

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวดำโดยใช้เอนไซม์จากมอลท์ข้าวโพด

Development of purple rice beverage product by corn malt enzymes

Nunnapat Manonun^{*}, Satain Boonkum, Thanongsak Chaiyaso and Phisit Seesuriyachan

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวดำโดยใช้เอนไซม์จากมอลท์ข้าวโพด พบว่ากระบวนการเตรียมสารสกัดจากมอลท์ข้าวโพดที่ใช้อัตราส่วนผสมระหว่างมอลท์ข้าวโพดกับน้ำ เท่ากับ 1:4 สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที มีค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสสูงสุดคือ 503.12 ± 2.29 ยูนิต/กรัม(มอลท์)เมื่อนำสารสกัดมอลท์ข้าวโพดมาใช้ในกระบวนการย่อยของข้าวดำให้เป็นน้ำตาล พบว่าเมื่อใช้สารสกัดมอลท์ข้าวโพดและข้าวดำหนึ่งร้อยละ 20 โดยมวล ย่อยที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 360 นาทีที่มีปริมาณของแข็งละลายและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด คือ 11.00 ± 0.20 องศาบริกซ์ และ 737.78 ± 10.78 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวดำ จำนวน 4 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณข้าวดำหนึ่งร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยมวล โดยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 50 คนพบว่าเครื่องดื่มจากข้าวดำที่มีระดับความชอบโดยรวมสูงที่สุดคือ เครื่องดื่มจากข้าวดำร้อยละ 20 โดยมวล

คำสำคัญ: เครื่องดื่มจากข้าวดำ, มอลท์ข้าวโพด, ข้าวดำ, เอนไซม์อะไมเลส, การทดสอบทางประสาทสัมผัส

Abstract

The objective of this study was to develop a beverage from purple rice by using corn malt enzymes. The optimum condition for the production of enzymes was the ratio of corn malt per water of 1:4 and the condition of extraction was 60°C for 180 min. The highest amylase activity was 503.12 ± 2.29 U/g malt. The process of saccharification by using 20% of malt extract and 20% of steamed purple rice incubated at 90°C for 360 min gave the highest soluble solid and reducing sugar content with $11.00 \pm 0.20^{\circ}\text{Brix}$ and 737.78 ± 10.78 mg/ml, respectively. Sensory evaluation scores of the 4 samples of the purple rice beverage product with the mixture of steamed purple rice was 5%, 0%, 15% and 20% (w/w) by using 9-Point hedonic scale scoring test with 50 panelists, the highest overall preference of the purple rice beverage product was the mixture with 20% (w/w) of steamed purple rice.

Keywords: Purple rice beverage, corn malt enzymes, purple rice, enzyme amylase, sensory evaluation

Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand

^{*} Corresponding author. Tel: +66 5394 8279 E-mail: nunnapat.m@cmu.ac.th

© 2013 Agro-Industry, Chiang Mai University

1. บทนำ

เครื่องดื่มสุขภาพ ได้รับความนิยมในกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะเครื่องดื่มที่ผลิตจากธัญพืชชนิดต่าง ๆ เช่น น้ำข้าวกล้อง น้ำข้าวกล้องงอก น้ำลูกเดือย น้านมข้าวโพด เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวซึ่งเป็นเครื่องดื่มดั้งเดิมที่ได้รับความนิยมในประเทศเกาหลี เรียกว่า ซิกเค (sikhye, shihye, shikeh และ shikhae) และยังมีชื่อเรียกอื่นๆ อีก เช่น rice nectar, korean rice syrup, korean rice malt drink, rice dessert drink และ sweet rice drink เป็นต้น ซิกเค (sikhye) ผลิตจากมอลท์บาร์เลย์ และข้าวที่ทำให้สุก (cooked rice) เป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ช่วยในการย่อยอาหาร ลดน้ำหนักและทำให้สดชื่น มีกลิ่นหอมจากมอลท์บาร์เลย์ และมีรสชาติหวานจากน้ำตาลที่ได้จากการบวนการย่อยแบ่งให้เป็นน้ำตาล(saccharification)โดยเอนไซม์จากมอลท์ จากนั้นนำมาผสมกับน้ำตาลซูโครสเพื่อเพิ่มความหวานให้กับเครื่องดื่มซิกเคแตกต่างจากเครื่องดื่มธัญพืชชนิดอื่นๆ ที่จำหน่ายตามท้องตลาด ในส่วนของกรรมวิธีในการผลิตโดยธัญพืชทั่วไปจะมีเฉพาะส่วนผสมของน้ำตาลทรายที่เติมเข้าไปในการปรุงแต่งรสชาติเป็นหลัก อาจทำให้ธัญพืชสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ ผู้บริโภคอาจได้รับซูโครส (sucrose) มากเกินความจำเป็นของร่างกายดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการผลิตเครื่องดื่มธัญพืช ที่ผลิตจากส่วนผสมของมอลท์และข้าว เพื่อนำมาพัฒนาเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพต่อไป การผลิตซิกเคนั้นจะใช้เอนไซม์จากมอลท์บาร์เลย์ในกระบวนการย่อยแบ่งให้เป็นน้ำตาล โดยเอนไซม์จะเปลี่ยนแป้งที่สะสมในข้าวให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือโมเลกุลคู่ เช่น กลูโคสและมอลโทส เป็นต้น

ดังนั้นผู้วิจัยมีความสนใจที่จะใช้ข้าวที่มีในท้องถิ่นและเลือกข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากที่สุดชนิดหนึ่งคือข้าวท่าพันธุ์ท่าดอยสะเก็ดมาใช้เป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งข้าวท่ามีเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นสีม่วงแดงที่เกิดจากเม็ดสีแอนโทไซยานิน (anthocyanin) เมื่อนำมาผลิตเครื่องดื่มนอกจากจะได้ประโยชน์ทางโภชนาการแล้ว ยังได้สีส้มของผลิตภัณฑ์ที่ดีและน่ารับประทานอีกด้วย แอนโทไซยานิน มีคุณสมบัติในการต้านการออกซิเดชัน (antioxidant) ช่วยให้ระบบหมุนเวียนโลหิตดียิ่งขึ้นต้านอนุมูลอิสระ ชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย ช่วยป้องกันโรคหัวใจ (วัชรพล, 2550) และสารแกมมา-โอไรซานอล (gamma oryzanol) ที่มีคุณสมบัติต้านออกซิเดชันสามารถลดระดับโคเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ เพิ่มระดับของไลโปโปรตีนชนิดดี หรือ High density lipoprotein (HDL) ในเลือดยังมีผลต่อการทำงานของต่อมใต้สมอง ยับยั้งการหลั่งกรดในกระเพาะอาหาร ยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือด ลดน้ำตาลในเลือด (หมูญธร, 2553) นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้น Growth Hormone ในร่างกายให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น ร่างกายจึงสร้างภูมิคุ้มกันต่อโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคที่เกี่ยวกับความจำเสื่อม มะเร็งอัมพฤกษ์หัวใจ ความดันโลหิต ลดปริมาณคลอเรสเตอรอล เส้นเลือดตีบโรคเก๊าท์ ไมเกรน ปวดประจำเดือน และสมรรถภาพทางเพศชาย (ธวัชชัย, 2547) เป็นต้น ในส่วนของมอลท์บาร์เลย์ประเทศไทยยังมีขีดจำกัดในการเพาะปลูกเนื่องจากสภาพอากาศที่ทำให้บาร์เลย์ตัดตรงแล้วมีเมล็ดฝ่อ จนไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ในปริมาณที่เพียงพอ ดังนั้นจึงเลือกใช้มอลท์จากธัญพืชที่มีจำนวนมากในท้องถิ่นมาทดแทนมอลท์จากบาร์เลย์ คือมอลท์จากข้าวโพด สายพันธุ์ 888CP ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีคุณภาพให้ผลผลิตสูงและเหมาะสมกับสภาพพื้นที่เพาะปลูกในสภาพพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน และตรงต่อความ

ต้องการของโรงงานอาหารสัตว์ของประเทศไทย โดยนำข้าวโพดมาทำเป็นมอลท์ข้าวโพดตาม ขบวนการผลิต และในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวกล้า เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการใช้มอลท์จากบาร์เลย์ที่มีราคาสูง

ดังนั้นด้วยคุณสมบัติและสีของข้าวกล้า รวมถึงเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวกล้า และ เพื่อลดต้นทุนในการใช้มอลท์จากข้าวบาร์เลย์ ส่งผลให้คณะวิจัยมีความสนใจที่จะนำข้าวกล้าและมอลท์จากข้าวโพดมาศึกษาคุณสมบัติที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพดังกล่าว

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารสกัดจากมอลท์ข้าวโพด

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารสกัดจากมอลท์ข้าวโพด นำมอลท์ข้าวโพดบดละเอียด ผสมกับน้ำให้มีอัตราส่วนมอลท์ข้าวโพดต่อน้ำเท่ากับ 1:3, 1:4, 1:5 และ 1:6 ตามลำดับ นำไปสกัดมอลท์ข้าวโพด โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (Hur and Choi, 2007) เป็นเวลา 60, 120, 180 และ 240 นาที แยกสารสกัดมอลท์ข้าวโพดโดยกรองแยกกากทิ้งไปวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ (Stauffer, 1989) ปริมาณของแข็งละลายได้โดยใช้ Hand refractometer (Atago, Japan) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method โดยดัดแปลงวิธีของ Miller (1959) และค่าพีเอช โดยใช้ pH Meter (Denver, USA) โดยออกแบบการทดลองแบบ Factorial design ใน CRD ขนาด 4 x 4 factor จำนวน 3 ซ้ำ

2.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการย่อยข้าวกล้าให้เป็นน้ำตาลโดยสารสกัดมอลท์ข้าวโพด

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการย่อยข้าวกล้าให้เป็นน้ำตาลโดยนำข้าวกล้าที่แช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง มาหนึ่งด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (Hur and Choi, 2007) ผสมสารสกัดมอลท์ข้าวโพดให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยมวลในข้าวกล้าหนึ่งเข้มข้นร้อยละ 20 โดยมวล และน้ำให้มีปริมาณรวมเป็นร้อยละ 100 โดยมวล โดยความเข้มข้นเทียบกับปริมาณรวมทั้งหมด (Hur and Choi, 2007) นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียสตามลำดับเป็นเวลาตั้งแต่ 0, 60, 120, 180, 240, 300 และ 360 นาที เก็บตัวอย่างนำมาวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งละลาย ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และค่าพีเอช เลือกสภาวะที่มีปริมาณของแข็งละลายได้ในช่วง 11.6-12.5 องศาบริกซ์ (Hur and Choi, 2007) เพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป โดยออกแบบการทดลองแบบ Factorial design ใน CRD ขนาด 4x 4x 7 factor จำนวน 3 ซ้ำ

2.3 การศึกษาอัตราส่วนข้าวกล้าและเวลาที่เหมาะสมในการย่อยข้าวกล้า

นำข้าวกล้าที่แช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 12 ชั่วโมงหนึ่งด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วนำมาผสมสารสกัดมอลท์ข้าวโพด (ปริมาณที่ได้จากการทดลองที่ 2.2) ให้มีความเข้มข้นของข้าวกล้าหนึ่งเป็นร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยมวลจากนั้นนำไปให้ความร้อน

(อุณหภูมิที่ได้จากการทดลองที่ 2.2) เป็นเวลา 0, 60, 120, 180, 240, 300 และ 360 นาที เก็บตัวอย่างนำมาวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งละลายได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และค่าพีเอชเลือกสภาวะที่มีปริมาณของแข็งละลายสูงสุดของข้าวกล้าทั้ง 4 ความเข้มข้นเพื่อนำไปผลิตเครื่องดื่มจากข้าวกล้าต่อไป โดยออกแบบการทดลองแบบ Factorial design ใน CRD ขนาด 4×7 factor จำนวน 3 ซ้ำ

2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scale (Amerine et al., 1965) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ประเมินความชอบของตัวอย่างที่ทดสอบ โดยพิจารณา สี กลิ่น รสชาติ ความหวาน ความชอบโดยรวม วิเคราะห์ผลการทดสอบทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Minitab version 16 (Minitab Inc., USA)

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

3.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารสกัดจากมอลท์ข้าวโพด

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารสกัดจากมอลท์ข้าวโพดใช้อัตราส่วนผสมระหว่างมอลท์ข้าวโพดกับน้ำ 1:3, 1:4, 1:5 และ 1:6 ตามลำดับ โดยใช้สภาวะควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในการสกัดสารจากมอลท์ข้าวโพด ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 0, 60, 120, 180 และ 240 นาที ตามลำดับวิเคราะห์ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งละลายได้ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และผลของกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลส ในขั้นตอนการเตรียมสารสกัดจากมอลท์ข้าวโพด จากการศึกษาพบว่าค่าพีเอชของสารสกัดในทุกอัตราส่วนมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มมากขึ้น (Fig.1a) ซึ่งแตกต่างจากปริมาณของแข็งละลายได้และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดที่เวลา 60-180 นาที และมีแนวโน้มคงที่หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยที่เวลา 180 นาทีเป็นต้นไป (Fig.1b และ 1c) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hur and Choi (2007) ที่ทำการศึกษากการเตรียมสารสกัดมอลท์โดยใช้มอลท์ร้อยละ 40-55 โดยมวล ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-4 ชั่วโมง พบว่าปริมาณของแข็งละลายได้ในสารสกัดมอลท์เพิ่มสูงตั้งแต่เวลาที่ 120-180 และเริ่มลดลงตั้งแต่เวลาที่ 180 เป็นต้นไป ส่วนค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในสารสกัดมอลท์ข้าวโพดของกระบวนการสกัดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นที่เวลา 0-180 นาทีและเริ่มลดลงที่เวลา 180 นาที เป็นต้นไป ในทุกอัตราส่วนผสมค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสสูงสุด คือ 503.12 ± 2.29 ยูนิตต่อกรัมมอลท์ (Fig. 1d) ดังนั้นสภาวะที่ใช้อัตราส่วนผสมระหว่างมอลท์ข้าวโพดกับน้ำ 1:4 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลา 180 นาที จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมสารสกัดจากมอลท์ข้าวโพด

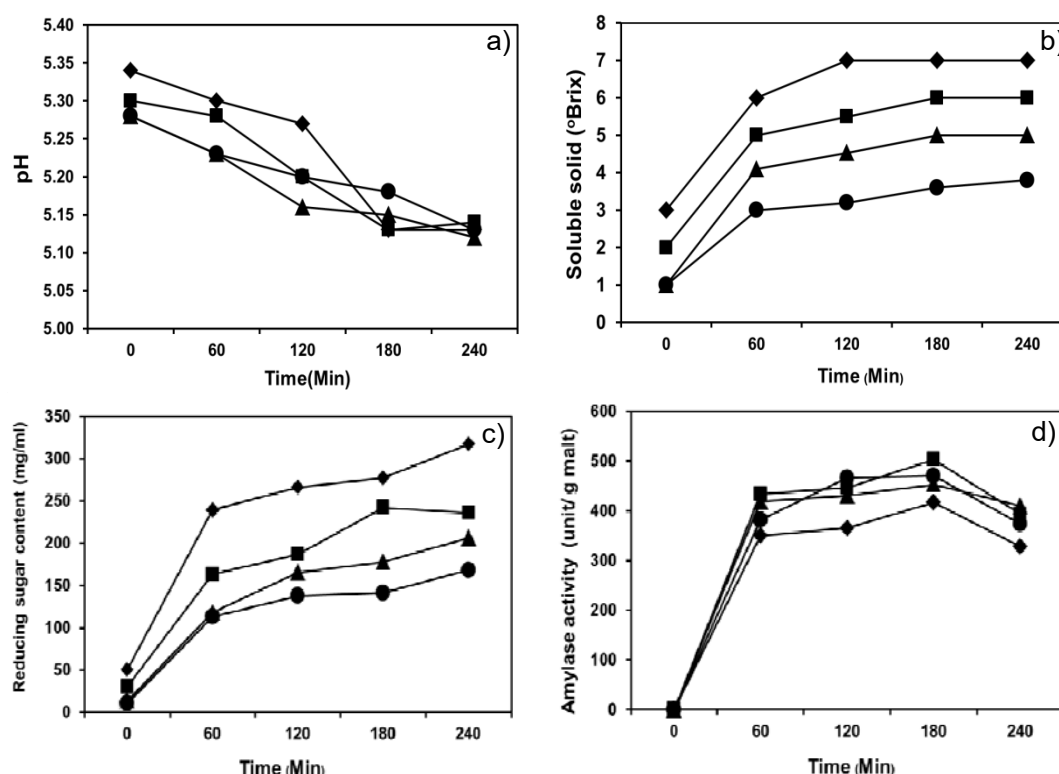


Figure 1. Process of corn malt extraction a)pH value, b)soluble solid (°Brix), c)Reducing sugar content and d) Amylase activity.

3.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการย่อยข้าวกล้องให้เป็นน้ำตาลโดยสารสกัดมอลท์ข้าวโพด

กระบวนการย่อยข้าวกล้องโดยสารสกัดจากมอลท์ข้าวโพด ใช้ปริมาณข้าวกล้องร้อยละ 20 โดยมวล และสารสกัดจากมอลท์ข้าวโพด ปริมาณร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยมวล ย่อยที่สภาวะอุณหภูมิ 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลาตั้งแต่ 0-360 นาที

ค่าพีเอชของกระบวนการย่อยข้าวกล้องในทุกสภาวะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อทำการย่อยที่เวลา 180-360 นาที (Fig. 2a, 2b, 2c และ 2d) เช่นเดียวกับการทดลองของ Hur and Choi (2007) ที่ค่าพีเอชของกระบวนการย่อยข้าวเพิ่มขึ้น ในการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลของการผลิตซิกเค

ผลการศึกษาปริมาณของแข็งละลายได้ระหว่างการย่อยข้าวกล้องที่สภาวะอุณหภูมิต่างๆ ปริมาณของแข็งละลายได้ ในกระบวนการย่อยมีค่าเพิ่มมากขึ้นและเริ่มคงที่ เมื่อทำการย่อยที่เวลา 300-360 นาที จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งละลายได้เพิ่มมากขึ้นตามอุณหภูมิ (Fig. 3a, 3b, 3c และ 3d) ผลจากการทดลองทำให้ทราบว่ากระบวนการย่อยข้าวกล้องโดยสารสกัดมอลท์ข้าวโพด ที่มีอัตราส่วนสารสกัดมอลท์ข้าวโพดร้อยละ 20 โดยมวล ย่อยสภาวะอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลา 360 นาที มีปริมาณของแข็งละลายได้สูงสุด คือ 11.00 ± 0.20 องศาบริกซ์ (Fig. 3d) จากรายงานการสำรวจความหวานที่ได้รับความนิยมบริโภคช็อกโกแลตในประเทศเกาหลี พบว่าช็อกโกแลตที่มีปริมาณของแข็งละลายได้ในช่วง 11.6–

12.5 องศาบริกซ์ เป็นความหวานที่นิยมมากที่สุด (Hur and Choi, 2007) จากการทดลองพบว่า กระบวนการย่อยข้าวกล้องมีค่าของแข็งละลายได้สูงสุดที่ 11.00 องศาบริกซ์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความหวานที่นิยมในท้องตลาดของประเทศเกาหลี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดของข้าวกล้องที่มีสารเคลือบเมล็ด ทำให้กระบวนการย่อยข้าวกล้องให้เป็นน้ำตาลทำได้ยากกว่าข้าวขาว นอกจากนี้ยังคล้ายกับการศึกษาของ Kim et al. (1998) พบว่าที่อัตราส่วนความเข้มข้นของสารสกัดมอลท์กับข้าวที่ 1:4 เท่า (ร้อยละ 25 โดยมวล) เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดของกระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล

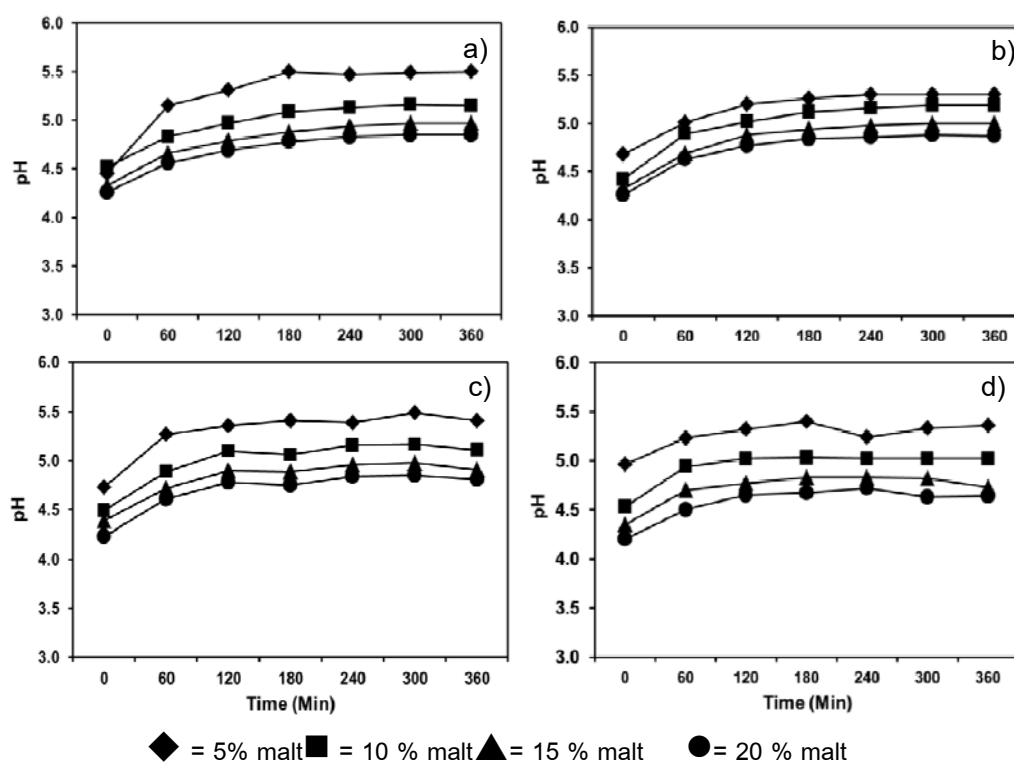


Figure 2. pH value in the process of purple rice saccharification at
a) 60°C, b) 70°C, c) 80°C and d) 90°C.

ผลการศึกษ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในกระบวนการย่อยของข้าวกล้อง พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้เวลาและอุณหภูมิในการย่อยเพิ่มมากขึ้น (Fig. 4a, 4b, 4c และ 4d) จากผลการทดลองทำให้ทราบว่ากระบวนการย่อยข้าวกล้อง โดยสารสกัดมอลท์ข้าวโพด ที่ใช้สารสกัดมอลท์ข้าวโพดร้อยละ 20 โดยมวล ย่อยที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 360 นาที มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด คือ 737.78 ± 10.78 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Fig. 4d)

3.3 การศึกษาอัตราส่วนข้าวกล้องและเวลาที่เหมาะสมในการย่อยข้าวกล้อง

การศึกษสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวกล้อง ใช้ปริมาณข้าวกล้องหนึ่งร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยมวล สารสกัดมอลท์ข้าวโพดร้อยละ 20 โดยมวล ย่อยที่สภาวะอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 60, 120, 180, 240, 300 และ 360 นาที ค่าพีเอชในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวกล้อง มีแนวโน้ม

เพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในการผลิตเพิ่มขึ้นและคงที่ ในเวลา 180-360 นาที (Fig.5a) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งละลายได้และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้เวลาในการย่อยเพิ่มมากขึ้นและคงที่ หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยที่เวลา 300-360 นาที (Fig. 5b และ 5c) เช่นเดียวกับการทดลองของ Hur and Choi (2007)ที่พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณข้าวมากขึ้นในกระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลทำให้ปริมาณของแข็งละลายได้มากขึ้นตาม

จากผลการศึกษาการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวเก่า ดังรายละเอียดข้างต้น พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต คือ ใช้ปริมาณข้าวเก่าและสารสกัดมอลท์ข้าวโพดร้อยละ 20 โดยมวล ย่อยที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลา 360 นาที เพราะที่สภาวะดังกล่าวสามารถผลิตเครื่องดื่มจากข้าวเก่าที่ให้ปริมาณของแข็งละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุดคล้ายกับการศึกษาของKim et al. (1999) พบว่าที่อัตราส่วนความเข้มข้นของข้าวที่ ร้อยละ 25 โดยมวล ย่อยเวลา 240 นาที เป็นสภาวะที่ดีที่สุดของกระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล และได้เครื่องดื่มที่มีรสชาติดีที่สุด

เมื่อทดลองเพิ่มปริมาณข้าวเก่าหนึ่งให้มีปริมาณมากกว่าร้อยละ 20 โดยมวล เพื่อทำการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวเก่า สำหรับใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเครื่องดื่มจากข้าวเก่าที่ผลิตได้มีความเหนียวข้นมากเกินไปไม่เหมาะสำหรับการใช้เป็นเครื่องดื่ม ดังนั้น จึงเลือกใช้ปริมาณข้าวเก่าหนึ่ง เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.3 คือ ข้าวเก่าหนึ่งร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยมวล ย่อยที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลา 360 นาที ในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวเก่าทั้งหมด 4 สูตร เพื่อใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

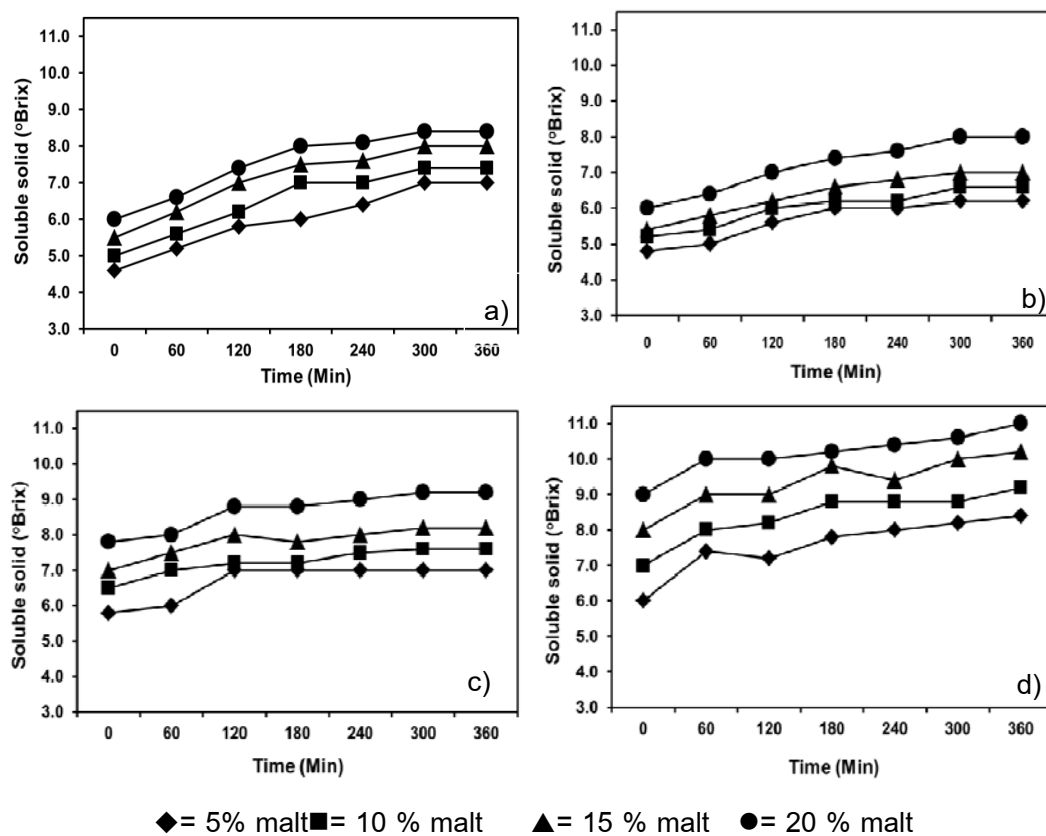


Figure 3. Soluble solid (°Brix) in the process of purple rice saccharification at
a) 60°C, b) 70°C, c) 80°C and d) 90°C.

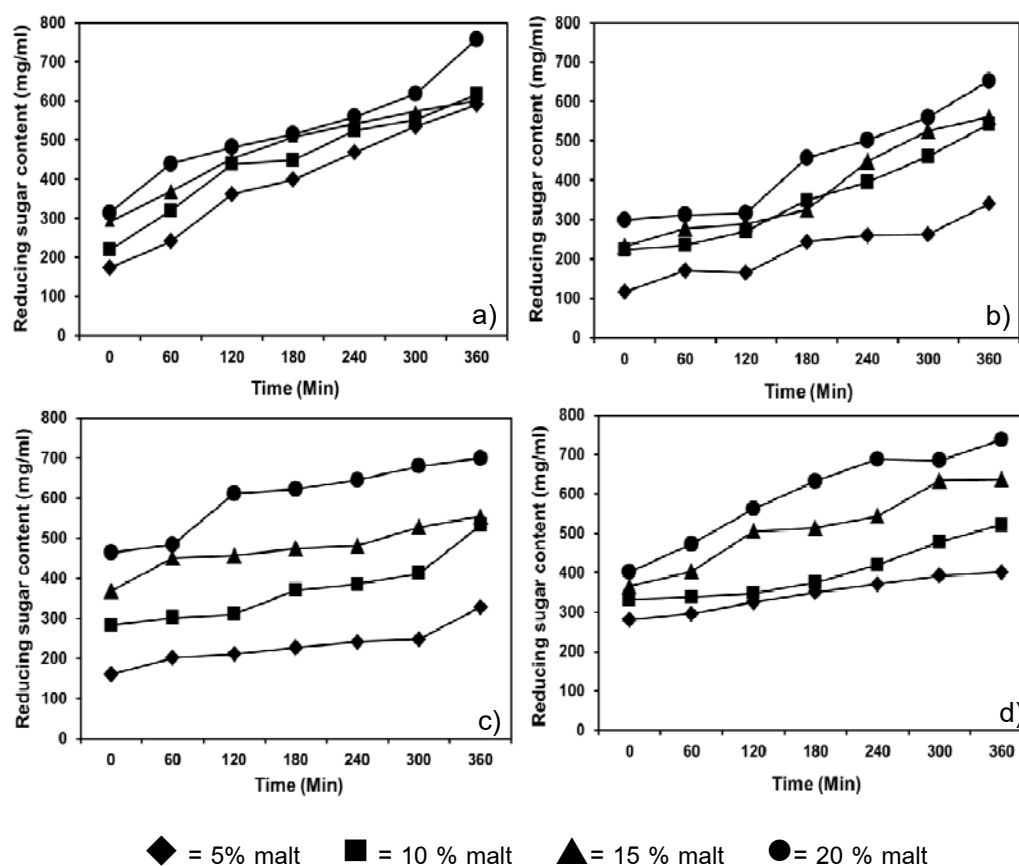
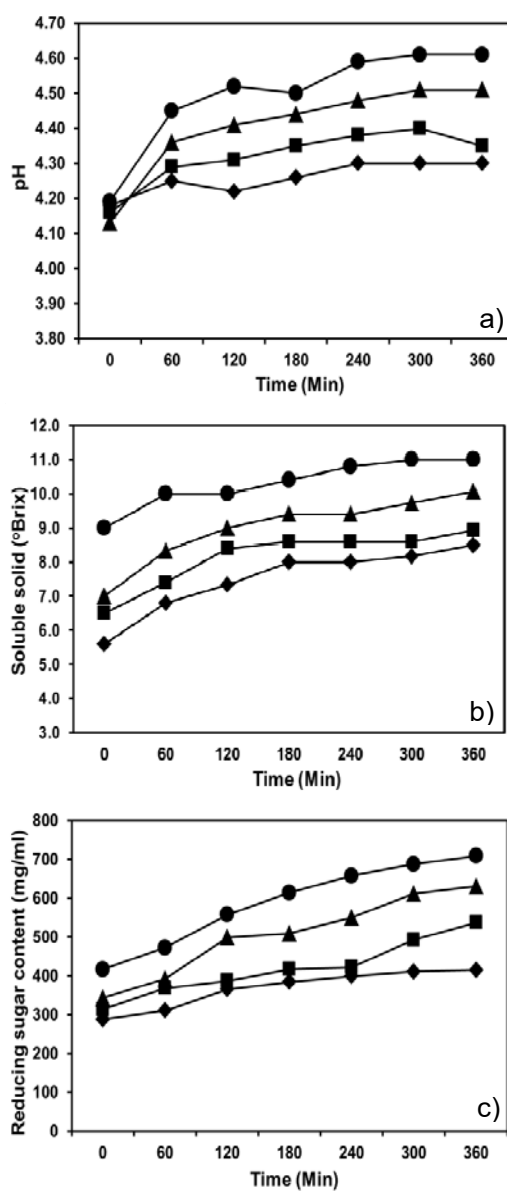


Figure 4. Reducing sugar content in process of purple rice saccharification at
a) 60°C, b) 70°C, c) 80°C and d) 90°C.

3.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องต้มจากข้าวเก่า ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่ 1, 2, 3 และ 4 ใช้ปริมาณข้าวเก่าที่ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยมวล ตามลำดับ โดยวิธี 9-Point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ประเมินความชอบ สี กลิ่น รสชาติ ความหวาน และความชอบโดยรวม พบว่า สีของเครื่องต้มจากข้าวเก่าที่ร้อยละ 5 โดยมวล อยู่ในระดับที่บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ เครื่องต้มจากข้าวเก่าที่ร้อยละ 10 และ 20 โดยมวล อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย เครื่องต้มจากข้าวเก่าที่ร้อยละ 15 โดยมวล อยู่ในระดับชอบปานกลาง กลิ่นและความหวานของเครื่องต้มจากข้าวเก่าทั้ง 4 ความเข้มข้นอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ส่วนรสชาติและความชอบโดยรวมของเครื่องต้มจากข้าวเก่าอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ยกเว้นเครื่องต้มจากข้าวเก่าที่ร้อยละ 20 โดยมวล ที่อยู่ในระดับชอบปานกลาง จากการทดสอบพบว่า เครื่องต้มจากข้าวเก่าที่ร้อยละ 20 โดยมวล เป็นเครื่องต้มจากข้าวเก่าที่มีระดับความชอบโดยรวมสูงที่สุดคือ 7.3 ± 1.4^A (Table 1)



◆ = 5% Rice ■ = 10 % Rice ▲ = 15 % Rice ● = 20 % Rice

Figure 5. pH value a), Soluble solid b) and Reducing sugar content c) in the process of beverage from purple rice.

Table1. Sensory evaluation of the purple rice beverage product by using Hedonic scale scoring test

Characteristics	Stream purple rice (%w/w)			
	5	10	15	20
Color	6.0±1.5 ^B	6.4±1.3 ^{AB}	7.0±1.3 ^A	6.9±1.5 ^A
Flavor	6.4±1.3 ^A	6.7±1.5 ^A	6.3±1.5 ^A	6.9±1.4 ^A
Taste	6.1±1.6 ^B	6.4±1.3 ^{AB}	6.8±1.5 ^{AB}	7.0±1.5 ^A
Sweetness	6.3±1.4 ^A	6.6±1.5 ^A	6.5±1.5 ^A	6.7±1.6 ^A
Overall preference	6.3±1.4 ^B	6.5±1.4 ^B	6.9±1.3 ^{AB}	7.3±1.4 ^A

หมายเหตุ: ตัวอักษร A และ B ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่าสิ่งทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

4. สรุป

กระบวนการเตรียมสารสกัดจากมอลท์ข้าวโพดที่ใช้อัตราส่วนผสมระหว่างมอลท์ข้าวโพดกับน้ำเท่ากับ 1:4 สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที มีค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสสูงสุด คือ 503.12 ± 2.29 ยูนิตต่อกรัมมอลท์

กระบวนการย่อยข้าวทำให้เป็นน้ำตาลที่ใช้สารสกัดมอลท์ข้าวโพดและข้าวกำลังร้อยละ 20 โดยมวล ย่อยที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 360 นาที มีปริมาณของแข็งละลายและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด คือ 11.00 ± 0.20 องศาบริกซ์ และ 737.78 ± 10.78 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวกำลัง จำนวน 4 ตัวอย่าง ที่ปรับเปลี่ยนปริมาณข้าวกำลังให้เป็นร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยมวลโดยวิธี 9-Point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 50 คนพบว่าเครื่องดื่มจากข้าวกำลังที่มีระดับความชอบโดยรวมสูงที่สุดคือเครื่องดื่มจากข้าวกำลังร้อยละ 20 โดยมวล

เอกสารอ้างอิง

- ธวัชชัย แก้วถำทำ. 2547. Effect of gamma oryzanol in purple glutinous rice bran on immuneresponse in Male Mice (*Mus musculus*). เอกสารประกอบการประชุม First Agriculture Biotechnology โรงแรมริเจนท์ กรุงเทพฯ. 18-19 มีนาคม 2547.
- วัชรพล. ข้าวกำลัง ยารักษาโรคพื้นบ้านที่กำลังถูกลืม. [online]. URL (<http://board.palungjit.com/f9>) (วันที่ค้นข้อมูล: 29 มีนาคม 2553)
- หมูภูธร. 2553. ข้าวกำลัง-เหนียวดำ-ข้าวนิล สูดยอดข้าวคุณค่าโภชนาการ. [online]. URL (<http://www.oknation.net/blog/ed/2008/07/14/entry-1>) (วันที่ค้นข้อมูล: 22 มีนาคม 2553)

- Amerine, M., Pangborn, R. M. and Roessler E.B. 1965. Principles of sensory evaluation of food. Academic Press. New York.
- Hur, S.S. and Choi, S.W. 2007. The establishment of optimum condition for saccharification in manufacturing red ginseng Sikhye. Journal of Ginseng Research. 31: 191-195.
- Kim, J.M., Lee, B.J., Lee, J.Y., Han, S.H. and Lee, K.H. 1998. Process for preparing an instant rice nectar. United States Patent. 5: 804,232.
- Kim, S.W., Kim, J.M. and Choi, Y.B. 1999. Effect of Sikhye manufacturing conditions on the rice shape. Korean Journal of Dietary Culture. 15: 1-8.
- Miller, G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry. 31: 426-428
- Stauffer, C., 1989. Enzyme Assays for Food Scientists. Van Nostrand-Reinhold. New York.