บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข6 และกข 10 และน้ำสกัดจากพริกหวานคั้นสด

การทดลองศึกษาข้าวเหนียว 2 สายพันธุ์ คือ กข6 และ กข10 โดยวัดค่าสีและค่าปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยวิธีการวัดความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH (เปอร์เซ็นต์) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แสดงผลในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวเหนียวสายพันธุ์ กข6 และกข 10 และน้ำสกัดจากพริกหวานคั้นสด

สมบัติทางเคมีและกายภาพ	ชนิดของวัตถุดิบ		
	ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6	ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 10	น้ำสกัดจากพริกหวานคั้นสด
ค่าสี			
ค่าความสว่าง (L)	61.22 ± 0.23	63.13 ± 0.38	31.30 ± 0.63
ค่าสีแดง-เขียว (a*)	-1.13 ± 0.08	-1.60 ± 0.14	27.37 ± 0.87
ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)	7.78 ± 0.18	7.29 ± 0.62	18.56 ± 1.05
ความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH (เปอร์เซ็นต์)	1.38 ± 0.29	2.46 ± 0.78	93.63 ± 1.80
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	0	0	131.48 ± 5.57

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ผลของปริมาณน้ำสกัดจากพริกหวานที่ใช้แช่ข้าวและเวลาที่ใช้แช่ข้าวที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวเหนียวกลิ่นรสพริกหวาน

การทดลองศึกษาข้าวเหนียว 2 สายพันธุ์ คือ กข6 และ กข10 วัดปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวทั้ง 2 สายพันธุ์ ก่อนและหลังการนึ่ง (ตารางที่ 4.2) จากนั้นวัดปริมาณความชื้น ค่าสี และค่าปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยวิธีการวัดความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6และ กข 10 ที่แช่ในน้ำสกัดจากพริกหวานที่อัตราส่วนข้าวเหนียวต่อปริมาณน้ำสกัดจากพริกหวานเป็น 1:0.25, 1:0.50, 1:0.75 แต่ละอัตราส่วนแช่นาน 1, 2 หรือ 3 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.3-4.4)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 และ กข 10 เปรียบเทียบกันระหว่างก่อนและหลังการนึ่งด้วยไอน้ำร้อน

สายพันธุ์	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	
	ก่อนการนึ่ง	หลังการนึ่ง^{ns}
กข 6	13.02^{a} ± 0.04	37.95 ± 0.72
กข 10	17.87^{b} ± 0.03	37.42 ± 0.50

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และ กข10 ก่อนและหลังการนึ่ง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวสารพันธุ์ กข 10 มีปริมาณความชื้นสูงกว่าพันธุ์ กข 6 ส่วนข้าวเหนียวที่ผ่านการนึ่งทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$) และมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำให้ข้าวสุกเป็นผลจากการใช้ไอน้ำส่งผ่านความร้อน เมื่อเมล็ดข้าวได้รับความ-ร้อนถึงระดับการเกิดเจลาติไนซ์ทำให้โครงสร้างของเมล็ดมีรอยร้าวซึ่งสามารถดูดซับไอน้ำได้ส่งผลให้เมล็ดข้าวหลังการนึ่งมีลักษณะนุ่มขึ้นและมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวพันธุ์ กข 6 ที่แช่ในน้ำสกัดจากพริกหวานที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำสกัดจากพริกหวาน คือ 1:0.25, 1:0.50, 1:0.75 ที่เวลา 1, 2 หรือ 3 ชั่วโมง

ปัจจัย	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ค่าสี			ปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน	
		L	a*	b*	DPPH (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ปัจจัยเดี่ยว (อัตราส่วน)						
1:0.25	$47.31^{a} \pm 0.97$	$56.49^{b} \pm 3.24$	$19.05^{a} \pm 4.44$	$26.70^{a} \pm 1.97$	$42.90^{a} \pm 4.35$	$14.38^{a} \pm 2.81$
1:0.50	$52.54^{b} \pm 1.46$	$51.68^{a} \pm 1.96$	$21.36^{b} \pm 0.86$	$28.77^{b} \pm 2.62$	$66.54^{b} \pm 5.13$	$27.54^{b} \pm 4.76$
1:0.75	$57.63^{c} \pm 1.45$	$52.09^{a} \pm 1.79$	$20.81^{b} \pm 2.12$	$29.40^{c} \pm 2.73$	$92.01^{c} \pm 1.61$	$40.27^{c} \pm 5.66$
ปัจจัยเดี่ยว (เวลา)		ns			ns	
1	$52.90^{b} \pm 4.34$	53.90 ± 3.75	$20.27^{ab} \pm 2.91$	$28.29^{ab} \pm 2.54$	67.10 ± 20.62	$32.06^{c} \pm 12.31$
2	$52.62^{ab} \pm 4.89$	53.18 ± 3.59	$21.62^{b} \pm 3.19$	$29.16^{b} \pm 2.71$	67.60 ± 20.89	$26.58^{b} \pm 11.12$
3	$51.95^{a} \pm 4.58$	53.19 ± 2.24	$19.32^{a} \pm 2.56$	$27.42^{a} \pm 2.65$	66.76 ± 20.96	$23.55^{a} \pm 9.84$

หมายเหตุ a, b, c อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) สมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวพันธุ์ กข 6 ที่แช่ในน้ำสกัดจากพริกหวานที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำสกัดจากพริกหวาน คือ 1:0.25, 1:0.50, 1:0.75 ที่เวลา 1, 2 หรือ 3 ชั่วโมง

ปัจจัย	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ค่าสี			ปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน	
		L	a*	b*	DPPH (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ปัจจัยร่วม (อัตราส่วน × เวลา)	ns	ns	ns	ns	ns	
1:0.25 × 1	47.85 ± 1.12	57.73 ± 2.79	17.93 ± 3.90	25.88 ± 1.09	42.59 ± 3.57	17.19^{b} ± 1.41
1:0.25 × 2	47.28 ± 0.83	56.52 ± 4.02	21.87 ± 5.06	27.89 ± 2.41	43.50 ± 4.86	13.51^{a} ± 2.17
1:0.25 × 3	46.80 ± 0.72	55.22 ± 2.58	17.35 ± 3.11	26.32 ± 1.75	42.59 ± 4.96	12.45^{a} ± 2.24
1:0.50 × 1	52.89 ± 1.02	52.05 ± 3.34	21.36 ± 0.67	28.38 ± 1.86	67.26 ± 4.96	32.82^{e} ± 1.61
1:0.50 × 2	52.92 ± 1.22	51.59 ± 1.02	21.52 ± 1.04	29.66 ± 2.83	66.75 ± 6.10	26.46^{d} ± 2.21
1:0.50 × 3	51.80 ± 1.87	51.41 ± 0.24	21.19 ± 0.90	28.26 ± 3.09	65.62 ± 4.68	23.36^{c} ± 3.73
1:0.75 × 1	57.98 ± 1.07	51.90 ± 1.35	21.53 ± 1.61	30.61 ± 1.93	91.44 ± 1.41	46.19^{g} ± 3.71
1:0.75 × 2	57.66 ± 1.58	51.44 ± 2.44	21.47 ± 2.52	29.92 ± 2.70	92.54 ± 2.01	39.79^{f} ± 1.90
1:0.75 × 3	57.25 ± 1.70	52.94 ± 1.14	19.42 ± 1.58	27.68 ± 2.82	92.08 ± 1.32	34.83^{e} ± 3.71

หมายเหตุ a, b, c,…อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 สมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวพันธุ์ กข 10 ที่แช่ในน้ำสกัดจากพริกหวานที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำสกัดจากพริกหวาน คือ 1:0.25, 1:0.50, 1:0.75 ที่เวลา 1, 2 หรือ 3 ชั่วโมง

ปัจจัย	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ค่าสี			ปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน	
		L	a*	b*	DPPH (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ปัจจัยเดี่ยว (อัตราส่วน)						
1:0.25	$48.21^{a} \pm 0.83$	$55.78^{c} \pm 0.77$	$15.20^{a} \pm 0.95$	$25.09^{a} \pm 1.77$	$44.19^{a} \pm 6.70$	$13.35^{a} \pm 3.22$
1:0.50	$54.00^{b} \pm 1.41$	$53.54^{b} \pm 0.79$	$18.92^{b} \pm 0.82$	$26.73^{b} \pm 1.40$	$60.73^{b} \pm 12.67$	$28.49^{b} \pm 5.93$
1:0.75	$58.69^{c} \pm 1.59$	$51.38^{a} \pm 0.66$	$21.56^{c} \pm 0.82$	$28.72^{c} \pm 1.46$	$78.12^{c} \pm 9.88$	$42.02^{c} \pm 6.43$
ปัจจัยเดี่ยว (เวลา)					ns	
1	$53.82^{b} \pm 4.49$	$53.88^{b} \pm 1.92$	$18.41^{a} \pm 2.59$	$26.50^{a} \pm 1.87$	60.69 ± 17.32	$32.90^{c} \pm 13.95$
2	$54.00^{b} \pm 5.11$	$53.40^{a} \pm 1.82$	$18.92^{b} \pm 2.59$	$27.45^{b} \pm 1.58$	61.02 ± 17.57	$27.20^{b} \pm 12.74$
3	$53.07^{a} \pm 3.96$	$53.42^{a} \pm 2.14$	$18.35^{a} \pm 3.14$	$26.59^{a} \pm 2.74$	61.31 ± 17.07	$23.77^{a} \pm 10.63$

หมายเหตุ a, b, c อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) สมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวพันธุ์ กข 10 ที่แช่ในน้ำสกัดจากพริกหวานที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำสกัดจากพริกหวาน คือ 1:0.25, 1:0.50, 1:0.75 ที่เวลา 1, 2 หรือ 3 ชั่วโมง

ปัจจัย	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ค่าสี			ปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน	
		L	a*	b*	DPPH (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ปัจจัยร่วม (อัตราส่วน × เวลา)			ns		ns	
1:0.25 × 1	$48.31^{a} \pm 0.96$	$56.34^{e} \pm 0.45$	15.11 ± 0.43	$24.56^{ab} \pm 1.06$	43.77 ± 6.48	$16.10^{b} \pm 3.63$
1:0.25 × 2	$48.10^{a} \pm 0.96$	$55.28^{d} \pm 0.71$	15.80 ± 0.85	$26.32^{cd} \pm 1.38$	43.87 ± 5.85	$12.79^{ab} \pm 1.32$
1:0.25 × 3	$48.21^{a} \pm 0.63$	$55.73^{de} \pm 0.76$	14.69 ± 1.16	$24.40^{a} \pm 2.14$	44.93 ± 8.29	$11.18^{a} \pm 2.16$
1:0.50 × 1	$54.25^{b} \pm 0.83$	$53.34^{c} \pm 0.64$	19.06 ± 0.52	$27.06^{cde} \pm 1.64$	61.00 ± 13.21	$35.29^{d} \pm 4.76$
1:0.50 × 2	$54.03^{b} \pm 2.19$	$53.70^{c} \pm 0.79$	19.19 ± 0.92	$27.28^{de} \pm 0.81$	61.02 ± 13.15	$26.50^{c} \pm 2.78$
1:0.50 × 3	$53.72^{b} \pm 0.91$	$53.59^{c} \pm 0.96$	18.51 ± 0.88	$25.83^{bc} \pm 1.28$	60.17 ± 13.16	$23.68^{c} \pm 1.12$
1:0.75 × 1	$58.90^{d} \pm 0.77$	$51.97^{b} \pm 0.28$	21.07 ± 0.86	$27.88^{ef} \pm 0.90$	77.31 ± 11.19	$47.32^{f} \pm 6.19$
1:0.75 × 2	$59.88^{d} \pm 1.03$	$51.22^{a} \pm 0.49$	21.77 ± 0.16	$28.75^{fg} \pm 1.48$	78.18 ± 11.58	$42.30^{e} \pm 5.17$
1:0.75 × 3	$57.29^{c} \pm 1.65$	$50.95^{a} \pm 0.70$	21.84 ± 1.02	$29.54^{g} \pm 1.53$	78.82 ± 7.54	$36.45^{d} \pm 1.59$

หมายเหตุ a, b, c, … อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการวิเคราะห์ข้าวสายพันธุ์ กข 6 และ กข 10 ที่ผ่านการแช่ในน้ำสกัดจากพริกหวานที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำสกัดจากพริกหวานคือ 1:0.25, 1:0.50 และ 1:0.75 พบว่าปริมาณน้ำสกัดจากพริกหวานที่ใช้ในการแช่มีผลต่อปริมาณความชื้น ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง – เขียว (a*) ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) ความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยถ้าอัตราส่วนของข้าวเหนียวต่อน้ำสกัดจากพริกหวานคั้นสดสูงขึ้นจะส่งผลให้มีปริมาณความชื้น ความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น มีค่าความสว่าง (L) ลดลง มีค่าสีแดง (a*)และสีเหลือง (b*) เพิ่มมากขึ้น

ในส่วนของเวลาที่ใช้ในการแช่ข้าวเหนียวในน้ำสกัดจากพริกหวานที่เวลา 1, 2 หรือ 3 ชั่วโมง พบว่า ในข้าวพันธุ์ กข 6 เวลาที่ใช้ในการแช่ที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณความชื้น ค่าสีแดง – เขียว (a*) ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L) และความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH โดยเมื่อใช้เวลาในการแช่ข้าวในน้ำสกัดจากพริกหวานนานขึ้นทำให้มีค่าปริมาณความชื้น ค่าสีแดง – เขียว (a*) ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) และปริมาณฟีนอลิกลดลง ในข้าวพันธุ์ กข 10 พบว่าเวลาที่ใช้แช่ข้าวในน้ำสกัดจากพริกหวานมีผลต่อปริมาณความชื้น ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง – เขียว (a*) ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH โดยเมื่อใช้เวลาในการแช่ข้าวในน้ำสกัดจากพริกหวานนานขึ้นทำให้ปริมาณความชื้น ค่าสีแดง – เขียว (a*) ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*)และปริมาณฟีนอลิก
ลดลง

เมื่อศึกษาถึงผลร่วมระหว่างปัจจัยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำสกัดจากพริกหวานและเวลาในการแช่ข้าวในน้ำสกัดจากพริกหวาน ของข้าวพันธุ์ กข 6 พบว่า ส่งผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณความชื้น ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง – เขียว (a*) ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) และความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH โดยเมื่อมีอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำสกัดจากพริกหวานสูงขึ้นจะส่งผลให้มีค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง – เขียว (a*) ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงขึ้น

เมื่อศึกษาถึงผลร่วมระหว่างปัจจัยอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำสกัดจากพริกหวานและเวลาในการแช่ข้าวในน้ำสกัดจากพริกหวาน ของข้าวพันธุ์ กข 10 พบว่า มีค่าสีแดง – เขียว (a*) และความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่ส่งผลต่อค่าปริมาณความชื้น ค่าความสว่าง (L) ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นปัจจัยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำสกัดจากพริกหวานส่งผลต่อปริมาณความชื้น ค่าสี และปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยเมื่อใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำสกัดจากพริกหวานสูงขึ้นจะส่งผลให้มีปริมาณความชื้นและปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงขึ้น และส่งผลให้มีค่าความสว่าง (L) ลดลง ค่าสีแดง – เขียว (a*) และค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นเวลาในการแช่ข้าวในน้ำสกัดจากพริกหวานที่นานขึ้นส่งผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเกิดออกซิเดชันของสารฟีนอลิกเอง

จากการทดลองพบว่าข้าวเหนียวทั้ง 2 สายพันธุ์ให้ผลด้านปริมาณความชื้น ค่าสี (L, a*, b*) และสมบัติในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันใกล้เคียงกัน สามารถเลือกใช้พันธุ์ใดก็ได้ในการทดลองลองต่อไป อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาสมบัติทั่วไปของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 พบว่า เป็นข้าวเหนียวที่มีความนุ่มเหนียวและคุณภาพในการรับประทานมากกว่า จึงเลือกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป และเมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนน้ำสกัดจากพริกหวานคั้นสดจะพบว่าที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำสกัดจากพริกหวาน คือ 1:0.75 จะมีปริมาณความชื้นของข้าวกลิ่นรสพริกหวานสูงที่สุด มีสีเข้มที่สุดและมีปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในปริมาณที่สูงสุด ส่วนเวลาที่ใช้ในการแช่ข้าวในน้ำสกัดจากพริกหวาน จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่า เวลาในการแช่ส่งผลแต่เฉพาะปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ดังนั้นจึงเลือกเวลาในการแช่ข้าว 1 ชั่วโมง เพื่อเป็นการลดเวลาในกระบวนการแปรรูป

4.3 ผลของกรรมวิธีการทำแห้งแบบลมร้อนต่อสมบัติการคืนรูป คุณค่าทางโภชนาการและปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวาน

การทดลองแปรอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเป็น 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส วัดค่ากิจกรรมของน้ำ ค่าสีและค่าปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยวิธีการวัดเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสาร DPPH และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวาน แสดงผลในตารางที่ 4.5-4.8 ผลของวิธีการคืนรูปด้วยการนึ่งด้วยไอน้ำและคืนรูปด้วยไมโครเวฟที่มีต่อสมบัติทางเคมี กายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวาน แสดงผลในตารางที่ 4.9-4.12 และปริมาณองค์ประกอบทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis) ของข้าวเหนียวและผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวาน แสดงผลในตารางที่ 4.13 – 4.14

ตารางที่ 4.5 ค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw) ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (^{o}ซ)	ค่ากิจกรรมของน้ำ
50	0.393 ^{c} ± 0.008
60	0.338 ^{b} ± 0.006
70	0.358 ^{bc} ± 0.033
80	0.297 ^{a} ± 0.024

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b, c อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 , 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส แล้วนำมาวัดค่ากิจกรรมของน้ำ (Aw) พบว่า ข้าวที่ผ่านการอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีค่ากิจกรรมของน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในระดับต่ำซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ ซึ่งน้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพและการเน่าเสียของอาหาร ดังนั้นการลดปริมาณน้ำอิสระในอาหารให้น้อยที่สุดเพื่อทำให้ค่า Aw ต่ำลงจึงมีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น (นิธิยา, 2549)

ตารางที่ 4.6 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าความสว่าง (L)	ค่าสีแดง – เขียว^{ns} (a*)	ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*)
50	43.22 ^{b} ± 0.36	23.37 ± 1.22	18.88 ^{a} ± 1.10
60	42.45 ^{a} ± 0.13	25.13 ± 0.34	31.69 ^{b} ± 1.05
70	46.42 ^{c} ± 0.61	25.22 ± 1.67	34.88 ^{c} ± 0.55
80	46.27 ^{c} ± 0.31	23.42 ± 1.11	34.86 ^{c} ± 0.67

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

a, b, c อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.7 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานที่ผ่านการอบแห้งและคืนรูปเปรียบเทียบกับข้าวกลิ่นรสพริกหวานที่ไม่ผ่านการอบแห้ง

สภาวะการแปรรูป	ค่าความสว่าง (L)	ค่าสีแดง – เขียว (a*)	ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*)
ข้าวกลิ่นรสพริกหวาน	$51.98^{c} \pm 0.86$	$21.38^{b} \pm 1.16$	$30.72^{d} \pm 0.13$
อบที่ 50 °ซ และคืนรูป	$44.73^{ab} \pm 0.13$	$19.72^{ab} \pm 0.49$	$27.84^{b} \pm 0.00$
อบที่ 60 °ซ และคืนรูป	$42.78^{a} \pm 0.65$	$19.51^{ab} \pm 0.85$	$27.02^{a} \pm 0.02$
อบที่ 70 °ซ และคืนรูป	$47.96^{bc} \pm 1.29$	$18.06^{a} \pm 0.23$	$30.02^{cd} \pm 0.49$
อบที่ 80 °ซ และคืนรูป	$47.76^{abc} \pm 3.96$	$18.18^{a} \pm 0.37$	$29.56^{c} \pm 0.42$

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

a, b, c อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองนำข้าวกลิ่นรสพริกหวานที่ได้ไปอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 , 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวัดค่าสีโดยวัดค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง – เขียว (a*) ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) พบว่า ค่าความสว่างและค่าสีเหลือง - น้ำเงิน ของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งจะมีผลสมบัติด้านสีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องการศึกษาของ Vega (2007) ถึงผลต่ออุณหภูมิในการทำแห้งพริกหวาน โดยพบว่ามีการเกิดการสูญเสียสารสีแดงเนื่องจากการเกิดออโตออกซิเดชัน (Autoxidation) ของแคโรทีนอยด์ซึ่งเมื่อเวลาในการทำแห้งสูงขึ้นส่งผลให้แคโรทีนอยด์ลดลงสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของสีอาจเนื่องมาจากในกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของผลิตภัณฑ์และเปลี่ยนการสะท้อนแสงของสี ซึ่งเกิดจากความร้อนและการเกิดออกซิเดชันในระหว่างการอบแห้ง โดยเฉพาะถ้าใช้เวลาในการอบแห้งนาน ๆ หรือใช้อุณหภูมิสูง ๆ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น นอกจากนั้นในระหว่างการอบแห้ง (นิธิยา, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดลองนำข้าวที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส และผ่านการคืนรูปโดยการนึ่งด้วยไอน้ำ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวัดค่าสีเปรียบเทียบกับข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานที่ไม่ผ่านการอบแห้งและการคืนรูปพบว่า ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง – เขียว (a*) ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวที่ผ่านการอบแห้งและการคืนรูปจะมีค่าความสว่าง(L) มีค่าสีแดง – เขียว (a*) ค่าสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) ลดลงจากข้าวพริกหวานที่ไม่ผ่านการทำแห้ง

ตารางที่ 4.8 ปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานที่ผ่านการอบแห้งและคืนรูปเปรียบเทียบกับข้าวเหนียวกลิ่นรสพริกหวานที่ไม่ผ่านการอบแห้ง

สภาวะการแปรรูป	ความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ตัวอย่างควบคุม	91.64 ^{e} ± 0.62	46.38 ^{c} ± 4.06
ข้าวอบแห้งที่ 50 ^{o}Cและคืนรูป	33.69 ^{b} ± 0.50	15.11 ^{a} ± 0.97
ข้าวอบแห้งที่ 60 ^{o}C และคืนรูป	31.00 ^{a} ± 0.32	17.18 ^{a} ± 0.89
ข้าวอบแห้งที่ 70 ^{o}Cและคืนรูป	44.92 ^{c} ± 1.21	24.43 ^{b} ± 0.04
ข้าวอบแห้งที่ 80 ^{o}Cและคืนรูป	49.65 ^{d} ± 0.99	28.68 ^{b} ± 0.14

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b, c, … อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองหาปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเปรียบเทียบระหว่างข้าวเหนียวกลิ่นรสพริกหวานและข้าวที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิต่าง ๆ และผ่านการคืนรูปด้วยการนึ่งด้วยไอน้ำ พบว่า มีปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าข้าวที่ผ่านการคืนรูปโดยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงเวลาสั้นยังคงมีปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหลงเหลืออยู่สูงที่สุด เนื่องจากการดูดซึมน้ำสกัดจากพริกหวานคั้นสดตั้งแต่ขั้นตอนการแช่ที่อัตราส่วน 1:0.75 นั้น น้ำที่ถูกดูดซึมไว้จะถูกเก็บไว้ในช่องว่างของเมล็ดข้าวที่มีรูพรุนและมีรอยแยก ยังมีในส่วนของการถูกเคลือบไว้ที่ผิวของเมล็ดข้าว เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปอบแห้งแบบลมร้อนปริมาณสารอาหารและวิตามินที่ละลายได้ในไขมันจะมีความคงตัวในอาหารแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(นิธิยา, 2544) ส่วนปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สูญเสียไปนั้นอาจเกิดจากการออกซิเดชันระหว่างการอบแห้งหรือบางส่วนอาจทำปฏิกิริยากับเพอร์ออกไซด์ที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมัน ดังนั้นการลดออกซิเจน การเก็บในอุณหภูมิต่ำและลดปริมาณแสงจะช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันในขั้นตอนการเก็บรักษาได้

จากขั้นตอนดังกล่าวจึงทำการเลือกผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเนื่องจากมีค่ากิจกรรมของน้ำในปริมาณต่ำที่สุด เพราะปริมาณน้ำอิสระเป็นสิ่งสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพและการเน่าเสียของอาหาร นอกจากนั้นการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงเวลาสั้นจะทำให้การสูญเสียสารอาหารลดน้อยลง (นิธิยา, 2545) ด้วยเหตุผลต่าง ๆ ที่เสนอมาจึงเป็นเหตุให้เลือกผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวาน

ตารางที่ 4.9 ปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเปรียบเทียบระหว่างข้าวที่คืนรูปด้วยวิธีนึ่งด้วยไอน้ำและคืนรูปด้วยไมโครเวฟ

ชนิด	ความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
คืนรูปโดยนึ่งด้วยไอน้ำ	49.65 ^{a} ± 0.99	28.68 ^{a} ± 0.14
คืนรูปโดยไมโครเวฟ	45.06 ^{b} ± 2.99	17.50 ^{b} ± 0.81

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาวิธีการคืนรูปข้าวที่ผ่านการอบแห้ง 2 วิธี คือ การคืนรูปด้วยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำและการใช้ไมโครเวฟ โดยวัดปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพื่อชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการคืนรูปต่อคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานและหาวิธีการคืนรูปที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ พบว่าวิธีการคืนรูปโดยการนึ่งด้วยไอน้ำและการคืนรูปโดยการใช้ไมโครเวฟส่งผลต่อปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)โดยข้าวที่ผ่านการคืนรูปด้วยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำมีปริมาณสารป้องกันการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันคงเหลืออยู่สูงกว่าการคืนรูปด้วยไมโครเวฟ ในส่วนของการใช้การคืนรูปด้วยการนึ่งด้วยไอน้ำนั้นมีการนำข้าวอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส ไปแช่ในน้ำที่ท่วมข้าวเป็นเวลา 10 นาที (โดยเวลาที่เลือกใช้ผ่านการศึกษามาแล้วว่าเป็นเวลาที่เหมาะสมในการแช่ข้าวก่อนการคืนรูป) จากนั้นนำข้าวที่แช่ในน้ำมานึ่งด้วยไอน้ำ 15 นาที สารประกอบที่สามารถละลายได้ในน้ำและสารที่เคลือบอยู่บริเวณผิวนอกอาจสูญเสียไปในขั้นการแช่ข้าวแต่สารที่ละลายได้ในไขมันและสารที่ถูกดูดซับไว้ในเมล็ดข้าวตามรูพรุนหรือในช่องว่างจะยังคงอยู่ในเมล็ดข้าวนอกจากนั้นการใช้ไมโครเวฟในการคืนรูปทำให้เมล็ดข้าวมีลักษณะพองตัวมากกว่าเนื่องจากใช้น้ำเป็นตัวส่งผ่านความร้อนและความร้อนที่เกิดขึ้นโดยคลื่นไมโครเวฟอย่างรวดเร็วนั้นอาจทำให้ได้ข้าวที่สุกไม่ทั่วเสมอกันซึ่งเป็นผลจากการกระจายตัวของข้าวในถาดก่อนนำไปใส่ในตู้อบเพื่อทำแห้งทำให้เมล็ดบางส่วนเกาะตัวรวมกันแน่นการให้ความร้อนที่เร็วเกินไปทำให้เมล็ดข้าวที่เกาะตัวกันยังไม่สามารถคืนตัวได้ดีและการที่เมล็ดข้าวมีลักษณะพองตัวมากนั้นทำให้เมล็ดข้าวสูญเสียลักษณะของโครงสร้างที่ดีไปนอกจากนั้นในระหว่างการคืนรูปด้วยไมโครเวฟต้องนำข้าวที่กำลังคืนรูปมากลับบ้างเพื่อให้ร้อนทั่วกันและสุกเสมอกัน

ตารางที่ 4.10 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานที่ผ่านการคืนรูปโดยการนึ่งด้วยไอน้ำและการคืนรูปด้วยไมโครเวฟ

ชนิด	Hardness^{ns} (g)	Adhesiveness (g . sec)	Springiness
คืนรูปนึ่ง	2.48 ± 0.20	-154.96 ^{b} ± 11.74	0.36 ^{b} ± 0.02
คืนรูปไมโครเวฟ	2.71 ± 0.70	-31.42 ^{a} ± 9.56	0.54 ^{a} ± 0.01

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ชนิด	Cohesiveness	Gumminess^{ns}	Chewiness^{ns}
คืนรูปนึ่ง	0.33 ^{a} ± 0.03	0.81 ± 0.12	0.29 ± 0.03
คืนรูปไมโครเวฟ	0.23 ^{b} ± 0.02	0.64 ± 0.12	0.34 ± 0.07

<u>หมายเหตุ</u> ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของการเปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วที่ผ่านการคืนรูป 2 วิธี คือ การคืนรูปด้วยการนึ่งด้วยไอน้ำและการคืนรูปด้วยไมโครเวฟโดย Hardness แสดงค่าความแน่นแข็ง, Gumminess แสดงค่าความเหนียวติดยึด, Chewiness แสดงค่าการเคี้ยว พบว่า ค่าความแน่นแข็ง ค่าความเหนียวติดยึด ค่าการเคี้ยว ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แสดงให้เห็นว่าข้าวที่ได้หลังจากการคืนรูปนั้นมีความแน่นแข็งต่ำ ความเหนียวติดยึดและมีระยะเวลาในการเคี้ยวข้าวจนละเอียดที่คล้ายกัน ส่วน Adhesiveness แสดงค่าความเหนียวคือแรงยึดติดกับสิ่งอื่นส่วนด้วยความเหนียวซึ่งแสดงเป็นค่าลบ พบว่าข้าวที่ผ่านการคืนรูปด้วยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำมีความเหนียวติดกันมากกว่าข้าวที่คืนรูปด้วยไมโครเวฟ Springiness แสดงค่าความยืดหยุ่น พบว่าข้าวที่คืนรูปด้วยการนึ่งด้วยไอน้ำมีความยืดหยุ่นของข้าวน้อยกว่าการคืนรูปด้วยไมโครเวฟเล็กน้อย Cohesiveness ค่าความเกาะติดกันเป็นปริมาณแรงภายในที่ทำให้ข้าวหุงสุกเกาะติดกัน มีผลการวัดจากลักษณะเละแฉะไปจนถึงเหนียว เกาะติดกันสูง พบว่าการคืนรูปด้วยวิธีการนึ่งจะให้ผลการเกาะติดกันที่มากกว่า ข้าวที่ผ่านการคืนรูปด้วยไมโครเวฟ

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวที่ผ่านการคืนรูปด้วยวิธีการนึ่งและการใช้ไมโครเวฟนั้น ให้ผลค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก อาจมีบางลักษณะที่ให้ผลไม่สอดคล้องกัน เช่น ค่าความยืดหยุ่นและค่าความเกาะติดกัน แต่โดยทั่วไปแล้วค่าความแน่นแข็ง ค่าความเหนียวซึ่งแสดงลักษณะที่ดีของข้าวเหนียวและค่าของการเคี้ยวก็ให้ผลไม่แตกต่างกัน และด้วยปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในข้าวที่ผ่านการคืนรูปด้วยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำมีปริมาณสูงกว่าข้าวที่ผ่านการคืนรูปด้วยไมโครเวฟ ดังนั้นจึงเลือกข้าวอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส และผ่านการคืนรูปด้วยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกลิ่นรสพริกหวานที่จะนำไปเปรียบเทียบกับข้าวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานที่ไม่ผ่านการอบแห้งต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.11 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกลิ่นรสพริกหวาน และข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานหลังการคืนรูป

ชนิด	Hardness (g)	Adhesiveness (g . sec)	Springiness
ตัวอย่างควบคุม	$5.53^{a} \pm 0.49$	$-53.41^{a} \pm 13.77$	$0.46^{a} \pm 0.03$
ข้าวเหนียวสุกเร็ว	$2.48^{b} \pm 0.20$	$-154.96^{b} \pm 11.74$	$0.36^{b} \pm 0.02$

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

ชนิด	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
ตัวอย่างควบคุม	$0.68^{a} \pm 0.01$	$3.81^{a} \pm 0.41$	$1.71^{a} \pm 0.18$
ข้าวเหนียวสุกเร็ว	$0.33^{b} \pm 0.03$	$0.81^{b} \pm 0.12$	$0.29^{b} \pm 0.03$

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการนำข้าวกลิ่นรสพริกหวานที่ไม่ผ่านการอบแห้งมาเป็นตัวเปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสไปผ่านการคืนรูปด้วยวิธีการนึ่งโดยนำข้าวที่ผ่านการอบแห้งแล้วมาแช่ในน้ำให้ท่วมข้าวเป็นเวลา 10 นาทีจากนั้นนำไปคืนรูปโดยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำ พบว่า มีค่าความแน่นแข็ง ค่าความเหนียวติดกัน ค่าความยืดหยุ่น ค่าความเกาะติดกัน ค่าความเหนียวติดยืด ค่าของการเคี้ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าข้าวกลิ่นรสพริกหวานที่ไม่ผ่านการทำแห้งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าเมื่อใช้เครื่องมือวัด โดยข้าวพริกหวานมีความนุ่มเหนียว การเกาะตัวกันการยึดติดกันที่ดีกว่าข้าวที่ผ่านการอบแห้งและผ่านการคืนรูปโดยการนึ่งด้วยไอน้ำ ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าเมื่อใช้เครื่องมือในการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าข้าวกลิ่นรสพริกหวานมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.12 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวกลิ่นรสพริกหวาน (ตัวอย่างควบคุม) และข้าวเหนียวกลิ่นรสพริกหวานสุกเร็วหลังการคืนตัวโดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คน

ชนิด	การเกาะตัวของเนื้อสัมผัส	ความเข้มของสี	ความสม่ำเสมอของสี^{ns}
ตัวอย่างควบคุม	$4.10^{b} \pm 1.76$	$2.82^{b} \pm 1.12$	5.66 ± 2.21
ข้าวเหนียวสุกเร็ว	$7.56^{a} \pm 1.23$	$5.66^{a} \pm 0.77$	5.22 ± 1.89

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

ชนิด	กลิ่น	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
ตัวอย่างควบคุม	$4.72^{b} \pm 1.90$	6.14 ± 1.55	5.36 ± 2.01
ข้าวเหนียวสุกเร็ว	$6.92^{a} \pm 1.26$	6.48 ± 1.92	5.48 ± 2.23

หมายเหตุ a, b อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คน โดยเปรียบเทียบกันระหว่างข้าวกลิ่นรสพริกหวานที่ไม่ผ่านการอบแห้งและคืนรูป กับข้าวเหนียวสุกเร็วที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสและผ่านการคืนรูปด้วยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำ พบว่า ความสม่ำเสมอของสี ลักษณะเนื้อสัมผัสความเหนียวนุ่ม และความชอบโดยรวมให้ผลในการทดสอบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แสดงว่าข้าวกลิ่นรสพริกหวานที่ไม่ผ่านการอบแห้งและคืนรูปกับข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานที่ผ่านการคืนรูปแล้วนั้น มีความสม่ำเสมอของสี ลักษณะเนื้อสัมผัสความเหนียวนุ่มและความชอบโดยรวมไม่ต่างกัน ในส่วนของลักษณะการเกาะตัวของเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวกลิ่นรสพริกหวานมีการเกาะตัวเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากข้าวกลิ่นรสพริกหวานมีการผสมกันระหว่างกรัมของข้าวต่อน้ำสกัดจากพริกหวานคั้นสดโดยตรงทำให้ลดลักษณะเหนียวเป็นยางของข้าวเหนียวได้ ส่วนข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานมีการเกาะตัวพอเหมาะ ส่วนค่าความเข้มของสีของข้าวกลิ่นรสพริกหวานและข้าวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวพริกหวานมีสีส้มอ่อน ๆ ในขณะที่ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานมีสีส้มเข้มจนเกือบแดงทั้งนี้เป็นเพราะในขั้นตอนการอบแห้งทำให้ข้าวสุกเร็วมีสีเข้มขึ้น ในส่วนของกลิ่นนั้นพบว่ามีความแตกต่างกันโดยข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

พริกหวานมีกลิ่นพริกปานกลางและข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานมีกลิ่นพริกที่อ่อนลง เนื่องจากในขั้นตอนการอบแห้งทำให้สูญเสียสารให้กลิ่นไป

โดยรวมแล้วพบว่าความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน แต่เนื่องจากข้าวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานมีการเกาะตัวพอเหมาะมากกว่าซึ่งเป็นลักษณะที่ดีของข้าวเหนียวที่ต้องมีการเกาะตัวของข้าว ดังนั้นข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานจึงน่าจะเป็นอีกหนึ่งตัวเลือกในการบริโภคข้าวที่มีพร้อมด้วยคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเหมาะสำหรับยุคปัจจุบันที่ผู้คนหันมาสนใจสุขภาพกันมากขึ้น

ตารางที่ 4.13 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis) ของข้าวเหนียวและผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวาน (dry basis)

ชนิด	โปรตีน (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)
ข้าวเหนียวพันธุ์กข 6	$7.08^{c} \pm 0.03$	$89.70^{d} \pm 0.05$	$0.69^{a} \pm 0.02$
ข้าวเหนียวพันธุ์กข 6 ที่ผ่านการนึ่ง	$6.96^{b} \pm 0.01$	$88.32^{c} \pm 0.24$	$0.90^{a} \pm 0.03$
ข้าวเหนียวกลิ่นรสพริกหวาน	$6.92^{a} \pm 0.02$	$83.28^{b} \pm 1.24$	$3,14^{b} \pm 0.05$
ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานคืนรูป	$8.58^{d} \pm 0.01$	$81.99^{a} \pm 0.27$	$3.65^{c} \pm 0.04$

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

ชนิด	เถ้า (ร้อยละ)	กาก (ร้อยละ)
ข้าวเหนียวพันธุ์กข 6	$0.40^{b} \pm 0.05$	$2.13^{a} \pm 0.03$
ข้าวเหนียวพันธุ์กข 6 ที่ผ่านการนึ่ง	$0.34^{a} \pm 0.02$	$3.48^{b} \pm 0.03$
ข้าวเหนียวกลิ่นรสพริกหวาน	$0.64^{d} \pm 0.03$	$6.02^{c} \pm 0.06$
ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานคืนรูป	$0.58^{c} \pm 0.04$	$4.93^{c} \pm 0.02$

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b, c, … อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.14 ปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวและผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวาน

ชนิด	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
ข้าวเหนียวพันธุ์กข 6	$13.02^{a} \pm 0.04$
ข้าวเหนียวพันธุ์กข 6 ที่ผ่านการนึ่ง	$37.95^{b} \pm 0.22$
ข้าวเหนียวกลิ่นรสพริกหวาน	$57.63^{c} \pm 1.36$
ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานคืนรูป	$49.52^{d} \pm 0.37$

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b, c, … อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis) ของข้าวชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6, ข้าวที่ผ่านการเจลาติไนซ์พันธุ์กข 6, ข้าวกลิ่นรสพริกหวาน, ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวาน พบว่าข้าวทั้ง 4 ชนิดมีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า กาก และความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณโปรตีนทั้งหมดพบว่าในข้าวเหนียวพันธุ์กข 6 มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าในข้าวที่ผ่านการเจลาติไนซ์แล้วและข้าวกลิ่นรสพริกหวาน การที่ข้าวที่ผ่านการเจลาติไนซ์มีโปรตีนลดลงเนื่องจากมีการผ่านกระบวนการให้ความร้อนมาแล้วซึ่งความร้อนทำให้โปรตีนลดลงได้ ในส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่าในข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดรองลงมาได้แก่ข้าวที่ผ่านการเจลาติไนซ์ การลดลงของคาร์โบไฮเดรตอาจเกิดจากในขั้นตอนกระบวนการแช่ข้าวในน้ำซึ่งสามารถทำให้คาร์โบไฮเดตรบางส่วนสูญเสียไป นอกจากนี้การผ่านกระบวนการให้ความร้อนยังทำให้คาร์โบไฮเดรตลดลงได้ ส่วนไขมันมีปริมาณเพิ่มขึ้นในข้าวกลิ่นรสพริกหวานและข้าวเหนียวสุกเร็วเนื่องจากมีการแช่ข้าวในน้ำสกัดจากพริกหวานคั้นสดจึงอาจเป็นสาเหตุให้ข้าวกลิ่นรสพริกหวานและข้าวเหนียวสุกเร็วมีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น โดยในพริกหวานแดงสด 92 กรัมมีไขมันอยู่ 0.17 กรัม ในส่วนของปริมาณเถ้าพบว่าในข้าวกลิ่นรสพริกหวานและข้าวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานมีปริมาณเถ้าสูงขึ้น ซึ่งปริมาณเถ้าที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงการมีเกลือแร่และวิตามินเพิ่มขึ้นในข้าวกลิ่นรสพริกหวานและข้าวเหนียวสุกเร็ว อาจเนื่องมาจากการแช่ข้าวในน้ำสกัดจากพริกหวานคั้นสดโดยในพริกหวานแดงสด 92 กรัม มีปริมาณเกลือแร่และวิตามินอยู่ 0.28 กรัม ในส่วนของปริมาณกากในข้าวกลิ่นรสพริ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หวานมีปริมาณสูงที่สุดและใกล้เคียงกับข้าวเหนียวสุกเร็วเนื่องจากการแช่ข้าวในน้ำสกัดจากพริกหวานคั้นสดซึ่งในพริกหวานแดงสด 92 กรัม มีปริมาณกากอยู่ 1.84 กรัม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณกากเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นพบว่าข้าวเหนียวสุกเร็วมีปริมาณความชื้นลดลงจากตอนเป็นข้าวกลิ่นรสพริกหวานเนื่องจากในขั้นตอนการอบแห้งทำให้มีปริมาณน้ำอิสระลดลงเมื่อคืนรูปจึงมีปริมาณความชื้นสูงกว่าข้าวที่ผ่านการเจลาติไนซ์แต่ก็มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าข้าวกลิ่นรสพริกหวานที่ได้รับการแช่ข้าวในน้ำโดยตรงทำให้มีปริมาณความชื้นสูง

ดังนั้นจากการทำผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสพริกหวานพบว่าทำให้องค์ประกอบทางเคมีในข้าวเปลี่ยนแปลงไปโดยมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับข้าวสุก มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง นอกจากนั้นยังมีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย มีปริมาณกากเพิ่มขึ้นช่วยและยังมีปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ได้ข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีคุณประโยชน์เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved