

สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอกหุงสุก ในภาชนะพลาสติกอ่อนตัวปิดสนิท

Optimum Conditions of Preparation for the Process of Germinated Hom Nin Organic Brown Rice Product in Retort Pouch

สุนัน ปานสาคร^{1*} และ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์¹
sunan.p@en.rmutt.ac.th^{1*}, Jaturoung.L@en.rmutt.ac.th¹

บทคัดย่อ

สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอก สำหรับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอกหุงสุกในภาชนะพลาสติกอ่อนตัวปิดสนิท โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีประกอบด้วย ค่าสี ($L^*a^*b^*$) ความชื้น ค่าความแข็ง และปริมาณสารกาบา ทั้งก่อนและหลังการเพาะงอก จากนั้นเพิ่มความชื้นของตัวอย่างโดยแช่น้ำควบคุมอุณหภูมิที่ $45\pm 1^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง ร่วมกับการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที พบว่าหลังกระบวนการเพาะงอกข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์มีค่าความชื้นสูงขึ้นและปริมาณสารกาบาเพิ่มขึ้นกว่า 10 เท่า ในขณะที่ค่าสีประกอบด้วยค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และเมื่อนำข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์งอกแช่น้ำที่เวลา 2-4 ชั่วโมง ร่วมกับการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที พบว่าระยะเวลาการแช่เมล็ดข้าวในน้ำที่นานขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มของค่า L^* ค่า a^* ค่าความชื้น ในขณะที่ ค่า b^* และค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลง รวมถึงปริมาณสารกาบาในข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอกมีแนวโน้มลดลง หลังผ่านการแช่น้ำที่นานขึ้นร่วมกับการฆ่าเชื้อ

คำสำคัญ : ข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องงอก ภาชนะพลาสติกอ่อนตัวปิดสนิท ปริมาณสารกาบา

Abstract

The optimum conditions in preparation of germinated Hom Nin organic brown rice product in retort pouch were determined. Changes in physicochemical properties consisting of color values (L^* , a^* , b^*), moisture content, hardness, and GABA content of both brown rice and germinated brown rice were measured and evaluated. Germinated brown rice was soaked in water at $45\pm 1^\circ\text{C}$ for 2 hr, 3

¹อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

hr, and 4 hr, and was subjected to sterilization process at 121°C for 30 min. Results indicated that moisture content and GABA content in germinated rice increased 10 times higher than the regular one, while soaking time did not significantly affect the grain colors (L^* , a^* , b^*). After sterilizing of germinated soaked (2-4 hr) brown rice, the findings revealed that soaking at longer period resulted in the increment of L^* values, a^* values and moisture content. On the contrary, the decrease of b^* values and hardness were observed. In addition, the combination of long-period soaking and sterilization was found to decrease the GABA content in germinated Hom Nin organic brown rice.

Keywords: Hom Nin rice; Germinated brown rice; Retort pouch; GABA content

1. คำนำ

ข้าวเหนียวเป็นอาหารหลักของทั้งคนไทยและคนส่วนใหญ่ในโลก การบริโภคข้าวมีได้หลากหลายรูปแบบทั้งการบริโภคแบบหุงสุกหรือการแปรรูป ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจดูแลสุขภาพมากขึ้น สังเกตได้จากความนิยมด้านการออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานหรือยอดจำหน่ายอาหารเสริมที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด รวมถึงด้านการบริโภคพบว่าความนิยมบริโภคข้าวกล้องมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เป็นที่ทราบกันดีว่าข้าวกล้องคือข้าวที่ไม่ผ่านการขัดสี จึงมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าข้าวขาว ปัจจุบันมีพันธุ์ข้าวชนิดหนึ่งที่กำลังเป็นที่นิยมของกลุ่มผู้รักสุขภาพ ได้แก่ “ข้าวหอมนิล” เป็นข้าวที่มีเมล็ดข้าวกล้องเรียวยาว สีม่วงเข้ม เมื่อหุงสุกจะนุ่มเหนียวและมีกลิ่นหอมมีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบไปด้วยธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม และโพแทสเซียม สูงกว่าข้าวหอมมะลิ 105 [1] โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีสาร “แอนโทไซยานิน” ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมองด้วยการยับยั้งไม่ให้

เลือดจับตัวเป็นก้อนชะลอความเสื่อมของดวงตาช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร [2]

นอกจากนี้ยังมีการนำข้าวหอมนิลมาแปรรูปเป็นข้าวกล้องงอก เป็นที่ทราบกันดีว่าข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice หรือ “GABA-rice”) เมื่อผ่านกระบวนการงอกจะช่วยส่งเสริมให้ข้าวกล้องมีสารอาหารเพิ่มมากขึ้นจากเดิม เช่น โยอาอาหาร กรดไฟติก วิตามินซี วิตามินอี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารกาบา (Gamma aminobutyric acid) ที่ช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน และช่วยในการควบคุมน้ำหนักตัว เป็นต้น และยังพบว่าข้าวกล้องงอกที่หุงสุกมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม รับประทานได้ง่ายกว่าข้าวกล้องธรรมดา [3, 4, 5, 6] การจำหน่ายข้าวกล้องงอกตามท้องตลาดมักพบในรูปแบบข้าวกล้องงอกแห้งที่ผ่านการอบแห้งลดความชื้นก่อนส่งถึงมือผู้บริโภค โดยที่การทำแห้งด้วยอุณหภูมิสูงจะเป็นการทำลายและก่อให้เกิดการสูญเสียของสารกาบาที่เพิ่มขึ้นในข้าวกล้องงอกรวมถึงธาตุฟอสฟอรัสชนิดอื่น ๆ [7] ด้วยเหตุนี้การบริโภคข้าวกล้องงอกสดที่ไม่ผ่านการอบแห้งจะได้คุณประโยชน์สูงกว่าการบริโภคในรูปแบบที่ผ่าน

การอบแห้งแล้ว

ปัจจุบันการใช้ชีวิตของคนส่วนใหญ่อยู่บนพื้นฐานของความเร่งรีบ ดังนั้นการบริโภคอาหารจึงมักอยู่ในกลุ่มอาหารสำเร็จรูปหรือกึ่งสำเร็จรูป เพื่อสะดวกในการรับประทาน ทั้งนี้กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้ศึกษาวิจัยนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่และประยุกต์ดัดแปลงให้เกิดนวัตกรรมเชิงพาณิชย์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มแก่ข้าว หนึ่งในนั้นคือข้าวสำเร็จรูปในถุงรีทอร์ต [8] และมีงานวิจัยทางการแปรรูปข้าวกล้องงอกในกระป๋องโดยใช้ข้าวพันธุ์พื้นเมืองในภาคใต้ ซึ่งได้รับความนิยมจากผู้บริโภคพอสมควร [9] อย่างไรก็ตามด้วยคุณสมบัติของข้าวกล้องหอมนิลงอกอีกทั้งยังไม่มีรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปข้าวกล้องหอมนิลงอกในถุงรีทอร์ต รวมถึงการผลิตข้าวกล้องงอกต้องผ่านการผลิตหลายขั้นตอน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจการแปรรูปข้าวกล้องหอมนิลงอกเป็นผลิตภัณฑ์หุงสุกในภาชนะพลาสติกอ่อนตัวปิดสนิท เพื่อสะดวกในการบริโภคได้คุณค่าทางอาหารสูงสุดจากการบริโภคข้าวกล้องงอก อีกทั้งเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของข้าวอันเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศ อย่างไรก็ตามจากแนวความคิดที่กล่าวมาข้างต้นนี้พบว่าก่อนการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพจำเป็นต้องศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างเพื่อการผลิตข้าวกล้องหอมนิลเฉพาะกึ่งสุกในภาชนะพลาสติกอ่อนตัวปิดสนิท โดยเลือกข้าวหอมนิลออแกนิกส์เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลออแกนิกส์

จัดซื้อข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลออแกนิกส์คุณภาพดี เมล็ดสมบูรณ์ สะอาด นำมาตรวจวัด

คุณสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีเบื้องต้นเพื่อรอการทำอกในขั้นตอนต่อไป

2.2 การเตรียมข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอก

นำข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์แช่น้ำในหม้อต้มน้ำที่อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำข้าวกล้องหอมนิลล้างด้วยน้ำสะอาดและห่อด้วยผ้าขาวบางบรรจุในกล่องพลาสติก ก่อนนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิเดิมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เรียกขั้นตอนนี้ว่า “การบ่ม” ระหว่างกระบวนการบ่มนำข้าวกล้องล้างด้วยน้ำสะอาดทุก 4 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการหมักทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า เมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์งอกที่มีความยาวของจมูกข้าวประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไปพร้อมทั้งตรวจวัดคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพก่อนและหลังกระบวนการงอก

2.3 การปรับคุณภาพข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์งอกด้วยการแช่ในน้ำ

ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการฆ่าเชื้อในภาชนะพลาสติกอ่อนตัวปิดสนิท นำข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์งอกปรับความชื้นด้วยการแช่ในหม้อต้มน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ $45 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักโดยกำหนดน้ำหนักของตัวอย่างข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์งอกหลังการแช่น้ำปริมาณ 150 g ต่อถุง และปิดผนึกให้สนิทก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที หลังการให้ความร้อนนำตัวอย่างมาตรวจวัดคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีต่อไป

2.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

2.4.1 ปริมาณความชื้น

ชั่งน้ำหนักข้าวกล้องหอมนิลจำนวน 2 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง อ้างอิงวิธีการทดสอบจาก AOAC [10]

2.4.2 ค่าสี

วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Model JC801, Tokyo, Japan) รายงานผลในรูปของ L*, a*, b* ซึ่งค่าทั้ง 3 เป็นการแสดงการวัดค่าสีเฉพาะเจาะจงโดยที่ L* คือ ค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าความสว่างมากเมื่อเข้าใกล้ 100 และมีความมืดเมื่อเข้าใกล้ 0 ส่วน a* คือ ค่าความเป็นสีเขียว (Greenness) เมื่อมีค่าเป็นบวก และมีค่าความเป็นสีแดง (Redness) เมื่อมีค่าเป็นลบ และค่า b* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness) เมื่อมีค่าเป็นบวกและค่าความเป็นสีน้ำเงิน (Blueness) เมื่อมีค่าเป็นลบ ซึ่งก่อนทำการวัดค่าสี เครื่องวัดสีจะถูกปรับเทียบความเที่ยงตรงของค่าสีด้วย Standard Calibration Plate ค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 98.11, -0.11 and -0.08 ตามลำดับ

2.4.3 ค่าความแข็ง

ข้าวกล้องหอมนิลลอมแกลนิกส์เพาะงอก หลังผ่านการแช่น้ำ นำไปหุงสุกเพื่อทดสอบค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron

Universal Tester Machine) ตามวิธีการกดแบบ Back extrusion ค่าที่อ่านได้เป็นค่าที่แสดงความแข็งของตัวอย่างข้าวกล้องหอมนิลหุงสุกในหน่วยของนิวตัน [11] และตรวจวัดปริมาณสารกาบา (GABA) อ้างอิงกระบวนการทดสอบจากมาตรฐาน [12]

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ระดับความแตกต่างทางสถิติ 95% (One-way analysis of variance (ANOVA)) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan New's Multiple Range Test (DMRT)

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิตข้าวกล้องหอมนิลลอมแกลนิกส์เพาะงอก

ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมนิลลอมแกลนิกส์เพาะงอกหุงสุกในภาชนะพลาสติกอ่อนตัวปิดสนิท ต้องใช้ข้าวกล้องหอมนิลเพาะงอกเป็นวัตถุดิบหลัก และหลังกระบวนการเพาะงอกได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติในด้านสี ความชื้น และสารกาบา (GABA) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับข้าวกล้องหอมนิลลอมแกลนิกส์ก่อนการเพาะงอก แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวกล้องหอมนิลลอมแกลนิกส์ก่อนและหลังการเพาะงอก

ตัวอย่าง	ค่าสี			ความชื้น (%wb.)	กาบา mg/kg
	L*	a*	b*		
ข้าวกล้อง	15.2±0.01	1.4±0.06	5.3±0.10	13.57±1.95	19.37±0.00
ข้าวกล้องงอก	15.7±0.12	1.6±0.06	5.3±0.10	40.68±0.89	200.84±0.00

ตัวเลขที่ปรากฏในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ (mean± SD)

3.1.1 ค่าสีของข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์ก่อนและหลังการเพาะงอก

ค่าสีนับเป็นปัจจัยหนึ่งของการยอมรับหรือไม่ยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนั้นในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารใด ๆ จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยเรื่องสีของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยแรก ๆ เสมอ ซึ่งจากตารางที่ 1 พบว่าค่าสีของข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์ก่อนการเพาะงอกและหลังการเพาะงอกมีค่าใกล้เคียงกัน นั่นคือเมล็ดข้าวกล้องหอมนิลให้ความสว่างของสี (L^*) อยู่ในกลุ่มค่อนข้างมืด (15-16) ในขณะที่ค่า a^* มีค่า 1.4-1.6 และค่า b^* มีค่าประมาณ 5.3 หรือให้ค่าสีเฉดสีม่วง หมายความว่ากระบวนการงอกไม่ส่งผลใด ๆ ต่อค่าสีของเมล็ดข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์

3.1.2 ความชื้นของข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์ก่อนและหลังการเพาะงอก

ความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหารโดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ อาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่ายเนื่องจากมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้อาหารเสื่อมเสีย อีกทั้งความชื้นมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงความร้อนของอาหารด้านต่าง ๆ ในส่วนกระบวนการเพาะงอกข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์พบว่าปริมาณความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งต่อประสิทธิภาพของการงอก ทั้งนี้หากความชื้นไม่เหมาะสมประสิทธิภาพการงอกจะลดลง [5,6] จากการเปรียบเทียบความชื้นของตัวอย่างข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์ก่อนและหลังการเพาะงอก ซึ่งให้ผลดังตารางที่ 1 พบว่าค่าความชื้นก่อนการเพาะงอกเท่ากับ $13.57 \pm 1.95\%wb.$ และค่าความชื้นหลังการ

เพาะงอกมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ $40.68 \pm 0.89\%wb.$ ทั้งนี้เนื่องจากข้าวกล้องหอมนิลได้ดูดซึมน้ำในระหว่างกระบวนการเพาะงอกทั้งจากการแช่และการบ่ม จึงส่งผลให้ค่าความชื้นเพิ่มขึ้น ซึ่งความชื้นดังกล่าวเหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดข้าว ทั้งนี้สังเกตได้จากเมื่อได้เวลาที่เหมาะสมจมูกของข้าวจะงอกออกมาที่ความยาวประมาณ 1-2 มิลลิเมตร

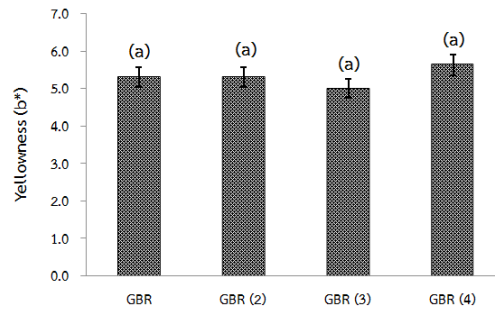
3.1.3 สารกาบาของข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์ก่อนและหลังการเพาะงอก

ในการทดลองนี้ได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณสารกาบา ก่อนการเพาะงอกและหลังการเพาะงอกซึ่งให้ผลดังตารางที่ 1 พบว่าหลังการเพาะงอกข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์มีปริมาณสารกาบาเพิ่มขึ้น 10 เท่า เมื่อเทียบกับข้าวกล้องหอมนิลที่ไม่ผ่านการเพาะงอก (จากปริมาณ 19.37 ± 0.00 mg/kg เพิ่มขึ้นเป็น 200.84 ± 0.00 mg/kg) โดยที่สารกาบาเป็นสารที่มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายในเมล็ดข้าว และถูกสังเคราะห์จากกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชัน (Decarboxylation) ของกรดกลูตามิก (Glutamic Acid) ด้วยเอนไซม์กลูตาเมตคาร์บอกซิเลส (Glutamate Decarboxylase) ซึ่งจะเปลี่ยนจาก กรดแอลกลูตามิก (L-glutamic acid) เป็นสารกาบา [13]

3.2 สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอก

เนื่องด้วยข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์หลังการเพาะงอกมีปริมาณความชื้นค่อนข้างต่ำ สำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมนิลหุงสุก พิจารณาจากผลการทดลองในตารางที่ 1 มีค่าประมาณ $40.68\%wb.$ ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์

เพาะงอกหลังผ่านการฆ่าเชื้อ ดังนั้นก่อนกระบวนการฆ่าเชื้อจึงต้องทำการเพิ่มความชื้นที่เหมาะสมให้กับเมล็ดข้าวกล้องงอกก่อนนำไปบรรจุในถุงเพาะเพื่อรอการฆ่าเชื้อต่อไป ในขั้นตอนนี้จึงได้นำข้าวกล้องหอมนิลเพาะงอกจากขั้นตอนแรก (GBR) แช่ในหม้อต้มน้ำควบคุมอุณหภูมิ ($45\pm 1^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (GBR (2)) 3 ชั่วโมง (GBR (3)) และ 4 ชั่วโมง (GBR (4)) ตามลำดับ เพื่อหาค่าความชื้นที่เหมาะสมและได้ข้าวกล้องหอมนิลเพาะงอกที่มีคุณภาพดี หลังจากนั้นนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที พร้อมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 1 รูปที่ 2 และตารางที่ 2



(ค) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*)

รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของข้าวกล้องหอมนิลออกแกนิคส์เพาะงอกหลังการแช่น้ำที่เวลาต่าง ๆ ร่วมกับการฆ่าเชื้อ

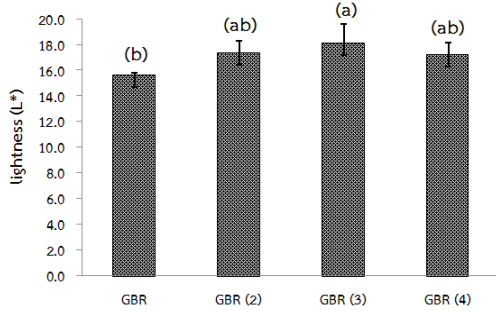
GBR = ข้าวกล้องงอก;

GBR (2) = ข้าวกล้องงอกแช่น้ำ $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ 2 ชม.

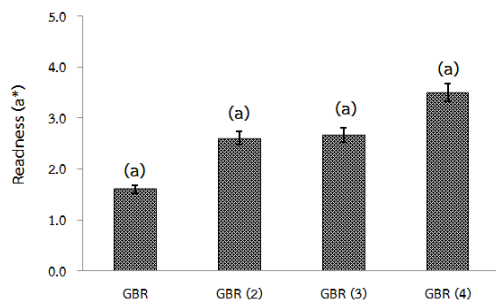
GBR (3) = ข้าวกล้องงอกแช่น้ำ $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ 3 ชม.

GBR (4) = ข้าวกล้องงอกแช่น้ำ $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ 4 ชม.

a,b อักษรต่างกันในแต่ละตัวอย่างหมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ($P<0.05$)



(ก) ค่าความสว่าง (L*)



(ข) ค่าความเป็นสีแดง (a*)

3.2.1 การเปลี่ยนแปลงค่าสี

จากการทดสอบพบว่า การแช่เมล็ดข้าวกล้องหอมนิลออกแกนิคส์เพาะงอกในน้ำที่เวลาต่าง ๆ พร้อมทั้งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีแสดงดังรูปที่ 1 โดยค่า L^* บ่งบอกถึงค่าความสว่างของเมล็ดข้าว จากการทดลองพบว่าข้าวกล้องหอมนิลออกแกนิคส์เพาะงอกมีค่า L^* อยู่ที่ 15.7 ซึ่งให้ค่าในกลุ่มค่อนข้างมืดทั้งนี้ด้วยสีของเมล็ดที่มีสีม่วง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อนำเมล็ดข้าวกล้องงอกไปแช่น้ำที่อุณหภูมิ $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (GBR(2)) และ 3 ชั่วโมง (GBR(3)) ร่วมกับการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที โดยให้ค่า L^* เพิ่มขึ้นเป็น 17.4 และ 18.2 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่า

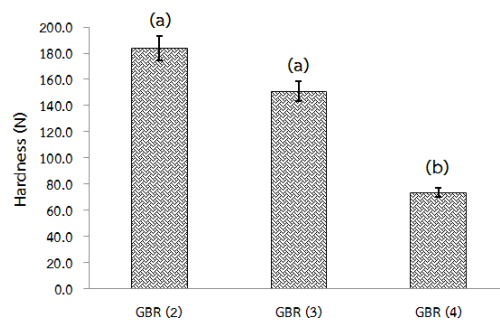
เมื่อการแช่นานขึ้นเป็น 4 ชั่วโมง (GBR(4)) การเปลี่ยนแปลงของความความสว่างของเมล็ดข้าว กลับลดลงเล็กน้อย (17.3) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก เมื่อข้าวกล้องหอมนิลผ่านการแช่น้ำเมล็ดสีที่อยู่ บริเวณผิวด้านนอกของเมล็ดมีการหลุดลอกออกมาโดยสังเกตได้จากน้ำที่แช่จะมีสีม่วงเข้ม ดังนั้นจึงส่งผลให้ค่าความสว่างของเมล็ดข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 2 ถึง 3 ชั่วโมงแรก

ค่า a* บ่งบอกถึงค่าความเป็นสีแดงของเมล็ดข้าว จากการทดลองพบว่าค่า a* ดังรูปที่ 1 มีแนวโน้มของค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่ข้าวกล้องหอมนิล ออแกนิกส์เพาะงอกนานขึ้นในช่วง 2 3 และ 4 ชั่วโมง ซึ่งการแช่เมล็ดข้าวกล้องหอมนิล ในน้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความชื้นดังกล่าว ผลการทดลองที่จะได้กล่าวถึงต่อไป ทั้งนี้พบว่าระหว่างกระบวนการแช่เมล็ดข้าวในน้ำ เมล็ดจะดูดซึมน้ำมากขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นจนเข้าสู่สภาวะสมดุล ขณะเดียวกันก็มีการดูดซึมเม็ดสี (สีม่วง) จากผิวของเมล็ดข้าว หรือจากน้ำที่ผ่านการชะสีจากเมล็ดข้าว เข้าไปยังเมล็ดข้าวด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

ค่า b* บ่งบอกถึงค่าความเป็นสีเหลืองของเมล็ดข้าว จากการทดลองพบว่าเมื่อนำข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอกแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 3 และ 4 ชั่วโมง ร่วมกับการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที ให้ค่า b* ในช่วง 5-6 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า b* ของข้าวกล้องหอมนิลเพาะงอกก่อนการแช่ (5.3) ดังนั้นจึงพบว่าการแช่น้ำที่อุณหภูมิดังกล่าว ในช่วงเวลา 2-4 ชั่วโมง ไม่ส่งผลต่อค่า b* และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

3.2.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็ง

จากการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอกและ หลังการแช่น้ำที่เวลา 2 3 และ 4 ชั่วโมง ร่วมกับการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที แสดงดังรูปที่ 2 โดยทดสอบด้วยเครื่องทดสอบเนื้อสัมผัสอาหาร และนำเสนอค่าของแรงกดในหน่วยนิวตัน (N) พบว่าความแข็งของข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอกที่ผ่านการแช่ในหม้อต้มน้ำอุณหภูมิ $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 3 และ 4 ชั่วโมง ให้ค่าเท่ากับ 183.95 N, 150.95 N และ 73.57 N ตามลำดับ แสดงว่าค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มเวลาการแช่เมล็ดข้าวในน้ำ ส่งผลให้เมล็ดข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอกมีความนุ่มมากขึ้นและสอดคล้องกับค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม การลดลงของค่าความแข็งนี้ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติ ($P>0.05$)



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของข้าวกล้องหอมนิล ออแกนิกส์เพาะงอกหลังการแช่น้ำที่เวลาต่าง ๆ ร่วมกับการฆ่าเชื้อ

GBR = ข้าวกล้องงอก;
 GBR (2) = ข้าวกล้องงอกแช่น้ำ $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ 2 ชม.
 GBR (3) = ข้าวกล้องงอกแช่น้ำ $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ 3 ชม.
 GBR (4) = ข้าวกล้องงอกแช่น้ำ $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ 4 ชม.
 a,b อักษรต่างกันในแต่ละตัวอย่างหมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ($P<0.05$)

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นและสารกาบาของข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องหอมนิลเพาะงอก และ หลังการแช่น้ำที่เวลาต่าง ๆ ร่วมกับการฆ่าเชื้อ

คุณสมบัติ	ตัวอย่าง				
	BR	GBR	GBR(2)	GBR(3)	GBR(4)
ความชื้น (%wb.)	13.57 ^b ±1.95	40.67 ^a ±0.89	42.71 ^a ±2.81	42.86 ^a ±1.66	44.86 ^a ±4.77
กาบา (mg/kg)	19.37 ^e ±0.20	200.84 ^a ±1.03	51.34 ^d ±1.02	117.4 ^b ±1.09	58.0 ^c ±0.07

^{abc}อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT (mean ± SD)

BR = ข้าวกล้อง; GBR = ข้าวกล้องงอก; GBR (2) = ข้าวกล้องงอกแช่น้ำ 45±1°C 2 ชม.

GBR (3) = ข้าวกล้องงอกแช่น้ำ 45±1°C 3 ชม. ; GBR (4) = ข้าวกล้องงอกแช่น้ำ 45±1°C 4 ชม.

3.2.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น

จากการทดลองวัดค่าการเปลี่ยนแปลง ความชื้นของตัวอย่างข้าวกล้องหอมนิล ออแกนิกส์ แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าปริมาณ ความชื้นของข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์ เพาะงอกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นของ การแช่เมล็ดข้าวในน้ำ ความชื้นของข้าวกล้อง หอมนิลออแกนิกส์เท่ากับ 13.57%wb และ เพิ่มขึ้นเป็น 40.67%wb. หลังการเพาะงอก จากนั้นเมื่อผ่านการแช่เมล็ดข้าวในน้ำควบคุม อุณหภูมิที่ 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง ร่วมกับการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที มีค่าเท่ากับ 40.70%wb., 42.68%wb. และ 44.86%wb. ตามลำดับ นั้นหมายความว่า ในระหว่างกระบวนการแช่ เมล็ดข้าวกล้องหอม นิลออแกนิกส์เพาะงอกได้มีการดูดซึมน้ำเข้าไปยัง เมล็ด ส่งผลให้มีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นแต่ไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P > 0.05$) และส่งผลต่อค่าความแข็งซึ่งพบว่ามี แนวนอนลดลง

3.2.4 การเปลี่ยนแปลงของสารกาบา (GABA)

สารกาบาเป็นสารที่มีความเกี่ยวข้องกับ กระบวนการย่อยสลายในเมล็ดข้าว และมักมี ปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเมล็ดข้าวผ่านกระบวนการ งอก จากการทดสอบหาปริมาณสารกาบา แสดง

ดังตารางที่ 2 พบว่าค่าปริมาณสารกาบาของ ข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์ก่อนการเพาะงอก มีค่าเท่ากับ 19.37 mg/kg และเมื่อผ่าน กระบวนการเพาะงอกพบว่าปริมาณสาร กาบาเพิ่มสูงขึ้นกว่า 10 เท่า (200.84 mg/kg) จากนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวกล้อง หอมนิลออแกนิกส์เพาะงอกที่ผ่านการแช่น้ำ ควบคุมอุณหภูมิ 45±1°C ในหม้อต้มน้ำ 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง ร่วมกับการฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที ให้ปริมาณสารกาบาเท่ากับ 51.34 mg/kg, 117.40 mg/kg และ 58.08 mg/kg ตามลำดับ พบว่าเวลาในการแช่น้ำของข้าวกล้องงอกหอมนิล มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารกาบาในช่วงแรก และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาการแช่นานขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระหว่างการแช่น้ำ เมล็ด ข้าวกล้องจะเริ่มงอก สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ใน เมล็ดข้าวจะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการ ทางชีวเคมีจนเกิดเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรต ที่มีโมเลกุลเล็กและน้ำตาลรีดิิวซ์ โปรตีน ภายในเมล็ดข้าวจะถูกย่อยให้เกิดเป็นกรด อะมิโนและเปปไทด์ รวมทั้งพบการสะสมสาร เคมีที่สำคัญ คือ สารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด (Gamma-aminobutyric acid) หรือสาร กาบา (GABA) เมื่อการงอกสิ้นสุดที่เวลาการ แช่น้ำระดับหนึ่งเอนไซม์กาบา ทรานสมีเนส

จะกระตุ้นให้เกิดการผันกลับของกาบาไปเป็น ซักซินิก เซมิแอลดีไฮด์ (Succinic semialdehyde) ส่งผลต่อการลดลงของสารกาบาและ อาจเกิดกระบวนการหมักเกิดขึ้น [14, 15] รวมถึงจากการทดสอบยังพบว่าปริมาณสารกาบาในข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอก มีแนวโน้มลดลงหลังผ่านการแช่น้ำที่ยาวนาน ขึ้นร่วมกับการฆ่าเชื้อ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการ ฆ่าเชื้อต้องผ่านการให้ความร้อนด้วยหม้อฆ่าเชื้อ (Retort) ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที ส่งผลให้ปริมาณสารกาบาลดลง อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารกาบาที่ลดลงนี้ ยังคงมีค่าสูงกว่าข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์ ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการเพาะงอก และแสดง ลักษณะของข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์ เพาะงอกและหลังการแช่น้ำที่เวลาต่าง ๆ ดังรูปที่ 3

4. สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบเพื่อปรับปรุงคุณภาพ ของข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอกโดย การนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิ $45 \pm 1^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 2 3 และ 4 ชั่วโมง ร่วมกับการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที พบว่าคุณสมบัติ ด้านสี ความชื้น และความแข็งที่ให้ผลที่ดีที่สุด กับกระบวนการดังกล่าวนี้คือ การแช่ข้าวกล้อง หอมนิลเพาะงอกที่เวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งเหมาะสม



(ก) ข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอก



(ข) ข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอกหลังการแช่น้ำ 2 ชั่วโมง



(ค) ข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอกหลังการแช่น้ำ 3 ชั่วโมง



(ง) ข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์เพาะงอกหลังการแช่น้ำ 4 ชั่วโมง

รูปที่ 3 ลักษณะของข้าวกล้องหอมนิลออแกนิกส์ เพาะงอกหลังการแช่น้ำที่เวลาต่าง ๆ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ สถานที่ในการทำวิจัย และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Chrispeels, M.L. and E.S. David. 1994. Plants, Genes and Agriculture. Jones and Bartlett Publishers. London. England. 478p.
- [2] Singhasurasak, H. 2014. Rice berry. Available Source: <http://riceberry-rice.blogspot.com/2013/12/blog-post.html>. May, 25, 2014.
- [3] อังคณา เหลืองศิริโรรัตน์ และ เครือวัลย์ อัดตะวีริยะสุข. 2539. เรื่องของเมล็ดข้าวขาว: ความรู้คู่ชาวนา, เอกสารวิชาการครบรอบ 80 ปี, ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี, สถาบันวิจัยข้าว, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- [4] สุนัน ปานสาคร ศราวุฒิ สุขนาค เบญจวรรณ พงษ์ศักดิ์ และ สุกานดา สนมรัมย์. 2553. ศึกษาและออกแบบเครื่องผลิตข้าวกล้องงอกขนาดเล็กในครัวเรือน. วารสารวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตราชภัฏธนบุรี. 8(1): 61-67.
- [5] Varanyanond, W., P. Tungtrskul, V. Surojanametakul, L. Watanasiritham, and W. Luxiang. 2005. Effects of water soaking on gamma-aminobutyric acid (GABA) in germs of different Thai rice varieties. Kasetsart Journal (National Science.), 39 (3): 411-415.
- [6] Komatsuzaki, N., K. Tsukahara, H. Toyoshima, T. Suzuki, N. Shimizu, and T. Kimura. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. Journal of Food Engineering, 78: 556-560.
- [7] สุนัน ปานสาคร จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ กาญจนากลัดแสม และ วรณภัส เชียงทอง. 2556. พัฒนาการกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์งอกร่วมกับการคั่วเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร. วารสารแก่นเกษตร. 41(3): 305-316.
- [8] วรณดี มหรรณพกุล. 2552. เทคโนโลยีการแปรรูปธัญชาติสร้างงาน สร้างเงิน สร้างคุณภาพชีวิต. สำนักเทคโนโลยีชุมชน. 36: 82-83.
- [9] ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาลิก. 2550. การศึกษาคคุณค่าทางโภชนาการและทางยาของข้าวงอกเพื่อเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและอาหารเพื่อสุขภาพ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [10] AOAC. 1990. Official Methods of Analyses of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists.
- [11] Reyes. V.G. and V.K. Jindal. 1989. A small sample back extrusion test for measuring texture of cooked rice. Journal of Food Quality. 13(2): 109-118.
- [12] Mustafa, A., P. Aman, R. Andersson, and A. Kamal-Eldin. 2007. Analysis of free amino acids in cereal products. Food Chemistry. 105(1): 317-324.

- [13] Komatsuzaki, N., K. Tsukahara, H. Toyoshima, T. Suzuki, N. Shimizu, and T. Kimura. 2003. Effect of soaking and gaseous phase sprout processing on the GABA content of pre-germinated brown rice. The American society Society of agricultural Agricultural and biological Biological engineer Engineer. Paper number: 036073.
- [14] Kihara, M., Y. Okada, T. Imure, and K. Ito. 2007. Accumulation and degradation of two functional constituents, GABA and α -Glucan, and their varietals difference germinated barley grains. *Breeding Science*. 57(2): 85-89.
- [15] จารุรัตน์ สันเต วรณช ศรีเจษฎารักษ์ และ รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย. 2550. ผลของกระบวนการแช่และกระบวนการงอกของข้าวกล้อง (หอมมะลิ 105) ต่อปริมาณสารแกมมาอะมิโนบิวเทอริกเอซิดในข้าวกล้องงอก. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 38(6) (พิเศษ): 103-106