รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

เครื่องดื่มสุขภาพสำหรับ SPA ต้นแบบมหาวิทยาลัยรังสิต

The Development of Healthy Beverage: A Particular Design for "SPA Rangsit University"

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วราพร ลักษณลม้าย

คณะเทคโนโลยีชีวภาพ

สนับสนุนโดย

สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต

2552

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ชื่อผู้วิจัย ผศ.ดร. วราพร ลักษณลม้าย

ชื่องานวิจัย เครื่องดื่มสุขภาพสำหรับ SPA ต้นแบบมหาวิทยาลัยรังสิต

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรเครื่องดื่มสุขภาพที่ประกอบด้วย ข้าวกล้องหอมนิลงอก น้ำนมถั่วเหลือง และ น้ำนมข้าวโพด โดยคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการ และ รสชาติที่ได้รับการยอมรับ ข้าวกล้องหอมนิลเมื่อนำมาเพาะงอกโดยการแช่น้ำที่มีความเป็นกรด ด่าง อยู่ระหว่าง 4 – 7 พบว่า สาร GABA เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการแช่ และ มีค่าสูงสุด เมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 24 – 36 ชั่วโมง ที่ค่าความเป็นกรดอ่อนอยู่ระหว่าง 5 – 6 ปริมาณ GABA เท่ากับ 38 – 40 มิลลิกรัม/100กรัม อย่างไรก็ตามในสภาวะที่เป็นกรดนี้มีผลต่อการลดลงของ ปริมาณ Anthocyanins ซึ่งจะละลายออกไปกับน้ำที่แช่ข้าว ในสภาวะการงอกดังกล่าว ปริมาณ Anthocyanins อยู่ระหว่าง 12.69 – 15.36 มิลลิกรัม/100กรัม เมล็ดถั่วเหลืองที่ใช้คือพันธุ์เชียงใหม่60 นำมาแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 91% จากนั้นนำมาเพาะงอกเป็นเวลา 6 – 48 ชั่วโมง ความยาวของรากอยู่ระหว่าง 2.3 – 8 .6 มิลลิเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณสาร Isoflavones โดยเลือกวิเคราะห์ Daidzein และ Genistein พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการงอก ที่เวลา 48 ชั่วโมง สาร Daidzein และ Genistein มีปริมาณ 26.43 และ 8.21 มิลลิกรัม / 100 กรัม เพิ่มขึ้นจากถั่วเหลืองที่ไม่ได้เพาะงอก ถึง 22.8% และ 7.41% ตามลำดับจากการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มสุขภาพพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง น้ำข้าวกล้องงอก น้ำนมถั่วเหลือง และ น้ำนมข้าวโพดเท่ากับ 1:2:1 ได้รับการประเมินทางประสาทสัมผัส โดยการให้คะแนน (5-hedonic scale) ทั้งด้านสี กลิ่น ความหนืด เนื้อสัมผัส และความชอบรวมมากที่สุด จากผู้ทดสอบ 3 กลุ่ม (กลุ่มวัยรุ่น กลุ่มวัยทำงาน และ กลุ่มผู้สูงอายุ) เมื่อนำเครื่องดื่มสูตรนี้ปริมาตร 100 มิลลิลิตรวิเคราะห์คุณภาพทางโภชนาการพบว่ามีปริมาณสาร GABA เท่ากับ 13.72 มิลลิกรัม วิตามินบี1 เท่ากับ 0.02 มิลลิกรัม Daidzein และ Genistein เท่ากับ 0.33 และ 0.72 มิลลิกรัม ตามลำดับ ปริมาณ Anthocyanins เท่ากับ 0.56 มิลลิกรัมและปริมาณโปรตีน (Crude protein) เท่ากับ 0.78% เครื่องดื่มสุขภาพนี้ได้รับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ โดยใช้ขวดแก้วทนความร้อนสูงเพื่อฆ่าเชื้อแบบ Sterilization ได้ และคณะผู้วิจัยได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตให้กับชุมชน จำนวน 2 ชุมชนในเขตจังหวัดปทุมธานี รวมทั้งออกแบบสถานที่ผลิตตามมาตรฐานการผลิต GMP ให้กับชุมชนที่สนใจจะนำไปผลิตจำหน่ายในเชิงการค้าต่อไป

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Name: **Assistant Professor Dr. Varaporn Laksanalamai**

Project Title: **The Development of Healthy Beverage: A Particular Design for "SPA Rangsit University"**

Abstract

The research was aimed to develop the healthy beverage with the mixture of germinated Hom-Nin brown (GHB) rice, germinated soybean, and sweet corn extract regarding to high nutrition value and accepted flavor. Hom-Nin brown rice was germinated by soaking in the clean water and adjusted a range of pH 4 – 7 for 72 hr. Results found that GABA increased and reached the maximum value of 38 -40 mg/100g at the 24 – 36 hr, pH 5 – 6. However, anthocyanins were dissolved to the water due to the slight acidity of water. At this condition of soaking, the anthocyanins in GHB rice were 12.69 - 15.36 mg/100g which were lower than those at other soaking conditions. Chieng Mai 60 variety (soybean) was selected in this experiment. The germination rate of soybean seeds was 91% when soaking seeds for 2 hr prior to germination. The germination was allowed to 6 – 48 hr at room temperature and 98-100% RH. The root length of sprout soybean was 2.3 – 8.6 mm. Isoflavone (daidzein and genistein) in the germinated soybean was determined. Results found that daidzein and genistein increased with the germination time. Daidzein (26.43 mg/100g) and genistein (8.21 mg/100g) in sprouted soybean for 48 hr-germination were considered as 22.8% and 7.41%, respectively higher than those in none germinated soybean. The formula ratio of 1:2:1 (GHB rice, germinated soybean and sweet corn) was the most accepted using the 5- hedonic scores in terms of color, aroma, viscosity, texture, and overall likeness by all group panels (teenage, working, and elderly group). The nutrition components label of the developed healthy beverage (100 ml) was determined as follows: GABA (13.72 mg), vitaminB1 (0.02 mg), daidzein and genistein (0.33 and 0.72 mg), anthocyanin content (0.56 mg), and crude protein content (0.78%). The glass container with well-designed label and heat stable for sterilization was chosen for the product. Finally, our research team transferred the production technology and suggested the plant production design followed the GMP standard to the 2 communities in the Phatumthani province where they had potential for their own commercial production in the future.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ. เบ็ญจรัก วายุภาพ รองคณบดีฝ่ายบริหาร คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยรังสิตที่ช่วยสนับสนุนเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และ โภชนาการในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพ และ หาแหล่งชุมชนเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต

ขอบคุณสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต สนับสนุนเงินทุนวิจัยสำหรับโครงการวิจัยนี้

(ผศ. ดร. วราพร ลักษณลม้าย)
หัวหน้าโครงการวิจัย

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

สารบัญ

บทคัดย่อ ..... (ก)
กิตติกรรมประกาศ ..... (ค)
สารบัญ ..... (ง)
สารบัญตาราง ..... (ฉ)
สารบัญรูป ..... (ช)
บทที่ 1 บทนำ **1**
1.1 วัตถุประสงค์โครงการ 2
1.2 ประโยชน์ที่ได้รับ 2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม **3**
2.1 ข้าวกล้อง 3
2.2 ถั่วเหลือง 4
2.2.1 Soybean isoflavonoids, isoflavones 4
2.2.2 กระบวนการเพาะงอกเพื่อเพิ่ม ปริมาณของ Isoflavones 7
2.2.3 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการแปรรูป 8
2.2.4 ประโยชน์ของ Isoflavones ในถั่วเหลือง 9
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง **11**
3.1 วัตถุดิบ 11
3.2 วิธีการทดลอง 11
3.2.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะงอกข้าวกล้องหอมนิล 11
3.2.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะงอกถั่วเหลือง 11
3.2.3 กระบวนการผลิตน้ำข้าวกล้องหอมนิล 11
3.2.4 กระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง 12
3.2.5 กระบวนการผลิตน้ำนมข้าวโพด 12
3.2.6 พัฒนาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเครื่องดื่มสุขภาพ 12
3.2.7 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ 12
3.2.8 วิเคราะห์สมบัติทางประสาทสัมผัส 12
3.2.9 วิเคราะห์สารคุณค่าทางโภชนาการ 13
3.2.10 วิเคราะห์สมบัติทางเคมี 15
3.2.11 วิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ 15

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 4 ผลการทดลอง และ การวิจารณ์ผล **17**

4.1 ปริมาณ Gamma – aminobutyric acid (GABA) ในตัวอย่างข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่ผ่านกระบวนการเพาะงอกที่สภาวะต่างๆ 17

4.2 ปริมาณ Anthocyanins ในตัวอย่างข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่ผ่านกระบวนการเพาะงอกที่สภาวะต่างๆ 18

4.3 สภาวะการเพาะงอกและอัตราการงอกของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 19

4.4 การศึกษาความยาวรากในช่วงเวลาการเพาะงอกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 19

4.5 ปริมาณ Daidzein และ Genestein ในถั่วเหลืองเพาะงอก 20

4.6 สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพ 21

4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มสุขภาพ 25

4.7.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ 25

4.7.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพ 26

4.8 การศึกษาสมบัติทางเคมี และโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพ 26

4.9 การศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพ 27

4.10 การออกแบบผลิตภัณฑ์ 28

4.11 การวางแผนผังสถานที่และกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพ 31

4.12 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน 35

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ **39**

เอกสารอ้างอิง **40**

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 ปริมาณ Gamma aminobutyric acid (GABA) ในตัวอย่างข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล ที่ผ่านกระบวนการเพาะงอกที่สภาวะต่างๆ 17
ตารางที่ 4.2 ปริมาณ Anthocyanins (มิลลิกรัม / 100 กรัม) ของข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่เวลาและระดับความเป็นกรด- ด่างที่แตกต่างกัน 18
ตารางที่ 4.3 อัตราการงอกของเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จำนวน 100 เมล็ดที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 25องศาเซลเซียส 19
ตารางที่ 4.4 ความยาวของรากของเมล็ดถั่วเหลืองงอกพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในช่วงเวลาเพาะงอกที่แตกต่างกัน 20
ตารางที่ 4.5 ปริมาณสาร Daidzein และ Genistein ในถั่วเหลืองเพาะงอกที่ช่วงเวลาการเพาะงอกที่แตกต่างกัน 21
ตารางที่ 4.6 คุณภาพทางกายภาพของเครื่องดื่มสุขภาพทั้ง 4 สูตร 22
ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของตัวอย่างเครื่องดื่ม 4 ตัวอย่างทดสอบโดยใช้ผู้บริโภคจำนวน 3 กลุ่มอายุ กลุ่มละ 100คนด้วยวิธี Hedonic scale 5-point 23
ตารางที่ 4.7 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพ 26
ตารางที่ 4.8 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มสุขภาพ 27

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของ Flavonoids 5

รูปที่ 2.2 โครงสร้างของ Isoflavones..... 6

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างแบบสอบถาม Hedonic scale 5 จุด..... 13

รูปที่ 3.2 Chromatogram ของสาร GABA ในข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลเพาะงอกเป็นเวลา (บน) 24 ชั่วโมง, RT = 11.648, pH6: (ล่าง) 36 ชั่วโมง RT = 11.637 pH 5..... 14

รูปที่ 3.3 Chromatogram ของ Isoflavones (บน) Daidzein, (RT = 10.297) และ Genistein (RT = 22.118) ในถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการแช่น้ำ (ล่าง) Daidzein, (RT = 10.192) และ Genistein (RT = 22.688) ในถั่วเหลืองที่ผ่านการเพาะงอกเป็นเวลา 6 ชั่วโมง..... 16

รูปที่ 4.1 ถั่วเหลืองที่ผ่านการเพาะงอก (ก) 42 ชั่วโมง (ข) 48 ชั่วโมง (ค) 48 ชั่วโมงเห็นรอยแตกของเมล็ด..... 20

รูปที่ 4.2 คะแนนความชอบลักษณะต่างๆของแต่ละสูตรในกลุ่มวัยรุ่น..... 24

รูปที่ 4.3 คะแนนความชอบลักษณะต่างๆของแต่ละสูตรในกลุ่มวัยทำงาน..... 24

รูปที่ 4.4 คะแนนความชอบลักษณะต่างๆของแต่ละสูตรในกลุ่มวัยสูงอายุ..... 24

รูปที่ 4.5 แนวคิดของผลิตภัณฑ์..... 28

รูปที่ 4.6 บรรจุภัณฑ์รูปแบบต่างๆ..... 30

รูปที่ 4.7 แบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพ มหาวิทยาลัยรังสิต..... 31

รูปที่ 4.8 แผนผังสถานที่ผลิตเครื่องดื่มสุขภาพ..... 33

รูปที่ 4.9 แผนผังกระบวนการผลิตเครื่องดื่มสุขภาพ..... 34

รูปที่ 4.10 จัดอบรมให้กับผู้ที่สนใจที่อำเภอหนองเสือ ปทุมธานี..... 36

รูปที่ 4.11 สถานที่ผลิตน้ำข้าวกล้องของลุงสมาน ชุมชนหนองสามวัง อำเภอหนองเสือ ปทุมธานี..... 37

รูปที่ 4.12 สถานที่ผลิต และ อุปกรณ์การผลิต ชุมชนอำเภอเสาไห้ สระบุรี..... 38

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคสนใจเรื่องสุขภาพกัน มากขึ้น อาหารและเครื่องดื่มเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อสุขภาพ ผู้ผลิตอาหารจึงหันมาสนใจเรื่องการรักษา หรือ เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ นอกเหนือ จากความปลอดภัยของอาหารซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญในกระบวนการผลิตอาหาร ความพยายามในการรักษา หรือเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการทำได้โดย เลือกใช้วัตถุดิบที่เหมาะสม และ ปรับปรุงกระบวนการผลิตที่ไม่ทำลายคุณค่าทางอาหาร รวมถึงการเลือกบรรจุภัณฑ์ที่สามารถเก็บรักษาคุณค่าทางอาหารไว้ได้ และ การขนส่งและจัดจำหน่ายที่เหมาะสม

เครื่องดื่มเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการพัฒนาให้เป็นเครื่องดื่มสุขภาพกันอย่างแพร่หลายตาม กระแสความต้องการ ปัจจุบันเครื่องดื่มประเภทธัญพืชได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากมีการรายงานข้อมูลเรื่องคุณค่าทางโภชนาการของธัญพืช ตัวอย่างเครื่องดื่มประเภทนี้ได้แก่ เครื่องดื่มที่ทำจากข้าวกล้องงอก มีข้อมูลระบุว่าเมื่อนำข้าวกล้องมาเพาะงอกในช่วงเวลาที่เหมาะสมจะทำให้มีสาร Gamma Amino Butyric acid หรือ สาร GABA เพิ่มขึ้น ทั้งสาร GABA เป็นสารสื่อประสาทที่มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ผ่อนคลาย และ ช่วยรักษาอาการทางระบบประสาทได้ ดังนั้นจึงมีผู้ผลิตพัฒนาน้ำข้าวกล้องงอก กันอย่างแพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตามน้ำข้าวกล้องงอกยังมีข้อที่จะต้องได้รับการพัฒนาต่อไปคือ ด้านรสชาติที่ยังไม่ได้รับการยอมรับ ในขณะเดียวกันยังไม่มีข้อมูลรายงานว่าปริมาณสารอาหารที่เป็นประโยชน์นั้นยงคงมีเหลืออยู่มากน้อยเพียงใด หลังจากนำข้าวกล้องงอกมาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นน้ำข้าวกล้องงอก

เมล็ดถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบของ ผลิตภัณฑ์หลายชนิด ที่รู้จักกันดีคือ น้ำเต้าหู้ ซึ่งเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวางอยู่แล้ว และ ได้รับการยอมรับทั้งรสชาติและคุณค่าทางอาหาร เนื่องจากในเมล็ดถั่วเหลืองมีสาร Flavonoids ที่มีชื่อว่า Isoflavones ทำหน้าที่เป็น สาร antioxidant ในการกำจัดอนุมูลอิสระในร่างกายได้ และช่วยลดความเสี่ยงของการเป็นมะเร็งหลายประเภทได้ อย่างไรก็ตามบางครั้งพบว่าน้ำเต้าหู้มีรสชาติเหม็นกลิ่นถั่ว เนื่องจากใช้ถั่วเหลืองคุณภาพไม่ดี หรือ ผลิตด้วยกระบวนการผลิตที่ไม่ถูกต้อง มีข้อมูลจากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่ากระบวนการเพาะงอกถั่วเหลืองช่วยแก้ปัญหาเรื่องรสชาติที่ไม่ดีของถั่วเหลืองได้ และ ยังช่วยเพิ่มสาร Isoflavones และสารอาหารอื่นๆ เช่น Ascorbic acid และ Riboflavin เป็นต้น

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตเครื่องดื่มสุขภาพที่ใช้เมล็ดพืชได้แก่ เมล็ดข้าวกล้องงอก ผสมกับเมล็ดถั่วเหลืองงอก โดยกระบวนการผลิตจะคำนึงถึงรสชาติและรักษาคุณค่าทางโภชนาการให้มากที่สุด และที่สำคัญคือเครื่องดื่มที่ได้รับการพัฒนานี้เป็นเครื่องดื่มสุขภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะเลือกใช้สารปรุงแต่งกลิ่นรสจาก ธรรมชาติ เช่น ได้จาก เมล็ดข้าวโพด เป็นต้น และลดการใช้สารเคมี

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ในการปรุงแต่งรส นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ยังออกแบบภาชนะบรรจุที่ช่วยรักษาคุณค่าของสารอาหารที่เป็นประโยชน์และเป็นเอกลักษณ์เพื่อใช้เป็นต้นแบบในกิจกรรม SPA ของมหาวิทยาลัยรังสิตต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการ

(1) เพื่อพัฒนาเครื่องดื่มสุขภาพจากส่วนผสมหลักของเมล็ดข้าวกล้องงอก และ เมล็ดถั่วเหลืองงอก โดยปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยเมล็ดพืชอื่นๆ เพื่อให้ได้รับการยอมรับด้านรสชาติและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

(2) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ ของ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพที่ได้รับการยอมรับด้านรสชาติ

(3) ออกแบบบรรจุภัณฑ์ ที่เหมาะสม เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเป็นต้นแบบให้กับ SPA ของมหาวิทยาลัยรังสิต

(4) ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เครื่องดื่มสุขภาพที่สามารถอ้างได้ตามหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ถึงข้อมูลโภชนาการที่เป็นประโยชน์ และเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับการพัฒนาให้มีรสชาติเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคโดยทั่วไป นอกจากนั้นยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลเกษตรของประเทศไทย

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม (ทฤษฎี/หลักการ/งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง)

2.1 ข้าวกล้อง

ปัจจุบันคนไทยนิยมบริโภคข้าวขาวหรือข้าวที่ผ่านการขัดสีเอาส่วนที่เรียกว่า "รำ" (Bran) และ "คัพภะ" (Germ) ออกไป ทำให้ข้าวขาวประกอบด้วยแป้งเป็นองค์ประกอบหลักหรือประมาณร้อยละ 90 ส่วนที่เหลือ เป็นโปรตีน และสารอาหารอื่นๆ อีกเล็กร้อย สำหรับ ส่วนที่ถูกขัดสีออกไปนั้นเป็นส่วนที่อุดมด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่ากระบวนการขัดสีเป็นตัวทำลายคุณค่าทางอาหารของข้าวโดยสิ้นเชิง ในขณะที่ข้าวกล้องหรือข้าวที่ผ่านการขัดสีน้อยที่สุดกลับประกอบด้วยสารอาหารที่มีคุณค่า เช่น เส้นใยอาหาร กรดไฟติค วิตามิน E วิตามิน B และ สารสำคัญที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ gamma aminobutaric acid (GABA) มากกว่าในข้าวขาว (Ohtsubo, et al., 2003)

Gamma aminobutaric acid (GABA) เป็นสารประกอบ amino acid ที่ไม่ใช่โปรตีน เริ่มต้นสร้างขึ้นจากกระบวนการ Decarboxylation ของ L- glutamic acid โดยมีเอนไซม์ Glutamate decarboxylase (GAD) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า GABA เป็นสารที่มีสมบัติในการลดความดันโลหิต ปริมาณโคเลสเตอรอล และระดับน้ำตาลในเลือด นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งความเสี่ยงในการเกิดโรคอัลไซเมอร์

นอกจาก สาร GABA แล้วยังพบสารประกอบ Phenol ในข้าวกล้องปริมาณมากกว่าในข้าวขาว ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสาร Antioxidant และ เชื่อกันว่าสารประกอบ Phenolic ป้องกันการเกิด Oxidation ของไขมัน และไขมันประเภท Low density lipoprotein ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจและมะเร็ง เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำข้าวกล้องมาเพาะงอกจะพบสารประกอบ Phenolic ประเภทสาร Ferulic acid จำนวนมาก (Tian, et al., 2004) และพบสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการอีกหลายชนิด ในข้าวกล้อง ได้แก่ Dietary fiber, Inositols, และ Oryzynols รวมทั้ง แร่ธาตุ เช่น Manganese และPotassium เป็นต้น

กระบวนการเพาะงอกข้าวกล้องมีผลต่อปริมาณสารที่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ ปัจจัยที่มีผล เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เวลาในการแช่ และ ระยะเวลาในการงอก มีรายงานวิจัยจำนวนมากที่พยายามศึกษาวิธีการเพิ่มสาร GABA เช่น กระบวนการหมักชาที่ไม่ใช้อากาศ การให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถั่วที่กำลังงอก สำหรับในข้าวงอก Saikusa และ คณะ (1994) รายงานว่าแช่ข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 8-24 ชั่วโมงมีผลทำให้สาร GABA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ Komatsuzaki และ คณะ (2003) ศึกษากระบวนการแช่ข้าวร่วมกับการใช้อากาศ (Soaking and Gaseous Treatment, SGT) เป็นเวลา 21 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35 °C สามารถเพิ่มสาร GABA ได้ถึง 24.9 มิลลิกรัม/100 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีแช่ข้าวเพื่อเพาะงอกข้าวกล้องทั่วไป ที่มีสาร GABA เพียง 10 มิลลิกรัม/100 กรัม Oh (2003) รายงานการเปลี่ยนแปลงของ Gamma aminobutaric acid (GABA) แคลเซียมไอออนที่ละลายน้ำ Glutamic acid และ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

กิจกรรมเอนไซม์ GAD ในข้าวกล้องงอกและข้าวกล้องที่ไม่งอก จากการศึกษาสรุปได้ว่า การแช่ข้าวกล้องในสารละลาย Chitosan / Glutamic acid ทำให้ปริมาณ GABA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนั้นในขณะที่แช่ข้าวในน้ำ เพื่อเพาะงอกนั้น ยังมีโอกาสสูงที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ แบคทีเรียพวก *Legionella* ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะน้ำอุ่นประมาณ 25-42 °C และสภาพน้ำนิ่ง Feng และ คณะ (2004) ศึกษาการใช้กระแสไฟฟ้าในการฆ่าเชื้อในน้ำที่ใช้แช่ข้าว และลดสามารถลดการปนเปื้อนเชื้อ *legionella* ได้อย่างมีนัยสำคัญ การปนเปื้อนยังเกิดขึ้นหลังจากข้าวงอกซึ่งเป็นปัญหาในการเก็บรักษา เนื่องจากความชื้นในเมล็ดข้าวค่อนข้างสูง มีโอกสาเกิดการปนเปื้อนของเชื้อรา ได้ง่าย จึงมีการศึกษาการยับยั้งการปนเปื้อน เช่น การใช้รังสีอัลตร้าไวโอเล็ต การอบเมล็ด และ การใช้น้ำร่วมกับการใช้เอทานอลเพื่อฆ่าเชื้อ ช่วยทำให้เก็บรักษาข้าวกล้องงอกได้นานขึ้น

มีรายงานวิจัยผลของการเพาะงอกในสภาวะที่เหมาะสมจะมีผลต่อรสสัมผัสของธัญพืช เช่นในข้าวสาลี เมื่อแช่เมล็ดข้าวสาลี 24 ชั่วโมง และทิ้งให้งอกเป็นเวลา 7 วัน ทำให้ได้ปริมาณสาร Antioxidant มากที่สุด และ รสชาติของข้าวเป็นที่ยอมรับมากที่สุด ในขณะที่ถ้าแช่นานถึง 48 ชั่วโมงและปล่อยให้งอกนานกว่า 7 วันจะทำให้เกิดกลิ่นเปรี้ยว และเมล็ดมีสีเหลืองคล้ำ ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Yang et al., 2001) สำหรับข้าวกล้อง เช่นกัน กระบวนการเพาะงอกยังมีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องโดยทำให้ข้าวกล้องนิ่มขึ้นเมื่อหุงสุก นอกจากนั้นยังมีผลต่อรสชาติที่ดีขึ้นของข้าวกล้องอีกด้วย

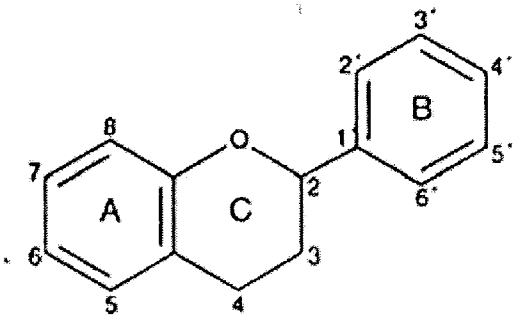
2.2 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ และยังเป็นแหล่งของสารอาหารที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อประชากรโลก ถั่วเหลืองจะไม่เหมือนกับถั่วอื่นๆคือ ถั่วเหลืองไม่สามารถบริโภคดิบได้ เนื่องจากในถั่วเหลืองมีสารต้านโภชนาการ ชื่อ Tripsin inhibitors ซึ่งจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Tripsin ทำให้ขัดขวางกิจกรรมการย่อยในกระเพาะอาหาร ดังนั้นเมื่อรับประทานถั่วเหลืองดิบ จึงเกิดอาการปวดท้อง จากภูมิปัญญาของชาวเอเชีย นิยมนำถั่วเหลืองมาหมัก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสเฉพาะ หรือนำมาเพาะงอก เป็นต้นอ่อน บริโภคเป็นผักสลัด คล้ายกับถั่วงอก ประเทศอินโดนีเซียนำถั่วเหลืองมาหมัก โดยใช้เชื้อราชนิด Rhizopus เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนทางเลือกใหม่ รู้จักกันในชื่อว่า Tempeh

2.2.1 Soybean Isoflavonoids, Isoflavones

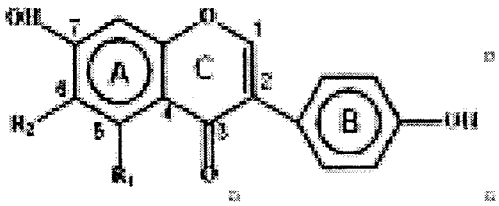
Flavonoids ($C_6C_3C_6$) จัดอยู่ในกลุ่มที่พบมากที่สุดในกลุ่มของสารประกอบประเภท Phenolic ที่พบในพืช มีโครงสร้างทางเคมี ตามรูปที่ 1 ถึงแม้ว่า Flavonoids จะจัดเป็นสารที่มีสีในผักผลไม้ แต่ก็สามารถพบ Flavonoids ที่ไม่มีสีในธรรมชาติด้วย การจัดแบ่งกลุ่มของ Flavonoids จะแตกต่างกันตามระดับของ oxidation ใน โครงสร้าง ซึ่งแบ่งได้ถึง 13 subclass ตัวอย่าง Subclass ของสาร Flavonoids ที่พบในอาหารได้แก่ Anthocyanidins ในกลุ่มนี้พบตัวอย่าง เช่น Delphinidin หรือ กลุ่ม Subclass Flavanols ตัวอย่าง เช่น Catechin ที่พบในใบชาเขียว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



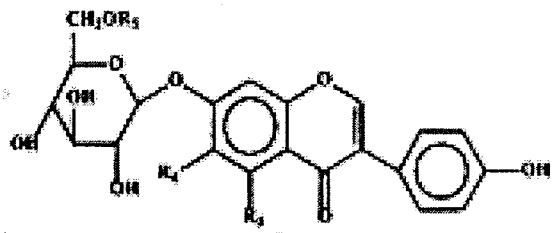
รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของ Flavonoids (Devi et al., 2009)

Isoflavonoids เป็น Subclass หนึ่ง ของกลุ่ม Flavonoids ตัวอย่างของ Isoflavonoids ได้แก่ Isoflavones พบมากในถั่วเหลือง และ กวาวเครือ เป็นต้น สำหรับ Isoflavones ที่พบในถั่วเหลืองจะพบได้ 4 รูปแบบคือ (1) Aglycone (Glycoside free) พบได้ 3 ตัวหลัก ได้แก่ Daidzein Genistein และ Glycitein (รูปที่ 2) (2) รูปที่เชื่อมต่อกับ β-Glycosides หรือ เรียกว่าอยู่ในรูป Glycones ได้แก่ Daidzin, Genistin, และ Glycitin (3) malonyl glucosides ได้แก่ 6''-O- malonyl daidzin, 6"-O-malonyl gennistin, และ 6''-O- malonyl glycitin และ (4) acetylglucosides ได้แก่ 6''-O-acetyldaidzin, 6"-O-acetylgennistin และ 6"-O- Acetylgenistin อย่างไรก็ตามในถั่วเหลืองจะพบ Isoflavones ในรูป ของ Glycone ได้แก่ β-Glycosides, Malonyl glucosides และ Acetylglucosides ดังนั้นเมื่อกินถั่วเหลืองเข้าไปในร่างกาย Isoflavones ในรูปของ Glycone จะผ่านกระบวนการย่อยโดย Probiotic enzyme ในลำไส้จะตัดเอาส่วนของ Glycosides ให้หลุดออกไป เปลี่ยนรูป Isoflavone เป็น Aglycone ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Biological active Aglycone) เกิดผลดีต่อสุขภาพ มีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสาร Phenolic ในรูป Aglycone มีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระดีกว่า และถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กได้เร็วกว่าเมื่ออยู่ในรูปของ Glycones อย่างไรก็ตามเมื่อ Aglycone Genistein เดินทางในกระแสเลือดไปยังตับ และที่นี่เองที่ Aglycone จะเปลี่ยนรูปกลับไปเป็น Glycone ที่ไม่สามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ (Biological inactive glycone)



(A)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



(B)

รูปที่ 2.2 โครงสร้างของ Isoflavones, (A) Aglycones (daidzein, Genistein และ Glycitein); (B) Glycoside conjugates ของ Aglycones (6"-*O*-acetylglucosides and 6"-*O*-malonylglucosides of aglycones) ความแตกต่างของ Side chain อยู่ที่ตำแหน่ง R1-R5 (Devi et al., 2009)

Isoflavones ในถั่วเหลืองมีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเพศหญิง (Estrogen) บางครั้งเรียก Isoflavones ว่า Phytoestrogens (Phyto = พืช) ผู้หญิงที่ใกล้หมดประจำเดือน หรือ ผู้หญิงที่ตัดรังไข่ ฮอร์โมน Estrogen จะลดลง หรือหยุดทำงาน มีผลทำให้พบอาการผิดปกติของร่างกาย หรือที่เรียกว่า อาการวัยทอง และมีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคกระดูกพรุน แต่อาการดังกล่าวจะเกิดขึ้นน้อยในผู้หญิงชาวญี่ปุ่น ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์กับการนิยมบริโภคอาหารที่ทำจากถั่วเหลือง สาร Isoflavone ยังมีคุณสมบัติช่วยลดความเสี่ยงของการเป็นมะเร็งเต้านม และ โรคหัวใจ

ปริมาณ Isoflavone ในถั่วเหลืองจะมีปริมาณแตกต่างกัน อยู่ในช่วงระหว่าง 0.14 – 1.53 มิลลิกรัม / กรัม และพบในแป้งถั่วเหลือง 1.3 – 1.98 มิลลิกรัม / กรัม ชาวญี่ปุ่นบริโภค Isoflavone ประมาณ 25 – 100 มิลลิกรัม / วัน ในขณะที่ชาวจีนบริโภคประมาณ 39 มิลลิกรัม / วัน ในทางตรงกันข้าม ชาวตะวันตกกลับบริโภค Isoflavones ปริมาณที่ต่ำมากน้อยกว่า 1 มิลลิกรัม / วัน

กระบวนการเพาะงอกถั่วเหลือง เป็นกระบวนการที่ช่วยลดกลิ่น และรสชาติของถั่วเหลืองได้ กลิ่นและรสชาติที่ไม่ดีเกิดขึ้นจากกิจกรรมของเอนไซม์ Lipoxygenase นอกจากนั้นยังเกิดปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อการลด สารต้านโภชนาการ เช่น Tripsin inhibitor, Phytates และ Flatulent มีงานวิจัยจำนวนมากที่แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการเพาะงอกถั่วเหลือง ซึ่งนอกจากจะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยา Lipid oxidase ยังช่วยเพิ่มสารอาหารที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ Ascorbic acid และ Riboflavin เป็นต้น รายงานวิจัยยังพบว่า กระบวนการงอกของถั่วเหลืองทำให้เกิดการย่อยโมเลกุลของ น้ำตาล Raffinose และ Stachyose ซึ่งจะช่วยลดปัญหาเรื่อง Flatulence และ ลดสาร Tripsin inhibitors

Zhu และ คณะ (2005) ศึกษาผลของการงอกต่อ ปริมาณ Isoflavone ในถั่วเหลือง 2 สายพันธุ์ (Hutcheson และ Caviness) พบว่า เมื่อแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และทิ้งให้งอกที่อุณหภูมิ 40 °C เมื่อนำเมล็ดถั่วเหลืองที่งอก (ยอดอ่อนมีขนาดความยาว 0.5, 2.5 และ 6.5 มิลลิเมตร) มาวัดปริมาณ Isoflavonem ทั้งหมด (Total Isoflavone), genistein, และ Daidzein ในรูปของ β-Glycosides

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

พบว่า ถั่วเหลืองพันธุ์ Hutcheson มีปริมาณดังกล่าวสูงสุดเมื่องอกที่ขนาด 0.5 มิลลิเมตร ในขณะที่พันธุ์ Caviness มีขนาดความยาวของยอดอ่อน 2.5 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณ Isoflavone ค่อยๆ เพิ่มขึ้นขณะที่ถั่วเหลืองงอก (หลังการแช่ 12 ชั่วโมง) ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ Isoflavone เกี่ยวข้องกับ พันธุ์ถั่วเหลือง และ การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและ ช่วงเวลาการให้แสง

Phommalth และ คณะ (2006) ศึกษาปริมาณ Isoflavone ในส่วนต่างๆของเมล็ดถั่วเหลือง (Radicle, Cotyledon, และ Seed coat) ที่เพาะงอก 6 สายพันธุ์ พบว่า ปริมาณ Isoflavone สูงสุดในใบเลี้ยง และค่อยๆน้อยลงที่เยื่อหุ้มเมล็ด และพบว่าปริมาณ Isoflavone ค่อยๆเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการงอกเพิ่มขึ้นจากวันแรกจนถึงวันที่ 7 จากนั้นปริมาณ Isoflavone จะเริ่มลดลง

2.2.2 กระบวนการเพาะงอกเพื่อเพิ่มปริมาณของ Isoflavones

Zhu และคณะ (2005) ได้ทำการทดลองกระบวนการเพาะงอกเมล็ดถั่วเหลือง โดยทำการชั่งเมล็ดถั่วเหลือง 120 กรัม นำมาล้างน้ำสะอาด 3 ครั้ง และแช่ในน้ำที่ปราศจากไอออนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อครบแล้วนำเมล็ดที่แช่มาสะเด็ดน้ำ นำเมล็ดที่ได้มาเพาะงอก โดยจะทำการศึกษาความยาวส่วนของยอดอ่อน (hypocotyl) ที่ยาวออกมาจากส่วนของเมล็ดในช่วง 0.5–1.0, 2.5–3.0, และ 6.5–7.0 มิลลิเมตร และในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการเพาะงอกก็จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Isoflavones เช่น หลังจากขั้นตอนการแช่น้ำ จะทำให้ปริมาณไอโซฟลาโวนส์ ชนิด aglycone (Genistein และ Daidzein) เพิ่มสูงขึ้น ในระหว่างการแช่น้ำ ปริมาณไอโซฟลาโวนส์ จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิม หลังจากนั้นนำเมล็ดที่งอกในช่วงความยาวต่างๆ ไป freeze-dry ไว้ก่อนที่จะบดเป็นแป้งเพื่อนำไปวิเคราะห์โดย HPLC

Lee และคณะ (2007) ได้ศึกษาขั้นตอนการเพาะงอกของเมล็ดถั่วเหลือง โดยจะทำการชั่งเมล็ดถั่วเหลือง 20 กรัม หลังจากนั้นนำเมล็ดถั่วเหลืองไปแช่ในน้ำ 20°C 4 ชั่วโมง ในช่วงการเริ่มต้นของการเพาะงอก เมื่อแช่น้ำเรียบร้อยแล้วเทน้ำออกนำเมล็ดที่ได้มาทำการเพาะงอกในถาดพลาสติกที่มีขนาดกว้าง 6.0 เซนติเมตร ยาว 6.0 เซนติเมตร สูง 15.0 เซนติเมตร โดยที่ก้นภาชนะจะรูขนาดเล็กหลายรู เพื่อเป็นการทำให้เมล็ดถั่วเหลืองสะเด็ดน้ำ และต้องควบคุมอุณหภูมิในการเพาะงอกที่อุณหภูมิ 20 °C ความชื้นสัมพันธ์ 80 % ทำการพรมน้ำ 3 ลิตร ทุกๆ 3 ชั่วโมง

จากการศึกษาพบว่ากระบวนการงอกของถั่วเหลืองนั้นพบว่าจะทำให้คุณค่าทางโภชนาการอาหารนั้นเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาร Isoflavones เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการงอก (Zhu et al., 2005) โดยการเพิ่มของ Isoflavones นั้นจะเกิดขึ้นจากวัฏจักรของ phenylpropanoid pathway (Dooner et al., 1991; Grotewold et al., 1998) ซึ่งสารที่สำคัญของ Isoflavones คือ Genistein และ daidzein จะมีการสังเคราะห์มาจาก naringenin chalcone และ isoliquiritigenin ซึ่งจะเริ่มต้นมาจาก Isoflavonoids ที่พบได้ในพืชตระกูลถั่ว (Liu et al., 2002) และ Isoflavones จะลดลงหลังจากขั้นตอนนี้ การเพิ่มขึ้นและลดลงของ Isoflavones นั้นพบว่าจะมีปริมาณมากขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจาก ฟลาโว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

นอยด์ตัวอื่น ไปเป็น ไอโซฟลาโวนส์ และจะลดลงเมื่อ ไอโซฟลาโวนส์ ไปเป็น ฟลาโวนอยด์ตัวอื่น (Zhu et al., 2005)

Siviengkhek (2000) ได้ทำการศึกษาปริมาณไอโซฟลาโวนส์ที่อยู่ในส่วนประกอบต่างๆของเมล็ดพบว่า บริเวณเปลือกที่หุ้มเมล็ด (seed coat) จะมีปริมาณน้อยที่สุด และบริเวณส่วนของยอดอ่อน (hylpocotyl) จะมีปริมาณมากที่สุด การเพิ่มขึ้นของปริมาณไอโซฟลาโวนส์นั้นจะเพิ่มขึ้นภายใน 7 วัน และจะลดปริมาณลงอย่างช้าๆ Zhu และคณะ (2005) ได้ทำการศึกษาขั้นตอนการงอกและความยาวของยอดอ่อน (hylpocotyl) พบว่าเมื่อนำเมล็ดแห้งไปแช่น้ำจะมีผลทำให้ ปริมาณของไอโซฟลาโวนส์เริ่มสูงขึ้น และความยาวของยอดอ่อนนั้นจะพบปริมาณของไอโซฟลาโวนส์สูงสุดที่ความยาวประมาณ 0.5 มิลลิเมตร และ 2.5 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบจากถั่วเหลืองสองชนิด

โดยปกติแล้วในเมล็ดถั่วเหลืองนั้นมีปริมาณสารอาหารต่างๆ รวมทั้งมีสารต้านโภชนาการอาหารและยังคงมีเอนไซม์บางตัวอยู่ในเมล็ดแห้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอนไซม์ lipoxygenase เมื่อเมล็ดถั่วเหลืองได้รับความชื้นซึ่งอาจเกิดจากกระบวนแปรรูป หรือการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองนั้น จะส่งผลทำให้เอนไซม์ lipoxygenase ทำงานได้ดีขึ้น ทำให้เมล็ดถั่วเหลืองนั้นเกิดกลิ่นที่ไม่ดี หรือกลิ่นถั่ว (beany smell) มีรายงานวิจัยพบว่า การงอกของเมล็ดถั่วเหลืองนั้น สามารถเพิ่มปริมาณสารอาหารที่เป็นประโยชน์ที่มีอยู่ในถั่วเหลืองแล้วเพิ่มมากขึ้น และยังช่วยลดสารต้านโภชนาการอาหารได้อีกด้วย เช่น การเพิ่มขึ้นของปริมาณแอสคลอบิคและไรโบฟลาวินด์ และสามารถยับยั้งการทำงานของ trypsin inhibitors ได้ (McGrain et al., 1989; Ryu et al., 1996; Ahmad and Pathak, 2000)

2.2.3 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการแปรรูป

มีการศึกษาว่า ปริมาณของไอโซฟลาโวนส์ นั้นจะมีปริมาณไม่แน่นอนแต่ขึ้นอยู่กับ ชนิดของถั่วเหลือง สภาวะในการเจริญเติบโต และกระบวนการแปรรูปอาหาร โดยทั่วไปแล้ว กระบวนการผลิตถั่วเหลืองในเชิงการค้านั้น ทำให้ปริมาณสาร Isoflavones ลดลง และสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของ Isoflavones (Wang and Murphy, 1994, a,b; Coward et al., 1998)

ในถั่วเหลืองโครงสร้างของ Isoflavones ที่ไม่มีโมเลกุลของน้ำตาลมาเกาะจะจัดอยู่ใน รูปของ aglycones ซึ่งรูปแบบนี้จะสามารถทำงานได้ดี (Izumi et al., 2000) โดยส่วนหนึ่งนั้นจะถูกดูดซึมได้ที่กระเพาะอาหาร (Piskula et al., 1999) ส่วนโครงสร้าง Isoflavones ที่มีโมเลกุลของน้ำตาล มาเกาะนั้นจะจัดอยู่ในรูปของ glycones หรือ glucosides ซึ่งรูปแบบนี้จะไม่สามารถทำงานได้ดี แต่จะต้องถูกเปลี่ยนในอยู่ในรูปของ aglycones ก่อน ซึ่งสามารถเปลี่ยนได้หลายวิธีเช่น การหมัก, การใช้ความร้อน, ทางเคมี และ การใช้เอนไซม์ในการย่อย (Ikeda และคณะ, 1995; Matsuura et al., 1995; Pandjaitan et al., 2000a,b ; Xie et al., 2003) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจาก glucosides ไปเป็น aglycones โดยใช้เอนไซม์ ß- glucosidase (Toda et al., 2001) ซึ่งผลิตจากแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ของมนุษย์ โดยจะมีผลทำให้โมเลกุลของน้ำตาลที่มาเกาะนั้นถูกกำจัดออกไป (Izumi et al., 2000) การเปลี่ยนแปลงรูปแบบ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

โครงสร้างนี้จะทำให้ร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Xu et al., 1995) โดยทั่วไปไอโซฟลาโวนส์ในถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก เช่น soy protein ,soy milk จะอยู่ในรูปของ glucoside (Naim และคณะ, 1974) ส่วนในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการหมักเช่น มิโซะ และเทมเป้ จะอยู่ในรูปของ aglycones (Coward และคณะ , 1993)

ไอโซฟลาโวนส์จะคงทนและไม่ถูกทำลายได้โดยความร้อน แต่จะเปลี่ยนแปลงรูปแบบของไอโซฟลาโวนส์ได้ซึ่งการสูญเสียไอโซฟลาโวนส์น่าจะมาจาก กระบวนการในการทำอาหาร (Chiarello, 2006) อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการคงทนต่อความร้อนของ Daidzein นั้นมีมากกว่า Genistein และ Glycitein (Xu et al., 1995)

จากการศึกษาพบว่า การกระจายตัวของไอโซฟลาโวนส์ในรูปแบบต่างๆ มีผลกระทบต่อกระบวนการที่นำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง โดยกระบวนการให้ความร้อนจะลดปริมาณของ malonyl ลง ซึ่งเป็นรูปแบบที่ไม่คงทนต่อความร้อนและปริมาณ aglycones ก็จะเพิ่มขึ้นโดยการย่อยของเอนไซม์ ß-glucosidase (Chiarello, 2006)

การให้ความร้อนโดยการ autoclave เป็นเวลา 5 นาที จะไม่มีผลต่อปริมาณไอโซฟลาโวนส์แต่จะลดปริมาณไอโซฟลาโวนส์ในรูปแบบของ malonyl ได้ถึงร้อยละ 90 ในทางตรงกันข้าม ß-glucosidase จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 70 ส่วนการ autoclave 15 นาที จะทำให้สูญเสียปริมาณไอโซฟลาโวนส์ร้อยละ 20 และจากการศึกษาระยะเวลาการงอกของถั่วเหลืองพบว่าในระยะการงอก 3 วัน ไม่มีการเปลี่ยนเปลี่ยนปริมาณไอโซฟลาโวนส์ แต่พบการกระจายตัวของรูปแบบของไอโซฟลาโวนส์ โดยรูปแบบของ malonyl จะเพิ่มขึ้นร้อนละ 15 และ ß-glucosidase จะลดลงร้อยละ 30 และในระยะเวลาการงอกของถั่วเหลืองที่ 7 วัน จะเพิ่มปริมาณไอโซฟลาโวนส์ในน้ำนมถั่วเหลืองได้ (Chiarello, 2006)

2.2.4 ประโยชน์ของ Isoflavones ในถั่วเหลือง

โดยทั่วไปแล้วถั่วเหลืองนั้นมีสารที่เป็นประโยชน์ต่างๆ ที่ช่วยให้ร่างกายมีสุขภาพที่ดีแต่การเพิ่มขึ้นของสารไอโซฟลาโวนส์นั้น จะเป็นตัวที่เพิ่มคุณค่าให้แก่ถั่วเหลืองมากขึ้น ซึ่งจากการศึกษาพบว่าประโยชน์ของไอโซฟลาโวนส์นั้น จะสามารถช่วยลดอัตราความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดโรคหัวใจ อาการร้อนวูบวาบของผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน โรคที่เกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ ป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุน และยังป้องกันการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมากและมะเร็งลำไส้ นอกจากนั้นยังพบว่า Isoflavone อาจจะช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอล และขณะเดียวกันยังเพิ่มปริมาณ HDL ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลที่มีประโยชน์และลดอาการร้อนวูบวาบและการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ สิ่งสำคัญที่เขาให้ความสนใจอย่างมากคือ Isoflavones ไม่ก่อให้เกิดผลข้างเคียงเช่นเดียวกับการใช้ยา และให้คำแนะนำว่าการรับประทาน Isoflavones ในถั่วเหลืองนั้นควรได้รับปริมาณอย่างน้อยวันละ 30 mg แต่ Anderson กล่าวว่า ในคนทั่วไปนั้นควรได้รับโปรตีนจากถั่วเหลืองอย่างน้อยสัปดาห์ละ 50-70 กรัม ก็จะได้รับสารไอโซฟลาโวนส์ ในการรักษาสุขภาพอย่างเพียงพอ (Chiarello, 2006, Adlercreutz et al., 1992; Cassidy et al., 1994;

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Kennedy, 1995; Anthony et al., 1996; Messina, 2000; Anderson and Gardner, 1997; Allred et al., 2005; Kim et al., 2005)

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

(1) ข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล

(2) เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 (จากศูนย์วิจัยพืชไร่ จังหวัดเชียงใหม่)

(3) เมล็ดข้าวโพดหวาน (จากตลาดสี่มุมเมือง)

(4) Fructose corn syrup ความเข้มข้น 55% (บริษัทเจ้าคุณเกษตรพืชผล จำกัด)

วัตถุดิบทั้งหมด (ข้อ 1- 3) ก่อนทำการทดลอง ให้เก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 10°C

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการการเพาะงอกข้าวกล้องหอมนิล

นำข้าวกล้องหอมนิลมาล้างน้ำให้สะอาด แช่น้ำ (อัตราส่วน ข้าว : น้ำ เท่ากับ 1:2) ปรับความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำที่แช่อยู่ระหว่าง 4-7 ด้วย กรดซิตริค เปลี่ยนน้ำทุกๆ 6 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างข้าวทุก 12 ชั่วโมงจนครบ 60 ชั่วโมง นำตัวอย่างข้าว มาทำแห้งด้วยเครื่อง Freeze dryer เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ GABA และ Anthocyanin ต่อไป

3.2.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะงอกถั่วเหลือง

คัดเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่สมบูรณ์ แล้วนำมาล้างน้ำให้สะอาด แช่น้ำเป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวางบนกระดาษทิชชูที่ชุ่มน้ำ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนเมล็ดที่งอก คำนวณเปอร์เซ็นต์การงอกในแต่ละช่วงเวลาการแช่น้ำ

นำถั่วเหลืองที่ผ่านการทดสอบการงอกแล้ว มาเพาะงอกแล้ว เก็บตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลือง ทุก 6 ชั่วโมง จนถึง 48 ชั่วโมง มาทำแห้งด้วยเครื่อง Freeze dry เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ Isoflavones ในรูปของ Daidzein และ Genistein

3.2.3 กระบวนการผลิตน้ำข้าวกล้องหอมนิลงอก

นำข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมนิล มาล้างทำความสะอาด จากนั้นต้มกับน้ำ อัตราส่วนน้ำ 1 ลิตร ต่อข้าวกล้องงอกหอมนิล 200 กรัม นำไปต้มเดี่ยวโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิปานกลาง (ประมาณ 50-60 °C) เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องแยกกากแยกน้ำ หลังจากนั้นนำน้ำที่ได้มากรองด้วยตะแกรงขนาดละเอียด

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.2.4 กระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองงอก

นำถั่วเหลืองงอก 1 กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาด หลังจากนั้นนำถั่วเหลืองงอกไปใส่ในน้ำเดือด จับเวลา 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ ในระหว่างนั้น ต้มน้ำปริมาตร 5 ลิตร จนอุณหภูมิถึง 50 °C จึงเทน้ำผสมกับถั่วเหลืองที่พักไว้ แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องแยกกากแยกน้ำ หลังจากนั้นนำไปกรองด้วยตะแกรงขนาดละเอียด

3.2.5 กระบวนการผลิตน้ำนมข้าวโพด

นำข้าวโพดฝักมาทำความสะอาด ฝานเมล็ดข้าวโพดออกจากฝัก หลังจากนั้นนำข้าวโพดต้มกับน้ำในอัตราส่วน 1:2 ต้มที่อุณหภูมิสูงจนเดือด เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องแยกกากแยกน้ำ หลังจากนั้นนำไปกรองด้วยตะแกรงขนาดละเอียด

3.2.6 พัฒนาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

นำน้ำข้าวกล้องหอมนิลงอก น้ำนมถั่วเหลืองงอก และน้ำนมข้าวโพดที่ได้จากข้อ 3.2.3 – 3.2.5 นำมาผสมกันเพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยผันแปรสูตร 4 สูตร (1:1:1, 2:1:1,1:2:1 และ 1:1:2 ตามลำดับ) ปรุงแต่งรสหวานด้วย ฟรุกโตสไซรัป ให้มีความหวานเท่ากับ 13 °Brix เมื่อปรับความหวานเรียบร้อยแล้ว นำมาผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อในระดับ Pasteurization ซึ่งควบคุมอุณหภูมิ 72 °C นาน 10 นาที บรรจุในขวดพลาสติกขณะร้อน ปิดฝา นำไปแช่ในน้ำเย็น ก่อนเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 °C เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ และ ทดสอบทางประสาทสัมผัส ต่อไป

3.2.7 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก ข้อ 3.2.6 วัดสีด้วยเครื่อง Colorimeter CR-10 (Minolta Co. Ltd., Japan) และวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer รุ่น dv-II +pro

3.2.8 วิเคราะห์สมบัติทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค โดยจะแยกการทดสอบเป็นกลุ่มผู้บริโภคทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ กลุ่มวัยรุ่น (อายุ 15 – 25 ปี), วัยทำงาน (25 – 55) และ วัยผู้สูงอายุ (มากกว่า 55 ปีขึ้นไป) ใช้แบบสอบถามแบบ Hedonic scale 5 จุด ซึ่งจะทดสอบผู้บริโภค 2 กลุ่มแรก กลุ่มละ 100 คน และกลุ่มผู้สูงอายุจำนวน 50 คน

เมื่อได้สูตรของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคแต่ละกลุ่มยอมรับ หลังจากนั้นจะนำมาทำการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพให้เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคมากที่สุด โดยใช้แบบทดสอบแบบ Hedonic scale 9 จุด ทำการทดสอบกลุ่มผู้บริโภคจำนวน 50 คน จนทุกๆลักษณะที่ถามได้คะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 7

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตัวอย่างแบบทดสอบ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

ผู้ประเมิน เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง อายุ.....ปี วันที่ .....

โปรดชิมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพนี้ แล้วตอบคำถามด้านล่าง โดยระบุระดับความพอใจที่มีต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่าง โดยเติมตัวเลขระดับคะแนน ลงไปด้านหน้าของหมายเลขตัวอย่าง

1 – ไม่ชอบมาก 2 – ไม่ชอบ 3 – เฉยๆ

4 – ชอบ 5 – ชอบมาก

	รหัสตัวอย่าง			
	.....	.....	.....	.....
1. ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....
2. สี	.....	.....	.....	.....
3. กลิ่น	.....	.....	.....	.....
4. ลักษณะเนื้อสัมผัส	.....	.....	.....	.....
5. ความหนืด	.....	.....	.....	.....
6. ความหวาน	.....	.....	.....	.....
7. รสชาติ	.....	.....	.....	.....
8. ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะอื่นๆ .....

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างแบบสอบถาม Hedonic Scale 5 จุด

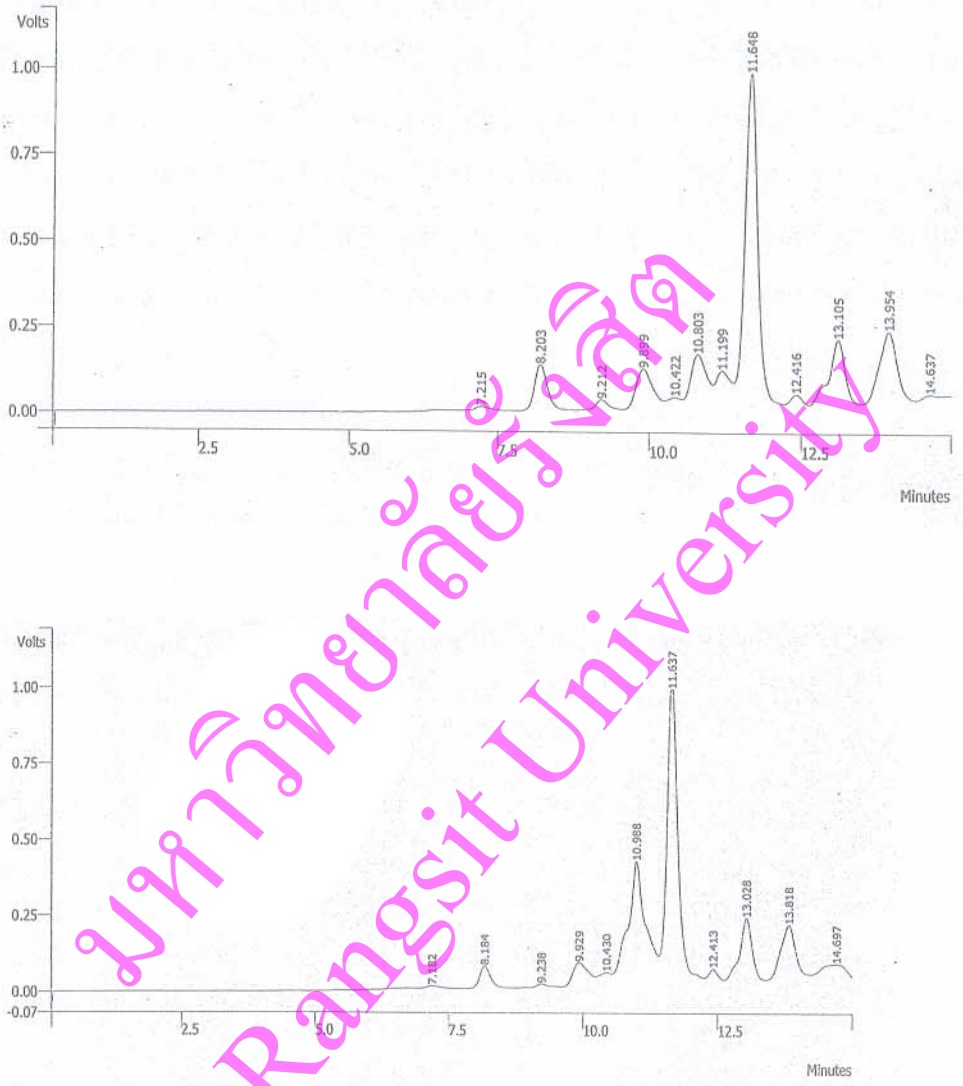
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.2.9 การวิเคราะห์สารอุณค่าทางโภชนาการ

3.2.9.1 สาร GABA

เตรียมตัวอย่างเพื่อนำมาศึกษากระบวนการสกัด ตามวิธีของ Lindroh and Mopper (1979) โดยใช้สารละลาย 80% Ethanol เป็นตัวสกัด นำสารทั้งหมดไปปั่นแยกด้วยเครื่อง Centrifuge แยกส่วนใสออกมาใส่ในขวดปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ด้วย 80% Ethanol จากนั้นกรองผ่านด้วย Micro filter เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ต่อไป

ฉีดตัวอย่างปริมาตร 10 µL เข้าเครื่อง HPLC ผ่าน Column Prevail-c_{18}, 4.6 มิลลิเมตร x 250 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 1.0 ml/min ; Detector ที่ใช้คือ Fluorescence detector; Mobile phase ได้แก่ Phosphate buffer : Methanol 4 : 1



รูปที่ 3.2 Chromatogram ของสาร GABA ในข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลเพาะงอกเป็นเวลา: (บน) 24 ชั่วโมง, RT = 11.648, pH 6 ; (ล่าง) 36 ชั่วโมง RT = 11.637, pH 5

3.2.9.2 Anthocyanins

เตรียมตัวอย่างเพื่อนำมาศึกษากระบวนการสกัด ตามวิธีของ Wrolstad และคณะ (2001) โดยใช้สารละลาย 95% Ethanol ที่มี HCl 0.1% 50 มิลลิลิตร เป็นตัวสกัด แช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษเบอร์ 42 และนำส่วนใสไปสกัดด้วย 0.025 M Potassium Chloride Buffer (pH 1.0) และ 0.4 M

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Sodium Acetate Buffer (pH 4.5) ทิ้งไว้ 30 นาที และวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 524 และ 700 nm นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณ Anthocyanin

3.2.9.3 Isoflavones

เตรียมตัวอย่างเพื่อนำมาศึกษากระบวนการสกัด ตามวิธีของ Wrolstad และคณะ (2001) โดยชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม เติม Acetonitrile 10 มิลลิลิตร HCl 2 มิลลิลิตร นำไป Sonic ate เป็นเวลา 10 นาที แช่ไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลักจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge เพื่อแยกส่วนใส่ออกมา ใส่ลงในหลอด Screw-cap tube และกรองผ่าน Micro filter เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

นำสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ฉีดเข้าเครื่อง HPLC ปริมาตร 20 µL ผ่าน column water symmetry RPC C18, 5um, 3.90x150 mm; flow rate 0.8 ml/min; DAD detector; ความยาวคลื่น 255 nm; Running time 40 minutes; mobile phase Buffer A : 0.1% Phosphoric acid, solution Buffer B : Acetonitrile

3.2.10 วิเคราะห์สมบัติทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณ Protein ด้วยวิธี Kjeldahl Method (Egan et al., 1981)

3.2.11 วิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total aerobic/anaerobic plate count) ตามวิธีของ FDA (1998) ปริมาณยีสต์และราตามวิธีของ FDA (1998) ปริมาณ *Staphylococcus aureus* ตามวิธีของ FDA (1998) และ ปริมาณ *Escherichia coli* ตามวิธีของ FDA (1998)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

รูปที่ 3.3 Chromatogram ของ Isoflavones (บน) Daidzein, RT= 10.297) และ Genistein (RT= 22.118) ในถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการแช่น้ำ (ล่าง) Daidzein, RT= 10.192) และ Genistein (RT= 22.688) ในถั่วเหลืองที่ผ่านการเพาะงอก เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

4.1 ปริมาณ Gamma-aminobutyric acid (GABA) ในตัวอย่างข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลงอกที่ผ่านกระบวนการเพาะงอกที่สภาวะต่าง ๆ

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสาร GABA (มิลลิกรัม/100กรัม) ของข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลงอกที่เวลาและ ระดับความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการแช่ (ชั่วโมง)	ระดับความเป็นกรด-ด่างของน้ำ			
	4	5	6	7
12	$27.34 \pm 1.20^{b(ab)}$	$29.81 \pm 2.53^{a(bc)}$	$31.29 \pm 1.22^{a(c)}$	$25.45 \pm 2.11^{a(a)}$
24	$34.03 \pm 2.92^{c(a)}$	$38.72 \pm 1.95^{b(b)}$	$40.67 \pm 1.60^{b(b)}$	$32.46 \pm 2.53^{b(a)}$
36	$32.09 \pm 3.39^{c(a)}$	$40.13 \pm 4.01^{b(b)}$	$37.93 \pm 3.39^{b(ab)}$	$33.06 \pm 2.42^{b(a)}$
48	$24.66 \pm 1.83^{b(ab)}$	$26.91 \pm 1.14^{a(ab)}$	$29.28 \pm 4.36^{a(b)}$	$22.16 \pm 2.35^{a(a)}$
60	$19.64 \pm 0.99^{a(a)}$	$25.57 \pm 1.20^{a(b)}$	$26.28 \pm 0.57^{a(b)}$	$24.55 \pm 0.82^{a(a)}$

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน และตัวอักษรในวงเล็บต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันในคอลัมน์ และแถว อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณGABA เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการแช่น้ำนานขึ้น ปริมาณ GABA สูงสุดเมื่อ ระยะเวลาการแช่ 24 – 36 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะเริ่มลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Komatsuzaki และคณะ (2007) นอกจากนั้นยังพบว่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณ GABA จากผลการทดลองพบว่าที่ pH 5 และ 6 จะทำให้สาร GABA สูงที่สุด ที่เวลาการแช่ 24 และ 36 ชั่วโมง ปริมาณสาร GABA มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38-40 มิลลิกรัม/100 กรัม อธิบายได้ว่าช่วง pH 5-6 ซึ่งเป็นสภาวะที่เป็นกรดเล็กน้อย จะมีผลไปกระตุ้นการทำงานของ Glutamate decarboxylase ทำให้เกิดการเปลี่ยน Glutamic acid ไปเป็น GABA จึงเป็นผลทำให้มีปริมาณ GABA เพิ่มมากขึ้น (Shelp et al., 1999) Yang และคณะ (2001) ได้ทำการทดลองพบว่า สภาวะที่เป็นกรดเล็กน้อยสามารถเพิ่มปริมาณ GABA ได้ถึง 40 เท่า ดังนั้นจากผลการทดลอง จึงเลือกเวลาในการเพาะงอกที่เหมาะสม คือ 24 ชั่วโมง และ ปรับความเป็นกรดของน้ำที่แช่อยู่ระหว่าง 5-6 เพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยวในข้าว ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.2 ปริมาณ Anthocyanins ในเมล็ดข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมนิล ที่ผ่านกระบวนการเพาะงอกที่สภาวะต่าง ๆ

เมล็ดข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลนั้นเป็นเมล็ดที่มีสีม่วงดำ ซึ่งประกอบไปด้วยทั้งหมดสามสี คือ สีน้ำตาลอ่อน(Procyanidin), สีแดง(Peonidin), และ สีม่วง(Cyanidin) เป็นสารประกอบกลุ่ม Flavonoid ที่เรียกว่า สาร Anthocyanins (บริษัท สีนินไรซ์ จำกัด, 2552) เมื่อนำข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลมาแช่น้ำในสภาวะความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ โดยสภาวะความเป็นกรด-ด่างนี้เป็นปัจจัยในการควบคุมการสังเคราะห์รงควัตถุในเมล็ดข้าว จากนั้นนำข้าวที่ผ่านการเพาะงอกในสภาวะต่าง ๆ มาวิเคราะห์ (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณ Anthocynins (มิลลิกรัม/100กรัม) ของข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลงอกที่เวลาและระดับความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการแช่ (ชั่วโมง)	ระดับความเป็นกรด-ด่างของน้ำ			
	4	5	6	7
12	$10.62 \pm 0.38^{ns(a)}$	$12.16 \pm 0.65^{ns(b)}$	$15.01 \pm 1.23^{ns(c)}$	$17.09 \pm 0.76^{ns(d)}$
24	$11.58 \pm 1.04^{ns(a)}$	$12.70 \pm 0.50^{ns(a)}$	$14.95 \pm 0.86^{ns(b)}$	$17.48 \pm 0.34^{ns(c)}$
36	$11.97 \pm 0.69^{ns(a)}$	$12.69 \pm 0.28^{ns(a)}$	$15.36 \pm 0.24^{ns(b)}$	$17.48 \pm 0.34^{ns(c)}$
48	$11.60 \pm 0.91^{ns(a)}$	$12.55 \pm 0.25^{ns(a)}$	$15.36 \pm 0.28^{ns(b)}$	$17.67 \pm 0.36^{ns(c)}$
60	$12.04 \pm 0.95^{ns(a)}$	$12.79 \pm 0.58^{ns(a)}$	$15.83 \pm 0.12^{ns(b)}$	$18.03 \pm 0.52^{ns(c)}$

ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับ a,b,... ในวงเล็บต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับ ns เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

จากผลการทดลอง พบว่าที่ pH 4 ปริมาณสาร Anthocynins มีปริมาณน้อยที่สุด เท่ากับ 10.62 มิลลิกรัม/ 100 กรัม และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นด่างของน้ำเพิ่มขึ้น ผลการทดลองสอดคล้องกับ Abdel และคณะ (1999) ซึ่งได้รายงานไว้ว่าความเป็นกรด-ด่างมีอิทธิพลต่อปริมาณสาร Anthocynins เมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้นปริมาณสาร Anthocynins มีแนวโน้มจะถูกสกัดออกมามากขึ้น จากการทดลองนี้มีการเปลี่ยนน้ำที่ใช้แช่ข้าวทุก ๆ 6 ชั่วโมง สาร Anthocyanins จัดเป็นรงควัตถุชนิดหนึ่งที่สามารถละลายในน้ำได้ (Castaneda-Ovando et al, 2009) จึงละลายออกมา และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อน้ำที่แช่มีสภาวะเป็นกรดจะยิ่งทำให้สกัดสาร Anthocyanins ออกมาได้มาก และละลายออกไปกับน้ำที่ใช้แช่ข้าว เมื่อเปรียบเทียบกับในสภาวะที่เป็นด่าง ดังนั้นเมื่อแช่ข้าวในน้ำที่มีสภาวะเป็นด่างจึงมีปริมาณ Anthocyanins อยู่ในเมล็ดข้าวมากกว่าที่สภาวะเป็นกรด

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.3 สภาวะการเพาะงอกและอัตราการงอกของถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60

การศึกษาสภาวะการงอกของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยศึกษาเวลาในการแช่น้ำที่ 1 - 3 ชั่วโมง คัดเลือกเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จำนวน 100 เมล็ด เลือกเมล็ดที่มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่มีรอยแตกและไม่ลอยน้ำ ซึ่งอัตราการงอกของเมล็ดที่นำมาศึกษาต้องมีเปอร์เซ็นต์การงอกมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อัตราการงอกของเมล็ดถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 จำนวน 100 เมล็ด ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เวลาแช่น้ำ (ชั่วโมง)	อัตราการงอก (%)
1	82.6 ± 2.5^{b}
2	91.3 ± 1.5^{a}
3	94.3 ± 1.5^{a}

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b,... ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.3 พบว่า อัตราการงอก (%) ของเมล็ดถั่วเหลือง ที่ผ่านการแช่น้ำที่ 2 และ 3 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นในการเพาะงอกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จึงเลือกเวลาในการแช่น้ำที่ 2 ชั่วโมง เพื่อลดระยะเวลาในการแช่น้ำถั่วเหลืองก่อนทำการเพาะงอก การแช่น้ำถั่วเหลืองก่อนการเพาะงอกมีความสำคัญ เพราะน้ำที่ซึมเข้าไปภายในเมล็ดจะช่วยทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนตัว และเป็นตัวนำออกซิเจนเข้าภายในเมล็ด นอกจากนั้นยังเป็นพาหะในการขนย้ายถ่ายเทอาหารที่เมล็ดสะสมไว้ไปยังจุดเจริญ น้ำจะเป็นตัวทำละลายสารอาหารที่สะสมภายในเมล็ดให้เปลี่ยนเป็นของเหลว และสามารถเคลื่อนที่ได้ ทำให้เมล็ดนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ซึ่งผลจากการดูดน้ำทำให้เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น ผนังเซลล์เกิดการขยายตัวมีการย่อยอาหารสะสม เช่น Protein, Starch และ Triglyceride กลายเป็น Amino acid, Glucose และ Fatty acid ตามลำดับ (ผ่องศรี ศิวราศักดิ์, 2543) ซึ่งการศึกษาอัตราการงอกเพื่อให้ได้เมล็ดถั่วที่สมบูรณ์และเกิดอัตราการงอกสูง นอกจากนี้ยังช่วยลดการสูญเสียถั่วในระหว่างการเพาะงอกได้อีกด้วย

4.4 การศึกษาความยาวรากในช่วงเวลาการเพาะงอกถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ระยะเวลาการเพาะงอกที่ 42 และ 48 ชั่วโมงมีความยาวรากที่ค่อนข้างจะใกล้เคียงกัน (8.4 - 8.6 มิลลิเมตร) (รูปที่ 4.1) แต่เมื่อปล่อยให้งอกต่อไป หลังจาก 48 ชั่วโมง พบว่า

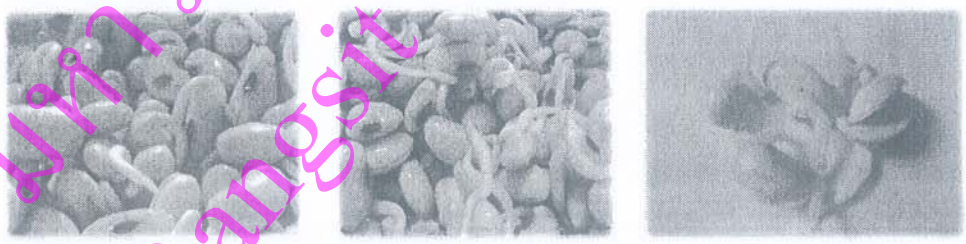
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

โครงสร้างของเมล็ดถั่วเหลืองแยกออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อน และ ราก ต่อไป ดังนั้นในการทดลองนี้จึงหยุดการเพาะงอกที่เวลา 48 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.4 ความยาวรากของเมล็ดถั่วเหลืองงอกพันธุ์ เชียงใหม่ 60 ในช่วงเวลาเพาะงอกที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการเพาะงอก (ชั่วโมง)	ความยาวราก (มิลลิเมตร)
6	2.3
12	3.5
18	4.1
24	5.6
30	6.4
36	7.3
42	8.4
48	8.6

ตัวเลขในตาราง คือ ค่าเฉลี่ย (n=100) มีอักษรกำกับ a,b,... ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.1 ถั่วเหลืองที่ผ่านการเพาะงอก (ก) 42 ชั่วโมง (ข) 48 ชั่วโมง (ค) 48 ชั่วโมง เห็นเมล็ดมีรอยแตก

4.5 ปริมาณ Daidzein และ Genistein ในถั่วเหลืองเพาะงอก

นำถั่วเหลืองงอกพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่มีอัตราการงอกไม่ต่ำกว่า 90% และเลือกเมล็ดที่มีความยาวรากใกล้เคียงกันในช่วงเวลาเพาะงอกเดียวกัน นำมาวิเคราะห์หาปริมาณ Daidzein และ Genistein

จากการทดลองพบว่า สาร Daizein และ Genistein ในถั่วเหลืองเพาะงอกมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองที่ยังไม่ผ่านการเพาะงอก พบว่าที่ระยะเวลาการเพาะงอก 48 ชั่วโมง มีปริมาณ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สาร Daidzein และ Genistein สูงที่สุด และเพิ่มขึ้นจากถั่วเหลืองที่ไม่ได้เพาะงอกถึง 22.80% และ 7.41% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) การเพิ่มขึ้นของ Daidzein และ Genistein มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันตามระยะเวลาการเพาะงอก

การที่ปริมาณ Daidzein และ Genistein เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเพาะงอกอธิบายได้ว่าเกิดจากการทำงานของ กิจกรรม เอนไซม์ β- glucosidase ซึ่งเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาการงอกผ่านไป ทำให้ Isoflavones ซึ่งอยู่ในรูปของ Glucoside form เปลี่ยนเป็นรูป Aglycone นอกจากนี้ยังพบว่า Isoflavones ยังถูกสร้างขึ้นมา (Biosynthesis) ในระหว่างการเริ่มต้นการงอกของเมล็ด โดยผ่าน Pathway malonate และ Phenylpropanoid (Hahlbrock and Scheel, 1989)

การเพิ่มขึ้นของปริมาณ Daidzein และ Genistein จากกระบวนการเพาะงอกแล้ว ยังมีกระบวนการหมักที่สามารถเพิ่มปริมาณไอโซฟลาโวน, สารประกอบฟีนอล และ สารอนุมูลอิสระ ในถั่วเหลืองได้อีกเช่นกัน (Dues et al., 2009)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณสาร Daidzein และ Genistein ในถั่วเหลืองเพาะงอกในช่วงเวลาการเพาะงอกที่แตกต่างกันที่ 48 ชั่วโมง

ระยะเวลาการเพาะงอก (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของ Daidzein (mg/100g)	ความเข้มข้นของ Genistein (mg/100g)
Control	3.64 ± 0.14^{e}	0.89 ± 0.05^{f}
6	7.47 ± 0.29^{d}	2.84 ± 0.11^{de}
12	14.38 ± 1.99^{c}	3.72 ± 0.26^{c}
18	8.82 ± 0.01^{d}	2.36 ± 0.12^{e}
24	9.80 ± 0.34^{d}	2.36 ± 0.03^{e}
30	9.27 ± 1.00^{d}	3.34 ± 0.15^{cd}
36	13.38 ± 0.06^{c}	3.86 ± 0.09^{c}
42	20.62 ± 1.12^{b}	6.86 ± 0.69^{b}
48	26.43 ± 3.26^{a}	8.21 ± 0.68^{a}

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b,... ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ย ±SD (n=3)
Control : ถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการเพาะงอก

4.6 สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

จากผลการทดลองเรื่องการเพิ่มปริมาณสาร GABA และ Isoflavones ในข้าวกล้องงอกหอมนิล และ ถั่วเหลืองงอกพันธุ์เชียงใหม่ 60 จึงเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะงอก เพื่อนำมาสกัดน้ำข้าว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

กล้องงอกและน้ำถั่วเหลืองงอก และเพิ่มรสชาติด้วยน้ำสกัดจากเมล็ดข้าวโพดหวาน ในอัตราส่วน 1:1:1, 2: 1: 1, 1:2:1 และ 1:1:2 ตามลำดับ โดยปรุงแต่งรสหวานด้วยฟรุกโตสไซรัป

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเครื่องดื่มสุขภาพ ทั้ง 4 สูตร ได้แก่ ความหนืด และค่าสี และนำมาเปรียบเทียบกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งก็เป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ อีกทั้งยังเป็นตัวที่บอกถึงค่าความชอบของผู้บริโภคได้เช่นกัน (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 คุณภาพทางกายภาพของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพทั้ง 4 สูตร

สูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ	ค่าสี			ความหนืด
	L*	a*	b*	
1:1:1	57.80 ± 0.44^{b}	0.35 ± 0.10^{c}	13.55 ± 0.28^{c}	18.40 ± 0.17^{c}
2:1:1	54.53 ± 0.84^{a}	2.67 ± 0.03^{d}	11.15 ± 0.18^{b}	16.90 ± 0.19^{a}
1:2:1	57.07 ± 0.12^{b}	-0.03 ± 0.03^{b}	8.82 ± 0.08^{a}	20.60 ± 0.23^{d}
1:1:2	57.88 ± 0.47^{b}	-0.9 ± 0.18^{a}	15.9 ± 0.09^{d}	18.00 ± 0.13^{b}

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b,... ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า ค่าสีที่วัดได้นั้นจะแสดงในค่าของ L*, a*, b* และค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เพราะว่าอัตราส่วนของวัตถุดิบแตกต่างกันค่า L* เป็นค่าที่แสดงถึง ความสว่างของผลิตภัณฑ์ จะเห็นได้ว่าสูตรของผลิตภัณฑ์ 2:1:1 มีน้ำข้าวกล้องงอกในอัตราส่วนที่มากกว่าสูตรอื่นๆ น้ำข้าวกล้องหอมนิลมีสีโคโก้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มกว่าสูตรอื่นๆ

ค่า b* จะเป็นค่าที่บอกถึงค่า สีเหลือง และสีน้ำเงิน จากตารางจะเห็นได้ว่าในสูตรของผลิตภัณฑ์ 1:1:2 จะมีน้ำนมข้าวโพดในอัตราส่วนที่มากกว่า สีของน้ำนมข้าวโพดจะมีสีเหลือง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองจึงทำให้ค่า b* มีค่ามาก

ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ในอัตราส่วน 1:2:1 จะมีค่าความหนืดมากที่สุด โดยจะมีค่าความหนืดอยู่ที่ 20.60 cP ความหนืดของผลิตภัณฑ์นี้เกิดจากน้ำนมถั่วเหลือง

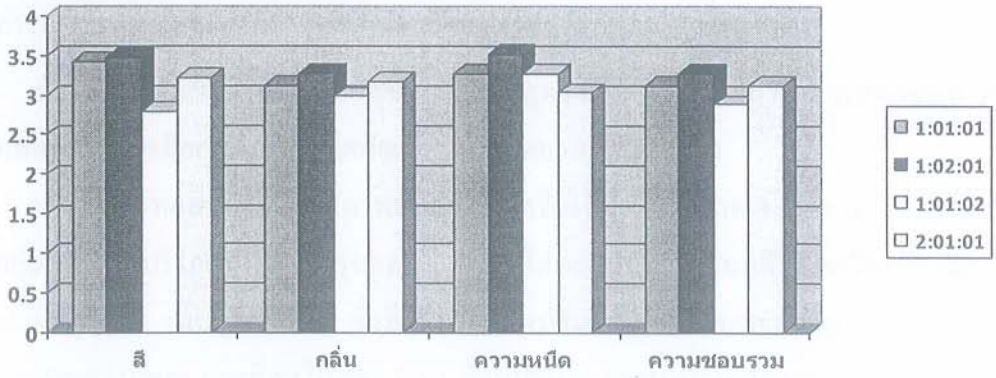
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของตัวอย่างเครื่องดื่ม 4 ตัวอย่าง ทดสอบโดยผู้บริโภคจำนวน 3 กลุ่มอายุ จำนวนกลุ่มละ 100 คน ด้วยวิธี Hedonic Scale 5-point

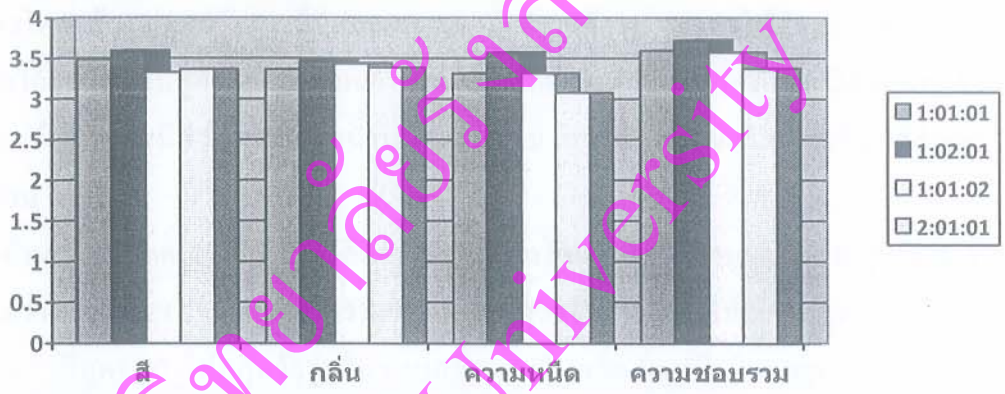
อายุ(ปี)	สูตร	ลักษณะปรากฏ	สี	เนื้อสัมผัส	กลิ่น	ความหนืด	ความหวาน	รสชาติ	ความชอบรวม
15 – 25	1 : 1 : 1	3.35 ± 0.85^{b}	3.43 ± 0.82^{b}	2.96 ± 0.88^{b}	3.12 ± 0.84^{ab}	3.27 ± 0.85^{a}	3.14 ± 0.99^{a}	2.99 ± 1.00^{a}	3.12 ± 0.84^{ab}
	1 : 2 : 1	3.45 ± 0.82^{b}	3.47 ± 0.95^{b}	3.23 ± 0.93^{c}	3.27 ± 0.91^{b}	3.53 ± 0.87^{b}	3.24 ± 1.01^{a}	3.11 ± 0.97^{a}	3.28 ± 0.87^{b}
	1 : 1 : 2	2.89 ± 0.91^{a}	2.80 ± 0.92^{a}	2.69 ± 0.94^{a}	2.98 ± 0.91^{a}	3.27 ± 0.86^{a}	2.97 ± 0.99^{a}	2.83 ± 1.11^{a}	2.88 ± 1.01^{a}
	2 : 1 : 1	3.24 ± 0.81^{b}	3.23 ± 0.91^{b}	3.15 ± 0.87^{bc}	3.17 ± 0.87^{ab}	3.03 ± 0.82^{a}	3.08 ± 0.88^{a}	3.09 ± 0.98^{a}	3.13 ± 1.00^{ab}
25 – 55	1 : 1 : 1	3.49 ± 0.60^{a}	3.49 ± 0.66^{ab}	3.56 ± 0.77^{a}	3.37 ± 0.66^{a}	3.32 ± 0.80^{a}	3.46 ± 0.80^{a}	3.46 ± 0.74^{a}	3.60 ± 0.71^{ab}
	1 : 2 : 1	3.51 ± 0.79^{a}	3.60 ± 0.71^{b}	3.65 ± 0.72^{a}	3.47 ± 0.77^{a}	3.58 ± 0.81^{b}	3.59 ± 0.84^{a}	3.67 ± 0.91^{a}	3.73 ± 0.79^{b}
	1 : 1 : 2	3.39 ± 0.86^{a}	3.33 ± 0.87^{a}	3.62 ± 0.83^{a}	3.44 ± 0.67^{a}	3.32 ± 0.89^{a}	3.60 ± 0.82^{a}	3.54 ± 0.77^{a}	3.58 ± 0.78^{ab}
	2 : 1 : 1	3.47 ± 0.75^{a}	3.37 ± 0.77^{a}	3.44 ± 0.86^{a}	3.39 ± 0.76^{a}	3.08 ± 0.81^{a}	3.38 ± 0.85^{a}	3.44 ± 0.90^{a}	3.38 ± 0.85^{a}
55 ขึ้นไป	1 : 1 : 1	3.39 ± 0.63^{ab}	3.43 ± 0.81^{b}	3.38 ± 0.81^{ab}	3.28 ± 0.83^{a}	3.25 ± 0.83^{a}	3.35 ± 0.86^{b}	3.28 ± 0.38^{a}	3.46 ± 0.77^{ab}
	1 : 2 : 1	3.60 ± 0.83^{bc}	3.50 ± 0.88^{b}	3.57 ± 0.78^{b}	3.39 ± 0.74^{a}	3.56 ± 0.78^{b}	3.23 ± 0.94^{ab}	3.40 ± 0.97^{a}	3.64 ± 0.82^{b}
	1 : 1 : 2	3.18 ± 0.85^{a}	3.11 ± 0.89^{a}	3.29 ± 1.09^{a}	3.27 ± 0.83^{a}	3.13 ± 1.13^{a}	3.43 ± 0.92^{b}	3.21 ± 1.01^{a}	3.38 ± 0.98^{a}
	2 : 1 : 1	3.62 ± 0.74^{c}	3.57 ± 0.83^{b}	3.41 ± 0.81^{ab}	3.42 ± 0.70^{a}	3.11 ± 0.75^{a}	3.05 ± 0.94^{a}	3.30 ± 0.87^{a}	3.39 ± 0.79^{a}

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b,... ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

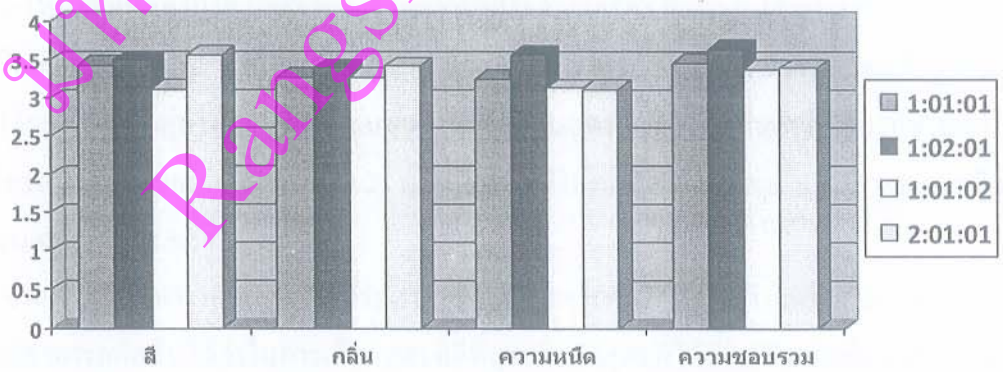
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



รูปที่ 4.2 คะแนนความชอบลักษณะด้านต่าง ๆ ของแต่ละสูตรในกลุ่มวัยรุ่น



รูปที่ 4.3 คะแนนความชอบลักษณะด้านต่าง ๆ ของแต่ละสูตรในกลุ่มวัยทำงาน



รูปที่ 4.4 คะแนนความชอบลักษณะด้านต่าง ๆ ของแต่ละสูตรในกลุ่มวัยผู้สูงอายุ

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

4.7.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

เมื่อได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพทั้ง 4 สูตร แล้วจากนั้นนำมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทำการคัดเลือกสูตรของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

จากผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ 4 สูตร สำหรับแต่ละกลุ่มอายุทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า ผู้บริโภคทั้งกลุ่มวัยรุ่นและวัยทำงานให้คะแนนความชอบสีของเครื่องดื่ม มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันคือ ชอบสูตร 1:2:1 ซึ่งมีปริมาณของน้ำนมถั่วเหลืองมาก แต่ในกลุ่มผู้สูงอายุพบว่าให้คะแนนความความชอบมากที่สุดในสูตร 2:1:1 ซึ่งมีปริมาณของน้ำข้าวกล้องงอกมาก และทั้ง 3 กลุ่มให้คะแนนความชอบเรื่องสีน้อยที่สุดในสูตรที่มีสัดส่วนของข้าวโพดมากที่สุด (1:1:2) ดังนั้นสรุปได้ว่าทั้ง 3 กลุ่มมีความชอบสีของเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของน้ำข้าวกล้องงอก, น้ำนมถั่วเหลือง แต่ไม่ชอบในสีของน้ำนมข้าวโพด ด้วยเหตุผลว่าสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำข้าวกล้องมากจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์มีลักษณะคล้ายสีโกโก้ หรือ ถ้าในสูตรมีส่วนผสมของน้ำนมถั่วเหลืองมากสีของเครื่องดื่มจะมีลักษณะคล้ายสีของนมสด แต่ถ้าในสูตรมีส่วนผสมของน้ำนมข้าวโพดมากจะทำให้สีของเครื่องดื่มมีลักษณะไม่น่ารับประทาน

ด้านกลิ่นของเครื่องดื่มพบว่ากลิ่นของน้ำนมข้าวโพดมีผลต่อความชอบของกลุ่มวัยรุ่น จากรูปที่ 1 เห็นได้ว่าในสูตร 1:1:2 มีคะแนนความชอบต่ำกว่าสูตรอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าสูตรที่มีปริมาณน้ำนมข้าวโพดมากที่สุดจะทำให้กลุ่มวัยรุ่นไม่ชอบกลิ่นของในผลิตภัณฑ์จึงมีผลต่อความชอบรวมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ลดลง

ในด้านความหนืดของผลิตภัณฑ์พบว่าผู้บริโภคทั้ง 3 กลุ่มให้คะแนนความชอบในสูตร 1:2:1 ซึ่งมีปริมาณน้ำนมถั่วเหลืองมาก และจากการวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield พบว่าในสูตรนี้มีปริมาณความหนืดเท่ากับ 20.60 cP ซึ่งมีปริมาณความหนืดสูงกว่าในสูตรอื่น ๆ นอกจากลักษณะด้านความหนืดแล้วผู้บริโภคทั้ง 3 กลุ่มให้คะแนนความชอบโดยรวมในสูตร 1:2:1 สูงที่สุดเช่นเดียวกัน โดยในกลุ่มวัยรุ่นให้คะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 3.28 กลุ่มวัยทำงานให้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.73 และกลุ่มผู้สูงอายุให้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.64

จากตารางผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสและจากกราฟแท่งเปรียบเทียบลักษณะด้านต่าง ๆ แล้วทำให้สามารถตัดสินได้ว่าในการเลือกสูตรที่ดีที่สุดเพื่อนำสูตรที่ได้นี้ไปพัฒนาเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์นั้นผู้บริโภคให้ความสำคัญกับ สี กลิ่น ความหนืด เนื้อสัมผัส ซึ่งจะมีผลต่อความชอบรวม จากการทดสอบการชิม ทั้ง 3 กลุ่มผู้บริโภค พบว่า สูตร 1:2:1 ซึ่งมีปริมาณของน้ำนมถั่วเหลืองมากมีแนวโน้มคะแนนความชอบสูงที่สุดในเกือบทุก ๆ ด้านของลักษณะ จึงสรุปได้ว่าสูตร 1:2:1 ที่มีสัดส่วนของถั่วเหลืองงอกมากที่สุด เป็นสูตรที่ดีที่สุดที่ผู้บริโภคทั้ง 3 กลุ่มให้การยอมรับ (รูปที่ 4.2 – 4.4)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.7.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

หลังจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ซึ่งจะนำผลที่วิเคราะห์ได้มาพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้เป็นที่ยอมรับและชื่นชอบของผู้บริโภคมากที่สุด โดยจะทำการปรับปรุงทางด้านความหนืด และรสชาติของผลิตภัณฑ์ ให้ดียิ่งขึ้น หลังจากทำการพัฒนาและปรับปรุงสูตรแล้วจะนำผลิตภัณฑ์มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสอีกครั้ง โดยจะทำการทดสอบ 3 กลุ่ม ซึ่งจะทดสอบกลุ่มละ 50 คน ใช้การทดสอบด้วยวิธี Hedonic scale 9 จุด ในการทดสอบครั้งนี้จะต้องมีระดับคะแนนไม่ต่ำกว่า 7 คะแนน ซึ่งถ้ามีระดับคะแนนต่ำกว่าจะต้องนำผลิตภัณฑ์นั้นมาทำการพัฒนา และนำไปทดสอบอีกครั้ง

จากผลการทดสอบพบว่าทุกๆ ลักษณะที่ทดสอบได้รับคะแนนความชอบมากกว่า 7 จึงสรุปได้ว่าสูตร 1:2:1 ที่เลือกมาได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

4.8 การศึกษาสมบัติทางเคมีและ โภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

เมื่อได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัสแล้ว นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมาทำการตรวจหาคุณสมบัติทางเคมีของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ โดยจะหาปริมาณสาร GABA, Vitamin B1, Daidzein, Genistein, Anthocyanin และโปรตีน โดยปริมาณของสาร GABA, Vitamin B1, Daidzein, Genistein, Anthocyanin จะทำการเปรียบเทียบกับปริมาณสารที่อยู่ในข้าวกล้องงอก และถั่วเหลืองงอก ว่ามีปริมาณเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์เท่าใด เมื่อนำวัตถุดิบต่างๆ มาทำการแปรรูปและผ่านความร้อนในระดับ Pasteurization (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

คุณภาพทางโภชนาการ	ปริมาณ
GABA (mg/100ml)	13.72 ± 1.58
Vitamin B1 (mg/100ml)	0.02 ± 0.03
Daidzein (mg/100ml)	0.33 ± 0.01
Genistein (mg/100ml)	0.72 ± 0.02
Anthocyanin (mg/100ml)	0.56 ± 0.01
โปรตีน (%)	0.78 ± 0.01

จากตารางจะเห็นได้ว่า เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ปริมาณสารทางโภชนาการอาหารที่สำคัญ ในปริมาณที่ค่อยข้างสูง โดยเฉพาะสาร GABA จะมีปริมาณ 13.72 mg/100ml ส่วนปริมาณสาร Isoflavones ทั้ง 2 ชนิดจะมีปริมาณ 0.33 mg/100ml ของสาร Daidzein และ 0.72 mg/100ml ของสาร Genistein โดยสารที่มีคุณค่าทางอาหารเหล่านั้น หากนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณสารที่มีอยู่ในวัตถุดิบ จะเห็นได้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ว่ามีปริมาณสารต่างๆ ลดลง เนื่องมาจากในระหว่างขั้นตอนการผลิตหรือขั้นตอนการแปรรูป สารอาหารต่างๆ อาจมีการสูญเสียที่เกิดมาจากความร้อน และในระหว่างการแปรรูป

4.9 การศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

การตรวจสอบทางชีวภาพนั้น จะทำการตรวจหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ โดยจะทำการตรวจหาเชื้อ Yeast and Mold, Total Bacterial, *Staphylococcus aureus, Escherichia coli* ซึ่งจะทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพหลังจากที่ทำการผลิตเสร็จแล้ว และตรวจสอบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่เก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน มาทำการตรวจสอบเพื่อหาปริมาณเชื้อที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มสุขภาพ

คุณภาพทางจุลินทรีย์	วันที่ 0	วันที่ 7
Total Bacterial (logCFU/ml)	1.54 ± 0.09	2.12 ± 0.01
Yeast and Mold (logCFU/ml)	1.66 ± 0.13	2.07 ± 0.02
Staphylococcus aureus	ไม่พบ	ไม่พบ
E.Coli	ไม่พบ	ไม่พบ

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพแล้ว นำมาวิเคราะห์ผลทางจุลินทรีย์พบว่า มีปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.54 ± 0.09 logCFU/ml มีปริมาณเชื้อยีสต์และราทั้งหมดเท่ากับ 1.66 ± 0.13 logCFU/ml นอกจากนี้ยังทำการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นดัชนีที่ชี้วัดความสะอาดในการผลิต ซึ่งผลปรากฏว่าไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อทั้ง 2 ชนิดนี้ หลังจากนั้นทำการเก็บผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพไว้ที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน เพื่อตรวจสอบหาปริมาณเชื้อที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้ทราบถึงอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากตารางพบว่า ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ 2.12 ± 0.01 logCFU/ml ปริมาณยีสต์และรามีปริมาณเท่ากับ 2.07 ± 0.02 logCFU/ml ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรามีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจึงทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน นั้นจะไม่เสียจากเชื้อจุลินทรีย์ เพราะว่าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ยังมีปริมาณไม่มากพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสีย แต่เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 7 วัน จะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพมากกว่าเชื้อจุลินทรีย์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.10 ออกแบบผลิตภัณฑ์

รูปที่ 4.5 แนวคิดของผลิตภัณฑ์

ผู้ออกแบบได้วางแนวคิดของผลิตภัณฑ์สำหรับ ทุกกลุ่มผู้บริโภค แต่เน้นผู้รักสุขภาพสำหรับคนรุ่นใหม่ (รูปที่ 4.5) จึงได้ออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับเป็นต้นแบบให้กับ Spa ของมหาวิทยาลัยรังสิต โดยออกแบบทั้งหมด 5 รูปแบบ (รูปที่ 4.6)

Design #1

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

Design #2

Design #3

Design #4

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

Design #5

รูปที่ 4.6 บรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ (Design 1-5)

ผู้ออกแบบได้เลือก Design #2 เนื่องจาก สามารถหาบรรจุภัณฑ์ตามที่ต้องการได้ง่าย ราคาถูกกว่าแบบอื่นๆ และได้รับการตอบรับจากผู้บริโภค ไม่แตกต่างจาก แบบผลิตภัณฑ์อื่นๆ

เมื่อได้แบบ Design #2 แล้ว นำมาปรับปรุงเพิ่มเติม ในเรื่อง ชื่อผลิตภัณฑ์ ฉลากโภชนาการและลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการ (รูปที่ 4.7)

โดยให้มีรายละเอียดในฉลากดังนี้

ผลิตภัณฑ์ **เครื่องดื่มสุขภาพ**

ส่วนประกอบ น้ำสกัดจากข้าวกล้องงอกหอมนิล, น้ำนมถั่วเหลืองงอก และน้ำนมข้าวโพด ปรุงแต่งด้วย Fructose syrup

ลักษณะบรรจุภัณฑ์

(ก) ขวดพลาสติก ทนความร้อนได้ไม่เกิน 100°C ฆ่าเชื้อแบบ pasteurization มีอายุการเก็บไม่เกิน 10 วัน ในตู้เย็น

(ข) ขวดแก้ว ทนความร้อนสูง ฆ่าเชื้อแบบ Sterilization มีอายุการเก็บประมาณ 1 เดือน ไม่จำเป็นต้องเก็บในตู้เย็น

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

คุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์

คุณภาพทางโภชนาการ	ปริมาณ
GABA (mg/100ml)	13.72 ± 1.58
Vitamin B1 (mg/100ml)	0.02 ± 0.03
Daidzein (mg/100ml)	0.33 ± 0.01
Genistein (mg/100ml)	0.72 ± 0.02
Anthocyanin (mg/100ml)	0.56 ± 0.01
โปรตีน (%)	0.78 ± 0.01

รูปที่ 4.7 แบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพ มหาวิทยาลัยรังสิต

4.11 การวางแผนผังสถานที่และกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

การวางแผนผังบริเวณการผลิตดำเนินขั้นตอนตามมาตรฐาน GMP (Good Manufacturing Practice) เป็นระบบการจัดการและควบคุมการผลิตอาหารให้ปลอดภัยต่อการบริโภค

ผังการผลิตจะแยกบริเวณปฏิบัติงานต่างๆออกเป็นสัดส่วน ได้แก่ (1) ส่วนรับวัตถุดิบจะอยู่ตรงบริเวณด้านหน้าของสถานที่ผลิต ทำให้มีการขนถ่ายวัตถุดิบได้อย่างสะดวก (2) ส่วนเก็บวัตถุดิบจะอยู่ในที่ที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก มีการจัดชั้นวางวัตถุดิบได้อย่างพอเพียงและสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากพวกแมลงได้ (3) ส่วนสถานที่แปรรูปอาหารจะดำเนินไปอย่างเป็นเส้นตรง หมายถึง กระบวนการผลิตจะดำเนินไปในทิศทางเดียว ไม่มีการย้อนกลับ เพื่อให้การกระบวนการผลิตเป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง (4)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สถานที่เก็บผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะใช้ตู้ให้ความเย็นทีมีสภาแวดล้อมสม่ำเสมอ ให้เหมาะสมต่อการจัดเก็บผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ส่วนบริเวณสถานที่การผลิตจะมีการกำหนดทางเข้าออกของผู้ปฏิบัติงานให้ทางเข้าและทางออกแยกออกจากกัน และในทุกส่วนของกระบวนการผลิตจะมีที่ล้างมืออย่างเพียงพอ ในการจัดวางอุปกรณ์การผลิต จะจัดวางให้สะดวกต่อการผลิต และสามารถทำความสะอาดได้ง่าย ส่วนการกำหนดการจุดเข้าออกของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ต้องเป็นบริเวณที่แยกจากทางเข้าออกของพนักงาน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้าม (รูปที่ 4.8 และ 4.9)

ส่วนบริเวณบำบัดน้ำเสียจะอาจจะทำบ่อพัก แล้วมีการเติมสารส้มทำให้ตกตะกอนเพื่อให้ได้น้ำที่ใสสะอาด แล้วนำไปรดน้ำต้นไม้ ส่วนกากของเสียจะนำไปทำเป็นปุ๋ยชีวภาพเพื่อใช้ในการเกษตรต่อไป

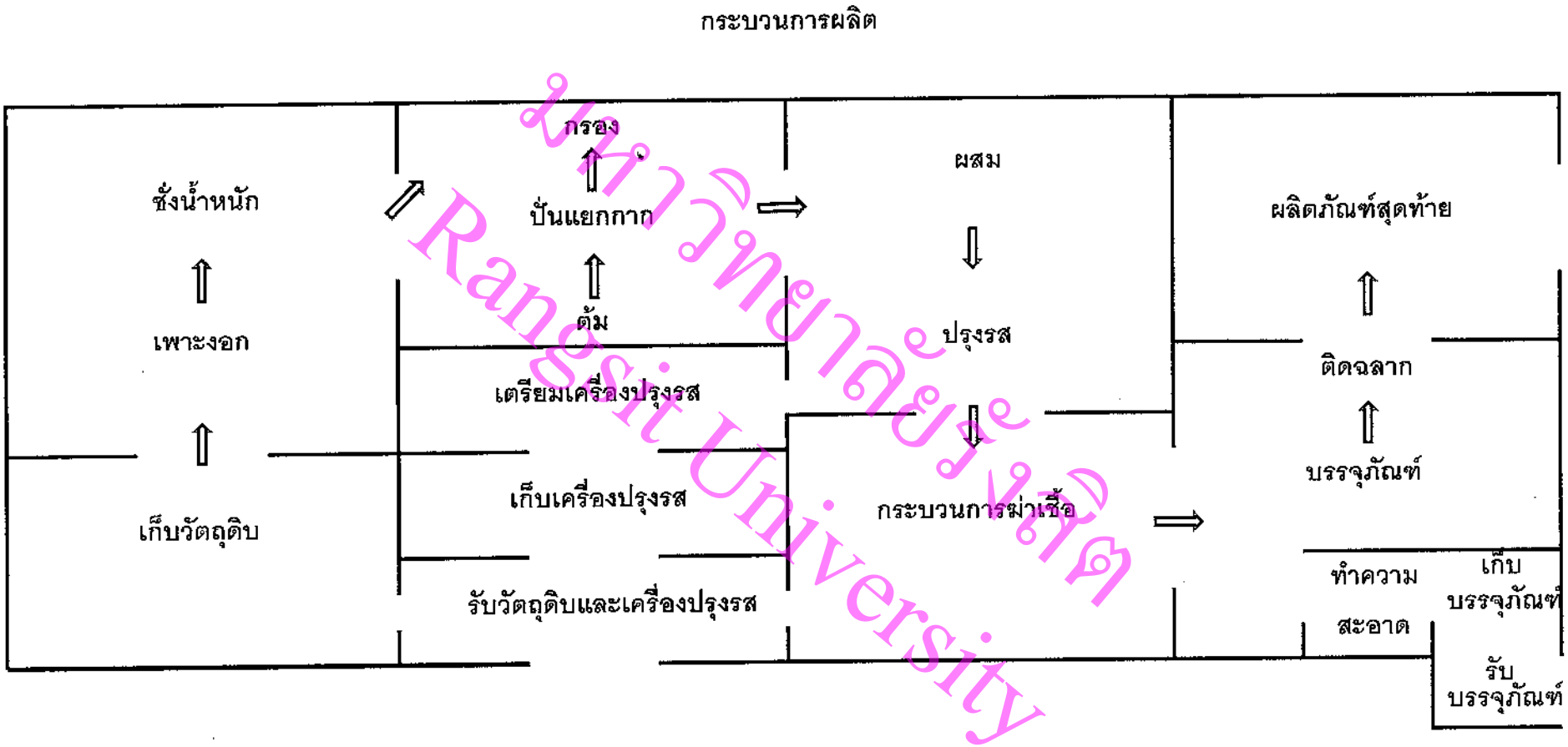
ส่วนการนำน้ำมาใช้ในกระบวนการผลิตจะทำการสูบน้ำดิบ (น้ำประปา/น้ำบาดาล/น้ำบ่อ) กรองด้วยคาร์บอน หรือถ่าน เพื่อกรองสี กรองกลิ่น ต่อจากนั้นทำมาผ่านเรซินเพื่อกรองแคลเซียมกับแมกนีเซียมออกไป ทำให้ได้น้ำที่ปราศจากกลิ่นและสีที่ไม่พึงประสงค์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แผนผังสถานที่การผลิต

มหาวิทยาลัยรังสิต
Rangsit University

รูปที่ 4.8 แผนผังสถานที่การผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ



รูปที่ 4.9 แผนผังกระบวนการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

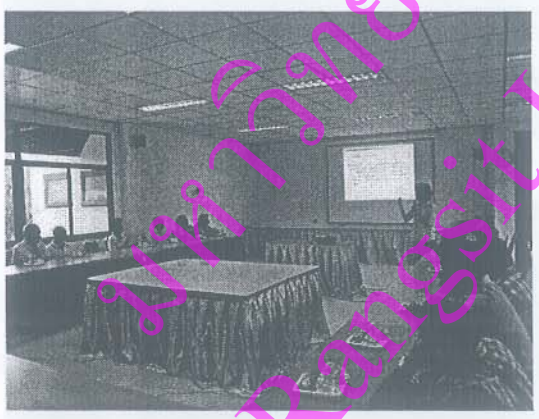
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.12 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

เมื่อได้สูตรเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ภาชนะบรรจุ และแผนผังสถานที่และแผนผังกระบวนการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เป็นที่เรียบร้อย สิ่งที่ดำเนินการขั้นตอนสุดท้ายคือการถ่ายถอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มสุขภาพสู่ชุมชน คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการส่งเอกสารเพื่อประชาสัมพันธ์ หัวข้อ **"โครงการอบรมเรื่อง การผลิตเครื่องดื่มสุขภาพสำหรับผู้ประกอบการรายย่อย"** ไปยังชุมชนต่างๆ ในเขตจังหวัดปทุมธานี ได้รับการตอบรับ 1 ชุมชน คือ ชุมชน อบต.หนองเสือ จังหวัดปทุมธานี (รูป 4.10) และ มี 1 ท่านได้สนใจที่จะดำเนินการผลิตเครื่องดื่มสุขภาพ (รูป 4.11) เนื่องจากมีฐานการผลิตเครื่องดื่มสุขภาพอยู่แล้ว คือ กลุ่มสตรีหนองสามวัง ซึ่งมีนายสมาน พลอยแสงสาย และ นางสาวจันตรี พลอยแสงสาย เป็นหัวหน้ากลุ่มดำเนินกิจกรรมแปรรูปผักผลไม้และสมุนไพร ที่ตำบลหนองสามวัง อำเภอหนองเสือ ปทุมธานี

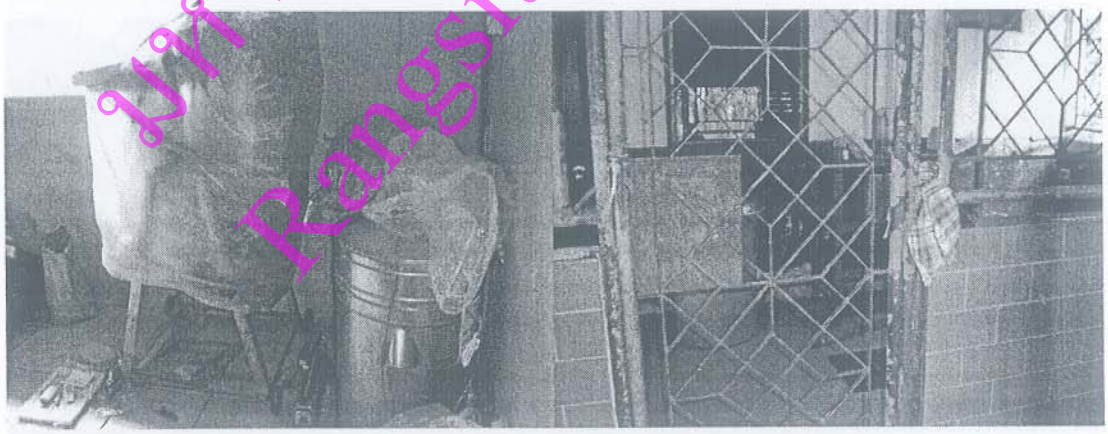
นอกจากนั้น ยังมีชุมชน อ.เสาไห้ จ.สระบุรี สนใจที่จะผลิตเครื่องดื่มสุขภาพ โดยแต่เดิมทางชุมชนดำเนินการผลิตข้าวกล้องเพราะงอกเป็นพื้นฐานอยู่แล้ว แต่อยากที่จะมีผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น จึงติดต่อขอให้คณะผู้วิจัยไปดูสถานที่และแนะนำกระบวนการผลิตเครื่องดื่มสุขภาพ (รูป 4.12)

ทั้งสองกลุ่มดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้เดินทางไปเยี่ยมชมสถานที่ผลิตและแนะนำขั้นตอนการผลิต พร้อมทั้งมอบแผนผังกระบวนการผลิตให้ทางชุมชนไว้เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงสถานที่ผลิตต่อไป

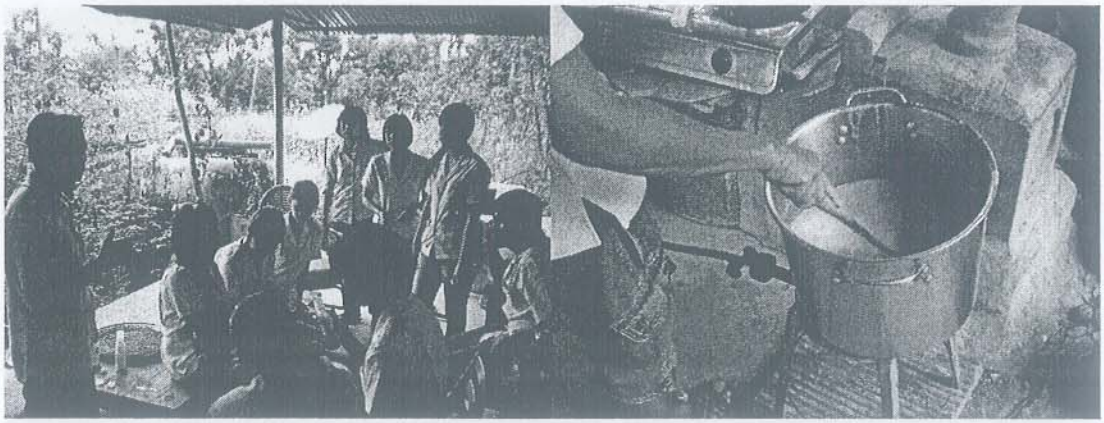


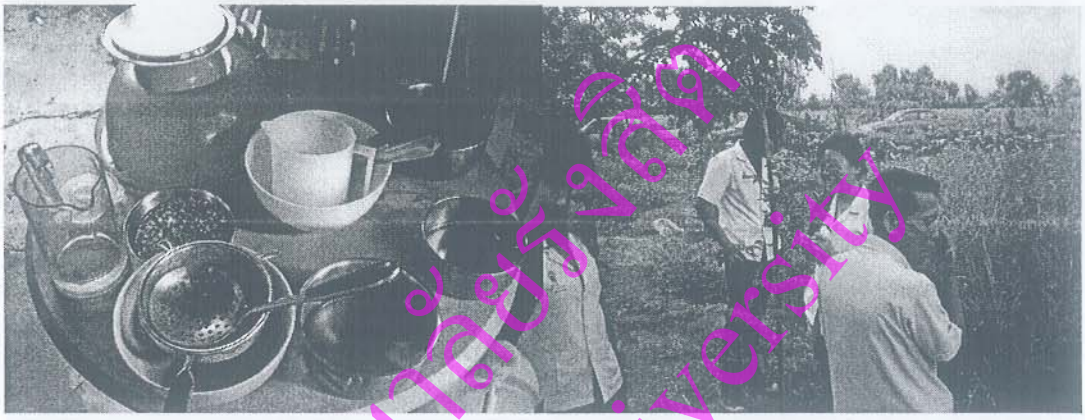
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 4.11 จัดอบรมให้กับผู้ที่สนใจที่ อำเภอ หนองเสือ จ.ปทุมธานี



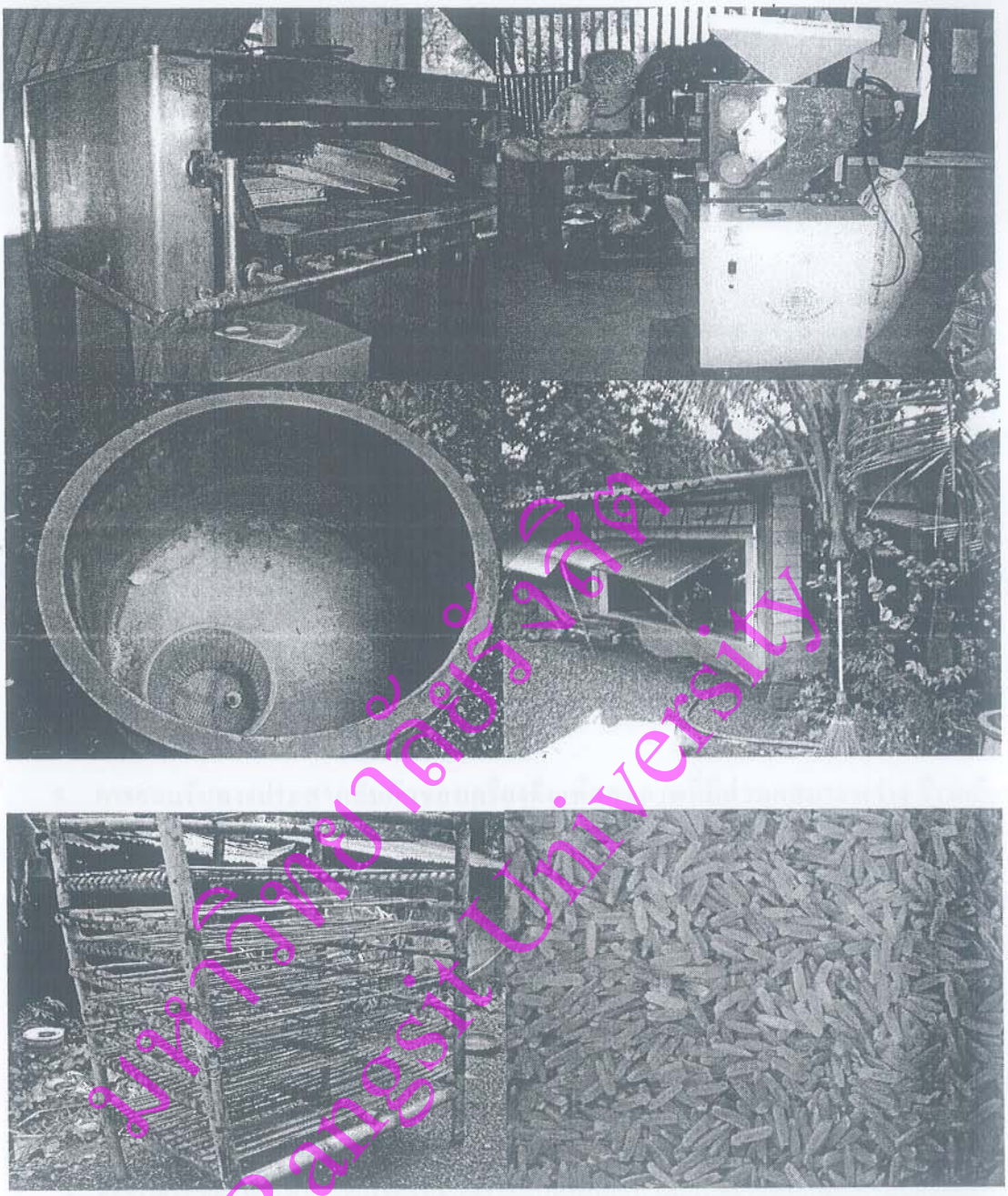
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University





รูปที่ 4.12 สถานที่ผลิตน้ำข้าวกล้องงอกของลุงสมาน ชุมชนหนองสามวัง อำเภอหนองเสือ จ.ปทุมธานี

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



รูปที่ 4.15 แสดง สถานที่ผลิต อุปกรณ์การผลิต (ชุมชน อ.เส้าไห้ จ.สระบุรี)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. สภาวะที่ที่ดีที่สุดในการเพาะงอกข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล พบว่า การเพาะงอกที่อุณหภูมิห้องเวลา 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างของน้ำเท่ากับ 6 ซึ่งมีปริมาณสารGABA สูงสุดเท่ากับ 40.67 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
2. สภาวะในการเพาะงอกข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล พบว่าที่ระดับความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ใช้ในการแช่ข้าว เท่ากับ 7 จะมีปริมาณสาร Anthocyanin สูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.55 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
3. สภาวะที่ดีที่สุดในการเพาะงอกถั่วเหลือง คือ นำถั่วเหลืองมาแช่น้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะทำให้มีปริมาณสาร Isoflavones ชนิด Daidzein และ Genistein สูงสุด คือมีปริมาณสาร Daidzein เท่ากับ 0.119 mg/g และ Genistein มีปริมาณเท่ากับ 0.112 mg/g
4. การงอกถั่วหลืองจะทำให้ปริมาณสาร Isoflavones ชนิด Daidzein และ Genistein มีปริมาณลดต่ำลง
5. การยอมรับทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่มีส่วนผสมระหว่าง ข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมนิล ถั่วเหลืองงอกพันธุ์เชียงใหม่ 60 และ ข้าวโพดหวาน จากผู้บริโภค 3 กลุ่ม คือ กลุ่มวัยรุ่นอายุ (0-25 ปี) กลุ่มวัยทำงานอายุ (25-55 ปี) และกลุ่มผู้สูงอายุ (55 ปีขึ้นไป) พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพในสูตรที่มีอัตราส่วน 1:2:1 โดยมีความหวาน 13 องศาบริกซ์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารชนิดอื่นๆเพิ่มเติม เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์
2. การถ่ายถอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มสุขภาพ ยังทำได้น้อยเกินไป ส่วนใหญ่ชุมชนสนใจแต่ขาดเงินลงทุนในการสร้างสถานที่ผลิตที่ถูกสุขลักษณะ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เอกสารอ้างอิง

ผ่องศรี ศิวราศักดิ์, วัฒนา วิริวุฒิกรและอมร ไชยสัตย์. 2543. การศึกษาค่าดำเนินการในการผลิตสารไอโซฟลาโวนส์ในโมลาสจากการสกัดถากถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีวิทยาเขตปทุมธานี.

Abdel, M., Stamatina, K., Dimitris P., and Makrisb, P. K. 1999. Determination of major anthocyanin pigments in Hellenicnative grape varieties (*Vitis vinifera sp.*) association with antiradical activity. Journal of Food Composition and Analysis. 18: 375–386.

Adlercreutz, H., Mousavi, Y., and Clark, J. 1992. Phytoestrogens and cancer In vitro and in vivo studies. Journal of Steroid Biochemistry Microbiology. 41: 331-337.

Ahmad, S., and Pathak, D. K. 2000. Nutritional changes in soybean during germination. Journal of Food Science. 37: 665–666.

Allred, C. D., Allred, K. F., Ju, Y. H., Geoppinger, T. S., Doerge, D. R., and Helferich, W. G. 2005. Soy processing influences growth of estrogen dependent breast cancer tumors. Carcinogenesis. 25: 1649-1657.

Anderson, J. J. B., and Gardner, S. C. 1997. The effect of phytoestrogens on bone. Journal of Nutrition. 17: 1617-1632.

Anthony, M. S., Clarkson, T. B., and Hughes, C. L. 1996. Soybean isoflavones improve cardiovascular risk factors without affecting the reproductive system of peripubertal rhesus monkeys. Journal of Nutrition. 126: 43–50.

Cassidy, A., Bingham, S., and Setchell, K. D. R. 1994. Biological effects of isoflavones present in soy in premenopausal women Implications for the prevention of breast cancer. Journal of Clinical Nutrition. 60: 333–340.

Castaneda-Ovando, A., de Lourdes Pacheco-Hernandez, M., Elena Paez-Hernandez, M. Rodriguez, J.A. and Galan-Vidal, C.A., 2009. Chemical studies of anthocyanins: A review. Food Chemistry. 113. 859-871.

Chiarello., M. D. 2006. Influence of heat treatment and grain germination on the Isoflavone profile of soymilk. Journal of Food Biochemistry. 30: 234-247.

Coward, L., Barnes, N. C., Setchell, K. D. R., and Barnes, S. 1993. Genistin, daidzin, and their ß-glycoside conjugates. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 41: 1961–1967.

Coward, L., Smith, M., Kirk, M., and Barnes, S. 1998. Chemical modification of isoflavones in soy food during cooking and process. American Journal of Clinical Nutrition. 68: 1486-1491.

มหาวิทยาลัยราชภัฏ Rangsit University

Devi, M. K. A., Gondi, M., Sakthivelu, G., Giridhar, P. Rajasekaran, T., and Ravishankar, G. A. 2009. Functional attributes of soybean seeds and products, with reference to isoflavones content and antioxidant activity. Food Chemistry 114: 771–776.

Dues, M., Hernandez, T., Estrella, I., and Fernandez, D. 2009. Germination as a process to increase the polyphenol content and antioxidant activity of lupin seeds *Lupinus angustifolius* L. Journal of Food Chemistry 117: 599–607.

Egan, H., Kirk, R. S., and Sawyer, R. 1981. Pearsons Chemical Analysis of Foods. UK: Longman Scientific and Technical.

FDA. 1998. Bacteriological Analytical Manual. Gaithersburg, MA: Food and Drug Administration.

Feng, C., Suzuki, K., Zhao, S., Norio S.N., Shimada, S. and Maekawa, T. 2004. Water disinfection by electrochemical treatment. Bioresource Technology. 94: 21 – 25.

Hahlbrock, K., and Scheel, D. 1989. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 40: 347–369.

Ikeda, R., Ohta, M., and Watanabe, T. 1995. Change of isoflavones at various stages of fermentation in Defatted soybean. Journal of Food Science and Food Technology. 42: 322-327.

Izumi, T., Piskula, M., Osawa, S., Obata, A., Tobe, K., Saito, M., Kataoka, S., Kubota, Y., and Kikuchi, M. 2000. Soy isoflavone aglycones and absorbed faster and in higher amounts than their glucosides in humans. Journal of Nutrition. 130: 1695-1699.

Kennedy, A. R. 1995. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. Journal of Nutrition. 125: 733-743.

Kim, J. H., Lim, H. A., Lee, J. S., Sung, M. K., Kim, Y. K., Yu, R. N., and Kim, J. S. 2005. Effect of low dose of genistein and equal on protein expression profile in MCF-7 cells. Journal of Food Science. 14: 854-859.

Komatsuzaki, K., Noriko, T., Hidechika, T., Tadanao, S., Naoto, S., and Toshinori, K. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. Journal of Food Engineering. 78: 556–560.

Lee, J. D., Shannon, J. G., Jeong, Y. S, Lee, J. M., and Hwang, Y. H. 2007. A simple method for evaluation of sprout characters in soybean. Euphytica. 153: 171-180.

Lindroh, P., and Mopper, K. 1979. High Performance Liquid chromatographic determination of subpicomole amounts of amino acid by precolumn fluorescence derivatization with o-phtaldialdehyde. Analytical Chemistry. 51: 1667-1674.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Matsuura, M., Obata, A., and Murao, S. 1995. Studies on glucosidases from soybeans that hydrolyze daidzin and genistin Isolation and characterization of an isozyme. Bioscience Biotechnology and Biochemistry. 59: 1623–1627.

McGrain, A. K., Chen, J. C., Wilson, K. A., and Tan-Wilson, A. L. 1989. Degradation of trypsin inhibitors during soybean germination. Phytochemistry. 28: 1013–1017.

Messina, M. 2000. Soy foods and soybean phytoestrogens (isoflavones) as possible alternatives to hormone replacement therapy (HRT). European Journal of Cancer. 36: 71-77.

Naim, M., Gestetner, B., and Zilkah, S. 1974. Soybean Isoflavones characterization determination and antifungal activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 22: 806-810.

Oh, S.H. 2003. Stimulation of Yaminobutyric acid synthesis activity in brown rice by a chitosan/glutamic acid germination solution and calcium/calmodulin. Journal of Biochemistry and Molecular Biology 36: 319 – 325.

Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y., Kasumi, T. 2005. Bio-functional components in the processed pregerminated brown rice by a twin-screw extruder. Journal of food composition and analysis. 18: 303 – 316.

Pandjaitan, N., Hettiarachchy, N., and Ju, Z. Y. 2000a. Enrichment of genistein in soy protein concentrate with ß-glucosidase. Journal of Food Science. 65: 403–407.

Pandjaitan, N., Hettiarachchy, N., Ju, Z. Y., Crandall, P., Sneller, C., and Dombek, D. 2000b. Enrichment of genistein in soy protein concentrate with hydrocolloids and ß -glucosidase. Journal of Food Science. 65: 591–595.

Ryu, S. B., Zheng, L., and Wang, X. 1996. Changes in phospholipase D expression in soybeans during seed development and germination. Journal of the American Oil Chemists' Society. 73: 1171–1176.

Saikusa, T., Horino, T., and Mori, Y. 1994. Accumulation of gamma aminobutyric acid (GABA) in the rice germ during water soaking. National Food Research. 58: 2291-2292.

Shelp, B. J., Bown, A. W., and McLean, M. D. 1999. Metabolism and functions of gamma-aminobutyric acid. Trends in Plant Science. 4: 446-452.

Siviengkhek, P., Yeon, S. J., Yong, H., K., and Young, H. H. 2000. Isoflavone composition within each structural part of soybean seeds and sprouts. Journal Crop Science Biotechnology. 11: 57-62.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Tianm S., Nakamura, K., and Kayahara, H. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. Journal Agricultural Food Chemistry. 52: 4808 – 4813.

Toda, T., Sakamoto, A., Takayanagi, T., Yokotsuka, K. 2001. Food Science Technology Research. 6: 314–319.

Wang, H. J., and Murphy, P. A. 1994a. Isoflavone composition of American and Japanese soybeans in Iowa: effects of variety, crop year, and location. Journal Agricultural and Food Chemistry. 42: 1674-1677.

Wang, H. J., and Murphy, P. A. 1994b. Isoflavone content in commercial soybean foods. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 42: 1666–1673.

Wrolstad, R. E., Durst, R. W., Giusti, M. M., and Luis, E. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy. In R. E. Wrolstad et al. (Eds.), Handbook of Food Analytical Chemistry, pp. 259-270. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.

Xie, L., Hettiarachchy, N. S., Cai, R., Tsuruhami, K., and Koikea, S. 2003. Conversion of Isoflavone Glycosides to Aglycones in SoyLife and Soymeal Using ß-glycosidase. Journal of Food Science. 68: 427-430.

Xu, X., Harris, K. S., Wang H. J., Murphy, P. A., and Hendrich, S. 1995. Bioavailability of soybean isoflavones depends upon gut microflora in women. Journal of Nutrition. 125: 2307-2315.

Yang, F., Basu, T. K., and Ooraikul, B. 2001. Studies on germination conditions and antioxidant contents of wheat grain. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 52: 319-330.

Zhu, D. H., Hettiarachchy N. S., Horax R., and Chen P. Y. 2005. Isoflavone contents in germinated soybean seeds. Plant Food Human Nutrition. 60: 147–151.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University