

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผล

#### ตอนที่ 1 ผลของสภาวะที่เหมาะสมในการงอกของข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปู

การศึกษาสภาวะการงอกที่เหมาะสมต่อเปอร์เซ็นต์ การงอกของข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูที่ทำการศึกษ 2 ปีวิจัย คือ เวลาที่ใช้ในการแช่ และเวลาที่ใช้ในการเพาะเมล็ด เป็นการวางแผนการทดลองแบบ 2 x 5 Factorial in CRD สำหรับข้าวกล้องหอมมะลิ (เวลาแช่ 2 ระดับ คือ 6 และ 12 ชั่วโมง เวลาเพาะ 5 ระดับ คือ 0, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง) และแบบ 2 x 4 Factorial in CRD สำหรับข้าวกล้องมันปู (เวลาแช่ 2 ระดับ คือ 12 และ 24 ชั่วโมง) เวลาเพาะ 4 ระดับ คือ 0, 12, 24 และ 36 ชั่วโมง) จึงมีตัวอย่างข้าวกล้องงอกทั้งหมด 18 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นข้าวกล้องหอมมะลิงอก 10 ตัวอย่าง ได้แก่ 6 ; 0, 6 ; 6, 6 ; 12, 6 ; 18, 6 ; 24, 12 ; 0, 12 ; 6, 12 ; 12, 12 ; 18 และ 12 ; 24 และข้าวกล้องมันปูงอก 8 ตัวอย่าง ได้แก่ 12 ; 0, 12 ; 12, 12 ; 24, 12 ; 36, 24 ; 0, 24 ; 12, 24 ; 24 และ 24 ; 36 นำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ คุณภาพการหุงต้มและการรับประทานการศึกษาทางจุลชีววิทยา การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าการวิเคราะห์ผลการศึกษส่วนใหญ่มีปฏิกริยาดัมพันธ์ (Interaction) กันระหว่าง 2 ปีวิจัยดังกล่าว จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ดังต่อไปนี้

#### ตอนที่ 2 การศึกษาผลของสภาวะการงอกที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปู

ผลการศึกษาพบว่า ข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่แช่เมล็ดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การงอกเมล็ดสูงกว่าข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่แช่นาน 6 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบเวลาการเพาะเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเพาะเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิที่เวลาการแช่เดียวกันเปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยที่สภาวะการงอกที่ 12 ; 24 มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุดและแตกต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) คือเท่ากับ 90.3 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 11) และผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวกล้องมันปู พบว่าข้าวกล้องมันปูที่แช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงนั้นให้เปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าการแช่เมล็ดที่เวลา 12 ชั่วโมง (ที่เวลาการเพาะเดียวกัน) และการเพิ่มระยะเวลาการเพาะเมล็ดที่เวลาการแช่เดียวกันเป็นผลให้เปอร์เซ็นต์การงอกมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับเวลาดังกล่าว ตัวอย่างข้าวกล้องมันปูงอกที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุดแตกต่างจากสภาวะการงอกอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) คือตัวอย่างที่ใช้เวลาในการแช่และการเพาะเมล็ดสูงสุด 24 ; 36 เท่ากับ 82.6 เปอร์เซ็นต์ เห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การงอกของ

ข้าวกล้องมันปูมีค่าต่ำกว่าข้าวกล้องหอมมะลิ เมื่อเปรียบเทียบเวลาการแช่และเวลาการเพาะที่เท่ากัน เช่น ที่สภาวะการงอกเท่ากับ 12 ; 12 ข้าวกล้องหอมมะลิมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 55 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวกล้องมันปูมีเปอร์เซ็นต์การงอกเพียง 38 เปอร์เซ็นต์ เหตุผลมาจากข้าวกล้องมันปูมีเยื่อหุ้มเมล็ดที่หนากว่า เป็นข้าวที่มีลักษณะแข็งกระด้างมากกว่าข้าวกล้องหอมมะลิ (บริบูรณ์ สมฤทธิ, 2542, หน้า 7)

ตาราง 11 เปอร์เซ็นต์การงอกแต่ละสภาวะการงอกของข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปู

ชนิดข้าว	ระยะเวลาแช่ (ชม.)	ระยะเวลาเพาะ (ชม.)	เปอร์เซ็นต์การงอก (%)
ข้าวกล้องหอมมะลิ	6	0	0 <sup>i</sup> ±0.00
		6	17.6 <sup>h</sup> ±0.57
		12	44.3 <sup>i</sup> ±0.53
		18	67.6 <sup>d</sup> ±0.33
		24	84.6 <sup>b</sup> ±0.24
	12	0	0 <sup>i</sup> ±0.00
		6	29.0 <sup>g</sup> ±1.00
		12	55.0 <sup>e</sup> ±1.00
		18	70.3 <sup>c</sup> ±0.57
		24	90.3 <sup>a</sup> ±1.52
ข้าวกล้องมันปู	12	0	0 <sup>g</sup> ±0.00
		12	38.0 <sup>f</sup> ±1.00
		24	62.0 <sup>d</sup> ±1.00
		36	75.0 <sup>b</sup> ±0.00
	24	0	0 <sup>g</sup> ±0.00
		12	48.3 <sup>e</sup> ±0.15
		24	71.3 <sup>c</sup> ±0.05
		36	82.6 <sup>a</sup> ±0.32

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งของข้าวชนิดเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )



ภาพ 8 นิ้วก้อยหอมมะลิจึงอกแต่ละสภาวะ



ภาพ 9 ข้าวกล้างม้วนงอกแต่ละสภาวะ

จากภาพ 8 พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการเพาะเมล็ดโดยมีเวลาการแช่เท่ากันนั้นส่วนของคัพภะที่งอกออกมาจากเมล็ดมีความยาวเพิ่มขึ้น และที่เวลาการเพาะเดียวกันยังพบว่าข้าวกล้างอมมะลิ่งอกที่แช่ 12 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อสังเกตด้วยตาและทำการวัดด้วยเวอร์เนียร์ ส่วนที่งอกนั้นมีความยาวมากกว่าข้าวกล้างอมมะลิ่งอกที่แช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยที่ส่วนที่งอกออกมา คือส่วนของปลอกหุ้มต้นอ่อน (Coleoptile) โผล่พ้นออกมาจากบริเวณคัพภะด้วยการแตกของเปลือกหุ้มผล (จาร์ส โปร่งศิริวัฒนา, 2534, หน้า 134) ซึ่งตัวอย่างข้าวกล้างอมมะลิ่งอกมีความยาวเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 3 มิลลิเมตร ที่

สภาวะการงอกที่ 12 ; 24 ชั่วโมงล้างมันปูเมื่อผ่านกระบวนการงอกแล้ว พบว่าส่วนของคัพภะที่งอกออกมาจากเมล็ดนั้นมีความยาวเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาในการเพาะเมล็ดดังภาพที่ 18 โดยมีความยาวสูงสุดประมาณ 3 – 4 มิลลิเมตร และแสดงให้เห็นชัดเจนเมื่อเริ่มระยะเวลาเพาะเริ่มจาก 12 ชั่วโมง ดังภาพ 9

ตอนที่ 3 การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ (Physicochemical properties) ของข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูก่อน และหลังผ่านกระบวนการงอก

การศึกษาศสมบัติด้านกายภาพ

#### 1. ขนาดและรูปร่าง (Size and Shape)

การศึกษาด้านขนาดและรูปร่างของข้าวกล้องหอมมะลิ (ตาราง 12) ประกอบด้วยความกว้างของเมล็ด ความยาวของเมล็ด และอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ด และหลังผ่านกระบวนการงอก ผลการศึกษาด้านความยาว พบว่าข้าวกล้องหอมมะลิงอกมีค่าความยาว และความกว้างระหว่าง 6.7 - 6.9 มิลลิเมตร และ 2.1 – 2.3 มิลลิเมตร ตามลำดับโดยที่ความยาวสูงสุดเท่ากับ 6.9 มิลลิเมตร คือตัวอย่าง 6 ; 24 และ 12 ; 24 ซึ่งมีผลทางสถิติแตกต่างจากสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และค่าความยาวต่ำสุดของข้าวกล้องหอมมะลิงอก คือ ตัวอย่าง 6 ; 0 และ 12 ; 0 มีค่าเท่ากับ 6.7 มิลลิเมตร ซึ่งเท่ากับความยาวของตัวอย่างควบคุม เนื่องจากสภาวะการงอกดังกล่าวยังไม่มีส่วนที่งอกยื่นออกมา ดังผลที่แสดงไปแล้วในตอนที่ 2

ส่วนผลด้านความกว้างของเมล็ด พบว่าข้าวกล้องหอมมะลิที่ทำการแช่เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีการขยายตัวทางด้านกว้างมากกว่าเมล็ดที่แช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาการเพาะที่เวลาการแช่เท่ากัน ความกว้างสูงสุดของข้าวกล้องหอมมะลิงอกเท่ากับ 2 - 3 มิลลิเมตร คือตัวอย่าง 12 ; 18 และ 12 ; 24 ซึ่งให้ผลทางสถิติแตกต่างจากสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ค่าความกว้างต่ำสุดเท่ากับ 2.1 มิลลิเมตร คือตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิงอก 6 ; 0, 6 ; 6, 6 ; 12 และ 12 ; 0 ซึ่งมีค่าเท่ากับข้าวตัวอย่างควบคุม โดยที่มีค่าแตกต่างจากสภาวะอื่น ๆ ที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) การเพิ่มขึ้นของความกว้างเป็นสัดส่วนที่มากกว่าความยาวของเมล็ด ข้าวกล้องหอมมะลิงอกเมื่อเพิ่มเวลาในการแช่และการเพาะเมล็ดนั้นเป็นผลให้ผลของอัตราส่วนด้านความยาวต่อความกว้างลดลง ตามลำดับสภาวะการงอก มีค่าระหว่าง 3.02 – 3.19

ผลการศึกษาด้านขนาดและรูปร่างเมล็ดข้าวกล้องมันปูก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก พบว่า ข้าวกล้องมันปูงอกมีค่าความยาว และความกว้างระหว่าง 7.1 - 7.5 มิลลิเมตร และ 2.0 – 2.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยที่ผลทางด้านยาวของเมล็ดข้าวกล้องมันปูงอกต่ำสุด คือ ตัวอย่างข้าวกล้องมันปูงอกที่สภาวะ 12 ; 0 และ 24 ; 0 มีค่าเท่ากับ 7.1 มิลลิเมตร ซึ่งเท่ากับตัวอย่างควบคุม โดยมีผลทางสถิติที่แตกต่างจากสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เนื่องจากสภาวะการงอก

ดังกล่าวยังไม่มีการงอกจากส่วนของคัพภะดังผลที่แสดงในตอนที่ 2 เมล็ดข้าวกล้องมันปูมีการขยายตัวด้านยาวสูงสุดเท่ากับ 7.5 มิลลิเมตร คือตัวอย่างข้าวกล้องมันปูงอกที่สภาวะ 12 ; 36, 24 : 24 และ 24 ; 36 และพบอีกว่าการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาในการเพาะเมื่อเปรียบเทียบที่เวลาการแช่เท่ากันนั้น เมล็ดมีค่าด้านยาวเพิ่มขึ้นตามลำดับสภาวะการงอก ส่วนผลของความกว้างเมล็ดข้าวกล้องมันปูงอกที่มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 2.0 มิลลิเมตร ซึ่งเท่ากับตัวอย่างข้าวกล้องมันปูควบคุม คือตัวอย่างข้าวกล้องมันปูงอกที่สภาวะ 12 ; 0 และ 24 ; 0 ส่วนความกว้างของเมล็ดสูงสุดคือ คือตัวอย่างข้าวกล้องมันปูงอกที่สภาวะ 12 ; 36, 24 : 24 และ 24 ; 36 มีค่าเท่ากับ 7.5 มิลลิเมตร ซึ่งมีผลทางสถิติที่แตกต่างจากสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และพบว่าความกว้างของเมล็ดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเพาะโดยเปรียบเทียบที่เวลาการแช่เดียวกัน การเพิ่มขึ้นของความกว้างซึ่งเป็นสัดส่วนที่มากกว่าความยาวของเมล็ด ข้าวกล้องมันปูงอกเมื่อเพิ่มเวลาในการแช่และการเพาะเมล็ดนั้นเป็นผลให้ผลของอัตราส่วนด้านความยาวต่อความกว้างลดลงตามลำดับสภาวะการงอก มีค่าระหว่าง 3.40 – 3.55

ผลด้านขนาดและรูปร่างของเมล็ดของทั้งข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปู เมื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกับมาตรฐานข้าวไทย (กรมวิชาการเกษตร, 2547, หน้า 4) กับตัวอย่างข้าวกล้องงอกทั้ง 2 ชนิด เป็นข้าวประเภทเมล็ดยาวเรียวจนถึงป้อม คือมีความยาวระหว่าง 6.8 – 8.0 มิลลิเมตร ความกว้างระหว่าง 2.0 – 2.3 มิลลิเมตร และอัตราส่วนความยาวต่อกว้างเท่ากับ 3.0 – 3.8

ตาราง 12 ผลของขนาดและรูปร่างเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวกล้องมันปูก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

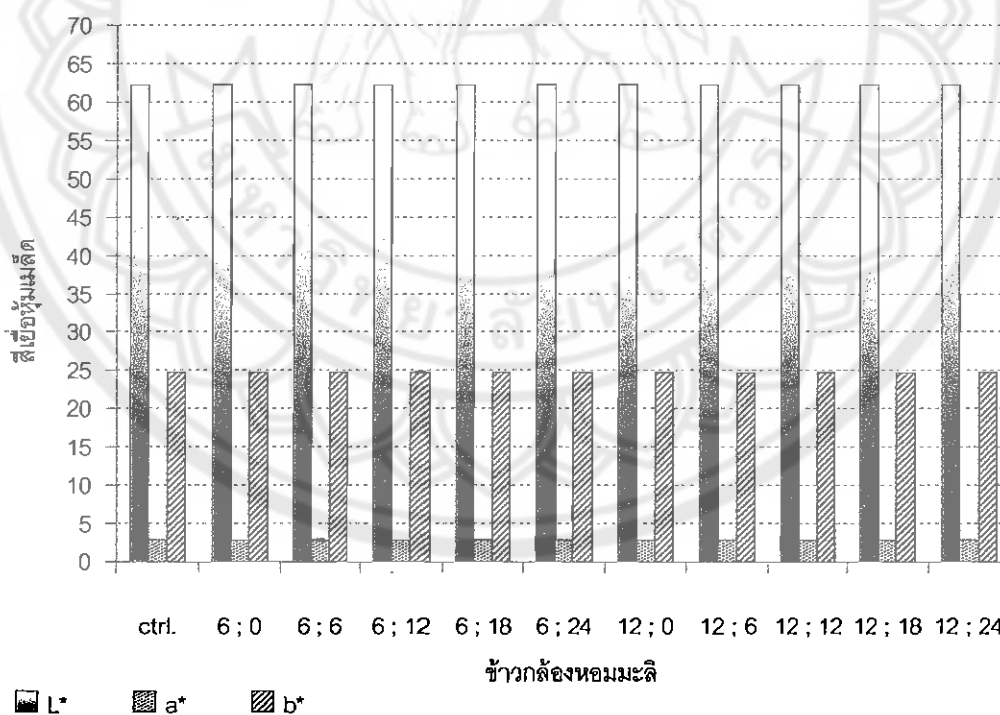
ระยะเวลาแช่ (ชม.)	ระยะเวลาเพาะ (ชม.)	ความยาว (ม.ม.)	ความกว้าง (ม.ม.)	อัตราส่วน ยาว/กว้าง	
ข้าวกล้องหอมมะลิ					
ตัวอย่างควบคุม					
6	0	6.7 <sup>c</sup> ±0.01	2.1 <sup>c</sup> ±0.01	3.17 <sup>ab</sup> ±0.012	
	6	6.7 <sup>c</sup> ±0.01	2.1 <sup>c</sup> ±0.01	3.17 <sup>ab</sup> ±0.015	
	6	6.8 <sup>b</sup> ±0.01	2.1 <sup>c</sup> ±0.01	3.19 <sup>a</sup> ±0.021	
	12	6.8 <sup>b</sup> ±0.02	2.1 <sup>c</sup> ±0.01	3.18 <sup>ab</sup> ±0.026	
	18	6.8 <sup>b</sup> ±0.01	2.2 <sup>bc</sup> ±0.01	3.11 <sup>bc</sup> ±0.017	
12	24	6.9 <sup>a</sup> ±0.01	2.2 <sup>bc</sup> ±0.01	3.11 <sup>bc</sup> ±0.027	
	0	6.7 <sup>c</sup> ±0.01	2.1 <sup>c</sup> ±0.08	3.15 <sup>b</sup> ±0.029	
	6	6.8 <sup>b</sup> ±0.01	2.2 <sup>bc</sup> ±0.06	3.13 <sup>b</sup> ±0.018	
	12	6.8 <sup>b</sup> ±0.01	2.2 <sup>bc</sup> ±0.03	3.14 <sup>b</sup> ±0.019	
	18	6.8 <sup>c</sup> ±0.01	2.3 <sup>a</sup> ±0.03	3.04 <sup>c</sup> ±0.015	
24	24	6.9 <sup>a</sup> ±0.01	2.3 <sup>a</sup> ±0.04	3.02 <sup>c</sup> ±0.018	
	ข้าวกล้องมันปู				
	ตัวอย่างควบคุม				
	12	0	7.1 <sup>c</sup> ±0.01	2.0 <sup>c</sup> ±0.05	3.55 <sup>a</sup> ±0.094
		12	7.1 <sup>c</sup> ±0.00	2.0 <sup>c</sup> ±0.01	3.55 <sup>a</sup> ±0.016
12		7.3 <sup>ab</sup> ±0.02	2.1 <sup>b</sup> ±0.02	3.47 <sup>bc</sup> ±0.035	
24		7.3 <sup>ab</sup> ±0.01	2.1 <sup>b</sup> ±0.01	3.47 <sup>bc</sup> ±0.022	
24	36	7.5 <sup>a</sup> ±0.01	2.2 <sup>a</sup> ±0.07	3.50 <sup>c</sup> ±0.013	
	0	7.1 <sup>c</sup> ±0.01	2.0 <sup>c</sup> ±0.05	3.55 <sup>a</sup> ±0.095	
	12	7.4 <sup>b</sup> ±0.01	2.1 <sup>b</sup> ±0.01	3.52 <sup>b</sup> ±0.021	
	24	7.5 <sup>a</sup> ±0.01	2.2 <sup>a</sup> ±0.01	3.40 <sup>c</sup> ±0.019	
	36	7.5 <sup>a</sup> ±0.01	2.2 <sup>a</sup> ±0.01	3.40 <sup>c</sup> ±0.068	

ตัวอย่างควบคุม คือ ข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูที่ไม่ได้ผ่านการงอก

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งของข้าวชนิดเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

## 2. สีเยื่อหุ้มเมล็ด (Pericarp color)

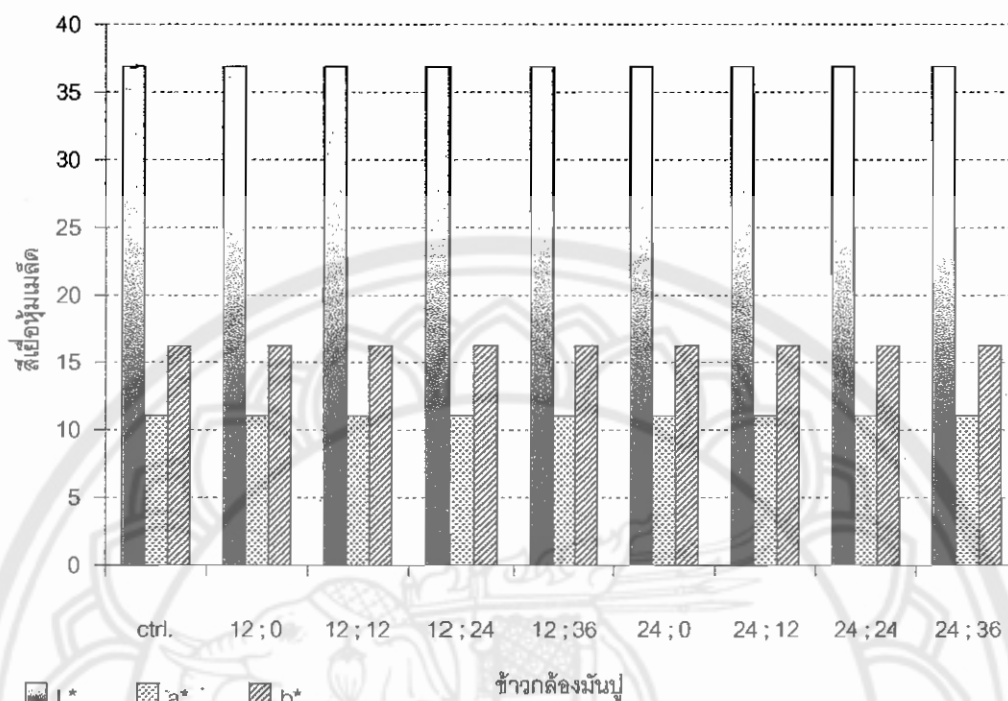
จากภาพ 10 แสดงผลของค่าสีของเยื่อหุ้มเมล็ดที่วัดได้ประกอบด้วยค่า  $L^*$  (ความสว่างของสี มีค่า 0 – 100, 0 = สีดำ 100 = สีขาว), ค่า  $a^*$  (ความเป็นสีเขียว – สีแดง, ค่า  $a^-$  = สีเขียว  $a^+$  = สีแดง) และค่า  $b^*$  (ความเป็นสีเหลือง – สีนํ้าเงิน, ค่า  $b^-$  = สีนํ้าเงิน  $b^+$  = สีเหลือง) ของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิหลังผ่านกระบวนการงอก และผ่านการอบแห้งแล้ว พบว่ามีค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  ระหว่าง 62.29 – 62.32, 2.84 – 2.88 และ 24.75 – 24.79 ตามลำดับ ค่าที่ได้นั้นไม่แตกต่างกันในแต่ ละสภาวะการงอก และตัวอย่างควบคุมอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) เมื่อตัวอย่าง ควบคุมมีค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  เท่ากับ 62.29, 2.83 และ 24.71 ตามลำดับ และค่าสีของเยื่อหุ้ม เมล็ดของข้าวกล้องมันปูที่ผ่านกระบวนการงอกและผ่านการอบแห้งแล้วนั้นมีค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  อยู่ระหว่าง 36.86 – 36.89, 11.06 – 11.09 และ 16.26 – 16.28 ตามลำดับ ค่าที่ได้นั้นไม่ แตกต่างกันในแต่ละสภาวะการงอกและตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) เมื่อตัวอย่างควบคุมมีค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  เท่ากับ 36.85, 11.08 และ 16.25 ดังภาพ 11



ctrl. คือ ข้าวกล้องหอมมะลิควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการงอก

ภาพ 10 ค่าสีของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก



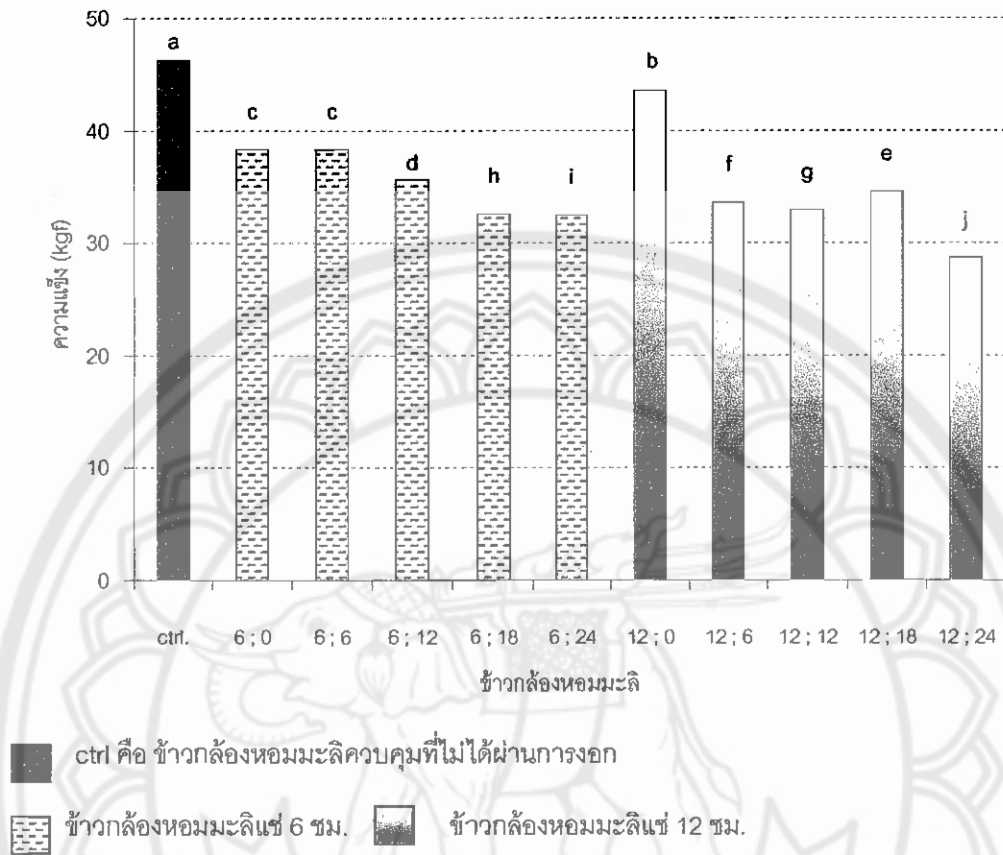


Ctrl. คือ ข้าวกล้องมัญชุควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการงอก

ภาพ 11 ค่าสีของเชื้อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องหอมมัญปุก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

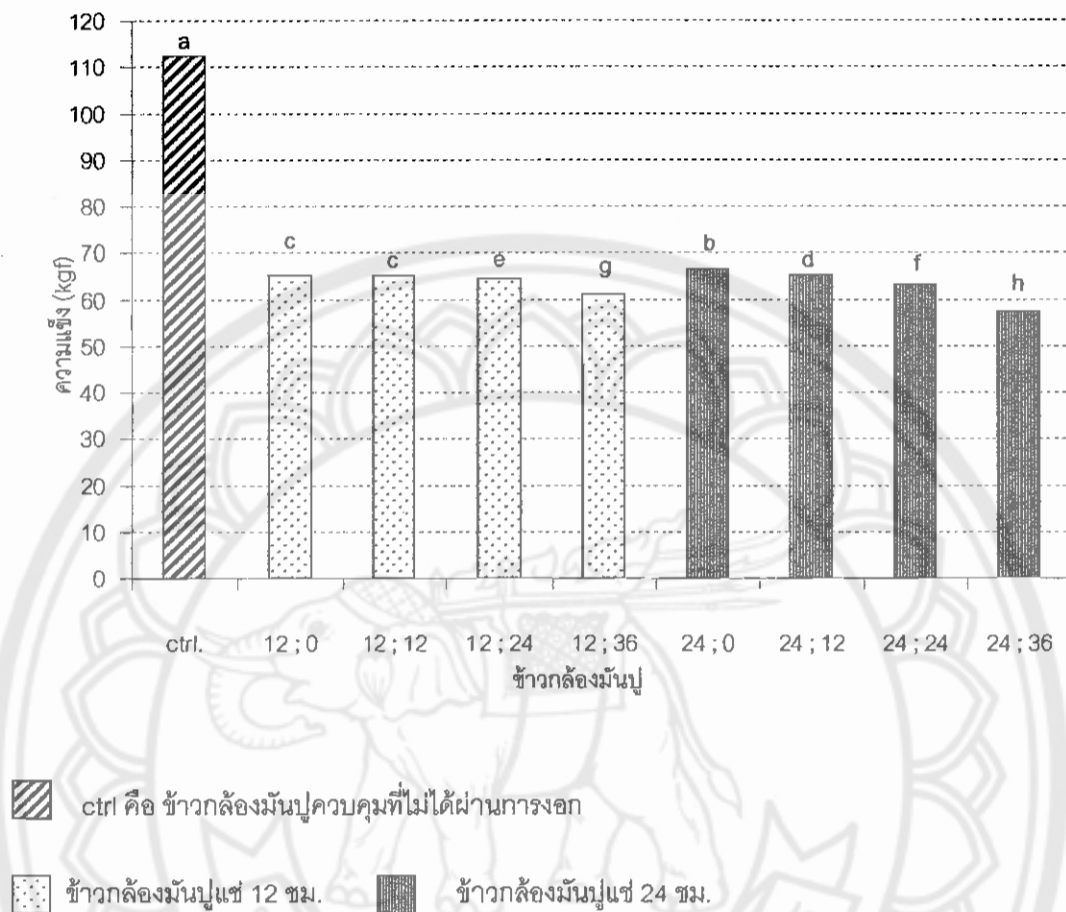
### 3. ความแข็ง (Hardness)

ผลของค่าความแข็งของเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิที่ผ่านการหุงสุก เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม วัดโดยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Instron Texture Analyzer) มีหน่วยเป็น kgf ผลที่ได้แสดงดังภาพ 12 จากกราฟ พบว่าความแข็งของข้าวกล้องหอมมะลิควบคุมมีค่า 46.29 kgf ซึ่งสูงกว่าความแข็งของข้าวกล้องหอมมะลิตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และตัวอย่าง 12 ; 24 มีความแข็งน้อยที่สุดเท่ากับ 28.74 kgf ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการแช่และการเพาะเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิ เป็นผลให้ค่าความแข็งของข้าวหุงสุกลดลง ความแข็งของเมล็ดข้าวกล้องมัญปุที่ผ่านการหุงสุก เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม มีหน่วยเป็น kgf ผลที่ได้แสดงดังภาพ 13 จากกราฟ พบว่าความแข็งของข้าวกล้องหอมมะลิควบคุมมีค่า 112.58 kgf ซึ่งสูงกว่าความแข็งของข้าวกล้องมัญปุตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และตัวอย่าง 24 ; 36 มีความแข็งน้อยที่สุดเท่ากับ 27.35 kgf ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการแช่และการเพาะเมล็ดข้าวกล้องมัญปุ เป็นผลให้ค่าความแข็งของข้าวหุงสุกลดลง



อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ภาพ 12 ค่าความแข็งแรงของเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิ (หุงสุก) ก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก



อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ภาพ 13 ค่าความแข็งแรงของเมล็ดข้าวกล้องมันปู (หุงสุก) ก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

การศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาด้านเคมี

การศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาด้านเคมี ได้แก่ โปรตีน ความชื้น และเอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส แสดงดัง

ตาราง 13

#### 4. ปริมาณโปรตีน (Protein content)

จากตารางพบว่าปริมาณโปรตีนของตัวอย่างควบคุม มีค่าเท่ากับ 8.84 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าลดลงเมื่อผ่านกระบวนการงอก โดยการเพิ่มของระยะเวลาการแช่และการเพาะเมล็ด ซึ่งลดลงต่ำสุดเท่ากับ 8.30 เปอร์เซ็นต์ คือตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่สภาวะ 12 ; 18 และ 12 ; 24 ซึ่งแตกต่างจากสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และผลด้านปริมาณโปรตีนของข้าวกล้องมันปูงอก พบว่ามีค่าลดลงเช่นเดียวกับข้าวกล้องหอมมะลิ เมื่อเพิ่มเวลาในการแช่และการ

เพาะเมล็ด ปริมาณโปรตีนต่ำสุดของข้าวกล้องมันปูออกเท่ากับ 7.63 เปอร์เซ็นต์ คือตัวอย่าง 24 ; 36 ซึ่งมีผลทางสถิติที่แตกต่างจากสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อตัวอย่างควบคุมมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 8.48 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าปริมาณโปรตีนของข้าวกล้องออกทั้ง 2 ชนิดมีค่าลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องมันปู และข้าวกล้องหอมมะลิที่ศึกษาโดยบริบูรณ์ สมฤทธิ์ (2542, หน้า 17) พบว่าข้าวหนัก 100 กรัม พบโปรตีนในข้าวกล้องมันปู 6.2 เปอร์เซ็นต์ และข้าวกล้องหอมมะลิ 7.6 เปอร์เซ็นต์ เห็นได้ว่าตัวอย่างข้าวกล้องทั้ง 2 ชนิดที่สภาวะที่มีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุด ... ยังคงมีค่าสูงกว่าข้อมูลดังกล่าว แต่การลดลงของปริมาณโปรตีนกลับมีประโยชน์ในแง่คุณภาพการรับประทานเมื่อผ่านการหุงสุก โดยพบว่าโปรตีนเป็นตัวขัดขวางการดูดซึมน้ำของเมล็ดในระหว่างการหุงต้ม และพบอีกว่าข้าวชนิดที่มีปริมาณโปรตีนสูง เมื่อหุงสุกข้าวที่ได้จะมีความแข็งกระด้างมากกว่าข้าวชนิดที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, หน้า 165) การเปลี่ยนแปลงสารอาหารที่อยู่ภายในเมล็ดข้าวทางชีวเคมี โดย จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล (2549) เป็นเหตุผลหนึ่งเพื่อยืนยันว่าการลดลงของโปรตีนของข้าวกล้องออกทั้ง 2 ชนิด เมื่อผ่านการงอก ดังนั้นคือ เมล็ดข้าวอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการงอก นอกจากที่มีการกระตุ้นให้เอนไซม์ทำงานแล้ว ยังพบว่าโปรตีนจะถูกย่อยให้เป็นหน่วยที่เล็กที่สุด คือ กรดอะมิโนและเปปไทด์

ผลการศึกษ ปริมาณโปรตีนของข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูออก ที่มีปริมาณลดลงต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yamada et al. (2006) ที่พบว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ดีในน้ำของข้าวกล้องมีค่าลดลง เนื่องจากผลของการงอกด้วยวิธีการให้ความร้อนในระบบอุตสาหกรรม และมีค่าลดลงอีกเมื่อเวลาการงอกผ่านไป

##### 5. ปริมาณความชื้น (Moisture content)

ผลด้านความชื้นของข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวกล้องมันปูหลังผ่านกระบวนการงอกและการอบแห้งแล้วค่าที่ได้ไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยมีค่าระหว่าง 12.8 – 12.93 และ 10.49 – 11.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

##### 6. เอนไซม์ $\alpha$ - อะไมเลส ( $\alpha$ - Amylase activity)

ผลการศึกษาเอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส มีหน่วยเป็น หน่วย/กรัมพบว่าการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาในการแช่และการเพาะในกระบวนการงอก ของทั้งข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูเป็นผลให้เอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับสภาวะการงอก เมื่อเปรียบเทียบที่เวลาการแช่เมล็ด พบว่าเอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส ของข้าวที่แช่เมล็ดเป็นเวลา 12 ชั่วโมงมีค่าสูงกว่าข้าวที่แช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (เปรียบเทียบตัวอย่างที่เวลาการเพาะเท่ากัน) สำหรับข้าวกล้องหอมมะลิ ส่วน

ข้าวกล้องมันปู มีผลเช่นเดียวกันคือ เมล็ดข้าวที่แช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณเอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลสสูงกว่าข้าวที่แช่เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ปริมาณเอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส ของข้าวกล้องหอมมะลิออกมีค่าระหว่าง 1.95 - 14.84 หน่วย/กรัม โดยมีค่าสูงสุด เท่ากับ 14.84 หน่วย/กรัม คือ ตัวอย่าง 12;24 ซึ่งมีผลทางสถิติแตกต่างจากสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนข้าวกล้องมันปูออกมีค่าระหว่าง 5.53 - 6.83 หน่วย/กรัม โดยมีค่าสูงสุด เท่ากับ 6.83 หน่วย/กรัม คือตัวอย่าง 24;36 ซึ่งมีผลทางสถิติแตกต่างจากสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ( $p \leq 0.05$ )

การเพิ่มขึ้นของเอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส ของทั้งข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูออกนั้นเป็นไปตามกฎของการงอกเมล็ดธัญพืช คือ เอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส ที่สะสมอยู่ในชั้นอะลูรินของเมล็ดเมื่ออยู่ในสภาวะปกติ เมื่อเมล็ดนั้นอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการงอก เอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส จะถูกพามาในส่วนของเอนโดสเปิร์ม ตามกลไกเพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงที่สะสมในเอนโดสเปิร์ม หรือที่เรียกว่าเนื้อแป้ง นั้นไปเป็นน้ำตาลและสารอาหารอื่นๆ รวมทั้งฮอร์โมนบางชนิด เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (Kaneko, et al., 2002) จนกระทั่งเมล็ดธัญพืชนั้นเจริญเติบโตเป็นต้นอ่อน จึงหยุดกิจกรรมของเอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส แต่ในงานวิจัยนี้หยุดกิจกรรมการงอกไว้ โดยไม่ปล่อยให้ตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูออกจนเป็นต้นอ่อนเอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส จึงมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามสภาวะการงอกจนกระทั่งหยุดกิจกรรม ซึ่งคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Loreti, Alpi and Perata (2003) ที่ว่าการงอกของเมล็ดข้าวจะมีการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส ไม่ว่าจะเป็นการงอกในสภาวะที่มีหรือไม่มีออกซิเจนก็ตามเอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส ที่คอยทำหน้าที่ย่อยแป้งไปเป็นน้ำตาลเพื่อใช้เป็นพลังงานในการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวนั้น และพบว่าเอนไซม์  $\alpha$ - อะไมเลส ทำหน้าที่ได้สมบูรณ์เมื่อการงอกของข้าวในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ จากผลการวิเคราะห์ที่พบว่าปริมาณแป้งมีปริมาณต่ำกว่าข้าวที่งอกในสภาวะออกซิเจนปกติ

Palmiano and Juliano (1972) พบว่าการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยเฉพาะกิจกรรมของเอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส ของข้าวพันธุ์ IR 8 ในระหว่างการงอกที่ทำการควบคุมสภาวะการงอกในที่มืด และที่สว่าง ผลคือ ในระหว่างการงอกในที่มืด เอนไซม์มีกิจกรรมสูงเนื่องจากการย่อยสลายพันธะอะไมโลส และอะไมโลเพคตินในแป้งของเมล็ดข้าวเป็นน้ำตาลเพื่อใช้เป็นพลังงานในระหว่างการงอก

ตาราง 13 ปริมาณโปรตีน ความชื้น และเอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส ของข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

ระยะเวลาแช่ (ชม.)	ระยะเวลาเพาะ (ชม.)	โปรตีน (%)	ความชื้น (%)	เอนไซม์ $\alpha$ - อะไมเลส (หน่วย/มิลลิลิตร)
ข้าวกล้องหอมมะลิ				
	ตัวอย่างควบคุม	8.84 <sup>a</sup> ±0.06	12.78±0.01	1.99 <sup>g</sup> ±0.01
6	0	8.62 <sup>bc</sup> ±0.02	12.80±0.00	1.95 <sup>g</sup> ±0.02
	6	8.68 <sup>b</sup> ±0.02	12.84±0.00	1.26 <sup>j</sup> ±0.01
	12	8.48 <sup>c</sup> ±0.02	12.85±0.00	1.50 <sup>h</sup> ±0.01
	18	8.48 <sup>c</sup> ±0.02	12.87±0.01	5.08 <sup>c</sup> ±0.01
	24	8.35 <sup>d</sup> ±0.00	12.89±0.00	6.45 <sup>b</sup> ±0.00
12	0	8.48 <sup>c</sup> ±0.03	12.84±0.01	1.40 <sup>i</sup> ±0.01
	6	8.47 <sup>c</sup> ±0.02	12.87±0.00	2.05 <sup>f</sup> ±0.00
	12	8.33 <sup>d</sup> ±0.02	12.89±0.00	3.42 <sup>e</sup> ±0.01
	18	8.30 <sup>e</sup> ±0.02	12.91±0.00	4.00 <sup>d</sup> ±0.02
	24	8.30 <sup>e</sup> ±0.01	12.93±0.01	14.84 <sup>a</sup> ±0.01
ข้าวกล้องมันปู				
	ตัวอย่างควบคุม	8.48 <sup>a</sup> ±0.02	11.69±0.04	3.30 <sup>h</sup> ±0.02
12	0	8.39 <sup>ab</sup> ±0.01	10.84±0.01	5.53 <sup>ef</sup> ±0.02
	12	8.10 <sup>b</sup> ±0.01	10.56±0.04	5.65 <sup>e</sup> ±0.03
	24	7.87 <sup>e</sup> ±0.02	10.49±0.00	6.26 <sup>d</sup> ±0.02
	36	7.66 <sup>f</sup> ±0.01	11.46±0.01	6.73 <sup>b</sup> ±0.03
24	0	8.02 <sup>c</sup> ±0.02	11.76±0.04	4.96 <sup>g</sup> ±0.05
	12	7.92 <sup>d</sup> ±0.02	10.74±0.00	5.16 <sup>f</sup> ±0.01
	24	7.88 <sup>e</sup> ±0.02	11.63±0.01	6.43 <sup>c</sup> ±0.05
	36	7.63 <sup>g</sup> ±0.01	10.87±0.02	6.83 <sup>a</sup> ±0.04

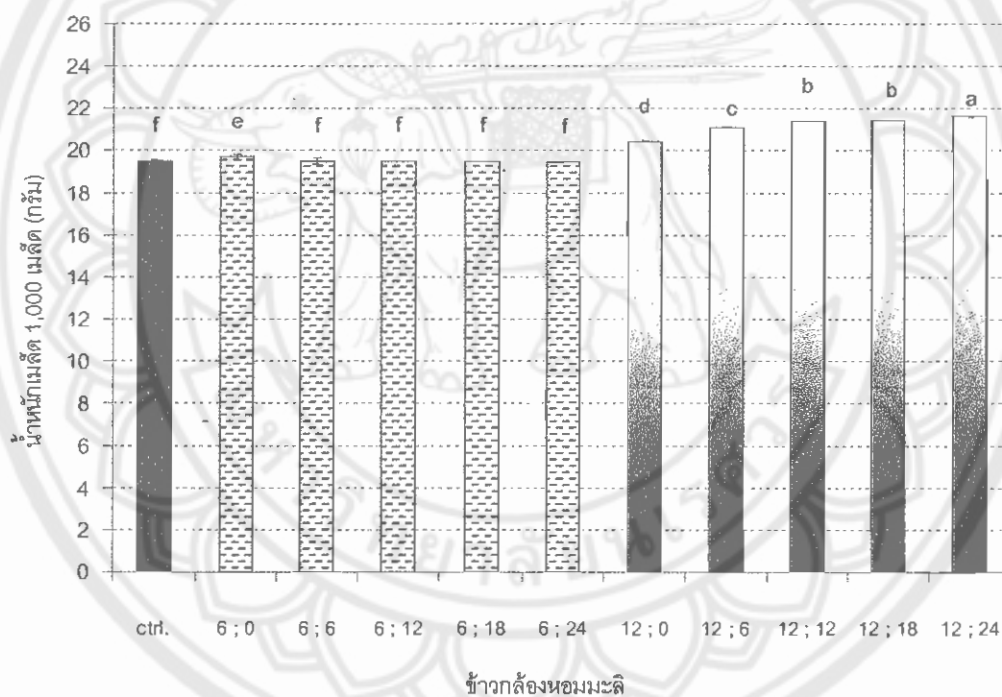
ตัวอย่างควบคุม คือ ข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูที่ไม่ได้ผ่านการงอก

อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งของข้าวชนิดเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

### การศึกษาสมบัติด้านเคมีกายภาพ

#### 7. น้ำหนักของเมล็ดข้าว 1,000 เมล็ด (1,000 kernel weight)

ด้านน้ำหนักของเมล็ดข้าว 1,000 เมล็ด มีหน่วยกรัม ผลการศึกษาดังภาพที่ 14 พบว่าข้าวกล้องหอมมะลิออกมีค่าน้ำหนักในช่วงระหว่าง 19.48 – 21.64 กรัม ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมหนักเท่ากับ 19.5 กรัม และยังพบอีกว่าเวลาที่ใช้ในการแช่เมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิ 12 ชั่วโมง ให้ค่าน้ำหนักของเมล็ดข้าว 1,000 เมล็ดสูงกว่า การแช่เมล็ดข้าวที่ 6 ชั่วโมง และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาการเพาะ และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 21.64 กรัม คือตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิออกสภาวะ 12 ; 24 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างกับสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )



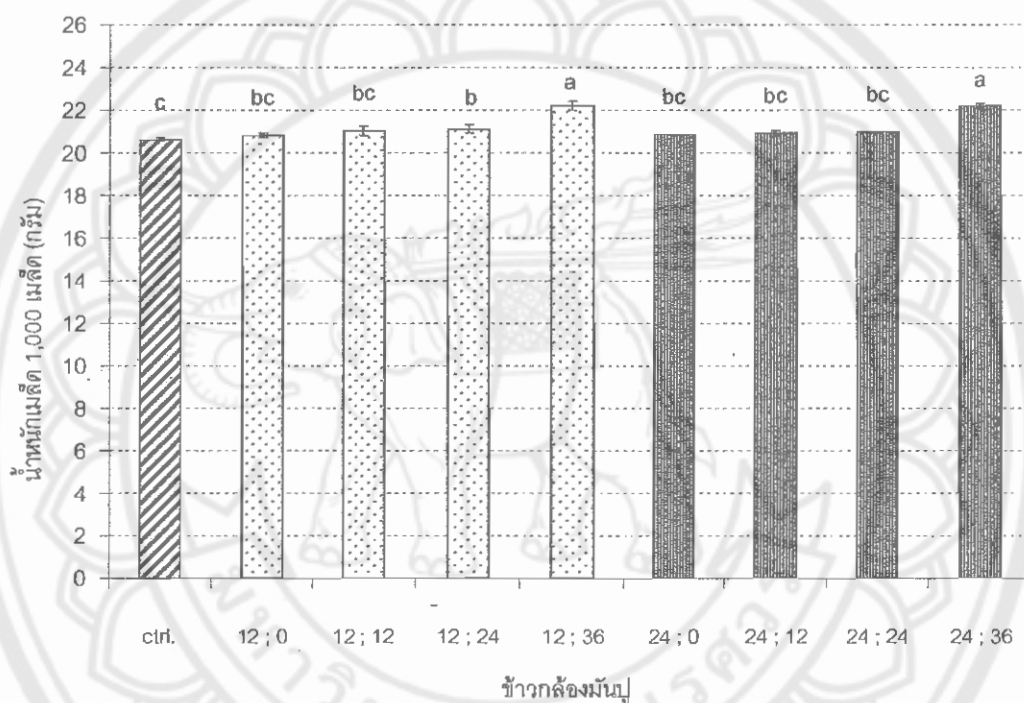
■ ctrl คือ ข้าวกล้องหอมมะลิควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการออก

▨ ข้าวกล้องหอมมะลิแช่ 6 ชม. ■ ข้าวกล้องหอมมะลิแช่ 12 ชม.

อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ภาพ 14 น้ำหนักของเมล็ดข้าว 1,000 เมล็ดของเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิก่อนและหลังผ่านกระบวนการออก

ภาพ 15 แสดงผลของน้ำหนักเมล็ดข้าว 1,000 เมล็ด ของข้าวกล้องมันปุงอกซึ่งมีน้ำหนักในช่วงระหว่าง 20.84 – 22.21 กรัม เมื่อตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 20.65 กรัม และมีน้ำหนักสูงสุดเท่ากับ 22.21 กรัม คือตัวอย่างข้าวกล้องมันปุงอกสภาวะ 12 ; 36 และ 24 ; 36 ที่มีน้ำหนักสูงสุดเท่ากัน และมีผลทางสถิติที่แตกต่างกับสภาวะอื่นและตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )



▨ ctrl คือ ข้าวกล้องมันปุงอกควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการงอก

▨ ข้าวกล้องมันปุงอก 12 ซม.

▨ ข้าวกล้องมันปุงอก 24 ซม.

อักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ภาพ 15 น้ำหนักของเมล็ดข้าว 1,000 เมล็ดของข้าวกล้องมันปุงอกก่อน และ  
หลังจากกระบวนการงอก

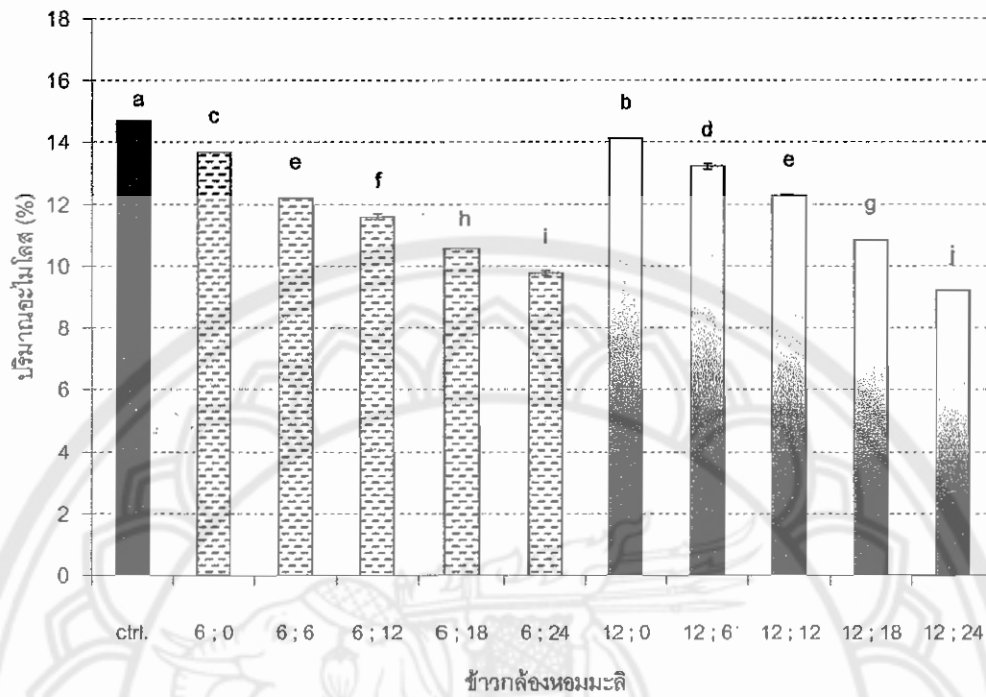


การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักรวมเมล็ด 1,000 เมล็ด อาจเป็นเพราะในระหว่างกระบวนการงอก เมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปู มีการดูดซับน้ำเข้าไปและน้ำเข้าไปแทรกตัวอยู่ใน โครงสร้าง รวมทั้งเม็ดแป้งบางส่วนที่ยังไม่ถูกย่อย และเมื่อเพิ่มเวลาในการแช่เมล็ด โอกาสที่เมล็ด ดูดซึมน้ำเข้าไปเพิ่มมากขึ้นตามลำดับเวลาที่แช่ จึงอาจเป็นเหตุผลให้น้ำหนักเมล็ดข้าวกล้องออก ทั้ง 2 ชนิดมีโอกาสเพิ่มขึ้น

#### 8. ปริมาณอะไมโลส (Amylose content)

ผลของปริมาณอะไมโลสของข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปู แสดงดังภาพ 18 พบว่า ตัวอย่าง ข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูทุกสภาวะมีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม โดยที่ตัวอย่างควบคุมมี ปริมาณอะไมโลสเท่ากับ 14.73 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณอะไมโลสต่ำสุดเท่ากับ 9.23 เปอร์เซ็นต์ คือ ตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูที่สภาวะ 12 ; 24 ชั่วโมง และเมื่อเปรียบเทียบที่เวลาการแช่เดียวกัน พบว่าการเพิ่มระยะเวลาในการเพาะ เป็นผลให้ปริมาณอะไมโลสลดลงตามลำดับเวลาการเพาะ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลสซึ่งผลการศึกษาด้านเคมีข้างต้น คือ เมื่อเมล็ดข้าวมีน้ำเข้าไปแทรกซึมในโครงสร้างเมล็ดข้าวระหว่างการงอก จะทำการกระตุ้นให้เกิด การทำงานของเอนไซม์ โดยที่เอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลสเกิดทำหน้าที่ในการย่อยแป้ง ซึ่งเป็นการ เปลี่ยนแปลงโครงสร้างแป้งในเมล็ดข้าวเพื่อให้เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป จึงทำให้ปริมาณอะไมโลสซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตลดต่ำลง และเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างข้าวกล้อง หอมมะลิและข้าวกล้องมันปูกับมาตรฐานข้าวไทย (กรมวิชาการเกษตร, 2550) พบว่าข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูเป็น ข้าวประเภทที่มีอะไมโลสต่ำ คือ ต่ำกว่า 19 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อหุงสุกแล้วลักษณะของข้าวสุกที่ได้มี ลักษณะเหนียวและนุ่ม

ปริมาณอะไมโลสของข้าวกล้องมันปู ดังภาพ 19 พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณ อะไมโลสสูงที่สุดเท่ากับ 16.98 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าตัวอย่างข้าวกล้องมันปูออกทุกสภาวะอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่ข้าวกล้องมันปูออกมีค่าอยู่ระหว่าง 16.95 -- 8.47 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ อะไมโลสของข้าวกล้องมันปูออกลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่และเวลาในการเพาะ เช่นเดียวกับข้าวกล้องหอมมะลิ และพบว่าข้าวกล้องมันปูออกเป็นข้าวประเภทที่มีอะไมโลสต่ำ เช่นเดียวกับข้าวกล้องหอมมะลิ ซึ่งเป็นผลดีในแง่ของคุณภาพการรับประทานของข้าวหุงสุก จากการ แบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสได้แก่ ข้าวที่มีอะไมโลสต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง และสูง คือ ข้าวที่ มีอะไมโลส เท่ากับ 2 - 9, 9 - 20, 20 - 25 และ 25 - 33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ เมื่อนำมาทำการหุงสุกข้าวที่ได้จะมีลักษณะเหนียวนุ่ม และต้องการน้ำน้อยในการหุงต้ม (กรมวิชาการ เกษตร, 2545, หน้า 10)



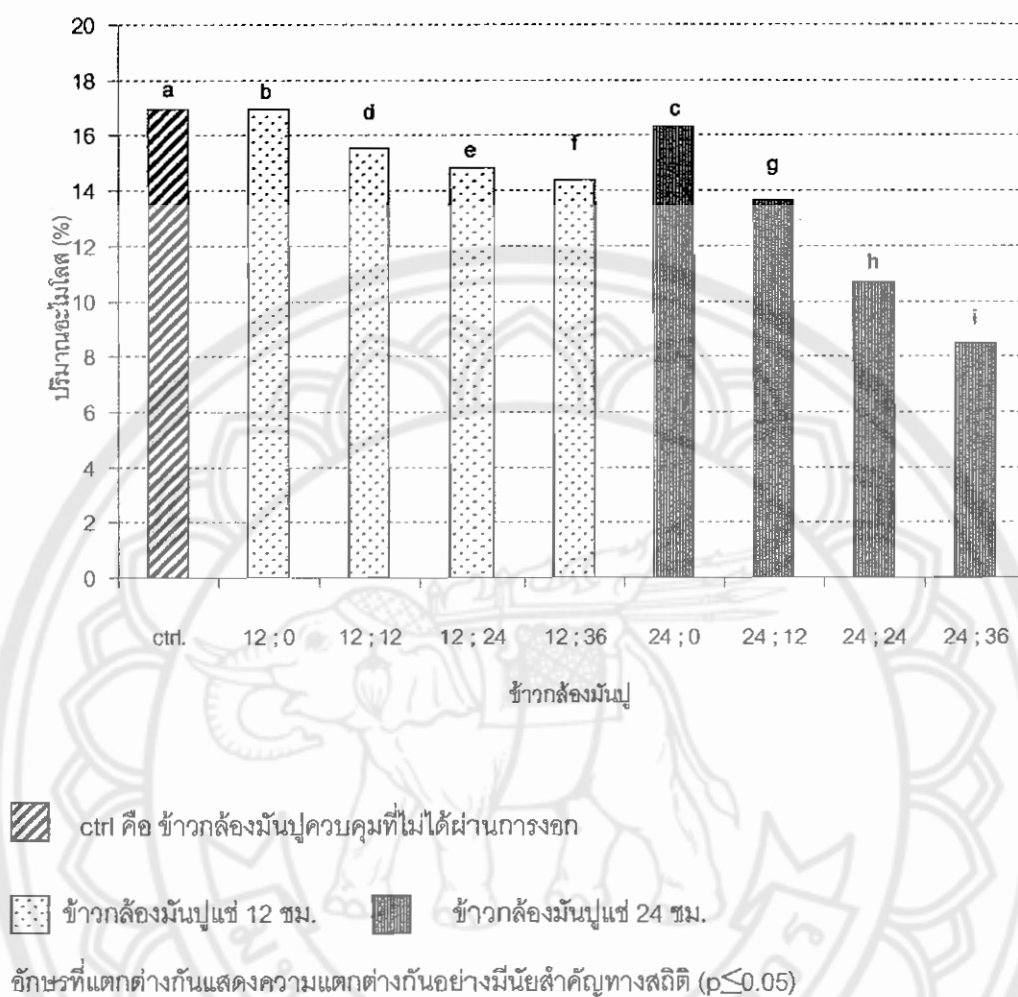
■ ctrl คือ ข้าวกล้องหอมมะลิควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการงอก

▨ ข้าวกล้องหอมมะลิแช่ 6 ชม.

▩ ข้าวกล้องหอมมะลิแช่ 12 ชม.

อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

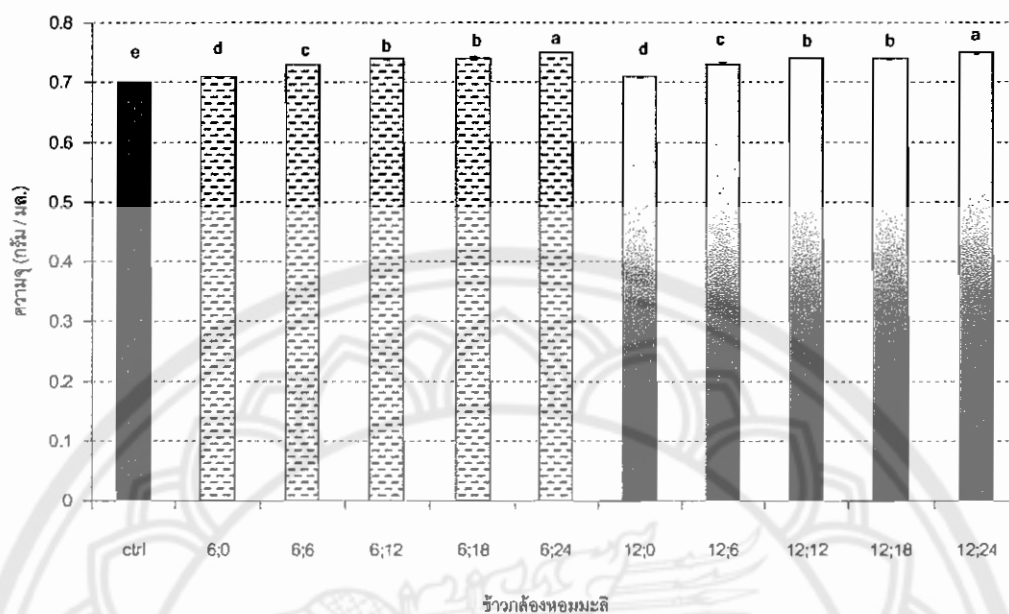
ภาพ 16 ปริมาณอะไมโดสของเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก



ภาพ 17 ปริมาณอะไมโลสของเมล็ดข้าวกล้องมันปูก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

#### 9. ความจุของเมล็ด (Bulk density)

ผลการศึกษาด้านความจุของเมล็ด (Bulk density) เป็นการกำหนดน้ำหนักต่อปริมาตร มีหน่วยเป็น กรัม / มิลลิลิตร ผลด้านความจุของเมล็ด ข้าวกล้องหอมมะลิตั้งภาพ 16 พบว่าเมื่อเวลาการเพาะเพิ่มขึ้น ค่าความจุของเมล็ดเพิ่มขึ้นตามลำดับ สภาวะการงอกที่เวลาการแช่เท่ากัน โดยตัวอย่าง 6 ; 24 และ 12 ; 24 มีค่าความจุสูงสุดเท่ากันแตกต่างกับสภาวะการงอกอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) คือเท่ากับ 0.75 กรัม / มิลลิลิตร เมื่อตัวอย่างควบคุมมีค่าความจุของเมล็ดเท่ากับ 0.7 กรัม / มิลลิลิตร



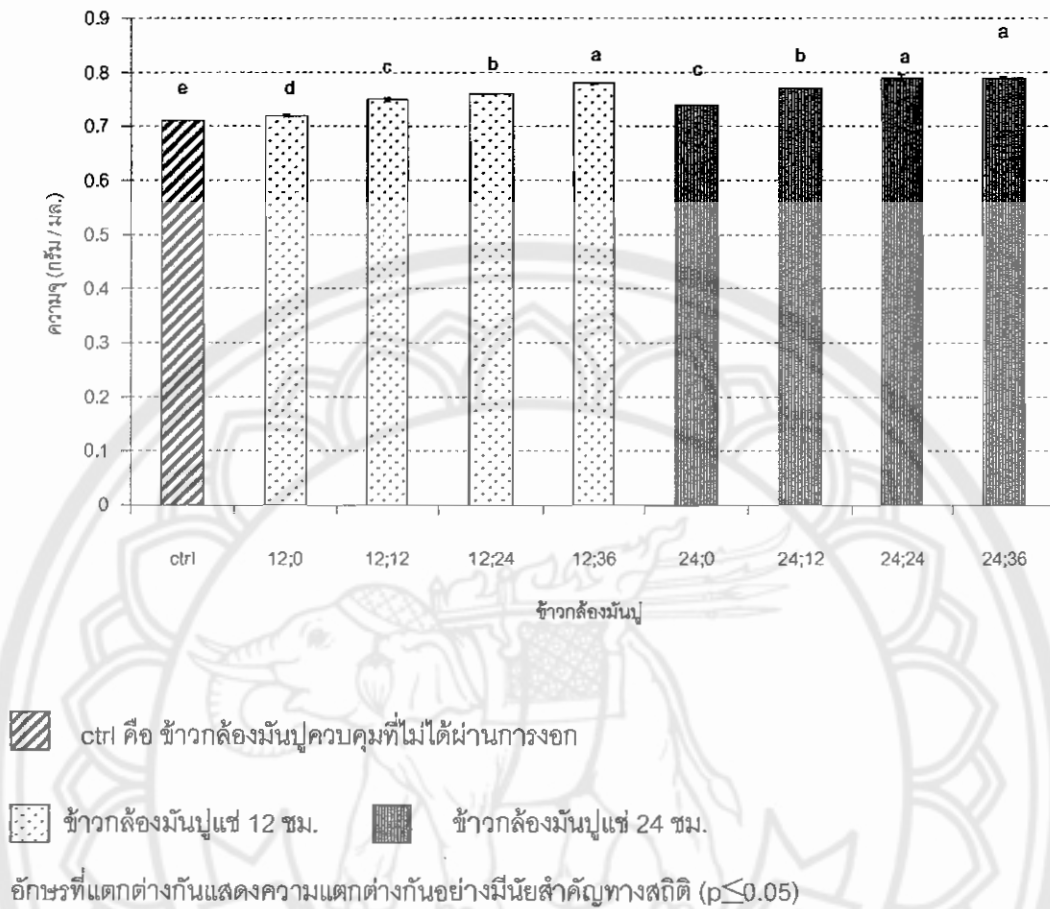
ctrl คือ ข้าวกล้องหอมมะลิควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการงอก

ข้าวกล้องหอมมะลิแช่ 6 ชม. ข้าวกล้องหอมมะลิแช่ 12 ชม.

อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ภาพ 18 ความจุของเมล็ด ข้าวกล้องหอมมะลิก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

ภาพ 17 แสดงผลการศึกษาค่าความจุของเมล็ดข้าวมันปู้ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (0.71 กรัม / มิลลิลิตร) โดยข้าวกล้องมันปู้งอกมีค่าความจุของเมล็ดมีค่าระหว่าง 0.72 – 0.79 กรัม / มิลลิลิตร ตัวอย่างข้าวมันปู้งอก 24 ; 36 มีความจุของเมล็ดสูงสุดแตกต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

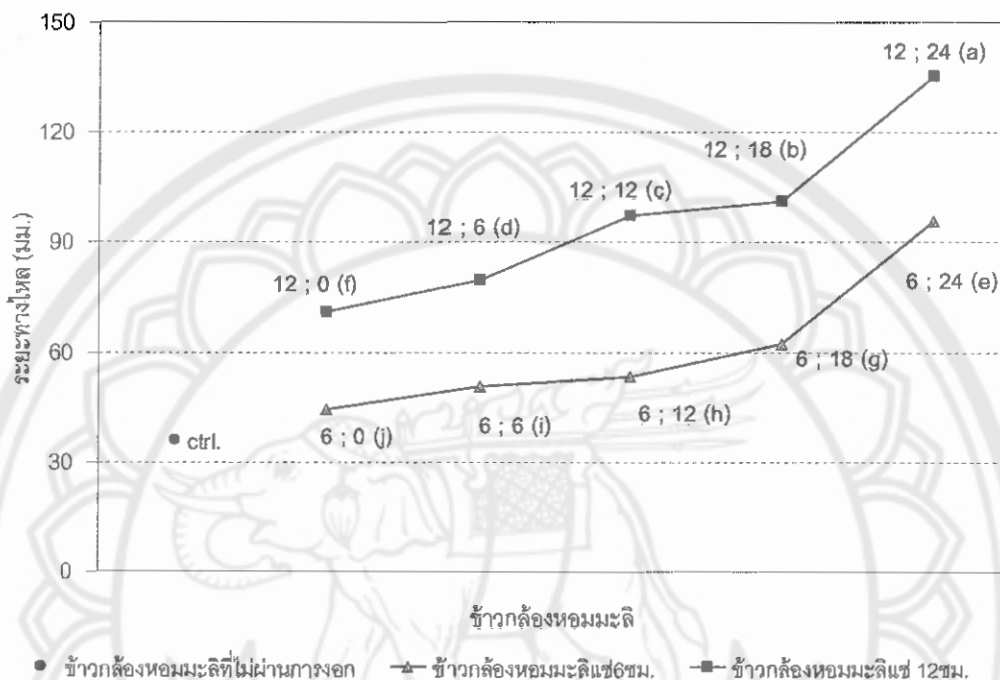


ภาพ 19 ความจุของเมล็ดข้าวกล้องมันปูก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

#### 10. ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency)

ผลการศึกษาค่าความคงตัวของแป้งสุก ใช้เพื่อหาความแตกต่างเมื่อตัวอย่างข้าวหรือแป้งที่ศึกษามีปริมาณอะไมโลสใกล้เคียงกัน โดยใช้คุณสมบัติการคืนตัวของแป้งสุก เนื่องจากแป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน และสามารถคาดคะเนสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของข้าวหลังการหุงสุกได้รวมทั้งระยะเวลาในการหุงข้าว วิธีการทดสอบโดยการอ่านระยะทางแป้งที่ไหลไป มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ผลการศึกษาตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิ พบว่าตัวอย่างควบคุมมีค่าความคงตัวของแป้งสุกเท่ากับ 36 มิลลิเมตร จากนั้นเมื่อผ่านการงอกข้าวกล้องหอมมะลิก่อนมีค่าความคงตัวของแป้งสุกลดลง คือมีระยะทางการไหลเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 20 เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่และเวลาในการเพาะ โดยที่เมื่อเปรียบเทียบที่เวลาการเพาะเดียวกัน พบว่าที่เวลาการแช่เมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิก่อนที่เวลา 12 ชั่วโมงให้ค่าความคงตัวของแป้งสุกสูงกว่าเมล็ดที่แช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ค่าความคงตัวของแป้งสุกสูงสุดของข้าวกล้องหอมมะลิก่อน แช่เท่ากับ 135.4 มิลลิเมตร คือตัวอย่างข้าว

กลัองหอมมะลิที่สภาวะ 12 ; 24 แต่ละสภาวะของข้าวกลัองหอมมะลิ และตัวอย่างควบคุม มีผลทางสถิติที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )



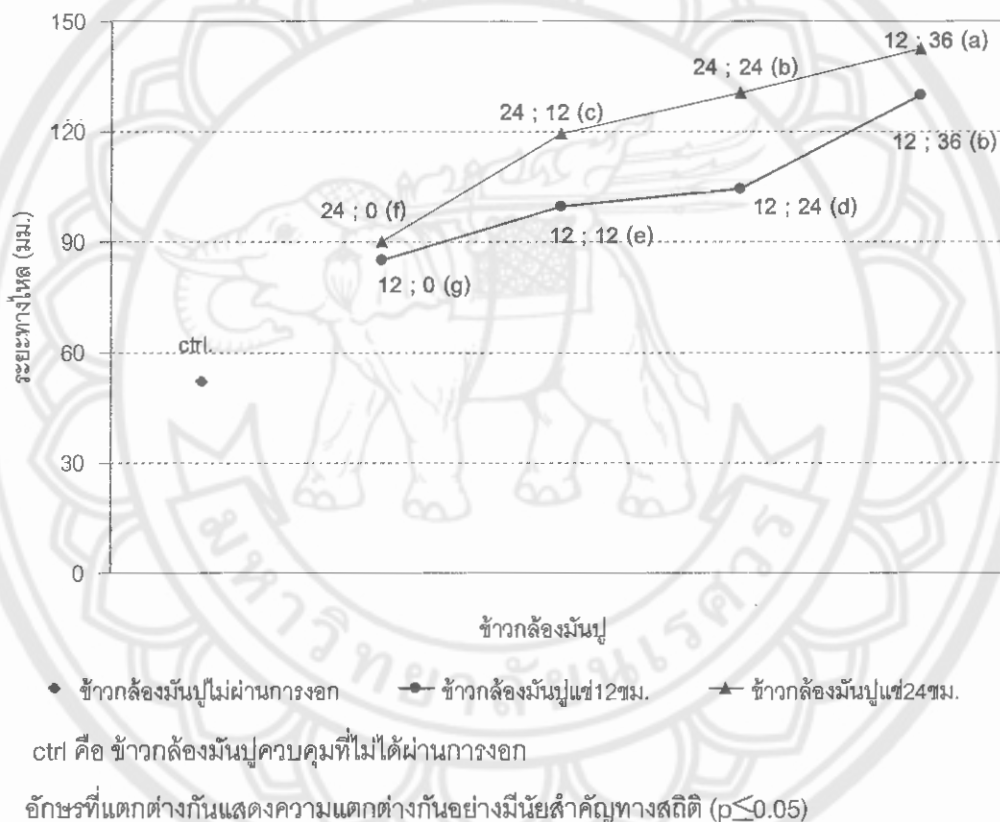
ctrl คือ ข้าวกลัองหอมมะลิควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการงอก

อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ภาพ 20 ความคงตัวของแป้งสุกของข้าวกลัองหอมมะลิก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

ผลการศึกษาความคงตัวของแป้งสุกตัวอย่างข้าวกลัองมันปู แสดงดังภาพ 21 พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีค่าความคงตัวของแป้งสุกเท่ากับ 52 มิลลิเมตร ส่วนข้าวกลัองมันปูเมื่อผ่านการงอกแล้วมีค่าความคงตัวของแป้งสุกลดลง (มีระยะทางการไหลมากขึ้น) เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่และเวลาในการเพาะ โดยที่เมื่อเปรียบเทียบที่เวลาการเพาะเดียวกัน พบว่าที่เวลาการแช่เมล็ดข้าวกลัองมันปูงอกที่เวลา 24 ชั่วโมงให้ค่าความคงตัวของแป้งสุกสูงกว่าเมล็ดที่แช่เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ค่าความคงตัวของแป้งสุกสูงสุดของข้าวกลัองมันปูงอก เท่ากับ 142.6 มิลลิเมตร คือ ตัวอย่างข้าวกลัองมันปูงอกที่สภาวะ 24 ; 36 มีผลทางสถิติที่แตกต่างกับสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ผลจากการวัดค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวกลัองงอกทั้ง 2 ชนิด ที่มีความคงตัวของแป้งสุกลดลง คือมีระยะการไหลของแป้งเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาของสภาวะ

การงอกบอกได้ว่า ตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิงอกตัวอย่าง 6 ; 18, 6 ; 24, 12 ; 0, 12 ; 6, 12 ; 12, 12 ; 18, 12 ; 24 และข้าวกล้องมันปูงอกทุกสภาวะ มีระยะทางการไหล มากกว่า 60 มิลลิเมตร นั่นคือเป็นข้าวประเภทสุกอ่อน จากการแบ่งประเภทข้าวขาวตามแบ่งสุก 3 ประเภท คือ แบ่งสุกแข็ง (26 – 40 มม.) แบ่งสุกปานกลาง (41 – 60 มม.) และแบ่งสุกอ่อน (61 – 100 มม.) โดยที่แบ่งสุกอ่อน มีสมบัติการไหลสูงที่สุด สามารถบอกได้ว่าเมื่อนำมาหุงสุกจะได้ข้าวที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม และใช้เวลาในการหุงต้มระยะเวลาสั้นกว่าตัวอย่างควบคุมทั้ง 2 ชนิด



ภาพ 21 ความคงตัวของแป้งสุกของข้าวกล้องมันปูก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

#### 11. ค่าการสลายตัวของเมล็ดในสารละลายด่าง (Alkaline test)

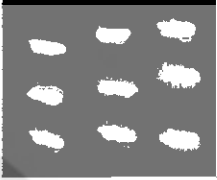

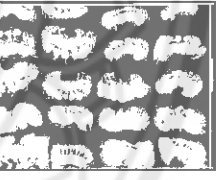
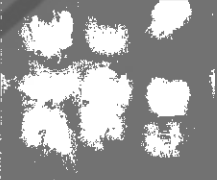
การศึกษาค่าการสลายตัวของเมล็ดในสารละลายด่าง มีหลักการคือ เม็ดสตาร์ชในเมล็ดข้าว สลายไประหว่างการแช่เมล็ดกับสารละลายด่างเกิดการเจลาติไนซ์ ค่าการสลายตัวในต่างบอกได้ถึงลักษณะคุณสมบัติเจลาติไนซ์ทางอ้อมของข้าว สามารถคาดคะเนคุณสมบัติข้าวหลังหุงสุก รวมทั้งระยะเวลาในการหุงสุก ค่าการสลายตัวบอกเป็นระดับการสลายตัว 1 – 7 ผล

การศึกษา พบว่าตัวอย่างกล็องหอมมะลิออกมีค่าการสลายตัวในต่างอยู่ในช่วงระดับ 5 – 6 (ตาราง 14) และตัวอย่างควบคุมมีระดับการสลายตัวในต่างเท่ากับ 5 ผลของการสลายตัวในต่างของข้าวกล็องมันปู มีระดับการสลายตัวของเมล็ดในช่วง 4 – 6 เมื่อตัวอย่างควบคุมเท่ากับ 3 และพบว่าการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาในการเพาะเมล็ดที่เวลาการแช่เท่ากันนั้น ระดับการสลายตัวในต่างเพิ่มขึ้นเช่นกัน การสลายตัวในต่างของข้าวกล็องออกทั้ง 2 ชนิด ถือว่าอยู่ในระดับการสลายที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวทั่วไป อาจเป็นเพราะข้าววงอกที่สภาวะสูงขึ้น โอกาสที่เมล็ดสตาร์ชในเมล็ดข้าวจะสูญเสียโครงสร้างนั้นสูงเช่นกัน ทำให้เกิดปฏิกิริยากับสารละลายต่าง และเกิดเจลาตินไนซ์ได้ง่ายกว่าข้าวกล็องที่งอกสภาวะต่ำๆ นั้นหมายถึงข้าวกล็องออกที่มีระดับการสลายตัวในต่างที่ระดับสูงนั้น มีคุณสมบัติการเกิดเจลาตินไนซ์ต่ำ รวมทั้งเป็นผลให้มีความเหนียวของแป้งข้าว และเวลาที่ใช้สำหรับการหุงต้มต่ำเช่นกัน





ตาราง 14 ค่าการสลายตัวในต่างของเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

ระยะเวลาแช่ (ชม.)	ระยะเวลาเพาะ (ชม.)	ระดับการ สลายตัวในต่าง	
			
			ระดับ 3
			
			ระดับ 4
			
			ระดับ 5
			
			ระดับ 6

ระยะเวลาแช่ (ชม.)	ระยะเวลาเพาะ (ชม.)	ระดับการ สลายตัวในต่าง
ข้าวกล้องหอมมะลิ		
ตัวอย่างควบคุม		
6	0	5
	6	5
	12	5
	18	6
	24	6
12	0	5
	6	5
	12	6
	18	6
	24	6
ข้าวกล้องมันปู		
ตัวอย่างควบคุม		
12	0	3
	12	4
	24	5
	36	5
24	0	5
	12	5
	24	6
	36	6

ตัวอย่างควบคุม คือ ข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูที่ไม่ได้ผ่านการงอก

## 12. สมบัติความหนืดของแป้งข้าว (Pasting properties)

ผลการศึกษาค่าสมบัติความหนืดแป้งข้าว ผลวิเคราะห์ประกอบด้วย ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity : PV) ความหนืดสุดท้าย (final viscosity : FV) ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดสูงสุด (setback) ซึ่งมีหน่วยเป็นเซนติพอยส์ (cP) และอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature : PT) มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส พบว่าตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิงอกมีค่า PV, FV และ setback ของตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 2863.6 cP, 2853.0 cP และ 574.3 cP ตามลำดับ แต่ละค่านั้นเป็นค่าที่สูง แตกต่างกับตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิงอกทุกสภาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนค่า PT ของตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 91.1 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดแต่ในทางสถิติตัวอย่างควบคุมไม่แตกต่างกับตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิงอกสภาวะ 6 ; 0, 6 ; 6, 6 ; 12 และ 12 ; 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งข้าวกล้องหอมมะลิงอกมีค่า PV, FV, setback และ PT ลดลง ระหว่าง 2647.3 – 726.0 cP, 2617.3 – 839.6 cP, 537.3 – 104.6 cP และ 91.0 – 87.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังตาราง 15

ตาราง 15 สมบัติความหนืดของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

ระยะเวลา แช่ (ชม.)	ระยะเวลา เพาะ (ชม.)	Peak viscosity (cP)	Final viscosity (cP)	Setback (cP)	Pasting temperature (°C)
	ตัวอย่างควบคุม	2863.6 <sup>a</sup> ±4.72	2853.0 <sup>a</sup> ±2.64	574.3 <sup>a</sup> ±4.16	91.1 <sup>a</sup> ±0.40
6	0	2647.3 <sup>b</sup> ±3.05	2617.3 <sup>b</sup> ±5.03	537.3 <sup>b</sup> ±2.08	91.0 <sup>a</sup> ±0.17
	6	2227.3 <sup>c</sup> ±1.52	2372 <sup>a</sup> ±3.00	423.6 <sup>d</sup> ±2.08	90.1 <sup>a</sup> ±0.77
	12	2004.3 <sup>e</sup> ±1.15	2324 <sup>a</sup> ±1.15	342.3 <sup>e</sup> ±5.03	90.0 <sup>ab</sup> ±0.11
	18	1444.3 <sup>g</sup> ±5.68	1914.6 <sup>f</sup> ±2.30	233.0 <sup>g</sup> ±4.35	89.5 <sup>b</sup> ±0.44
	24	956 <sup>h</sup> ±2.64	1307.6 <sup>h</sup> ±5.13	140.0 <sup>i</sup> ±2.00	89.3 <sup>b</sup> ±0.05
12	0	2223.3 <sup>c</sup> ±4.72	2495.3 <sup>c</sup> ±2.51	463.6 <sup>c</sup> ±4.04	90.0 <sup>ab</sup> ±0.09
	6	2121.6 <sup>d</sup> ±1.52	2435.6 <sup>d</sup> ±3.51	32.0 <sup>f</sup> ±1.73	89.5 <sup>b</sup> ±0.39
	12	1841.3 <sup>f</sup> ±5.85	2356 <sup>e</sup> ±1.00	230.3 <sup>g</sup> ±5.85	88.9 <sup>c</sup> ±0.43
	18	1213.3 <sup>h</sup> ±4.57	1774 <sup>g</sup> ±4.35	173.6 <sup>h</sup> ±3.51	88.7 <sup>c</sup> ±0.26
	24	726 <sup>i</sup> ±2.00	839.6 <sup>h</sup> ±3.78	104.6 <sup>i</sup> ±4.61	87.8 <sup>d</sup> ±0.17

ตัวอย่างควบคุม คือ ข้าวกล้องหอมมะลิที่ไม่ได้ผ่านการงอก

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตาราง 16 สมบัติความหนืดของแป้งข้าวกล้องมันปลูก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

ระยะเวลา แช่ (ชม.)	ระยะเวลา เพาะ(ชม.)	Peak viscosity (cP)	Final viscosity (cP)	Setback (cP)	Pasting temperature (°C)
ตัวอย่างควบคุม		1679.0 <sup>a</sup> ±4.31	2521.6 <sup>a</sup> ±5.50	947.0 <sup>a</sup> ±7.54	91.5 <sup>a</sup> ±0.10
12	0	1632.0 <sup>b</sup> ±5.13	2483.0 <sup>b</sup> ±4.16	758 <sup>b</sup> ±8.504	89.6 <sup>b</sup> ±0.41
	12	1555.3 <sup>d</sup> ±5.59	2048.3 <sup>c</sup> ±3.00	497.0 <sup>b</sup> ±4.93	88.0 <sup>c</sup> ±0.41
	24	1156.0 <sup>f</sup> ±4.84	1933.3 <sup>d</sup> ±4.15	493.0 <sup>b</sup> ±6.73	87.6 <sup>d</sup> ±0.40
	36	967.6 <sup>g</sup> ±6.35	1364.3 <sup>e</sup> ±2.30	383.0 <sup>f</sup> ±8.73	86.7 <sup>d</sup> ±0.40
24	0	1574.6 <sup>c</sup> ±3.05	2408.6 <sup>b</sup> ±5.65	713.6 <sup>c</sup> ±6.35	88.5 <sup>c</sup> ±0.10
	12	1413.6 <sup>e</sup> ±4.84	1981.3 <sup>d</sup> ±5.50	570.3 <sup>d</sup> ±7.15	88.0 <sup>c</sup> ±0.26
	24	971.0 <sup>g</sup> ±6.08	1367.0 <sup>e</sup> ±3.00	382.6 <sup>f</sup> ±8.73	87.5 <sup>d</sup> ±0.47
	36	529.6 <sup>h</sup> ±5.50	819.3 <sup>f</sup> ±5.50	293.0 <sup>g</sup> ±5.29	86.5 <sup>d</sup> ±0.10

ตัวอย่างควบคุม คือ ข้าวกล้องมันปลูกที่ไม่ได้ผ่านการงอก

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากการศึกษาสมบัติด้านความหนืดของข้าวกล้องงอกทั้ง 2 ชนิดลดลง อาจเป็นเพราะโครงสร้างเม็ดแป้งภายในเมล็ดข้าวงอกได้เปลี่ยนแปลงไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rosenberg, Klein and Lee (2001) ที่ทำการศึกษสมบัติของแป้งข้าว จากเมล็ดข้าวที่ผ่านการงอก โดยที่ตัวอย่างข้าวงอกนั้นมีรากงอกออกมาประมาณ 0.5 – 1 มิลลิเมตร แล้วจึงไปผ่านกรรมวิธีจนได้เป็นแป้งข้าวงอก ซึ่งแป้งข้าวงอกเมื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืด พบว่ามีความหนืดของแป้งลดลงจากตัวอย่างที่ไม่งอกเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เท่ากับ 54 เปอร์เซ็นต์

ตอนที่ 4 การศึกษาคุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน (Cooking and eating quality) ของข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปลูก่อน และหลังผ่านกระบวนการงอก

การศึกษาคูณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าวกล้องหอมมะลิ ประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านกว้าง (% Width expansion) เปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านยาว (% Elongation) ระยะเวลาในการหุงสุก (Cooking time) เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของเมล็ด (% Water uptake) และเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของปริมาตรเมล็ด (% Volume expansion)

### 1. เปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านกว้าง (% Width expansion)

ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านกว้าง พบว่าเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิออกเมื่อนำมาผ่านการหุงสุกแล้วมีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านกว้างเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาการแช่และเวลาการเพาะเมล็ดมีค่าระหว่าง 65.74 – 78.65 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 37.13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าแตกต่างกับตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิออกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านกว้างสูงสุดเท่ากับ 78.65 เปอร์เซ็นต์ คือตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิออกที่สภาวะ 12 ; 24 และผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านกว้างของข้าวกล้องมันปูหลังจากการงอกแล้วพบว่า เมล็ดข้าวเมื่อนำมาผ่านการหุงสุกแล้วมีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านกว้างเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาการแช่และเวลาการเพาะเมล็ดโดยมีค่าระหว่าง 87.24 – 138.24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 70.06 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าแตกต่างกับตัวอย่างข้าวกล้องมันปูออกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่ค่าสูงสุดเท่ากับ 138.24 เปอร์เซ็นต์ คือตัวอย่าง 24 ; 36 ชั่วโมง

### 2. เปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านยาว (% Elongation)

ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านยาวของเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิออก พบว่ามีค่าระหว่าง 18.03 – 18.80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 18.93 เปอร์เซ็นต์ พบว่าผลทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังตาราง 17 ส่วนเปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านยาวของเมล็ดข้าวกล้องมันปูออก มีค่าระหว่าง 10.14 – 11.05 เปอร์เซ็นต์ นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตาราง 17 เปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านกว้าง และเปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านยาวของข้าว  
กล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

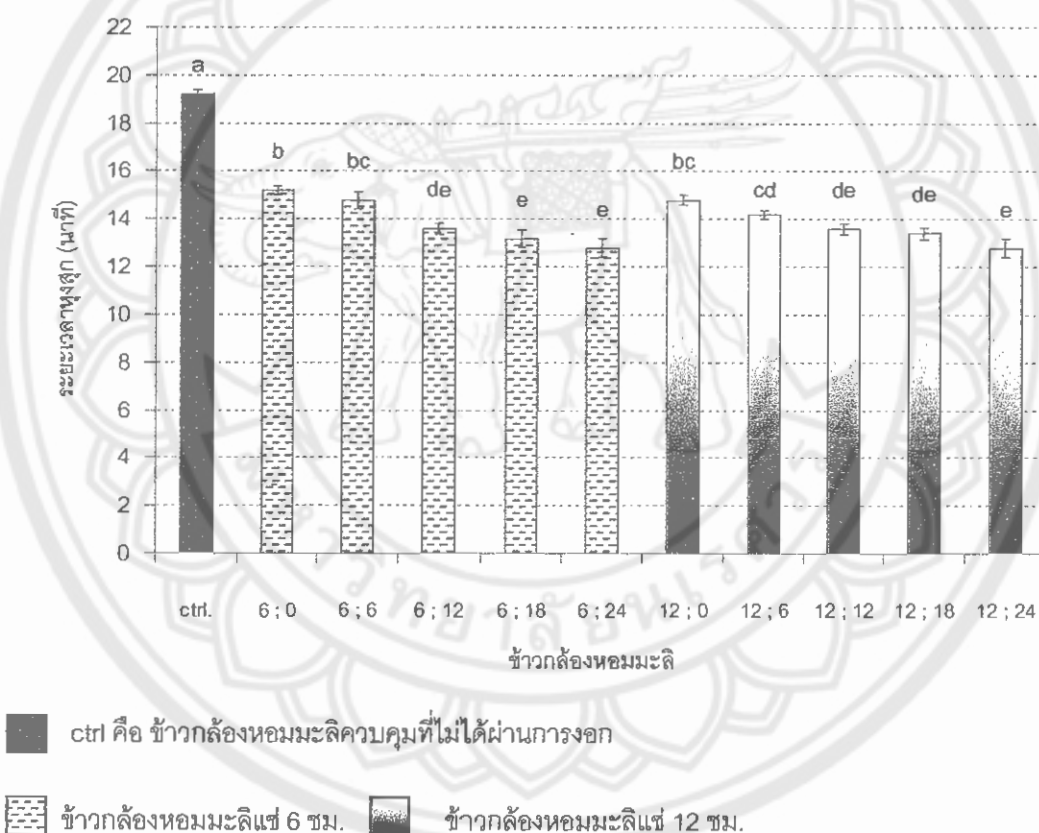
ระยะเวลาแช่ (ชม.)	ระยะเวลาเพาะ (ชม.)	เปอร์เซ็นต์การขยาย ตัวด้านกว้าง (%)	เปอร์เซ็นต์การขยาย ตัวด้านยาว (%)
ข้าวกล้องหอมมะลิ			
ตัวอย่างควบคุม			
		37.13 <sup>f</sup> ±1.78	18.93±0.74
6	0	65.74 <sup>e</sup> ±2.50	18.12±0.09
	6	69.52 <sup>d</sup> ±1.61	18.03±0.03
	12	71.88 <sup>c</sup> ±2.82	18.06±0.07
	18	77.92 <sup>a</sup> ±1.36	18.53±0.23
12	24	78.06 <sup>a</sup> ±1.82	18.80±0.16
	0	66.53 <sup>e</sup> ±2.77	18.10±0.77
	6	76.13 <sup>b</sup> ±1.18	18.02±0.77
	12	77.05 <sup>ab</sup> ±0.09	18.03±0.02
	18	77.73 <sup>ab</sup> ±0.23	18.31±0.09
	24	78.65 <sup>a</sup> ±0.33	18.60±0.12
ข้าวกล้องมันปู			
ตัวอย่างควบคุม			
		70.06 <sup>f</sup> ±0.58	10.88±0.74
12	0	87.24 <sup>e</sup> ±0.30	10.91±0.09
	12	111.45 <sup>c</sup> ±0.41	10.89±0.06
	24	113.54 <sup>c</sup> ±0.34	10.28±0.04
	36	135.27 <sup>a</sup> ±0.05	10.14±0.02
24	0	106.54 <sup>d</sup> ±0.42	10.89±0.15
	12	110.96 <sup>c</sup> ±0.45	10.87±0.12
	24	127.82 <sup>ab</sup> ±0.55	10.18±0.02
	36	128.24 <sup>a</sup> ±0.38	11.05±0.03

ตัวอย่างควบคุม คือ ข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูที่ไม่ได้ผ่านการงอก

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

### 3. ระยะเวลาในการหุงสุก (Cooking time)

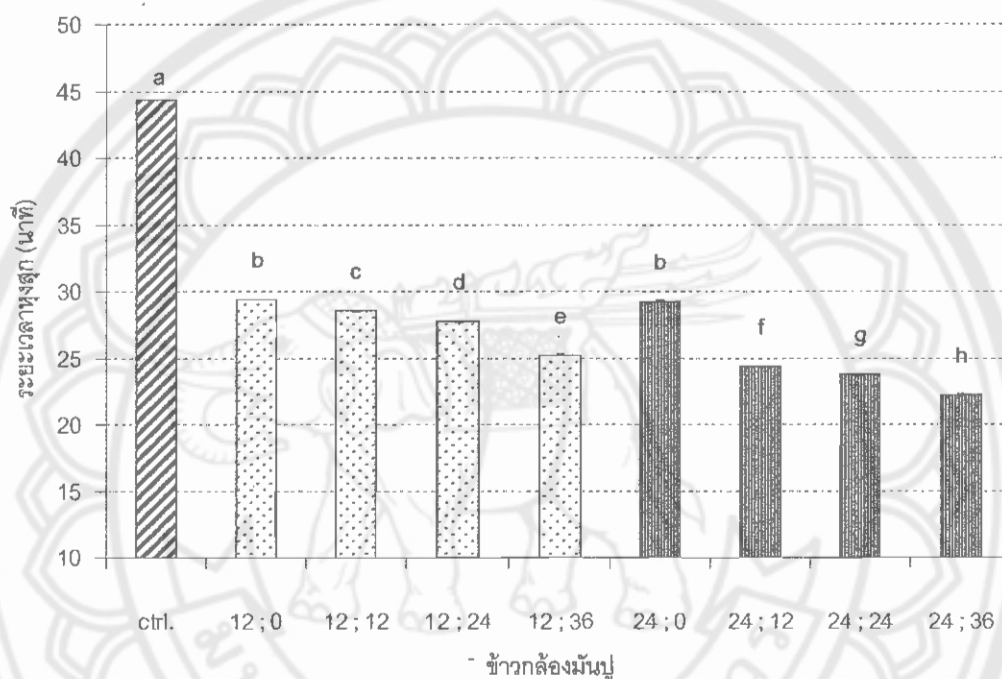
ผลด้านระยะเวลาในการหุงสุก มีหน่วยเป็นนาที ของข้าวกล้องหอมมะลิหุงอก พบว่าการเพิ่มระยะเวลาในการแช่และการเพาะ เป็นผลให้ระยะเวลาในการหุงสุกของ ข้าวกล้องหอมมะลิหุงอกลดลงตามลำดับสภาวะการงอก จาก 15.20 นาที คือตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิหุงอกที่สภาวะ 6 ; 0 ชั่วโมง เป็น 12.80 นาที คือตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิหุงอกที่สภาวะ 12 ; 24 ชั่วโมง เมื่อตัวอย่างควบคุมมีระยะเวลาในการหุงสุกเท่ากับ 19.2 นาที ซึ่งสูงสุดแตกต่างกับตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิหุงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังภาพ 22



อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ภาพ 22 ระยะเวลาในการหุงสุกของข้าวกล้องหอมมะลิก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

ภาพ 23 แสดงผลของระยะเวลาในการหุงสุกของข้าวกล้องมันปูก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก พบว่าการเพิ่มระยะเวลาในการแช่และเวลาการเพาะเป็นผลให้ระยะเวลาในการหุงสุกลดลง ข้าวกล้องมันปูงอกมีเวลาหุงสุกระหว่าง 29.42 – 22.22 นาที เมื่อตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 44.42 นาที ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างข้าวกล้องมันปูงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )



ctrl คือ ข้าวกล้องมันปูควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการงอก

ข้าวกล้องมันปูแช่ 12 ชม.

ข้าวกล้องมันปูแช่ 24 ชม.

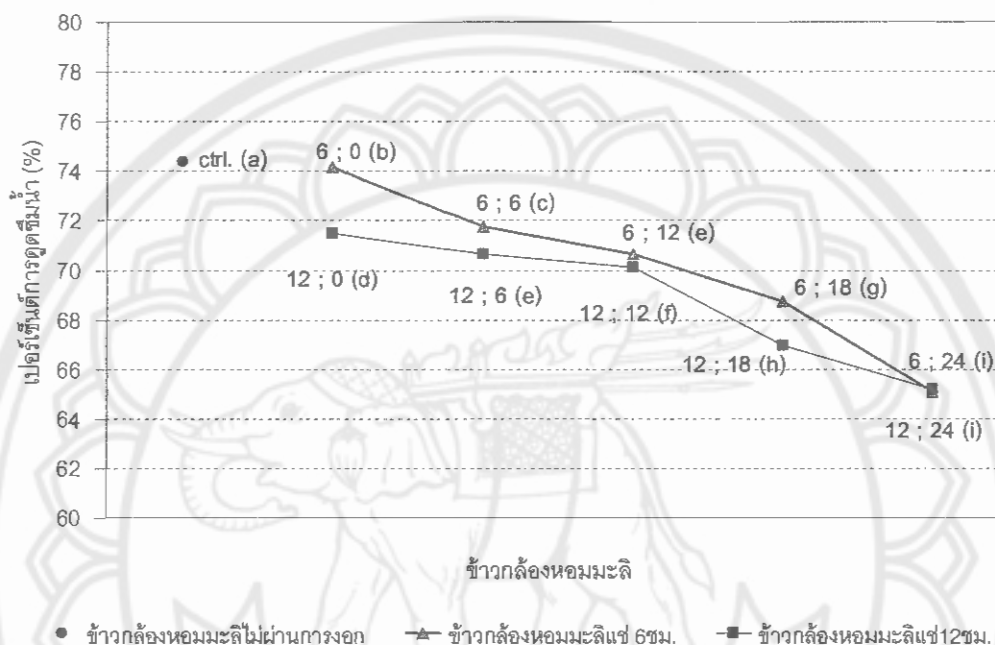
อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ภาพ 23 ระยะเวลาในการหุงสุกของข้าวกล้องมันปูก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

#### 4. เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของเมล็ด (% Water uptake)

การศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของเมล็ดในระหว่างการหุงสุก เป็นการเปรียบเทียบน้ำหนักของเมล็ดข้าวก่อนและหลังหุงสุก พบว่าตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิงอก มีเปอร์เซ็นต์ลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่และเวลาในการเพาะเมล็ด มีค่าระหว่าง 74.13 – 65.08 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับสภาวะการงอก เมื่อตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 74.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงสุด

แตกต่างกับตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิซึ่งออกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และพบว่าเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิที่ทำการแชเป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของเมล็ดต่ำกว่า เมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิที่ทำการแชเป็นเวลา 12 ชั่วโมง (ภาพ 24)



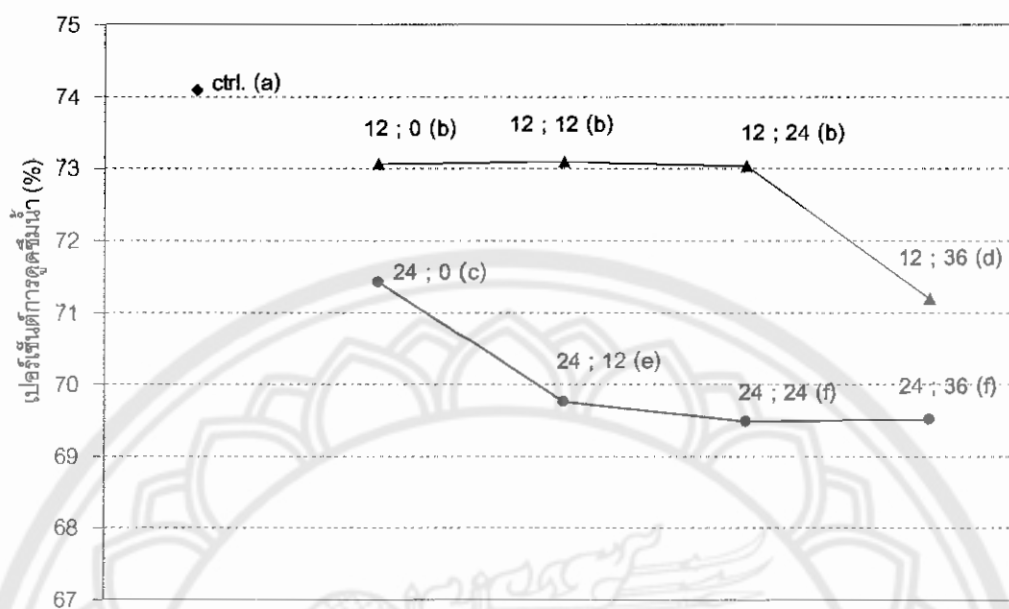
ctrl คือ ข้าวกล้องหอมมะลิควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการนึ่ง

อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ภาพ 24 เปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำของเมล็ดหลังการหุงสุกของข้าวกล้องหอมมะลิก่อนและหลังผ่านกระบวนการนึ่ง

ภาพ 25 แสดงผลด้านเปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำของเมล็ดในระหว่างการหุงสุกของข้าวกล้องมันปุงอก พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 74.08 เปอร์เซนต์ เมื่อนำมาผ่านกระบวนการนึ่งโดยการเพิ่มระยะเวลาในการแชและเวลาในการเพาะ พบว่าตัวอย่างข้าวกล้องมันปุงอกมีเปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำของเมล็ดลดลงตามลำดับสภาวะการนึ่ง คือมีค่าระหว่าง 71.42 – 69.4 เปอร์เซนต์ เมื่อเปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำของเมล็ดต่ำสุด เท่ากับ 69.49 เปอร์เซนต์ คือตัวอย่างข้าวกล้องมันปุงอกที่สภาวะ 24 ; 36



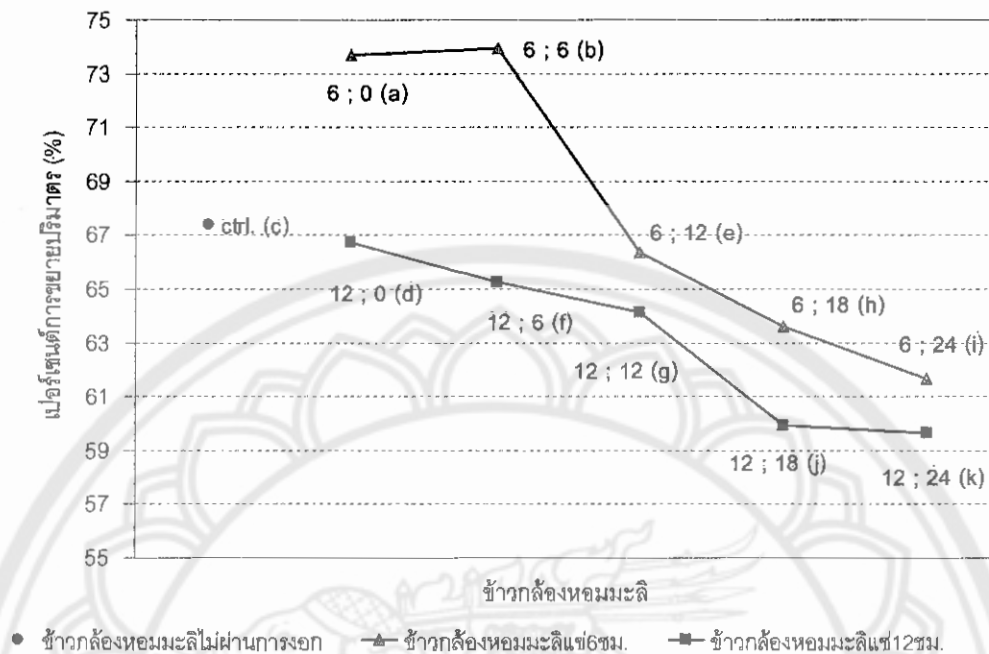


◆ ข้าวกล้องมันปูไม่ผ่านการงอก      ▲ ข้าวกล้องมันปูแช่ 12 ชม.      ● ข้าวกล้องมันปูแช่ 24 ชม.  
 ctrl คือ ข้าวกล้องมันปูควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการงอก  
 อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ภาพ 25 เปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำของเมล็ดหลังการหุงสุกของข้าวกล้องมันปูก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

##### 5. เปอร์เซนต์การขยายปริมาตรเมล็ด (% Volume expansion)

การศึกษาคุณภาพการหุงต้ม และการรับประทานของข้าวกล้องหอมมะลิด้านสุดท้าย คือ เปอร์เซนต์การขยายปริมาตรเมล็ดข้าวภายหลังจากหุงสุก แสดงดังภาพที่ 26 จากภาพ พบว่า ตัวอย่างควบคุม มีค่าเท่ากับ 67.39 เปอร์เซนต์ และมีค่าลดลงเมื่อผ่านการงอกโดยการเพิ่มระยะเวลาในการแช่และเวลาในการเพาะของตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิออกมีค่าระหว่าง 73.95 – 59.63 เปอร์เซนต์ ซึ่งแต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

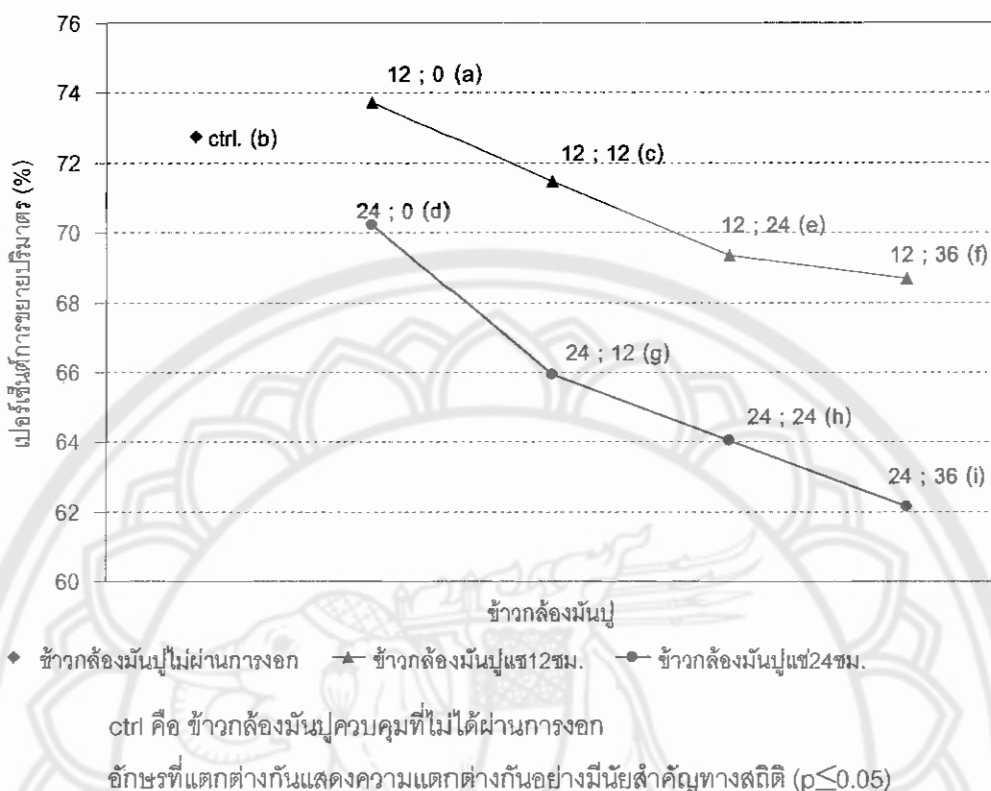


ctrl คือ ข้าวกล้องหอมมะลิควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการงอก

อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ภาพ 26 เปอร์เซนต์การขยายปริมาตรเมลิ็ดหลังการหุงสุกของข้าวกล้องหอมมะลิก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

เปอร์เซนต์การขยายปริมาตรเมลิ็ดหลังการหุงสุกของข้าวกล้องมันปู พบว่าตัวอย่างข้าวกล้องมันปูงอกมีเปอร์เซนต์การขยายปริมาตรระหว่าง 70.21 – 73.74 เปอร์เซนต์ โดยที่ข้าวกล้องมันปูงอกแต่ละสภาวะมีผลทางสถิติแตกต่างกับตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 72.76 เปอร์เซนต์ และพบว่าค่าเปอร์เซนต์การขยายปริมาตรเมลิ็ด มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเพาะ (เวลาการแช่เดียวกัน) ตามลำดับสภาวะการงอก (ภาพ 27)



ภาพ 27 เปอร์เซนต์การขยายปริมาตรเมลิตหลังการหุงสุกของข้าวกล้องมันปูก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก

ผลการศึกษาคูณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าวกล้องงอกทั้ง 2 ชนิด เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่และเวลาในการเพาะ มีผลดังนี้คือ มีเปอร์เซนต์การขยายตัวด้านกว้างเพิ่มขึ้น แต่มีระยะเวลาในการหุงสุก เปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำของเมลิต เปอร์เซนต์การขยายปริมาตรเมลิตลดลง และไม่มี ความแตกต่างในด้านการขยายตัวด้านยาวของเมลิต ภายหลังจากหุงสุกแล้ว ทั้งนี้เนื่องจากข้าวกล้องงอกทั้ง 2 ชนิด มีการขยายตัวมากกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากในระหว่างการงอกเมลิตข้าวมีการดูดซึมน้ำเข้าไปปริมาณสูง อาจไปทำลายโครงสร้างของเม็ดแป้ง รวมทั้งกิจกรรมการงอกมีผลให้โครงสร้างแป้งถูกย่อยไปบางส่วนแล้ว เมื่อนำตัวอย่างมาหุงสุก จึงพบว่า เมลิตข้าวมีการขยายตัวออกทางด้านกว้างในสัดส่วนที่มากกว่าด้านยาว ทำให้การจัดเรียงตัวของเมลิตลดลง และหนาแน่นขึ้น โดยที่เมลิตมีการสูญเสียรูปทรงไป

### ตอนที่ 5 การศึกษาทางจุลชีววิทยา (Microbiological analysis) ของข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวกล้องมันปูก่อน และหลังผ่านกระบวนการงอก

ผลการศึกษาทางจุลชีววิทยา ประกอบด้วยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา แสดงผลดังตาราง 18 จากผลพบว่าข้าวกล้องหอมมะลิลงอกก่อนหุงสุกมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาการแช่และเวลาการเพาะเมล็ด โดยมีค่าระหว่าง  $0.04 \times 10^3 - 3.8 \times 10^3$  CFU / กรัม ส่วนปริมาณยีสต์และราของข้าวกล้องหอมมะลิลงอกนั้นพบที่ตัวอย่าง 6 ; 24, 12 ; 18 และ 12 ; 24 เท่ากับ  $0.18 \times 10^3$ ,  $0.32 \times 10^3$  และ  $0.52 \times 10^3$  CFU / กรัม ตามลำดับ และเมื่อนำตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิมาผ่านการหุงสุก โดยใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้าแล้วพบว่าไม่มีการตรวจพบทั้งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา

ผลของการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของข้าวกล้องมันปูกอก พบว่าที่ตัวอย่างข้าวกล้องมันปูกอกก่อนหุงสุกที่สภาวะ 12 ; 24, 12 ; 36, 24 ; 12, 24 ; 24 และ 24 ; 36 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ  $0.4 \times 10^3$ ,  $1.5 \times 10^3$ ,  $0.5 \times 10^3$ ,  $2.5 \times 10^3$  และ  $3.5 \times 10^3$  CFU / กรัม ตามลำดับ. ผลด้านปริมาณยีสต์และราของข้าวกล้องมันปูกอกพบปริมาณยีสต์และราที่ตัวอย่างข้าวกล้องมันปูกอกก่อนหุงสุกที่สภาวะ 12 ; 36, 24 ; 24 และ 24 ; 36 มีปริมาณเท่ากับ  $0.12 \times 10^3$ ,  $0.15 \times 10^3$  และ  $0.35 \times 10^3$  CFU / กรัม ตามลำดับ และเมื่อนำข้าวกล้องมันปูกอกมาผ่านการหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าแล้วพบว่าไม่มีการตรวจพบทั้งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา

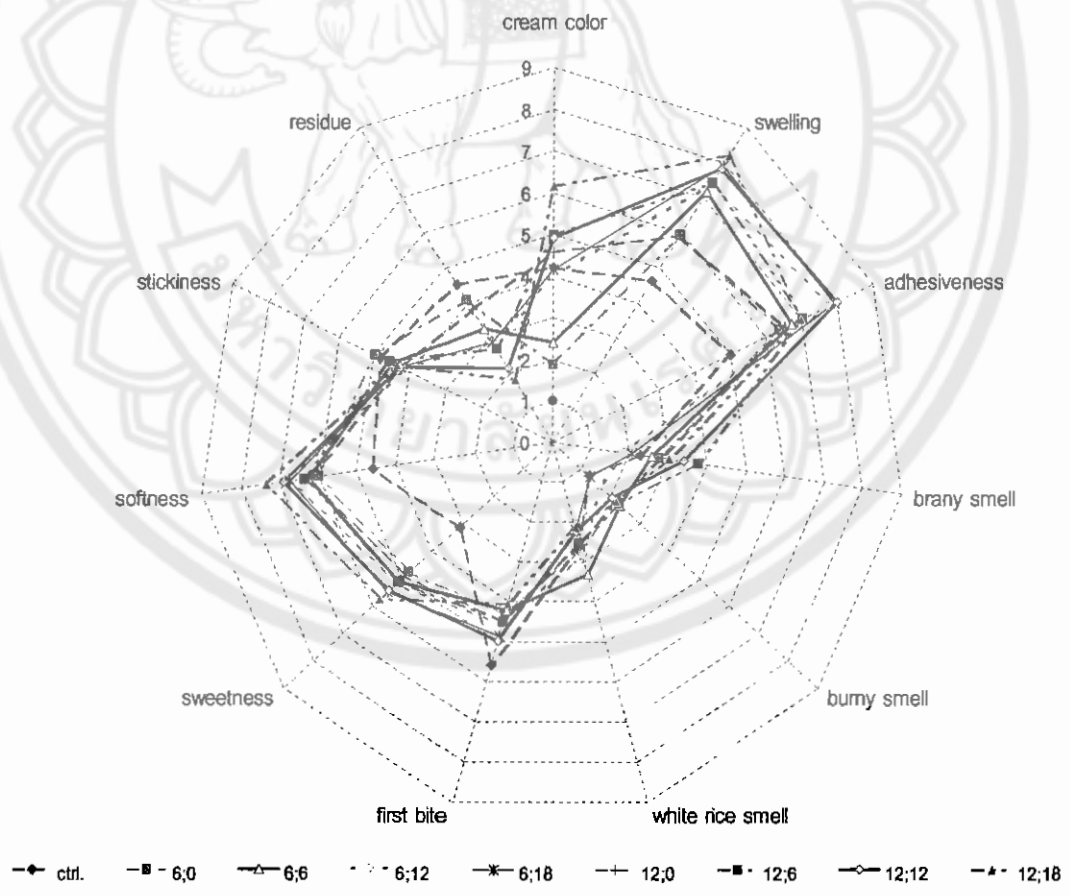
ตาราง 18 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราของข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวกล้องมันปูก่อน และหลังผ่านกระบวนการงอก

ระยะเวลา (ชม.)	ระยะเวลา (ชม.)	ก่อนหุงสุก		หลังหุงสุก	
		ปริมาณจุลินทรีย์ ทั้งหมด (CFU / กรัม)	ปริมาณยีสต์ และรา (CFU / กรัม)	ปริมาณจุลินทรีย์ ทั้งหมด (CFU / กรัม)	ปริมาณยีสต์ และรา (CFU / กรัม)
ข้าวกล้องหอมมะลิ					
	ตัวอย่างควบคุม	$0.04 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
6	0	$0.05 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	6	$0.07 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	12	$0.12 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	18	$0.3 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	24	$0.95 \times 10^3$	$0.18 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ
12	0	$0.05 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	6	$0.18 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	12	$0.26 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	18	$1.1 \times 10^3$	$0.32 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ
	24	$3.8 \times 10^3$	$0.52 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ
ข้าวกล้องมันปู					
	ตัวอย่างควบคุม	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
12	0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	12	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	24	$0.4 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	36	$1.5 \times 10^3$	$0.12 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ
24	0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	12	$0.5 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	24	$2.5 \times 10^3$	$0.15 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ
	36	$3.5 \times 10^3$	$0.35 \times 10^3$	ไม่พบ	ไม่พบ

ตัวอย่างควบคุม คือ ข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูที่ไม่ได้ผ่านการงอก

**ตอนที่ 6 การศึกษาลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูก่อน และหลังผ่านกระบวนการงอก**

การศึกษาลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอก โดยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา Quantitative Descriptive Analysis (QDA) แบบ line scaling 0 - 10 เซนติเมตร กำหนดเป็น 1 เท่ากับความเข้มระดับอ่อน 5 เท่ากับระดับปานกลาง และ 9 เท่ากับระดับเข้ม ข้าวกล้องหอมมะลิงอกที่นำมาทำการศึกษานี้ทั้งหมด 9 ตัวอย่าง ได้แก่ ข้าวกล้องหอมมะลิควบคุม และข้าวกล้องหอมมะลิงอก 8 สภาวะ คือ 6 ; 0, 6 ; 6, 6 ; 12, 6 ; 18, 12 ; 0, 12 ; 6, 12 ; 12 และ 12 ; 18 โดยตัดตัวอย่างออก 2 สภาวะ คือ 6 ; 24 และ 12 ; 24 เนื่องจากเป็นสภาวะที่มีระยะเวลาในการงอกสูงสุดและมีส่วนที่งอกออกมาจากจมูกข้าวยาวประมาณ 2 - 3 มิลลิเมตร และมีกลิ่นหมักแรง โดยที่ทั้ง 2 ตัวอย่างไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากขั้นตอนการฝึกอบรมบรรยายคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส



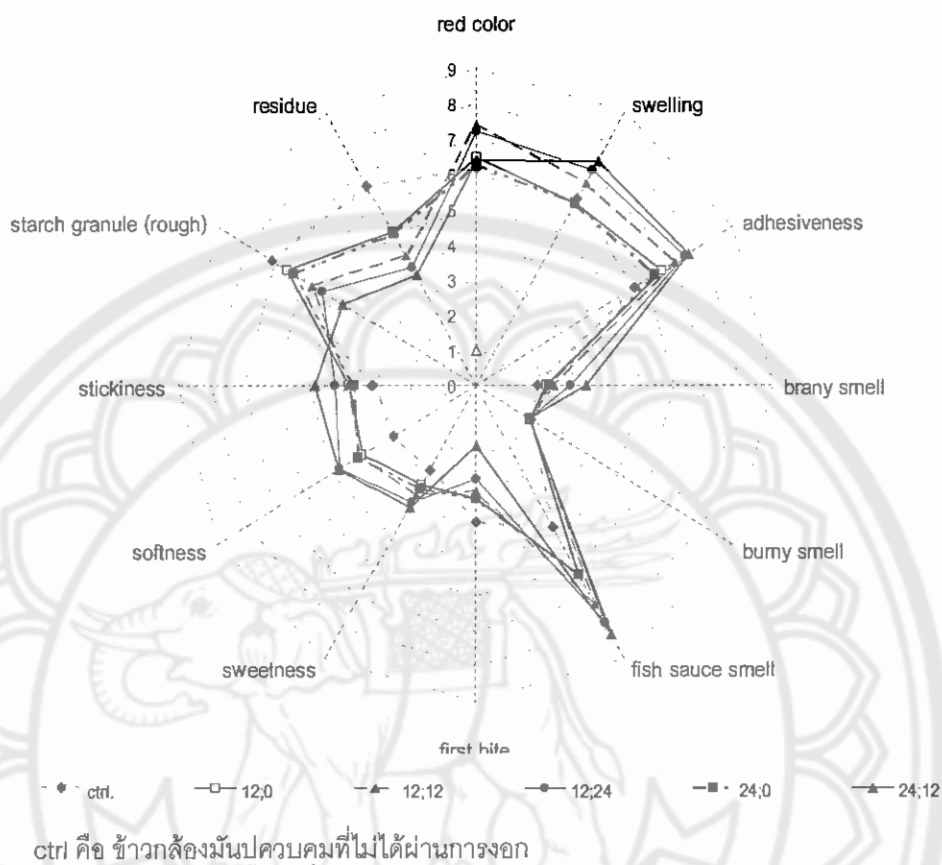
ctrl คือ ข้าวกล้องหอมมะลิควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการงอก

**ภาพ 28 ผลการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมมะลิงอก**

ข้าวแต่ละตัวอย่างมีอัตราส่วนข้าวต่อน้ำสำหรับการหุง รวมทั้งลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสที่แตกต่างกัน ดังภาคผนวก ง ผลการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวกล้องหอมมะลิอหุงสุก ในภาพที่ 28 ประกอบด้วย ด้านสีครีม (cream color) การพองตัวของเมล็ด (swelling) การเกาะตัวของเมล็ด (adhesiveness) กลิ่นรำ (brany smell) กลิ่นไหม้ (burny smell) กลิ่นข้าวสาร (white rice smell) รสจืดเมื่อแรกเคี้ยว (first bite) ความหวาน (sweetness) ความนุ่ม (softness) และส่วนที่เหลือหลังการกลืน (residue) ทดสอบกับตัวอย่าง 9 ตัวอย่าง พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาการแช่และเวลาการเพาะเมล็ดของตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิอหุงสุก ผลด้านสีครีม การพองตัวของเมล็ด การเกาะตัวของเมล็ด กลิ่นรำ กลิ่นไหม้ ความหวาน และความนุ่ม ผู้ประเมินให้ระดับความเข้มข้นที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสภาวะการงอก แต่มีระดับความเข้มข้นที่มีแนวโน้มลดลงในด้านกลิ่นข้าวสาร รสจืดเมื่อแรกเคี้ยว และส่วนที่เหลือหลังการกลืน ส่วนความเหนียว (stickiness) ของทั้ง 9 ตัวอย่างนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

การศึกษาลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวกล้องมันปูงอกที่นำมาทำการศึกษาทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ได้แก่ ข้าวกล้องมันปูควบคุม และข้าวกล้องมันปูงอก 5 สภาวะ คือ 12 ; 0, 12 ; 12, 12 ; 24, 24 ; 0 และ 24 ; 12 โดยตัดตัวอย่างออก 3 สภาวะ คือ 12 ; 36, 24 ; 24 และ 24 ; 36 เนื่องจากเป็นสภาวะที่มีระยะเวลาในการงอกสูงสุดของข้าวกล้องมันปูมีส่วนที่งอกออกมาจากจุกข้าวยาวประมาณ 3 – 4 มิลลิเมตร และมีกลิ่นหมักแรง โดยที่ทั้ง 3 ตัวอย่างไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากขั้นตอนการฝึกอบรมบรรยายคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ข้าวกล้องมันปูก่อนและหลังผ่านการงอกแต่ละตัวอย่าง มีอัตราส่วนข้าวต่อน้ำสำหรับการหุง รวมทั้งลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสที่แตกต่างกันดังภาคผนวก ง การศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวกล้องมันปูอหุงสุก ประกอบด้วยด้านสีแดง (red color) การพองตัวของเมล็ด (swelling) การเกาะตัวของเมล็ด (adhesiveness) กลิ่นรำ (brany smell) กลิ่นไหม้ (burn smell) กลิ่นน้ำปลา (fish sauce smell) รสจืดเมื่อแรกเคี้ยว (first bite) ความหวาน (sweetness) ความนุ่ม (softness) ความเหนียว (stickiness) ปริมาณเม็ดแป้ง (starch granule ; rough) และส่วนที่เหลือขณะเคี้ยว (residue) ของตัวอย่างทั้ง 6 มีระดับความเข้มข้นที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อการเพิ่มระยะเวลาการแช่และเวลาการเพาะของตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิอหุงสุกทางด้านสีแดง การพองตัวของเมล็ด การเกาะตัวของเมล็ด กลิ่นรำ กลิ่นไหม้ กลิ่นน้ำปลา ความหวาน ความนุ่ม และความเหนียว แต่ค่าทางด้านกลิ่นไหม้ รสจืดเมื่อแรกเคี้ยว ปริมาณเม็ดแป้ง และส่วนที่เหลือขณะเคี้ยวระดับความเข้มข้นที่มีแนวโน้มลดลง ดังภาพ 29



ภาพ 29 ผลการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวกล้องมันปูออกหุงสุก

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกทั้ง 2 ชนิด พบว่า ผู้ประเมินสามารถบอกลักษณะเด่นๆ ได้ว่า ตัวอย่างข้าวงอกทั้ง 2 ชนิด มีความนุ่ม ความเหนียว และความหวาน มีระดับมากกว่าตัวอย่างควบคุม อย่างไรก็ตามตัวอย่างข้าวกล้องงอกที่สภาวะสูง ทำให้ผู้ประเมินมีความรู้สึกในแง่ลบทางด้านกลิ่นที่เกิดจากการหมัก รวมทั้งเมล็ดข้าวมีการสูญเสียรูปทรงทำให้เกิดการเกาะตัวของเมล็ด และเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มเกินไป



## ตอนที่ 7 การศึกษาสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างระยะเวลาการเพาะในกระบวนการงอกข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปู

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างระยะเวลาการเพาะของเมล็ดในกระบวนการงอกที่แตกต่างกัน (0, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง) มีเวลาการแช่เดียวกัน โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง การเพิ่มระยะเวลาในการเพาะเมล็ดกับผลการศึกษาด้านเคมีกายภาพ คุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน โดยแบ่งเวลาการแช่เมล็ดออกจากกัน จากตาราง 19 พบว่าการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการเพาะเมล็ดเป็นผลให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของอัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง ความแข็ง โปรตีน ปริมาณอะไมโลส ความจุของเมล็ด และความหนืดของแป้งข้าวมีค่าเป็นลบ คือเมื่อเพิ่มระยะเวลาการเพาะเมล็ดค่าดังกล่าวมีค่าลดลง แต่มีความกว้าง ความยาวของเมล็ด สีเยื่อหุ้มเมล็ด เอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส ความชื้น ความคงตัวของแป้งสุก และค่าการสลายตัวในต่างมีความสัมพันธ์เป็นบวกที่ค่าความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างระยะเวลาการเพาะของเมล็ดข้าวกล้องมันปูในกระบวนการงอกที่แตกต่างกัน (0, 12, 24 และ 36 ชั่วโมง) ทั้งที่เวลาแช่ 12 และ 24 ชั่วโมง กับผลของการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์เพียร์สัน ดังตาราง 20 พบว่า การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการเพาะเมล็ดเป็นผลให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของอัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง ความแข็ง โปรตีน ปริมาณอะไมโลส ความจุของเมล็ด และความหนืดของแป้งข้าวมีค่าเป็นลบ คือเมื่อเพิ่มระยะเวลาการเพาะเมล็ดค่าดังกล่าวมีค่าลดลง แต่มีความกว้าง ความยาวของเมล็ด สีเยื่อหุ้มเมล็ด เอนไซม์  $\alpha$  - อะไมเลส ความชื้น ความคงตัวของแป้งสุก และค่าการสลายตัวในต่างมีค่าเป็นบวก คือมีแนวโน้มเพิ่มไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ )

ตาราง 19 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างระยะเวลาการเพาะของข้าวกล้องหอมมะลิงอกกับผลของการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ

สมบัติทางเคมีกายภาพ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน	
	ข้าวกล้องหอมมะลิงอก	ข้าวกล้องหอมมะลิงอก
	แช่ 6 ชั่วโมง	แช่ 12 ชั่วโมง
ขนาดและรูปร่างเมล็ด		
ความกว้าง	0.941**	0.952**
ความยาว	0.923**	0.637**
อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง	-0.698**	-0.398
สีเยื่อหุ้มเมล็ด		
L*	0.021	0.166
a*	0.259	0.244
b*	0.170	0.062
ความแข็ง	-0.952**	-0.834**
ปริมาณโปรตีน	-0.225	-0.153
เอนไซม์ $\alpha$ - อะไมเลส	0.859**	0.807**
ปริมาณความชื้น	0.953**	0.963**
น้ำหนักข้าว 1,000 เมล็ด	-0.341	0.923**
ปริมาณอะไมโลส	-0.989**	-0.990**
ความจุของเมล็ด	-0.882**	-0.942**
ความคงตัวของแป้งสุก	0.889**	0.956**
ค่าการสลายตัวในต่าง	0.850**	0.992**
ค่าความหนืดของแป้งข้าว		
Peak viscosity	-0.991**	0.967**
Final viscosity	-0.948**	-0.884**
Setback	-0.999**	-0.982**
Pasting temperature	-0.830**	-0.939**

\*\* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ )

ตาราง 20 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างระยะเวลาการเพาะของข้าวกล้องมันปู  
ออกกับผลของการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ

สมบัติทางเคมีกายภาพ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน	
	ข้าวกล้องมันปูออก แช่ 12 ชั่วโมง	ข้าวกล้องมันปูออก แช่ 24 ชั่วโมง
ขนาดและรูปร่างเมล็ด		
ความกว้าง	0.952**	0.919**
ความยาว	0.177	0.723**
อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง	0.254	0.347
สีเยื่อหุ้มเมล็ด		
L*	0.219	0.012
a*	0.264	0.011
b*	0.317	0.000
ความแข็ง	-0.849**	-0.934**
ปริมาณโปรตีน	0.895**	-0.624*
เอนไซม์ $\alpha$ - อะไมเลส	0.964**	0.954**
ปริมาณความชื้น	0.658*	0.328
น้ำหนักข้าว 1,000 เมล็ด	0.348	0.552*
ปริมาณอะไมโลส	-0.966**	-0.998**
ความจุของเมล็ด	-0.944**	-0.076
ความคงตัวของแป้งสุก	0.960**	0.967**
ค่าการสลายตัวในต่าง	0.942**	0.952**
ค่าความหนืดของแป้งข้าว		
Peak viscosity	-0.971**	-0.982**
Final viscosity	-0.876**	-0.998**
Setback	-0.889**	-0.991**
Pasting temperature	-0.402	-0.014

\* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

\*\* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ )

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเพาะของเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิในกระบวนการงอกที่แตกต่างกัน คือ 0, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง แต่มีเวลาการแช่เดียวกันจากผลของคุณภาพการงอกและการรับประทาน โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์เพียร์สัน มีเวลาการแช่เมล็ด 6 และ 12 ชั่วโมง แสดงดังตาราง 21

ตาราง 21 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างระยะเวลาการเพาะของข้าวกล้องหอมมะลิกับผลของการศึกษาคุณภาพการงอกและการรับประทาน

คุณภาพการงอกและการ รับประทาน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน	
	ข้าวกล้องหอมมะลิ งอก แช่ 6 ชั่วโมง	ข้าวกล้องหอมมะลิ งอก แช่ 12 ชั่วโมง
	ระยะเวลาในการงอกสูง	-0.802**
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของเมล็ด	-0.981**	-0.959**
ปริมาตรเมล็ดข้าวงอกสูง	-0.954**	-0.964**
เปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านกว้าง	0.973**	0.793**
เปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านยาว	0.899**	0.893**

\*\* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ )

จากตารางแสดงผลของการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ระหว่างระยะเวลาการเพาะเมล็ดกับผลการศึกษาด้านคุณภาพการงอกและการรับประทานของข้าวกล้องหอมมะลิ ที่แช่เป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่า การเพิ่มระยะเวลาการเพาะเป็นผลให้สัมประสิทธิ์ค่าระยะเวลาการงอกสูง เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของเมล็ด และปริมาตรของเมล็ดข้าวสูงมีความสัมพันธ์เป็นลบ คือเมื่อเพิ่มระยะเวลาการเพาะเมล็ดค่าดังกล่าวมีค่าลดลง แต่มีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านกว้าง และเปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านยาว มีความสัมพันธ์เป็นบวก คือเมื่อเพิ่มระยะเวลาการเพาะเมล็ดค่าดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเพาะของเมล็ดในกระบวนการงอกที่แตกต่างกัน (0, 12, 24 และ 36 ชั่วโมง) เมื่อเวลาแช่เดียวกัน จากผลของคุณภาพการงอกต้นและการรับประทาน โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์เพียร์สัน ของข้าวกล้องมันปูงอกที่แช่เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง แลแสดงตาราง 22

ตาราง 22 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างระยะเวลาการเพาะของข้าวกล้องมันปูงอกกับผลของการศึกษาคุณภาพการงอกต้นและการรับประทาน

คุณภาพการงอกต้นและการ รับประทาน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน	
	ข้าวกล้องมันปูงอก แช่ 12 ชั่วโมง	ข้าวกล้องมันปูงอก แช่ 24 ชั่วโมง
	ระยะเวลาในการงอก	-0.947**
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของเมล็ด	-0.782**	-0.835**
ปริมาตรเมล็ดข้าวงอก	-0.977**	-0.976**
เปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านกว้าง	-0.922	0.937**
เปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านยาว	0.960**	0.956**

\*\* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ )

ผลของการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ระหว่างระยะเวลาการเพาะเมล็ดกับผลการศึกษาด้านคุณภาพการงอกต้นและการรับประทานของข้าวกล้องมันปูที่แช่เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า การเพิ่มระยะเวลาการเพาะเป็นผลให้ สัมประสิทธิ์ค่าระยะเวลาการงอก เพอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของเมล็ด และปริมาตรของเมล็ดข้าวงอกมีความสัมพันธ์เป็นลบ คือเมื่อเพิ่มระยะเวลาการเพาะเมล็ดค่าดังกล่าวมีค่าลดลง แต่มีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านกว้าง และเปอร์เซ็นต์การขยายตัวด้านยาว มีความสัมพันธ์เป็นบวก คือเมื่อเพิ่มระยะเวลาการเพาะเมล็ดค่าดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ )