บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของวัตถุดิบหลักที่ใช้ผลิตข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีพื้นฐานของวัตถุดิบหลักที่ใช้ผลิตข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบ พบว่า ข้าวเหนียวก่ำกล้องพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด พันธุ์ก่ำพะเยา ข้าวโพดบดหยาบ และปลายข้าวหอมมะลิบดหยาบมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 8.98-11.94 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของข้าว และข้าวโพด ที่กำหนดให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 และ 14.5 ตามลำดับ (ประกาศกระทรวงพาณิชย์, 2544) ข้าวเหนียวก่ำกล้องพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด และก่ำพะเยามีโปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงกว่าข้าวโพดบดหยาบ และปลายข้าวหอมมะลิบดหยาบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธีรพงษ์ (2538) พบว่าข้าวเหนียวก่ำมีโปรตีนโดยรวมสูงกว่าข้าวที่ผ่านการขัดสีส่วนเส้นใย พบว่าข้าวโพดบดหยาบมีเส้นใยสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ร้อยละ 2.6±0.16) รองลงมาคือ ข้าวเหนียวก่ำกล้องพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ก่ำพะเยา และปลายข้าวหอมมะลิบดหยาบ ตามลำดับ (ร้อยละ 1.86±0.18 1.60±0.12 และ1.4±0.1 ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.1) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดมีค่าสูงสุด รองลงมาคือปลายข้าวหอมมะลิบดหยาบ ข้าวเหนียวก่ำกล้องพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด และก่ำพะเยา ตามลำดับ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับงานวิจัยของ ดำเนิน และศันสนีย์ (2543) พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดข้าวเหนียวก่ำกล้อง 27 พันธุ์ ซึ่งได้แก่เถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 1.63-2.13 โปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 8.58-11.75 ไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 1.37-3.84 และเส้นใยอยู่ในช่วงร้อยละ 1.01-1.49 สำหรับน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวเหนียวก่ำกล้องทั้ง 2 พันธุ์สูงกว่าข้าวโพดบดหยาบ และปลายข้าวหอมมะลิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่กลับมีแอมิโลสต่ำกว่าข้าวโพดบดหยาบ และปลายข้าวหอมมะลิบดหยาบ โดยข้าวโพดบดหยาบมีแอมิโลสสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ร้อยละ 32.56±0.1) (ตารางที่ 4.1) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ จตุพร (2550) พบว่าข้าวโพดบดหยาบมีแอมิโลสร้อยละ 34 โดยส่วนใหญ่ข้าวโพดบดหยาบมีแอมิโลสร้อยละ 28 ส่วนข้าวเจ้ามีแอมิโลสร้อยละ 14.32 (สุลาลักษณ์, 2547)

จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ และเคมีเพิ่มเติมของข้าวเหนียวก่ำกล้องทั้ง 2 พันธุ์ พบว่า มีอัตราการงอกร้อยละ 90.33±1.52 และ 81±1.00 ตามลำดับ กรดแกมมา-แอมิโนบิวทิริก (gamma-aminobutyric acid, GABA) เท่ากับ 0.85±0.01 และ 0.60±0.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ แกมมา-โอรีซานอล (gamma-oryzanol) เท่ากับ 22.55±1.81 และ 18.51±1.73 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามลำดับ แอนโทไซยานิน (anthocyanins) เท่ากับ 117.19±2.30 และ 78.48±1.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 90.97±0.52 และ 74.28±0.78 ตามลำดับ โดยข้าวเหนียวก่ำกล้องพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีอัตราการงอก และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงกว่าข้าวเหนียวก่ำกล้องพันธุ์พะเยาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ อุทุมพร (2554) พบว่าในข้าวเหนียวก่ำกล้องพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมี อัตราการงอกร้อยละ 96.0±1.0 และ GABA เท่ากับ 0.29±0.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ Boonsit *et al.* (2010) ได้ศึกษาแกมมา-โอรีซานอลในข้าวเหนียวก่ำกล้อง 13 พันธุ์ พบว่าข้าวเหนียวก่ำกล้องมีแกมมา-โอรีซานอลอยู่ในช่วง 39.84-75.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โดยข้าวเหนียวก่ำกล้องพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด และก่ำน่านมีปริมาณแกมมา-โอรีซานอลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งความแตกต่างองค์ประกอบทางเคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพนี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น พันธุ์ การใส่ปุ๋ย การจัดการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา (Moongngarm and Saetung, 2010)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.1 คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีของ ข้าวเหนียวก่ำกล้องพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ข้าวเหนียวก่ำกล้องพันธุ์ก่ำพะเยา ปลายข้าวหอมมะลิบดหยาบ และข้าวโพดบดหยาบ

ลักษณะคุณภาพ[1/]	วัตถุดิบ			
	ข้าวเหนียวก่ำกล้อง		ข้าวหอมมะลิบดหยาบ	ข้าวโพดบดหยาบ
	พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด	พันธุ์ก่ำพะเยา		
คุณภาพทางกายภาพ				
อัตราการงอก (ร้อยละ)	90.33^{a}±1.52	81^{b}±1.00	-	-
คุณภาพทางเคมี				
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	10.84^{c}±0.02	11.42^{b}±0.07	11.94^{a}±0.05	8.98^{d}±0.04
ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)	8.56^{a}±0.09	6.89^{b}±0.06	5.86^{c}±0.02	5.06^{d}±0.02
ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	2.57^{a}±0.12	2.12^{b}±0.16	0.77^{d}±0.12	1.24^{c}±0.13
ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	1.47^{a}±0.07	1.40^{a}±0.10	0.48^{b}±0.13	0.26^{c}±0.05
ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)	1.86^{b}±0.18	1.60^{c}±0.12	1.4^{d}±0.1	2.6^{a}±0.16
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	74.70^{d}±0.07	76.58^{c}±0.19	79.55^{b}±0.17	81.87^{a}±0.32
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	0.22^{a}±0.01	0.26^{a}±0.02	0.24^{b}±0.05	0.20^{b}±0.1
ปริมาณ แอมิโลส (ร้อยละ)	1.49^{d}±0.01	2.20^{c}±0.02	12.25^{b}±0.05	32.56^{a}±0.1
ปริมาณ GABA (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	0.85^{a}±0.01	0.60^{b}±0.02	-	-
ปริมาณแกมมา -โอรีซานอล (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	22.55^{a}±1.81	18.51^{b}±1.73	-	-
ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	117.19^{a}±2.3	78.48^{b}±1.02	-	-
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	90.97^{a}±0.52	75.83^{b}±0.96	-	-

หมายเหตุ: [1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพตามแนวนอนอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ระยะเวลาที่เหมาะสมของการเพาะข้าวเหนียวก่ำกล้องงอก

เมื่อนำข้าวเหนียวก่ำกล้องพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด และก่ำพะเยาไปเพาะให้งอกที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หลัง 24 ชั่วโมง สุ่มตรวจวิเคราะห์ GABA ทุก 8 ชั่วโมง พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและสูงสุดหลังการเพาะ 40 ชั่วโมง หลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลง (รูป 4.1) โดยมี GABA สูงสุดเท่ากับ 16.31±0.34 และ 12.83±0.13 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งหลังการเพาะข้าวเหนียวก่ำกล้องทั้ง 2 พันธุ์ มีลักษณะภายนอกของเมล็ดเปลี่ยนแปลงไป โดยมีจมูกข้าว และรากงอกขึ้นมา (รูป 4.2) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ GABA ในข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกกับข้าวเหนียวก่ำกล้องที่ไม่ผ่านการงอก พบว่ามี GABA เพิ่มขึ้นประมาณ 19.2 และ 21.4 เท่า (รูป 4.3) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรนุช (2553) ได้ศึกษาปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาทและหอมมะลิ 105 พบว่า ข้าวกล้องงอกนำมาเพาะที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง มีปริมาณ GABA เพิ่มขึ้นจากเดิม 16.75 และ 19.56 เท่า และการศึกษาของ Anawachkul and Jiamyangyuen (2009) ได้ทำการศึกษาปริมาณ GABA ในข้าวกล้องมันปูโดยนำไปแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเพาะให้งอกในที่มืด พบว่า ที่ระยะเวลาการเพาะ 32 ชั่วโมง มีปริมาณ GABA เพิ่มขึ้นประมาณ 10 เท่า นอกจากนี้ Ohtsubo *et al.* (2005) รายงานว่า ข้าวกล้องพันธุ์ Koshihikari ที่ระยะเวลาการเพาะ 96 ชั่วโมง มีปริมาณ GABA สูงสุด และเพิ่มขึ้นถึง 24.67 เท่า และ Zhang *et al.* (2005) ได้รายงานไว้ว่า GABA จะเกิดการสะสมกันเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการงอก และในข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการงอกจะมีปริมาณ GABA มากกว่าในข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการงอก ซึ่ง Lea *et al.* (1990) ได้อธิบายถึงผลที่เกิดขึ้นของ GABA นี้ไว้ว่า กรดแอมิโนในเมล็ดข้าวกล้องที่ถูกเก็บไว้ในรูปของโปรตีนสะสม ถูกย่อยสลาย และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปอย่างง่าย หรืออยู่ในรูปที่สามารถละลายได้เพื่อลำเลียงต่อไปยังจุดเจริญ ดังนั้นในระหว่างกระบวนการงอก เมื่อเมล็ดมีการดูดซึมน้ำจะทำให้เอนไซม์กลูตาเมทดีคาร์บอกซิเลส (glutamate decaboxylase, GAD) สามารถกลับมาว่องไว (activate) และทำงานได้อีกครั้ง โดยทำหน้าที่เปลี่ยนกรดแอล-กลูตามิก (L-glutamic acid) ไปเป็น GABA โดยกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชัน (decarboxylation) นอกจากนี้ระดับ หรือปริมาณ GABA ที่พบในเนื้อเยื่อพืชสามารถเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เพื่อตอบสนองต่อการกระตุ้นในหลากหลายรูปแบบ หรือเมื่อต้องอยู่ในสภาวะที่ต้องการความเครียด เช่น สภาวะออกซิเจนไม่พอ (hypoxia) ขาดแสงสว่าง (darkness) และการสัมผัสความเย็นอย่างรุนแรง (cold shock) เป็นต้น

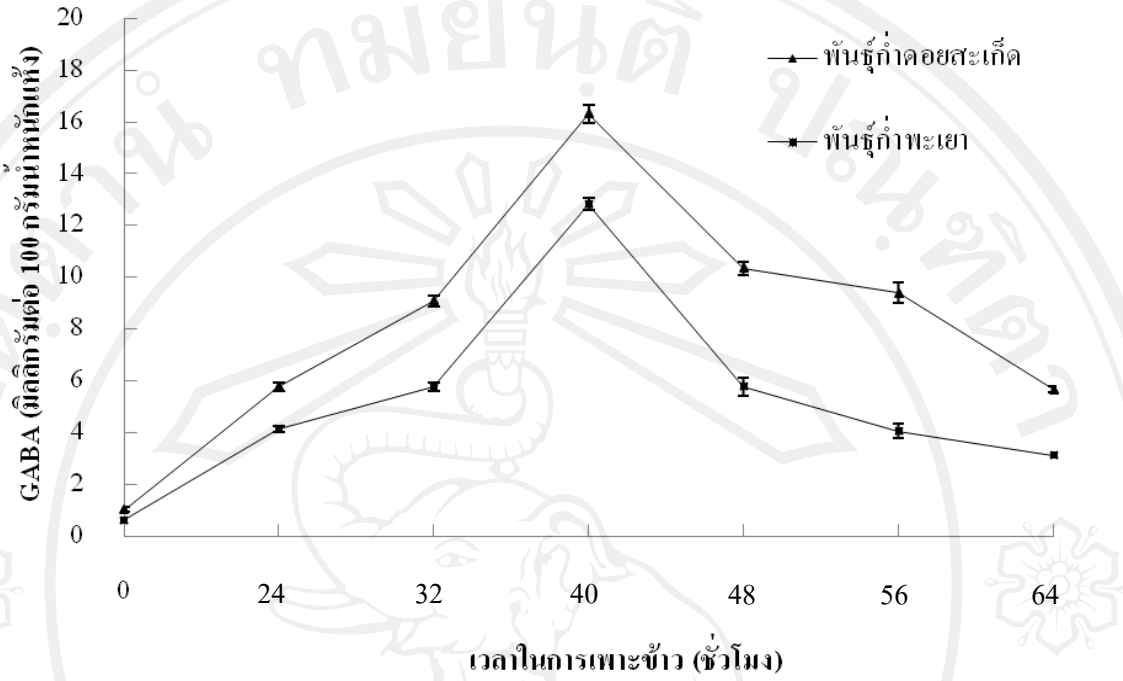
เมื่อนำข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกทั้ง 2 พันธุ์ ที่ระยะเวลาการเพาะ 40 ชั่วโมง ไปวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ แล้วเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำกล้องงอก พบว่าพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพันธุ์ก่ำพะเยาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งได้แก่ GABA (16.31±0.34 มิลลิกรัมต่อ 100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

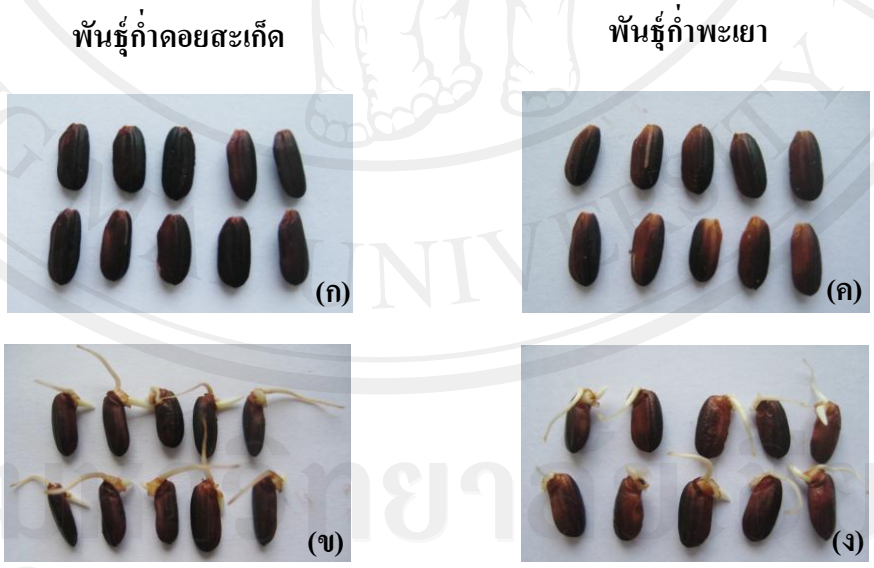
กรัมน้ำหนักแห้ง) แกมมา-โอรีซานอล (30.48±1.61 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) แอนโทไซยานิน (70.10±0.45 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ83.10±0.95) (ตาราง 4.2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ito (2004) พบว่าข้าวกล้องที่มีอัตราการงอกสูง จะมีปริมาณ GABA สูงกว่าข้าวกล้องที่มีอัตราการงอกต่ำ ซึ่งในการศึกษานี้ข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีอัตราการงอกสูงกว่าข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพันธุ์ก่ำพะเยา และจากงานวิจัยของ Boonsit *et al*. (2011) ได้ศึกษาแกมมา-โอรีซานอลในข้าวเหนียวก่ำกล้อง 13 พันธุ์ พบว่าข้าวเหนียวก่ำกล้องทั้ง 13 พันธุ์มีแกมมา-โอรีซานอลเฉลี่ยที่ 55.58 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง โดยข้าวเหนียวก่ำกล้องพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด และก่ำมูเซอมีแกมมาโอรีซานอลสูงสุดคือ 72.95 และ 70.16 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งความแตกต่างของปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพขึ้นอยู่กับความแตกต่างของพันธุกรรม สภาวะแวดล้อมในการเพาะปลูก และขนาดคัพภะของข้าวแต่ละพันธุ์

จากการเปรียบเทียบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวก่ำกล้องก่อน และหลังการเพาะข้าวที่ 40 ชั่วโมง พบว่า ข้าวเหนียวก่ำกล้องทั้ง 2 พันธุ์มีแกมมา-โอรีซานอลเพิ่มขึ้น แต่กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และแอนโทไซยานินลดลง (รูป 4.3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Moongngarm and Saetung (2010) ได้ศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพของข้าวกล้องงอก พบว่าข้าวกล้องที่เพาะให้งอกมีแกมมา-โอรีซานอลเพิ่มขึ้น 1.27 เท่า สารประกอบฟีโนลิคเพิ่มขึ้น 1.2 เท่า และ GABA เพิ่มขึ้น 2.9 และ Jiamyangyuen and Jiarapong (2012) ได้ศึกษาแอนโทไซยานิน และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี Trolox Equivalent Antioxidative Capacity (TEAC) ในข้าวเหนียวดำงอก พบว่า ข้าวเหนียวดำมีแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (TEAC) ลดลงหลังการงอก เนื่องจากแอนโทไซยานินได้สูญเสียระหว่างการแช่น้ำ จึงมีบางส่วนละลายไปกับน้ำที่ใช้แช่ ซึ่งสังเกตได้ด้วยตาเปล่า พบว่าน้ำที่แช่ข้าวเหนียวก่ำกล้องทั้ง 2 พันธุ์มีสีแดง ซึ่งแอนโทไซยานินมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงส่งผลให้กิจกรรมการต้านอนุมูลลดลงด้วย เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของ GABA เป็นหลักข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดจึงได้รับการคัดเลือกให้เป็นพันธุ์ที่จะนำไปผลิตเป็นแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกที่จะนำไปใช้ในการศึกษาในขั้นต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.1 ปริมาณ GABA ของข้าวเหนียวก่ำกล้องทั้ง 2 พันธุ์ในระหว่างการงอก



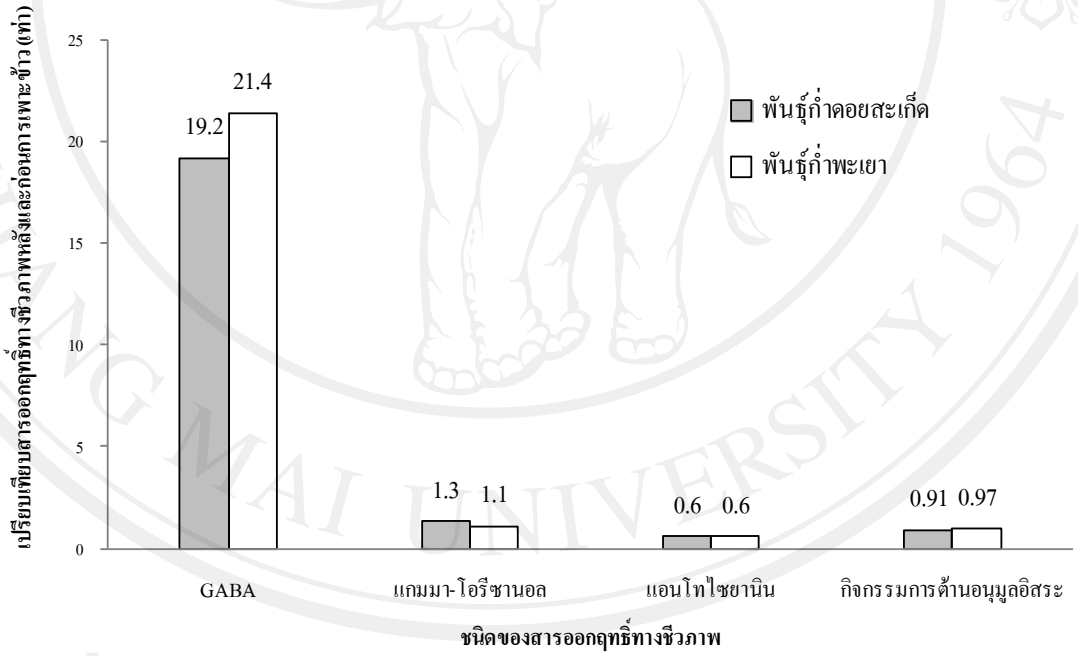
รูป 4.2 ลักษณะข้าวเหนียวก่ำกล้อง [(ก) และ (ค)] และข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกที่ระยะเวลาการเพาะ 40 ชั่วโมง [(ข) และ (ง)] ของข้าวทั้ง 2 พันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 ค่าคุณภาพทางเคมีของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกทั้ง 2 พันธุ์ที่ระยะเวลาการเพาะ 40 ชั่วโมง

คุณภาพทางเคมี	ข้าวเหนียวก่ำกล้องงอก[1/]	
	พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด	พันธุ์ก่ำพะเยา
GABA (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	16.31^{a}±0.34	12.83^{b}±0.13
แกมมา-โอรีซานอล (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	30.48^{a}±1.64	20.20^{b}±1.61
แอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	70.10^{a}±0.45	45.26^{b}±0.38
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	83.10^{a}±0.95	74.28^{b}±0.78

หมายเหตุ: [1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพตามแนวนอนอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



รูป 4.3 การเปลี่ยนแปลงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกแต่ละพันธุ์เปรียบเทียบกับข้าวเหนียวก่ำกล้องที่ไม่ผ่านการงอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 สภาวะการผลิตที่เหมาะสมของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบโดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์

4.3.1 ผลของสภาวะการผลิตต่อคุณภาพทางกายภาพของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบ

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบได้ศึกษา 2 ปัจจัย คือ ปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกที่ทดแทนในสูตร และอุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรล เมื่อวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) ได้ 13 สภาวะ แต่มี 1 สภาวะที่โปรแกรมสำเร็จรูปกำหนดให้มีปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกทดแทนในสูตรร้อยละ 110 ซึ่งถ้าใช้สภาวะนี้ในการผลิตจะทำให้สัดส่วนผสมอื่นจะคลาดเคลื่อนไปจากสภาวะอื่นๆ ดังนั้นจึงได้ตัดสภาวะนี้ออกไป เหลือเพียง 12 สภาวะที่ใช้ในการทดลอง เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพพบว่า แต่ละสภาวะในการผลิตมีคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน (ตาราง 4.3) เมื่อนำข้อมูลคุณภาพแต่ละชนิดที่ได้ไปหาความสัมพันธ์กับสภาวะในการผลิตได้เป็นสมการถดถอยถอดรหัส 3 สมการ ซึ่งได้แก่สมการของ ความหนาแน่น อัตราส่วนการพอง และค่าแรงกดแตก ทั้ง 3 สมการมีค่า R^2 เท่ากับหรือมากกว่า 0.80 (ตาราง 4.4) ซึ่งถ้าค่า R^2 ยิ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 มากเท่าไร แสดงว่าสมการนั้นสามารถใช้ในการทำนายผลนั้นให้ใกล้เคียงความจริงมากขึ้น จากนั้นนำสมการของคุณภาพทางกายภาพแต่ละชนิดไปสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง (response surface) พบว่า ความหนาแน่น (รูป 4.4) และค่าแรงกดแตกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (รูป 4.5) แต่อัตราส่วนการพองมีแนวโน้มลดลง (รูป 4.6) เมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอก และอุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรลเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุลาลักษณ์ (2549) นัทธียา (2552) และ Naivikul *et al*. (2002) พบว่า ในการผลิตขนมอบพองกรอบโดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ สูตรที่มีเส้นใยเป็นส่วนประกอบจะทำให้ขนมอบพองกรอบมีคุณภาพทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ความหนาแน่น และแรงกดแตกเพิ่มขึ้น และอัตราการพองลดลง ซึ่งในข้าวเหนียวก่ำกล้องเมื่อนำไปเพาะให้งอกทำให้มีเส้นใยเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อมีการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกในสูตรทำให้มีเส้นใยเพิ่มขึ้นด้วย และจากการศึกษาของ Onwulata *et al*. (2000) ได้รายงานไว้ว่าส่วนผสมที่มีปริมาณเส้นใยจะส่งผลต่ออัตราส่วนการพอง และลักษณะเนื้อสัมผัสมีความแข็งมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 ผลของสภาวะในการผลิตต่อคุณภาพทางกายภาพของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบ

สภาวะในการผลิต			ความหนาแน่น (กรัมต่อมิลลิลิตร)	อัตราส่วนการพองตัว	ค่าแรงกดแตก (กิโลกรัม)
สภาวะที่	ปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกที่ทดแทนในสูตร(ร้อยละ)	อุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรล (องศาเซลเซียส)			
1	75	156	0.11±0.00	1.84±0.07	3.30±0.14
2	50	160	0.11±0.01	1.76±0.05	3.47±0.10
3	100	160	0.13±0.01	1.70±0.05	3.39±0.12
4	40	170	0.10±0.01	1.74±0.11	2.47±0.24
5	75	170	0.12±0.01	1.71±0.04	3.49±0.11
6	75	170	0.12±0.01	1.71±0.04	3.49±0.11
7	75	170	0.12±0.01	1.63±0.08	2.75±0.22
8	75	170	0.11±0.01	1.67±0.05	2.65±0.04
9	75	170	0.12±0.01	1.68±0.04	3.6±0.09
10	50	180	0.12±0.01	1.67±0.08	4.61±0.22
11	100	180	0.14±0.01	1.57±0.06	5.92±0.24
12	75	184	0.14±0.01	1.5±0.03	5.90±0.49

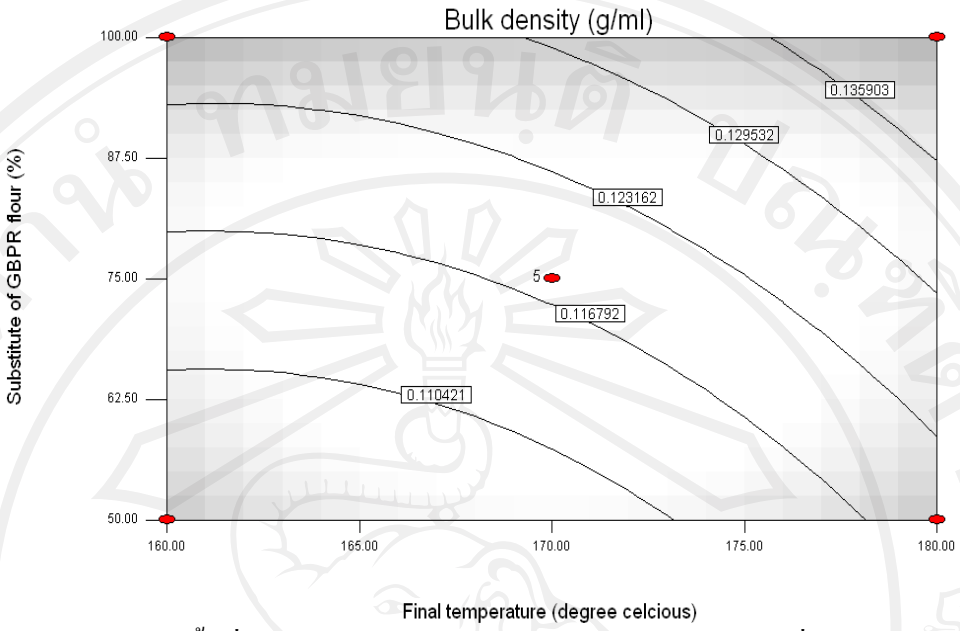
ตาราง 4.4 สมการถดถอยถอดรหัสของคุณภาพข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบ

	สมการถดถอยถอดรหัส	R^2
ความหนาแน่น	$= +1.2315-0.0141(T) +2.6265x10^{-4}(GBPR)+4.4048x10^{-5}(T)^2 +1.2568x10^{6}(GBPR)^2 +8.6909x10^{-19}(T)(GBPR)$	0.80
อัตราการพอง	$= +1.0693 +0.0122(T)+0.01(GBPR)-5.2895x10^{-5}(T)^2-3.0627 x10^{-5}(GBPR)^2-4.0 x10^{-5}(T)(GBPR)$	0.84
ค่าแรงกดแตก	$= 236.983 - 2.737(T) -0.254 (GBPR) +8.015x10^{-3}(T)^2 +2.437x10^{-4}(GBPR)^2 +1.390x10^{-3}(T)(GBPR)$	0.90

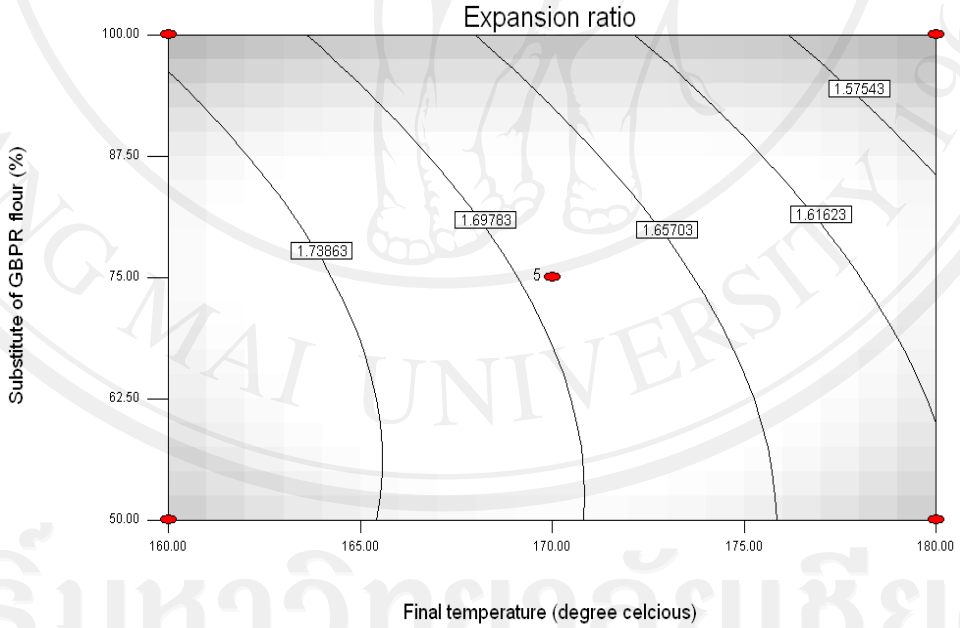
หมายเหตุ : T หมายถึง อุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรล

GBPR หมายถึง แป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกที่ทดแทนในส่วนผสมของแป้ง (ร้อยละ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

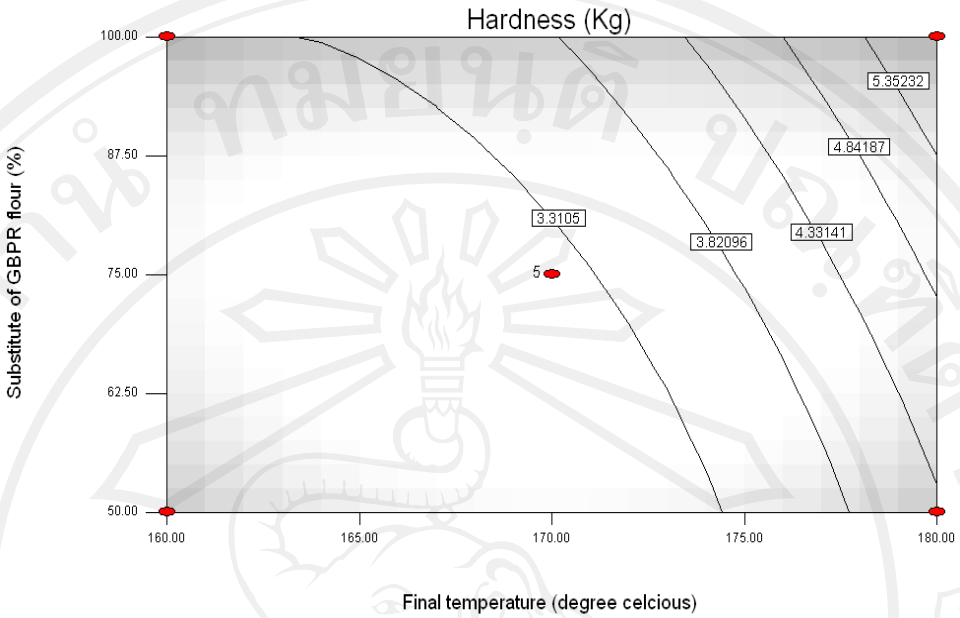


รูป 4.4 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความหนาแน่นของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบ



รูป 4.5 กราฟพื้นที่การตอบสนองของอัตราการพองของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.6 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าแรงกดแตกของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบ

4.3.2 สภาวะการผลิตที่เหมาะสมของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

จากข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบของแต่ละสภาวะในการผลิตนำไปบดเป็นผงได้เป็นข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง แล้ววิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ พบว่า ค่าความสว่างของสี (L*) อยู่ในช่วง 47.03-54.27 ค่าสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 6-6.74 ค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 6.08-8.37 ดรรชนีการละลายน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 28.05-53.76 ดรรชนีการดูดซับน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 3.09-5.38 ความสามารถในการไหลอยู่ในช่วง 47.4-53.8 องศา ซึ่งมีค่าสูงกว่า 35 องศา จึงเป็นความสามารถในการไหลแบบจำกัดตามเกณฑ์ของ Barbosa-Canovas *et al.* (2005) ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.63-0.75 กรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี พบว่าค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) อยู่ในช่วง 0.18-0.32 และความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 5.03-5.65 (ตาราง 4.5) หลังจากนั้นนำข้อมูลคุณภาพแต่ละชนิดที่ได้ไปหาความสัมพันธ์กับสภาวะในการผลิตได้เป็นสมการถดถอยถอดรหัส พบว่า สมการที่ได้มีค่า R^2 เท่ากับ หรือมากกว่า 0.80 ได้แก่สมการของคุณภาพทางกายภาพทั้งหมด สำหรับสมการคุณภาพทางเคมีมีค่า R^2 เท่ากับหรือต่ำกว่า 0.52 (ตาราง 4.6) ซึ่งถ้าค่า R^2 ยิ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 มากเท่าไร แสดงว่าสมการนั้นสามารถใช้ในการทำนายผลนั้นให้ใกล้เคียงความจริงมากขึ้น ดังนั้นจึงนำสมการมีค่า R^2 เท่ากับ หรือมากกว่า 0.80 ของคุณภาพแต่ละชนิดไปสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง พบว่าปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกที่ทดแทนในสูตร และอุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรลมีผลต่อคุณภาพทางด้าน ค่าความสว่าง (L*) ค่าค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ค่าความสว่างของสี (L*) มีแนวโน้มลดลง แต่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าค่าสีแดง (a*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอก และอุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรลมีค่าเพิ่มขึ้น (รูป 4.7 และ รูป 4.8) ส่วนค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกลดลง และอุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรลมีค่าเพิ่มขึ้น (รูป 4.9) จากค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรลส่งผลให้ค่าความสว่างลดลง ซึ่งอาจเป็นผลของปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (นิธิยา, 2549)

เมื่อพิจารณาดรรชนีการละลายน้ำ ดรรชนีการดูดซับน้ำ ความสามารถในการไหล (flow ability) และความหนาแน่น (bulk density) พบว่าสภาวะการผลิตทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่ดรรชนีการละลายน้ำ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรลลดลง (รูป 4.10) สูตรที่ทำการทดลองนี้ส่วนใหญ่มีส่วนประกอบของแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอก ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณแอมิโลเพคตินสูงขึ้นเมื่อเติมแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกมากขึ้น การทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว พบว่า เมื่อมีปริมาณแอมิโลเพคตินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ดรรชนีการละลายน้ำเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแอมิโลเพคตินมีโครงสร้างโมเลกุลมีลักษณะเป็นกิ่งก้านสาขา ทำให้ขัดขวางการเคลื่อนที่กลับมารวมกันใหม่ของโมเลกุล จึงส่งผลให้สภาวะที่มีปริมาณแอมิโลเพคตินสูงเกิดรีโทรเกรเดชันได้น้อยกว่าสภาวะที่มีแอมิโลเพคตินต่ำกว่า (Guha and Ali, 2006) ส่วนดรรชนีการดูดซับน้ำมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอก และอุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรลเพิ่มขึ้น (รูป 4.11) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jin *et al.* (1995) ที่ได้ทำการศึกษาการเติมปริมาณเส้นใยในผลิตภัณฑ์ขนมอบพองกรอบ พบว่า เมื่อเติมเส้นใยลงในผลิตภัณฑ์ขนมอบพองกรอบร้อยละ 0-20 จะทำให้ค่าดรรชนีการดูดซับมีแนวโน้มน้ำลดลง ซึ่งในผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบสูตรที่มีปริมาณข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบเพิ่มขึ้นจะทำให้มีเส้นใยเพิ่มขึ้นด้วยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีดรรชนีการดูดซับน้ำลดลง นอกจากนี้ยังพบอีกว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีผลต่อความสามารถในการไหล และความหนาแน่น โดยที่ความสามารถในการไหลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกมีค่าลดลง และอุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรลเพิ่มขึ้น (รูป 4.12) ส่วนความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอก และอุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรลมีค่าลดลง (รูป 4.13) สำหรับคุณภาพทางด้านความชื้น และวอเตอร์แอคติวิตี พบว่าสภาวะการผลิตทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.5 ผลของสภาวะในการผลิตต่อคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

สภาวะในการผลิต			ความสว่างของสี (L*)	ค่าสีแดง (a*)	ค่าสีเหลือง (b*)	ตรรชนีการละลายน้ำ (ร้อยละ)	ตรรชนีการดูดซับน้ำ (ร้อยละ)	ค่ามุมกอง (องศา)	ความหนาแน่น (กรัมต่อมิลลิลิตร)	วอเตอร์แอคติวิตี (a_w)	ความชื้น (ร้อยละ)
สภาวะที่	ปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกที่ทดแทนในสูตร (ร้อยละ)	อุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรล (องศาเซลเซียส)									
1	75	156	47.15±0.01	6.41±0.02	6.08±0.02	36.79±1.72	4.49±0.11	48.40±1.14	0.75±0.01	0.18±0.01	5.03±0.06
2	50	160	52.92±0.07	5.77±0.01	7.85±0.02	37.15±2.00	4.86±0.06	50.40±1.52	0.70±0.01	0.18±0.01	5.65±0.05
3	100	160	47.03±0.01	6.74±0.03	6.88±0.01	47.59±1.11	3.09±0.13	49.00±1.00	0.69±0.02	0.24±0.18	5.26±0.05
4	40	170	54.27±0.02	5.89±0.02	8.37±0.02	38.05±1.49	5.38±0.17	48.50±1.52	0.70±0.02	0.23±0.01	5.07±0.04
5	75	170	49.33±0.57	6.76±0.04	7.39±0.03	36.95±1.84	4.63±0.25	50.20±1.30	0.68±0.03	0.25±0.01	5.49±0.09
6	75	170	49.87±0.01	6.68±0.02	7.38±0.01	39.13±1.59	4.21±0.07	52.20±1.64	0.66±0.01	0.23±0.01	5.60±0.13
7	75	170	51.06±0.02	6.51±0.02	7.73±0.02	40.26±1.46	4.14±0.17	50.60±1.67	0.70±0.01	0.32±0.05	5.57±0.09
8	75	170	51.14±0.02	6.46±0.01	7.44±0.02	39.86±0.34	4.23±0.05	52.80±1.30	0.69±0.01	0.23±0.02	5.54±0.12
9	75	170	50.45±0.02	6.44±0.02	7.27±0.02	38.93±0.76	4.19±0.07	51.83±1.17	0.70±0.02	0.23±0.01	5.6±0.1
10	50	180	52.86±0.04	6.00±0.03	7.77±0.01	34.42±1.28	4.77±0.11	52.00±1.26	0.70±0.01	0.38±0.01	5.36±0.05
11	100	180	49.19±0.01	6.66±0.02	7.29±0.02	45.76±1.87	3.47±0.11	53.80±1.92	0.63±0.02	0.36±0.01	5.17±0.05
12	75	184	49.78±0.01	6.43±0.01	6.92±0.01	44.32±1.69	3.82±0.09	53.50±1.38	0.67±0.01	0.21±0.01	5.64±0.07

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

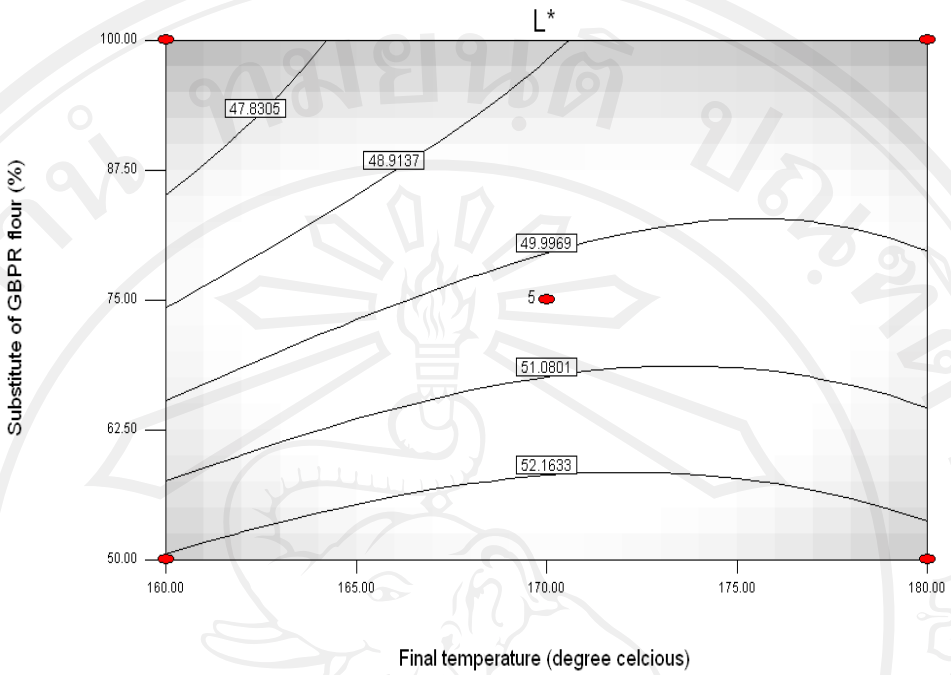
ตาราง 4.6 สมการถดถอยถอดรหัสของคุณภาพข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

	สมการถดถอยถอดรหัส	R^2
คุณภาพทางกายภาพ		
ความสว่างของสี (L*)	$= -156.91+2.68(T) -0.6261(GBPR)-8.16x10^{3}(T)^{2}$ $+1.07295x10^{3}(GBPR)^{2}+2.220x10^{3}(T)(GBPR)$	0.93
สีแดง (a*)	$= -28.85+0.36(T)+0.098(GBPR)-9.977x10^{-4}(T^{2})$ $-2.029x10^{-4}(GBPR)^{2}-3.10\ x10^{-4}(T)(GBPR)$	0.90
สีเหลือง (b*)	$= -108.730+1.431(T)-0.177(GBPR)\ 4.26x10^{3}(T)^{2}$ $+5.473x10^{-4}(GBPR)^{2}4.90x10^{-4}\ (T)(GBPR)$	0.91
ดรรชนีการละลายน้ำ	$= +172.52-1.50(T)-0.52(GBPR)+4.440\ x10^{-3}\ (T)^{2}$ $+3.8413x10^{3}(GBPR)^{2}+9.00x10^{-3}\ (T)(GBPR)$	0.80
ดรรชนีการดูดซับน้ำ	$= -13.29152+0.27(T)-0.093(GBPR)-9.22x10^{-4}(T)^{2}$ $-1.30x10^{-4}(GBPR)^{2}+4.70x10^{-4}\ (T)(GBPR)$	0.81
ความสามารถในการไหล	$= -11.237+0.762(T)-0.517(GBPR)-2.578x10^{-3}(T)^{2}$ $-1.245x10^{-3}(GBPR)^{2}+4.2x10^{-3}\ (T)(GBPR)$	0.82
ความหนาแน่น	$= +3.166-0.032(T)+0.012(GBPR)+1.012x10^{-4}(T)^{2}$ $-2.023x10^{-5}(GBPR)^{2}-6.00x10^{-5}(T)(GBPR)$	0.85
คุณภาพทางเคมี		
วอเตอร์แอกทิวิตี (a_w)	$= -6.180+0.0675(T)+7.155x10^{-3}\ (GBPR)-1.676$ $x10^{-4}(T^{2})\ +5.005x10^{-5}(GBPR)^{2}+8.00x10^{-5}(T)(\ GBPR)$	0.52
ความชื้น	$= -14.60+0.226(T)+0.014(GBPR)-6.916$ x10-4$(T)^{2}$ $-3.480x10^{-4}(T^{2})+2.00x10^{-4}(T)(GBPR)$	0.49

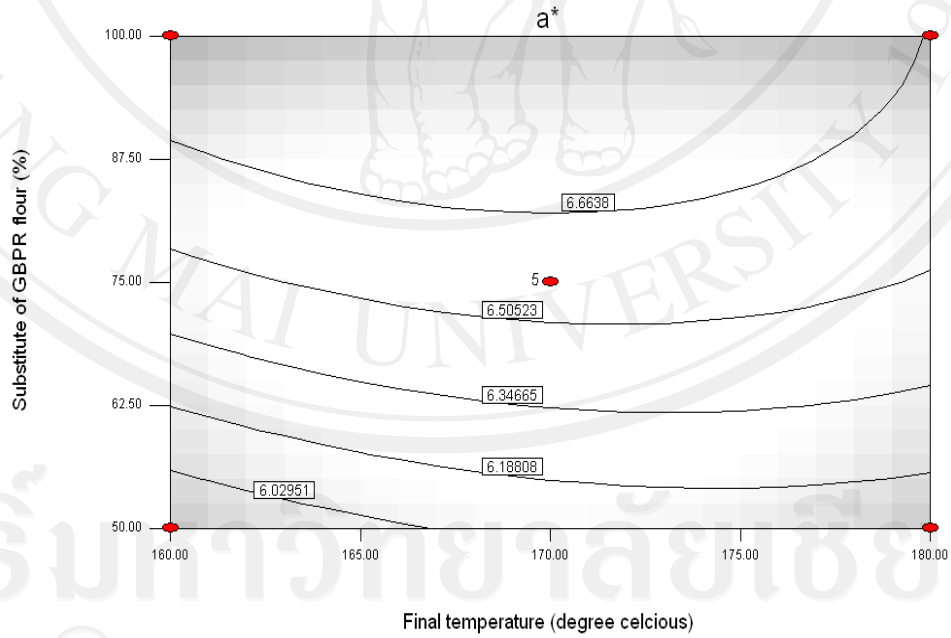
หมายเหตุ : T หมายถึง อุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรล

GBPR หมายถึง แป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกที่ทดแทนในส่วนผสมของแป้ง (ร้อยละ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

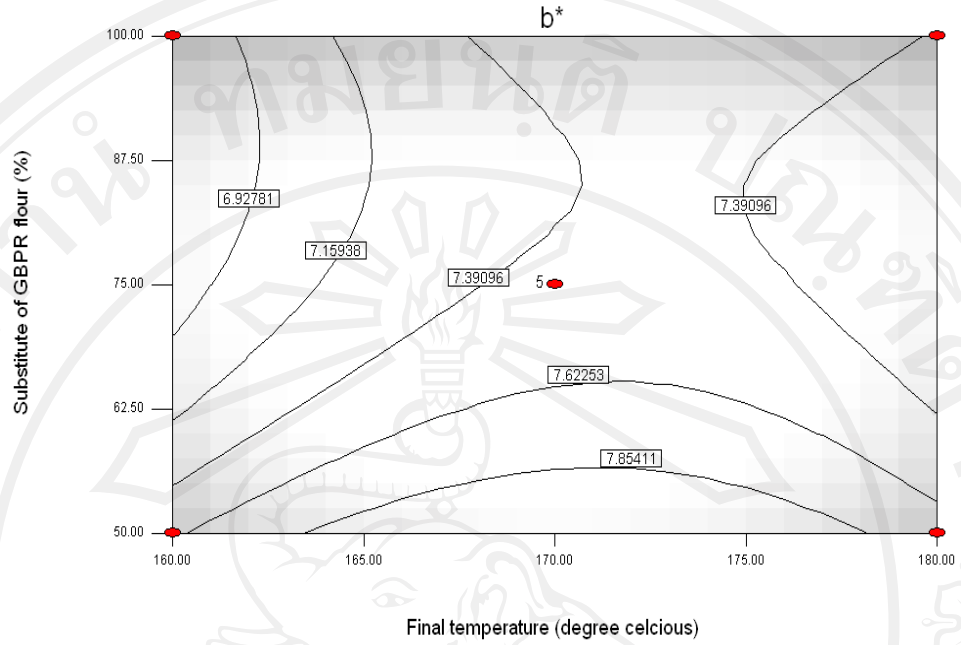


รูป 4.7 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าความสว่าง (L*) ของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

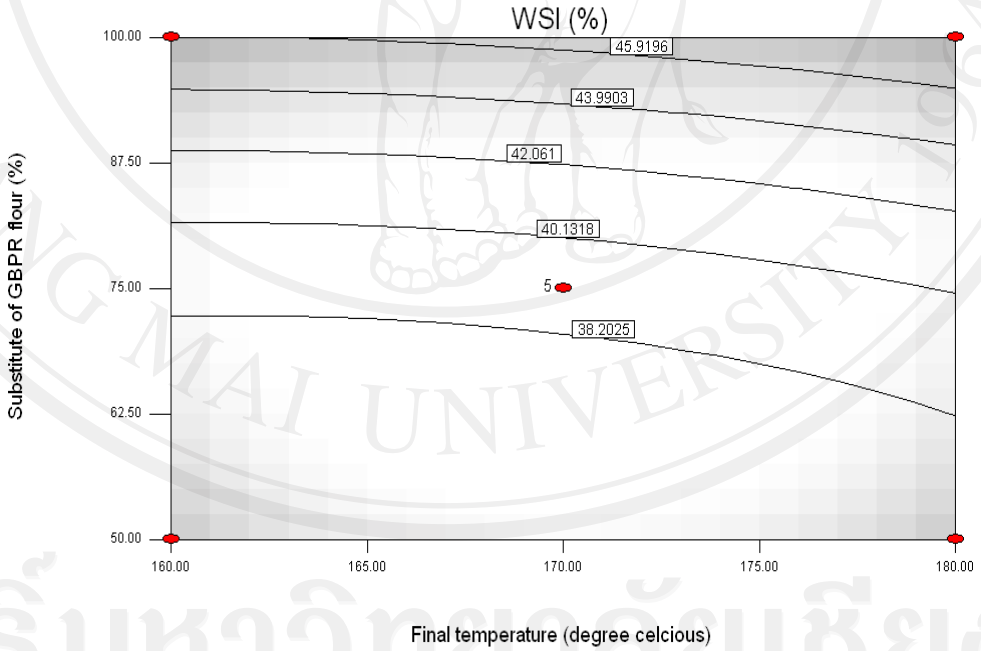


รูป 4.8 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสีแดง (a*) ของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

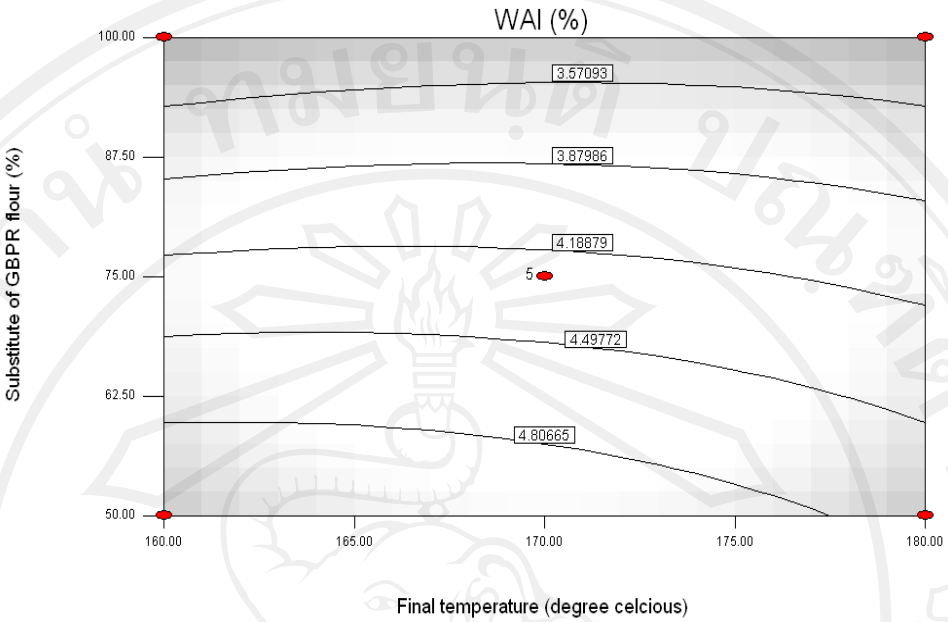


รูป 4.9 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสีเหลือง (b*) ของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

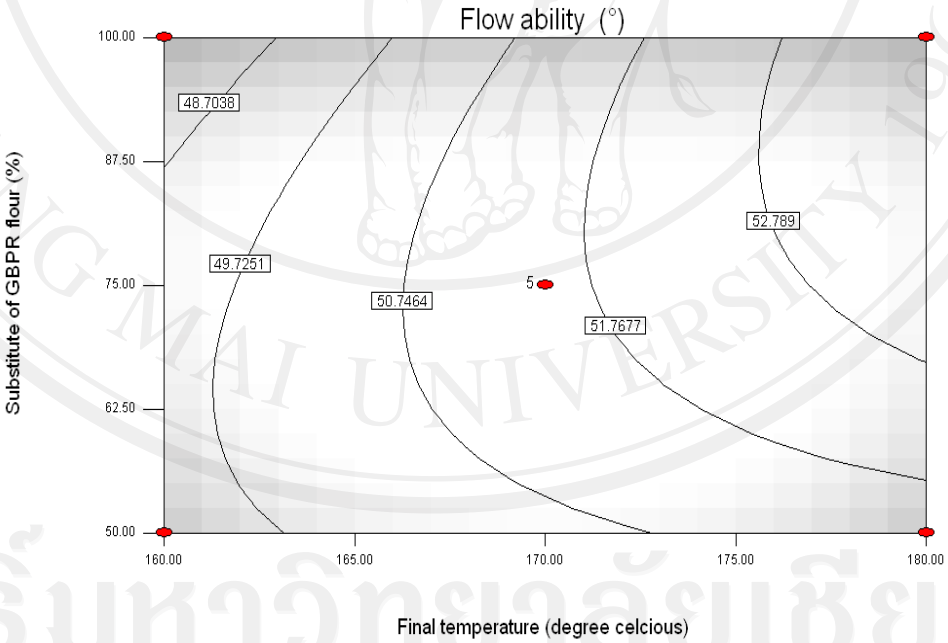


รูป 4.10 กราฟพื้นที่การตอบสนองของดรรชนีการละลายน้ำ (WSI) ของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

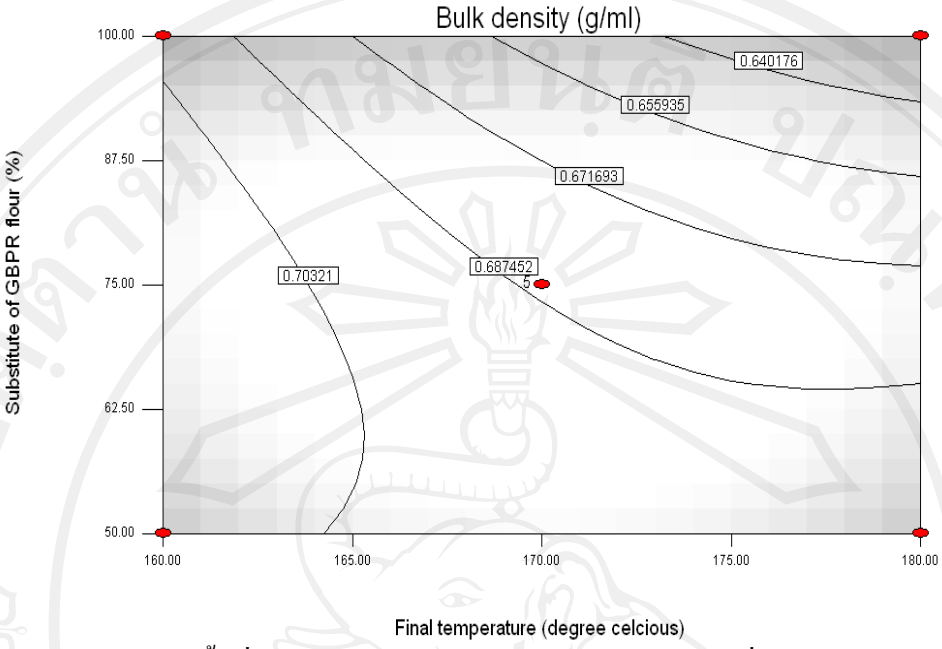


รูป 4.11 กราฟพื้นที่การตอบสนองของดรรชนีการดูดซับน้ำ (WAI) ของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง



รูป 4.12 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความสามารถในการไหลของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.13 กราฟพื้นที่การตอบสนองของหนาแน่นของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่าแต่ละสภาวะในการผลิตข้าวเหนียวก่ำกล้องพองกรอบบดผงมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกัน (ตาราง 4.7) เมื่อนำข้อมูลคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละชนิดที่ได้ไปหาความสัมพันธ์กับสภาวะในการผลิตได้เป็นสมการถดถอยถอดรหัส พบว่า สมการที่ได้มีค่า R^2 เท่ากับหรือมากกว่า 0.80 ได้แก่สมการของคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้าน รสชาติ และความชอบโดยรวม สำหรับสมการที่มีค่า R^2 เท่ากับหรือน้อยกว่า 0.50 ได้แก่สมการ ทางด้านสี และกลิ่น (ตาราง 4.8) ซึ่งถ้าค่า R^2 ยิ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 มากเท่าไร แสดงว่าสมการนั้นสามารถใช้ในการทำนายผลนั้นให้ใกล้เคียงความจริงมากขึ้น ดังนั้นจึงนำสมการมีค่า R^2 เท่ากับหรือมากกว่า 0.80 ของคุณภาพแต่ละชนิดไปสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนอง พบว่าสภาวะการผลิตทั้ง 2 ปัจจัยมีผลต่อความชอบด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่ความชอบทางด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกมีค่าเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรลมีค่าต่ำลง (รูป 4.14 และรูป 4.15)

เมื่อพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง ซึ่งจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผสมกับส่วนผสมอื่นเพื่อผลิตเป็นเครื่องดื่มผงชง พบว่า สภาวะการผลิตทั้ง 2 ปัจจัยมีผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสทางด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม มากกว่าสมบัติทางด้านกายภาพ และเคมี ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้สมบัติทางประสาทสัมผัสในการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมของเครื่องดื่มผงชง เพื่อใช้ในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทดลองต่อไป ซึ่งเมื่อนำข้อมูลทางประสาทสัมผัสเพื่อหาสภาวะการผลิตที่เหมาะสม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป พบว่า ได้สภาวะการผลิตที่เหมาะสมเพียงสภาวะเดียว คือ ปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกที่ทดแทนในสูตรร้อยละ 93 และอุณหภูมิส่วนสุดท้าย 162 องศาเซลเซียส ซึ่งในการผลิตข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผงจึงใช้สภาวะดังกล่าวในการผลิตที่จะนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

เมื่อนำสภาวะที่เหมาะสมที่ได้ไปผลิตเป็นข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง แล้วทำการศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า มีปริมาณ GABA 13.10±0.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แกมมา-โอรีซานอล 16.92±0.52 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แอนโทไซยานินเท่ากับ 26.83±0.51 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 65.75±0.30 (ตาราง 4.9) แสดงว่าในข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผงยังคงมีปริมาณสาร GABA แกมมา-โอรีซานอล และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเหลืออยู่มาก ซึ่งมีการสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิตไปบ้าง เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกเริ่มต้น การที่มีปริมาณ GABA แกมมา-โอรีซานอล และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เหลืออยู่มากเนื่องจากส่วนผสมส่วนใหญ่เป็นแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอก ซึ่งในส่วนผสมมีปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกสูงถึงร้อยละ 93 สำหรับแอนโทไซยานินเหลืออยู่น้อย เนื่องจากมีการสูญเสียในกระบวนการผลิตไปมาก ซึ่งแอนโทไซยานิน เป็นสารไม่เสถียร สลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน แสง และออกซิเจน (Henry, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 ผลของสภาวะในการผลิตต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

สภาวะในการผลิต			สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
สภาวะที่	ปริมาณแป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกที่ทดแทนในสูตร (ร้อยละ)	อุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรล (องศาเซลเซียส)				
1	75	156	6.46±1.20	5.92±1.23	5.72±1.21	6.14±1.16
2	50	160	6.16±1.02	6.06±1.27	5.72±1.11	6.00±1.16
3	100	160	6.36±1.08	6.18±1.22	6.06±1.38	6.34±1.33
4	40	170	6.32±1.06	6.10±1.25	6.00±10.48	6.20±1.37
5	75	170	6.62±1.10	6.14±1.37	5.96±1.21	6.12±1.27
6	75	170	6.42±1.13	6.14±1.40	5.96±1.28	6.10±1.28
7	75	170	6.56±1.01	6.02±1.17	5.84±1.3	6.14±1.09
8	75	170	6.72±1.13	6.06±1.22	5.96±1.29	6.28±1.2
9	75	170	6.58±1.03	6.04±1.35	6.18±1.24	6.24±1.35
10	50	180	6.58±1.05	6.04±1.21	5.60±1.36	5.24±1.29
11	100	180	6.56±1.15	6.04±1.24	4.66±1.65	5.16±1.33
12	75	184	6.28±1.01	6.36±1.12	4.34±1.57	4.96±1.35

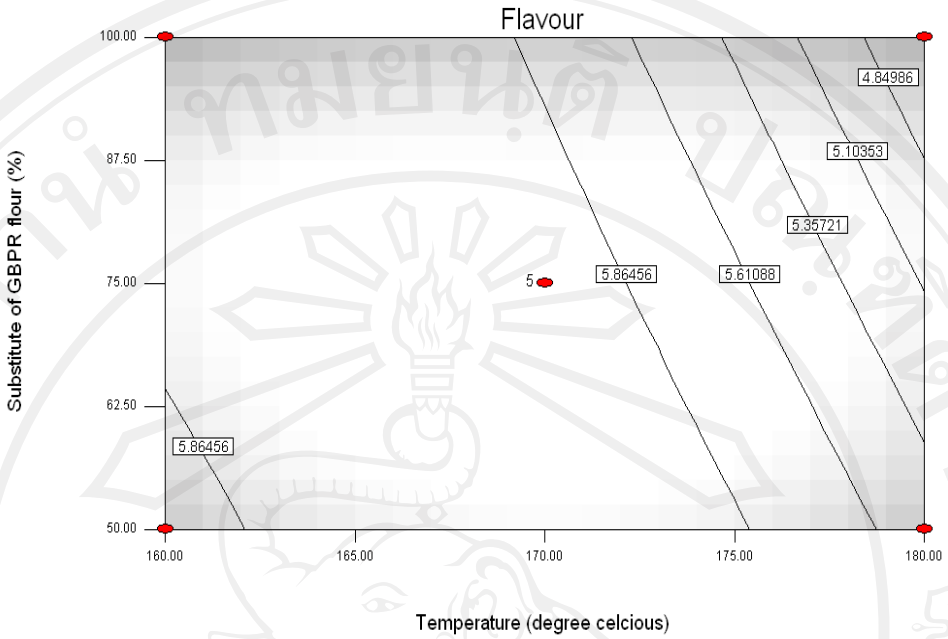
ตาราง 4.8 สมการถดถอยถอดรหัสทางประสาทสัมผัส ของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

	สมการถดถอยถอดรหัส	R^2
สี	$= -26.38136+0.3564(T)+0.0585(GBPR)-9.863x10^{-4}(T)^2$ $-1.265x10^{-4}(GBPR)^2-2.20x10^{-4}(T)(GBPR)$	0.50
กลิ่น	$= +9.24802-0.0525(T)+0.0209(GBPR)+1.979x10^{-4}(T)^2$ $+9.705x10^{-7}(GBPR)^2-1.20x10^{-4}(T)(GBPR)$	0.27
รสชาติ	$= -135.401+1.6103(T)+0.223(GBPR)-4.581x10^{-4}(T)^2$ $-7.285\ x10^{-5}(GBPR)^2-1.28\ x10^{-3}(T)(GBPR)$	0.97
ความชอบโดยรวม	$= -93.90+1.18(T)+0.086(GBPR)-3.523x10^{-3}(T)^2$ $9.60x10^{-5}(GBPR)^2-4.20\ x10^{-4}(T)(GBPR)$	- 0.95

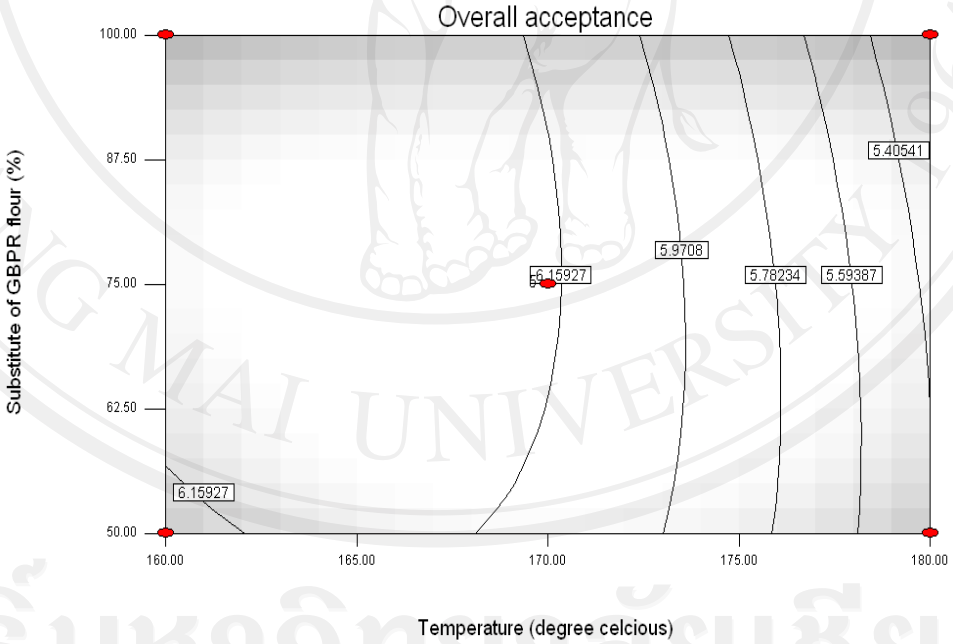
หมายเหตุ : T หมายถึง อุณหภูมิส่วนสุดท้ายของบาร์เรล

GBPR หมายถึง แป้งข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกที่ทดแทนในส่วนผสมของแป้ง (ร้อยละ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.14 กราฟพื้นที่การตอบสนองด้านรสชาติของของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง



รูป 4.15 กราฟพื้นที่การตอบสนองด้านความชอบโดยรวมของข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.9 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสภาวะการผลิตที่เหมาะสมข้าวเหนียวก่ำกล้องพองกรอบบดผง

คุณภาพทางเคมี	ข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง
GABA (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	13.10±0.20
แกมมา-โอรีซานอล (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	16.92±0.52
แอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	26.83±0.51
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	65.75±0.30

4.4 การผลิตเครื่องดื่มผงชงจากข้าวเหนียวก่ำกล้องงอก

4.4.1 สูตรที่เหมาะสมของเครื่องดื่มผงชง

จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design มีสูตรในการทดลองทั้งหมด 10 สูตร ทำการผสมเครื่องดื่มผงชงในแต่ละสูตร จากนั้นนำไปผสมน้ำร้อนในอัตราส่วนเครื่องดื่มผงชงต่อน้ำร้อน 27:150 โดยน้ำหนัก แล้วไปทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวม พบว่าคุณภาพต่างๆ ของแต่ละสูตรมีความแตกต่างกัน โดยมีคะแนนความชอบต่อสีอยู่ในช่วง 6.3-6.78 กลิ่นอยู่ในช่วง 5.66-6.84 รสชาติอยู่ในช่วง 5.44-6.96 ความหนืดอยู่ในช่วง 5.66-6.68 และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 5.66-7.04 (ตาราง 4.10) จากข้อมูลคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้นำไปหาสมการถดถอยถอดรหัส โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูป Design Expert version 6.0 จะได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะคุณภาพต่างๆ กับปริมาณข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง (A) ครีมเทียม (B) และนมพร่องมันเนย (C) พบว่าสมการถดถอยถอดรหัสที่ได้มีค่า R^2 อยู่ในช่วงร้อยละ 93-99 (ตาราง 4.11)

เมื่อนำสมการที่ได้ไปสร้างกราฟพื้นที่การตอบสนองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ได้กราฟพื้นที่การตอบสนองทางด้านประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวม (ภาคผนวก ข-1 ข-2 ข-3 ข-4 และ ข-5 ตามลำดับ) จากนั้นนำไปวิเคราะห์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมพบว่า สูตรที่เหมาะสมมีเพียงสูตรเดียว ซึ่งประกอบด้วยข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผงร้อยละ 36.6 น้ำตาลร้อยละ 33.4 นมผงพร่องมันเนยร้อยละ 20.6 และครีมเทียมร้อยละ 9.4 จากนั้นทำการผสมส่วนผสมตามสูตรที่เหมาะสมที่ได้เป็นเครื่องดื่มผงชง เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี พบว่า ค่าความสว่างของสี (L*) 66.32±0.03 ค่าสีแดง (a*) 5.81±0.03 ค่าสีเหลือง (a*) 10.55±0.05 ดรรชนีการละลายน้ำ 78.23±1.50 ดรรชนีการดูดซับน้ำ 21.78±1.92 และมีองค์ประกอบพื้นฐานเคมีซึ่งได้แก่ ความชื้นร้อยละ 7.64±0.27 โปรตีนร้อยละ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.02±0.22 ไขมันร้อยละ 1.57±0.14 เส้นใยร้อยละ 1.97±0.10 เถ้าร้อยละ 1.90±0.03 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 81.88±0.35 นอกจากนี้ยังมีวอเตอร์แอกทิวิตี 0.368±0.03 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.6 เป็นผลให้จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถที่จะเจริญได้อีก แสดงว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผงชงที่ได้นี้มีความปลอดภัย นอกจากนี้ยังมีปริมาณสาร GABA 6.10±0.52 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แกมมา-โอรีซานอล 8.09±0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แอนโทไซยานิน 6.07±0.25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 20.20±1.31 (ตาราง 4.12) จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเครื่องดื่มผงชงที่ผลิตได้มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากในเครื่องดื่มผงชงมีส่วนประกอบข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผงผสมอยู่เพียงร้อยละ 36.6 ส่วนปริมาณที่เหลือเป็นส่วนผสมอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำเครื่องดื่มผงชงที่ผลิตได้ไปเปรียบเทียบปริมาณ GABA กับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ พบว่าเครื่องดื่มผงชงที่ผลิตได้มีปริมาณ GABA สูงกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ซึ่งได้แก่ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกมีปริมาณ GABA 4.23 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (กฤษณา, 2554), ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริม GABA จากข้าวมันปูงอกมีปริมาณ GABA 4.09 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (เมธาวี, 2552) และผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพจากข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกมีปริมาณ GABA 0.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (อุทุมพร, 2554)

เมื่อนำเครื่องดื่มผงชงไปผสมน้ำร้อนในอัตราส่วน 27 กรัม ต่อ 150 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ทางกายภาพ พบว่าค่าความสว่างของสี (L*) 36.31±0.37 ค่าสีแดง (a*) 5.58±0.16 ค่าสีเหลือง (a*) 10.09±0.04 ความหนืด 24.57±0.42 เซนติพอยส์ (ตาราง 4.13)

4.4.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สำเร็จที่ได้เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผงชงที่ผลิตได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2 ตราสินค้าพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีคะแนนทางด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมสูงกว่าผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 1 และมีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 2 (ตาราง 4.14) สำหรับคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสในด้าน สีกลิ่น และความหนืดใกล้เคียงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์การค้าชนิดที่ 1 ดังนั้นเครื่องดื่มผงชงที่ผลิตขึ้นจากข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด นอกจากมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพอยู่สูง แล้วยังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเทียบเท่า หรือดีกว่ากับผลิตภัณฑ์ทางการค้าจึงมีศักยภาพที่สามารถผลิตเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการซึ่งเป็นการคำนวณปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้ควรบริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (27 กรัม) (ตารางผนวก ค-1) และเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2 ตราสินค้า พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมีค่าร้อยละ Thai RDI ของโปรตีน ไขมัน และเส้นใย ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าทั้ง 2 ตราสินค้า สำหรับคาร์โบไฮเดรตนั้นมีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 1 (ตาราง 4.15) แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมานี้มีคุณค่าโภชนาการใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10 คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเครื่องดื่มผงชงพร้อมดื่มทั้ง 10 สูตร

สูตรที่	ข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง (ร้อยละ)	นมผงพร่องมันเนย (ร้อยละ)	ครีมเทียม (ร้อยละ)	น้ำตาล (ร้อยละ)	ลักษณะทางประสาทสัมผัส				
					สี	กลิ่น	รสชาติ	ความหนืด	ความชอบโดยรวม
1	30.0	21.6	15.0	33.4	6.52±1.46	6.44±1.16	6.18±1.39	6.26±1.32	6.38±1.02
2	30.0	25.0	11.6	33.4	6.4±1.40	5.66±1.38	5.44±1.6	5.8±1.51	5.66±1.6
3	36.6	15.0	15.0	33.4	6.32±1.4	5.86±1.32	5.6±1.32	5.66±11.43	5.74±1.38
4	36.6	25.0	5.0	33.4	6.78±1.2	6.84±1.04	6.96±0.95	6.68±1.01	7.04±0.97
5	46.6	15.0	5.0	33.4	6.44±1.26	6.52±1.18	6.62±1.066	6.52±1.03	6.86±0.83
6	41.6	15.0	10.0	33.4	6.4±1.45	5.96±1.51	5.92±1.60	5.90±1.42	5.88±1.49
7	41.6	20.0	5.0	33.4	6.4±1.41	6.18±1.22	6.1±1.52	5.76±1.58	6.12±1.55
8	46.6	15.0	5.0	33.4	6.3±1.3	5.92±1.38	5.86±1.47	5.96±1.43	5.96±1.44
9	36.6	15.0	15.0	33.4	6.3±1.33	5.94±1.37	5.92±1.52	5.8±1.37	5.8±1.37
10	30.0	21.6	15.0	33.4	6.4±1.11	6.4±1.16	6.56±1.2	6.4±1.21	6.64±1.08

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.11 สมการถดถอยถอดรหัสทางประสาทสัมผัส ของเครื่องดื่มผงชงจากข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

	สมการถดถอยถอดรหัส	R^2
สี	= +0.227(A)+1.311(B) +0.556 (C) -0.042(A)(B)-0.017 (A)(C) -0.089(B)(C) +2.778 $x10^{-3}$ (A)(B)(C)	0.93
กลิ่น	= +0.377(A)+2.994(B)+1.263(C)-0.093(A)(B)-0.042 (A)(C)-0.210(B)(C)+6.149 $x10^{-3}$(A)(B)(C)	0.99
รสชาติ	= +0.455(A)+3.895(B)+1.555(C)-0.121(A)(B)-0.052 (A)(C)-0.270(B)(C) +7.837 $x10^{-3}$ (A)(B)(C)	0.95
ความหนืด	= +0.388(A)+3.770(B)+1.218(C)-0.113(A)(B)-0.041 (A)(C)-0.232(B)(C) +6.619 $x10^{-3}$(A)(B)(C)	0.98
ความชอบโดยรวม	= +0.429(A)+3.957(B)+1.519(C)-0.121(A)(B)-0.050 (A)(C)-0.269(B)(C) +7.739 $x10^{-3}$(A)(B)(C)	0.97

หมายเหตุ : A หมายถึง ข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง (puffed GBPR)

B หมายถึง ครีมเทียม (non-dairy creamer)

C หมายถึง นมผงพร่องมันเนย (Skim milk)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.12 คุณภาพของเครื่องดื่มผงชงจากข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง

ค่าคุณภาพ	เครื่องดื่มผงชงจากข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง
คุณภาพทางกายภาพ	
ความสว่างของสี (L*)	66.32±0.03
สีแดง (a*)	5.81±0.03
สีเหลือง (b*)	10.55±0.05
ดรรชนีการละลายน้ำ	78.23±1.50
ดรรชนีการดูดซับน้ำ	1.45±0.03
คุณภาพทางเคมี	
ความชื้น (ร้อยละ)	7.64±0.27
โปรตีน (ร้อยละ)	5.02±0.22
ไขมัน (ร้อยละ)	1.57±0.14
เส้นใย (ร้อยละ)	1.97±0.10
เถ้า (ร้อยละ)	1.90±0.03
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	81.88±0.35
วอเตอร์แอกทิวิตี	0.368±0.01
GABA (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	6.10±0.52
แกมมา-โอรีซานอล (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	8.09±0.04
แอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	6.07±0.25
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	20.20±1.31

ตาราง 4.13 คุณภาพของเครื่องดื่มผงชงจากข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผงผสมน้ำร้อน

ค่าคุณภาพ	เครื่องดื่มผงชงจากข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผงผสมน้ำ (27 กรัม:150 มิลลิลิตร)
คุณภาพทางกายภาพ	
ความสว่างของสี (L*)	36.31±0.37
สีแดง (a*)	5.58±0.16
สีเหลือง (b*)	10.09±0.04
ความหนืด (เซนติพอยส์)	24.57±0.42

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.14 คุณภาพของเครื่องดื่มผงชงจากข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผงเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

คุณภาพทางประสาทสัมผัส[1/]	เครื่องดื่มผงชงข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผง	ผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 1	ผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 2
สี	6.86^{b}±1.00	6.88^{b}±1.20	7.02^{a}±1.33
กลิ่น	6.66^{b}±1.46	6.22^{b}±1.33	7.18^{a}±1.06
รสชาติ	6.76^{b}±1.09	6.14^{c}±1.55	7.28^{a}±1.14
ความหนืด	6.52^{b}±0.65	6.26b^{c}±1.22	6.92^{a}±1.30
ความชอบโดยรวม	6.92^{a}±0.88	6.24^{b}±1.33	7.12^{a}±0.87

หมายเหตุ: [1/] เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพตามแนวนอนอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 4.15 คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มผงชงพร้อมดื่มจากจากข้าวเหนียวก่ำกล้องงอกพองกรอบบดผงเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

สารอาหาร	ร้อยละ Thai RDI		
	เครื่องดื่มผงชงจากข้าวเหนียวก่ำกล้องงอก	ผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 1	ผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 2
โปรตีน	3	2	3
ไขมัน	1	1	1
คาร์โบไฮเดรต	7	8	21
ใยอาหาร	2	2	3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved