วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

วิธีการเตรียมและการอบแห้งต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวฮางงอกจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Method of Preparing and Drying on Physical and Chemical Properties of Germinated Khaohang Rice from KDML105

กรรณิการ์ ห้วยแสน[1*] จิระพันธ์ ห้วยแสน[2] ชาญณรงค์ ชมนาวัง[3]
หนูเดือน สาระบุตร[4] และ พัฒนา พึ่งพันธุ์[5]

[1,3,4]อาจารย์ [2]รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000
[5]อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมข้าวเปลือกและการอบแห้งต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวฮางงอกจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปัจจัยศึกษา 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 การเตรียมข้าวฮางงอกก่อนการอบแห้ง คือ การแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และการแช่เยือกแข็ง -20 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่ 2 เครื่องอบแห้ง 2 แบบ คือ แบบถาดและแบบอินฟราเรด ผลการวิจัย พบว่าการขยายตัว (ร้อยละ) และลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวหุงสุก ไม่มีอิทธิพลร่วมกันของสองปัจจัยและปัจจัยหลักทั้งสอง แต่ปัจจัยเครื่องอบแห้งได้ว่าเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรดให้ข้าวเต็มเมล็ดสูงสุดและค่า Chroma (C*) ต่ำสุด เช่นเดียวกันกับปริมาณสารกาบาในข้าวฮางงอกหุงสุก พบว่ามีอิทธิพลจากปัจจัยหลักโดยเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด มีสารกาบาสูงสุด เท่ากับ 23.37 (มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม) และการเตรียมข้าวฮางงอกโดยการแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง พบว่ามีสารกาบาอยู่ในช่วง 20.50 ถึง 22.21 (มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม) ค่าสมบัติความหนืด น้ำตาลรีดิวซ์ สารฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และแป้งทนย่อยด้วยเอนไซม์ พบว่ามีอิทธิพลร่วมกันของสองปัจจัยที่ศึกษา

Abstract

These researches were to determine the preparing and drying on physical and chemical properties of germinated khaohang rice from KDML105. Two factors on study were preparing germinated khaohang rice (chill at 5 $^{\circ}$C and frozen -20 $^{\circ}$C) and drying method (tray drier and infrared drier). The results on expansion (%) and texture of cooked rice found that there were not significant influence interaction and two main factors. But main factor on infrared drying method were affected to the highest head rice yield (%) and lowest on Chroma (C*). As same as, gamma amino butyric acid (GABA) had the highest 23.37 (mg/100g) and preparing germinated khaohang rice had between 20.50 to 22.21 (mg/100g). The pasting properties, reducing sugar, total phenolic, scavenging activity of DPPH free radical (%) and resistance starch were significant influence interaction.

คำสำคัญ : ข้าวขาวดอกมะลิ 105 การแช่เยือกแข็ง เครื่องอบแห้งแบบถาด อินฟราเรด ข้าวฮางงอก
Keywords : Khoa Dok Mali 105, chill, frozen, tray drier, infrared, germinated Khaohang rice

ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ kunnikarh@yahoo.com โทร. 08 1871 6465

1. บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนานวัตกรรมข้าวไทย ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีของข้าวพบว่าเมล็ดข้าวประกอบด้วย เมล็ดข้าวขาว รำข้าว (เยื่อหุ้มเมล็ด) และเปลือกข้าว เมื่อข้าวเปลือกอยู่ในสภาวะที่มีการเจริญเติบโตจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเมล็ดข้าว การเปลี่ยนแปลงนี้เริ่มขึ้นเมื่อน้ำได้แทรกเข้าไปในเมล็ดข้าวเกิดการกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าว เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอก สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวจะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการทางชีวเคมี จนเกิดเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กลง เช่น โมโนแซคคาไรค์ (mono saccharide) โอลิโกแซคคาไรค์ (oligosaccharide) และน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) นอกจากนี้โปรตีนภายในเมล็ดข้าวจะถูกย่อยให้เกิดเป็นกรดอะมิโนและเปปไทด์ รวมทั้งยังพบการสะสมสารสำคัญต่างๆ เช่น แกมมาออริซานอล (gamma-orazynol) โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโคไตรอีนอล (tocotrienol) โดยเฉพาะสารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด(gamma-aminobutyric acid) หรือสารกาบา, (GABA) สามารถช่วยป้องกันโรคต่างๆ ได้ เช่น โรคอัลไซเมอร์

ข้าวฮาง (Khaohang) เป็นข้าวกล้องชนิดหนึ่งที่ผลิตขึ้นตามกรรมวิธีโบราณตามภูมิปัญญาท้องถิ่นของชาวเผ่าภูไทในภาคอีสาน ทำได้ทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว จากการศึกษาของ Veluppillai *et al*. (2009) พบว่าหลังจากเมล็ดข้าวงอกได้ 4 วัน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และกรดอะมิโนอิสระเพิ่มขึ้น เท่ากับ 50.58 และ 3.69 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ จากการศึกษาของ ทัศนีย์ และคณะ (2551) พบว่าข้าวฮางมีสารประกอบฟีนอลและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าข้าวกล้องงอกและข้าวขาว นอกจากนี้ข้าวฮางยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง (กีรติพร และคณะ ., 2551) ข้าวฮางงอกจัดเป็นข้าวนึ่งงอกซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารกาบา จากค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตข้าวฮางและข้าวฮางงอกที่แตกต่างกัน เช่น การเติมสารเร่งในการแช่ข้าวเปลือก (Bello *et al.,*2004; อภิชาติ อาจนาเจียว (2553) อุณหภูมิและระยะเวลาแช่ข้าวเปลือก อุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้ง (เทวิกา กีรติบูรณะ และ วรนุช ศรีเจษฎารักข์, 2011) ชนิดของเครื่องอบแห้ง (Bualuang *et al*., 2012) ซึ่งส่งผลให้ข้าวฮางและข้าวฮางงอกที่ได้ มีคุณภาพทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างกัน ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ศึกษาวิธีการเตรียมและการอบแห้งต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวฮางงอกจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105

2. วิธีการทดลอง

2.1. วัตถุดิบ

ข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

2.2.1 จากผลการวิจัยก่อนหน้านี้ (กรรณิการ์ และคณะ., 2555) ได้คัดเลือกอุณหภูมิบ่มที่ 40 องศาเซลเซียส และระยะเวลาบ่มนาน 48 ชั่วโมง เพื่อศึกษาผลของกรรมวิธีการอบแห้งโดยมีปัจจัยศึกษา 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 การเตรียมข้าวฮางงอกก่อนการอบแห้ง หลังขั้นตอนการนึ่งจะนำไปผ่านการเก็บนาน 1 วัน ต่างกัน 2 วิธี คือ การแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และการแช่เยือกแข็ง -20 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่ 2 กรรมวิธีการอบแห้ง 2 วิธี คือ การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด อุณหภูมิการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และกรรมวิธีการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด นาน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นบ่มข้าวเปลือกเพื่อกระจายความชื้น 1 คืน แล้วนำไปสีกะเทาะเปลือก แล้วข้าวที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนกระทั่งปริมาณความชื้น ไม่เกินร้อยละ 14 เก็บตัวอย่างใส่ ถุงพลาสติกปิดผนึกสุญญากาศและเก็บที่อุณหภูมิเย็นระหว่างรอการวิเคราะห์

2.2.2 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของข้าวฮางงอก ได้แก่ วัดค่าสี (ระบบ CIELab) และลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวฮางงอกหุงสุก โดยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส วัดแบบ Texture Profile Analysis (TPA), สมบัติทางความหนืด ด้วยเครื่อง Rapid visco analyzer ตามวิธี AACC method 61-02 (2000) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี DNS (3,5 Dinitrosalicylic acid) ปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric (Shen *et*

al., 2009) และความสามารถรีดิวซ์อนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (Brand-Willians *et al*., 1995) ปริมาณแป้งทนย่อยเอนไซม์ ตามวิธี AACC method 32-40.01 (2000) และปริมาณสารกาบา (ดัดแปลง Heems *et al*, 1998) โดยใช้เครื่อง HPLC (SHIMADZU : KYOTO JAPAN) เครื่องตรวจจับ ultraviolet-visual (UV-VIS) คอลัมท์ SUPELCO Analytical: (15cm x 4.5 mm, 3µm) Mobile phase ประกอบด้วย Acetonitrile ต่อ Sodium acetate 20 mM p.H 5.5 เท่ากับ 27:73

2.2.3 จัดหน่วยการทดลองแบบ 2x2 Factorial in Completely Randomized Design เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's multiple-range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการวิเคราะห์การขยายตัว และข้าวเต็มเมล็ด

ผลการวิเคราะห์การขยายตัว และข้าวเต็มเมล็ด พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกันของสองปัจจัยศึกษา และปัจจัยหลักของสองปัจจัยศึกษา ยกเว้นข้าวเต็มเมล็ด ปัจจัยการเตรียมข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง ได้ข้าวเต็มเมล็ดสูงกว่าการแช่เย็น โดยให้ค่าข้าวเต็มเมล็ดสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 88.67 ส่วนปัจจัยศึกษาเกี่ยวกับเครื่องอบแห้ง พบว่าข้าวเปลือกข้าวฮางงอกที่ผ่านการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด ให้ค่าข้าวเต็มเมล็ดสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 97.67 เพราะว่าการอบแห้งแบบอินฟราเรด สามารถแผ่ทะลุเข้าไปในเมล็ดข้าวอย่างรวดเร็ว เกิดการกระจายความร้อนอย่างสม่ำเสมอ ลดปัญหาการเหี่ยวย่นและรอยไหม้ที่ผิวนอก และมีแรงยึดกันอย่างเหนียวแน่นภายนอกเม็ดสตาร์ช ซึ่งการอบแห้งแบบถาดมีการสะสมความร้อนที่ผิวสูงกว่าภายในเมล็ดข้าว จึงเกิดการหดตัวของโครงสร้างภายในเมล็ดข้าวและแยกตัวออกจากผิวที่แข็ง ซึ่งส่งผลให้เกิดรอยร้าวและแตกหักเมล็ดข้าวสูงกว่าการอบแห้งด้วยแสงอินฟราเรด (Tirawanichakul *et al*., 2012, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540) นอกจากนี้ผลจากการแช่เยือกแข็ง อาจทำให้โครงสร้างภายเมล็ดข้าวสุก เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กกว่าการแช่เย็น (Fellows, 2000) อย่างไรก็ตามไม่ผลกระทบต่อค่าการขยายตัว (ร้อยละ) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 3.96 ถึง 4.24 และแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเมล็ดข้าวฮางงอก

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเมล็ดข้าวฮางงอกพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกันของปัจจัยทั้งสองที่ศึกษา (p>0.05) เช่นเดียวกันกับปัจจัยหลัก ยกเว้นค่า Chroma (C*) จะเห็นว่าเครื่องอบแห้งแบบถาดจะมีค่า C* สูงกว่าเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด เนื่องจากการอบแห้งแบบถาดเกิดความร้อนสะสมที่ผิวมากกว่าระบบการอบด้วยแสงอินฟราเรดและการวัดค่าสีจะวัดที่ผิวของเมล็ดข้าว ทำให้ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ค่า chroma เพิ่มขึ้นด้วย (Lamberts *et al*., 2008) จากตารางที่ 1 พบว่าค่าสีของเมล็ดข้าวฮางงอกด้านค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และค่า Hue angle (h°) มีค่าอยู่ในช่วง 53.25 ถึง 54.55, 4.96 ถึง 5.06, 23.61 ถึง 24.59 และ 78.14 ถึง 78.38 ตามลำดับ (p>0.05)

3.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวฮางงอกหุงสุก

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวฮางงอกหุงสุก (ไม่แสดงผลในตาราง) พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกันของสองปัจจัยศึกษาและปัจจัยหลัก (p≤0.05) ยกเว้นค่าความเหนียวติดกันของปัจจัยหลักในการเตรียมข้าวฮางงอกก่อนการอบแห้ง พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง ให้ค่าความเหนียวติดกันสูงสุด เท่ากับ -22.78 (กรัมแรงx มิลลิเมตร) และปัจจัยหลักของชนิดเครื่องอบแห้ง พบว่าตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดมีค่าความความเหนียวยึดติดสูงสุด เท่ากับ 547.04 (กรัมแรง) และแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ทั้งนี้การนำข้าวเปลือกเก็บที่แช่เย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส คุณภาพลักษณะเนื้อสัมผัสด้านค่าแรงที่ใช้ในการกดครั้งแรก (กรัมแรง), ค่าความแข็ง (กรัมแรง), ค่าความยืดหยุ่น (มิลลิเมตร), ค่าความเกาะติดกัน, ค่าความเหนียวยึดติด (กรัมแรง) และค่าพลังงานในการเคี้ยว (กรัมแรงxมิลลิเมตร) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง

1228.63 ถึง 1338.77, 1455.70 ถึง 1457.40, 0.31 ถึง 0.34, .33 ถึง 0.35, 490.66 ถึง 521.66 และ 161.65 ถึง 170.57 ตามลำดับ (p>0.05)เช่นเดียวกันกับผลกรรมวิธีการอบแห้งจากปัจจัยการใช้เครื่องอบแห้งต่างกันคือเครื่องอบแห้งแบบถาดและเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด พบว่าค่าแรงที่ใช้ในการกดครั้งแรก (กรัมแรง), ค่าความแข็ง (กรัมแรง), ค่าความเหนียวติดกัน (กรัมแรงxมิลลิเมตร), ค่าความยืดหยุ่น (มิลลิเมตร), ค่าความเกาะติดกัน และค่าพลังงานในการเคี้ยว (กรัมแรงxมิลลิเมตร) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1212.64 ถึง 1354.77, 1440.60 ถึง 1472.50, -19.63 ถึง -21.77, 0.30 ถึง 0.35, 0.34 ถึง 0.35 และ 161.76 ถึง 170.47 ตามลำดับ(p>0.05)

ตารางที่ 1 แสดงผลวิธีการเตรียมและการอบแห้งต่อค่าสีของข้าวฮางงอก

ปัจจัยที่ศึกษา	ค่าสี				
	L^*	a^*	b^*	C*	h°
ปัจจัยที่ 1 การเตรียมข้าวฮางงอก					
-การแช่เย็น	53.35±0.94	5.01±0.39	24.04±0.87	24.56±0.92	78.25±0.62
-การแช่เยือกแข็ง	54.46±1.74	5.01±0.20	24.16±0.73	24.68±0.73	78.27±0.52
ปัจจัยที่ 2 เครื่องอบแห้ง					
-แบบถาด	54.55±1.60	5.06±0.29	24.59±0.76	25.11±0.79^a	78.38±0.49
-แบบอินฟราเรด	53.25±1.04	4.96±0.32	23.61±0.43	24.13±0.47^b	78.14±0.62

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน: a,b อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งของแต่ละปัจจัยศึกษาแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p≤0.05)

ตารางที่ 2 แสดงค่าความหนืดของแป้งข้าวฮางงอก

สมบัติความหนืด	ปัจจัยที่ศึกษา (การเตรียมข้าวฮางงอก/เครื่องอบแห้ง)			
	Chill/TD	Freeze/TD	Chill/IR	Freeze/IR
ความหนืดสูงสุด (RVU)	123.91±1.75^a	137.36±1.11^a	108.20±14.70^b	123.36±1.62^a
ความคงทนต่อการกวน (RVU)	95.81±0.87^c	111.00±0.65^a	91.59±0.80^d	103.47±1.5^b
ค่าความหนืดลดลง (RVU)	28.11±0.88^a	26.36±1.05^b	8.61±0.47^d	20.25±0.66^c
ความหนืดสุดท้าย (RVU)	167.80±1.14^c	186.03±2.59^a	184.25±1.09^a	176.14±1.77^b
ความหนืดกลับคืน (RVU)	43.89±0.78^d	48.67±2.45^c	84.06±0.37^a	52.42±0.44^b
เวลาความหนืดสูงสุด (นาที)	5.98±0.04^d	6.13±0.00^c	6.35±0.04^a	6.22±0.04^b
อุณหภูมิต่ำสุดที่เม็ดสตาร์ชเริ่มเจลาติไนซ์ (°ซ)	88.48±0.46^c	90.27±0.05^b	91.88±0.07^a	90.25±0.09^b

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน a, b, c อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p≤0.05), Chill=การแช่เย็น, Freeze=การแช่เยือกแข็ง, TD=เครื่องอบแห้งแบบถาด, IR=เครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด, , RVU=Rapid Visco Analyzer

3.4 ผลการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งข้าวฮางงอก

จากตารางที่ 2 พบว่ามีอิทธิพลร่วมกันของสองปัจจัยที่ศึกษา (p≤0.05) โดยข้าวฮางงอกที่ผ่านการแช่เย็นและเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด ให้ค่าความหนืดสูงสุด ความคงทนต่อการกวนและค่าความหนืดลดลง มีค่าต่ำสุด ดังนี้ 108.20, 91.59 และ 8.61 RVU ตามลำดับ ส่วนค่าความหนืดสุดท้าย ความหนืดกลับคืน เวลาความหนืดสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดที่เม็ดสตาร์ชเริ่มเจลาติไนซ์ พบว่าข้าวฮางงอกที่ผ่านการแช่เย็นและเครื่องอบแห้งแบบถาด มีค่าต่ำสุด ดังนี้ 167.80 RVU, 43.89 RVU, 5.98 นาที และ 88.48 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (p≤0.05) สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่าการอบข้าวนึ่งด้วยแสงอินฟราเรด ให้ค่าความหนืดสูงสุดมีค่าต่ำกว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) ค่าความคงทนต่อการกวนลดลง เป็นผลมาจากแสงอินฟราเรดสามารถแผ่ทะลุเข้าภายในโครงสร้างเมล็ดข้าว

เกิดความร้อนอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สตาร์ชแกรนูลเกิดการแตก (Tirawanichakul *et al*., 2012) แอมิโลสออกจากสตาร์ชแกรนูล ทำให้ความหนืดลดลง (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

3.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

จากตารางที่ 3 พบว่ามีอิทธิพลร่วมกันของสองปัจจัยที่ศึกษา ($p \leq 0.05$) โดยการเตรียมข้าวฮางงอกแช่เย็นและเครื่องอบแห้งแบบถาด มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด เท่ากับ 367.92 (มิลลิกรัมต่อกรัม) รองลงมาคือ การแช่เยือกแข็งและเครื่องอบแห้งแบบถาด มีค่าเท่ากับ 354.45 (มิลลิกรัมต่อกรัม) ($p \leq 0.05$) ในขั้นตอนการแช่ข้าวเปลือก พบว่าน้ำตาลซูโครสได้ละลายออกจากชั้นรำข้าวเข้าอยู่ในน้ำแช่ข้าว ต่อจากนั้นเอนไซม์จะย่อยน้ำตาลซูโครส ได้กลูโคสและฟรุกโตส และในระหว่างกระบวนการนึ่งข้าวมีการสร้างน้ำตาลทั้งสองชนิดจากการสลายของสตาร์ช (Lamberts *et al*., 2008) เมื่อนำข้าวเปลือกผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด การส่งผ่านความร้อนแบบนำความร้อน ดังนั้นภายในเมล็ดข้าวยังคงเกิดการสลายของสตาร์ชให้ได้น้ำตาลกลูโกส ทั้งนี้เปรียบเทียบข้าวฮางงอกผ่านการแช่เย็นและเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรดกับข้าวฮางงอกผ่านการแช่เยือกแข็งและเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 238.23 ถึง 247.23 (มิลลิกรัมต่อกรัม)

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์, สารฟีนอลิกทั้งหมด, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และแป้งทนย่อยด้วยเอนไซม์

วิธีการเตรียมและเครื่องอบแห้ง	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)	สารฟีนอลิกทั้งหมด (mgGAE/g)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (ร้อยละ)	แป้งทนย่อยด้วยเอนไซม์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
แช่เย็น 5 ^{0}ซ/แบบถาด	367.92±9.99^a	87.18±3.87^b	12.17±0.65^b	0.72±0.06^c
แช่เย็น 5 ^{0}ซ/แบบอินฟราเรด	238.23±8.39^c	91.59±1.74^b	12.21±1.39^b	1.02±0.01^b
แช่เยือกแข็ง -20 ^{0}ซ/แบบถาด	354.45±9.50^b	94.22±0.86^b	11.74±0.94^b	1.27±0.02^a
แช่เยือกแข็ง -20 ^{0}ซ/แบบอินฟราเรด	247.23±3.31^c	115.51±13.68^a	14.45±1.86^a	1.26±0.02^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน : a, b ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.6 ผลการวิเคราะห์สารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

จากตารางที่ 3 สารฟีนอลิกทั้งหมด (mgGAE/g) พบว่ามีอิทธิพลร่วมกันของสองปัจจัยที่ศึกษา ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างข้าวฮางงอกแช่เยือกแข็งและเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด ให้สารฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าสูงสุด เท่ากับ 115.51 (mgGAE/g) ($p \leq 0.05$) ซึ่งอาจเนื่องจากเก็บข้าวฮางงอกไว้ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งและสมบัติของแสงอินฟราเรดช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของสารฟีนอลิกทั้งหมด อย่างไรก็ตามกลับพบว่าการแช่เย็นและเครื่องอบแห้งแบบถาด, การแช่เย็นและเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด, การแช่เยือกแข็งและเครื่องอบแห้งแบบถาด มีสารฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 87.18 ถึง 94.22 (mgGAE/g) ($p > 0.05$) เช่นเดียวกันกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าข้าวฮางงอกผ่านการแช่เยือกแข็งและเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด มีค่าสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 14.45 ($p \leq 0.05$) โดยข้าวฮางงอกที่ผ่านกรรมวิธีการแช่เย็นและเครื่องอบแห้งแบบถาด, การแช่เย็นและเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด, การแช่เยือกแข็งและเครื่องอบแห้งแบบถาด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH อยู่ในช่วงร้อยละ 11.74 ถึง 12.21 ($p > 0.05$)

3.7 ผลของปริมาณแป้งทนย่อยด้วยเอนไซม์

จากตารางที่ 3 ผลของวิธีการเตรียมข้าวเปลือกงอกและวิธีการอบแห้งต่อแป้งทนย่อยด้วยเอนไซม์ของข้าวฮางงอกหุงสุก จะเห็นว่ามีอิทธิพลร่วมกันของสองปัจจัยที่ศึกษา ซึ่งข้าวฮางงอกแช่เยือกแข็งทั้งผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดและแบบอินฟราเรด มีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 1.26 ถึง 1.27 (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ($p > 0.05$) ในระหว่างการเก็บ ถ้าเจลสตาร์ชถูกทำให้เย็นอย่างรวดเร็วก่อนถึงอุณหภูมิแช่เยือกแข็ง จะส่งผลให้เจล

สตาร์ชมีอัตราการคืนตัวของเจลสตาร์ช (retrogradation) สูงกว่าการทำให้เย็นอย่างช้า (Hsu and Heldman, 2005) ดังนั้นจึงทำให้มีปริมาณแป้งทนย่อยด้วยเอนไซม์ชนิดที่ 3 เพิ่มขึ้น (Leszczynski, 2004, Fuentes-Zaragoza, 2010) แต่ถ้าเก็บเจลสตาร์ชที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน การคืนตัวของเจลสตาร์ชเพิ่มขึ้น (Charoenrein and Udomrati, 2013)

3.8 ผลการวิเคราะห์สารกาบาในข้าวฮางงอกหุงสุก

ตารางที่ 4 แสดงผลของปริมาณสารกาบาในข้าวฮางงอกหุงสุก

ปัจจัยที่ศึกษา	ปริมาณสารกาบา (มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
ปัจจัยที่ 1 การเตรียมข้าวเปลือก	
- การแช่เย็น	22.21±0.22[a]
- การแช่เยือกแข็ง	20.50±0.29[a]
ปัจจัยที่ 2 เครื่องอบแห้ง	
- แบบถาด	19.40±0.22[b]
- แบบอินฟราเรด	23.37±0.09[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน : a, b ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวตั้งของแต่ละปัจจัยศึกษาแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของสองปัจจัยที่ศึกษา ($p>0.05$) แต่มีอิทธิพลเนื่องจากปัจจัยหลัก คือ ชนิดเครื่องอบแห้ง ได้ว่าข้าวฮางงอกที่ผ่านการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด ส่งผลให้ปริมาณสารกาบาสูงสุด เท่ากับ 23.37 (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ซึ่งการเตรียมข้าวฮางงอกโดยการแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง พบว่าให้ปริมาณสารกาบา แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 20.50 ถึง 22.21 (มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม) อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าทุกตัวอย่างอยู่ในมาตรฐาน มกษ. 4003-2555 กำหนดให้ข้าวกล้องงอกต้องมีปริมาณสารกาบา ไม่น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง

4. สรุป

กรรมวิธีการเตรียมและวิธีการอบแห้งข้าวฮางงอก ได้ว่าการเตรียมข้าวเปลือกโดยการแช่เยือกแข็งและเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด มีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดสูงสุด การแช่เย็นและเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด มีค่าความหนืดสูงสุด ความคงทนต่อการกวนและค่าความหนืดลดลงมีค่าต่ำสุด โดยไม่มีผลต่อสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก การเตรียมข้าวฮางงอกแช่เย็นและเครื่องอบแห้งแบบถาด มีน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด (367.92 มิลลิกรัมต่อกรัม) ส่วนข้าวฮางงอกแช่เยือกแข็งและเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด ให้สารฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด (115.51 mgGAE/g) ซึ่งข้าวฮางงอกแช่เยือกแข็งทั้งผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดและแบบอินฟราเรด ปริมาณแป้งทนย่อยด้วยเอนไซม์มีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 1.26 ถึง 1.27 (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) และเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด มีปริมาณสารกาบาสูงสุด (23.37 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) จากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าวิธีเตรียมข้าวฮางงอกโดยการแช่เยือกแข็งและอบแห้งแบบอินฟราเรด จะได้ข้าวฮางงอกที่มีสมบัติทางกายภาพและเคมีที่ต้องการมากที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้จากงบประมาณแผ่นดินปี 2555

6. เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ ห้วยแสน, จิระพันธ์ ห้วยแสน, หนูเดือน สาระบุตร, พัฒนา พึ่งพันธุ์ และแสงเทียน อุดรรุ่ง. 2555. **ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพของข้าวฮางงอกจากข้าวขาวดอกมะลิ 105**การประชุมทางวิชาการเพื่อนำเสนอผลงานวิจัย ครั้งที่ 8 ถักทองานวิจัยท้องถิ่นก้าวไกลสู่สากล เฉลิมพระเกียรติ 60 พรรษา มหาวชิราลงกรณโดยความร่วมมือกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) 14 สิงหาคม 2555 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. (นำเสนอภาคบรรยาย)

กีรติพร วรเศรษฐสิงห์, กสิณา เที่ยงบูรณธรรม, ขนิษฐา ทานี่ฮิล และ จอมพจน์ เกษมรุ่งชัยกิจ. 2551. **ฤทธิ์ต้านมะเร็งของข้าวฮาง**. โครงการโครงงานอุตสาหกรรมและวิจัยสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปี 2551.

ทัศนีย์ ผลไม้, ขนิษฐา ทานี่ฮิล และ จอมพจน์ เกษมรุ่งชัยกิจ. 2551. **ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลของข้าวขาว ข้าวกล้อง ข้าวกล้องงอกและข้าวฮาง**. โครงการโครงงานอุตสาหกรรมและวิจัยสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปี 2551.

เทวิกา กีรติบูรณะ และ วรนุช ศรีเจษฎารักข์. 2011. **ผลของการอบแห้งแบบถาดของข้าวกล้อง ขาวดอกมะลิ 105 งอกต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา gsbooks.gs.kku.ac.th/54/grc12/files/bmp14.pdf (20 มีนาคม 2556).

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540. **การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท**. พิมพ์ครั้งที่ 7 : หนังสือในโครงการส่งเสริมการสร้างตำรา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 338 น.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 1 : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 366 น.

อภิชาติ อาจนาเจียว. 2553. ผลของกระบวนการแช่ที่มีการเติมสารเร่งและการงอกที่มีผลต่อปริมาณสารกาบาในข้าวเปลือกงอกหอมมะลิ 105. **วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น** 37(2): 131-139.

AACC International. 2000. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10th Ed. Methods 44-19 and 61-02A. The Association: St. Paul. MN.

Bello, M., Tolaba, M. P., and Suarez, C. 2004. Factor affecting water uptake of rice grain during soaking. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol**. 37(8): 811-816.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol**., 28 (1): 25-30.

Bualuang, O., Tirawanichakul, Y. and Trawanichakul, S. 2012. Comparative study between hot air and infrared drying on parboiled rice: kinetics and qualities aspects.**Journal of Food Processing and Preservation.** ISSN 1745-4549.

Charoenrein, S. and Udomrati, S. 2013. Retrogradation of waxy rice gel in the vicinity of the glass transition temperature. **International Journal of Food Science.** Article ID 549192, 4 pages.

Fellows, P. 2000. **Food processing technology**. New York: CRC Press. 575 p.

Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M.J, Sanchez-Zapata, E. and Perez-Alvarez, J.A. 2010. Resistant starch as functional ingredient: A review. **Food Research International**.43 (4):931-942.

Heems, D., Luck, G., Fraudeau, C. and Verette, E. 1998. Fully automated precolumn derivatization, on-line dialysis and high performance liquid chromatographic analysis

of amino acids in food, beverages and feedstuff**. Journal of Chromatography** A, 798: 9-17.

Hsu, C.-L. and Heldman, D.R. 2005. Influence of glass transition temperature on rate starch retrogradation during low temperature storage. **Journal of Food Process Engineering**, 28(5): 506-525.

Lamberts, L., Rombouts, I., Kristof Brijs, K., Gebruers, K., and Delcour, J.A. 2008. Impact of parboiling conditions on maillard precursors and indicators in long-grain rice cultivars. **Food Chemistry**, 110(4) : 916–922.

Leszczynski, W. 2004. Resistant starch-Classification, structure, production. **Pol. J. Food Nutr. Sci.** 13/54, SI 1: 37-50.

Tirawanichakul, S., Bualuang, O and Tirawanichakul,Y. 2012.Study of drying kinetics and qualities of two parboiled rice varieties: Hot air convection and infrared irradiation. Songklanakarin **J. Sci. Technol**. 34(5):557-568.

Shen Y., Jin L., Xiao P., Lu Y. and Bao J. 2009. Total phenolics, flavonoids, antioxidation capacity in rice grain their relation to grain color, size and weight. **Journal Cereal Science**. 49: 106-111.

Veluppillai, S., Nithyanantharajah, K., asantharuba, S., Balakumar, S., and Arasaratnam, V. 2009. Biochemical changes associated with geminating rice grains and germination improvement. **Rice Science**. 16(3): 240-242.