วว.

โครงการวิจัยที่ ภ. 47-03 / ย. 4 / รายงานฉบับสมบูรณ์

การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวที่ไม่มีแอลกอฮอล์

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ. 47-03
การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว

โครงการย่อยที่ 4
การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวที่ไม่มีแอลกอฮอล์

รายงานฉบับสมบูรณ์
การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว
ที่ไม่มีแอลกอฮอล์

โดย

เรวดี มีสัตย์ **ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล**
จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์ **ดำรงชัย สิทธิสำอางค์**
เบญจวรรณ เกียรติสิน **สุนทร กุลบุตรดี**

บรรณาธิการ
ลิขิต หาญจางสิทธิ์
บุญเรียม น้อยชุมแพ

วว., กรุงเทพฯ 2555

สงวนลิขสิทธิ์

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(นายยงวุฒิ เสาวพฤกษ์)
ผู้ว่าการ

กิตติกรรมประกาศ

คณะทำงานโครงการขอขอบคุณบริษัท อีสต์เอเชียติ๊ก ที่ให้การสนับสนุนด้านเอนไซม์ที่ใช้ในการทดลองด้วยดีตลอดมา คณะทำงานจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะทำงาน

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	จ
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	2
1. บทนำ	3
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	27
3. ผลการทดลองและวิจารณ์	37
4. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	53
5. เอกสารอ้างอิง	55
6. ภาคผนวก	56

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเปลือก และส่วนต่างๆ ที่ได้จากการขัดสีข้าว	7
ตารางที่ 2.	ปริมาณของกรดไขมัน (%) ที่พบในข้าวกล้อง ข้าวสาร และรำข้าว	8
ตารางที่ 3.	ปริมาณวิตามิน และเกลือแร่ที่มีอยู่ในข้าวกล้อง และส่วนต่างๆ ที่ได้จากการขัดสี (ไมโครกรัม/กรัมโดยน้ำหนักแห้ง)	10
ตารางที่ 4.	องค์ประกอบของข้าวกล้อง ข้าวขาว และรำข้าว	11
ตารางที่ 5.	คุณภาพทางเคมีของปลายข้าวหอมมะลิ	11
ตารางที่ 6.	ผลที่ได้จากการสีข้าว	13
ตารางที่ 7.	เปรียบเทียบค่าคุณภาพด้านต่างๆระหว่างข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 และข้าวพันธุ์สุพรรณ 60	37
ตารางที่ 8.	เปรียบเทียบค่าคุณภาพด้านต่างๆระหว่างปลายข้าวกล้องและปลายข้าวขาวหอมมะลิ	38
ตารางที่ 9.	ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างปริมาณเอนไซม์และอุณหภูมิที่มีผลต่อการย่อยแป้งของเอนไซม์ Termamyl SC	41
ตารางที่ 10.	ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ในการต้มแป้ง	41
ตารางที่ 11.	ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำผลไม้รวมที่มีต่อเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว	43
ตารางที่ 12.	ผลคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale 9-point ที่มีต่อน้ำผลไม้รวม	44
ตารางที่ 13.	ผลการศึกษาอัตราส่วนน้ำผลไม้รวมและน้ำผลไม้รวมที่ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว	44
ตารางที่ 14.	ผลคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale 9-point ที่มีต่อการแปรอัตราส่วนระหว่างน้ำผลไม้รวมกับเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว	45
ตารางที่ 15.	ผลการศึกษาอัตราส่วนน้ำตาลทรายที่ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว	45
ตารางที่ 16.	ผลการวัดค่าทางกายภาพด้านความหนืดและค่าสีของเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวที่พัฒนาได้	46

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 17.	ผลการวัดค่าทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวที่พัฒนาแล้ว	47
ตารางที่ 18.	ผลวัดค่าทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวที่พัฒนาแล้ว	48
ตารางที่ 19.	ผลค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบ	48
ตารางที่ 20.	ผลการวิเคราะห์ค่าทางจุลินทรีย์	49
ตารางที่ 21.	ผลการวัดค่าทางเคมีและกายภาพของเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน	50
ตารางที่ 22.	ค่าสี	51
ตารางที่ 23.	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเครื่องดื่มสกัดจากข้าว กลิ่นรสผลไม้รวม	51
ตารางที่ 24.	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเครื่องดื่มสกัดจากข้าวกลิ่นรสใบเตย	52

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.	โครงสร้างของเมล็ดข้าว	6
รูปที่ 2.	ขั้นตอนที่สำคัญต่างๆ ในการสีข้าวเปลือกเป็นข้าวสารของโรงสีขนาดใหญ่และกลาง	13
รูปที่ 3.	ปลายข้าวขาวหอมมะลิ	28
รูปที่ 4.	ปลายข้าวกล้องหอมมะลิ	28
รูปที่ 5.	ขั้นตอนการผลิตแป้งปลายข้าว	29
รูปที่ 6.	แป้งปลายข้าวที่ได้จากกระบวนการเตรียมแป้งปลายข้าว	29
รูปที่ 7.	ขั้นตอนการผลิตน้ำข้าวสกัดจากปลายข้าวกล้องที่ไม่ใช้เอนไซม์	30
รูปที่ 8.	ขั้นตอนการผลิตน้ำข้าวสกัดจากปลายข้าวกล้องที่ใช้เอนไซม์	31
รูปที่ 9.	เปรียบเทียบเครื่องดื่มจากข้าวที่ไม่ใช้เอนไซม์กับที่ใช้เอนไซม์	31
รูปที่ 10.	ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวม	33
รูปที่ 11.	ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสใบเตย	34
รูปที่ 12.	ผลการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-เบสและกรรมวิธีการผลิตระหว่างที่ใช้เอมไซม์กับไม่ใช้เอมไซม์	39
รูปที่ 13.	ผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และกรรมวิธีการผลิตระหว่างที่ใช้เอมไซม์กับไม่ใช้เอมไซม์.	40
รูปที่ 14.	ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว	46

DEVELOPMENT OF PRODUCTION PROCESS FOR NON-ALCOHOLIC RICE BEVERAGE

Rewadee Meesat, Srisak Trangwacharakul, Jirawat Eiamwat, Damrongchai Sitthisam-ang, Benjawan Keattisin and Suntorn Kulbuddee

ABSTRACT

Thailand Institute of Scientific and Technological Research by Food Technology Department carried out research and development of non-alcoholic rice drink product. Starting from selection of rice with higher nutritional values (i.e. protein and fiber), broken brown rice was found to have suitable characteristic for rice drink production. The broken brown rice was then processed to brown rice flour by subsequent steps, respectively, washing, soaking about 1.30 hours, ground milling, centrifuging at 2000 rpm for 20 minutes, drying at 60˚C for 24 hours. Determining optimum processing conditions showed the ratio of flour to water 1 to 10, 0.3 percent of Termamyl SC enzyme and heating at 85˚C for 45 minutes. Development of two rice drink formulas found that fruit flavored rice drink consisting fruit juices 70 percent, rice water extract 30 percent, fructose 4.9 percent and purified salt 0.1 percent. Pandanus flavor rice drink consisted of rice water extract 91 percent, fructose 6 percent and Pandanus water extract 3 percent. The fruit flavored rice drink has orange yellow color, pH 3.7±0.2, viscosity 2.1±0.1 centipoises, total soluble solid 14.0±0.3 and L*a*b scale 61.49±1.05, 2.59±0.6 and 44.70±3.01, respectively. The Pandanus flavor rice drink has light green color, pH 5.5±0.2, viscosity 2.6±0.1 centipoises, total soluble solid 11.4±0.2 and L*a*b scale 39.56.49±2.38, 0.04±0.6 and 7.04±2.54, respectively. Microbiological examination showed 24 colonies per gram, yeast S. aureus $<$ 10 colonies per gram of E.coli and MPN coliforms $<$ 1.1. Study of product shelf-life of the two rice drinks showed that both be of the order of not less than 14 days. In consumer acceptance testing with 200 people, results showed a majority of the consumer's preference to both products towards moderately like.

การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว ที่ไม่มีแอลกอฮอล์

เรวดี มีสัตย์[1], ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล[1], จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์[1], ดำรงชัย สิทธิสำอางค์[1], เบญจวรรณ เกียรติสิน[1] และสุนทร กุลบุตรดี[1]

บทคัดย่อ

วว. ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวที่ไม่มีแอลกอฮอล์ โดยเริ่มจากการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือมีโปรตีนและไฟเบอร์ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว ซึ่งพบว่า ปลายข้าวกล้องหอมมะลิมีคุณสมบัติที่เหมาะสม เนื่องจากมีโปรตีนและเยื่อใยสูง จากนั้น นำปลายข้าวกล้องมาแปรรูปเป็นแป้งปลายข้าว ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิต คือนำแป้งปลายข้าวมาล้างทำความสะอาด แช่น้ำประมาณ 1.30 ชั่วโมง โม่ด้วยเครื่อง Hammermil เหวี่ยงแยกด้วยเครื่อง Centrifuge เวลา 20 นาที ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที นำแป้งไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการศึกษากรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม พบว่า อัตราส่วนระหว่างแป้งต่อน้ำ คือ 1 ต่อ 10 ปริมาณเอนไซม์ (Termamyl SC) ร้อยละ 0.3 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที จากการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวมและรสใบเตย พบว่า สูตรที่เหมาะสมสำหรับเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวม คือน้ำผลไม้รวม ร้อยละ70 น้ำข้าวสกัดร้อยละ 30 ฟรุกโตสร้อยละ 4.9 เกลือร้อยละ 0.1 และสูตรที่เหมาะสมของเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสใบเตย คือน้ำข้าวสกัดร้อยละ 91 ฟรุกโตสร้อยละ 6 น้ำใบเตยร้อยละ 3 โดยเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวม มีลักษณะสีส้มออกเหลือง ค่าความเป็นกรด-เบส 3.7±0.2 ความหนืด 2.1±0.1 เซนติพอยท์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 14.0±0.3 ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 61.49±1.05, 2.59±0.6 และ 44.70±3.01 ตามลำดับ และเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสใบเตย มีลักษณะเขียวอ่อน ค่าความเป็นกรด-เบส 5.5±0.2 ความหนืด 2.6±0.1 เซนติพอยท์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 11.4±0.2 ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 39.56 ±2.38, 0.04±0.6, และ 7.04±2.54 ตามลำดับ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 24 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์รา S.aureus น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม E.coli และโคลิฟอร์มมีค่า MPN น้อยกว่า 1.1 การศึกษาอายุการเก็บของเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวมและรสใบเตยมีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 14 วัน และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบการยอมรับกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายจำนวน 200 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ทั้งสองรส ในระดับชอบปานกลาง

----

[1]ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศกสิกรรมที่มีการปลูกข้าวเป็นอาชีพหลักของชาวนา เพื่อส่งข้าวจำหน่ายเป็นสินค้าส่งออกเป็นลำดับหนึ่งของโลก ในขณะเดียวกันข้าวบางส่วนก็ผลิตเพื่อใช้บริโภคภายในประเทศมาแต่โบราณกาล. เนื่องจากที่ตั้งของประเทศไทยเหมาะกับการปลูกข้าวเป็นอย่างมาก ตลอดจนพัฒนาการของเทคโนโลยีการเกษตร จึงเป็นผลให้เกษตรกรสามารถเพาะปลูกให้ผลผลิตเป็นจำนวนมากเกินความต้องการของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ, มีผลกระทบต่อราคาข้าว เป็นสาเหตุให้ข้าวมีราคาตกต่ำอย่างต่อเนื่อง. ทั้งนี้เนื่องจากตลาดผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศมีจำนวนจำกัด ตลอดจนการแปรรูปข้าวเจ้ามีเพียงไม่กี่ประเภท เช่น ก๋วยเตี๋ยวและแป้งข้าวเจ้า ซึ่งอาหารแปรรูปจากข้าวเจ้าดังกล่าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้บริโภคในแต่ละมื้อทดแทนข้าวเจ้าจึงไม่ก่อให้เกิดการบริโภคเพิ่มขึ้นแต่อย่างไร. ดังนั้น ตลาดของข้าวเจ้าจึงยังจำกัดเฉพาะชาวเอเชีย และผู้อพยพที่ไปตั้งถิ่นฐานในทวีปยุโรปและอเมริการวมทั้งตลาดผู้บริโภคในประเทศเป็นหลักเท่านั้น.

ดังนั้น จึงได้มีการพยายามแปรรูปข้าวเจ้าให้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ นอกเหนือจากก๋วยเตี๋ยวและแป้งข้าวเจ้า. ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวสามารถบริโภคได้ในระดับชนทุกชาติหรือระดับนานาชาติ จนกระทั่งมีนโยบายในเรื่องของการแปรรูปข้าวเป็นนโยบายระดับประเทศให้หลายๆ หน่วยงานเสนอโครงการแปรรูปข้าว, ดังเช่น :

- มติ ครม. สัญจรเมื่อ 12 เมษายน พ.ศ. 2545 มีมติสนับสนุนเศรษฐกิจชุมชน, โดยการส่งเสริมให้ชาวบ้านผลิตเครื่องดื่มจากผลิตภัณฑ์ข้าว, เครื่องดื่มผสมน้ำผลไม้จากผลิตภัณฑ์ข้าว เป็นต้น.
- นโยบายกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป้าหมายในปี พ.ศ. 2549 นโยบายข้อ 1 มีการสนับสนุนงานวิจัย, พัฒนา และนวัตกรรม ซึ่งต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นและงานวิจัยประยุกต์.

1.1 ข้าว

ข้าวจัดเป็นพืชตระกูลหญ้าชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์หลายด้าน ประเทศไทยมีการปลูกข้าวเจ้าเพื่อใช้ในการส่งออก ซึ่งจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ. ข้าวที่ผลิตได้ในแต่ละปี ประมาณ 19 – 20 ล้านตัน เป็นข้าวเปลือกร้อยละ 60 จะใช้เพื่อบริโภค และใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์

ภายในประเทศ, ส่วนอีกร้อยละ 35 – 40 สีเป็นข้าวสารและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ. เนื่องจากข้าวมีบทบาทในระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย จึงต้องพยายามที่จะเพิ่มการผลิตข้าวให้มากขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ศูนย์สถิติการเกษตร 2538).

1.1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าว

1.1.1.1 ความหมายของข้าว

มงคล (2536) กล่าวว่า ข้าวเป็นพืชวงศ์หญ้า พันธุ์โอไรซี (Oryzae) มีอยู่ประมาณ 25 ชนิด และข้าวเจ้าเป็นพืชวงศ์หญ้าชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์หลายด้าน. ประเทศไทยมีการปลูกข้าวเจ้าเพื่อใช้ในการส่งออก ซึ่งจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและใช้ในการบริโภคของประชากรในประเทศ. ข้าวเจ้าเป็นพืชที่ปลูกมากในทวีปเอเชีย โดยเฉพาะประเทศจีน, อินเดีย, ไทย, เวียดนาม และฟิลิปปินส์.

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 ให้ความหมายของคำว่า “ข้าว” ไว้ดังนี้ คือ “ชื่อไม้ล้มลุกหลายชนิด หลายสกุล ในวงศ์ Gramineae โดยเฉพาะชนิด Oryza sativa Linn. ซึ่งใช้เมล็ดเป็นอาหารหลัก มีหลายพันธุ์ เช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว”

สงกรานต์ (2534) ข้าวที่ปลูกเพื่อการบริโภคมีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ :

อินดิคา ส่วนใหญ่ปลูกในเขตร้อน เช่น ศรีลังกา, จีนตอนใต้และตอนกลางอินเดีย, รวมทั้งประเทศไทย

จาปอนนิคา ปลูกในประเทศเขตอบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น, เกาหลี เป็นต้น

จาวานิคา ปลูกในประเทศอินโดนีเซีย.

1.1.1.2 ข้าวพันธุ์ดี

ปัจจุบันข้าวพันธุ์ดีที่ได้จากการค้นคว้าและวิจัยของศูนย์วิจัยข้าวและสถานีทดลองข้าวต่างๆ ในสังกัดสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตรที่ส่งเสริมให้ชาวนาปลูกมี 53 พันธุ์ (กัมปนาท 2533) แต่ในปัจจุบันทางกรมวิชาการเกษตรได้ทำการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกข้าวหอมมะลิเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นข้าวที่ขายได้ราคาสูงกว่าข้าวนาปี.

แต่เนื่องจากผลผลิตข้าวของประเทศไทยในแต่ละปี จะเป็นข้าวเจ้าประมาณ 3 ใน 4 ส่วน และที่เหลือจะเป็นข้าวเหนียว (ณรงค์ 2535) และจากผลผลิตข้าวนี้ประมาณร้อยละ 40 ใช้ในการส่งออก, โดยร้อยละ 98 ของการส่งออกจะเป็นการส่งออกในรูปข้าวสาร และมีการส่งออกข้าวแปร

รูปเพียงร้อยละ 2. การส่งออกข้าวของไทยจะมี 2 ตลาด คือ ตลาดข้าวคุณภาพดีและข้าวคุณภาพต่ำ ข้าวคุณภาพดีของไทยนั้นมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท ดังนี้ :

1) ข้าวหอมมะลิ ได้แก่

ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ข้าวพันธุ์ กข.15

2) ข้าวที่สีได้ข้าว 100% ได้แก่

ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 6

ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90

ข้าวพันธุ์ กข.23

สำหรับข้าวหอมมะลินั้น เป็นข้าวที่มีชื่อเสียงมากของประเทศไทย และได้รับการส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเป็นข้าวที่ขายได้ราคาดี.

1.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว แบ่งออกได้เป็น 6 ส่วน (มงคล 2536) ดังนี้ :

1. ราก รากของข้าวมีหน้าที่ยึดลำต้นให้ตั้งตรงและหาอาหารไปเลี้ยงลำต้น รากของข้าวจัดอยู่ในประเภทรากฝอย (fibrous root system).

2. ลำต้น ต้นของข้าวประกอบด้วยข้อและปล้อง (มงคล 2536) มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลางและแบ่งออกเป็นปล้องๆ โดยมีข้อกั้นระหว่างปล้อง ความยาวของปล้องจะแตกต่างกัน (ประพาส 2526).

3.ใบ ข้าวมีใบไว้สังเคราะห์แสง เพื่อเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุ, อาหาร, น้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นแป้ง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างเมล็ดของต้นข้าว (ประพาส 2526), ใบข้าวมีลักษณะเป็นแผ่นบาง แคบ และยาว ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ กาบใบ และตัวใบ. (มงคล 2536)

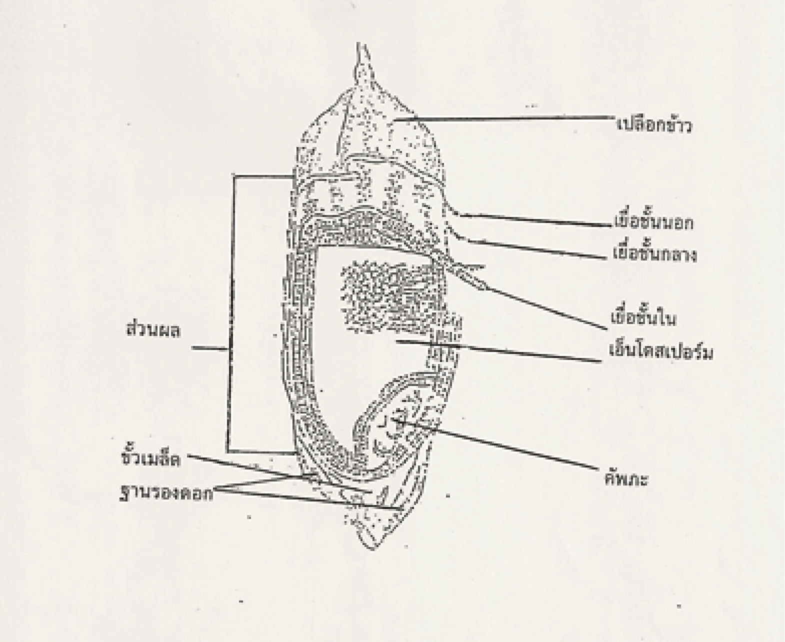
4. รวงข้าว คือช่อดอก (inflorescence) ของข้าว เกิดขึ้นที่ปล้องสุดท้าย. (มงคล 2536)

5. ดอกข้าว เป็นดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower). ลักษณะดอก ประกอบด้วย เปลือกนอก (glume) 2 แผ่น, เปลือกนอกแผ่นใหญ่เรียกว่า lemma มีเส้นที่เปลือก (nerve) นี้ 5 เส้น ที่ปลายสุดของ lemma มีลักษณะยื่นออกไปเรียกว่า หางข้าว (awn), เปลือกนอกแผ่นเล็ก เรียกว่า palea ประกอบด้วยเกสรตัวผู้ (stamen) และเกสรตัวเมีย (pistil) (มงคล 2536).

6. เมล็ดข้าว.

1.1.3 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

"เมล็ดข้าว" หรือ "Rice Grain" ที่ภาษาธรรมดาเรียกกันทั่วไปว่า "เมล็ด" นั้นภาษาทางวิชาการที่ถูกต้องเรียกว่า "ผล" หรือ "Fruit". คำว่า "เมล็ดข้าว" นี้จะประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วนใหญ่ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1 คือ :



รูปที่ 1. โครงสร้างของเมล็ดข้าว.

1. เปลือกหุ้มเมล็ด (Hull) หรือแกลบ (Husk) เป็นส่วนที่ถูกกำจัดออกระหว่างการสีข้าว ซึ่งส่วนนี้ประกอบด้วย

- เปลือกข้าว (Lemma & Palea) จะมีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ, บางชนิดมีขนอยู่ที่ผิว. ส่วนปลายแหลมของเมล็ด (Apiculus or Apex) จะมีสีต่างกัน คือ สีม่วงและสีดำ, บางพันธุ์บริเวณนี้ยาวออกไปมากเรียกว่า Awn, ถือว่าเป็นลักษณะที่ไม่ดีในขณะทำการแปรรูป.
- ขั้วเมล็ด (Rachilla).
- ฐานรองดอก (Sterile Lemma).

2. ส่วนผล (Caryopsis) หรือผลแท้ (True Fruit) หรือข้าวกล้อง (Brown Rice) เป็นส่วนที่เก็บสารอาหารอยู่ภายในสุด, เนื้อผลทั้งหมดส่วนใหญ่เป็นแป้ง มีส่วนประกอบดังนี้ :

- เยื่อชั้นนอก (Pericarp) มีสารอาหารที่เป็นเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส, มีเส้นใยสูง, มีโปรตีน, มีเม็ดสีอยู่โดยส่วนใหญ่เป็นเม็ดสีน้ำตาลแดงและสีดำ.

- เยื่อชั้นกลาง (Testa) ส่วนนี้จะประกอบด้วยไขมันสูง.
- เยื่อชั้นใน (Aleurone layer) ส่วนนี้จะประกอบด้วย โปรตีน และไขมันสูง.
- เอ็นโดสเปอร์ม เป็นส่วนที่มีแป้งอยู่สูง มีโปรตีนแทรกอยู่ระหว่างเมล็ดแป้ง.
- คัพภะ (Embryo) จะอยู่ด้านล่างของเมล็ด เป็นแหล่งสารอาหารโปรตีน, ไขมันและวิตามินสูง. คัพภะมักจะถูกขัดสีออกไป ทำให้สารอาหารหลายชนิดสูญเสียไปรวมอยู่กับชั้นอัลลูโรนเป็นรำ ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ในการสกัดน้ำมันรำและทำเป็นอาหารสัตว์.

1.1.4 คุณภาพทางโภชนาการ (Nutritive value)

องค์ประกอบที่สำคัญและมีมากในเมล็ดข้าว ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต สะสมในรูปของเม็ดสตาร์ชในส่วนของเอ็นโดสเปอร์ม, รองลงมาได้แก่ โปรตีนและไขมัน, ดังแสดงในตารางที่ 1.

ตารางที่ 1. องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเปลือก และส่วนต่างๆ ที่ได้จากการขัดสีข้าว

สิ่งที่ได้จากการสีข้าว	โปรตีน (N*5.95)	ไขมัน	เส้นใย	เถ้า	ไนโตรเจนอิสระ	แป้งอิสระ	น้ำตาล
ข้าวเปลือก	6.7-8.3	2.1-2.7	8.4-12.1	3.4-6.0	75.4-85.1	62.1	1.4
ข้าวกล้อง	8.3-9.6	2.1-3.3	0.7-1.2	1.2-1.8	84.8-88.2	77.2	0.8-1.5
ข้าวสารขาว	7.3-8.3	0.4-0.6	0.3-0.6	0.4-0.9	89.2-91.2	90.2	0.25-0.52
เปลือกหุ้มผล	2.3-3.2	0.4-0.7	40.1-53.4	15.3-24.4	26.0-41.1	1.8	0.7
รำข้าว	13.2-17.3	17.0-22.9	9.5-13.2	9.2-11.5	39-6-60.8	16.1	6.4-6.5
คัพภะ	17.7-23.9	19.3-23.8	2.8-4.1	6.8-10.1	39.8-48.1	2.4	20.7
ข้าวนึ่ง	13.0-14.4	11.7-14.4	2.7-3.7	6.1-8.5	59.4-64.0	48.3-55.4	-

1.1.4.1 คาร์โบไฮเดรต

จะสะสมในรูปของสตาร์ชและน้ำตาล รวมทั้งเซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลสและเพนโทแซน อยู่ในส่วนของใยอาหาร ในการสีข้าวจะพบองค์ประกอบนี้มากในข้าวกล้อง ข้าวสาร รำหยาบ และรำละเอียด โดยเฉพาะในข้าวสารจะมีส่วนที่เป็นสตาร์ชอยู่ถึงร้อยละ 90.2

สตาร์ช ที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวโดยทั่วไปประกอบด้วยอะไมโลสประมาณ 12 – 35 % และเป็นอะไมโลเพกติน 65 – 88 %.

น้ำตาล พบมากในส่วนของคัพภะ ประมาณ 20.7 % รองลงมาพบในส่วนของรำข้าว ประมาณ 6.4 – 6.5 %.

เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพนโทแซน ซึ่งอยู่ในรูปของใยอาหาร โดยเฉพาะในส่วนของแกลบที่ได้จากการขัดสีถึง 40.1 – 53.4 % และในรำหยาบ 9.5 – 13.2 %.

1.1.4.2 โปรตีน

เป็นสารอาหารที่มีมากเป็นอันดับรองจากคาร์โบไฮเดรต พบมากในส่วนที่เป็นคัพภะประมาณ 19 – 27 % ของน้ำหนักคัพภะ โปรตีนที่สะสมอยู่ในเมล็ดข้าวประกอบด้วยกรดแอมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายอยู่หลายชนิดโดยมี กรดแอมิโนลิวซีน (leucine) สูงที่สุด, รองลงมาได้แก่ วาลีน (valine) และไลซีน (lysine) ตามลำดับ.

1.1.4.3 ไขมัน

พบมากในคัพภะ, รำหยาบ และรำละเอียด ตามลำดับ, เป็นวัตถุดิบในการสกัดน้ำมันรำข้าว โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมัน (fatty acid) ได้แก่ กรดพาลมิติก (palmetic acid), กรดโอเลลิก (oleic acid) และกรดลิโนเลอิก (linoleic acid), ดังแสดงในตารางที่ 2.

ตารางที่ 2. ปริมาณของกรดไขมัน (%) ที่พบในข้าวกล้อง ข้าวสาร และรำข้าว

กรดไขมัน	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร	รำข้าว
ลูลิก	0	0.1	Trace
ไมลิสติก	1.0	0.9	0.2-0.5
พาลมิติก	27.5	24.0	16.9-20.5
พาลมิโตเลอิก	Trace	0.1	0.1-0.4
สเตรียลิก	2.0	2.5	1.1-1.8
โอเลอิก	43.0	29.6	37.1-45.0
ลิโนเลอิก	25.1	41.2	33.5-40.7
ลิโนเลนิก	1.0	1.1	0.5-1.4
อลาซิดิก	0.2	0.4	0.1-0.7

1.1.4.4 แร่ธาตุ (Minerals)

ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณผิวนอกของเมล็ดดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งแร่ธาตุที่พบมี ดังนี้ :

- กลุ่มที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวมากพอสมควร ได้แก่ ฟอสฟอรัส (P), แมกนีเซียม (Mg), โพแทสเซียม (K), โดยที่ฟอสฟอรัสที่พบ จะอยู่ในรูปแบบที่ร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เป็นส่วนใหญ่.

- กลุ่มที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวเพียงเล็กน้อย ได้แก่ แคลเซียม (Ca), คลอรีน (Cl), ซิลิกอน (Si), และเหล็ก (Fe), ซึ่งปริมาณของเหล็กและแคลเซียม จะมีน้อยกว่าความต้องการของร่างกายมนุษย์.

- กลุ่มแร่ธาตุอื่น ได้แก่ อะลูมิเนียม (Al), แมงกานีส (Mn), โซเดียม (Na), และสังกะสี (Zn) จะมีรวมอยู่ในเมล็ดข้าวบ้างเล็กน้อย.

1.1.4.5 วิตามิน (Vitamin)

ส่วนใหญ่อยู่ในคัพภะและเยื่อชั้นในมากกว่าที่จะอยู่ในส่วนของเนื้อเมล็ดข้าว (Endosperm) ดังนั้นข้าวกล้องที่ถูกขัดสีจนขาวเป็น “ข้าวสาร” มักจะมีวิตามินเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย, พอสรุปได้ดังนี้

- พวกที่มีอยู่น้อยมากหรือเกือบไม่มีอยู่เลย ได้แก่ วิตามินเอ, ซี, ดี และบี-12.
- พวกที่มีอยู่บ้าง (ปริมาณเล็กน้อย) ได้แก่ วิตามินบี-1, บี-2.
- พวกที่มีอยู่มากพอสมควร ได้แก่ ไนอะซินหรือนิโคตินิก, แอซิด (พี-พี แฟกเตอร์,วิตามินบี-5).

องค์ประกอบที่สำคัญที่พบในข้าวกล้อง ข้าวสาร และรำข้าวจะประกอบไปด้วยแป้ง, อะไมโลส, เส้นใย, ไขมัน, โปรตีน, วิตามิน และเกลือแร่, ดังแสดงในตารางที่ 3.

ตารางที่ 3. ปริมาณวิตามินและเกลือแร่ที่มีอยู่ในข้าวกล้อง และส่วนต่างๆ ที่ได้จากการขัดสี (ไมโครกรัม/กรัมโดยน้ำหนักแห้ง).

องค์ประกอบ	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร	รำหยาบ	คัพภะ	รำละเอียด
วิตามิน					
ไทอะมีน	2.1-4.5	0.22-1.26	10.1-27.9	45.3-76	3.6-30
ไรโบฟลาวิน	0.33-0.86	0.11-0.37	1.17-3.4	2.7-3.7	1.4-3.4
ไนอะซีน	44-6.2	3.6-22	241-590	15.2-99	228-385
ไพริดอคซิน	1.6-11.2	0.37-6.2	10.3-32.1	15.2-16	9.6-30.8
ไบโอติน	0.065-0.13	0.005-0.07	0.16-0.47	0.28-0.58	0.14-0.57
วิตามิน เอ (คาโลทีน)	0.13	Trace	4.2	1.3	0.95
วิตามิน อี	13.1	Trace	149.2	87.3	62.9
แร่ธาตุ					
แคลเซียม	65-400	46-270	140-1310	480-2750	90-910
ฟอสฟอรัส	2480-2920	885-1920	14,800-28,680	17,100-21,000	1,700-24,400
เหล็ก	6.8-4.6	1.8-26.8	130-530	110-489	102-280
แมกนีเซียม	379-1400	229-372	8650-12,300	6020-15,270	5680-7590
โพแทสเซียม	1240-3280	577-1170	13,650-22,700	6610-17,700	9500-11,100
ซิลิคอน	280-1900	107-370	1700-16,300	560-1900	560-1200

ที่มา : IRRI (1974)

ตารางที่ 4. องค์ประกอบของข้าวกล้อง, ข้าวขาว และรำข้าว.

ส่วนประกอบ	ข้าวกล้อง	ข้าวสารขาว	รำข้าว
แป้ง (%)	75.9	89.8	9.7
อไมโลส (%)	30.8	32.7	6.7
เส้นใย (%)	0.8	0.1	9.7
ไขมัน (%)	3.3	0.6	22.8
โปรตีน (%)	8.4	7.7	15.7
เหล็ก (mg2100g)	2.0	0.67	15.7
ไลซีน (g/16gN)	4.1	3.8	5.6
ไทอะมีน (mg/100g)	0.34	0.07	2.26
ไรโบฟลาวิน (mg/100g)	0.05	0.03	0.25
ไนอะซิน (mg/100g)	4.7	1.6	29.8

วาสิกดิลก (2541) ได้ทำการศึกษาคุณค่าทางเคมีของปลายข้าวหอมมะลิ ดังแสดงในตารางที่ 5 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนบขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ.

ตารางที่ 5. คุณภาพทางเคมีของปลายข้าวหอมมะลิ.

คุณภาพทางเคมี (ร้อยละ)	ปลายข้าวหอมมะลิ
ความชื้น	12.44
โปรตีน	6.72
ไขมัน	0.72
เถ้า	0.28
ใยอาหาร	0.77
อะไมโลส	18.47

ที่มา : วาสิกดิลก (2541)

1.1.5 การแปรรูปข้าว

จากลักษณะโครงสร้างของข้าวซึ่งประกอบด้วยเปลือกแข็งหุ้มที่มนุษย์บริโภคไม่ได้ จึงต้องมีวิธีการกะเทาะเปลือกแข็งออกจากส่วนเนื้อเมล็ดภายใน. จะได้ข้าวกล้องหรือข้าวซ้อมมือ ซึ่งสีของข้าวจะไม่ขาว มีสีน้ำตาลคล้ำไม่สม่ำเสมอ, ใช้เวลาหุงต้มนาน, เนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็งกระด้าง และเก็บไว้ได้ไม่นาน, จึงต้องมีการขัดสีข้าวกล้องให้ขาว. จุดประสงค์ของการสีข้าว คือเพื่อจะแยกเปลือก, รำ และคัพภะ ออกจากข้าวสาร ให้มีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดมากที่สุด, ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนพื้นฐาน 4 ขั้นตอน คือ :

1. การทำความสะอาด เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนและสิ่งสกปรกที่ติดมากับข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยว เช่น กรวด, หิน, ดิน, ทราย, เศษฟาง, เมล็ดลีบ, เมล็ดวัชพืชอื่นๆ เป็นต้น.

2. การกะเทาะเปลือก เพื่อแยกเปลือกแข็งหุ้มหรือแกลบ ออกจากข้าวกล้อง.

3. การขัดขาว เพื่อทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดและคัพภะ หลุดออกจากข้าวกล้อง เรียกว่า รำ, ข้าวกล้องจะกลายเป็นข้าวสารที่มีสีขาว. สิ่งที่ได้จากการขัด คือ รำละเอียด, คัพภะ. ส่วนข้าวที่ได้มีสีขาวมากหรือน้อยขึ้ยอยู่กับระดับการขัดสี, ถ้าขัดสีมากเกินไปจะได้ข้าวที่ขาว, แต่คุณภาพการสีลดลง คือ ทำให้มีข้าวหักมากขึ้น จึงไม่เป็นการดี.

4. การคัดแยก เพื่อแยกขนาดข้าวเป็นข้าวเต็มเมล็ด และข้าวหักขนาดต่างๆ ด้วยเครื่องคัดแยกที่มีลักษณะเป็นตะแกรงร่อนหรือลูกกลิ้งที่เจาะรูขนาดร่างๆ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช 2538)

1.1.5.1 สิ่งที่ได้จากการสีข้าว ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งประกอบได้ด้วย

- แกลบ เป็นส่วนผสมของเปลือกเมล็ด (Lemma + Palea), หาง (awn), กลีบเลี้ยงและขั้วเมล็ด มีอยู่ประมาณร้อยละ 20 – 24 ของข้าวเปลือก. แกลบเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น คาร์โบไฮเดรต พวกเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ประมาณร้อยละ 68.2, มีลิกนิน (lignin) ร้อยละ 19.52 – 24.70 และเถ้า ร้อยละ 132 – 29.0.

- รำ เป็นส่วนผสมของเยื่อหุ้มผล (pericarp), เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen), เยื่ออะลูโรน, คัพภะ และผิวนอกของข้าวสาร, มีอยู่ร้อยละ 8 – 10 ของข้าวเปลือก. รำมีคุณค่าทางอาหาร มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์มาก โปรตีนร้อยละ 10.6 – 13.4, ไขมันร้อยละ 10.1 – 22.4, ส่วนใหญ่ใช้เลี้ยงสัตว์, บางส่วนนำไปสกัดน้ำมัน, ทำอาหารเด็กอ่อน และอื่นๆ.

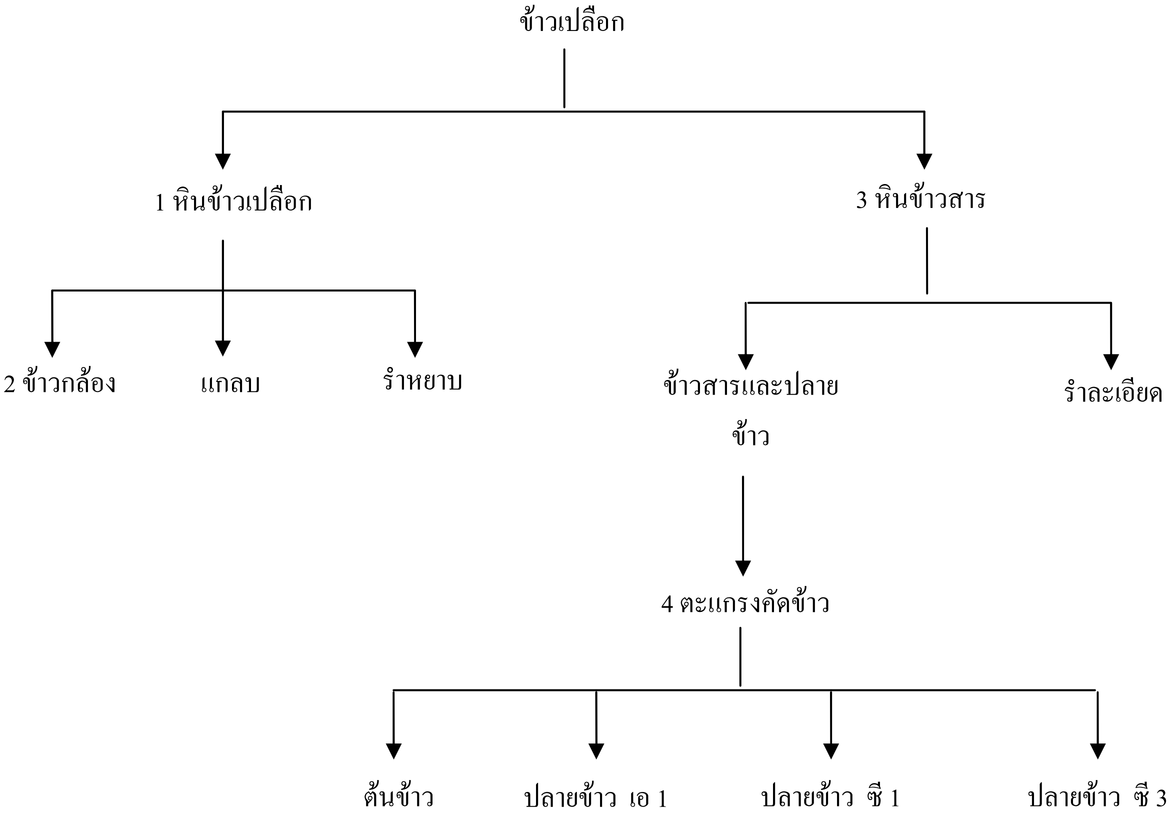
- ข้าวสาร มีประมาณร้อยละ 68 – 70 ของข้าวเปลือกเป็นส่วนที่มนุษย์รับประทาน, อาจจะหุงทั้งเมล็ด หรือบดเป็นแป้ง แล้วแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว, ขนมจีน. จากนั้น ข้าวสารทั้งหมดที่ได้

จากการขัดขาวจะถูกนำไปคัดแยกเป็นข้าวเต็มเมล็ด, ต้นข้าว และข้าวหัก ซึ่งจะได้แต่ละส่วนมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้าวเปลือกก่อนสี.

ตารางที่ 6. ผลที่ได้จากการสีข้าว.

ผลจากการสีข้าว	อัตราส่วน (%)
ข้าวสาร	60
แกลบ	25
รำ	7
ปลายข้าว	6

ที่มา : วาสิกคิลก (2541)



รูปที่ 2. ขั้นตอนที่สำคัญต่างๆ ในการสีข้าวเปลือกเป็นข้าวสารของโรงสีขนาดใหญ่และกลาง.

1.1.6 การใช้ประโยชน์จากข้าว

คงเสรี (2537) กล่าวถึงการใช้ประโยชน์จากข้าวไว้ว่า เนื่องจากเมล็ดข้าวไทยมีคุณสมบัติของแป้งแตกต่างกัน ดังนั้น การแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ จึงมีความหลากหลาย. ชนิดของผลิตภัณฑ์ในระดับอุตสาหกรรม ที่สามารถพัฒนาจากข้าว ได้แก่

1. แป้งข้าว (rice flour) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต คือข้าวหักหรือปลายข้าว. กรรมวิธีการผลิตมี 3 วิธี คือ วิธีโม่แห้ง, วิธีโม่เปียก และวิธีผสม แป้งที่ได้จากการโม่แห้งจะมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากเมล็ดแป้งค่อนข้างหยาบและมีสิ่งเจือปนอยู่สูงกว่า จึงมีอายุการเก็บรักษาสั้น จะเกิดกลิ่นหืน และถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย. สำหรับวิธีการโม่เปียก เป็นวิธีการผลิตแป้งข้าวในปัจจุบัน แป้งมีคุณภาพดี, มีความละเอียด และสิ่งเจือปนน้อย. การผลิตแป้งวิธีผสมเป็นการโม่แป้งจากข้าวที่แช่น้ำ และอบแห้งด้วยความร้อน, ดังนั้น แป้งในเมล็ดข้าวจะถูกทำให้สุกก่อนโม่.

2. ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นและแผ่น ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ได้แก่ เส้นก๋วยเตี๋ยว, เส้นหมี่ และขนมจีน. ปัจจุบันมีการใช้ข้าวสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เหล่านี้ เพื่อบริโภคภายในและส่งออกต่างประเทศ. ข้าวที่เหมาะสมเป็นข้าวที่มีอะไมโลสไม่ต่ำกว่าร้อยละ 27 และควรเป็นข้าวเก่า 3 – 4 เดือน. นอกจากนี้ ยังมีผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบประเภทเดียวกัน เช่น แป้งแผ่นหรือใบเมี่ยง, เทคโนโลยีในการผลิตอาหารเหล่านี้มีหลักการใกล้เคียงกัน แต่มีความละเอียดบางส่วนแตกต่างกัน.

3. แป้งขาวบริสุทธิ์ (rice starch) เป็นแป้งที่ผ่านการแยกส่วนของโปรตีนออกจนมีความบริสุทธิ์ของแป้งสูงมาก. การแยกโปรตีนมักใช้การแยกด้วยสารละลายของโซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ หลายๆ ครั้ง และล้างออกด้วยน้ำ, แล้วแยกน้ำและอบแห้ง, สามารถนำไปใช้ในส่วนผสมของยา.

4. อาหารประเภทของกรอบ (expanded product) การพองด้วยความร้อน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อะราเร (arare) ที่ทำจากข้าวเหนียว และเซมเบ (sembei) ที่ทำจากข้าวเจ้าที่มีอะไมโลสต่ำ, ซึ่งมีกระบวนการผลิตที่ต่างกัน ได้แก่ :

- การพองที่เกิดจากแรงอัดที่อุณหภูมิสูง (extrusion),
- การพองตัวที่เกิดจากแผ่นความร้อน (puffing machine),
- การพองตัวที่เกิดจากการอบด้วยความร้อนสูงหรือทอดในน้ำมันร้อน (Oven or Deep Fry puffing).

5. อาหารเด็กอ่อน นำมาทำเป็นอาหารเด็กอ่อนในรูปของแป้งหรือเม็ดหยาบ เช่น นำปลายข้าวมาป่น ทำให้สุกก่อน, แป้งที่ผ่านกระบวนการ extrusion สามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ได้ดีเช่นกัน เนื่องจาก โครงสร้างของวัตถุดิบจะถูกทำลายและย่อยได้ง่าย.

6. ข้าวกึ่งสำเร็จรูป (Quick cooking rice) เช่น ผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป.

7. ผลิตภัณฑ์หมักดอง (Brewing) ได้แก่

- เหล้า (นำข้าวเหนียวมาทำ)
- เป็นส่วนประกอบของการผลิตเบียร์
- น้ำส้มสายชู

8. ข้าวเสริมโภชนาการ หรือข้าวอนามัย (Enriched Rice) ผลิตภัณฑ์ข้าวเสริมวิตามินและเกลือแร่เพื่อชดเชยส่วนที่ขาดหายไป โดยการเคลือบผิวเมล็ด (coating) ด้วยสารอาหารต่างๆ, ในการทำข้าวนึ่ง ซึ่งวิตามินและเกลือแร่บางส่วนละลายน้ำแทรกเข้าไปภายในเมล็ดและเหลือค้างอยู่.

9. น้ำมันรำข้าว น้ำมันจากรำข้าวเป็นน้ำมันคุณภาพดีมีไขมันอิ่มตัวน้อย, ทำให้มีคอเลสเตอรอลต่ำ. ในน้ำมันรำข้าวจะมีไขรำข้าวปะปนอยู่ ในส่วนที่อาจจะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ และนำมาเคลือบผลไม้ช่วยให้ยืดอายุอยู่ได้นานขึ้น.

10. แกลบ การใช้ประโยชน์จากแกลบส่วนใหญ่ใช้ในการเกษตร เช่น ปรับปรุงดิน, ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงานในโรงสีข้าว และใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต furfural, บล็อคคอนกรีต, Activated carbon, Calcium silicate, Sodium silicate และเพิ่มความแข็งแรงและลดการลื่นไหลของยางด้วย.

11. ฟางข้าว มีเฮมิเซลลูโลส ซึ่งมีน้ำตาลไซโลส (Xylose) เป็นองค์ประกอบ และสามารถหมักกับยีสต์เพื่อผลิตไซลิทอล (Xylitol) ซึ่งเป็นสารให้ความหวานที่มีความหวานใกล้เคียงน้ำตาลซูโครส.

1.1.7 การใช้ประโยชน์จากปลายข้าว

เนื่องจากในประเทศมีการผลิตข้าวเป็นจำนวนมากจึงทำให้ปลายข้าวเหลือเป็นจำนวนมาก. ในปี พ.ศ. 2543 การแปรรูปแป้งและผลิตภัณฑ์จากปลายข้าวจะเห็นได้ว่า ปริมาณปลายข้าวที่เหลือมีปริมาณทั้งหมด 2.3 ล้านตัน หรือมีมูลค่า 6,500 ล้านบาท. เมื่อนำมาทำการแปรรูปเป็นแป้งข้าว, แป้งดัดแปร, ผลิตภัณฑ์ขนมและเคมีภัณฑ์พบว่า มีมูลค่ารวม 77,000 ล้านบาท. ดังนั้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดการนำปลายข้าวมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด เนื่องจากการขายปลายข้าวหรือส่งออกจะได้ราคาเพียง 5 บาท/กิโลกรัม, แต่ในกรณีที่นำหลายข้าวนั้นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จะทำให้มีราคาเพิ่มมากขึ้นเป็น 15 – 20 บาท / กิโลกรัม.

ปลายข้าวสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้มากมาย (นัยวิกุล 2547) ได้แก่ :

1. อาหารสัตว์ นิยมนำปลายข้าวขนาดเล็กที่มีราคาถูกใช้เลี้ยงสัตว์.

2. แป้งดัดแปรทำได้โดยการตัดทอนโมเลกุลของแป้งซึ่งเป็นสารประกอบ ที่มีคุณสมบัติแตกแต่งกัน.

3. ผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้หลายประเภท เช่น

- กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารเส้น ได้แก่ เส้นหมี่, ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่, เส้นเล็ก และเส้นก๋วยจั๊บ.

- กลุ่มผลิตภัณฑ์ข้าว ที่ใช้ระบบเครื่องเอกซทรูชั่นในการแปรรูป ได้แก่ อาหารว่าง อาหารหวาน ประเภทขนมขบเคี้ยว

- กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารหมักดองจากข้าว ได้แก่ ขนมจีน, สาเก, น้ำส้มสายชู.

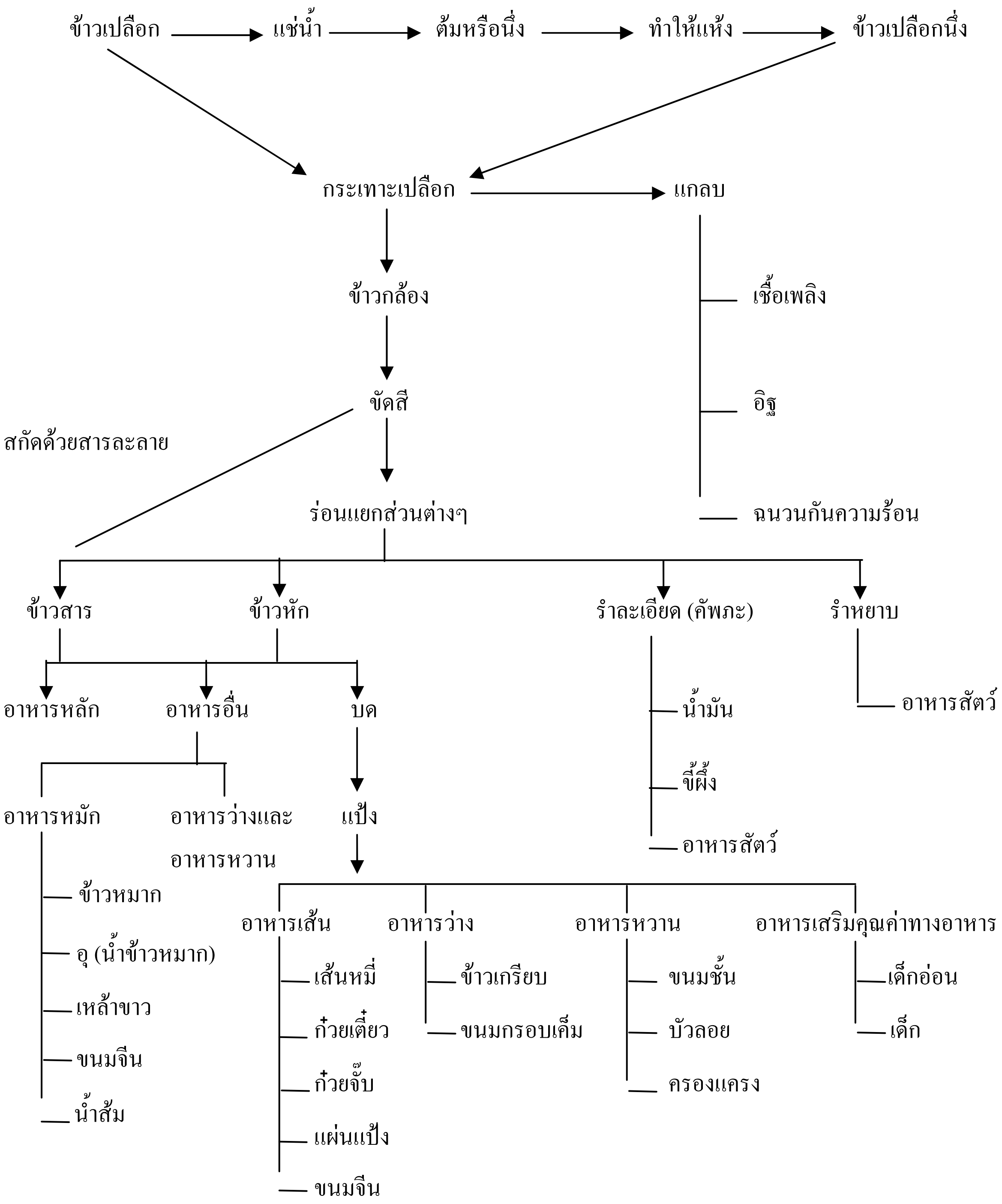
- กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากปลายข้าวโดยตรง เช่น ข้าวต้มกึ่งสำเร็จรูป, โจ๊ก, อาหารเด็กอ่อน.

ขั้นตอนการสีข้าวเป็นการทำให้ข้าวมีสีขาวใส เรียกว่า ข้าวสาร. ในปัจจุบันมีการสีข้าว 2 แบบ คือ แบบธรรมดาและแบบข้าวนึ่ง, โดยแบบนึ่งต่างจากแบบธรรมดาที่การเตรียมข้าวเปลือก. ส่วนผลพลอยได้ต่างๆ ที่ได้จากการขัดสี ได้มีการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ ได้หลายชนิด, ดังแสดงในรูปที่ 3.

จากรูปที่ 3 สามารถจะแบ่งผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากข้าวได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากเมล็ดข้าว เช่น ข้าวสาร, ข้าวนึ่ง, ซึ่งข้าวนึ่งจัดเป็นหนทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าของข้าวคุณภาพต่ำได้. นอกจากนั้น ยังมีแป้งและอาหารเส้นต่างๆ ซึ่งแป้งเมื่อรวมกับข้าวและข้าวหักยังสามารถผลิตอาหารชนิดต่างๆ ได้อีกหลายกลุ่ม ได้แก่ อาหารหมักดอง, อาหารว่าง, ขนมหวาน และอาหารเสริมสุขภาพ.

2. กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผลพลอยได้จากต้นข้าว และการขัดสีข้าวเปลือก เช่น น้ำมันรำข้าว.



แผนผังการใช้ประโยชน์จากข้าว.

1.1.8 การใช้ประโยชน์จากแป้งข้าว

จะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่นิยมนำปลายข้าวมาใช้เป็นวัตถุดิบ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าว นั่นเอง. โดยนำปลายข้าวมาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นแป้งข้าวนั้น จะทำให้แป้งข้าวที่ได้มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เนื่องมาจากปัจจัยคุณภาพที่สำคัญ คือ ปริมาณอะไมโลสในข้าวพันธุ์ต่างๆ. ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำนั้น จะไม่นิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ มักจะใช้ส่วนของปลายข้าวที่เหลือมาทำเป็นผลิตภัณฑ์โดยตรง เช่น โจ๊ก, ข้าวต้มกึ่งสำเร็จรูป, ข้าวตุ๋น, หรือใช้เป็นอาหารสัตว์. ส่วนข้าวที่ปริมาณอะไมโลสปานกลางนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นต่างๆ เช่น ก๋วยเตี๋ยว, เส้นหมี่, ขนมจีน. ดังนั้น ในการเลือกใช้ข้าวเพื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ จึงควรจะเลือกใช้พันธุ์ข้าวให้เหมาะสมตามคุณสมบัติที่ต้องการ (คงเสรี 2537)

1.1.9 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าว

ข้าวสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมายทั้งในรูปขนมไทย, อาหารขบเคี้ยว หรืออาหารกึ่งสำเร็จรูป เพื่อบริโภคภายในประเทศและส่งขายไปยังต่างประเทศ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าว และเป็นแนวทางแก้ปัญหาการส่งออกข้าวของประเทศที่ในปัจจุบันมีการแข่งขันกันสูงมาก. ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อเป็นอาหารคนในอนาคตดังนี้ คือ :

1. การใช้ประโยชน์จากข้าวที่เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์เหล้าสาเกจากข้าวหอมไทย และการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียว.
2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมจีนข้าวหมักกึ่งสำเร็จรูป.
3. การพัฒนาข้าวหมากกึ่งสำเร็จรูป, ข้าวหมากปรุงรส.
4. การพัฒนาแผ่นข้าวกึ่งพลาสติก เพื่อเป็นภาชนะบรรจุอาหาร/ห่ออาหาร เช่น แผ่นฟิล์มรังนก, กระทงทอง.
5. การเสริมอาหารและกลิ่นในข้าวหอมกึ่งสำเร็จรูป (QCR = Quick Cook Rice).
6. การผลิตข้าวงอกเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิต เครื่องดื่มชนิดแป้งผสมช็อกโกแลต/อาหารเช้าชนิดแผ่น/อาหารเด็กอ่อน และอาหารว่างชนิดต่างๆ.
7. การเสริมอาหารในอาหารประเภทเส้น เช่น การเพิ่มเส้นใย, เกลือแร่,วิตามินและโปรตีน, โดยผสมเนื้อสัตว์และผัก เป็นต้น.
8. การปรับปรุงคุณภาพและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจานเดียวจากข้าวและเก็บถนอมโดยการแช่เย็นหรือบรรจุกระป๋อง เช่น ข้าวมันไก่กระป๋อง, ข้าวหมกไก่กระป๋อง, ข้าวราดแกงกระป๋อง, ขนมจีนน้ำยาแช่แข็ง.

9. การเสริมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว (Snack Food) ทั้งชนิด Extruded Produces และ Non Extruded Products เช่น ข้าวนางเล็ด และข้าวต้มทรงเครื่อง.

10. การปรับปรุงคุณภาพและการพัฒนาขนมไทยจากข้าวเชิงอุตสาหกรรม เช่น ข้าวหลาม, ข้าวเกรียบงา, ข้าวเกรียบว่าว, ข้าวเหนียวแก้ว และกาละแม เป็นต้น.

1.1.10 ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนามาจากข้าว

วาสิกดิลก (2541) ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังสำเร็จรูปจากเทมเป้ข้าว ถั่วลิสง และงา การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากข้าวพองที่ทำจากข้าวกล้องหักหอมมะลิ ผสมเนยถั่วลิสง การพัฒนาแป้งข้าวหอมมะลิผสมแป้งบุก สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมจีน

1.2 แป้ง

1.2.1 ส่วนประกอบของแป้ง

เมื่อสลายเม็ดแป้งด้วยกรดหรือเอนไซม์ จะได้น้ำตาลกลูโคสและมอลโทส, โดยที่กลูโคสจะจับตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ได้ 2 แบบ คือ แบบเส้นตรงยาวและแบบกิ่งก้าน เรียกว่า amylase และ amylopectin ตามลำดับ.

1.2.1.1 amylase (A-fraction)

ไม่ละลายในน้ำเย็น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นการละลายจะดีขึ้นที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส. amylase จะละลายน้ำได้ใน 5 นาที ให้สารห้อยแขวนที่อยู่ตัวซึ่งจะเกิดเจลได้ ถึงแม้อุณหภูมิสูง. amylase สามารถดูดน้ำได้ประมาณ 4 เท่าของน้ำหนัก, ความเหนียวของเจลขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแป้งและระยะเวลาของการเก็บ.

1.2.1.2 amylopectin (B-fraction)

ละลายได้ในน้ำเย็นโดยไม่เกิด retrogradation. เมื่อนำไปต้มกับน้ำจะให้แป้งเปียกที่มีลักษณะใส, มีความหนืดสูง, เหนียวติดมือ, ไม่เกิด retrogradation และไม่เกิดเจลเมื่อเย็นตัว. แป้งชนิดนี้สามารถสลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงเมื่อมีการกวนอย่างรุนแรง.

1.2.2 การศึกษาการพองตัวและการเกิดเจลของแป้ง

เมื่อนำแป้งไปละลายน้ำ เม็ดแป้งจะดูดน้ำเข้าไปและเกิดการพองตัว แป้งแต่ละชนิดจะมีการพองตัวไม่เท่ากัน, ในน้ำเย็นการพองตัวจะมีเล็กน้อย เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการพองตัวจะเพิ่มมากขึ้น. ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส การพองตัวจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว เป็นอุณหภูมิที่แป้งเริ่มสุก

(gelatinize) และเริ่มกระจายตัวในน้ำ. การที่แป้งพองตัวในน้ำเย็นมีขีดจำกัดนั้น เนื่องจากแรงที่โมเลกุลของแป้งเกาะกันมีค่าสูงมาก น้ำเย็นไม่สามารถทำให้โมเลกุลเหล่านั้น แยกตัวออกจากกันได้. เมื่อได้ความร้อนสูงขึ้น จึงเกิด gelatinize น้ำสามารถเข้าไปในเม็ดแป้งได้มากขึ้น, การพองตัวจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว. เมื่อเม็ดแป้งได้รับความร้อนจะดูดน้ำและขยายใหญ่ขึ้น ในขณะเดียวกันน้ำที่อยู่รอบๆ จะเหลือน้อยลง ทำให้การเคลื่อนไหวของเม็ดแป้งเป็นไปได้ยากขึ้น, ความหนืดของน้ำแป้งจะเพิ่มมากขึ้น. เมื่อเม็ดแป้งดูดน้ำเข้าไปจนเต็มที่และแตกตัวออก น้ำที่อยู่ในเม็ดแป้งจะออกมารวมอยู่กับ amylase และ amylopectin, ความหนืดจึงลดลง. ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอีกครั้ง เมื่อแป้งเปียกเย็นตัวและเกิดเจลขึ้น ซึ่งสามารถวัดค่าความหนืดได้โดยใช้เครื่อง Viscograph.

จากการทดลองพบว่า น้ำแป้งที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้รับความร้อนเม็ดแป้งจะแตกได้ง่าย และไม่ทนต่อการกวน ในทางตรงกันข้ามถ้าน้ำแป้งมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เม็ดแป้งจะแตกได้ยากและคงทนต่อการกวนมาก ให้ค่า peak viscosity (ค่าความหนืดของแป้งถึงจุดสูงสุด เม็ดแป้งพองตัวหมดและมากที่สุด) ไม่สูงนัก เช่น แป้งข้าวเจ้า

การพองตัวและการเกิดข้นใส (swelling and gelatinization) ของแป้งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญมาก ลักษณะโดยทั่วไปของธรรมชาติแป้งจะไม่ละลายน้ำเมื่ออยู่ในสภาพที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการข้นใส (gelatinization temperature) เม็ดแป้งไม่ละลายในน้ำเย็น เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนเกิดต่อเชื่อมกับ –OH ที่อยู่ใกล้กันในโมเลกุลของแป้ง หรืออาจต่อเชื่อมทางอ้อมกับน้ำ จึงทำให้เม็ดแป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่สามารถพองตัวในน้ำเย็นได้เล็กน้อย ซึ่งการพองตัวในลักษณะนี้สามารถผันกลับได้ เมื่อเม็ดแป้งในน้ำถูกทำให้ร้อนขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิเมื่อถึงจุดหนึ่งการพองตัวของแป้งไม่อาจผันกลับได้ เรียกว่า แป้งเกิดข้นใส (gelatinization) การพองตัวของแป้งจะทำให้เกิดการทำลายบริเวณผลึก ทำให้เม็ดแป้งพองตัวสารละลายน้ำแป้งจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น.

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมากยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจนในรูปของร่างแห ลักษณะน้ำจะทำให้เม็ดแป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำและพองตัวเล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลงเม็ดแป้งจะดูดน้ำและพองตัว ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง ทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์น้ำเรียกว่า เจลาติไนเซชั่น (Gelatinization) อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์ เมื่อตรวจวัด

ด้วยเครื่องมือวัดความหนืด มักจะเรียกจุดนี้ว่า pasting temperature หรือ pasting time ซึ่งจะแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด แป้งจากพืชหัวจะมีอุณหภูมิเริ่มเป็นเจลต่ำกว่าอุณหภูมิของแป้งธัญพืช.

1.2.3 การเกิดเจลาติไนเซชั่นของเม็ดแป้ง

แบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ

1. น้ำดูดซึมอย่างช้าๆ โดยที่เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัด และเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด.

2. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิกับสารละลายน้ำแป้งจนถึงประมาณ 65 องศาเซลเซียส เม็ดแป้งจะเริ่มพองตัวอย่างรวดเร็วและดูดน้ำเข้ามาก เกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่า เกิดเจลาติไนเซชัน, ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว, แป้งที่ละลายได้เริ่มละลายออกมา.

3. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีก รูปร่างเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน, การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล.

การเกิดเจลาติไนเซชันไม่ได้เกิดเฉพาะอุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง แต่เกิดเป็นช่วงอุณหภูมิประมาณ 8 – 12 องศาเซลเซียส. การตรวจสอบกระบวนการเจลาติไนเซชั่นนอกจากการ สังเกตุการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง birefringence ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แล้ว สามารถที่จะตรวจสอบโดยเครื่องมือที่วัดและบันทึกปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการที่เป็นที่นิยมในปัจจุบันคือเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC).

1.2.4 การคืนตัวของเจล (Retrogradation)

การคืนตัวของเจล คือ การจับตัวกันของโมเลกุลของ amylase และ amylopectin ซึ่งมีผลทำให้น้ำที่เคยจับอยู่ก่อนต้องถูกกีดกันออกไป และส่วนที่จับกันนั้นมีลักษณะเหมือนผลึก. การจับตัวกันของ amylase และ amylopectin เป็นไปได้น้อยถ้าแป้งเปียกมีความเข้มข้นต่ำ แต่จะเกิดขึ้นมากเมื่อแป้งเปียกมีความหนืด หรือความเข้มข้นมากขึ้น.

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชัน แล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก. โมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็กจะกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง. เมื่อปล่อยให้เย็นตัว โมเลกุลอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่เกิดเป็นร่างแหสามมิติ สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดซึมน้ำเข้ามาอีก, มีความหนืดคงตัวมากขึ้น, เกิดลักษณะเป็นเจล, เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทเกรเดชัน

(retrogradation) หรือการคืนตัว หรือ setback. เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงไป อีกลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น.

การคืนตัวของแป้งเปียกและสารละลายแป้งทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น, มีลักษณะขุ่นและทึบแสง, เกิดชิ้นส่วนที่ไม่ละลายในแป้งเปียกที่ร้อน, เกิดการตกตะกอนของอนุภาคแป้งที่ไม่ละลาย, ทำให้เกิดเจล. ในการคืนตัวของแป้งเมื่อเกิดขึ้นอย่างช้าๆ จะเกิดการตกตะกอน, เมื่อเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดเจลขุ่น. การคืนตัวของแป้งจะใช้เกลือของ monovalent anion และ cation calcium nitrate และ urea.

1.2.5 การตรวจวัดความหนืด

สามารถกระทำได้หลายวิธี

1. การใช้เครื่อง Brookfield Viscometer สามารถวัดความหนืดได้ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ เท่านั้น. การทำงานของเครื่องเกิดจากการหมุนของวัตถุทรงกระบอกหรือแผ่นจานในของเหลวด้วยอัตราเร็วคงที่. ค่าความหนืดของของเหลวที่วัดได้จากค่าความต้านทานการหมุนของของเหลวที่อัตราเร็วคงที่ แรงต้านจะทำให้สปริงเกิดการยืดตัวโดยแสดงด้วยเข็มสีแดงบนหน้าปัดเครื่อง, ค่านี้จะคูณด้วยค่าคงที่ตามความเร็ว, ขนาดและชนิดของเครื่อง Brookfield Viscometer, เครื่องนี้ได้หน่วยความหนืดของของเหลวเป็นเซนติพอยส์ (centipoise).

2. การใช้เครื่อง Capillary Viscometer สามารถใช้วัดความหนืดได้ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ เท่านั้น, ได้หน่วยความหนืดเป็น mPa.s.

3. การใช้เครื่อง Brabender Amylograph เป็นวิธีที่นิยมแพร่หลาย. หลักการคือการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งในระหว่างการทำให้ร้อนจนถึงขึ้นทำให้เย็น และแสดงผลในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง, ได้หน่วยความหนืดเป็น Brabender Unit (BU).

4. Rapid Visco Analyser (RVA) เป็นเครื่องมือสำหรับประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะต้องพิจารณาความหนืดขณะที่ให้ความร้อน. คุณสมบัติพิเศษคือ มีความสามารถในการเปลี่ยนระดับอุณหภูมิ, สามารถทำให้ร้อนและเย็นได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว, สามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้, ใช้ปริมาณตัวอย่างน้อย, ค่าที่ได้อยู่ในหน่วยของ % หรือ RVU.

1.3 เตย

1.3.1 วงศ์เตย

วงศ์เตยมี 300 ชนิด ขึ้นในแถบร้อนในเอเชีย, แอฟริกา และแปซิฟิก, เป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่อยู่ในเอเชียอาคเนย์. ใบมีหนามแข็งขึ้นจากลำต้น, เป็นวงเกลียวเมื่อทำให้ร้อน ตัดชิ้นยาวแล้วนำมาสานทำเสื่อและตะกร้าได้ ผลของเตยบางชนิดไม่ว่าจะเป็นประเภทเปลือกแข็งหรือเมล็ดแข็งกินได้ ใบของเตยชนิดหนึ่งใช้ปรุงอาหารและเครื่องดื่ม วงศ์นี้มีทั้งไม้ใหญ่ ไม้พุ่ม และไม้เลื้อย บางชนิดเห็นรากงอกออกจากลำต้นอยู่เหนือพื้นดิน ทำหน้าที่คล้ำลำต้นไว้ ดอกเป็นเพศเดียว ดอกเล็กเป็นช่อ (ศรีโตกลิ่น 2541).

เตยที่พบในประเทศไทย

ชื่อ	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์
เตยเหาะ	-	*Pandanus atrocarpus* Griff
เตยเกลียว	Screw pine	*Pandanus furcatus* Roxb.
เตยด่าง	-	*Pandanus veitchii*
เตยทะเล	-	*Pandanus helicopus* Kurz.
เตยหอม	pandanus palm	*Pandanus odorus* Ridi

ในประเทศไทย เตยที่ใช้ประกอบอาหารได้แก่ พันธุ์เตยหอม
ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Pandanus odorus Ridi.*
ชื่อพฤกษศาสตร์ : Pandanus amaryllifolius Roxb.
ชื่ออังกฤษ : Pandanus Palm
วงศ์ : Pandanaceae
ชื่ออื่นๆ : เตยหอม, หวานข้าวไหม้, ปาแบ๊ะอริง, พังลั้ง, เตยใหญ่, เตยหอมเล็ก (ไทย) ปาแนะวอจิง

เป็นพรรณไม้จำพวกหญ้า ชอบขึ้นริมน้ำ หรือที่แฉะๆ, เป็นไม้พุ่ม แตกหน่อใหม่ออกเป็นกอใหญ่ เกิดจากหัวหรือเหง้าที่อยู่ใต้ดิน และมีลำต้นอยู่ใต้ดิน ลำต้นจะเป็นข้อๆ เมื่อโตแล้วมีรากค้ำ (prop root) และรากอากาศออกจากข้อ, ใบเดี่ยว ลักษณะคล้ายใบสับปะรด สีเขียวเป็นมัน แผ่นใบยาวเรียว ปลายใบแหลม เส้นกลางใบเป็นร่องเว้าลึกลงไป, ด้านท้องใบมีรูปคล้ายกระดูกงูเรือ เรียงตัวสลับออกเป็นกระจุก ใบยาวประมาณ 8 – 15 นิ้ว ขอบใบเรียบ ใบมีกลิ่นหอมเย็นคล้ายดอกขจร ภายในใบมีสาร Chlorophyll และ Xanthophyll ไม่เคยมีรายงานการออกดอกของใบเตยหอมใน

กรุงเทพฯ. น้ำมันหอมระเหยซึ่งมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน เรียกว่า Fragrant Screw Pine ทำให้อาหารที่ใส่น้ำใบเตยมีรสหอมเย็นชื่นใจ (ศรีโตกลิ่น 2541)

1.3.2 สารหอม ประกอบด้วย

เมื่อกลั่นด้วยไอน้ำ	Linalyl acetate, benzyl acetate linalool และ geranoil
เมื่อกลั่นด้วยแอลกอฮอล์	coumarin และ ethyl vanillin
มีสารเคมีกลุ่ม	Anthocyanin

1.3.1.1 ประโยชน์

ใบสด กำรวบกับดอกไม้บูชาพระ ใบสดสามารถใช้แต่งสีและกลิ่นขนม ข้าวมัน ทำบุหงา ใช้เป็นยารักษาอาการโรคบางโรคได้ (ศรีโตกลิ่น 2541)

1.3.1.2 คุณสมบัติทางยา

โรค / อาการ	ส่วนที่ใช้	วิธีใช้
ยาขับปัสสาวะ →	ต้นและราก →	ใช้ต้น 1 ต้นหรือรากครึ่งกำมือ ต้มกับน้ำดื่ม
ยาแก้เบาหวาน →	ราก →	ราก 1 กำมือ ต้มน้ำดื่ม เช้า – เย็น
↘	ต้นและราก →	ต้มกับเนื้อไม้สัก หรือใบไม้สัก กินน้ำ
โรคผิวหนัง →	ใบสด →	ตำพอกบริเวณที่เป็นโรคผิวหนัง
โรคหืด →	ใบสด →	ใบสดคั้น เติมน้ำอุ่น ผสมน้ำผึ้ง
ยาบำรุงหัวใจ →	ใบสด →	ใบสดคั้นน้ำรับประทานครั้งละ 2 – 4 ช้อนแกง

1.3.1.3 การนำมาประกอบอาหาร

เมื่อนำใบเตยมาล้างให้สะอาด “ตำ” หรือ “บด” คั้นน้ำ จะได้สารละลายสีเขียวใสและมีกลิ่นหอมเมื่อถูกความร้อนจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวแกมเหลือง เวลาใช้แต่งสีไม่ควรใส่ในขณะอาหารร้อน เพราะจะทำให้สีเขียวเปลี่ยนไปมากขึ้น สีจากใบเตยเป็น Chlorophyll ละลายได้ดีในไขมัน เวลาต้มใบเตยกับน้ำ น้ำที่ได้จะมีสีเหลืองเพราะ Xanthophyll ละลายออกมา ใช้ดับกลิ่นคาวในอาหารคาว หรืออบให้อาหารมีกลิ่นหอม (ศรีโตกลิ่น 2541)

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากผลิตภัณฑ์ข้าว จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ชุดโครงการได้มีการค้นคว้าวิจัยพัฒนาให้เป็นเครื่องดื่มเสริมอาหารมื้อหลักหรือใช้เพื่อการบริโภคเพื่อเสริมอนามัยของผู้บริโภค

และทำการปรุงแต่งให้มีรสชาติที่เหมาะสมกับการบริโภคได้ทุกชาติทุกภาษา จึงสามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวที่สามารถขยายตลาดผู้บริโภคได้ทั่วโลก.

การพัฒนาอุตสาหกรรมแปรรูปข้าว เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะเพิ่มความหลากหลายและเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทยได้ เนื่องจากการแปรรูปข้าวโดยส่วนใหญ่จะใช้ปลายข้าวเป็นวัตถุดิบหลัก ทำให้ปลายข้าวที่มีมูลค่าไม่สูงมากนัก กลับมีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ. ปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปข้าวมีความสำคัญมากขึ้น สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ได้. ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายๆ กลุ่มผลิตภัณฑ์ เช่น เส้นหมี่/ก๋วยเตี๋ยว, แป้งข้าวเหนียว/แป้งข้าวเจ้าและแป้งโปรตีนต่ำ (modified starch), ขนมปังอบกรอบ เป็นต้น. เครื่องดื่มจากข้าว (rice beverage) ยังมีการค้นคว้าและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยยังมีน้อยมาก มีเพียงผลิตภัณฑ์ 1-2 ยี่ห้อ เท่านั้น ที่มีการผลิตจำหน่ายในเชิงการค้า ทั้งๆ ที่ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจอันดับหนึ่งของประเทศในขณะนี้.

ในต่างประเทศได้มีการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว เช่น Massa *et al.* (2001) ทำการวิจัยเรื่อง “Protein malnutrition due to replacement of milk by rice drink” เป็นการศึกษากรณีใช้เครื่องดื่มจากข้าว (rice drink) ทดแทนนมในการเลี้ยงดูเด็กทารกอายุ 8 เดือน ที่ประสบปัญหาความเจริญเติบโต (hypoalbuminaemia) อันเนื่องจากการได้รับอาหารอย่างไม่เพียงพอ. ส่วนบริษัท Imagine Foods ได้ผลิตผลิตภัณฑ์ Non-dairy beverage ยี่ห้อ Rice Dream มีรสต่างๆ คือ รสดั้งเดิม (original), วานิลา และช็อกโกแลต. ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม Rice Dream ผลิตจากข้าวสีน้ำตาลแคลิฟอร์เนีย (California brown rice). ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ วิตามิน 500 IU, วิตามินอี 1.2 IU, วิตามินเอ 2.5 IU, วิตามินบี 12 1.5 ไมโครกรัม. Guaipo *et al.* (1993) ศึกษาเรื่อง Formulation and Evaluation of a beverage basedon Whole Milk and Precooked rice flour โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยสูตรของเครื่องดื่มจากผงแป้งข้าวสุกและนมที่มีคุณค่าทางโภชนาการ มีการประเมินการยอมรับวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดและปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ระหว่างที่เก็บเจ็ดเดือน ที่ 5, 27 และ 37 ^{o}ซ. สารคุณค่าทางโภชนาการของส่วนผสม 100 กรัม ประกอบด้วยโปรตีน 11 กรัม, ไขมัน 19 กรัม, ไนอาซีน 1 มก., ไทอามีน 0.2 มิลลิกรัม, วิโบประวิน 0.6 มิลลิกรัม, แคลเซียม 295.8 มิลลิกรัม และฟอสฟอรัส 287.5 มิลลิกรัม. ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสามารถเก็บที่ 5 และ 27 ^{o}ซ. ได้นาน 2 เดือน.

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวประเภทไม่มีแอลกอฮอล์จึงควรได้รับการพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เสริมคุณค่าทางโภชนาการแก่ผู้บริโภค, โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือระดับเด็กและเยาวชน. ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวอาจเสริมด้วยรสชาติผลไม้ของไทย ที่มีราคาต่ำเช่นกล้วย รวมทั้งนมโคสดจากเกษตรกร, โดยอาศัยวัตถุดิบคือ ข้าวสารพันธุ์ต่างๆ ที่มีการปลูกในเชิงการค้าเป็นส่วนประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์.

วัตถุประสงค์

1. วิจัยและพัฒนาเครื่องดื่มจากข้าวที่ไม่มีแอลกอฮอล์ เช่น เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ในระดับห้องปฏิบัติการ.

2. พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์จากข้าวในระดับห้องปฏิบัติการ สู่ระดับโรงงานนำทางหรือระดับชุมชนให้มีคุณภาพที่ได้มาตรฐาน, มีความสม่ำเสมอ, ปลอดภัยต่อผู้บริโภค และมีอายุการเก็บรักษาที่นาน.

3. ร่วมกับศูนย์บรรจุภัณฑ์ในการพัฒนาการบรรจุเครื่องดื่มจากข้าวในบรรจุภัณฑ์ ที่มีความเหมาะสมและสวยงามเพื่อการทดลองตลาด.

4. ผลิตเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์จากข้าวเพื่อให้กองพัฒนาธุรกิจและการตลาด ทำการทดสอบตลาด.

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ด้านเศรษฐกิจ

1. สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับประชาชนผู้ปลูกข้าวหรือผู้ประกอบการต่างๆ ที่ประสบปัญหาข้าวมีราคาตกต่ำ ทำให้ขายข้าวได้ในราคาที่ไม่เหมาะสม.

2. ก่อให้เกิดอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากข้าว, ทำให้เกิดการจ้างแรงงาน เงินทุนหมุนเวียนทางด้านวัตถุดิบสู่เกษตรกร และเกษตรกรผู้ปลูกข้าวมีช่องทางการจำหน่ายผลิตผลได้มากขึ้น.

ด้านสังคม

ผู้บริโภคได้บริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวที่มีผลดีต่อสุขภาพและเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ.

ด้านเทคโนโลยี

ได้เทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มจากปลายข้าวที่ผ่านการวิจัยและพัฒนา จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และได้ข้อมูลทางด้านการเกษตรของปลายข้าวและเครื่องจักรสายการผลิตต้นแบบ.

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

2.1 วัสดุ

1. ปลายข้าวกล้อง พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

2. ส้มเขียวหวาน

3. แอปเปิลเขียว

4. สับปะรดพันธุ์ศรีราชา

5. ใบเตยหอม

6. สารเคมีสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในการปรุงเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว เช่น น้ำตาลฟรักโทส เกลือ และน้ำกรอง

7. ขวดแก้วขนาด 250 ซีซี พร้อมฝาเกลียว

8. เอนไซม์ Termamyl SC จากบริษัท อี๊สต์เอเชียติ๊ก จำกัด

2.2 อุปกรณ์

2.2.1 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติของเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวในห้องปฏิบัติการ

- เครื่องวัดความหนืด
- เครื่องวัดสีมินอลต้า รุ่น cr-300
- เทอร์โมมิเตอร์
- เครื่องวัดค่าพีเอช
- รีแฟรกโตมิเตอร์ (refractometer) สำหรับใช้วัดความหวานหรือปริมาณของแข็งที่ละลายได้(total resoluble solid) N-IE ขนาด 0-32° บริกซ์
- เครื่องแก้ว automatic beurette complete set สำหรับการไตเตรทวัดค่าความเป็นกรด

2.2.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับทดลองผลิตเครื่องดื่มข้าวในโรงงานนำทาง

- เครื่องคั้นส้มของ วว.
- ถังผสม
- เครื่องฆ่าเชื้อน้ำผลไม้และเครื่องดื่ม วว.
- เครื่องกรองน้ำข้าว
- เครื่องบดข้าว
- ตู้อบใช้สำหรับอบขวด

- ตู้เย็นเก็บเครื่องดื่มข้าว

2.3 วิธีการ

2.3.1 การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของวัตถุดิบ

2.3.1.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้น

การวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 และข้าวพันธุ์สุพรรณ 60 ที่มีการปลูกอย่างแพร่หลายทั่วประเทศและเป็นข้าวที่หาซื้อได้ง่าย, สะดวกต่อการนำมาวิจัยเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์. ในการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้น ทำการวิเคราะห์ค่าทางเคมี คือโปรตีน, ไขมัน, คาร์โบไฮเดรต, ปริมาณกรดเถ้า, เส้นใย, ค่าทางกายภาพ คือความชื้น, ค่าทางจุลินทรีย์ คือจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา. โดยส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา เพื่อนำผลวิเคราะห์ดังกล่าวมาเป็นเกณฑ์สำหรับคัดเลือกวัตถุดิบที่ดีที่สุดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว.

2.3.1.2 การคัดเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว

สำหรับการพัฒนาเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว ต้องทำการแปรรูปปลายข้าว โดยเตรียมปลายข้าวเป็นแป้งปลายข้าว เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ แบ่งเป็นแป้งปลายข้าว 2 ชนิด คือแป้งปลายข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และแป้งปลายข้าวขาวหอมมะลิ 105 ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4. นำแป้งปลายข้าวทั้งสองชนิดไปวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ, ค่าทางเคมี และจุลินทรีย์เพื่อคัดเลือกชนิดของแป้งปลายข้าวที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว, โดยมีวิธีการเตรียมปลายข้าวหอมมะลิ ดังแสดงในรูปที่ 5.

รูปที่ 3. ปลายข้าวขาวหอมมะลิ.

รูปที่ 4. ปลายข้าวกล้องหอมมะลิ.

- การเตรียมแป้งปลายข้าวหอมมะลิ

ปลายข้าวหอมมะลิ(กล้อง,ขาว)

↓

คัดเลือกสิ่งสกปรกและเมล็ดที่เสียออกทิ้ง

↓

ล้างน้ำจนไม่มีสิ่งสกปรก

↓

นำปลายข้าวหอมมะลิแช่น้ำเป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง

↓

โม่ด้วยเครื่อง Hammer mill ขนาด 100 เมช

↓

เหวี่ยงแยกด้วยเครื่อง Centrifuge เป็นเวลา 20 นาที ความเร็วรอบ 2000 รอบ/นาที

↓

นำส่วนที่เป็นแป้งไปอบที่อุณหภูมิ 60 °ซ. เวลา 24 ชั่วโมง

↓

แป้งปลายข้าว

รูปที่ 5. ขั้นตอนการผลิตแป้งปลายข้าว.

รูปที่ 6. แป้งปลายข้าวที่ได้จากกระบวนการเตรียมแป้งปลายข้าว.

2.3.1.3 การศึกษาการพัฒนากรรมวิธีการผลิตละการพัฒนาสูตร

การพัฒนากรรมวิธีการผลิต ทำการพัฒนากรรมวิธีการผลิต โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษา ดังนี้

ศึกษากรรมวิธีการผลิตโดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งต่อน้ำ

นำแป้งปลายข้าวทั้งสองชนิดที่เตรียมไว้จากขั้นตอนที่ 1 มาทำการผลิต, โดยใช้กระบวนการผลิตดังรูปที่ 7 และ 8 เพื่อเปรียบเทียบผลของการผลิตโดยใช้เอนไซม์กับการไม่ใช้เอนไซม์ในการย่อยแป้งข้าว, โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ :

- ชนิดของแป้งปลายข้าว คือ แป้งปลายข้าวกล้อง
- อัตราส่วนของแป้งต่อน้ำ คือ 1:10, 1:15, 1:20, 1:25

โดยมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีกรรมวิธีการผลิตที่เหมือนกันทุกอย่าง. นำตัวอย่างที่ได้ ทำการวัดค่าทางกายภาพ คือค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และค่าความเป็นกรด-เบส และนำค่าวิเคราะห์ที่ได้เพื่อนำมาคัดเลือกอัตราส่วนระหว่างแป้งต่อน้ำที่เหมาะสม.

นำแป้งปลายข้าวกล้องหอมมะลิ

↓

ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 °ซ. เป็นเวลา 30 นาที

↓

กรอง

↓

ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ80 °ซ. เป็นเวลา 20 นาที

↓

น้ำข้าวสกัดจากปลายข้าว

↓

บรรจุขวด

รูปที่ 7. ขั้นตอนการผลิตน้ำข้าวสกัดจากปลายข้าวกล้องที่ไม่ใช้เอนไซม์.

นำแป้งปลายข้าวกล้องหอมมะลิ

↓

ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 ํซ. เป็นเวลา 30 นาที

↓

เติมเอมไซม์

↓

ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 80 ํซ. เป็นเวลา 20 นาที

↓

น้ำข้าวสกัดจากปลายข้าว

↓

บรรจุขวด

รูปที่ 8. ขั้นตอนการผลิตน้ำข้าวสกัดจากปลายข้าวกล้องที่ใช้เอนไซม์.

รูปที่ 9. เปรียบเทียบเครื่องดื่มจากข้าวที่ไม่ใช้เอนไซม์ (ซ้ายมือ) กับที่ใช้เอนไซม์ (ขวามือ).

ศึกษาปริมาณเอนไซม์และอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อนำมาเป็นกรรมวิธีการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามีดังนี้

ปริมาณเอนไซม์ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 0.1, 0.2, 0.3 เปอร์เซ็นต์.

อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 80, 85, 90 องศาเซลเซียส.

ใช้กรรมวิธีการผลิตดังรูปที่ 8 โดยวางแผนการทดลองแฟคทอเรียล 3x3 ได้ตัวอย่างทั้งหมด 9 ทรีตเมนต์. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการวัดค่าทางกายภาพ คือวัดค่าความข้นหนืดด้วยเครื่อง Brookfield, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(^{O} Brix) และค่าความเป็นกรด-เบส เพื่อคัดเลือกปริมาณเอนไซม์และอุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อนำมาเป็นกรรมวิธีการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวที่เหมาะสมต่อไป.

ศึกษาเวลาที่ใช้ในการต้มให้น้ำแป้งเกิดเจลและเวลาที่ใช้ในการสกัดน้ำแป้งในการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามี ดังนี้

เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำแป้งให้เกิดเจล แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 30, 45, 60 นาที

เวลาที่ใช้ในการสกัดน้ำแป้ง แบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ 30, 60, 90, 120 นาที

2.3.1.4 การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว

ขั้นตอนการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวมและเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสใบเตย ซึ่งในการพัฒนาสูตรจะเริ่มจากการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวม ดังนี้ :

- การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวม โดยการคัดเลือกผลไม้จากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภค. เมื่อได้ผลไม้ที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคแล้ว จึงทำการพัฒนาสูตรโดยใช้ผลไม้ 3 ชนิด คือ ส้ม, สับปะรด และแอปเปิล. นำผลไม้ทั้งสามชนิดมาแปรรูปเป็นน้ำผลไม้ เพื่อนำมาเป็นส่วนผสมกับน้ำข้าวสกัด. ทำการศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำผลไม้ 3 ชนิด คือ น้ำส้ม : น้ำสับปะรด : น้ำแอปเปิล. วางแผนการทดลองแบบ Mixture design, ได้สูตรทั้งหมด 7 สูตร, จากนั้น นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ คือ ค่าสี, ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ hedonic scale 9-point, ทำการทดสอบกับผู้บริโภคในระดับห้องปฏิบัติการกับผู้บริโภคจำนวน 30 คน. นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการคัดเลือกสูตรน้ำผลไม้รวมที่นำไปใช้ผสมกับน้ำข้าวสกัดต่อไป.

- การคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสูตรน้ำผลไม้รวมกับน้ำข้าวสกัด

สูตรน้ำผลไม้รวมได้แล้ว นำสูตรน้ำผลไม้รวมที่เหมาะสมมาศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำข้าวสกัดต่อน้ำผลไม้รวม โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ :

ปริมาณน้ำผลไม้รวม แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 70, 60, 50 มิลลิลิตร,

ปริมาณน้ำข้าวสกัด แบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ 30, 40, 50 มิลลิลิตร.

ขั้นตอนในการผลิตดังแสดงในรูปที่ 10 ได้สูตรทั้งหมด 3 สูตร. จากนั้น นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ คือ ค่าสี, ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ hedonic scale 9-point, ทำการทดสอบกับผู้บริโภคในระดับห้องปฏิบัติการกับผู้บริโภคจำนวน 30 คน. นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมของเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวม.

ละลายแป้งในน้ำ
กวนด้วย motor stirrer ที่อุณหภูมิ 80 °ซ. นาน 45 นาที

↓

ใส่เอนไซม์ TERMAMYL SC 0.3% ของแป้ง
กวนต่อด้วย motor stirrer ที่อุณหภูมิ 90 °ซ. นาน 60 นาที

↓

ทิ้งให้ตกตะกอน
กรองด้วย filter place

↓

น้ำข้าว

← ใส่ส่วนผสมที่เหลือ

↓

น้ำข้าวรสผลไม้รวม

↓

คนให้ส่วนผสมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

↓

นำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อที่ 95 °ซ. นาน 20 วินาที

↓

บรรจุขวด ทำให้เย็นทันที

↓

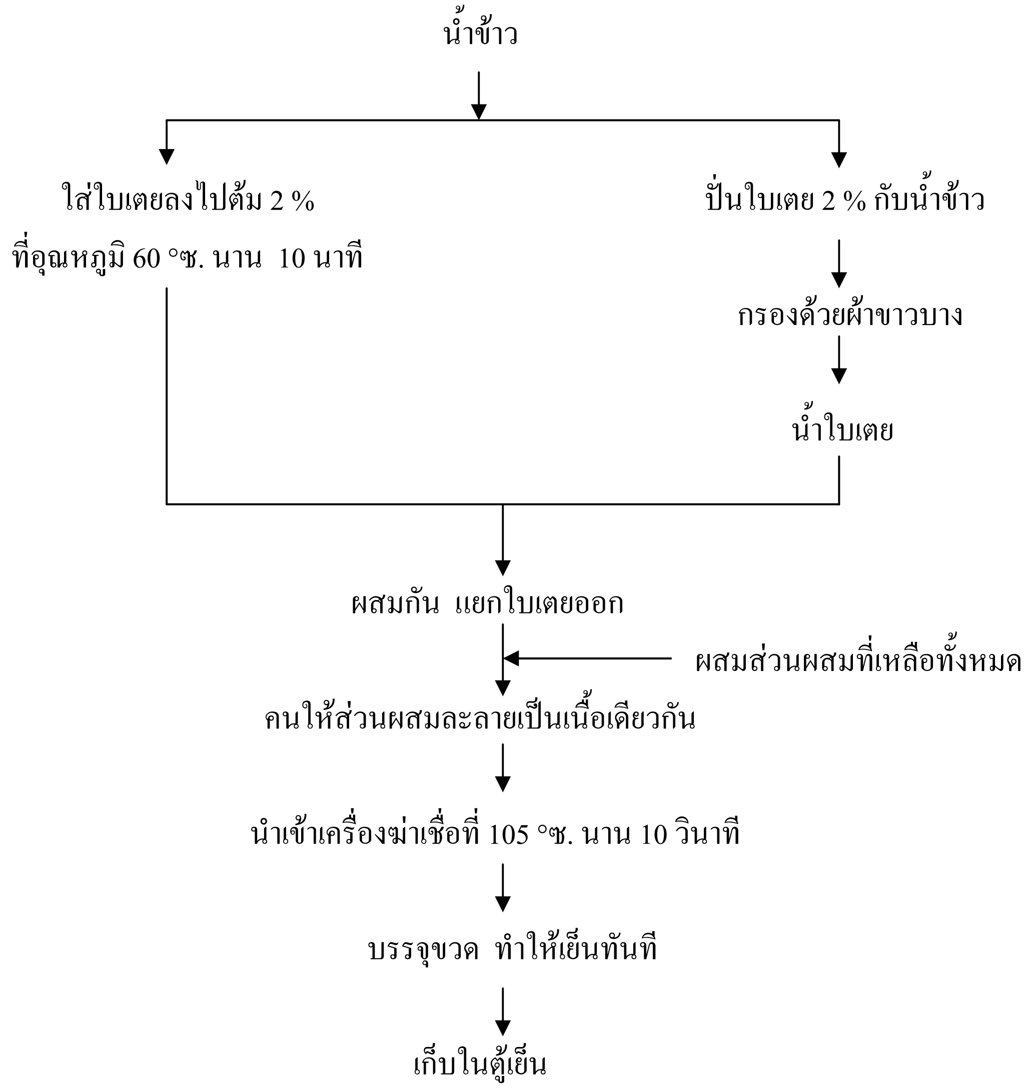
เก็บในตู้เย็น

รูปที่ 10. ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวม.

- การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสใบเตย

แปรอัตราส่วนปริมาณน้ำตาล แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 3, 4, 5 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนในการผลิตดังแสดงในรูปที่ 11 ได้สูตรทั้งหมด 3 สูตร. จากนั้น นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส, ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ hedonic scale 9-point, ทำการทดสอบกับผู้บริโภคในระดับห้องปฏิบัติการกับผู้บริโภคจำนวน 30 คน. นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมของเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสใบเตย.



รูปที่ 11. ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสใบเตย.

2.3.1.5 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวมและรสใบเตย

นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวมและรสใบเตยที่ได้จากการพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตมาทำการวัดค่าคุณภาพด้านกายภาพ, ด้านเคมี, ด้านจุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ :

การวัดค่าคุณภาพทางด้านกายภาพ

- วัดค่าสีด้วยเครื่อง Chroma meter
- วัดค่าความข้นหนืดด้วยเครื่อง Brookfield

การวัดค่าคุณภาพทางด้านเคมี

- วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง Hand Refractrometer
- วัดปริมาณค่าความเป็นกรด-เบส โดยใช้เครื่อง pH-Meter
- วัดปริมาณโปรตีน
- วัดปริมาณไขมัน
- วัดปริมาณเถ้า
- วัดปริมาณคาร์โบไฮเดรต
- วัดปริมาณโซเดียม
- วัดปริมาณแคลเซียม
- วัดปริมาณเหล็ก
- วัดปริมาณวิตามินเอ, บี1, บี2, ซี

การวัดค่าคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC975.55 (2000)
- ปริมาณยีสต์ราตามวิธีของ AOAC975.55 (2000)
- ปริมาณ *E.coli* และ Coliform ตามวิธีของ AOAC975.55 (2000)
- ปริมาณ *Staphylococcus aureus* ตามวิธีของ AOAC975.55 (2000)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale 9-point ทำการทดสอบกับผู้บริโภคในระดับห้องปฏิบัติการกับผู้บริโภคจำนวน 30 คน, นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS.

2.3.1.6 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายต่อผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว. ทำการทดสอบแบบ Central Location Test โดยทำการทดสอบกับผู้บริโภคเป้าหมายจำนวน 200 คน ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร, สถานที่เก็บข้อมูลได้แก่ ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล สาขาลาดพร้าว, ห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี. ตัวอย่างที่ใช้ทำการทดสอบจะต้องมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 0-4 องศาเซลเซียส และต้องเขย่าผลิตภัณฑ์ให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนทำการเสิร์ฟในปริมาณ 10 มิลิลิตร, โดยการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค ฝ่ายการตลาดเป็นผู้ดำเนินการศึกษา ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงในรายงานส่วนของการตลาด.

2.3.1.7 การศึกษาอายุการเก็บรักษา

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวหอมมะลิที่บรรจุในขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที. จากนั้น นำผลิตภัณฑ์ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส. ทำการศึกษาปัจจัย ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเบส ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ, ค่าสี, ปริมาณการแยกชั้น เป็นเวลา 14 วัน. นำผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้นำมาตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ ทุกๆ 3 วัน และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale 9-point, ทำการทดสอบกับผู้บริโภคในระดับห้องปฏิบัติการกับผู้บริโภคจำนวน 30 คน. นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS โดยเลือกค่าคุณภาพที่เป็นจุดวิกฤติในการทำนายอายุการเก็บรักษาคือ สี, ปริมาณการแยกชั้น และกลิ่นรสที่เปลี่ยนแปลงเป็นคุณลักษณะที่ใช้ในการทดสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวทั้งสองรส.

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของวัตถุดิบ

3.1.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท

ค่าคุณภาพของข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท จากการผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ, ทางด้านเคมี และทางจุลินทรีย์ ดังแสดงในตารางที่ 1, พบว่า ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้านความชื้น, โปรตีน, เถ้า, ไขมันทั้งหมด, เยื่อใย, คาร์โบไฮเดรต มีค่าใกล้เคียงกัน แต่พบว่า ข้าวกล้องมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยมากกว่าข้าวสุพรรณ 60 ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวเป็นข้อดีของข้าวกล้อง เนื่องจาก โปรตีนและเยื่อใยมีผลต่อร่างกายมากกว่าจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา.

ตารางที่ 7. เปรียบเทียบค่าคุณภาพด้านต่างๆระหว่างข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 และข้าวพันธุ์สุพรรณ 60.

ค่าวิเคราะห์	ข้าวกล้องหอมมะลิ 105	ข้าวสุพรรณ 60
ความชื้น, กรัม/100 กรัม	8.17	8.08
โปรตีน, กรัม/100 กรัม	8.68	7.70
เถ้า, กรัม/100 กรัม	1.18	0.47
ไขมันทั้งหมด, กรัม/100 กรัม	0.01	1.21
เยื่อใย, กรัม/100 กรัม	0.85	0.54
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, กรัม/100 กรัม	81.11	82.00
จุลินทรีย์ทั้งหมด, (CFU/1กรัม)	$4.1x10^4$	$7.4x10^2$
ยีสต์&รา, (CFU/1กรัม)	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ

3.1.2 การคัดเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว

จากผลการวิเคราะห์ได้คัดเลือกวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว คือข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 แต่เนื่องจากพบว่า ถ้าใช้ข้าวกล้องเต็มเมล็ดมีราคาวัตถุดิบแพงกว่าปลายข้าว 1 เท่า จึงเปลี่ยนมาใช้วัตถุดิบเป็นปลายข้าว 2 ชนิดคือ ปลายข้าวกล้อง ปลายข้าวขาวหอมมะลิ แทนข้าวเต็มเมล็ด ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของปลายข้าวดังแสดงในตารางที่ 8.

ตารางที่ 8. เปรียบเทียบค่าคุณภาพด้านต่างๆ ระหว่างปลายข้าวกล้องและปลายข้าวขาวหอมมะลิ.

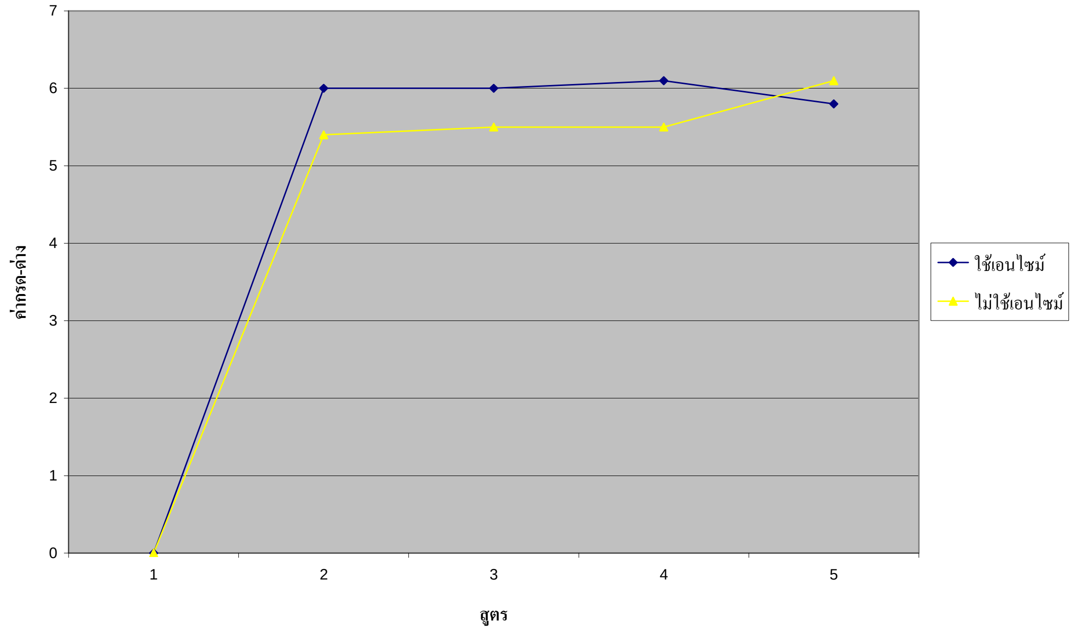
ค่าวิเคราะห์	ปลายข้าวกล้องหอมมะลิ	ปลายข้าวขาวหอมมะลิ
ความชื้น, กรัม/100 กรัม	11.10	10.0
โปรตีน, กรัม/100 กรัม	8.50	8.09
เถ้า, กรัม/100 กรัม	1.13	0.34
ไขมันทั้งหมด, กรัม/100 กรัม	2.98	1.08
เยื่อใย, กรัม/100 กรัม	1.51	0.44
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, กรัม/100 กรัม	74.78	80.05
จุลินทรีย์ทั้งหมด, (CFU/1กรัม)	$1.5x10^{6}$	$3.0x10^{5}$
ยีสต์และรา, (CFU/1กรัม)	$7.7x10^{3}$	$4.8x10^{2}$

เมื่อเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ ระหว่างปลายข้าวกล้องกับปลายข้าวขาวหอมมะลิ พบว่า ปลายข้าวกล้องมีปริมาณโปรตีน, ปริมาณความชื้น, ปริมาณเถ้า,ไขมันทั้งหมด, เยื่อใย มากกว่าปลายข้าวขาวหอมมะลิ ยกเว้นปริมาณคาร์โบไฮเดรต. จุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าน้อยกว่าปลายข้าวขาวหอมมะลิ เนื่องจาก ปลายข้าวกล้องเป็นข้าวที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการขัดสี จึงทำให้มีค่าคุณภาพด้านโปรตีน, เยื่อใย, สูงกว่าปลายข้าวขาว ซึ่งปลายข้าวกล้องมีคุณสมบัติที่ดี เนื่องจากโปรตีนช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ทำให้ร่างกายเจริญเติบโตและเยื่อใยมีผลช่วยให้ขับถ่ายสะดวก มีผลดีต่อร่างกาย. ดังนั้น จากผลของค่าวิเคราะห์ดังกล่าว จึงเลือกปลายข้าวกล้องหอมมะลิเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว.

3.1.3 การศึกษาการพัฒนากรรมวิธีการผลิตละการพัฒนาสูตร

3.1.3.1 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตโดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งต่อน้ำและเอมไซม์ที่มีผลต่อการย่อยแป้งปลายข้าว

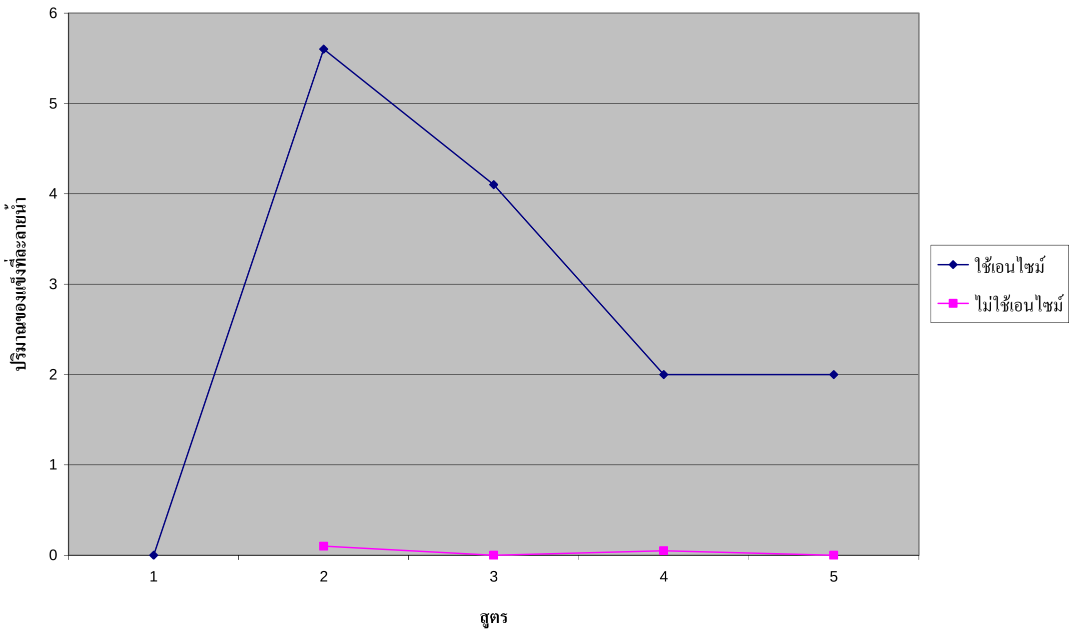
น้ำข้าวสกัดที่ได้มีคุณลักษณะที่มีความข้นหนืดต่ำ และนำน้ำข้าวสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และค่าความเป็นกรด-เบส ดังแสดงรูปที่ 12.



รูปที่ 12. ผลการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-เบสและกรรมวิธีการผลิต ระหว่างที่ใช้เอมไซม์กับไม่ใช้เอมไซม์.

จากรูปที่ 12 ผลการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-เบสและกรรมวิธีการผลิตระหว่างที่ใช้เอมไซม์ Termamyl SC กับไม่ใช้เอมไซม์ พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบส ระหว่าง 2 วิธีมีค่าใกล้เคียงกัน. แสดงว่า ปริมาณเอมไซม์ที่ใช้มีผลต่อค่าความเป็นกรด-เบสน้อยมาก อาจเนื่องจากเอนไซม์และแป้งนั้นไม่ทำปฏิกิริยา. จากผลของค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของวิธีการที่มีการเติมเอนไซม์มีค่ามากกว่าไม่เติมเอนไซม์ดังรูปที่ 13 แสดงว่า การใช้เอนไซม์มีผลต่อการย่อยแป้งข้าว ทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ขั้นวิธีการที่ไม่เติมเอนไซม์, เนื่องจาก เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยมีคุณสมบัติในการย่อยแป้งข้าว ทำให้แป้งมีลักษณะปรากฏที่ใสไม่ข้นหนืด ซึ่งลักษณะที่ใสของข้าวเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่ม, จากผลการศึกษาพบว่า กระบวนการการเติมเอนไซม์ทำ

ให้น้ำข้าวสกัดมีคุณลักษณะใสและอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งกับน้ำ คือ 1:10 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเครื่องดื่มข้าวสกัดจากปลายข้าว.



รูปที่ 13. ผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และกรรมวิธีการผลิตระหว่างที่ใช้เอมไซม์กับไม่ใช้เอมไซม์.

3.1.3.2 ผลการศึกษาปริมาณเอนไซม์และอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อนำมาเป็นกรรมวิธีการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว

จากผลการศึกษาปริมาณเอนไซม์และอุณหภูมิที่เหมาะสม พบว่า เมื่อมีการแปรปริมาณอุณหภูมิและเอนไซม์ได้สูตรสำหรับการเตรียมน้ำข้าวสกัดทั้งหมด 9 สูตร ซึ่งการแปรเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวใช้ข้อมูลจากคุณสมบัติเบื้องต้นของเอนไซม์ ดังตารางที่ 9. เมื่อพิจารณาจากค่าความเป็นกรด-เบส, ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าความข้นหนืด, ทุกสูตรมีค่าที่ได้ดังกล่าวใกล้เคียงกัน แต่ค่าการย่อยแป้งของเอนไซม์ทั้งหมด 9 สูตร คือ :

มีค่าอยู่ระหว่าง 80-85 % จากผลการย่อยแป้งข้าว พบว่า สูตรที่ 6 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับกระบวนการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว. เนื่องจาก สูตรที่ 6 คือ ปริมาณเอนไซม์ 0.3 % อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส มีอัตราการย่อยสูงที่สุด อาจมีสาเหตุจากสภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะการทำงานของเอนไซม์ที่เหมาะสมทำให้มีอัตราการย่อยที่ดี. ดังนั้น จึงเลือกสูตรที่ 6 เป็นสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว.

ตารางที่ 9. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างปริมาณเอนไซม์และอุณหภูมิที่มีผลต่อการย่อยแป้งของเอนไซม์ Termamyl SC .

สูตร	ปริมาณเอนไซม์ (%)	อุณหภูมิ (°ซ)	การย่อย (%)	ปริมาณกรด-เบส (pH)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Brix)	ความหนืด (cP)
1	0.1	80	80	6.5	6.1	2.37
2	0.2	80	82	6.6	6.2	2.35
3	0.3	80	83	6.5	6.8	2.37
4	0.1	85	81	6.5	6.5	2.38
5	0.2	85	83	6.5	6.5	2.32
6	0.3	85	85	6.6	6.8	2.33
7	0.1	90	80	6.5	6.4	2.34
8	0.2	90	81	6.6	6.5	2.33
9	0.3	90	82	6.5	6.8	2.37

3.1.3.3 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการต้มให้น้ำแป้งเกิดเจลและเวลาที่ใช้ในการสกัดน้ำแป้ง

จากผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการต้มน้ำแป้งให้เกิดเจล โดยพิจารณาจากค่าความข้นหนืด พบว่า ที่เวลา 45 นาที น้ำแป้งเกิดเจลได้อย่างสมบูรณ์, จากการศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัดน้ำแป้ง ดังแสดงในตารางที่ 10.

ตารางที่ 10. ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ในการต้มแป้ง

สูตร	เวลา (นาที)	การย่อย (%)	ปริมาณกรด-เบส (pH)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix)	ความหนืด (cP)
1	30	80	6.5	6.7	2.36
2	60	81	6.4	6.4	2.34
3	90	81	6.5	6.6	2.33
4	120	80	6.5	6.6	2.34

จากตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าที่เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที เปอร์เซนต์การย่อยที่ได้เท่ากับ 80, 81, 81 และ 80 ตามลำดับ ค่าปริมาณกรด-เบส เท่ากับ 6.7, 6.4, 6.6 และ 6.6 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 6.7, 6.4, 6.6 และ 6.6 ตามลำดับ และค่าความข้นหนืดเท่ากับ 2.36, 2.34, 2.33 และ 2.34 ตามลำดับ. แสดงว่า เวลาที่ใช้ไม่มีผลการย่อย, ค่าปริมาณกรด-เบส, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, ค่าความข้นหนืด, จึงเลือกใช้ที่เวลา 30 นาที, เพื่อเป็นประหยัดเวลาและพลังงานในการผลิต

3.1.4 การพัฒนาสูตร

3.1.4.1 การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวม

แนวทางการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวมดำเนินการพัฒนาสูตรจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design, เพื่อคัดเลือกสูตรน้ำผลไม้รวมที่เหมาะสมสำหรับผสมกับน้ำข้าวสกัดที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค, โดยมีสูตรทั้งหมด 7 สูตร และมีค่าความเป็นกรด-เบส, ค่าปริมาณสารที่ละลายน้ำได้, ค่าสี และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 4 และตารางที่ 5. พบว่า จากผลการวิเคราะห์ค่าสีทุกสูตรมีค่าสีใกล้เคียงกัน คือ มีค่าสี L อยู่ระหว่าง 34 ถึง 38, ค่าสี a อยู่ระหว่าง – 0.4 ถึง – 2, ค่าสี b อยู่ระหว่าง+10 ถึง +13, ค่าสีที่ปรากฏของทุกสูตรจะมีสีเป็นสีส้มออกเหลือง, ค่าปริมาณสารที่ละลายน้ำได้มีค่าอยู่ระหว่าง 6.1-6.8, ซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ไม่มีความแตกต่างของแต่ละสูตร เนื่องจากเป็นค่าที่ได้จากการปรับค่าคุณภาพจากการนำอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้กับปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต เพื่อให้ได้สูตรน้ำผลไม้ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และค่ากรด-เบส อยู่ระหว่าง 3-6. ผลของค่าความเป็นกรด-เบสจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของผลไม้แต่ละครั้ง เนื่องจาก วัตถุดิบทางการเกษตรจะมีค่าคุณภาพขึ้นอยู่กับฤดูกาลทำให้ในการพัฒนาสูตรน้ำผลไม้ต้องมีการวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เพื่อนำค่าที่ได้ไปปรับค่าคุณภาพของน้ำผลไม้ให้มีค่าคงที่สม่ำเสมอตลอดจนเป็นการควบคุณภาพในการผลิตให้การผลิตแต่ละครั้งมีค่าคุณภาพที่คงที่และสม่ำเสมอ. สำหรับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ย พบว่า ค่าสีของสูตรที่ 1 กับ 4, 2 กับ 3, 5 กับ 7 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p > 0.05$. แต่สูตรที่ 6 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $p \leq 0.05$. ด้านกลิ่นรสและความหวานของทุกสูตรไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p > 0.05$. ความเปรี้ยว สูตรที่ 5, 6 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $p \leq 0.05$. สำหรับสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 7 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p > 0.05$. ความชอบรวมสูตรที่ 1 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $p \leq 0.05$, แต่สูตรที่เหลือไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p > 0.05$. ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมด พบว่า สูตรที่ 1 คือสูตรที่มีค่า

คะแนนความชอบด้านสี, กลิ่น, รส, ความหวาน, ความเปรี้ยว และความชอบรวมเป็นที่ยอมรับมากที่สุดคือ มีค่าคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับที่ชอบปานกลาง.

ตารางที่ 11. ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำผลไม้รวมที่มีต่อเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว.

สูตร	น้ำส้ม (%)	น้ำสับปะรด (%)	น้ำแอปเปิล (%)	ค่ากรด-เบส (pH)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Brix)	สี
1	80	10	10	3.68	15.90	L*=35.12 a*=-0.40 b*=+12.75
2	50	40	10	3.61	15.40	L*=35.12 *a=-1.18 b*=+10.94
3	50	10	40	6.65	14.70	L*=35.19 a*=-0.11 b*=+10.99
4	65	25	10	6.63	16.20	L*=37.16 a*=-0.84 b*=+11.75
5	65	10	25	3.65	15.50	L*=36.35 a*=-1.12 b*=+12.61
6	50	25	25	3.61	14.80	L*=34.99 a*=-0.96 b*=+11.47
7	60	20	20	3.65	16.20	L*=35.32 a*=-1.12 b*=+12.52

ตารางที่ 12. ผลคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale 9-point ที่มีต่อน้ำผลไม้รวม.

สูตร	สี	กลิ่นรส	ความหวาน	ความเปรี้ยว	ความชอบรวม
1	7.73^{a}	7.16^{a}	6.80^{a}	6.90^{ab}	7.23^{a}
2	6.76^{bc}	7.06^{a}	6.66^{a}	6.86^{ab}	6.83^{ab}
3	6.80^{bc}	6.76^{a}	6.71^{a}	6.61^{ab}	6.86^{ab}
4	7.53^{a}	7.03^{a}	6.73^{a}	6.73ab^{ab}	7.10^{ab}
5	7.20^{ab}	6.86^{a}	6.86^{a}	7.00^{a}	7.00^{ab}
6	6.40^{c}	6.83^{a}	6.53^{a}	6.33^{b}	6.63^{b}
7	7.20^{ab}	6.80^{a}	6.60^{a}	6.86^{ab}	6.86^{ab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.1.4.2 ผลการคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำผลไม้รวมกับน้ำข้าวสกัด

นำน้ำผลไม้รวมสูตรที่ 1 คือ น้ำส้ม : น้ำสับปะรด : น้ำ แอปเปิล 80 : 10 : 10 มาผสมกับน้ำข้าวสกัด 3 ระดับ คือ 30, 40, และ 50, ได้สูตรทั้งหมด 3 สูตร, ดังแสดงในตารางที่ 13.

ตารางที่ 13. ผลการศึกษาอัตราส่วนน้ำผลไม้รวมและน้ำผลไม้รวมที่ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว.

สูตร	น้ำผลไม้รวม	น้ำข้าวสกัด	ค่ากรด-เบส	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	ค่าสี
1	70	30	4.03	13.9	L*=32.80 a*=-0.01 b*=+9.46
2	60	40	4.02	11.5	L*=31.04 a*=-0.58 b*=+7.96
3	50	50	4.06	9.8	L*=30.37 a*=-0.23 b*=+8.74

ตารางที่ 14. ผลคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale 9-point ที่มีต่อการแปรอัตราส่วนระหว่างน้ำผลไม้รวมกับเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว.

ตัวอย่าง	สี	กลิ่นรส	ความหวาน	ความเปรี้ยว	ความชอบรวม
1	7.2333[a]	6.5000[a]	6.5667[a]	6.8333[a]	6.8333[a]
2	6.7333[b]	6.3000[a]	6.0667[ab]	6.1667[b]	6.1667[b]
3	6.1667[c]	6.0333[a]	5.8333[b]	5.8000[b]	6.0333[b]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.1.4.3 การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสใบเตย

จากการแปรอัตราส่วนปริมาณน้ำตาลทรายที่ 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ในเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสใบเตย ได้สูตรทั้งหมด 3 สูตร. จากนั้น นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และทดสอบทางประสาทสัมผัส, โดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale 9-point ทำการทดสอบกับผู้บริโภคในระดับห้องปฏิบัติการกับผู้บริโภคจำนวน 30 คน. นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนของน้ำตาลที่เหมาะสมสำหรับเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสใบเตย ดังแสดงในตารางที่ 8. ค่าสี, กลิ่นใบเตย และความชอบรวมของสูตรที่ 2 กับ 3 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p>0.05$, แต่สูตรที่ 1. มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $p \leq 0.05$. ด้านกลิ่นข้าวและรสหวานของทุกสูตรไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p>0.05$.

ตารางที่ 15. ผลการศึกษาอัตราส่วนน้ำตาลทรายที่ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว.

ตัวอย่าง	pH	°Brix	สี	กลิ่นข้าว	กลิ่นใบเตย	ความหวาน	ความชอบรวม
1	6.45	12.4	5.4500[b]	5.4500[a]	5.3000[b]	5.2000[a]	5.4000[b]
2	6.44	13.0	6.2500[a]	5.7500[a]	6.0000[a]	5.8000[a]	6.1000[a]
3	6.34	14.0	6.2000[a]	5.7500[a]	6.1500[a]	5.8000[a]	6.2000[a]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดพบว่า สูตรที่ 3 คือสูตรที่มีค่าคะแนนความชอบด้านสี, กลิ่นข้าว, กลิ่นใบเตย, ความหวาน และความชอบรวม เป็นที่ยอมรับมากที่สุดคือ มีค่าคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับที่ชอบเล็กน้อย.

3.1.5 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวมและรสใบเตย

3.1.5.1 การวัดค่าทางกายภาพ ได้ผลดังต่อไปนี้ :

ตารางที่ 16. ผลการวัดค่าทางกายภาพด้านความหนืดและค่าสีของเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวที่พัฒนาได้.

ตัวอย่าง	ค่าความหนืด (cP)	ค่าสี
เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวม	2.7±0.1	L*=61.49±1.06 a*=2.59±0.59 b*=44.70±3.02
เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสใบเตย	2.6±0.1	L*=39.56±2.38 a*=0.04±0.6 b*=7.04±2.54

รูปที่ 14. ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว.

3.1.5.2 การวัดค่าทางด้านเคมี ได้ผลดังต่อไปนี้ :

ตารางที่ 17. ผลการวัดค่าทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวที่พัฒนาแล้ว

ตัวอย่าง	RBF	RBP
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	14.0±0.3	11.4±0.2
ปริมาณความเป็นกรด-เบส	3.7±0.2	5.5±0.2
โปรตีน, กรัม/100 มิลลิลิตร	0.46	0.14
เถ้า, กรัม/100 มิลลิลิตร	0.37	0.10
ไขมันทั้งหมด, กรัม/100 มิลลิลิตร	0	0
ใยอาหาร, กรัม/100 มิลลิลิตร	0.07	0.01
น้ำตาลทั้งหมด, กรัม/100 มิลลิลิตร	10.78	6.23
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, กรัม/100 มิลลิลิตร	13.17	11.18
โซเดียม, มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร*	41.08	2.88
แคลเซียม, มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร*	19.59	11.31
เหล็ก, มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร*	0.16	0.03
วิตามินเอ (ในรูป all trans-retinol),ไมโครกรัม/100 มิลลิลิตร	-	-
วิตามินบี 1 , มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร	<0.04	0.04
วิตามินบี 2, มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร	<0.02	0.02
วิตามินซี (as L-ascorbic), มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร	43.51	ตรวจไม่พบ

** หมายเหตุ

RBF แทนเครื่องดื่มสกัดจากข้าวรสผลไม้รวม ใส่วิตามินซี , แคลเซียม
ใช้วิธีวิเคราะห์ HPLC , F-AAS

RBP แทนเครื่องดื่มสกัดจากข้าวรสใบเตย ใส่วิตามินซี , แคลเซียม
ใช้วิธีวิเคราะห์ AOAC (2000) , HPLC , F-AAS

* ทดสอบโดยห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์, ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา

3.1.5.3 การวัดค่าคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ได้ผลดังต่อไปนี้ :

ตารางที่ 18. ผลวัดค่าทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวที่พัฒนาแล้ว

รายการวิเคราะห์	เครื่องดื่มสกัดจากข้าว รสผลไม้รวม	เครื่องดื่มสกัดจากข้าว รสใบเตย
Total plate count, (CFU/1 มิลลิลิตร)	~ 24	~ 23
ยีสต์และรา, (CFU/1 มิลลิลิตร)	< 1 (ตรวจไม่พบ)	< 1 (ตรวจไม่พบ)
S. aureus, (CFU/1 มิลลิลิตร)	< 1 (ตรวจไม่พบ)	< 1 (ตรวจไม่พบ)
E. coli, (MPN/1 มิลลิลิตร)	< 1.1 (ตรวจไม่พบ)	< 1.1 (ตรวจไม่พบ)
โคลิฟอร์ม, (MPN/1 มิลลิลิตร)	< 1.1 (ตรวจไม่พบ)	< 1.1 (ตรวจไม่พบ)

3.1.6 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 19. ผลค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบ.

สูตร	สี	รสชาติ	ความชอบรวม
เครื่องดื่มสกัดจากข้าวรสผลไม้รวม	7.3667	6.8667	6.9000
เครื่องดื่มสกัดจากข้าวรสใบเตย	6.9000	6.3333	6.5000

3.1.7 การศึกษาอายุการเก็บรักษา

เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวที่ทำการพัฒนาขึ้นมานั้น ใช้วิธีการพลาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ. นาน 20 วินาที. ในการฆ่าเชื้อสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาจึงควรเก็บในที่อุณหภูมิต่ำหรือในตู้เย็น. โดยทำการวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพเป็นเวลา 2 สัปดาห์ หรือ 14 วัน และทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส, ความชอบทางด้านสี, กลิ่นข้าว, กลิ่นรส, รสชาติ และความชอบรวม, ในวันที่ 0, 2, 4, 7, 9 และ 11, โดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale 9-point ทำการทดสอบกับผู้บริโภคในระดับห้องปฏิบัติการกับผู้บริโภคจำนวน 30 คน. นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS ดังแสดงในตารางที่ 13 พบว่า ผลของค่าทางเคมีคือ ความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Brix) และค่าความหนืด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p>0.05$. แสดงว่า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ตู้เย็นอุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส ทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องสกัดจากข้าวทั้งสองรสสามารถเก็บรักษาได้ถึง 14 วัน เนื่องจาก ที่

อุณหภูมิดังกล่าวเชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ อีกทั้งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวรสผลไม้รวม มีค่าความเป็นกรดสูง.

ตารางที่ 20. ผลการวิเคราะห์ค่าทางจุลินทรีย์.

วันที่	รายการวิเคราะห์	เครื่องดื่มสกัดจากข้าวรสผลไม้รวม	เครื่องดื่มสกัดจากข้าวรสใบเตย
2	Total plate count, (CFU/1 มิลลิลิตร)	~ 23	~ 24
	ยีสต์และรา, (CFU/1 มิลลิลิตร)	< 1 (ตรวจไม่พบ)	< 1 (ตรวจไม่พบ)
4	Total plate count, (CFU/1 มิลลิลิตร)	= 30	~ 18
	ยีสต์และรา, (CFU/1 มิลลิลิตร)	< 1 (ตรวจไม่พบ)	< 1 (ตรวจไม่พบ)
7	Total plate count, (CFU/1 มิลลิลิตร)	~ 21	~ 17
	ยีสต์และรา, (CFU/1 มิลลิลิตร)	< 1 (ตรวจไม่พบ)	< 1 (ตรวจไม่พบ)
9	Total plate count, (CFU/1 มิลลิลิตร)	~ 10	~ 19
	ยีสต์และรา, (CFU/1 มิลลิลิตร)	< 1 (ตรวจไม่พบ)	< 1 (ตรวจไม่พบ)
11	Total plate count, (CFU/1 มิลลิลิตร)	~ 16	~ 22
	ยีสต์และรา, (CFU/1 มิลลิลิตร)	< 1 (ตรวจไม่พบ)	< 1 (ตรวจไม่พบ)

ผลการทดสอบทางเคมีและทางกายภาพ

ตารางที่ 21. ผลการวัดค่าทางเคมีและกายภาพของเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน .

	“เครื่องดื่มสกัดจากข้าวรสผลไม้รวม”				“เครื่องดื่มสกัดจากข้าวรสใบเตย”		
วันที่	pH ^{ns}	Brix ^{ns}	ความหนืด ^{ns}	%กรด ^{ns}	pH *	Brix ^{ns}	ความหนืด ^{ns}
0	3.67	14.2	2.75	0.54	5.62	11.6	2.60
1	3.57	14.1	2.73	0.54	5.53	11.4	2.57
2	3.67	14.1	2.73	0.53	5.31	11.5	2.58
3	3.67	14.2	2.77	0.50	5.65	11.5	2.58
4	3.62	14.0	2.63	0.54	5.69	11.3	2.45
5	3.60	14.0	2.73	0.53	5.50	11.3	2.52
6	3.45	13.9	2.80	0.53	5.41	11.2	2.58
7	3.69	14.0	2.74	0.50	5.62	11.6	2.53
8	3.50	14.1	2.76	0.53	5.51	11.4	2.58
9	3.73	13.7	2.74	0.50	5.09	11.2	2.58
10	3.48	14.0	2.51	0.51	5.45	11.3	2.53
11	3.50	14.0	2.63	0.51	5.42	11.4	2.54
12	3.81	13.4	2.71	0.48	5.40	11.1	2.57
13	3.89	14.3	2.75	0.54	5.63	11.5	2.60

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p > 0.05$)

ตารางที่ 22. ค่าสี.

วันที่	เครื่องดื่มสกัดจากข้าวรสผลไม้รวม			เครื่องดื่มสกัดจากข้าวรสใบเตย		
	L ^{ns}	a *	b *	L ^{ns}	a *	b *
1	61.49	2.59	44.70	61.49	2.59	44.70
2	61.66	2.73	44.58	61.66	2.73	44.58
3	62.36	2.88	47.52	62.36	2.88	47.52
4	60.45	2.19	49.16	60.45	2.19	49.16
5	60.60	1.78	49.88	60.60	1.78	49.88
6	60.60	2.02	48.97	60.60	2.02	48.97
7	60.70	2.24	47.64	60.70	2.24	47.64
8	60.83	2.46	45.94	60.83	2.46	45.94
9	61.63	2.79	45.89	61.63	2.79	45.89
10	62.09	3.20	47.92	62.09	3.20	47.92
11	61.84	3.19	49.36	61.84	3.19	49.36
12	60.16	2.24	49.10	60.16	2.24	49.10
13	60.27	2.08	47.95	60.27	2.08	47.95
	61.15	2.55	50.51	61.15	2.55	50.51

ตารางที่ 23. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเครื่องดื่มสกัดจากข้าว กลิ่นรสผลไม้รวม.

วันที่	สี *	กลิ่นข้าว ^{ns}	กลิ่นรส ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	ความชอบรวม ^{ns}
0	7.17	5.53	5.97	5.63	5.70
2	6.77	5.30	5.80	5.97	5.97
4	6.77	5.97	6.17	6.00	6.27
7	7.23	5.97	6.03	6.37	6.43
9	7.00	5.53	6.03	6.30	6.20
11	6.23	5.27	5.73	5.70	6.10

^{ns} ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ตารางที่ 24. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเครื่องดื่มสกัดจากข้าว กลิ่นรสใบเตย.

	สี ns	กลิ่นข้าว ns	กลิ่นรส ns	รสชาติ ns	ความชอบรวม ns
0	6.67	6.70	6.60	6.30	6.60
2	6.70	6.87	6.17	6.33	6.63
4	6.27	6.37	6.40	6.17	6.40
7	6.93	6.53	6.10	6.13	6.33
9	6.80	6.77	6.70	6.60	6.67
11	6.57	6.50	6.37	6.23	6.47

ns ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

4. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลจากการดำเนินการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวที่ไม่มีแอลกอฮอล์ โดยใช้เทคโนโลยีกระบวนการผลิตต่างๆที่มีของ วว. ดังนี้ :

การคัดเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมด้วยการคัดเลือกจากคุณค่าทางโภชนาการของข้าว พบว่า ปลายข้าวกล้องหอมมะลิ เป็นวัตถุดิบที่มีความเหมาะสม

เมื่อคัดเลือกวัตถุดิบได้แล้วดำเนินการแปรรูปข้าวให้เป็นแป้งปลายข้าว คือ นำแป้งปลายข้าวมาล้างทำความสะอาด แช่น้ำประมาณ 1.30 ชั่วโมง โม่ด้วยเครื่อง Hammermil เหวี่ยงแยกด้วยเครื่อง Centrifuge เวลา 20 นาที ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที นำแป้งไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลาอบ 24 ชั่วโมง.

การศึกษากรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมคือ อัตราส่วนระหว่างแป้งต่อน้ำ คือ 1 ต่อ 10 ปริมาณเอนไซม์ (Termamyl SC) ร้อยละ 0.3 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที.

การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวมและรสใบเตยคือ สูตรที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวมคือ น้ำผลไม้รวม ร้อยละ 70, น้ำข้าวสกัดร้อยละ 30 ฟรักโทสร้อยละ 4.9, เกลือร้อยละ 0.1 และสูตรที่เหมาะสมของเครื่องดื่มสกัดรสใบเตยคือ น้ำข้าวสกัดร้อยละ 91, ฟรุกโตสร้อยละ 6, น้ำใบเตยร้อยละ 3. โดยเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวม มีลักษณะสีส้มออกเหลือง ค่าความเป็นกรด-เบส 3.7±0.2, ความหนืด 2.1±0.1 เซนติพอยส์, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 14.0±0.3, ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 61.49±1.05, 2.59±0.6, 44.70±3.01 ตามลำดับ. สำหรับเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสใบเตย มีลักษณะเขียวอ่อน, ค่าความเป็นกรด-เบส 5.5±0.2, ความหนืด 2.6±0.1 เซนติพอยส์, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 11.4±0.2, ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 39.56±2.38, 0.04±0.6, 7.04±2.54 ตามลำดับ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 24 โคโลนีต่อกรัม, ยีสต์รา *S. aureus* น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม, *E.coli* และโคลิฟอร์มมีค่า MPN น้อยกว่า 1.1.

การศึกษาอายุการเก็บของเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวรสผลไม้รวมและรสใบเตยที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะอุณหภูมิตู้เย็นไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส ที่มีผลต่อค่าสี, ค่าความเป็นกรด-เบส ค่า

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพ และทำการศึกษาปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด, ยีสต์, รา ที่ระยะเวลาการเก็บ 14 วัน ปรากฏว่า ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวทั้งสองรส ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p > 0.05$ ในทุกคุณลักษณะ. ดังนั้น ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวทั้งสองรสมีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 14 วัน. จากผลค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ที่ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ตลอดอายุการเก็บรักษา แสดงว่า ประสิทธิภาพของเครื่องฆ่าเชื้อและกรรมวิธีในการผลิตมีประสิทธิภาพดี ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค. เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบการยอมรับกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายจำนวน 200 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ทั้งสองรส ในระดับชอบปานกลาง.

5. เอกสารอ้างอิง

คงเสรี, งามชื่น. 2537. ศักยภาพพันธุ์ข้าวไทยสู่การแปรรูป. เอกสารการประชุมวิชาการเรื่อง ศักยภาพข้าวไทย ทิศทางใหม่สู่อุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32 กรุงเทพฯ: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 101 น.

มงคล, ชาญ. 2536. ข้าว ตำราเอกสารวิชาการ ฉบับที่ 63. กรุงเทพฯ: ภาคพัฒนาตำราและเอกสาร หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ, 149 น.

นรินาม. 2536. การตลาดทศวรรษที่ 2000. คู่แข่ง 14 (ฉบับพิเศษ), (มปท.)26-32

นัยวิกุล อรอนงค์. 2547 ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 366 หน้า

วาสิกดิลก, นฤศันส์. 2541. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ. กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 78 น.

ศรีโตกลิ่น ลาเดือน. 2541. การพัฒนาน้ำใบเตยพาสเจอร์ไรส์บรรจุขวด. โครงงานการประกันคุณภาพ. กรุงเทพ: ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 19 หน้า

Guaipo, B. *et al,* 1993. “Fomulation and Evaluation of a beverage based on whole milk and precooked rice flour, *Arch Latinoam Nutr*. **43**(2), pp. 161-7.

Guerra MJ. *et al,* 1981. “Formulation of a rice-based beverage of high nutritive value” *Arch Latinoam Natr*., **31**(2), pp. 337 – 49.

Massa, G. *et al,* 2001. “Protein malnutrition due to replacement of milk by rice drink” European *J. of Pediatrics*, **160**(6), pp. 382-384.

Sirivichayakul, C. *et al,* 2000. “Effect of rice powder salt solution and milk-rice mixture on acute watery diarrhea in young children” *Southeast Asian J. Trop. Med. Health*, **31**(2), pp. 354-9.

ภาคผนวก ก

อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ผลทางเคมีและกายภาพเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

1. การตรวจวัด pH

วิธีวิเคราะห์

1. การปรับ Calibration สองตำแหน่งของเครื่อง pH meter

- จุ่มแท่ง electrode ลงในสารละลายบัฟเฟอร์ ที่มีค่าเท่ากับ 4 หมุนภาชนะบรรจุเบาๆ แล้ววัดค่า โดยกดปุ่ม Calibrate (Cal)

- จุ่มแท่ง electrode ลงในสารละลายบัฟเฟอร์ ที่มีค่าเท่ากับ 7 หมุนภาชนะบรรจุเบาๆ แล้ววัดค่า โดยกดปุ่ม Calibrate (Cal)

2. การวัดค่า pH

- จุ่มแท่ง electrode ลงในสารละลายที่เตรียมไว้ข้างต้น แล้วกดปุ่ม read เพื่ออ่านค่า (เมื่อมีตำแหน่งค่าทศนิยมไม่กระพริบ แสดงว่าค่าถึงจุดคงที่)

3. ล้างแท่ง electrode ด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้ง

4. การเก็บรักษา electrode

- กรณีที่ใช้ต่อเนื่อง จุ่ม electrode ในน้ำกลั่น

- กรณีที่ไม่ใช้เป็นเวลานาน ปิด fill hole จุ่ม electrode ลงในสารละลาย ประเภทเดียวกันกับที่บรรจุใน electrode

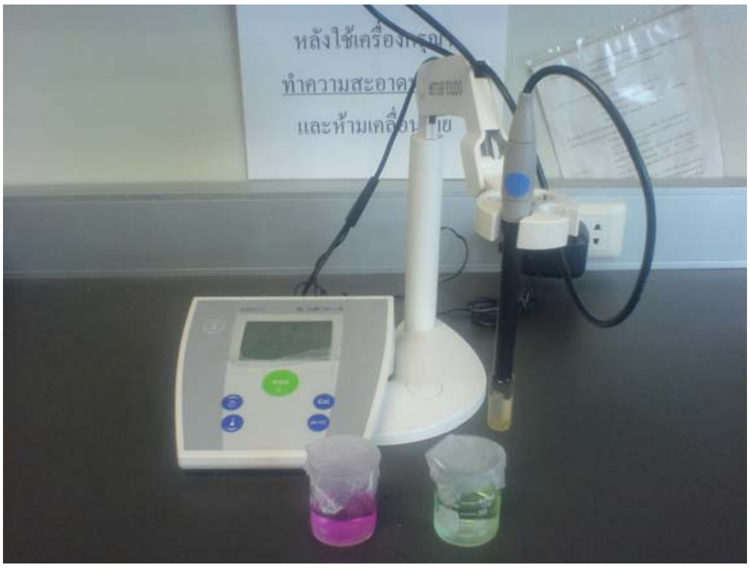
สารเคมีและเครื่องมือ

1. ตัวอย่าง (น้ำว่านหางจระเข้, น้ำผลไม้ชนิดต่างๆ, น้ำผลไม้รวม และน้ำว่านหางจระเข้ผสมน้ำผลไม้รวม)

2. บีกเกอร์

3. น้ำกลั่น

4. pH meter ยี่ห้อ METTLER TOLEDL



รูปที่ 1. pH meter

2. การตรวจวัดของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (° Brix)

Refractometer เป็นเครื่องที่ใช้วัดค่า Refractive index (การหักเหของแสงของของแข็งที่ละลายได้ หรือ Soluble solid) ในสารละลายตัวอย่าง เช่น ในน้ำเชื่อมบริสุทธิ์มีของแข็งที่ละลายได้อยู่ในสารละลาย คือ น้ำตาลซูโครสเพียงอย่างเดียว ทำให้สามารถวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้ Refracto meter อ่านค่าการหักเหของแสง หรือองศาบริกซ์ (^{0}Brix) วิธีวัดได้รวดเร็วและได้ผลแน่นอน นิยมใช้วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลในน้ำเชื่อม ค่าการหักเหของแสงที่อ่านได้สามารถเทียบเป็นความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล ได้จากตารางมาตรฐาน โดยวัดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ถ้าทำการวัดที่อุณหภูมิอื่นต้องปรับค่าให้ถูกต้อง

วิธีการวิเคราะห์

นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ข้างต้นมาทำการวัด TSS โดยตรงด้วยเครื่อง Refractometer แล้วทำการจดบันทึก ทำซ้ำ 3 ซ้ำ

สารเคมีและเครื่องมือ

1. ตัวอย่าง
2. น้ำกลั่น
3. รีแฟรกโตมิเตอร์ (refractometer)

รูปที่ 2. รีแฟรกโตมิเตอร์ (refractometer)

3. การหาปริมาณกรดทั้งหมดโดยวิธีไทเทรต

สารเคมีและเครื่องมือ

อุปกรณ์

1. ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร
2. บิวเรต (burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร และชุดขาตั้ง (stand and clamp)
3. ไมโครปิเปต (Micropipette)

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 นอร์มอล (0.1 N NaOH)
2. ฟีนอฟธาลีน ความเข้มข้น 1 % ของสารละลายแอลลกอฮอล์

การวิเคราะห์

1. ปิเปตสารตัวอย่างที่เตรียมไว้มา 10 มิลลิลิตร ใส่ใน Flask ขนาด 50 มิลลิลิตร
2. หยดฟีนอล์ฟธาลีน 2-3 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์
3. นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนถึงจุดจุติ

เมื่อสารละลายใน Flask เปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน จดปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ ทำซ้ำ 3 ซ้ำ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด

การคำนวณปริมาณกรดซิตริก

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด} (\%) = \frac{V \times N \times 70.05 \times 100}{W \times 1000}$$

V = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ในการไทเทรต (ml)

N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (normal)

W = น้ำหนักสารตัวอย่าง (g)

* จำนวนสมมูลกรดของกรดซิตริก เท่ากับ 70.05 g / mol (Citric acid) *

รูปที่ 3. อุปกรณ์การไทเทรต

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

เครื่องวัดสี

วิธีการวิเคราะห์

1. กดปุ่มเปิดเครื่อง
2. นำแผ่น White Calibrate วางลงบนหัววัด กดปุ่ม Measure จะปรากฏค่าที่วัดได้ Y = 94.3, x = 0.3134, y = 0.3196 ซึ่งเป็นค่าที่ตรงกับค่าที่ระบุไว้บนแผ่น White Calibrate แสดงว่าการ Calibrate เสร็จสมบูรณ์แล้ว
3. กดปุ่ม Color space select เพื่อเลือกให้ Color space แสดงผลค่าสีในระบบ L*a*b*
4. นำตัวอย่างใส่ลงในกระบอกรับตัวอย่าง
5. วางหัวสีวัดใต้กรับอกรับตัวอย่าง นำแผ่น White Calibrate วางปิดด้านบน กดปุ่ม Measure
6. ค่าสีที่วัดจะถูกบันทึกเก็บไว้ในตัวเครื่อง และถูกพิมพ์ลงสู่แผ่นกระดาษแบบ Thermal

สารเคมีและเครื่องมือ

1. ตัวอย่าง
2. น้ำกลั่น
3. เครื่องวัดสี (Chroma Meter/White Calibration Plate) ยี่ห้อ MINOLTA รุ่น CR 310

รูปที่ 4. เครื่องวัดสี

2. การตรวจวัดความหนืด

สารเคมีและเครื่องมือ

1. ตัวอย่าง
2. น้ำกลั่น
3. กระบอกตวงขนาด 25 ml.
4. หัววัดเบอร์ 00
5. เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) ยี่ห้อ BROOKFIELD รุ่น LV DV-III

วิธีการทดลอง

1. บันทึกขนาดของหัววัดลงในเครื่อง (ในที่นี้ใช้หัววัด เบอร์ 00)
2. เทตัวอย่างใส่กระบอกตวง ประมาณ 16 ml. จากนั้นใส่ลงในกระบอกสำหรับวัด
3. กดปุ่มเลือกความเร็วรอบ (rpm.) ที่ใช้ในการวัด โดยมีหลักการอยู่ว่า “ต้องให้ % Torque มีค่าใกล้เคียง 100 มากที่สุด”
4. บันทึกค่า rpm., % Torque, viscosity, shear stress และ shear rate

รูปที่ 5. เครื่องวัดความหนืด

ภาคผนวก ข

เครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับทดลองผลิตเครื่องดื่มข้าว

รูปที่ 6. เครื่องคั้นส้ม

รูปที่ 7. ถังผสม

รูปที่ 8. เครื่องฆ่าเชื้อน้ำผลไม้และเครื่องดื่ม วว.

รูปที่ 9. เครื่องกรองน้ำข้าว

รูปที่ 10. เครื่องบดข้าว

รูปที่ 11. ตู้อบใช้สำหรับอบขวด

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าว

Hedonic Scaling Test

ชื่อผู้ทดสอบ ....วันที่..

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยให้คะแนนความชอบในข้อที่ท่านคิดว่าเหมาะสมกับแต่ละตัวอย่างตามความรู้สึกทางด้านประสาทสัมผัสของท่านโดยมีระดับคะแนนดังต่อไปนี้

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

คะแนนความชอบ

	075	431	856
สี	....	....	....
กลิ่นข้าว	....	....	....
กลิ่นรส (ความรู้สึกด้านกลิ่นหลังการชิม)	....	....	....
รสชาติ	....	....	....
ความชอบรวม	....	....	....

ข้อเสนอแนะ

....

....

....

ภาคผนวก ง

ผล sensory จาก ตารางที่ 5 ผลคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ hedonic scale 9-point ที่มีต่อน้ำผลไม้รวม

COLOR

	TRT	N	Subset		
			1	2	3
Duncan(a,b,c)	6.00	30	6.4000		
	2.00	30	6.7667	6.7667	
	3.00	60	6.8000	6.8000	
	7.00	30		7.2000	7.2000
	5.00	30		7.2000	7.2000
	4.00	30			7.5333
	1.00	30			7.7333
	Sig.		.148	.130	.061

FLAVOR

	TRT	N	Subset
			1
Duncan(a,b)	3.00	60	6.7667
	7.00	30	6.8000
	6.00	30	6.8333
	5.00	30	6.8667
	4.00	30	7.0333
	2.00	30	7.0667
	1.00	30	7.1667
	Sig.		.190

SWEET

	TRT	N	Subset
			1
Duncan(a,b,c)	6.00	30	6.5333
	7.00	30	6.6000
	2.00	30	6.6667
	3.00	60	6.7167
	4.00	30	6.7333
	1.00	30	6.8000
	5.00	30	6.8667
	Sig.		.307

เปรี้ยว

	TRT	N	Subset	
			1	2
Duncan(a,b,c)	6.00	30	6.3333	
	3.00	60	6.6167	6.6167
	4.00	30	6.7333	6.7333
	7.00	30	6.8667	6.8667
	2.00	30	6.8667	6.8667
	1.00	30	6.9000	6.9000
	5.00	30		7.0000
	Sig.		.072	.231

LIKE

	TRT	N	Subset	
			1	2
Duncan(a,b,c)	6.00	30	6.6333	
	2.00	30	6.8333	6.8333
	7.00	30	6.8667	6.8667
	3.00	60	6.8667	6.8667
	5.00	30	7.0000	7.0000
	4.00	30	7.1000	7.1000
	1.00	30		7.2333
	Sig.		.096	.156

ตารางแสดงผลคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ hedonic scale 9-point ที่มีต่อการแปรอัตราส่วนระหว่างน้ำผลไม้รวมกับเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว โดยวิธี Duncan Multiple Ranging Test (DMRT) (ตารางที่ 7)

สี

	TR	N	Subset		
			1	2	3
Duncan(a,b,c)	3.00	30	6.1667		
	1.00	30		6.733	
	2.00	30			7.2333
	Sig.		1.000	1.000	1.000

กลิ่นรส

	TR	N	Subset
			1
Duncan(a,b,c)	3.00	30	6.0333
	2.00	30	6.3000
	1.00	30	6.5000
	Sig.		.061

ความหวาน

	TR	N	Subset	
			1	2
Duncan(a,b,c)	3.00	30	5.8333	
	2.00	30	6.0667	6.0667
	1.00	30		6.5667
	Sig.		.365	.055

ความเปรี้ยว

	TR	N	Subset	
			1	2
Duncan(a,b,c)	3.00	30	5.8000	
	2.00	30	6.1667	
	1.00	30		6.8333
	Sig.		.147	1.000

ความชอบรวม

	TR	N	Subset	
			1	2
Duncan(a,b,c)	3.00	30	6.0333	
	2.00	30	6.1667	
	1.00	30		6.8333
	Sig.		.545	1.000

จากตารางที่ 8 ผลการศึกษาอัตราส่วนน้ำตาลทรายที่ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าว

สี

	TR	N	Subset	
			1	2
Duncan(a,b,c)	1.00	20	5.4500	
	3.00	20		6.2000
	2.00	20		6.2500
	Sig.		1.000	.872

กลิ่นข้าว

	TR	N	Subset
			1
Duncan(a,b,c)	1.00	20	5.4500
	3.00	20	5.7500
	2.00	20	5.7500
	Sig.		

กลิ่นใบเตย

	TR	N	Subset	
			1	2
Duncan(a,b,c)	1.00	20	5.3000	
	2.00	20		6.0000
	3.00	20		6.1500
	Sig.		1.000	.626

ความหวาน

	TR	N	Subset
			1
Duncan(a,b,c)	1.00	20	5.2000
	2.00	20	5.8000
	3.00	20	5.8000
	Sig.		.188

ความชอบรวม

	TR	N	Subset	
			1	2
Duncan(a,b,c)	1.00	20	5.4000	
	2.00	20		6.1000
	3.00	20		6.200
	Sig.		1.000	.709

ค่า pH. ผลไม้รวม จากตารางที่ 13 แสดงผลการวัดค่าทางเคมีและกายภาพของเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PH	Between Groups	.000	1	.000	.001	.976
	Within Groups	.406	26	.016		
	Total	.406	27			
BRIX	Between Groups	.001	1	.001	.028	.869
	Within Groups	1.337	26	.051		
	Total	1.339	27			
ACIDITY	Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
	Within Groups	.010	26	.000		
	Total	.010	27			
VIS	Between Groups	.000	1	.000	.001	.980
	Within Groups	.146	26	.006		
	Total	.146	27			

ตารางที่ ค่า pH. ใบเตย ตารางที่ 13 (ต่อ)แสดงผลการวัดค่าทางเคมีและกายภาพของเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PH	Between Groups	.001	1	.001	.027	.870
	Within Groups	.665	26	.026		
	Total	.666	27			
BRIX	Between Groups	.000	1	.000	.000	1.000
	Within Groups	.607	26	.023		
	Total	.607	27			
VIS	Between Groups	.000	1	.000	.009	.926
	Within Groups	.043	26	.002		
	Total	.043	27			

ค่าสีผลไม้รวม จากตารางที่ 13 แสดงค่าสี

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L	Between Groups	31.734	13	2.441	1.625	.097
	Within Groups	111.171	74	1.502		
	Total	142.905	87			
A	Between Groups	11.161	13	.859	3.049	.001
	Within Groups	20.834	74	.282		
	Total	31.995	87			
B	Between Groups	350.236	13	26.941	3.838	.000
	Within Groups	519.442	74	7.019		
	Total	869.678	87			

L

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
12.00	4	60.1550		
13.00	4	60.2675		
4.00	4	60.4450	60.4450	
5.00	4	60.6000	60.6000	60.6000
6.00	6	60.6000	60.6000	60.6000
7.00	8	60.7013	60.7013	60.7013
8.00	8	60.8338	60.8338	60.8338
14.00	6	61.1450	61.1450	61.1450
1.00	14	61.4857	61.4857	61.4857
9.00	8	61.6325	61.6325	61.6325
2.00	10	61.6570	61.6570	61.6570
11.00	4	61.8425	61.8425	61.8425
10.00	4		62.0925	62.0925
3.00	4			62.3600
Sig.		.065	.070	.053

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.324.
b The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

A

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
5.00	4	1.7825				
6.00	6	2.0167	2.0167			
13.00	4	2.0750	2.0750	2.0750		
4.00	4	2.1900	2.1900	2.1900	2.1900	
12.00	4	2.2350	2.2350	2.2350	2.2350	
7.00	8	2.2375	2.2375	2.2375	2.2375	
8.00	8	2.4600	2.4600	2.4600	2.4600	2.4600
14.00	6		2.5517	2.5517	2.5517	2.5517
1.00	14		2.5921	2.5921	2.5921	2.5921
2.00	10		2.7270	2.7270	2.7270	2.7270
9.00	8			2.7938	2.7938	2.7938
3.00	4				2.8775	2.8775
11.00	4					3.1850
10.00	4					3.2025
Sig.		.075	.067	.064	.077	.053

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.324.
b The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

B

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
2.00	10	44.5790		
1.00	14	44.7043		
9.00	8	45.8900	45.8900	
8.00	8	45.9400	45.9400	
3.00	4	47.5175	47.5175	47.5175
7.00	8	47.6413	47.6413	47.6413
10.00	4	47.9225	47.9225	47.9225
13.00	4	47.9475	47.9475	47.9475
6.00	6		48.9733	48.9733
12.00	4		49.0975	49.0975
4.00	4		49.1600	49.1600
11.00	4		49.3625	49.3625
5.00	4			49.8825
14.00	6			50.5133
Sig.		.080	.076	.127

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.324.
b The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

ค่าสีใบเตยตารางที่ 13 (ต่อ)แสดงผลการวัดค่าทางเคมีและกายภาพของเครื่องดื่มสกัดจากปลายข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L	Between Groups	31.565	13	2.428	.582	.860
	Within Groups	283.635	68	4.171		
	Total	315.200	81			
A	Between Groups	51.075	13	3.929	5.703	.000
	Within Groups	46.843	68	.689		
	Total	97.918	81			
B	Between Groups	404.011	13	31.078	5.529	.000
	Within Groups	382.246	68	5.621		
	Total	786.256	81			

L

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05 1
14.00	6	37.9350
13.00	4	37.9725
4.00	2	38.3200
10.00	4	38.4850
5.00	4	38.5000
6.00	4	38.6100
11.00	4	38.6225
3.00	4	38.8700
12.00	4	38.9025
7.00	6	39.2983
9.00	8	39.3138
8.00	8	39.4663
1.00	14	39.5571
2.00	10	39.9610
Sig.		.220

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.659.
b The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

A

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
4.00	2	-1.2550					
6.00	4	-1.2250					
5.00	4	-1.0925	-1.0925				
13.00	4	-1.0275	-1.0275	-1.0275			
14.00	6	-.7117	-.7117	-.7117	-.7117		
7.00	6	-.5083	-.5083	-.5083	-.5083		
12.00	4	-.2400	-.2400	-.2400	-.2400	-.2400	
1.00	14		.0386	.0386	.0386	.0386	
8.00	8			.1588	.1588	.1588	
2.00	10				.3490	.3490	
9.00	8				.3613	.3613	
3.00	4				.3975	.3975	
11.00	4					.9925	
10.00	4						2.2950
Sig.		.112	.072	.058	.085	.052	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.659.
b The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

B

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
11.00	4	5.9050			
10.00	4	6.0325			
2.00	10	6.2700			
1.00	14	7.0386	7.0386		
3.00	4	7.0825	7.0825		
9.00	8	7.3900	7.3900		
8.00	8	8.3950	8.3950	8.3950	
12.00	4		10.0000	10.0000	10.0000
7.00	6		10.4217	10.4217	10.4217
14.00	6			11.2133	11.2133
5.00	4			11.8400	11.8400
13.00	4			11.8725	11.8725
4.00	2				12.1350
6.00	4				12.4875
Sig.		.173	.059	.052	.174

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.659.
b The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

รสผลไม้รวม ทดสอบทางประสาทสัมผัส จากตารางที่ 14 ผลการชิม

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สี	Between Groups	19.894	5	3.979	2.295	.047
	Within Groups	301.633	174	1.734		
	Total	321.528	179			
กลิ่น	Between Groups	14.361	5	2.872	1.340	.250
	Within Groups	373.033	174	2.144		
	Total	387.394	179			
กลิ่นรส	Between Groups	3.911	5	.782	.327	.896
	Within Groups	415.733	174	2.389		
	Total	419.644	179			
รสชาติ	Between Groups	13.494	5	2.699	1.170	.326
	Within Groups	401.500	174	2.307		
	Total	414.994	179			
รวม	Between Groups	9.778	5	1.956	.895	.485
	Within Groups	380.000	174	2.184		
	Total	389.778	179			

สี

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
6.00	30	6.2333	
2.00	30	6.7667	6.7667
3.00	30	6.7667	6.7667
5.00	30		7.0000
1.00	30		7.1667
4.00	30		7.2333
Sig.		.141	.229

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

กลิ่น

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05 1
6.00	30	5.2667
2.00	30	5.3000
1.00	30	5.5333
5.00	30	5.5333
3.00	30	5.9667
4.00	30	5.9667
Sig.		.108

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

กลิ่นรส

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05 1
6.00	30	5.7333
2.00	30	5.8000
1.00	30	5.9667
4.00	30	6.0333
5.00	30	6.0333
3.00	30	6.1667
Sig.		.353

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

รสชาติ

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05 1
1.00	30	5.6333
6.00	30	5.7000
2.00	30	5.9667
3.00	30	6.0000
5.00	30	6.3000
4.00	30	6.3667
Sig.		.105

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

รวม

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05
		1
1.00	30	5.7000
2.00	30	5.9667
6.00	30	6.1000
5.00	30	6.2000
3.00	30	6.2667
4.00	30	6.4333
Sig.		.095

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

ใบเตย ทดสอบทางประสาทสัมผัส จากตารางที่ 15 ผลการชิม

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สี	Between Groups	7.778	5	1.556	1.284	.273
	Within Groups	210.867	174	1.212		
	Total	218.644	179			
กลิ่น	Between Groups	5.244	5	1.049	.804	.548
	Within Groups	227.067	174	1.305		
	Total	232.311	179			
กลิ่นรส	Between Groups	8.244	5	1.649	1.093	.366
	Within Groups	262.533	174	1.509		
	Total	270.778	179			
รสชาติ	Between Groups	4.228	5	.846	.461	.805
	Within Groups	319.167	174	1.834		
	Total	323.394	179			
รวม	Between Groups	2.783	5	.557	.436	.823
	Within Groups	222.167	174	1.277		
	Total	224.950	179			

สี

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3.00	30	6.2667	
6.00	30	6.5667	6.5667
1.00	30	6.6667	6.6667
2.00	30	6.7000	6.7000
5.00	30	6.8000	6.8000
4.00	30		6.9333
Sig.		.097	.259

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

กลิ่น

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05 1
3.00	30	6.3667
6.00	30	6.5000
4.00	30	6.5333
1.00	30	6.7000
5.00	30	6.7667
2.00	30	6.8667
Sig.		.143

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

กลิ่นรส

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05 1
4.00	30	6.1000
2.00	30	6.1667
6.00	30	6.3667
3.00	30	6.4000
1.00	30	6.6000
5.00	30	6.7000
Sig.		.100

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

รสชาติ

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05 1
4.00	30	6.1333
3.00	30	6.1667
6.00	30	6.2333
1.00	30	6.3000
2.00	30	6.3333
5.00	30	6.6000
Sig.		.252

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

รวม

Duncan

TRT	N	Subset for alpha = .05
		1
4.00	30	6.3333
3.00	30	6.4000
6.00	30	6.4667
1.00	30	6.6000
2.00	30	6.6333
5.00	30	6.6667
Sig.		.328

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.