

ปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาเก็บผ่านไป 5 เดือน ปริมาณโปรตีนของเมล็ดข้าวสารทั้ง 5 สายพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับ งานชิ้น คงเสรี และ Takeshita (2536) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวสาร ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าปริมาณอะไมโลส , โปรตีน, ไขมัน มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก นอกจากนี้จากรายงานของ อรอนงค์ นัยวิกุล (2532) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของข้าวสาร ขณะเก็บรักษาจะไม่เห็นชัดเจนจากผลการวิเคราะห์โดยรวม กล่าวคือ ปริมาณสตาร์ช, อะไมโลส และโปรตีน ใกล้เคียงกับข้าวใหม่ แต่อาจเกิดกระบวนการย่อยสลายภายในเมล็ด เช่น ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณกรดไขมันอิสระที่เพิ่มขึ้นขณะเก็บรักษาจะมีผลให้กลิ่นของข้าวสุกเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการออกซิเดชัน ทำให้เกิดสารประกอบคาร์บอนิลสูงขึ้น เช่น propaldehyde, หรือ acetone-n-valeraldehyde และ n-caproaldehyde ซึ่งเป็นเหตุของการเกิดกลิ่นสาบ (Chikuba and Suzuki, 1970)

**ตารางที่ 10** การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของข้าวสารระหว่างการเก็บรักษา

พันธุ์ข้าว	เวลา (เดือน)	องค์ประกอบ (ร้อยละ) <sup>1</sup>				
		ความชื้น	โปรตีน	อะไมโลส <sup>ns</sup>	ไขมัน <sup>ns</sup>	
KGTLR	0	10.94±0.03 d	7.78±0.09 ab	32.12±0.07	0.40±0.04	
	79133/3/1/2	1	11.18±0.05 c	7.73±0.08 ab	32.17±0.14	0.44±0.04
		2	11.45±0.16 a	7.84±0.05 a	32.15±0.14	0.39±0.06
		3	11.22±0.12 bc	7.70±0.10 ab	32.27±0.15	0.42±0.03
		4	11.37±0.11 ab	7.62±0.06 b	32.25±0.14	0.40±0.12
		5	11.51±0.08 a	7.65±0.15 b	32.24±0.06	0.43±0.04
เจียงพัทลุง	0	11.52±0.07 cd	7.81±0.02 ab	30.89±0.09	0.39±0.04	
	1	11.01±0.07 e	7.93±0.14 ab	30.84±0.10	0.43±0.04	
	2	11.43±0.04 d	7.95±0.12 a	30.76±0.25	0.40±0.01	
	3	11.65±0.06 bc	7.86±0.05 ab	30.93±0.02	0.38±0.03	
	4	11.74±0.05 ab	7.84±0.11 ab	30.79±0.04	0.39±0.04	
	5	11.89±0.09 a	7.77±0.14 b	30.90±0.35	0.42±0.04	

ตารางที่ 10 (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	เวลา (เดือน)	องค์ประกอบ (ร้อยละ) <sup>1</sup>			
		ความชื้น	โปรตีน	อะไมโลส <sup>ns</sup>	ไขมัน <sup>ns</sup>
ดอกพยอม	0	11.47±0.06 d	7.46±0.07 b	26.61±0.07	0.33±0.03
	1	11.92±0.05 c	7.64±0.10 a	26.40±0.32	0.33±0.02
	2	12.05±0.08 c	7.62±0.03 ab	26.60±0.09	0.34±0.03
	3	12.82±0.17 ab	7.55±0.07 ab	26.42±0.06	0.39±0.04
	4	12.76±0.14 b	7.53±0.05 ab	26.51±0.17	0.41±0.03
	5	12.94±0.21 a	7.51±0.07 ab	26.56±0.08	0.38±0.06
เล็บนกปัตตานี	0	11.27±0.08 d	7.35±0.02 ab	31.24±0.10	0.36±0.02
	1	11.88±0.09 c	7.45±0.07 a	31.17±0.26	0.39±0.04
	2	11.93±0.09 c	7.42±0.03 a	31.19±0.08	0.40±0.03
	3	12.11±0.11 b	7.36±0.11 ab	31.25±0.25	0.37±0.03
	4	12.25±0.15 ab	7.39±0.09 ab	31.20±0.16	0.35±0.02
	5	12.29±0.06 a	7.23±0.15 b	31.30±0.10	0.41±0.07
ขาวดอกมะลิ 105	0	10.95±0.07 d	7.42±0.06 ab	18.27±0.07	0.39±0.03
	1	11.85±0.06 ab	7.35±0.11 b	18.37±0.32	0.40±0.09
	2	11.92±0.12 ab	7.39±0.22 ab	18.42±0.09	0.41±0.03
	3	11.63±0.05 c	7.55±0.12 a	18.43±0.06	0.40±0.05
	4	11.84±0.10 b	7.52±0.12 ab	18.31±0.17	0.38±0.04
	5	12.01±0.09 a	7.43±0.09 ab	18.37±0.08	0.37±0.06

<sup>1</sup> หน่วยเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

a, b,... ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งที่พันธุ์ข้าวเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

<sup>ns</sup> ตัวเลขในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

### 3.2.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวสาร

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวสารระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 เดือน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 11 จะเห็นได้ว่าเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ความยาว ความกว้าง และอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวสารทั้ง 5 สายพันธุ์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ในขณะที่ค่าความแข็งของเมล็ดข้าวสารทั้ง 5 สายพันธุ์ มีค่าความแข็งของเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) การที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพ ในเมล็ดข้าวสารระหว่างการเก็บรักษา ทำให้เกิดการปรับสภาพ การละลาย และการเกิดเจลของสตาร์ช และโปรตีนในเมล็ดทำให้ละลายได้น้อยลง กลายเป็นสารที่คงตัวขึ้น และไม่ละลายน้ำมากขึ้น มีผลให้เมล็ดข้าวสารแข็งขึ้น สามารถสังเกตได้จากการนำข้าวสารที่เก็บรักษาไว้ระยะหนึ่งมาหุงต้ม จะพบว่า เมล็ดข้าวสารจะดูดซึมน้ำที่ใช้หุงต้มได้มากขึ้น ทำให้ปริมาตรของข้าวที่หุงสุกสูงกว่าการหุงข้าวใหม่ ลักษณะข้าวสุกจะแข็งและร่วนมากกว่าข้าวใหม่ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532)

**ตารางที่ 11** การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวระหว่างการเก็บรักษา

พันธุ์ข้าว	เวลา (เดือน)	ขนาดของเมล็ดข้าวสาร <sup>1</sup>			ค่าแรงดัดเด็อน <sup>2</sup> นิวตัน
		ความยาว <sup>ns</sup> (มิลลิเมตร)	ความกว้าง <sup>ns</sup> (มิลลิเมตร)	ความยาวต่อ ความกว้าง <sup>ns</sup>	
KGTLR 79133/3/1/2	0	7.05±0.03	2.14±0.01	3.29±0.03	24.79±2.38 b
	1	7.03±0.03	2.16±0.01	3.25±0.03	25.66±1.76 b
	2	7.05±0.04	2.18±0.01	3.23±0.04	25.95±2.64 ab
	3	7.02±0.04	2.19±0.01	3.21±0.03	26.65±1.96 a
	4	7.04±0.03	2.19±0.01	3.21±0.02	26.69±2.86 a
	5	7.08±0.03	2.17±0.01	3.26±0.03	26.79±2.79 a
เจียงพัทลุง	0	6.67±0.03	1.98±0.01	3.37±0.03	22.75±1.96 b
	1	6.65±0.03	1.98±0.01	3.36±0.02	23.82±2.36 ab
	2	6.55±0.04	1.94±0.01	3.38±0.04	24.36±2.08 a
	3	6.66±0.03	1.98±0.01	3.36±0.03	24.53±2.18 a
	4	6.58±0.05	1.98±0.01	3.32±0.03	24.82±1.89 a
	5	6.66±0.03	1.98±0.01	3.36±0.03	25.35±2.80 a

ตารางที่ 11 (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	เวลา (เดือน)	ขนาดของเมล็ดข้าวสาร			ค่าแรงตัดเฉือน
		ความยาว <sup>ns</sup> (มิลลิเมตร)	ความกว้าง <sup>ns</sup> (มิลลิเมตร)	ความยาวต่อ ความกว้าง <sup>ns</sup>	
ดอกพยอม	0	7.19±0.04	1.92±0.01	3.74±0.03	17.52±2.61 c
	1	7.13±0.04	1.96±0.01	6.64±0.06	17.63±1.85 c
	2	7.02±0.04	1.91±0.01	3.68±0.04	18.78±2.06 bc
	3	7.03±0.04	1.92±0.01	3.66±0.03	19.67±1.53 ab
	4	7.09±0.04	1.93±0.01	3.67±0.04	20.62±2.19 a
	5	7.13±0.03	1.96±0.01	3.64±0.04	20.94±2.66 a
เล็บนกปัตตานี	0	5.61±0.03	1.87±0.01	3.01±0.03	19.78±2.36 b
	1	5.72±0.03	1.88±0.01	3.04±0.03	19.79±2.45 b
	2	5.71±0.03	1.87±0.01	3.05±0.04	20.86±2.19 ab
	3	5.58±0.03	1.86±0.01	3.01±0.03	21.41±2.73 a
	4	5.66±0.02	1.88±0.01	3.01±0.03	21.78±2.19 a
	5	5.73±0.03	1.88±0.01	3.05±0.03	21.92±3.19 a
ขาวดอกมะลิ 105	0	7.15±0.04	1.99±0.01	3.59±0.05	19.97±2.05 c
	1	7.18±0.04	2.02±0.01	3.55±0.04	20.63±2.31 bc
	2	7.12±0.03	1.99±0.01	3.58±0.03	20.87±3.09 bc
	3	7.13±0.04	1.99±0.02	3.58±0.03	21.44±1.93 abc
	4	7.12±0.04	2.00±0.01	3.56±0.04	21.65±2.42 ab
	5	7.13±0.03	2.02±0.01	3.53±0.04	22.58±2.13 a

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 50 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งที่พันธุ์ข้าวเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

<sup>2</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 20 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งที่พันธุ์ข้าวเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

<sup>ns</sup> ตัวเลขในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

### 3.3 อายุการเก็บรักษาเมล็ดข้าวที่มีผลต่อการงอกตัว

เมื่อนำเมล็ดข้าวสารทั้ง 5 สายพันธุ์ที่เก็บรักษาระยะเวลาต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 5 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง โดยสุ่มตัวอย่างทุก ๆ 1 เดือน ทดสอบการงอกตัวโดยวิธีการทอด ที่ระดับความชื้น ร้อยละ 10, 12 และ 14 ที่อุณหภูมิ 180, 190 และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วินาที แสดงผลใน ตารางที่ 12 – 16 พบว่า อัตราการงอกตัวของเมล็ดข้าวสารทั้ง 5 สายพันธุ์มีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่ออายุ การเก็บเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Bhattacharjee และ Nath (1985) ศึกษาผลของการงอกตัวของเมล็ด ข้าวสาร ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่า ทุก ๆ สภาวะการเก็บ รักษา เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อัตราการงอกตัวของเมล็ดข้าวสารจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมา จากการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพของเมล็ดข้าวสารระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยัง พบว่าเมื่ออุณหภูมิการทอดสูงขึ้นอัตราการงอกตัวของเมล็ดข้าวสารทั้ง 5 สายพันธุ์จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบระดับความชื้น พบว่าที่ระดับความชื้น ร้อยละ 12 มีอัตราการงอกตัวสูงสุด ซึ่งใกล้เคียงกับ ความชื้นร้อยละ 14

**ตารางที่ 12** ผลของอายุการเก็บของข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ต่ออัตราการพองตัวโดยวิธีการทอด

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (เดือน)	อัตราการพองตัว (เท่า) ที่ความชื้น (ร้อยละ) <sup>1</sup>		
		10	12	14
180	0	2.22±0.06 b	3.94±0.06 b	3.47±0.09 b
	1	2.27±0.15 ab	4.19±0.17 a	3.63±0.09 b
	2	2.29±0.15 ab	4.27±0.03 a	3.65±0.06 b
	3	2.30±0.09 ab	4.29±0.10 a	3.86±0.07 a
	4	2.43±0.09 a	4.31±0.12 a	3.92±0.09 a
	5	2.39±0.04 ab	4.33±0.07 a	3.95±0.14 a
190	0	2.65±0.11 b	4.61±0.12 ns	4.28±0.07 b
	1	2.88±0.16 a	4.65±0.03	4.22±0.03 b
	2	2.88±0.06 a	4.61±0.03	4.33±0.09 b
	3	2.84±0.05 a	4.76±0.04	4.63±0.15 a
	4	2.94±0.06 a	4.78±0.12	4.61±0.18 a
	5	2.94±0.26 a	4.80±0.13	4.59±0.06 a
200	0	3.55±0.06 b	5.00±0.12 ns	4.84±0.07 ns
	1	3.51±0.03 b	5.18±0.10	4.96±0.03
	2	3.74±0.15 a	5.16±0.18	4.84±0.07
	3	3.84±0.09 a	5.15±0.06	4.92±0.09
	4	3.92±0.09 a	5.11±0.31	4.76±0.11
	5	3.92±0.09 a	5.24±0.15	4.92±0.08

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งที่อุณหภูมิเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ns ตัวเลขในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

**ตารางที่ 13** ผลของอายุการเก็บของข้าวสารพันธุ์ดอกพยอม ต่ออัตราการพองตัวโดยวิธีการทอด

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (เดือน)	อัตราการพองตัว (เท่า) ที่ความชื้น (ร้อยละ) <sup>1</sup>		
		10	12	14
180	0	2.18±0.10 b	3.49±0.22 ns	3.37±0.09 b
	1	2.18±0.11 b	3.45±0.18	3.43±0.16 b
	2	2.27±0.02 ab	3.49±0.27	3.56±0.11 ab
	3	2.37±0.12 ab	3.55±0.12	3.51±0.17 ab
	4	2.37±0.09 ab	3.51±0.19	3.53±0.05 ab
	5	2.45±0.08 a	3.63±0.09	3.65±0.06 a
190	0	2.95±0.19 ab	4.51±0.03 b	4.16±0.21 b
	1	2.76±0.15 b	4.63±0.03 b	4.20±0.12 b
	2	3.04±0.09 a	4.74±0.03 a	4.23±0.31 b
	3	3.13±0.08 a	4.51±0.00 b	4.22±0.12 a
	4	3.15±0.17 a	4.69±0.06 ab	4.43±0.03 a
	5	3.13±0.10 a	4.71±0.04 ab	4.47±0.10 a
200	0	3.57±0.05 c	4.98±0.12 ns	4.63±0.04 ns
	1	3.55±0.15 c	5.10±0.03	4.73±0.03
	2	3.78±0.06 ab	5.17±0.24	4.80±0.09
	3	3.74±0.12 bc	5.14±0.07	4.79±0.05
	4	3.94±0.06 a	5.02±0.09	4.78±0.04
	5	3.94±0.11 a	5.02±0.09	4.76±0.08

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งที่อุณหภูมิเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ns ตัวเลขในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

**ตารางที่ 14** ผลของอายุการเก็บของข้าวสารพันธุ์เจี๋ยงพัทลุงต่ออัตราการพองตัวของข้าวโดยการทอด

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (เดือน)	อัตราการพองตัว (เท่า) ที่ความชื้น (ร้อยละ) <sup>1</sup>		
		10	12	14
180	0	2.00±0.12 ns	2.76±0.05 b	2.74±0.15 b
	1	1.98±0.07	2.74±0.06 b	2.96±0.05 a
	2	1.94±0.09	2.82±0.06 ab	2.84±0.03 ab
	3	1.92±0.04	2.86±0.03 ab	2.98±0.05 a
	4	2.02±0.26	2.88±0.00 ab	2.94±0.10 a
	5	2.04±0.09	2.94±0.06 a	2.84±0.09 ab
190	0	2.35±0.06 b	3.65±0.02 b	3.57±0.07 b
	1	2.53±0.18 a	3.69±0.12 b	3.47±0.06 b
	2	2.45±0.15 ab	3.78±0.03 ab	3.57±0.03 b
	3	2.49±0.07 ab	3.82±0.10 ab	3.74±0.03 a
	4	2.47±0.03 ab	3.80±0.04 ab	3.80±0.15 a
	5	2.45±0.19 ab	3.88±0.10 a	3.86±0.09 a
200	0	3.08±0.03 ab	4.24±0.03 ns	4.13±0.13 ns
	1	3.06±0.10 b	4.24±0.03	4.02±0.12
	2	3.08±0.14 ab	4.20±0.19	4.04±0.09
	3	3.20±0.04 ab	4.14±0.07	4.16±0.12
	4	3.16±0.07 ab	4.28±0.04	4.17±0.14
	5	3.24±0.12 a	4.27±0.04	4.18±0.18

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งที่อุณหภูมิ

เดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ns ตัวเลขในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)



ตารางที่ 15 ผลของอายุการเก็บของข้าวสารพันธุ์เล็บนกปัตตานีต่ออัตราการพองตัวของข้าวโดยวิธีการทอด

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (เดือน)	อัตราการพองตัว (เท่า) ที่ความชื้น (ร้อยละ) <sup>1</sup>		
		10	12	14
180	0	1.94±0.06 b	3.45±0.09 ab	3.20±0.09 ns
	1	2.10±0.09 b	3.32±0.06 b	3.24±0.11
	2	2.04±0.15 b	3.37±0.09 b	3.28±0.18
	3	2.09±0.07 b	3.36±0.08 b	3.31±0.08
	4	2.12±0.15 b	3.47±0.09 ab	3.33±0.07
	5	2.33±0.06 a	3.59±0.06 a	3.27±0.08
190	0	2.76±0.12 a	4.16±0.12 b	3.80±0.03 ab
	1	2.53±0.16 b	4.12±0.10 b	3.71±0.06 b
	2	2.53±0.03 b	4.11±0.11 b	3.84±0.08 ab
	3	2.65±0.04 ab	4.16±0.14 b	3.90±0.09 a
	4	2.78±0.07 a	4.23±0.10 ab	3.92±0.19 a
	5	2.74±0.03 a	4.33±0.12 a	3.90±0.03 a
200	0	3.24±0.05 b	4.44±0.11 b	4.02±0.12 b
	1	3.28±0.06 b	4.47±0.05 ab	4.04±0.19 b
	2	3.33±0.04 ab	4.51±0.03 ab	4.18±0.10 ab
	3	3.47±0.06 a	4.63±0.12 a	4.16±0.15 ab
	4	3.35±0.04 ab	4.60±0.10 a	4.17±0.06 ab
	5	3.47±0.10 a	4.63±0.06 a	4.31±0.09 a

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งที่อุณหภูมิเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ns ตัวเลขในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางที่ 16 ผลของอายุการเก็บของข้าวสารพันธุ์ KGTLR 97133 – 3 – 1 – 2

ต่ออัตราการฟองตัวโดยวิธีการทอด

อุณหภูมิ ( <sup>o</sup> C)	เวลา (เดือน)	อัตราการฟองตัว (เท่า) ที่ความชื้น (ร้อยละ) <sup>1</sup>		
		10	12	14
180	0	1.57±0.03 b	2.24±0.06 ns	2.08±0.04 b
	1	1.54±0.09 b	2.26±0.09	2.12±0.04 ab
	2	1.69±0.03 ab	2.27±0.07	2.23±0.08 ab
	3	1.65±0.06 ab	2.35±0.03	2.18±0.11 ab
	4	1.80±0.09 a	2.35±0.00	2.22±0.12 ab
	5	1.78±0.03 a	2.37±0.15	2.28±0.24 a
190	0	2.08±0.12 b	2.76±0.06 b	2.51±0.09 ns
	1	2.16±0.12 ab	2.77±0.06 b	2.61±0.04
	2	2.14±0.07 ab	2.82±0.02 ab	2.56±0.10
	3	2.30±0.05 a	2.94±0.06 ab	2.70±0.15
	4	2.25±0.07 ab	2.98±0.12 a	2.51±0.03
	5	2.22±0.36 ab	2.94±0.05 ab	2.63±0.07
200	0	2.32±0.26 b	3.73±0.06 b	3.55±0.12 ns
	1	2.35±0.10 b	3.82±0.10 ab	3.42±0.12
	2	2.34±0.08 b	3.96±0.07 a	3.43±0.09
	3	2.37±0.04 b	3.73±0.08 b	3.46±0.04
	4	2.55±0.03 a	3.92±0.21 a	3.49±0.12
	5	2.57±0.15 a	3.79±0.06 ab	3.53±0.04

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งที่อุณหภูมิ

เดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ns ตัวเลขในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

### 3.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการพองตัวของเมล็ดข้าวสาร

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการพองตัวของข้าวด้วยวิธีการทอดโดยนำข้าวที่มีระดับอะไมโลสแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ข้าวที่มีระดับอะไมโลสต่ำ (พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105) มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 18 อะไมโลสปานกลางค่อนข้างสูง (พันธุ์ดอกพยอม) มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 26 และอะไมโลสสูง (พันธุ์ KGTLR 97133/3/1/2) มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 32 ที่ระดับความชื้นร้อยละ 10 12 และ 14 อุณหภูมิการทอด 180 190 และ 200 องศาเซลเซียส แสดงผลดังตารางที่ 13 พบว่า ระดับอะไมโลส ความชื้น และอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการพองตัวอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) กล่าวคือ เมื่อระดับอะไมโลสร้อยละ 32 อัตราการพองตัวต่ำกว่าร้อยละ 18 และ 26 ขณะที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 12 และ 14 มีอัตราการพองตัวสูงกว่าร้อยละ 10 และอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส มีอัตราการพองตัวสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบทุก ๆ ชุดการทดลอง พบว่า ข้าวที่มีระดับอะไมโลสต่ำ ที่ระดับความชื้นร้อยละ 12 อุณหภูมิการทอด 200 องศาเซลเซียส มีอัตราการพองตัวสูงสุด ( $P < 0.05$ ) ประมาณ 5.35 เท่า

ตารางที่ 17 อัตราการพองตัวโดยการทอดของตัวอย่างข้าวที่มีระดับอะไมโลส ความชื้น และอุณหภูมิต่างกัน

ระดับอะไมโลส	ความชื้น (ร้อยละ)	อัตราการพองตัว (เท่า) ที่อุณหภูมิการทอด ( $^{\circ}\text{C}$ )		
		180	190	200
อะไมโลสต่ำ (พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105)	10	2.26 $\pm$ 0.06 l	3.36 $\pm$ 0.03 j	4.08 $\pm$ 0.29 ef
	12	3.41 $\pm$ 0.20 j	4.75 $\pm$ 0.07 c	5.35 $\pm$ 0.01 a
	14	3.49 $\pm$ 0.03 ij	4.35 $\pm$ 0.07 d	4.98 $\pm$ 0.13 b
อะไมโลสปานกลาง- ค่อนข้างสูง (พันธุ์ดอกพยอม)	10	1.79 $\pm$ 0.13 n	2.93 $\pm$ 0.06 k	3.73 $\pm$ 0.08 gh
	12	3.33 $\pm$ 0.24 j	4.28 $\pm$ 0.07 de	5.22 $\pm$ 0.29 a
	14	3.52 $\pm$ 0.03 ij	4.21 $\pm$ 0.06 de	4.74 $\pm$ 0.09 c
อะไมโลสสูง (พันธุ์ KGTLR 97133/ 3/1/2)	10	1.50 $\pm$ 0.05 o	2.02 $\pm$ 0.12 m	2.83 $\pm$ 0.17 k
	12	2.04 $\pm$ 0.12 m	2.92 $\pm$ 0.03 k	3.88 $\pm$ 0.16 fg
	14	2.08 $\pm$ 0.03 lm	2.79 $\pm$ 0.19 k	3.65 $\pm$ 0.06 hi

a,b,...,o ที่มีอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

### ค่าความกรอบ

ผลการวัดค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ข้าวพอง ที่ระดับอะไมโลส ความชื้น และ อุณหภูมิการทอดที่แตกต่างกัน แสดงผลดังตารางที่ 18 พบว่า ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 32 ให้ค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ข้าวพองต่ำกว่าที่ร้อยละ 18 และ 26 ปริมาณความชื้นไม่มีผลต่อความ กรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ซึ่งที่ระดับความชื้นร้อยละ 12 ให้ค่าความกรอบสูงกว่าที่ ร้อยละ 10 และ 14 และอุณหภูมิการทอด 200 องศาเซลเซียส ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความกรอบสูงกว่าที่ 180 และ 190 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบทุก ๆ ชุดการทดลองพบว่า ที่ระดับอะไมโลสต่ำ ความชื้นร้อยละ 12 และอุณหภูมิการทอด 200 องศาเซลเซียส ให้ข้าวพองที่มีค่าความกรอบสูงสุด จากการทดลองพบว่าค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ข้าวพอง จะมีความสัมพันธ์กับอัตราการพองตัว เมื่ออัตราการพองตัวเพิ่มขึ้น ค่าความกรอบจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากการพองตัวที่เพิ่มขึ้น ส่งผล ให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งและเกิดช่องว่างภายในผลิตภัณฑ์ ทำให้แรงที่ใช้ในการตัดเฉือนจึงน้อยลง Villareal และ Juliano (1987) ศึกษาการพองตัวของข้าวพบว่าเมื่ออัตราการพองตัวเพิ่มขึ้นค่าความ แข็งของข้าวพองจะลดลง

**ตารางที่ 18** ค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ข้าวพองโดยการทอดของตัวอย่างข้าวที่ระดับอะไมโลส ความชื้น และอุณหภูมิต่างกัน

ระดับอะไมโลส	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าแรงตัดเฉือนที่อุณหภูมิการทอด ( $^{\circ}\text{C}$ )		
		180	190	2000
อะไมโลสต่ำ (พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105)	10	11.99 $\pm$ 2.03 a.x	10.49 $\pm$ 1.65 a.y	10.19 $\pm$ 1.15 a.y
	12	11.24 $\pm$ 1.41 a.x	10.88 $\pm$ 1.27 a.x	9.71 $\pm$ 1.19 a.y
	14	11.39 $\pm$ 1.82 a.x	10.83 $\pm$ 1.55 a.xy	10.16 $\pm$ 0.89 a.y
อะไมโลสปานกลาง- ค่อนข้างสูง (พันธุ์ดอกพยอม)	10	12.01 $\pm$ 2.27 a.x	11.11 $\pm$ 1.61 a.x	10.19 $\pm$ 1.28 a.y
	12	11.63 $\pm$ 1.17 a.x	10.21 $\pm$ 1.37 a.y	9.90 $\pm$ 1.32 a.y
	14	11.77 $\pm$ 1.66 a.x	10.31 $\pm$ 1.82 a.y	9.97 $\pm$ 1.00 a.y
อะไมโลสสูง (พันธุ์ KGTLR 97133/ 3/1/2)	10	12.63 $\pm$ 2.91 a.x	11.46 $\pm$ 3.03 a.x	11.78 $\pm$ 2.13 a.x
	12	12.48 $\pm$ 2.23 a.x	11.36 $\pm$ 1.39 a.x	11.17 $\pm$ 2.98 a.x
	14	12.58 $\pm$ 1.84 a.x	11.25 $\pm$ 3.60 a.x	11.22 $\pm$ 2.51 a.x

a,b,... ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งที่ระดับอะไมโลส และอุณหภูมิเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ( $P>0.05$ )

x,y,... ที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนที่ระดับอะไมโลส และความชื้นเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ( $P>0.05$ )

### ค่าสี

ค่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทำให้พองตัวด้วยวิธีการทอดที่ระดับอะไมโลส ความชื้นและอุณหภูมิที่ต่างกัน โดยเครื่องวัดค่าสีในระบบ Hunter แสดงในรูปค่า L a และ b ได้ผลดังนี้

### ค่า L

เป็นค่าที่แสดงความสว่างของผลิตภัณฑ์ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 100 เมื่อค่า L มีค่าเท่ากับ 0 แสดงถึงความสว่างน้อยที่สุด จนกระทั่งความสว่างมากที่สุด มีค่า L เท่ากับ 100 ถ้าค่า L สูงแสดงว่าผลิตภัณฑ์ข้าวพองที่ได้มีความสว่างมากหรือมีความโปร่ง ซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์ข้าวพองมีความขาวมาก เป็นผลมาจากการเกิดการขยายตัวของข้าวพองได้มาก หรืออัตราการพองตัวสูง ผลการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ข้าวพองที่ผ่านการทำให้พองตัวโดยวิธีการทอด แสดงดังภาพที่ 7 พบว่า ระดับอะไมโลส ความชื้น และอุณหภูมิการทอดมีความสัมพันธ์กับค่า L ของผลิตภัณฑ์ กล่าว

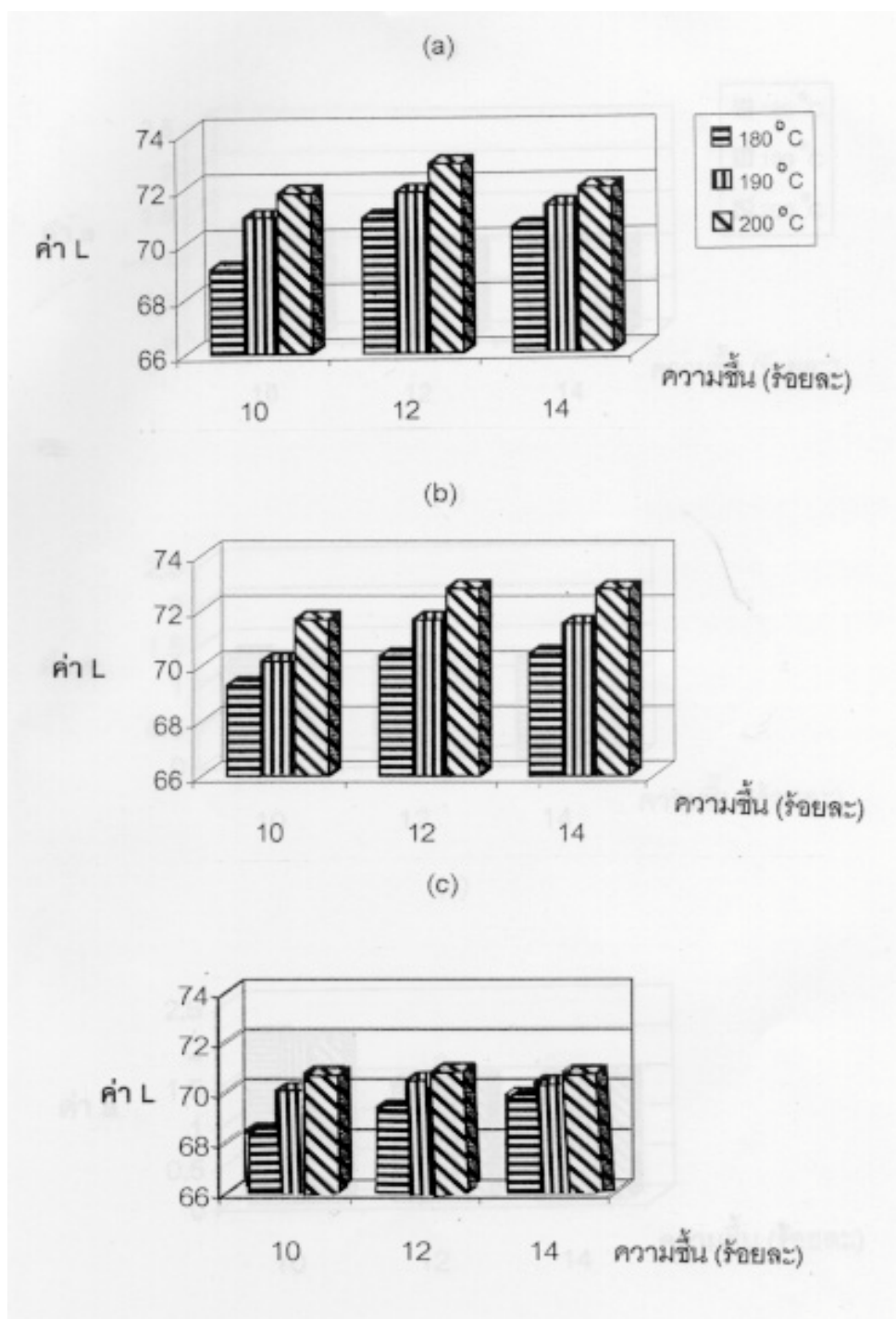
คือ ระดับอะไมโลสร้อยละ 18 ให้ค่าความขาวของผลิตภัณฑ์ต่ำร้อยละ 12 และ 14 ส่วนอนุภูมิภาค 200 องศาเซลเซียสให้ค่าความขาวของผลิตภัณฑ์สูงกว่าที่ 180 และ 190 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เป็นผลมาจากอัตราการพองตัวที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการขยายตัวอละมีช่องว่างมากขึ้น

### ค่า a

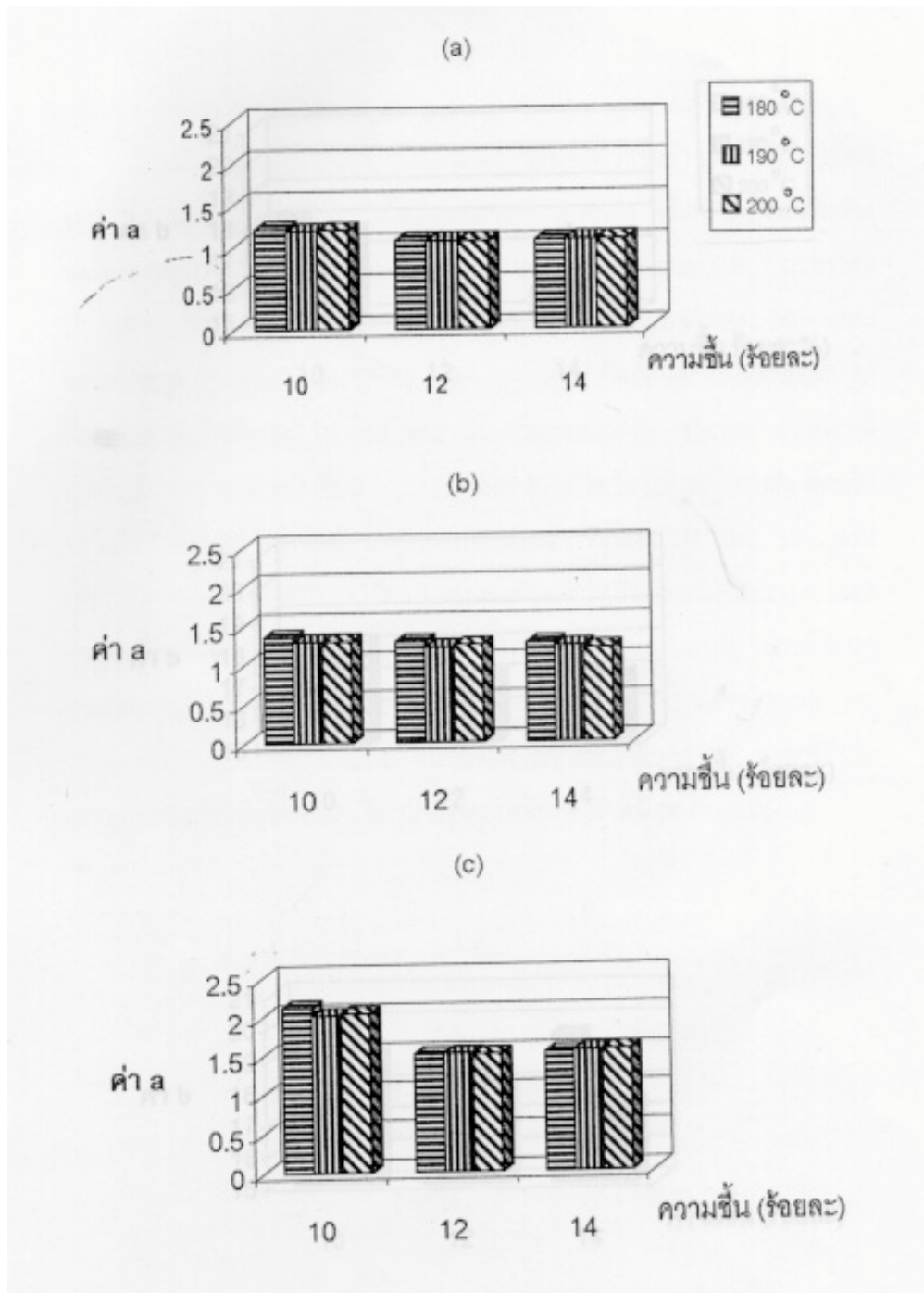
ค่า a เป็นค่าที่แสดงถึงสีของผลิตภัณฑ์ในช่วงสีแดงถึงสีเขียว เมื่อค่า a เป็นบวกแสดงค่าของสีแดง และค่า a เป็นลบแสดงค่าของสีเขียว ผลการวัดค่า a ของผลิตภัณฑ์ข้าวพอง แสดงดังภาพที่ 8 พบว่า ทุก ๆ ชุดการทดลองเมื่ออัตราการพองตัวสูงขึ้น ค่า a มีค่าลดลง ที่ระดับอะไมโลสร้อยละ 32 จะมีค่า a สูงกว่าที่ร้อยละ 18 และ 26 ที่ระดับความชื้นร้อยละ 10 ให้ผลิตภัณฑ์ข้าวพองที่มีสีชาวมเหลืองมากกว่าร้อยละ 12 และ 14 ส่วนอนุภูมิภาคการทอดทั้ง 3 ระดับให้ค่า a ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ถ้าเพิ่มอนุภูมิภาคการทอดสูงขึ้นอาจเกิดการไหม้ของตัวอย่างได้

### ค่า b

ค่า b เป็นค่าที่แสดงถึงค่าสีในช่วงสีเหลืองถึงสีน้ำเงินของผลิตภัณฑ์เมื่อค่า b เป็นบวกแสดงค่าของสีเหลือง และค่า b เป็นลบ แสดงค่าของสีน้ำเงิน ผลการวัดค่า b ของผลิตภัณฑ์ข้าวพอง แสดงดังภาพที่ 9 พบว่า ทุก ๆ ชุดการทดลองเมื่ออัตราการพองตัวสูงขึ้น ค่า b มีค่าลดลง ระดับอะไมโลสมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่า b คือที่ระดับอะไมโลสร้อยละ 32 ให้ค่า b สูงกว่าที่ร้อยละ 18 และ 26 ที่ระดับความชื้นร้อยละ 10 ให้ค่า b สูงกว่าที่ร้อยละ 12 และ 14 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีชาวมเหลือง ส่วนอนุภูมิภาค 200 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีชาวมเหลือง น้อยกว่าที่ 180 และ 190 องศาเซลเซียส เนื่องมาจากตัวอย่างมีการพองตัวน้อย ข้าวพองที่ได้จะเกิดการอมน้ำมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลือง

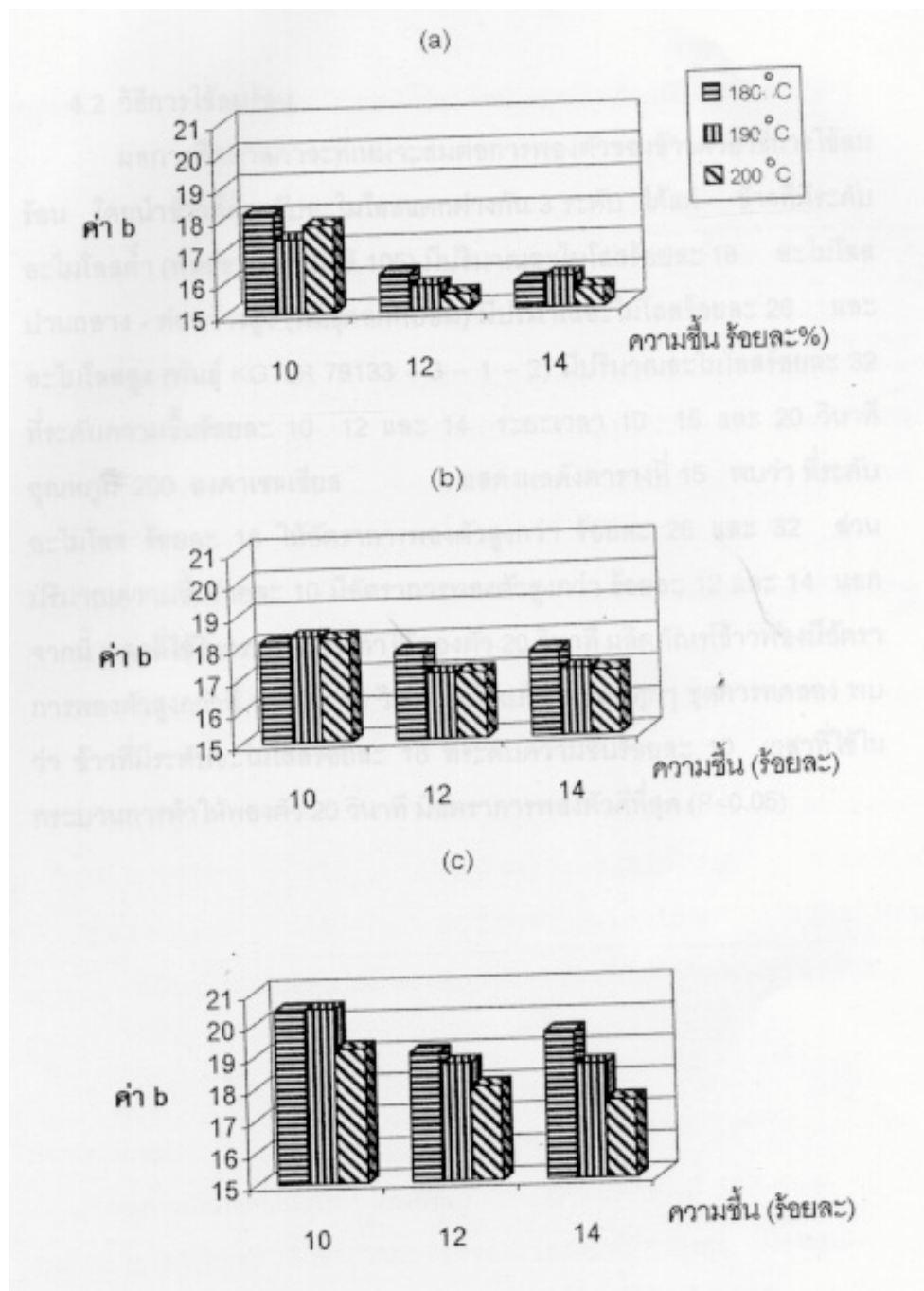


ภาพที่ 7 ค่า L ของผลิตภัณฑ์ข้าวพองโดยการทอดของพันธุ์ข้าวที่มีระดับอะไมโลสต่ำ (a) ปานกลาง-ค่อนข้างสูง (b) และสูง (c) ที่มีความชื้น และอุณหภูมิต่างกัน



ภาพที่ 8 ค่า a ของผลิตภัณฑ์ข้าวพองโดยการทอดของพันธุ์ข้าวที่มีระดับอะไมโลสต่ำ (a) ปานกลาง-ค่อนข้างสูง (b) และสูง (c) ที่มีความชื้น และอุณหภูมิต่างกัน





ภาพที่ 9 ค่า b ของผลิตภัณฑ์ข้าวพองโดยการทอดของพันธุ์ข้าวที่มีระดับอะไมโลสต่ำ (a) ปานกลาง-ค่อนข้างสูง (b) และสูง (c) ที่มีความชื้น และอุณหภูมิต่างกัน

### 3.5 ภาวะที่เหมาะสมต่อการพองตัวของข้าวขาวดอกมะลิ 105

(1) ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน เถ้า และ อะไมโลส ใน ปริมาณร้อยละ 6.65, 0.25, 0.25 และ 16.69 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ และความชื้นร้อยละ 13.14 ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105

องค์ประกอบทางเคมี	%(น้ำหนัก)
ความชื้น <sup>1</sup>	13.14±0.04
โปรตีน	6.65±0.11
ไขมัน	0.25±0.06
เถ้า	0.25±0.13
อะไมโลส	16.69±0.34

<sup>1</sup> คัดจกน้ำหนักเปียก

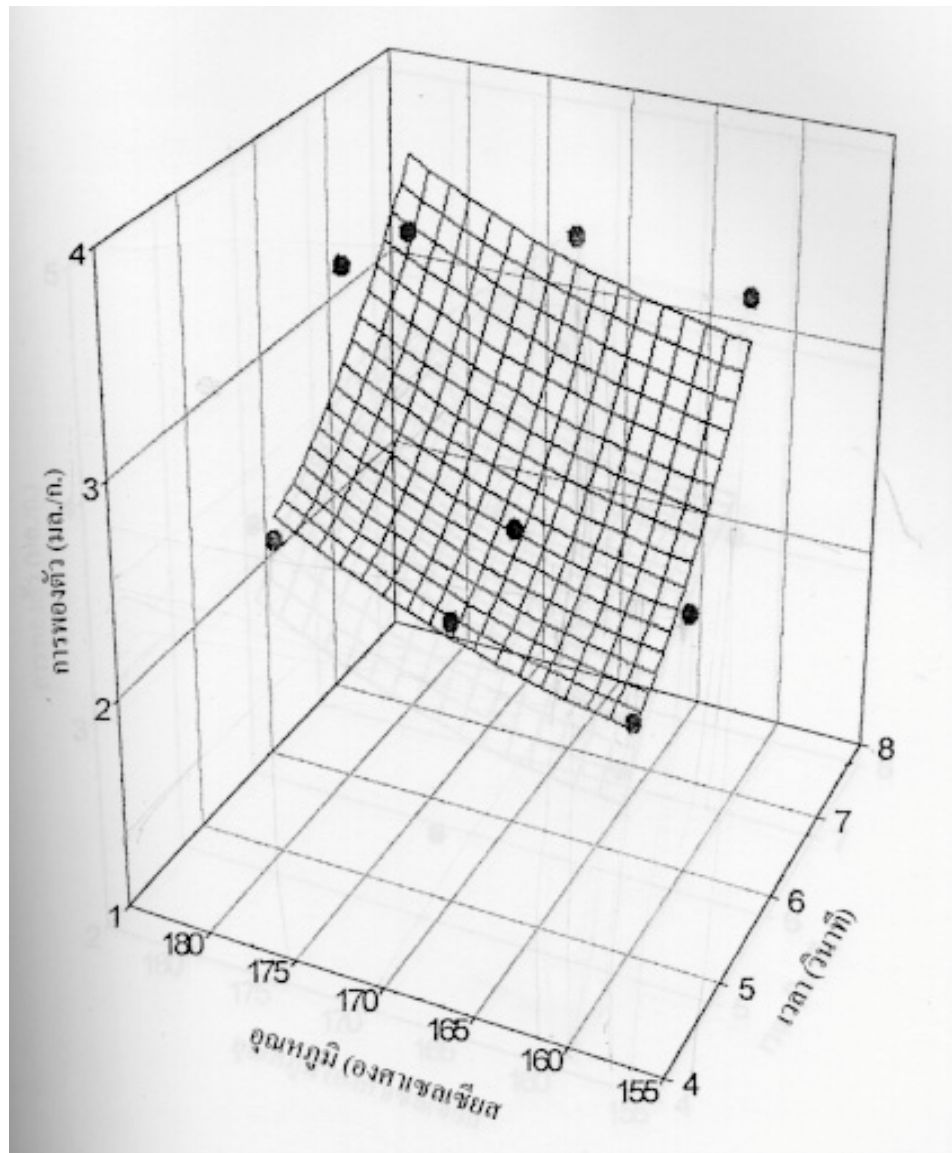
จากรายงานของ วิไลลักษณ์ กมลธรรม (2538) ว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และอะไมโลส มีค่าร้อยละ 8.53, 0.35, 12.76 และ 14.28 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณที่ แตกต่างกันนี้ อาจเนื่องมาจากแหล่งปลูก สภาพการบำรุงรักษา และสภาพบรรยากาศ

(2) ภาวะที่เหมาะสมต่อการพองตัวของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

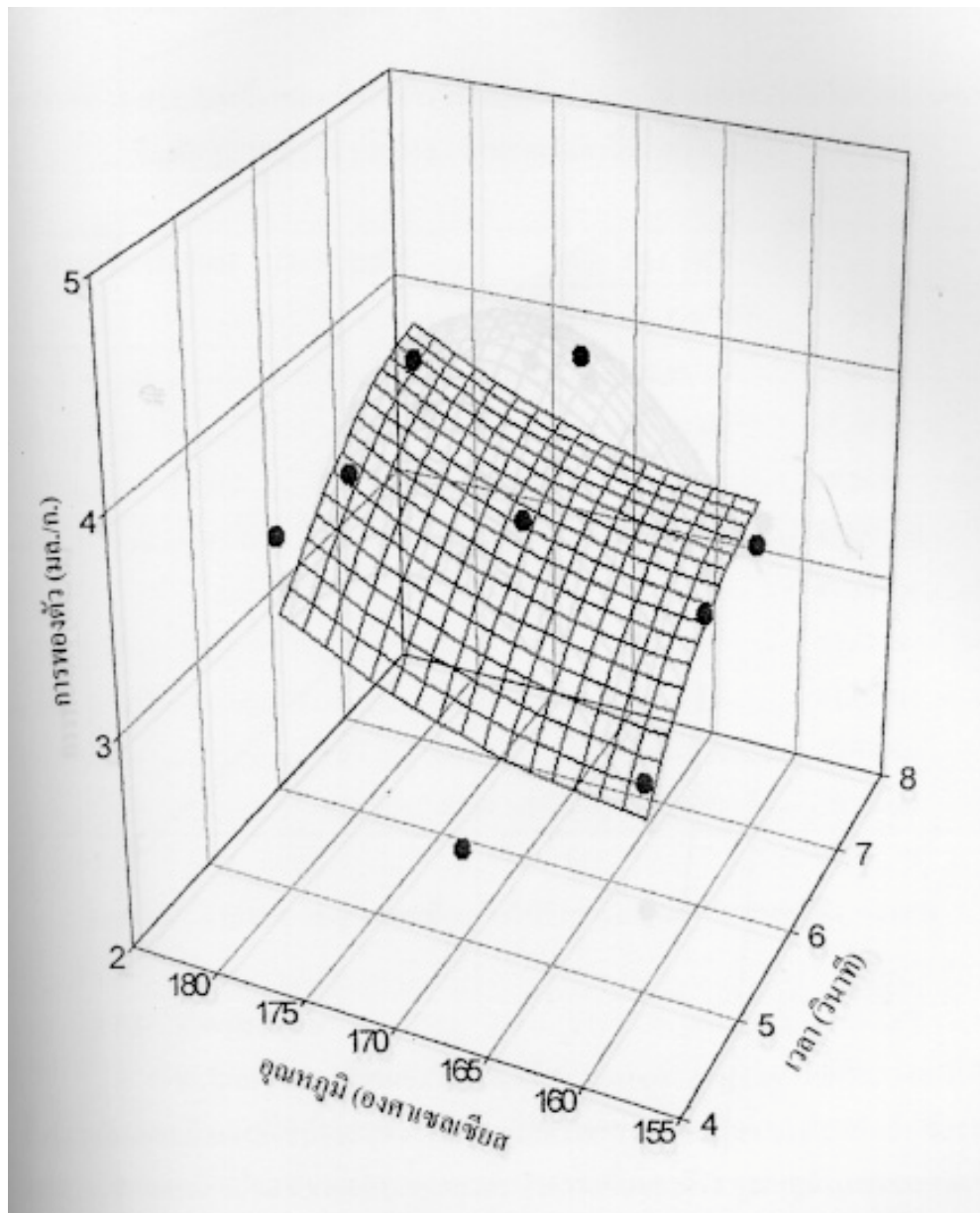
เตรียมข้าวให้มีความชื้นร้อยละ 11, 12 และ 13 นำมาทำให้พองด้วยเครื่องผลิตข้าวพอง (ภาพที่ 5) ที่อุณหภูมิ 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 6, และ 7 วินาที นำข้าวพองที่ได้มาทำการวัดค่าการพองตัว ค่าสี และความกรอบได้ผลดังนี้

#### 2.1 ค่าการพองตัว

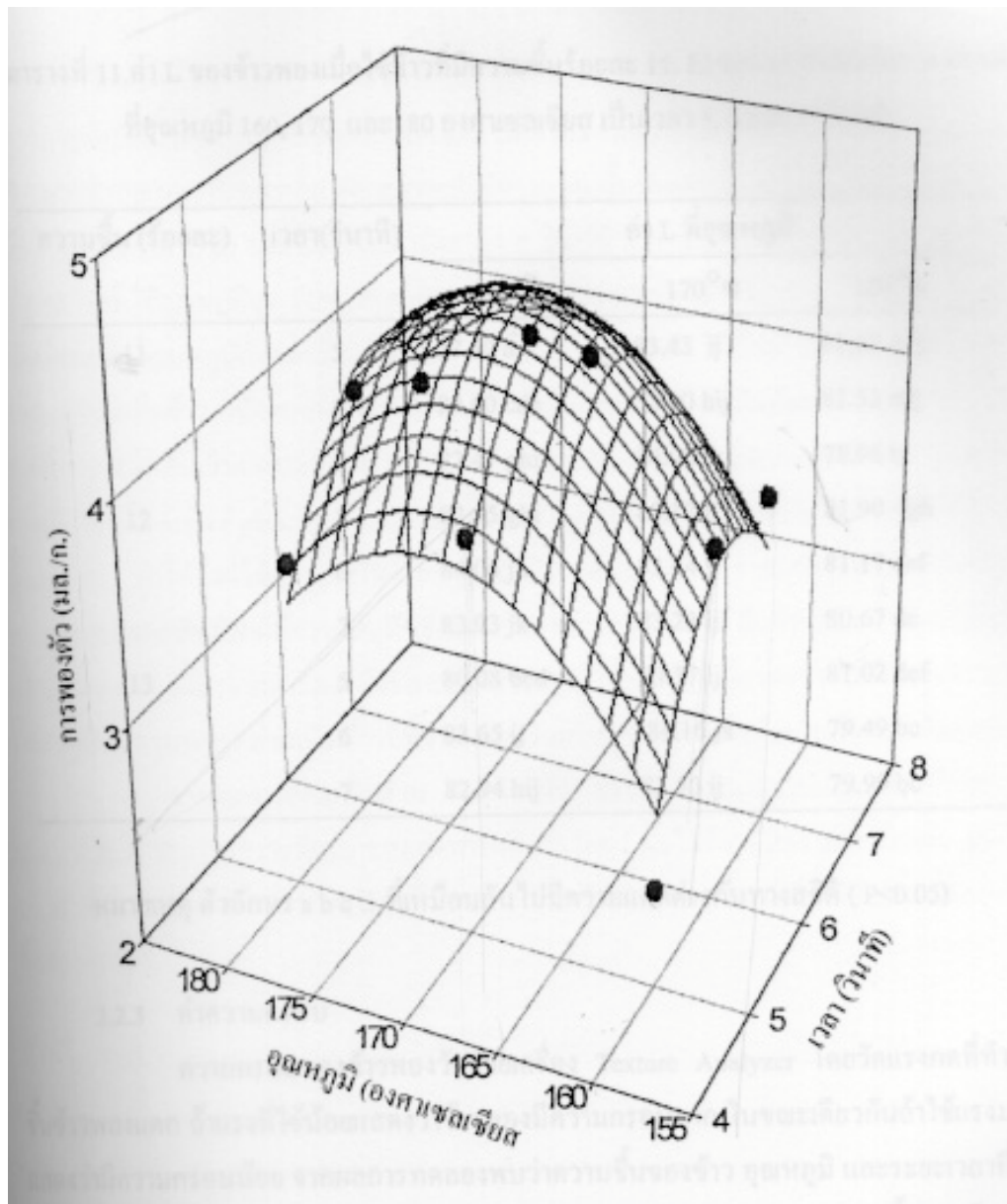
จากตารางที่ 20 แสดงการพองตัวของข้าวที่สภาวะต่าง ๆ พบว่า ปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณความชื้น อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตข้าวพองมีอิทธิพลต่อการพองตัวของข้าว กล่าวคือข้าวจะพองตัวได้ดีที่สุด เมื่อใช้ข้าวที่มีความชื้นร้อยละ 13 ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วินาที นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณความชื้นเป็นอิทธิพลหลักที่มีผลต่อการพองตัวของข้าว ผลของความชื้น และอิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นกับอุณหภูมิ และเวลา ได้แสดงไว้ในภาพที่ 10, 11 และ 12 ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อความชื้นของข้าวเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 11, 12, และ 13 การพองตัวจะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ความชื้นของข้าวเป็นปัจจัยหลักในข้าว ที่มีความสัมพันธ์กับสภาวะที่ใช้ในการผลิตข้าวพอง Chinnaswamy และ Bhattacharya (1983) รายงานว่าความชื้นที่เหมาะสมต่อ



ภาพที่ 10 การพองตัวของข้าวความชื้นร้อยละ 11 ทำให้พองตัวที่อุณหภูมิ 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5,6 และ 7 วินาที



ภาพที่ 11 การพองตัวของข้าวความชื้นร้อยละ 12 ทำให้พองตัวที่อุณหภูมิ 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5,6 และ 7 วินาที



ภาพที่ 12 การพองตัวของข้าวความชื้นร้อยละ 13 ทำให้พองตัวที่อุณหภูมิ 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5,6 และ 7 วินาที

การผลิตข้าวพองโดยการคั่วกับทราย คือ ร้อยละ 10.5 ในขณะที่ Robert (1951) (อ้างโดย Chinnaswamy และ Bhattacharya 1983) รายงานว่าการผลิตข้าวพอง โดยการทอดในน้ำมันและโดยการอบ ความชื้นที่เหมาะสมได้แก่ร้อยละ 8-14 และ 8-9 ตามลำดับ การทำข้าวพอง ที่ปริมาณความชื้นต่ำ (ร้อยละ 11) จะพองตัว ได้น้อยเมื่อใช้อุณหภูมิต่ำ (160 องศาเซลเซียส) และเมื่อความชื้นและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น การพองตัวก็เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเร่งให้น้ำในเมล็ดข้าวระเหยกลายเป็นไอเร็วขึ้น และเวลาที่นานขึ้นทำให้ปริมาณไอน้ำมีมาก ส่งผลให้แรงดันที่ใช้ในการพองตัวของข้าวมีมาก (Huff, et al., 1992) แต่ที่อุณหภูมิสูงมาก (180 องศาเซลเซียส) การพองตัวของข้าวลดลง เช่นเดียวกับเวลาที่ใช้ในการทำข้าวพอง กล่าวคือ แม้ข้าวจะพองตัวดีขึ้นเมื่อเวลานานขึ้น แต่ถ้าเวลานานเกินไปการพองตัวของข้าวก็จะลดลง จำนวนไอน้ำที่เกิดขึ้นมีผลต่อการพองตัวของข้าว ไอน้ำทำให้เกิดแรงที่ใช้ในการทำให้เมล็ดข้าวพองตัว ปริมาณไอน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในข้าว เมื่อทำให้ร้อนในภาชนะที่ปิดสนิทกลายเป็นไอ และมีแรงดัน ถ้าปริมาณไอน้ำมาก แรงดันจะมีมากทำให้ข้าวพองตัวดี แต่ถ้าอุณหภูมิสูง และเวลานานเกินไปจะทำให้บริเวณรอบนอกของเมล็ดข้าวเกิดขอบแข็งและไหม้ทำให้น้ำภายในออกมาภายนอกได้น้อยลง การพองตัวของข้าวจึงน้อยลง (Huff, 1992) สอดคล้องกับรายงานของ Hsieh และคณะ (1989) การพองตัวของข้าวโดยการใช้อาวุธที่ผ่านการแช่น้ำและปรับความชื้น การพองตัวของข้าวมีผลมาจากคุณสมบัติการยืดหยุ่น (elasticity) ของแป้งในเมล็ดข้าว ที่อุณหภูมิสูงเวลานานแป้งจะมีคุณสมบัติการยืดหยุ่นที่ดีเหมาะต่อการพองตัวของข้าว แต่ถ้าอุณหภูมิสูงและเวลานานเกินไปแป้งจะสูญเสียคุณสมบัตินี้ทำให้การพองตัวลดลง

**ตารางที่ 20** การพองตัวของข้าวที่มีความชื้นร้อยละ 11, 12 และ 13 ที่อุณหภูมิ 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 6 และ 7 วินาที

ความชื้น (ร้อยละ)	เวลา (วินาที)	การพองตัว (มล./ก) ที่อุณหภูมิ		
		160 ° ซ	170 ° ซ	180 ° ซ
11	5	2.11 p	2.35 n	2.53 m
	6	2.27 o	2.46 m	3.51 ij
	7	3.44 jk	3.56 hi	3.16 jk
12	5	2.98 l	2.45 m	3.69 fg
	6	3.40 k	3.64 gh	3.67 fg
	7	3.40 k	4.11 b	3.93 d
13	5	2.46 m	3.81 e	3.51 ij
	6	3.64 gh	4.40 a	3.99 cd
	7	3.55 l	4.03 c	3.75 ef

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a b c ... เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

## 2.2 ค่าสี

ในสภาวะการผลิตที่แตกต่างกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวพองมีสีที่แตกต่างกัน จากตารางที่ 21 พบว่าความชื้นของข้าว อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ให้ความร้อนกับข้าวมีผลต่อค่าสีของข้าวพอง อิทธิพลร่วมระหว่างเวลาและอุณหภูมิ และอิทธิพลร่วมระหว่างความชื้น และอุณหภูมิมิมีอิทธิพลต่อค่าของสีข้าวพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยพบว่าข้าวที่มีความชื้นต่ำ ทำให้พองตัวที่อุณหภูมิต่ำและระยะเวลาสั้น เปรียบเทียบกับข้าวที่มีความชื้นสูงทำให้พองตัวที่อุณหภูมิสูง เวลานาน ค่า L ของผลิตภัณฑ์จะลดลง สภาวะที่ข้าวมีความชื้นต่ำ (ร้อยละ 11) ใช้อุณหภูมิต่ำ และระยะเวลาสั้น (160 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วินาที) และข้าวที่มีความชื้นสูง (ร้อยละ 13) ใช้อุณหภูมิสูง เวลานาน (180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วินาที) มีค่า L ต่ำกว่าสภาวะอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) คือมีค่า L เท่ากับ 77.4 และ 79.49 ตามลำดับ ส่วนสภาวะที่ใช้อุณหภูมิปานกลาง (170 องศาเซลเซียส) ค่า L ของผลิตภัณฑ์จะใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงค่า L เท่ากับ 83.17-84.16 ค่า L ของผลิตภัณฑ์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับ Huff และคณะ (1992) ซึ่งรายงานว่าการผลิตข้าวพองที่อุณหภูมิสูงระยะเวลาสั้น จะทำให้ค่า L ของผลิตภัณฑ์ลดลงตามลำดับ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำที่สูงเกินไปและระยะเวลาที่นาน จะทำให้บริเวณรอบ ๆ เมล็ดข้าวได้รับความร้อนสูง ทำให้ไหม้เกรียมและมีสีเข้ม ในขณะที่ Hsieh และ คณะ (1989) ใช้อุณหภูมิต่ำ 200, 210, 220 และ 230

องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วินาทีในการผลิตข้าวพอง พบว่าค่า L ของผลิตภัณฑ์ลดลงตามลำดับคือมีค่า L เท่ากับ 73, 72, 69 และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการผลิตนานมากกว่า 5 วินาที พบว่าค่า L ของผลิตภัณฑ์จะลดลงตามระยะเวลาที่นานขึ้นทุกระดับอุณหภูมิ จากการทดลองยังพบว่าค่า L ของผลิตภัณฑ์ที่มีความสัมพันธ์กับการพองตัวของข้าว คือข้าวที่มีอัตราการพองตัวดีจะมีค่าความสว่างมาก และข้าวที่มีการพองตัวน้อยจะมีค่าความสว่างน้อย ในขณะที่การทดลองของ Huff และคณะ (1992) รายงานว่า ค่า L ของผลิตภัณฑ์ข้าวพองมีความสัมพันธ์กับอัตราการพองตัวของข้าว กล่าวคือ ข้าวที่มีการพองตัวดีจะมีค่า L ลดลง โดยพบว่าข้าวที่มีการพองตัว 7.31, 7.68 และ 8.42 มล./ก มีค่า L เท่ากับ 60.6, 58.7 และ 57.64 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการพองตัวของข้าว จะทำให้ภายในเมล็ดข้าวแต่ละเมล็ดมีช่องว่างของอากาศเป็นจำนวนมาก ช่องว่างของอากาศจะทำให้เมล็ดข้าวมีความโปร่งเพิ่มขึ้น และทำให้ความสว่างในเมล็ดข้าวลดลง

**ตารางที่ 21** ค่า L ของข้าวพองเมื่อใช้ข้าวที่มีความชื้นร้อยละ 11, 12 และ 13 ทำให้เกิดการพองตัวที่อุณหภูมิ 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 6 และ 7 วินาที

ความชื้น (ร้อยละ)	เวลา (วินาที)	ค่า L ที่อุณหภูมิ		
		160 <sup>0</sup> ซ	170 <sup>0</sup> ซ	170 <sup>0</sup> ซ
11	5	77.40 a	83.43 ij	81.61 efg
	6	80.60 cde	82.90 hij	81.53 efg
	7	82.47 ghi	84.02 jk	78.96 b
12	5	82.55 ghi	83.17 ij	81.90 fgh
	6	84.06 jk	83.44 ij	81.17 def
	7	83.93 jk	83.23 ij	80.67 de
13	5	80.08 bcd	83.37ij	81.02 def
	6	83.65 ij	84.16 jk	79.49 bc
	7	82.94 hij	83.30 ij	79.99 bc

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a b c ... เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P>0.05$ )



### 2.3 ค่าความกรอบ

ความกรอบของข้าวพองวัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยวัดแรงกดที่ทำให้ขึ้นข้าวพองแตก ถ้าแรงที่ใช้้น้อยแสดงว่าข้าวพองมีความกรอบมาก ในขณะที่เดียวกันถ้าใช้แรงมากแสดงว่ามีความกรอบน้อย จากผลการทดลองพบว่าความชื้นของข้าว อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการผลิต มีอิทธิพลต่อความกรอบของข้าวพอง อิทธิพลร่วมระหว่างความชื้นของข้าวกับอุณหภูมิและระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตข้าวพอง มีผลต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์ ( $P < 0.05$ ) โดยพบว่า ตัวอย่างข้าวที่มีความชื้นสูง ใช้อุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลานานจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบมาก ความกรอบมีความสัมพันธ์กับอัตราการพองตัว กล่าวคือ ข้าวที่พองตัวดีจะมีความกรอบมาก สภาพที่ข้าวพองมีความกรอบมากคือ สภาพที่ข้าวมีความชื้นร้อยละ 13 ทำให้พองที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วินาที และสภาพที่ข้าวมีความชื้นร้อยละ 12 ทำให้พองที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วินาที มีค่าแรงเท่ากับ 3278 และ 3222 กรัม ตามลำดับ และในขณะที่เดียวกับสภาพที่ใช้ข้าวความชื้นร้อยละ 11 ใช้อุณหภูมิในการผลิตต่ำเป็นระยะเวลาสั้น (160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วินาที) ค่าแรงที่ใช้มาก คือ เท่ากับ 8504 กรัม และสภาพที่ใช้อุณหภูมิสูง (180 องศาเซลเซียส) ค่าแรงจะมากเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 22) ทั้งนี้เนื่องจากการผลิตข้าวพองที่อุณหภูมิต่ำเวลาสั้น เป็นสภาพที่ข้าวมีการพองตัวได้น้อย ปริมาณน้ำยังคงหลงเหลืออยู่ในเมล็ดข้าวเนื่องจากน้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำไม่หมด ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเหนียวและนิ่ม เกาะติดกันเป็นแผ่นแน่น ปริมาณน้ำมีผลต่อคุณลักษณะในด้านความกรอบมาก โดยน้ำจะทำให้มีความยืดหยุ่นและนิ่ม (Katz and Labuza, 1981) จากผลการทดลองจะเห็นว่าความกรอบของผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับการพองตัวของข้าว คือข้าวที่มีการพองตัวดีจะมีความกรอบมาก เนื่องจากการพองตัวของเมล็ดข้าวทำให้ภายในเมล็ดของข้าวมีความโปร่ง และมีความเป็นรูพรุนอยู่สูง ส่งผลให้ข้าวมีความกรอบ และเพราะ จึงใช้แรงน้อยในการทำให้แตกหัก

จากผลการศึกษาในด้าน การพองตัว ค่า L และค่าความกรอบของข้าวพองที่สภาวะต่างๆ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวพอง คือใช้ข้าวที่มีความชื้นร้อยละ 13 ให้พองตัวที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 วินาที จึงเลือกสภาวะนี้เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

**ตารางที่ 22** ค่าความกรอบ (แรง-กรัม) ของข้าวพองเมื่อใช้ข้าวที่มีความชื้นร้อยละ 11, 12 และ 13 ทำให้พองตัวที่อุณหภูมิ 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 6 และ 7 วินาที

ความชื้น (ร้อยละ)	เวลา (วินาที)	ค่าความกรอบ (แรง-กรัม) ที่อุณหภูมิ		
		160 ° ซ	170 ° ซ	180 ° ซ
11	5	8504 h	5636 e	5489 e
	6	7406 g	3695 ab	4606 cd
	7	3498 ab	3471 ab	4361 c
12	5	6424 f	3848 b	4865
	6	3431 b	3521 ab	5614 e
	7	3399 ab	3278 a	5340 e
13	5	7546 g	4657 cd	5478 e
	6	5351 e	3222 a	5659 e
	7	4656 cd	3543 ab	5788 e

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a b c ... เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P>0.05$ )

### 3.6 ผลของข้าวหักต่อการพองตัวของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

(1) นำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มีเปอร์เซ็นต์หัก 5 ระดับคือ ข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์หักร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 มาวัดความยาว ความกว้าง และอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวพบว่า เมื่อเมล็ดข้าวมีเปอร์เซ็นต์หักมากขึ้น จะมีความยาว และอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างลดลงดังตารางที่ 23

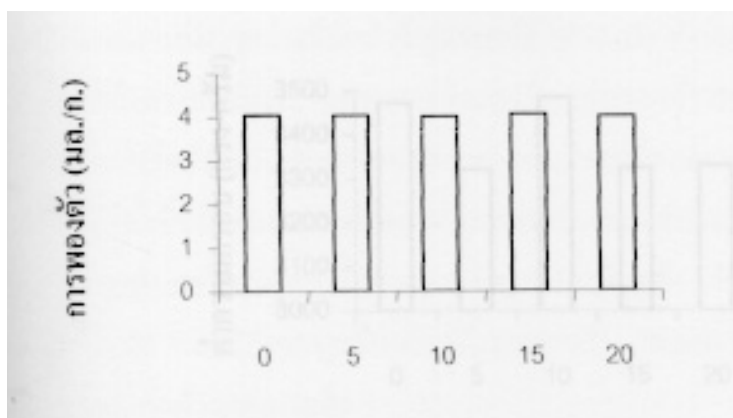
**ตารางที่ 23** ความยาว, ความกว้าง และอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวที่เปอร์เซ็นต์หักต่าง ๆ

เปอร์เซ็นต์หักของข้าว	ความยาว (มม.) <sup>1</sup>	ความกว้าง (มม.) <sup>1</sup>	อัตราส่วนความยาว/ ความกว้าง
0	7.037	1.942	3.632
5	6.792	1.979	3.432
10	6.351	1.960	3.240
15	6.117	1.914	3.196
20	5.939	1.970	3.015

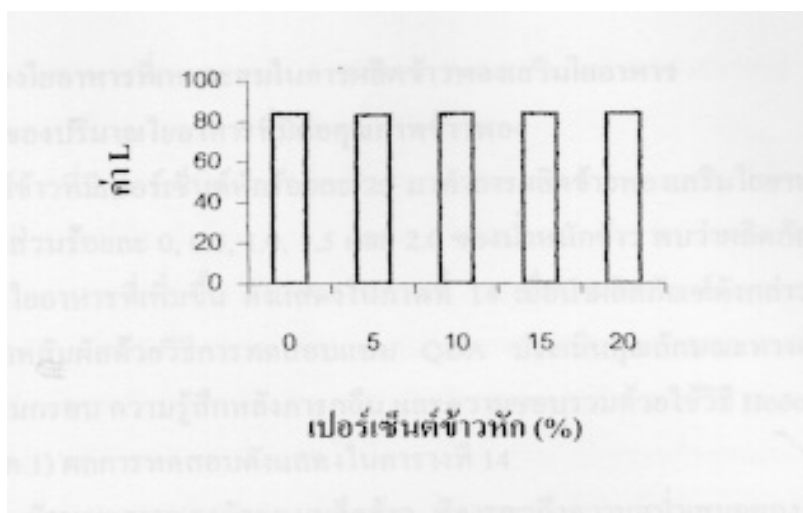
<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างข้าว 20 เมล็ด

(2) ผลของเปอร์เซ็นต์หักของข้าวต่อการพองตัว ค่า L และค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ข้าวพอง

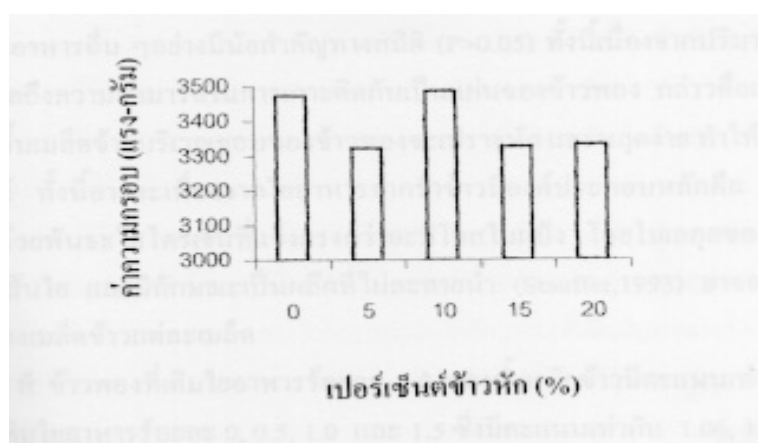
นำข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์หักทั้ง 5 ระดับ มาผ่านกระบวนการผลิตข้าวพองโดยใช้ข้าวหนึ่งี่ผ่านการปรับความชื้นให้มีความชื้นร้อยละ 13 ทำให้พองตัวที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วินาที นำข้าวพองที่ได้มาวัดการพองตัว ค่าสี และค่าความกรอบ พบว่าข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์หักทุกระดับ ไม่มีความแตกต่างกันในด้านการพองตัว ค่าสี และค่าความกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ในขณะที่ Chinnaswany และ Bhattacharya (1983) รายงานว่าการแตก หรือหักของข้าวจะทำให้ อัตราการพองตัวของข้าวลดลง เนื่องจากไอน้ำที่เกิดขึ้นภายในเมล็ดข้าวจะแทรกผ่านได้ทางรอยแตกของเมล็ดข้าวทำให้ความดันที่ใช้ในการพองตัวของข้าวมีน้อยลง ข้าวจึงพองตัวได้น้อยโดยที่ข้าวเต็มเมล็ดมีอัตราการพองตัวเท่ากับ 7.3 เท่า และเมล็ดที่แตกมีอัตราการพองตัวลดลงเหลือ 5.3 เท่า ในการทดลองครั้งนี้ เป็นการผลิตข้าวพองโดยใช้เครื่องทำข้าวพอง ซึ่งประกอบด้วยพิมพ์ที่ปิดสนิทเมล็ดข้าวได้รับความร้อนจากแผ่นให้ความร้อนที่ฝังอยู่ในพิมพ์ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านบนและด้านข้าง พร้อม ๆ กันในระยะเวลาสั้น ทำให้โอกาสที่จะมีการสูญเสียไอน้ำออกไปมีน้อยมาก และเมื่อเคลื่อนพิมพ์ออกจากกันจะทำอย่างรวดเร็ว ไอน้ำที่ถูกกักอยู่ในเมล็ดข้าวจะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างทันทีทันใดพร้อม ๆ กัน ส่งผลให้การพองตัวของข้าว (ภาพที่ 13) ค่า L (ภาพที่ 14) และค่าความกรอบ (ภาพที่ 15) ไม่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าข้าวจะมีเปอร์เซ็นต์หักที่ต่างกัน ทั้งนี้เพราะมีปริมาณความชื้นเท่ากัน และถูกกักอยู่ในภาชนะที่ปิดสนิทเช่นเดียวกัน จึงทำให้การพองตัวของข้าวไม่แตกต่างกัน และ Chandrasekhar และ Chatopadhyay (1991) กล่าวว่า การแตกหักที่เกิดจากการสีข้าว ไม่มีผลต่ออัตราการพองตัวของข้าว แต่ระดับในการสีข้าวมีผลต่อปริมาณรำที่หุ้มรอบ ๆ เมล็ดข้าว โดยรำจะขัดขวางการปลดปล่อยความดันไอน้ำภายในเมล็ดข้าวในขณะที่พองตัว



ภาพที่ 13 การพองตัวของข้าวที่ผลิตจากข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์หัก 5 ระดับ



ภาพที่ 14 ค่า L ของข้าวที่ผลิตจากข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์หัก 5 ระดับ



ภาพที่ 15 ค่าความกรอบ (แรง-กรัม) ของข้าวที่ผลิตจากข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์หัก 5 ระดับ

### 3.7 การสกัดใยอาหารจากรำข้าว

1. ส่วนประกอบของรำข้าว พบว่ารำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้ว ประกอบด้วย ปริมาณ ความชื้น, โปรตีน, ไขมัน และเถ้า ดังตารางที่ 24 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Gnanasambandam และ Hettiarachy (1995) ที่รายงานว่ ในรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันออกแล้ว มี ความชื้น, โปรตีน, ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 10.05, 13.32, 2.03 และ 11.87 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 24 องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันออกแล้ว

องค์ประกอบ	% (น้ำหนักแห้ง)
ความชื้น <sup>1</sup>	10.74±0.48
โปรตีน	16.37±0.10
ไขมัน	2.91±0.09
เถ้า	13.87±0.03
ใยอาหารทั้งหมด	28.27±0.28
- ในอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	26.43±0.05
- ใยอาหารที่ละลายน้ำ	1.56±0.01

<sup>1</sup> คิดจากน้ำหนักเปียก

## 2. สมบัติของใยอาหารที่สกัดได้

การสกัดใยอาหารจากรำข้าวทำได้โดยการลวกในน้ำร้อนเพื่อกำจัดแป้ง ใช้สารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ในการกำจัดโปรตีน หลังจากนั้นทำการฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ใยอาหารที่สกัดได้มีสมบัติทางกายภาพและเคมี ดังนี้

### 2.1 สมบัติทางกายภาพ

#### 2.1.1 ค่าสี

ก่อนการวัดค่าสีของใยอาหาร นำใยอาหารมาบด และคัดขนาดที่ต่ำกว่า 40 เมช ใยอาหารที่ได้หลังการบด และคัดขนาดแล้ว มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองอ่อน ดังภาพที่ 16

ค่าสีของใยอาหารในระบบ Hunter พบว่ามีค่า L a และ b เท่ากับ 59.17, 2.03 และ 15.89 ตามลำดับ ค่าความสว่างของใยอาหารมากกว่าค่าความสว่างของรำข้าวซึ่งมีค่า L, a และ b เท่ากับ 71.19, -0.18 และ 15.41 ตามลำดับ แสดงว่าใยอาหารมีความขาวมากขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการสกัด จากคุณสมบัติของใยอาหารที่ Hansen and Balle (1991) กล่าวไว้ว่า ลักษณะของใยอาหารที่ได้ควรมีสีขาว เนื่องจากนิยมใช้ในอาหารแทนแป้ง เช่น การทำขนมปัง หรือการทำคุกกี้ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการฟอกสี เพื่อมิให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 16 รำข้าวและใยอาหารจากรำข้าว

### 2.1.2 ความสามารถในการดูดซับน้ำ

เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการดูดซับน้ำ ถ้ามีค่าสูงแสดงว่าใยอาหารสามารถจับกับน้ำได้ดี คือมีลักษณะเป็น hygroscopic กับน้ำจากการทดลองพบว่าใยอาหารจากรำข้าวมีความสามารถดูดซับน้ำเท่ากับ 6.02 กรัมต่อกรัมใยอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งใยอาหารอื่น ๆ พบว่ามีความสามารถในการดูดซับน้ำแตกต่างกัน เช่น รำข้าวเจ้า (เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ, 2538) รำข้าวโพด (Ning, et al., 1991) รำข้าวโอต รำข้าวสาลี และใยอาหารจากแอปเปิ้ล (Chen, et al., 1988) มีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำเท่ากับ 1.86, 2.94, 2.10, 5.03 และ 9.30 กรัมต่อกรัมใยอาหาร ตามลำดับ ความแตกต่างนี้ก็จะเกิดจากความแตกต่างของโครงสร้างและรูพรุนของผนังเซลล์ของแหล่งอาหารแต่ละชนิด โดยแหล่งใยอาหารที่มีโครงสร้างโมเลกุลของผนังเซลล์จับตัวกันแน่น หรือมีโครงสร้างของโมเลกุลยวบตัว และแหล่งใยอาหารที่ผนังเซลล์มีรูพรุนน้อย จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำ (Chem, et al., 1988; Gould, et al., 1989; Jasberg, et al., 1989 ; Ning, et al., 1991)

## 2.2 สมบัติทางเคมี

จากตารางที่ 25 พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของใยอาหารจากรำข้าวที่ผ่านกระบวนการสกัดเป็นใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 84.36 โดยน้ำหนักแห้ง แบ่งเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำ เท่ากับ ร้อยละ 82.85 และ 1.19 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สำหรับสารอาหาร ได้แก่ โปรตีน และ ไขมัน ร้อยละ 5.74 และ 0.31 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ นอกจากนี้ใยอาหารยังประกอบด้วย เถ้า เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในปริมาณร้อยละ 1.79, 36.95, 33.74 และ 15.67 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับใยอาหารทางการค้า Fibrex ซึ่งมีปริมาณใย

อาหารทั้งหมด โปรตีน ไขมัน เถ้า ลิกนิน และเซลลูโลสเท่ากับ ร้อยละ 81.11, 11.10, 0.33, 3.3-4.4 และ 44 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ (รุ่งนภา ประกอบกิจ, 2538) ทั้งใยอาหารที่สกัดได้และใยอาหารทางการค้ามีค่าพีเอชเท่ากันคือ 4.5 จะเห็นได้ว่ารำข้าวมีปริมาณใยอาหารมากพอที่จะใช้เป็นแหล่งใยอาหารได้

ตารางที่ 25 องค์ประกอบของใยอาหารที่สกัดได้จากรำข้าว

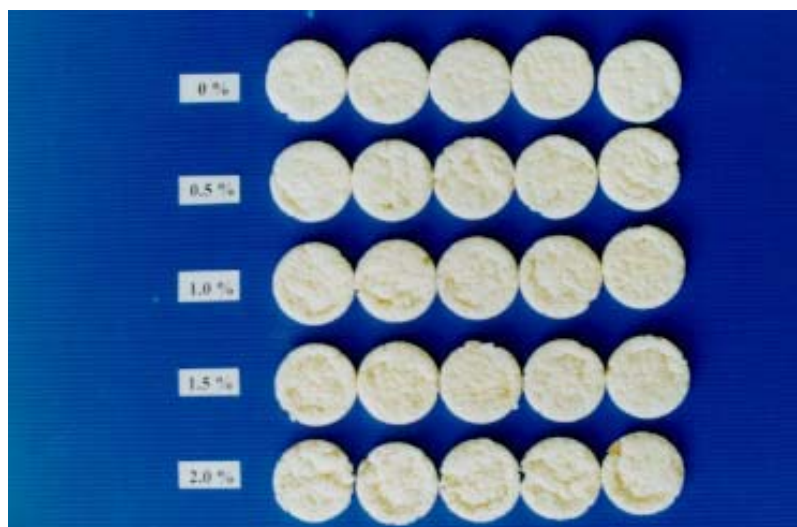
องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง <sup>1</sup>
ความชื้น <sup>1</sup>	7.44±0.11
โปรตีน	5.74±0.20
ไขมัน	0.31±0.06
เถ้า	1.79±0.07
ใยอาหารทั้งหมด	84.36±0.41
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	82.85±0.54
- เซลลูโลส	36.95±0.03
- เอมิเซลลูโลส	33.74±0.24
- ลิกนิน	15.67±0.15
ใยอาหารที่ละลายน้ำ	1.19±0.55
พีเอช	4.5

<sup>1</sup> คิดจากน้ำหนักเปียก

### 3.8 อัตราส่วนของใยอาหารที่เหมาะสมในการผลิตข้าวพองเสริมใยอาหาร

#### 1 ผลของปริมาณใยอาหารที่มีต่อคุณภาพข้าวพอง

ใช้ข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์หัวร้อยละ 20 มาทำการผลิตข้าวพองเสริมใยอาหาร โดยเติมใยอาหารในอัตราส่วนร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ของน้ำหนักข้าว พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้มขึ้นตามปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 17 เมื่อนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบแบบ QDA ประเมินคุณลักษณะทางการพองตัวของข้าว สี ความกรอบ ความรู้สึกหลังการกลืน และความชอบรวมด้วยวิธี Hedonic 9 scale ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 26



ภาพที่ 17 ผลผลิตภัณฑ์ข้าวพองเสริมใยอาหารในปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2

ลักษณะการพองตัวของเมล็ดข้าว พิจารณาถึงความสม่ำเสมอของการพองตัวของเมล็ดข้าวและจำนวนเมล็ดข้าวที่ไม่พองตัว พบว่าปริมาณใยอาหารที่เติมมีผลต่อการพองตัวของเมล็ดข้าวพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) คือเมื่อเติมใยอาหารมากขึ้นผู้ทดสอบชิมจะให้คะแนนน้อยลง แต่การเติมใยอาหารร้อยละ 1.5 ไม่ให้ผลแตกต่างจากชุดควบคุม และค่าการพองตัวของข้าวพองที่วัดได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 27) การเติมใยอาหารร้อยละ 2.0 แตกต่างจากระดับการเติมใยอาหารอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณใยอาหารที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลถึงความสามารถในการเกาะติดกันเป็นแผ่นของข้าวพอง กล่าวคือเมื่อปริมาณใยอาหารเพิ่มมากขึ้นเมล็ดข้าวปริมาณขอบของข้าวพองจะเปราะหัก และหลุดง่าย ทำให้แผ่นข้าวพองที่ได้ไม่สมบูรณ์ ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากใยอาหารจากรำข้าวมีองค์ประกอบหลักคือ เซลลูโลสซึ่งโมเลกุลยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงกว่าอะไมโลสในแป้ง โดยโมเลกุลของเซลลูโลสจะรวมตัวกันเป็นเส้นใย และมีลักษณะเป็นผลึกที่ไม่ละลายน้ำ (Stauffer, 1993) อาจจะขัดขวางการเชื่อมเกาะกันของเมล็ดข้าวแต่ละเมล็ด

สี ข้าวพองที่เติมใยอาหารร้อยละ 2.0 ของน้ำหนักข้าวมีคะแนนเท่ากับ 2.17 สูงกว่าข้าวพองที่เติมใยอาหารร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 1.06, 1.16, 1.49 และ 1.89 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) สอดคล้องกับผลการวัดค่า L ด้วยเครื่องวัดสี (ตารางที่ 27) ข้าวพองจะมีสีเข้มขึ้นเมื่อเติมใยอาหารมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากใยอาหารมีสีเหลืองอ่อน เมื่อเติมใยอาหารลงในข้าวจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Artz และคณะ (1990) ได้ทดลองเติมรำธัญพืชต่าง ๆ เช่น รำข้าวโพด รำข้าวสาลี รำข้าวโอต ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ พบว่า สีของผลิตภัณฑ์คุกกี้มีค่า L ลดลง



กลิ่นหอมของข้าว เมื่อเติมใยอาหารมากขึ้น พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนกลิ่นหอมของข้าวลดลง ข้าวพองที่ไม่เติมใยอาหารคะแนนเท่ากับ 0.89 สูงกว่าข้าวพองที่เติมใยอาหารทั้ง 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ซึ่งมีคะแนน 0.84, 0.81, 0.76 และ 0.64 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และพบว่าข้าวพองที่เติมใยอาหารร้อยละ 0, 1.0, 1.5 มีคะแนนกลิ่นหอมของข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ในข้าวขาวดอกมะลิมีสารให้กลิ่นหอมของข้าวคือ 2-acetyl-1-pyrroline อยู่ประมาณ 0.04-0.09 ไมโครกรัมต่อกรัม เป็นสารที่ระเหยได้ง่าย (Lin, et al., 1990) จึงทำให้กลิ่นหอมของข้าวลดลง ประกอบกับใยอาหารที่เติมเป็นใยอาหารที่สกัดจากรำข้าวซึ่งยังคงมีกลิ่นของรำข้าวอยู่เมื่อเติมในข้าวพองจะไปบดบังกลิ่นหอมของข้าว ทำให้ผู้ประเมินกลิ่นหอมของข้าวลดลง

*ความกรอบ* พบว่าปริมาณใยอาหารที่เติม ไม่มีผลต่อค่าความกรอบของข้าวพองที่เติมใยอาหารในทุกระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) เช่นเดียวกับการวัดค่าความกรอบด้วยเครื่อง Texture Analyzer ตารางที่ 27 แสดงให้เห็นว่า ใยอาหารที่เติมไม่มีผลต่อความกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คะแนนความกรอบสอดคล้องกับการพองตัวของข้าว คือข้าวมีการพองตัวไม่แตกต่างกันเช่นเดียวกับความกรอบ ปริมาณใยอาหารที่เติมลงไปไม่มีผลต่อแรงที่ใช้ในการขบเคี้ยว และแรงที่ทำให้ขึ้นข้าวพองแตกหัก

*ความรู้สึกหลังการกลืน* ผู้ประเมินสามารถรับรู้ความรู้สึกเป็นผงเล็ก ๆ ระคายคอค้างบริเวณลิ้น และลำคอภายหลังการกลืนเพิ่มขึ้น เมื่อมีใยอาหารในข้าวพองเพิ่มขึ้น โดยพบว่าข้าวพองที่ไม่เติมใยอาหารมีคะแนน 0.99 ไม่แตกต่างจากข้าวพองที่เติมใยอาหารร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 1.12, 1.22 และ 1.25 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ส่วนข้าวพองที่เติมใยอาหารร้อยละ 2 มีคะแนนเท่ากับ 1.40 สอดคล้องกับผลการทดลองของรุ่งนภา ประกอบกิจ (2538) ซึ่งเมื่อเติมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกโกโก้ลงในผลิตภัณฑ์คุกกี้มากขึ้นผู้ทดสอบมีความรู้สึกหยาบ และเป็นผงในปาก และลำคอ หลังการกลืนเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากเถ้าที่ยังเหลืออยู่ในใยอาหาร (Chou et al., 1990 ; Pomeranz, et al., 1977)

*ความชอบรวม* จากตารางที่ 26 พบว่า เมื่อเติมใยอาหารมากขึ้นคะแนนที่ได้ลดลง ผู้ทดสอบมีความชอบผลิตภัณฑ์น้อยลง ข้าวพองที่ไม่เติมใยอาหารมีคะแนนสูงสุดคือ 7.2 ไม่แตกต่างจากข้าวพองที่เติมใยอาหารร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 ซึ่งมีคะแนน 7.12, 1.10, 6.90 ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวพองที่เติมใยอาหารร้อยละ 2 มีคะแนน 5.4 แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) คะแนนด้านการยอมรับรวมเป็นผลมาจากคะแนนด้านการพองตัว ความกรอบ ส่วนคะแนนการไม่ยอมรับ สี กลิ่นหอมของข้าว และความรู้สึกหลังการกลืน อย่างไรก็ตาม ผู้ทดสอบให้

คะแนนการยอมรับรวมของข้าวพองที่เติมใยอาหารร้อยละ 1.5 ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ดังนั้นจึงเลือกเติมใยอาหารในข้าวพองในปริมาณร้อยละ 1.5 ในการผลิตข้าวพองในขั้นตอนต่อไป

**ตารางที่ 26** คะแนนเฉลี่ยของปัจจัยคุณภาพของข้าวพองเสริมใยอาหารจากรำข้าวที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีทดสอบแบบ QDA

คะแนนการชิม	คะแนนเฉลี่ยข้าวพองที่เติมใยอาหาร (ร้อยละ)				
	0	0.5	1.0	1.5	2.0
ลักษณะการพองตัวของเมล็ดข้าว	0.88 b	0.86 b	0.83 b	0.82 b	0.76 a
สี	1.06 a	1.16 a	1.48 b	1.89 c	2.17 d
กลิ่นหอมของข้าว	0.89 c	0.84 b	0.81 b	0.76 ab	0.64 a
ความกรอบ	0.93 a	0.93 a	0.92 a	0.92 a	0.93 a
ความรู้สึกลังการกลืน	0.99 a	1.12 ab	1.22 ab	1.25 bc	1.40 c
ความชอบรวม	7.20 b	7.10 b	7.10 b	3.90 b	5.40 a

หมายเหตุ ; ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

**ตารางที่ 27** ค่าการพองตัว ค่า L และค่าความกรอบของข้าวพองเสริมใยอาหารร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0

ร้อยละของใยอาหาร	การพองตัว (มล./ก.)	ค่า L	ค่าความกรอบ (แรง-กรัม)
0	4.28 a	84.76 d	3450 a
0.5	4.28 a	82.73 c	3421 a
1	4.26 a	80.49 b	3484 a
1.5	4.26a	78.99 ab	3324 a
2	4.30 a	77.69 a	3396 a

หมายเหตุ อักษร ที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

## 2 สมบัติของข้าวพองเสริมใยอาหารร้อยละ 1.5

จากตารางที่ 27 พบว่าข้าวพองและข้าวพองเสริมใยอาหารร้อยละ 1.5 สมบัติทางด้านกายภาพในด้านการพองตัว และความกรอบใกล้เคียงกัน ส่วนค่า L ของข้าวพองเสริมใยอาหารร้อยละ 1.5 เท่ากับ 78.98 ซึ่งเข้มกว่าข้าวพองธรรมดาที่ไม่เติมใยอาหารซึ่งมีค่า L เท่ากับ 84.16 ส่วนสมบัติ

ในด้านเคมีข้าวพองและข้าวพองเสริมใยอาหารมีค่าความชื้นและค่า Aw ใกล้เคียงกัน ค่าความชื้นที่ได้ใกล้เคียงกับรายงานของ Baker และ Holden (1992) คือร้อยละ 7.1 โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณใยอาหารทั้งหมดในข้าวพองและข้าวพองเสริมใยอาหาร เท่ากับร้อยละ 0.13 และ 4.57 โดยน้ำหนักแห้ง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวพองเป็นข้าวพองเสริมใยอาหารร้อยละ 1.5 พบว่ามีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 2.85 และนอกจากนี้ยังพบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวพองเสริมใยอาหารมีปริมาณใยอาหารมากกว่าผลิตภัณฑ์ข้าวพองชนิดอื่นที่จำหน่ายในท้องตลาด เช่น ผลิตภัณฑ์ข้าวพองของบริษัท Quaker มีเส้นใยในรูปของ NDF (Neutral Detergent Fiber) เท่ากับร้อยละ 0 (Baker and Holden, 1992) และผลิตภัณฑ์ข้าวพองเคลือบโกโก้ของบริษัทแคลลอกมีใยอาหารร้อยละ 0 เช่นเดียวกัน ดังตารางที่ 28

**ตารางที่ 28** คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวพองและข้าวพองเสริมใยอาหารร้อยละ 1.5

คุณสมบัติ	ข้าวพอง	ข้าวพองเสริมใยอาหาร ร้อยละ 1.5
ด้านกายภาพ		
การพองตัว (มล./ก.)	4.40	4.40
ค่า L	84.96	78.98
ความกรอบ (กรัม)	3370	3305
ด้านเคมี		
ความชื้น <sup>1</sup>	7.69	7.65
Aw	0.445	0.447
ใยอาหารทั้งหมด <sup>2</sup>	1.72	4.57
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ <sup>2</sup>	-	4.09
ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ <sup>2</sup>	-	0.97

หมายเหตุ <sup>1</sup> ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

<sup>2</sup> คิดจากน้ำหนักแห้ง

### 3.9 การเปลี่ยนแปลงของข้าวพองเสริมใยอาหารร้อยละ 1.5 ระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวพองเสริมใยอาหารจากรำข้าวร้อยละ 1.5 ในถุงพลาสติกلاميเนตระหว่าง PA/PE บรรจุแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 สัปดาห์ ทำการประเมินคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสทุก ๆ 7 วัน ได้ผลดังนี้คือ

#### 1 คุณภาพทางเคมี

ข้าวพองที่บรรจุในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าคุณภาพทางเคมีของข้าวพองมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ดังแสดงในภาพที่ 18

##### 1.1 ปริมาณความชื้น

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ข้าวพองเสริมใยอาหารพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นในระดับต่ำกว่าความชื้นในบรรยากาศจึงมีโอกาสดูดความชื้นจากภายในเข้าไปโดยเฉพาะในที่อุณหภูมิสูง (Labuza, 1982) และถุงพลาสติกแม้ว่าจะมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี แต่ไอน้ำก็ยังมีโอกาสผ่านเข้าไปได้บ้าง ปริมาณความชื้นของข้าวพองเสริม

โยอาหารที่เก็บรักษาจนถึงสัปดาห์ที่ 9 จึงมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.4 อาจเป็นสาเหตุให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียความกรอบ

### 1.2 ค่า Aw

การเปลี่ยนแปลงค่า Aw ของข้าวพองที่เก็บรักษา พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่า Aw อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กล่าวคือค่า Aw ของผลิตภัณฑ์วันที่ 0 มีค่า 0.44 หลังจากนั้น ค่า Aw มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาจนถึงสัปดาห์สุดท้าย Aw มีค่าเท่ากับ 0.61

### 1.3 ค่าที่บีเอ

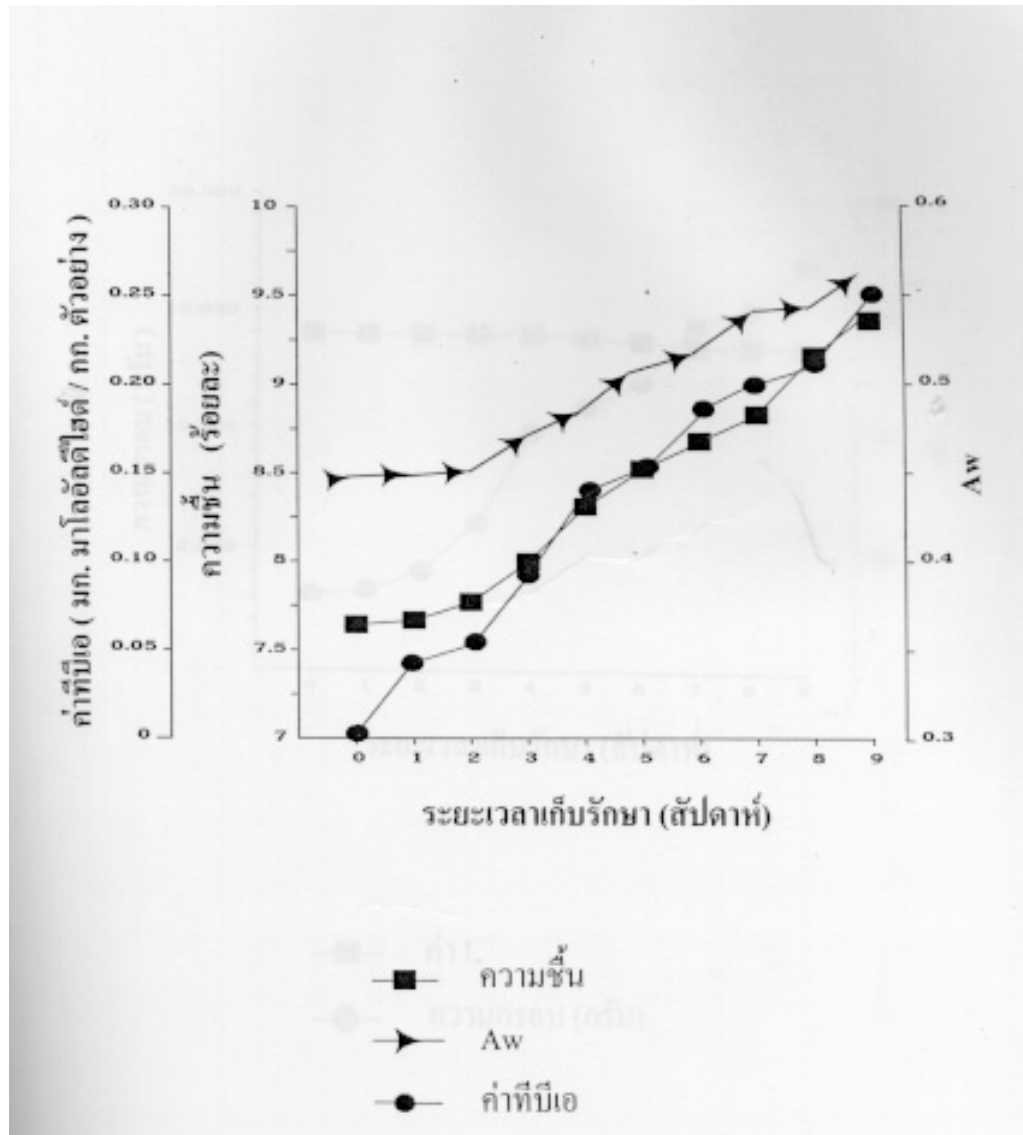
การเปลี่ยนแปลงค่าที่บีเอของข้าวพองเสริมโยอาหารระหว่างการเก็บรักษาพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าที่บีเออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ซึ่งสัปดาห์ที่ 1 มีค่าที่บีเอเท่ากับ 0.04 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าที่บีเอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากในข้าว และรำข้าวซึ่งวัตถุดิบหลักในการผลิตยังคงมีไขมันอยู่บ้าง เมื่อนำมาผ่านกระบวนการผลิตข้าวพองที่ใช้ความร้อนสูง อาจจะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ และเมื่อผ่านการเก็บรักษา เกิดการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันในกระบวนการออกซิเดชัน ทำให้เกิดสารประกอบคาร์บอนิลหลายชนิดมากขึ้น เช่น แอซิแอลดีไฮด์ โปรพาแนล เพนทาแนล และ เฮกซาแนล (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532)

## 2 คุณภาพทางกายภาพ

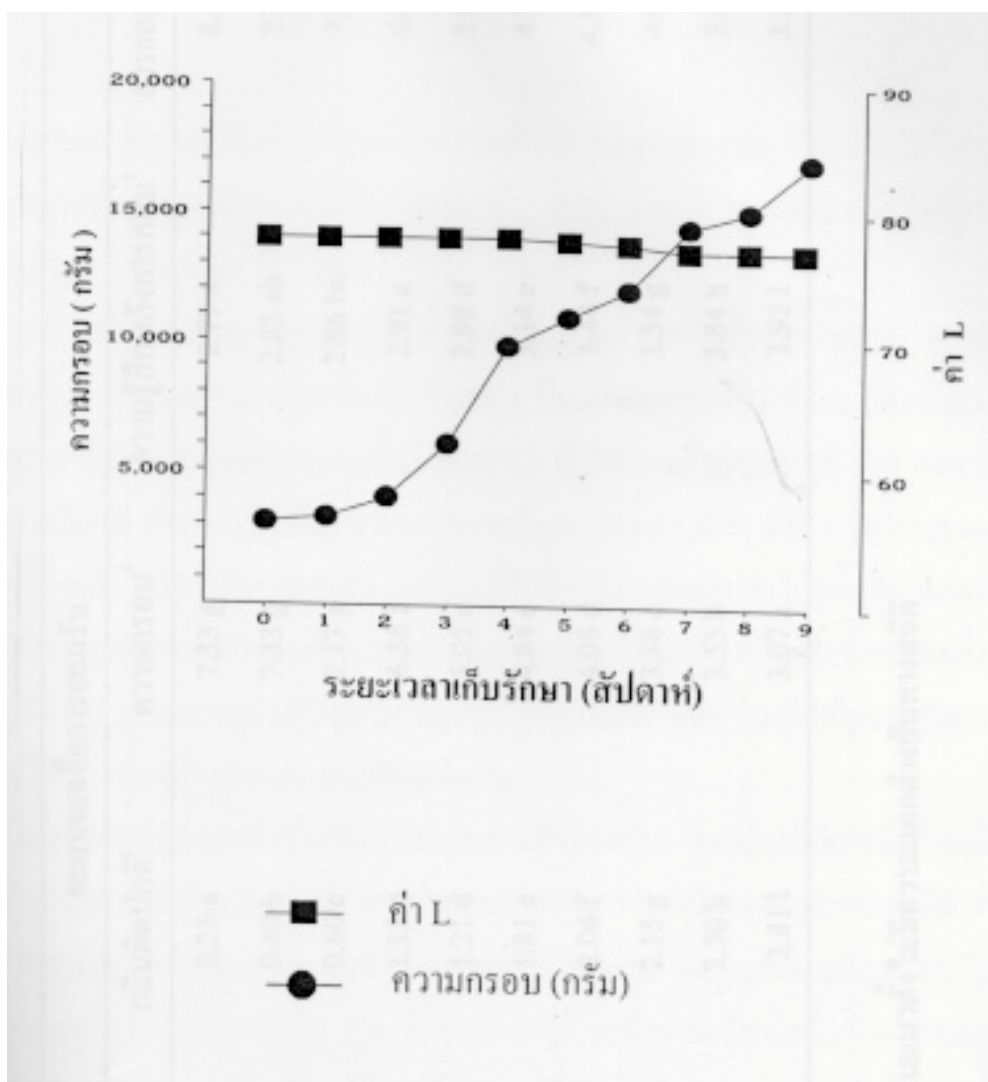
ภาพที่ 19 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เมื่อทำการเก็บรักษาข้าวพองในถุงพลาสติกบรรจุแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ดังนี้

### 2.1 ค่าสี

ค่าสีของข้าวพองเสริมโยอาหาร เมื่อวัดค่าสีในระบบ Hunter ที่ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 สัปดาห์ พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่า L ของผลิตภัณฑ์ข้าวพองเสริมโยอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) คือข้าวพองเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาและเมื่อผ่านการเก็บรักษาครบ 9 สัปดาห์ มีค่า L ใกล้เคียงกัน (ดังภาพที่ 19) การที่ค่า L ของผลิตภัณฑ์ข้าวพองเสริมโยอาหารมีการเปลี่ยนแปลงค่า L น้อยมาก เนื่องจากเส้นใยอาหารเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น เส้นใยอาหารมีองค์ประกอบหลักคือ เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส มีคุณสมบัติค่อนข้างทนต่อปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ จึงทำให้ค่า L ของผลิตภัณฑ์ข้าวพองที่ผ่านการเก็บรักษาไม่เปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงค่าบีเอ ความชื้น และ Aw ของข้าวพองเสริมใยอาหารร้อยละ 1.5 ระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงค่า L และค่าความกรอบของข้าวพองเสริมใยอาหารร้อยละ 1.5 ระหว่างการเก็บรักษา

## 2.2 ค่าความกรอบ

การเปลี่ยนแปลงค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ข้าวพองเสริมใยอาหาร พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่าความกรอบของข้าวพองเสริมใยอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ความกรอบของผลิตภัณฑ์จะมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นจากบรรยากาศทำให้มีค่า ความชื้นและ ค่า Aw เพิ่มขึ้น และค่า Aw เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความเหนียวของผลิตภัณฑ์ประเภทขนมขบเคี้ยว

## 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวพองเสริมใยอาหารร้อยละ 1.5 โดยใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน โดยวิธีให้คะแนนแบบพรรณนาเชิงปริมาณ ในปัจจัยสี กลิ่นผิดปกติ ความรู้สึกหลังการกลืน ส่วนการยอมรับรวมใช้วิธีให้คะแนนความชอบ แบบ 9 สเกล (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด) ให้ผลดังตารางที่ 29

สี ตัวอย่างข้าวพองที่เก็บรักษามีคะแนนเริ่มต้นเท่ากับ 2.32 และคะแนนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาถึงวันสุดท้าย ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 2.43 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) สอดคล้องกับผลการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี

กลิ่นผิดปกติ ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อกลิ่นผิดปกติของตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อวันเริ่มต้นพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนน 0.47 และกลิ่นผิดปกติของผลิตภัณฑ์ข้าวพอง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยสัปดาห์สุดท้ายมีคะแนนกลิ่นผิดปกติเพิ่มขึ้นเป็น 2.28 สอดคล้องกับค่าที่บีเอทีเพิ่มขึ้น ทำให้ผู้ทดสอบรู้สึกได้ถึงกลิ่นผิดปกติ

ความกรอบ การเปลี่ยนแปลงค่าความกรอบของข้าวพองเสริมใยอาหารในระหว่างเก็บรักษา พบว่าความกรอบของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเก็บรักษานานขึ้นผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นจากบรรยากาศทำให้ปริมาณความชื้น และ ค่า Aw เพิ่มขึ้น Hsieh และคณะ (1991) กล่าวว่าค่า Aw มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวพอง ข้าวพองที่มีค่า Aw อยู่ในช่วง 0.23 – 0.44 เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบมาก เคี้ยวง่าย ค่า Aw ที่เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ข้าวพองสูญเสียความกรอบ และทำให้เกิดความเหนียว ข้าวพองที่มีค่า Aw 0.44-0.57 จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กรอบ ผู้บริโภคยอมรับได้ แต่เมื่อค่า Aw เพิ่มขึ้นเป็น 0.57 – 0.84 ข้าวพองจะมีความเหนียวมาก เนื้อสัมผัสจะนิ่ม เคี้ยวยาก



ความรู้สึกลังการกลิ่น ความรู้สึกหลังการกลืนของผลิตภัณฑ์ข้าวพองเสริมใยอาหารที่ผ่านการเก็บรักษา พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อความรู้สึกลังการกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยคะแนนความรู้สึกลังการกลิ่นเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น การที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความรู้สึกลังการกลิ่นเพิ่มขึ้น อาจจะมีสาเหตุมาจากระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบลดลง จึงทำให้ผู้บริโภคมีความรู้สึกแห้งและระคายเคืองมากขึ้น

การยอมรับรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ และใช้คะแนนที่ต่ำกว่า 5 เป็นเกณฑ์กำหนดตัวอย่างที่ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่ยอมรับ คะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ข้าวพองเสริมใยอาหารจากรำข้าวมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ในวันเริ่มต้นมีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.5 และมีคะแนนลดลงตามลำดับเหลือ 5.13 ในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 5 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 4.7 แสดงว่าผู้บริโภคไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ Katz และ Labuza (1981) กล่าวว่าความกรอบเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของอาหารขบเคี้ยว ดังนั้นการสูญเสียความกรอบจึงเป็นสาเหตุสำคัญ ประกอบกับกลิ่นผิดปกติที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์หลังจากสัปดาห์ที่ 4

ตารางที่ 29 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาธน์ของผลิตภัณฑ์ของข้าวพองเสริมใยอาหารร้อยละ 1.5 ระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (สัปดาห์)	คะแนนเฉลี่ยการยอมรับ					
	สี <sup>1</sup>	กลิ่นผิดปกติ <sup>1</sup>	ความกรอบ <sup>1</sup>	ความรู้สึกหลังการกลืน <sup>1</sup>	การยอมรับรวม <sup>1</sup>	
0	2.30 a	0.25 a	7.33 g	2.79 a	8.30 g	
1	2.31 a	0.40 b	7.33 g	2.83 ab	7.80 g	
2	2.29 a	0.60 c	7.13 g	2.86 bc	7.20 f	
3	2.32 a	1.13 d	6.58 f	2.91 c	6.40 e	
4	2.35 a	1.21 d	5.05 e	2.98 d	5.60 d	
5	2.36 a	1.81 e	4.84 e	3.14 e	4.70 c	
6	2.35 a	2.06 f	4.08 d	3.44 f	4.50 bc	
7	2.35 a	2.15 g	3.86 c	3.54 g	4.00 b	
8	2.40 ab	2.50 h	3.55 b	3.84 h	3.40 a	
9	2.48 a	2.81	3.07 a	3.92 i	3.20 a	

หมายเหตุ ตัวอักษร a b c... ที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

<sup>1</sup> การประเมินโดยวิธี QDA

<sup>1</sup> การประเมินโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (1=ชอบน้อยที่สุด 9=ชอบมากที่สุด)

## บทที่ 4

### บทสรุป

(Conclusion)

ข้าวสาร 5 สายพันธุ์จากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ประกอบด้วยพันธุ์ KGTLR 79133/3/1/2 พันธุ์เจียงพัทลุง, พันธุ์ดอกพยอม พันธุ์เล็บนกปัตตานี และ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 จากองค์ประกอบทางเคมีสามารถจำแนกเป็นข้าวที่มีอะไมโลสได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ ปริมาณอะไมโลสต่ำ ได้แก่ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105, ปริมาณอะไมโลสปานกลาง-ค่อนข้างสูง ได้แก่ พันธุ์ดอกพยอม และ ปริมาณอะไมโลสสูง ได้แก่ พันธุ์เจียงพัทลุง เล็บนกปัตตานี และ KGTLR 79133/3/1/2 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 เดือน พบว่าปริมาณความชื้นและค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มลดลง สำหรับอะไมโลสและไขมัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อายุการเก็บของข้าวสารที่นานขึ้น มีผลต่ออัตราการงอกตัวเพิ่มขึ้น สภาวะที่เหมาะสมต่อการงอกตัว โดยวิธีการทอด พบว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ความชื้นร้อยละ 12 และอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส มีอัตราการงอกตัวสูงสุด ประมาณ 5.35 เท่า อัตราการงอกตัวที่สูงจะมีผลต่อค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ให้เพิ่มขึ้น และมีสีขาวเพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณอะไมโลสที่มีผลต่อการงอกตัว พบว่าปริมาณอะไมโลสร้อยละ 18 จะให้การงอกตัวที่ดีที่สุด ปริมาณความชื้นร้อยละ 12 ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

จากข้อมูลเบื้องต้นที่ได้ใช้ข้าวปลูกในห้องถิน จึงได้ทำการทดลองโดยใช้ข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในภาคกลาง มาทำการทดลอง โดยใช้เครื่องผลิตข้าวพอง จากการศึกษาสภาวะในการผลิตข้าวพอง โดยใช้เครื่องผลิตข้าวพอง พบว่า ความชื้นของข้าว อุณหภูมิ และระยะเวลาในการผลิตข้าวพอง มีผลต่อการงอกตัว ค่า L และค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ สภาวะที่ใช้ข้าวความชื้นร้อยละ 13 ทำให้พองตัวที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วินาที ข้าวพองที่ได้มีการพองตัวมากที่สุด คือ 4.4 มล./ก. มีค่า L และความกรอบเท่ากับ 84.96 และ 3370 กรัมตามลำดับ สภาวะที่ใช้ข้าวความชื้นต่ำ ทำให้พองที่อุณหภูมิต่ำ และเวลาน้อยพบว่า การพองตัวของข้าวจะน้อย และการพองตัวของข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นของข้าวมากขึ้น ใช้สภาวะในการผลิตที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น และเวลามากขึ้น แต่ถ้าใช้อุณหภูมิและเวลานานเกินไป การพองตัวจะลดลง และสีจะเข้มขึ้น

เปอร์เซ็นต์หักของข้าวไม่มีผลต่อการงอกตัวของข้าว โดยข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์หักร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 มีค่าการพองตัว ค่า (L) และค่าความกรอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ )

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวพอง โดยการเสริมใยอาหาร พบว่าปริมาณใยอาหารที่มีมากขึ้นมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส คือ สี และความรู้สึกหลังการกลืนจะเพิ่มขึ้น ความหอมของข้าวจะลดลง ในขณะเดียวกัน ปริมาณใยอาหารที่เติมไม่มีผลต่อการพองตัว และความกรอบของผลิตภัณฑ์ การเติมใยอาหารร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักข้าว ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ( $P>0.05$ ) และจากการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคโดยทั่วไป พบว่าส่วนใหญ่ยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวพองเสริมใยอาหารร้อยละ 1.5 ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบ แต่ความชอบลดลงเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีรสชาติและไม่คุ้นเคย ผลิตภัณฑ์ข้าวพองเสริมใยอาหารร้อยละ 1.5 มีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นจากข้าวพองที่ไม่เสริมใยอาหารร้อยละ 2.83

จากการประเมินคุณภาพในด้านเคมี กายภาพ และ ประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้น ค่าบีทีเอ และ Aw เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนคุณภาพด้านกายภาพพบว่า ค่า L ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนค่าความกรอบมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนคุณภาพด้านประสาทสัมผัสพบว่า มีค่าความกรอบและการยอมรับรวมลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนกลิ่นผิดปกติ และความรู้สึกหลังการกลืนเพิ่มขึ้น ผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษามากกว่า 4 สัปดาห์

## เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ : <http://www.dfr.moc.go.th>

เครือวัลย์ อัดตวิริยะสุข. 2534 คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด.

ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี. 2531 คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง : การปรับปรุงคุณภาพข้าวสำหรับผู้ดำเนินธุรกิจโรงสี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี. 2536. การพัฒนาข้าวไทยสู่ตลาดคุณภาพ. กสิกร 66 (6) : 534 – 539.

งามชื่น คงเสรี. 2539. คุณภาพข้าวสุก. ใน ข้าว : ความรู้คู่ชาวนา. เอกสารวิชาการครบรอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

งามชื่น คงเสรี และ Takechita, H. 2536. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว กข 23 เมื่อเก็บเมล็ดในสภาพต่าง ๆ. ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2 (1) : 50 – 58.

มาลี ชิมสกุล. 2538. ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพการพองตัวของข้าวเปลือก และต่อคุณสมบัติแป้งข้าวพองที่ได้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราณี วราสวัสดิ์. 2536 เทคโนโลยีธัญพืช. ภาควิชาเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. เชียงใหม่

วิชัย ต้นไพจิตร. 2522. มากินใยอาหารกันเถอะ. ว.ใกล้หมอ. 3 (3) : 75 – 78.

วิไลลักษณ์ กมลธรรม. 2538 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวผัดปูแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

รุ่งนภา ประกอบกิจ. 2538. การสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้ และการประยุกต์ใช้ในการผลิตภัณฑ์คุกกี้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์ และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. 2539. เส้นใยอาหารกับคุณภาพชีวิต ว. อาหารและยา. 3(2) : 11-15.

- อภิญา เจริญกุล. 2538. อาหารขบเคี้ยว. ว.อาหาร. 18 (2) 96-100.
- อรรควุฒิ ทศน์สองชั้น. 2530. เรื่องของข้าว. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.  
กรุงเทพฯ.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. เคมีทางัญญาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร  
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2540. เทคโนโลยีการผลิตและการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวดัดและอบแห้ง.  
ว.อุตสาหกรรมเกษตร. 8 (3) : 58-67.
- Antonio, A.A., and Juliano, B.O. 1973. Amylose content and puffed volume of parboiled rice.  
J.Food Sci. 38 : 915-916.
- A.O.A.C. 1990. Official Method of Analytical Chemists. 15<sup>th</sup> ed. Verginia : The Association  
of Official Analytical Chemists, INC.
- Artz, W.E., Waren, C.C., Mohring, A.E., and Villoate, R. 1990. Incorporation of corn fiber into  
sugar snap cookies. Cereal Chem. 63 (3) : 303-305.
- Baker, R.C., Hahn, P.W., and Robbins, K.R. 1988. Developments in Food Science 16,  
Fundamentals of New Food Product Development. New York : Elsevier Science  
Publisher.
- Baker, D., and Holden, J.M. 1990. Fiber in breakfast cereals. Cereal Chem. 63 (1) : 10-12.
- Bhattacharjee, M. and Nath, S. 1985. Puffing characteristics of some processed rice stored  
in different packaging systems. J.Sci. Food Agri. 36 : 37 – 42.
- Buttery, R.G., Ling, L.C., and Juliano, B.O. 1983a. Cooked rice aroma and 2- acetyl-1-  
pyrroline. J. Agri. Food Chem. 31 : 823-826.
- \_\_\_\_\_ 1983 b. Studies on expanded rice : Optimum processing condition. J. Food Sci 48  
: 1604-1608.

- Chikubu, E.S. and Suzuki, M. 1970. Palatability evaluation of cooked milled rice by physicochemical measurement. Rep. Nat. Food Re. Inst 31.
- Chou, Y.T., Garrison, D.F. and Lewis, W.I. 1990. Alkaline extraction, peroxide bleaching of nonwoody lignocellulose substrate. U.S. Patent. 4,957,599. Sep. 18, 1990.
- Egan, H., Kirk, R.S., and Sawyer, R. 1981. Pearson's Chemical Analysis of Food. London : Churchill Livingstone.
- Gould, J.M., Jasberg, B.K., and Cote, G.L. 1989. Structure function relationships of alkaline peroxide treated lignocellulose from wheat straw. Cereal Chem. 66 (3) : 213-217.
- Gnanasambandam, R. and Hettiarachchy, N.S. 1995. Protein concentrates from unstabilized and stabilized rice bran : preparation and properties. J. Food Sci. 60(5) : 1066-1069.
- Gurary, H.S. and Toledo, R.T. 1994. Volume expansion during hot air puffing of a fat-free starch based snack. J. Food Sci. 59 (3) : 641-643.
- Hamaker, B.R. and Griffin, B.K. 1990. Changing the viscoelastic properties of cooked rice through protein disruption. Cereal Chem. 67 : 261-264.
- Hargrove, K.L. 1994. Processing and Utilization of Rice Bran in the United States. *In Rice Science and Technology*. pp. 381-404. New York : Marcel Dekker, Inc.
- Hansen, S.K. and Balle, A.H. 1991. Product and process for preparing a plant fiber product. U.S. Patent. 5,068,121 Nov. 26 1991.
- Hsieh, F.H., Huff, H.E., Peng, I.C., and Marek, S.W. 1989. Puffing of rice cakes as influenced by tempering and heating condition. J. Food Sci. 54 (5) : 1310-1312.
- Hsieh, F.H., Fields, M.L., Li, Y., and Huff, H.E. 1989. Ultra-high temperature effect on *B. Stearothermophilus* during puffing of rice. J. Food Quality. 12 : 345-354.
- Hsieh, F., Hu, L., Peng, I.C. and Huff, H.E. 1990. Pretreating dent corn grits for puffing in a rice cake machine. J. Food Sci. 55(5) : 1345-1355.

- Hsieh, F., Hu, L., Peng, I.C. and Huff, H.E. 1991. Effects of water activity on textural characteristics of puffed rice cake. *J. Lebensmittel Wissenschaft and Technologie* 23. (6) : 471-473.
- Hudson, C.A., Chiu, M.M., and Knuckle, B.E. 1992. Development and characteristic of high-fiber muffins with oat bran, rice bran, or barley fiber fraction. *Cereal Food World*. 37(3) : 373-378.
- Huff, H.E. Hsieh, F., and Peng, I.C. 1992. Rice cake production using long grain and medium grain brown rice. *J. Food Sci.* 57 (50) : 1164-1167.
- Horgan, J.T. 1977. Rice and rice products. In *Element of food Technology*. N.W. Desrosier (Editor). Westport Connecticut : AVI Publishing Co.,.
- International Rice Research Institute. 1972. Annual Report Intern. Rice Res. Res. Ins., 1971-1972. Los Banos, Philippines. 738 p.
- Jackson, J.C., Bourne, M.C., and Barnard, J. 1996. Optimization of blanching for crispness of banana chips using reponse surface methodology. *J. Food Sci.* 61(1) : 165-166.
- Jeltima, M.A., Zabik, M.E., and Thiel, L.J. 1983. Prediction of cookies quality from dietary fiber components. *Cereal Chem.* 60 (3) : 227-230.
- Jasberg, B.K., Gould, J.M., and Warmen, K. 1989. High-fiber, noncaloric flour substitute for baked food, alkaline peroxide-treated lignocellulose in chocolate cake. *Cereal Chem.* 66 (3) : 209-213
- Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. *Amer Ass. Cereal Chem.* 16 : 334-336, 338-360.
- Juliano, B.O. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities, In *Rice : Chemistry and Technology*. pp. 443-512. St. Paul, Minn. : American Association of Cereal Chemists Inc.



- Katz, E.E. and Labuza, T.P. 1981. Effect of water activity on sensory crispness and mechanical deformation of snack food product. *J. Food Sci.* 46 : 403-409.
- Labuza, T.P. 1982 Moisture gain and loss in package food. *F. Food Tech.* 36(4) : 92-93.
- Lee, S.C., Prosky, L. and De Vries, J.W. 1992, Determination of total, insoluble and soluble dietary fiber in food by Enzymatic Gravimetric method, MES-TRIS buffer : Collaborative study. *J. AOAC. International.* 75 : 395-461.
- Luh, B.S. 1991 Breakfast rice cereals and baby foods. *In Rice Production and Utilization.* pp. 623-649. Westport, Conn. Conn. : AVI Publishing Co.,
- Mridula, B. and Nath, S. 1985. Puffing characteristics of some processed rice stored in different packaging system. *J.Sci Food Agri.* 36 : 37-42.
- Murugesan, G. and Bhattacharya, K.R. 1986 Studies on puffed rice effect of processing condition. *J. Food. Sci and Tech.* 23 : 197-202.
- Murugesan, G. and Chattacharya, K. R. 1991 (a). Basis for varietal difference in popping expansion of rice. *J.Cereal Sci.* 13 : 71-83
- \_\_\_\_\_ 1991 (b). Effect of some pretreatments on popping expansion of rice. *J. Cereal Sci.* 13 : 85-92.
- Ning, L., Villota, R. and Artz, W.E. 1991. Modification of corn fiber through chemical treatment in combination with twin-screw extrusion. *Cereal Chem.,* 68 (6) : 632-636.
- Pomeranz, T., Shogren, M.D., Finney, K.F., and Bechtel, D.B. 1977. Fiber in Breadmaking effects on functional properties. *Cereal Chem.* 54(1) : 25-41.
- Puwastien, P., Burlingame, B., Raroengwicht, M., and Sungpuag, P. 2000. ASEAN Food Composition Tables. 1<sup>st</sup> ed. Institute of Nutrition, Mahidol University, Thailand.
- Ranhotra, G.S., Gelroth, J.A., and Eisenbraun, G.T. 1991. High fiber white flour and its use in cookies products. *Cereal Chem.* 68 (4) : 432-434.

- Schneeman, B.O. 1986. Dietary fiber : Physical and chemical properties, methods of analysis and physiological effect. *J. Food Tech.* 40 (2) : 104-110.
- Snap, R.N. 1986. Quality evaluation of milled aromatic rice from India, Thailand and the United State. *J. Food Sci.* 51 : 634-636.
- Srinivas. T. and Deskachar, H.S.R. 1973. Factors affecting the puffing quality of paddy *J.Sci. Food. Agric.* 24 : 883-891.
- Sweintek, R.J. and Juliano, B.O. 1973. Puffed products without frying. *Food Process.* 8 : 114-114.
- Van Soest, P.J. and Wine, R.H. 1967. Use of detergents in analysis of fibrous feeds determination of plant cell walls constituents. *J. Assoc. Off anal. Chem.* 50 : 50.
- Villareal, C.P. and Juliano, B.O. 1987. Varietal differences in quality characteristic of puffed rice. *Cereal Chem.* 64 (4) : 337-342.
- Webb, B.O. and Stermer, A.A. 1972 Criteria of rice quality. *In Rice : Chemistry and Technology.* Westpost, Conn. : AVI Publishing Co.,