ่งแต่ละคนสามารถตอบได้ตามความคิดของคุณ จะไม่มีการตอบผิดหรือถูกใดๆ ทั้งสิ้น คุณสามารถพูดอะไรก็ได้ ที่เป็นมุมมองของคุณ และถ้ามีความคิดเห็นอย่างไรสามารถออกความคิดเห็นทั้งเห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วยซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการอภิปรายครั้งนี้

1.3 ชี้แจงเกณฑ์การทำ Focus group discussion

1.3.1 ในการอภิปรายจะมีการบันทึกข้อมูลระหว่างการอภิปราย เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการดำเนินงาน ซึ่งเทปนี้จะใช้ในการเตรียมรายงาน และจะไม่มีการอ้างชื่อของคุณในรายงาน

1.3.2 กรุณาพูดเสียงดังเพื่อให้ทุกคนได้ยินเสียงอย่างชัดเจน

เมื่อคุณต้องการพูด หรือแสดงความคิดเห็น หรือถามคำถามใดๆ กรุณายกมือขึ้น อย่าพูดแทรกขึ้นมาขณะคนอื่นกำลังแสดงความคิดเห็น และบอกชื่อของคุณก่อนทุกครั้ง

2. ขั้นตอนการดำเนินการอภิปราย

2.1 แนะนำตัว

พวกเราจะทำความรู้จักกัน โดยการแนะนำตัว เพื่อสร้างความสัมพันธ์และคุ้นเคยกัน ช่วยบอกชื่อของแต่ละท่านแก่ผู้เข้าร่วมอภิปรายด้วยค่ะ ได้แก่ ชื่อ นามสกุล ชื่อเล่น

2.2 การอธิบายเบื้องต้น

ถามคำถามเกี่ยวกับ ทักษะคิด และความต้องการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์น้ำสลดไส โดยมีขั้นตอนการดำเนินการและคำถามดังนี้

2.2.1 คำอธิบายลักษณะผลิตภัณฑ์

น้ำสลดไส เป็นเครื่องปรุงรสที่มีส่วนประกอบหลัก คือ น้ำส้มสายชูและน้ำมันมะกอก อาจมีส่วนประกอบอื่น เช่น กระเทียม หอม พริกไทยดำ และสมุนไพรต่างๆ มีการเติมแต่งรสชาติ ด้วยเกลือป่น น้ำผึ้ง หรือน้ำเชื่อม น้ำสลดไสมีลักษณะปรากฏที่เครื่องปรุงต่างๆ ของน้ำสลดจะรวมตัวกันแบบชั่วคราว เมื่อวางพักไว้เครื่องปรุงต่างๆ จะมีการแยกตัว ดังนั้นก่อนรับประทานต้องตีหรือเขย่าให้เข้ากันอีกครั้ง รสชาติของน้ำสลดชนิดไสจะมีรสเปรี้ยวเป็นหลัก อาจมีรสเค็ม และหวาน เล็กน้อย

2.2.2 คำถาม

ท่านมีพฤติกรรมในการบริโภคน้ำสลดไสโดยปกติอย่างไร

ก. ท่านบริโภคน้ำสลดไสบ่อยเพียงใด

ข. ท่านบริโภคน้ำสลดไสในช่วงเวลาใด

ค. เหตุผลในการเลือกบริโภคน้ำสลดไส

3. สอบถามอย่างละเอียด (In – depth Investigation)

ให้ผู้ร่วมอภิปรายทดสอบตัวอย่างน้ำสลัดใส่ที่เสิร์ฟพร้อมกับผักสด และประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส่ หลังจากที่ท่านได้ทำการประเมินและทดสอบชิมน้ำสลัดใส่นี้แล้ว ขอให้ท่านได้แสดงความคิดเห็นและความรู้สึกของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์นี้

3.1 ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส่ที่ท่านได้บริโภคมีลักษณะปรากฏเป็นอย่างไร

3.2 ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส่ที่ท่านได้บริโภคมีกลิ่นเป็นอย่างไร

3.3 ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส่ที่ท่านได้บริโภคมีรสชาติเป็นอย่างไร

3.4 ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส่ที่ท่านได้บริโภคท่านชอบตัวอย่างใด ให้เรียงลำดับพร้อมทั้งบอกเหตุผล

3.5 ท่านคิดว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำสลัดใส่ที่ท่านชอบที่สุด มีความเหมาะสมหรือควรปรับปรุง ถ้าปรับปรุงควรจะปรับปรุงอะไร

4. สรุป (Closure)

ก่อนที่จะจบการอภิปรายในครั้งนี้ท่านใดมีข้อเสนอแนะ หรือข้อสงสัยอื่นๆเพิ่มเติมหรือไม่ สุดท้ายนี้ ดิฉันขอขอบคุณทุกท่านที่สละเวลาและให้ความร่วมมือในการอภิปรายครั้งนี้ เป็นอย่างดี



ใบรายงานผลวิธีให้คะแนนความชอบ

ชื่อผู้ทดสอบ.....

ชุดที่:

วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ น้ำสลดไสผสมน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำ

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับรหัสที่ระบุไว้และให้คะแนนความชอบในแต่ละ
คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ตามคำอธิบายระดับคะแนนความชอบข้างล่างนี้

กรุณาทานขนมปังและดื่มน้ำก่อนการประเมินตัวอย่างถัดไปทุกครั้ง

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

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง			
สี				
รสชาติรวม				
ความชอบรวม				

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวประวีณา ลาภา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	18 กรกฎาคม 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วทบ. (เทคโนโลยีชีวภาพ) เกียรตินิยม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อการตีพิมพ์ ในวารสารระดับชาติและระดับนานาชาติ จากบัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2551)