

การศึกษาสถานะในการแช่ข้าวฮางอกเพื่อลดการเหม็นหืนของแป้งข้าวฮางอก เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเบเกอรี่

Effects of Soaking Conditions in the Process of Germinated Parboiled Brown Rice (GPBR) on the Reduction of Rancidity in GPBR Flour for Bakery Industry

นฤมล ลอยแก้ว^{1*} เบญจรงค์ วายูภาพ² และ วราพร ลักษณะม้าย²

Narumon Loikaeo^{1*} Benjarak Vayuphar² and Varaporn Laksanalamai²

^{1*} นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะเทคโนโลยีอาหาร วิทยาลัยนวัตกรรมการเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ
มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี 12000

² อาจารย์ที่ปรึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะเทคโนโลยีอาหาร วิทยาลัยนวัตกรรมการเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ
มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี 12000

*Corresponding author, Email: nans.narumon@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานะการแช่น้ำที่ปรับกรดอ่อน (pH 5.6) ด้วย 0.1N กรดซิตริกเพื่อชะลอกิจกรรมไลเปสและศึกษาอายุการเก็บของแป้งข้าวฮางอก โดยเปรียบเทียบกับสถานะการแช่น้ำกรอง (pH 7.0) ตามวิธีของวิสาหกิจชุมชนฯ พบว่าการแช่ข้าวเปลือกในน้ำที่ปรับสถานะเป็นกรดอ่อนและลดระยะเวลาแช่เหลือ 36 ชั่วโมง นำมาเพาะงอก 16 ชั่วโมงและนึ่ง 15 นาที ลดกิจกรรมไลเปสและการเกิด PV และ TBA น้อยกว่าในข้าวฮางอกที่ผ่านกระบวนการผลิตของวิสาหกิจชุมชน สถานะการแช่น้ำที่เป็นกรดอ่อนยังช่วยเพิ่มสารกาบา ซึ่งเป็นสารอาหารสำคัญในข้าวฮางอก แป้งข้าวฮางอกที่ได้จากการข้าวฮางอกทั้งสองสถานะมีอายุการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30°C (ประมาณ 64-67 วัน) อย่างไรก็ตามถ้าอุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น แป้งข้าวฮางอกที่ผ่านกระบวนการแช่น้ำ pH 5.6 มีแนวโน้มที่มีอายุการเก็บได้นานกว่าแป้งข้าวฮางอกที่ผ่านกระบวนการแช่น้ำที่ pH 7.0 วิธีการแช่น้ำสถานะที่เป็นกรดอ่อนจึงเป็นวิธีที่การชะลอกิจกรรมไลเปสได้ระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีวิธีการอื่นๆร่วมด้วยเพื่อลดการเหม็นหืนในแป้งข้าวฮางอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: ข้าวฮางอก การเหม็นหืน อายุการเก็บ

Abstract

The objective of this research is to study the effect of slightly acidic soaked water (pH 5.6 adjusted by 0.1N citric acid) on the inactivation of lipase activity and hence, the prevention of rancidity in GPBR. The shelf life of

GPBR flour is also determined. Results are compared with those of paddy GPBR produced by the method used by the local community (soaking in tap water, pH 7.0). We suggest soaking in slightly acidic water and reducing the time for soaking, germinating (or incubating), and steaming to 36 h, 16 h, and 15 min, respectively. This could decrease the lipase activity, and retard the development of PV and TBA when compared to the local community method. Moreover, the process of soaking in slightly acidic water could promote GABA in GPBR to the highest level. Shelf life of GPBF produced from both methods was slightly different, between 64-67 days at 30°C. When storage temperature increased, a large difference in GPBF shelf life was noticed. Therefore, soaking paddy in slightly acidic water is one technique; however, it may not be the most effective method of preventing lipase activity. Other strategies to improve GPBF storage stability should be studied to inactivate lipoxygenase and lipase activity, thus halting or slowing the early steps of lipid degradation and retard rancidity.

Keywords: Germinated parboiled brown rice (GPBR), rancidity, Shelf life

1. บทนำ

วิสาหกิจชุมชนสกลวาปี จังหวัดสกลนคร เป็นชุมชนหนึ่งที่ผลิตข้าวสาขงอก (GPBR) เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด และข้าวสาขงอกที่ได้นี้ยังมีการนำมาแปรรูปเป็นแป้งข้าวสาขงอกเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเบเกอรี่อย่างไรก็ตามข้าวสาขงอกที่ผลิตด้วยวิธีของชุมชนฯ ประสบปัญหาเกิดกลิ่นเหม็นหืน ข้าวที่มีปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นหืนมากที่สุดคือข้าวหอมมะลิ และเมื่อนำมาแปรรูปเป็นแป้งข้าวสาขงอกก็จะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นของแป้งข้าวสาขงอกเช่นกันจึงมีความต้องการที่จะปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการเหม็นหืน และยังคงรักษาคุณภาพที่ดีของผลิตภัณฑ์แต่ต้องไม่เป็นการเพิ่มต้นทุนค่าใช้จ่ายของวิสาหกิจชุมชน

ข้าวสาขงอกคือข้าวที่เพาะงอกจากข้าวเปลือกจะมีสารอาหารวิตามินแร่ธาตุไฟเบอร์และกลิ่นหอมจากเปลือกมาเคลือบที่เมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นจึงทำให้ข้าวสาขงอกมีสารอาหารมากกว่าข้าวกล้องงอกมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าธัญพืชทั้งหลาย (วุฒิพงษ์ฮามวงศ์, 2557) โดยเฉพาะสารกาบาพบว่าเมื่อภายหลังการงอก

ปริมาณสารกาบาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Saikusa and et al., 1994 ; Komatsuzaki et al., 2007)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตในการที่จะลดกลิ่นเหม็นหืนของข้าวสาขงอก เพื่อนำมาแปรรูปเป็นแป้งข้าวสาขงอกที่มีคุณภาพดีเหมาะสำหรับนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเบเกอรี่ต่อไป

2. วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสภาวะการแช่น้ำที่ปรับกรดอ่อน (pH 5.6) เพื่อชะลอกิจกรรมไลเปสและเพิ่มสารกาบาในข้าวสาขงอก
2. ศึกษาอายุการเก็บแป้งข้าวสาขงอกที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่างๆ

3. อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 การเตรียมข้าวสาขงอกและแป้งข้าวสาขงอก

3.1.1 กระบวนการแช่น้ำ

นำข้าวเปลือกหอมมะลิ 105 แช่น้ำอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:3 โดยใช้ น้ำกรอง (pH 7.0) อีกสภาวะหนึ่งเติมน้ำที่ปรับให้มีความเป็นกรดอ่อน (pH 5.6) ด้วย

สารละลาย 1 N citric acid เป็นเวลานาน 12 – 48 ชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่างทุก 12 ชั่วโมง

3.1.2 กระบวนการบ่ม (เพาะงอก)

นำข้าวซึ่งผ่านกระบวนการในข้อ 3.1.1 มาเพาะงอก เป็นเวลา 4 – 16 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง

3.1.3 กระบวนการนึ่ง

นำข้าวที่ผ่านจากกระบวนการ 3.1.1 และ 3.1.2 มานึ่งเป็นเวลา 5 -15 นาที เก็บตัวอย่างทุก 5 นาที

3.1.4 กระบวนการอบแห้ง และกระบวนการกะเทาะเปลือก

ข้าวที่ผ่านกระบวนการที่ 3.1.1-3.1.3 อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เพื่อลดความชื้นลดลงเหลือ 12% นำไปสีเพื่อเอาเปลือกออก แล้วบดข้าวฮางอกด้วยเครื่องบดแบบค้อนเหวี่ยง (hammer mill) ละเอียดยกร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 80 mesh

3.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

กิจกรรมไลเปส (Hatzinikolaou et al, 1999) ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV: peroxide value) (Horwitz, 2002) ค่าไทโอบาร์บิทริก (TBA: Thiobarbituric acid value) คัดแปลงจากวิธีของ Jayasingh et al. (2003) ปริมาณสารกาบา (GABA :Gamma-aminobutyric acid) คัดแปลงจากวิธีของ Karladee and Suriyong (2012)

3.3 การศึกษาอายุการเก็บแป้งข้าวฮางอก

ศึกษาอายุการเก็บแป้งข้าวฮางอกระหว่างแป้งที่ผลิตตามกระบวนการวิสาหกิจชุมชนและแป้งที่ได้จากกระบวนการผลิตที่ปรับกระบวนการภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 30°-50°C เป็นระยะเวลา 3 เดือน เก็บตัวอย่างทุกๆ 7 วัน วิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางประสาทสัมผัส (กลิ่น) โดยผู้เชี่ยวชาญจากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ด้วยวิธี Ratio profile test

3.4 วิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ($p < 0.05$)

4. ผลการวิจัย

4.1 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมไลเปส ตารางที่ 1 ปริมาณกิจกรรมไลเปสในข้าวหอมมะลิ 105 ที่ผ่านกระบวนการแช่น้ำ สภาวะ

กระบวนการ	เวลา (h)	กิจกรรมไลเปส (mU/ml)	
		pH 7.0	pH 5.6
การแช่	12	1.129 ^{b(ns)} ± 0.28	1.186 ^{b(ns)} ± 0.02
	24	1.380 ^{b(ns)} ± 0.30	1.225 ^{b(ns)} ± 0.30
	36	1.604 ^{ab(ns)} ± 0.33	1.513 ^{ab(ns)} ± 0.25
	48	2.135 ^{a(b)} ± 0.23	1.812 ^{a(b)} ± 0.16
การบ่ม	4	1.531 ^{b(ns)} ± 0.68	1.695 ^{ns(ns)} ± 0.63
	8	2.521 ^{ab(ns)} ± 0.01	1.840 ^{ns(ns)} ± 0.44
	12	3.034 ^{a(ns)} ± 0.70	1.842 ^{ns(ns)} ± 0.54
	16	3.155 ^{a(ns)} ± 0.60	1.860 ^{ns(ns)} ± 0.64
การนึ่ง (นาที)	5*	2.329 ^{a(a)} ± 0.09	1.729 ^{a(b)} ± 0.24
	10	1.092 ^{b(ns)} ± 0.32	1.037 ^{b(ns)} ± 0.20
	15	0.948 ^{b(ns)} ± 0.27	0.785 ^{b(ns)} ± 0.28

ab ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง, (a)(b) ที่แตกต่างกันตามแนวนอน = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.2 วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์

4.3

ตารางที่ 2 ปริมาณ PV ในข้าวหอมมะลิ 105 ที่การแช่ 48 ชั่วโมง

เวลาการแช่ (h)	PV (mEq O ₂ /kg fat)	
	pH 7.0	pH 5.6
12	13.465 ^{c(a)} ± 2.74	1.318 ^{c(b)} ± 0.17
24	18.388 ^{b(a)} ± 2.28	2.979 ^{bc(b)} ± 1.44
36	22.005 ^{a(a)} ± 1.41	4.386 ^{ab(b)} ± 0.72
48	25.188 ^{a(a)} ± 0.84	5.510 ^{a(b)} ± 1.10

a b ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), (a)(b) ที่แตกต่างกันตามแนวนอน

4.4 ปริมาณไทโอบาร์บิทูริก

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงTBAในข้าวหอมมะลิ 105 กระบวนการต่างๆ ทั้ง 2 สภาวะการแช่

กระบวนการ	เวลา*	TBA (mg malonaldehyde/kg sample)	
		pH 7.0	pH 5.6
การต้ม	4	2.028 ^{c(a)} ± 0.16	1.193 ^{b(b)} ± 0.09
	8	2.494 ^{b(a)} ± 0.15	1.293 ^{b(b)} ± 0.03
	12	3.070 ^{a(a)} ± 0.27	1.223 ^{b(b)} ± 0.02
	16	3.225 ^{a(a)} ± 0.18	1.420 ^{a(b)} ± 0.14
การนึ่ง	5	2.851 ^{b(ns)} ± 0.83	2.721 ^{b(ns)} ± 0.00
	10	3.475 ^{b(ns)} ± 0.33	3.329 ^{a(ns)} ± 0.01
	15	4.007 ^{a(a)} ± 0.36	3.380 ^{a(b)} ± 0.03

* หน่วยของเวลาการต้มเป็นชั่วโมง การนึ่งเป็นนาที

a b ที่แตกต่างกันตามแนวนั่ง, (a)(b)ที่แตกต่างกันตามแนวนอน = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

(ns)= ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (p<0.05)

4.5 ปริมาณสารกาบา

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงสารกาบาในข้าวสาขงอกในข้าวหอมมะลิ 105 ที่ผ่านกระบวนการแช่ 2 สภาวะ

กระบวนการ	เวลา (h)	กาบา (mg/100g)	
		pH 7.0	pH 5.6
การแช่	12	9.604 ^{b(a)} ± 0.01	14.583 ^{b(b)} ± 0.02
	24	19.543 ^{a(a)} ± 0.00	21.883 ^{a(b)} ± 0.00
	36	24.089 ^{a(a)} ± 0.04	25.695 ^{a(a)} ± 0.03
	48	19.317 ^{a(a)} ± 0.05	20.741 ^{a(a)} ± 0.03
การต้ม	4	2.882 ^{a(a)} ± 0.02	2.350 ^{d(a)} ± 0.01
	8	3.052 ^{a(a)} ± 0.02	6.646 ^{c(a)} ± 0.00
	12	4.473 ^{a(a)} ± 0.01	8.894 ^{b(b)} ± 0.01
	16	4.654 ^{a(a)} ± 0.00	11.208 ^{a(b)} ± 0.02
การนึ่ง	5*	5.525 ^{a(a)} ± 0.01	9.747 ^{a(b)} ± 0.01
	10	5.366 ^{a(a)} ± 0.01	8.720 ^{a(b)} ± 0.01
	15	5.104 ^{a(a)} ± 0.00	8.564 ^{a(b)} ± 0.02

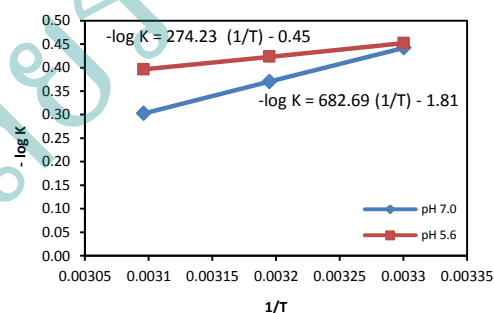
* หน่วยของเวลาการนึ่งเป็นนาที

a b ที่แตกต่างกันตามแนวนั่ง, (a)(b)ที่แตกต่างกันตามแนวนอน = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

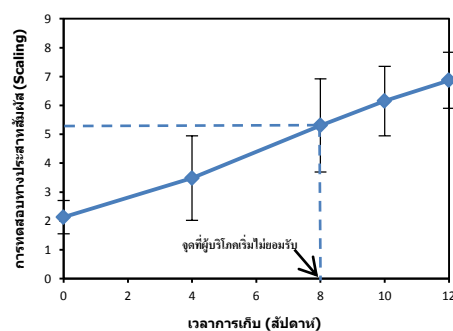
4.5 การศึกษาอายุการเก็บ

ตารางที่ 5 อัตราการเปลี่ยนแปลง TBA ของแป้งข้าวสาขงอกจากการผลิต 2 สภาวะ ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่างๆ

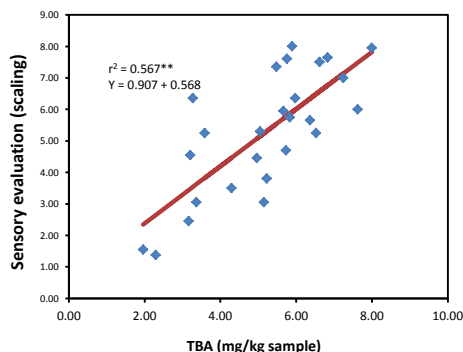
สภาวะน้ำที่แช่	อุณหภูมิการเก็บ (°C)	k (mg.kg ⁻¹ .week ⁻¹)
pH 5.6	30	0.357 (0.97)
	40	0.369 (0.98)
	50	0.407 (0.99)
pH 7.0	30	0.359 (0.96)
	40	0.431 (0.97)
	50	0.495 (0.97)



รูปที่ 1 อายุการเก็บรักษาของแป้งข้าวสาขงอกจากข้าวสาขงอกที่ผ่านกระบวนการผลิต 2 สภาวะ ที่อุณหภูมิ (Kelvin) การเก็บรักษาต่างๆ



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างการประเมินทางประสาทสัมผัสกับอายุการเก็บแป้งข้าวสาขงอก



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการประเมินทางประสาทสัมผัสกับค่า TBA ในแป้งข้าวสางอกที่อายุการเก็บต่างๆ

ตารางที่ 6 การประเมินอายุการเก็บรักษา (วัน) ของแป้งข้าวสางอกที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30°-50°C

อุณหภูมิการเก็บ (°C)	pH 5.6	pH 7.0
30	67	64
40	64	50
50	59	48

5. การอภิปรายผล

5.1 กระบวนการแช่น้ำ

ข้าวที่ผ่านการแช่ที่ระยะเวลาการแช่น้ำในน้ำกรอง ค่ากิจกรรมไลเปสจะสูงกว่าในสถานะที่ปรับเป็นกรดอ่อนที่เวลาการแช่เดียวกัน ผลการทดลองสอดคล้องกับจากงานวิจัยของ Qingciand et al. (1994) ที่กล่าวว่าสถานะที่เหมาะสมต่อค่ากิจกรรมของไลเปสอยู่ที่ 30 - 40°C และที่ pH 7.5 - 8.0 ดังนั้นในสถานะที่เป็นกรดอ่อนจึงมีผลต่อการชะลอกิจกรรมไลเปสที่เวลาการแช่ 48 ชั่วโมง (ตารางที่ 1)

วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์พบว่าระยะเวลาการแช่นานขึ้นจะทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 12 จนถึงชั่วโมงที่ 48 (ตารางที่ 2) ซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของไลเปสที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาในการแช่นานขึ้น

เกิดปฏิกิริยา hydrolysis โดยมีความชื้น ออกซิเจน และแสงเป็นตัวกระตุ้นการทำงาน ทำให้ไตรกลีเซอไรด์ในไขมันและน้ำมันเกิดการสลายตัวได้เป็นไดกลีเซอไรด์ โมโนกลีเซอไรด์กลีเซอรอลและกรดไขมันอิสระตามลำดับ(นิธิยา รัตนাপนนท์, 2541) จากนั้นกรดไขมันอิสระจะถูกออกซิไดส์โดยมีไลพอกซิเจนเนสความร้อนแสง และโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้เป็นสารประเภทไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (สิทธิเกษมทองขงค์และพรณิเดชกำแหง, 2530; Champagne&Hron, 1994) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณ PV ที่สภาวะที่แช่ที่เป็นกรดอ่อนแตกต่างกันมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในทุกๆระยะเวลาการแช่

5.2 กระบวนการบ่ม (เพาะงอก)

เมื่อบ่มข้าวในระยะเวลาที่นานขึ้นเป็นเวลา 16 ชั่วโมง พบว่าค่าของกิจกรรมไลเปสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสำหรับการแช่น้ำกรอง และค่อนข้างคงที่ในสภาวะการแช่ที่ใช้น้ำกรองปรับเป็นกรดอ่อน (ตารางที่ 1)

ในระหว่างการเพาะงอกพบว่า ค่า PV ลดลงเนื่องจาก ค่า PV เป็นสาร 1° oxidation ซึ่งเป็นสารที่ไม่เสถียร สามารถเปลี่ยนเป็นสาร 2° ได้แก่สาร TBA ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกลิ่นเหม็นหืนของข้างสางอกจากการวิเคราะห์ TBA ในข้าวที่ผ่านการบ่มที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสภาวะน้ำกรอง และเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในข้าวที่แช่น้ำสภาวะที่ปรับเป็นกรดอ่อน (ตารางที่ 3) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณ TBA ข้าวที่แช่น้ำสภาวะที่ปรับเป็นกรดอ่อนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในทุกๆระยะเวลาการแช่

5.3 กระบวนการนึ่ง

ผลการทดลองพบว่าข้าวที่ผ่านการนึ่งที่เวลาต่างๆ ในน้ำกรองมีค่ากิจกรรมไลเปสสูงกว่าในสถานะที่ปรับเป็นกรดอ่อนที่เวลาการนึ่งเดียวกัน (ตารางที่ 1) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Meera และ

คณะ (2011) ที่กล่าวว่า แป้งข้าวฟ่าง ที่ให้ความร้อนขึ้นเป็นเวลา 15 นาที ทำให้กิจกรรมไลเปสลดลงและยืดอายุการเก็บรักษาแป้งข้าวฟ่างให้นานขึ้น

ข้าวที่ผ่านการนึ่งที่เวลาต่างๆ พบว่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสภาวะน้ำกรอง และเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในข้าวที่แช่น้ำที่เป็นกรดอ่อน (ตารางที่ 3) โดยข้าวที่แช่สภาวะน้ำที่เป็นกรดอ่อนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระยะเวลาการนึ่ง 15 นาที

ผลการทดลองพบว่า สภาวะการแช่น้ำในสภาวะกรดอ่อนเป็นเวลา 36 ชั่วโมงช่วยทำให้ได้สารกาบาสูงสุดเนื่องจากในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนนั้นทำให้เอนไซม์ GAD ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยน Glutamate ไปเป็น สารกาบา และ CO_2 ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี Zhang et al. (2007) พบว่า เอนไซม์ GAD ในคัพจะข้าวกล้องทำงานได้อย่างเหมาะสมที่ pH 5.5-5.8 โดยในงานวิจัยของ คารุณี ปันคำ (2552) พบว่าที่ pH 5.6 ข้าวกล้องงอกหอมมะลิมีปริมาณสารกาบาสูงที่สุด ดังนั้นข้าวที่แช่ที่ pH 5.6 จึงมีปริมาณสารกาบาสูงกว่าที่ pH 7.0 ในทุกๆ ขั้นตอน

5.4 การศึกษาอายุการเก็บ

สารประกอบ TBA ในแป้งข้าวสางอกที่ได้จากข้าวสางอกที่ผ่านกระบวนการแช่น้ำที่ pH 7.0 และ pH 5.6 มีค่าเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ TBA และระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า เป็นปฏิกิริยาอันดับ 0 (zero order) เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า TBA เพิ่มมากขึ้นในแป้งข้าวสางอกทั้งสองสภาวะ อย่างไรก็ตาม แป้งข้าวสางอกที่ผ่านการแช่น้ำที่ pH 5.6 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA ต่ำกว่าเมื่อผ่านการแช่น้ำที่ pH 7.0 โดยเฉพาะที่อุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจาก 30°C เป็น 50°C (ตารางที่ 5)

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการเก็บรักษา ($r^2 = 0.98^{**}$)
รูปที่ 1) ผู้ประเมินตัดสินใจปฏิเสธแป้งข้าวสางอกที่เก็บไว้เป็นเวลา 8 สัปดาห์

จากการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า มีความสัมพันธ์กับ ค่า TBA ($r^2 = 0.567^{**}$) เมื่อนำผลที่ได้จากการประเมินประสาทสัมผัส และ ความสัมพันธ์กับค่า TBA มาคำนวณค่า TBA ของแป้งข้าวสางอกที่เก็บไว้เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า มีค่า TBA เท่ากับ 5.27 mg/kg sample ดังนั้นจึงสามารถประเมินอายุการเก็บรักษาแป้งข้าวสางอกที่ผ่านกระบวนการผลิตทั้งสองสภาวะ ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30 – 50°C ได้ (ตารางที่ 6)

จากการศึกษาอายุการเก็บแป้งข้าวสางอกที่ได้จากข้าวสางอกที่ผ่านกระบวนการแช่น้ำที่ pH 5.6 และ 7.0 นั้นมีอายุการเก็บไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตาม อายุการเก็บเริ่มแตกต่างกันเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น แสดงว่าถึงแม้ว่าจะมีการกำจัดไลเปสในระหว่างการผลิตข้าวสางอก ด้วยวิธีการลด pH ให้เป็นกรดอ่อน (pH 5.6) และ กระบวนการนึ่งด้วยไอน้ำก็ตาม กระบวนการดังกล่าวไม่สามารถยับยั้งการเกิดกลิ่นเหม็นหืนของแป้งข้าวสางอกได้ จากผลการทดลองพบว่า ค่า TBA มีค่าสูงขึ้นในแป้งข้าวสางอกที่ผ่านกระบวนการผลิตทั้งสองสภาวะ อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บที่อุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณ TBA ที่พบในแป้งข้าวสางอกที่ผ่านการแช่น้ำที่ pH 7.0 มีค่าสูงกว่าในแป้งข้าวสางอกที่ผ่านกระบวนการแช่น้ำที่ปรับ pH ให้เป็นกรดอ่อน

จากผลการทดลองอธิบายได้ว่า ในขณะที่เก็บแป้งข้าวสางอก นั้น ยังคงเกิดปฏิกิริยา hydrolytic rancidity โดยการกระตุ้นของไลเปสที่ยังคงเหลืออยู่ในส่วนของรำข้าว เมื่อนำมาแปรรูปเป็นแป้งข้าวสางอก เมื่อนำมาเก็บรักษาไว้ พบว่าความชื้นเพียง 10 % - 14%

สามารถกระตุ้นการทำงานของไลเปสได้นอกจากนั้นแล้ว ยังเกิดปฏิกิริยา oxidative rancidity จากการทำงานของไลพอกซีจีเนสซึ่งอยู่ในส่วนของรำและ คัพพะของข้าวสางอก ไลพอกซีจีเนสจะเข้าทำปฏิกิริยาที่ methylene group บริเวณพันธะคู่ ของกรดไขมัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยา autooxidation (Galliard, 1986) ปฏิกิริยา autooxidationยังเกิดขึ้นได้จากปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับ Enzyme โดยเกิดจากไขมันและออกซิเจน ซึ่งทั้งสองกลไกนี้เกี่ยวข้องกับกรดไขมัน และ ออกซิเจน ทำให้เกิดสารประกอบ hydroperoxides ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็นสารประกอบพวก ketone, lactones และ furans (McWilliams, 2005) ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงอธิบายได้ว่าแป้งข้าวสางอกยังคงมีไลเปสเหลืออยู่ถึงแม้ว่า จะผ่านกระบวนการยับยั้งไลเปสด้วยการแช่น้ำ pH 5.6 และ ผ่านกระบวนการนึ่งที่ความร้อน 100 °Cเป็นเวลา 15 นาที การเกิดกลิ่นเหม็นหืนในแป้งข้าวสางอกจึงเกิดขึ้นจากทั้งปฏิกิริยา lipolytic rancidity ซึ่งมีไลเปสเป็นตัวกระตุ้น และ ปฏิกิริยา Auto-oxidation โดยมีไลพอกซีจีเนสเป็นตัวกระตุ้น รวมทั้งปฏิกิริยา auto-oxidation โดยปฏิกิริยา non-enzymatic reaction ทำให้แป้งข้าวสางอกทั้งสองสถานะการผลิตมีอายุการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30°C (ประมาณ 64-67วัน) อย่างไรก็ตามถ้าอุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น แป้งข้าวสางอกที่ผ่านกระบวนการแช่น้ำ pH 5.6 มีแนวโน้มที่จะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าแป้งข้าวสางอกที่ผ่านกระบวนการแช่น้ำที่ pH 7.0

6. บทสรุป

การปรับปรุงสถานะการผลิตข้าวสางอกโดยแช่น้ำในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนจะช่วยลดการทำงานของไลเปสตั้งแต่กระบวนการแช่ จนถึงกระบวนการเพาะงอก ซึ่งสามารถลดการเกิดสาร TBA ในข้าวสางอก

ออกได้ในระดับหนึ่งและการแช่น้ำในสภาวะกรดอ่อนทำให้ปริมาณสารคาบาเพิ่มขึ้น ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวสางอกคือแช่น้ำที่เป็นกรดอ่อน (pH 5.6) เป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง และ เพาะงอกเป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามการนำข้าวสางอกมาแปรรูปเป็นแป้งข้าวสางอกนั้นอายุการเก็บรักษาแป้งข้าวสางอกไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำ การชะลอการทำงานของไลเปสด้วยวิธีการแช่น้ำในสภาวะกรดอ่อน เพียงวิธีเดียวจึงยังไม่สามารถยับยั้งการเกิดการเหม็นหืนในแป้งข้าวสางอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องศึกษาวิธีการอื่น ๆ ร่วมกันเพื่อยับยั้งหรือชะลอปฏิกิริยาการเกิดเหม็นหืนทั้งที่เกี่ยวกับเอนไซม์ และไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ รวมทั้งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ และ ภาชนะบรรจุที่เหมาะสม

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และมหาวิทยาลัยรังสิตในการสนับสนุนงบประมาณการวิจัย คณะเทคโนโลยีชีวภาพสำหรับการใช้เครื่องมือ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำ และวิสาหกิจชุมชนสกลวาปี จังหวัดสกลนคร ที่อนุเคราะห์ข้าวที่ใช้ในงานวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

- คารุณี ปันคำ. (2552). ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอกหอมมะลิ 105 เพื่อผลิตข้าวกล้องงอกหุงสุกเร็ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยทักษิณ. สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยรังสิต.
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2541). เคมีนมและผลิตภัณฑ์นม. ปรับปรุงครั้งที่ 2. คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- วุฒิพงษ์ฮามวงศ์. (2557). ข้าวฮาง. สืบค้นจาก:
<http://natres.skc.rmuti.ac.th/kaowhang.pdf>.
 (3 กุมภาพันธ์ 2557)
- ศศิเกษม ทองขงค์ และ พรพนี เดชกำแหง. (2530). เคมี
 อาหารเบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์,
 กรุงเทพฯ.
- Champagne, E. T. and Sr., R. J. Hron. (1994).
 Inhibition of Lipase Activity and Oxidation
 in Brown Rice Products by Extraction with
 Ethanol Containing Chelators/Acidulants.
Cereal Chemistry. 71(5): 483-488.
- Galliard, T., (1986). Hydrolytic and oxidative
 degradation of lipids during storage
 of wholemeal flour: effects of bran and germ
 components. *Journal of Cereal Science*
 4:179-192.
- Hatzinikolaou, D. G., et al. (1999). A novel lipolytic
 activity of *Rhodotorula glutinis* cell:
 production, partial characterization and
 application in the synthesis of esters.
J. Biosci. Bioeng. 88: 53-56.
- Horwitz, W. (2002). Peroxide value of oils and fats. In
 Official Methods of Analysis of AOAC
 International, 17th (ed.), Gaithersburg, MD:
 AOAC International.
- Jayasinghe, C., Gotoh, N., Aoki, T. and Wada,
 (2003). Phenolics Comparison and
 Antioxidant Activity of Sweet Basil
 (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of*
Agricultural and Food Chemistry, 51: 4442–
 4449.
- Karladee, D., and Suriyong, S. (2012). γ -
 Aminobutyric acid (GABA) content in
 different varieties of brown rice during
 germination. *ScienceAsia*. 38: 13-17.
- Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H.,
 Suzuki, T., Shimizu, N., and Kimura, T.
 (2007). Effect of soaking and gaseous
 treatment on GABA content in germinated
 brown rice. *Journal of Food Engineering*. 78:
 556-560.
- McWilliams, M., (2005). Overview of fats and oils. In:
 McWilliams, M. (Ed.), *Foods: Experimental*
Perspectives, fifth ed. Pearson Prentice Hall,
 Upper Saddle River, N.J., pp. 229-244.
- Meera, M.S., Bhashyam, M.K., and Ali, S.Z. (2011).
 “Effect of heat treatment of sorghum grains
 on storage stability of flour.” *Food Science*
and Technology. 44: 2199-2204.
- Qingci H., Wei H., Yong Z., and Chongy C.
 Experimental study on the storage of heat-
 stabilized rice bran. *Proceedings of the 7th.*
International Working Conference on Stored
product Protection. 2: 1685-1688.
- Saikusa, T., Horino, T., and Mori, Y.
 (1994). Accumulation of gamma
 aminobutyric acid (GABA) in the rice germ
 during water soaking. *National Food*
Research. 58: 2291-2292.
- Zhang Y. et al. (2007) “Effect of the absence of
 lipoxygenase isoenzymes on the storage
 characteristics of rice grains.” *Journal of*
Stored Products Research. 4: 87-91.