

บทที่ 4

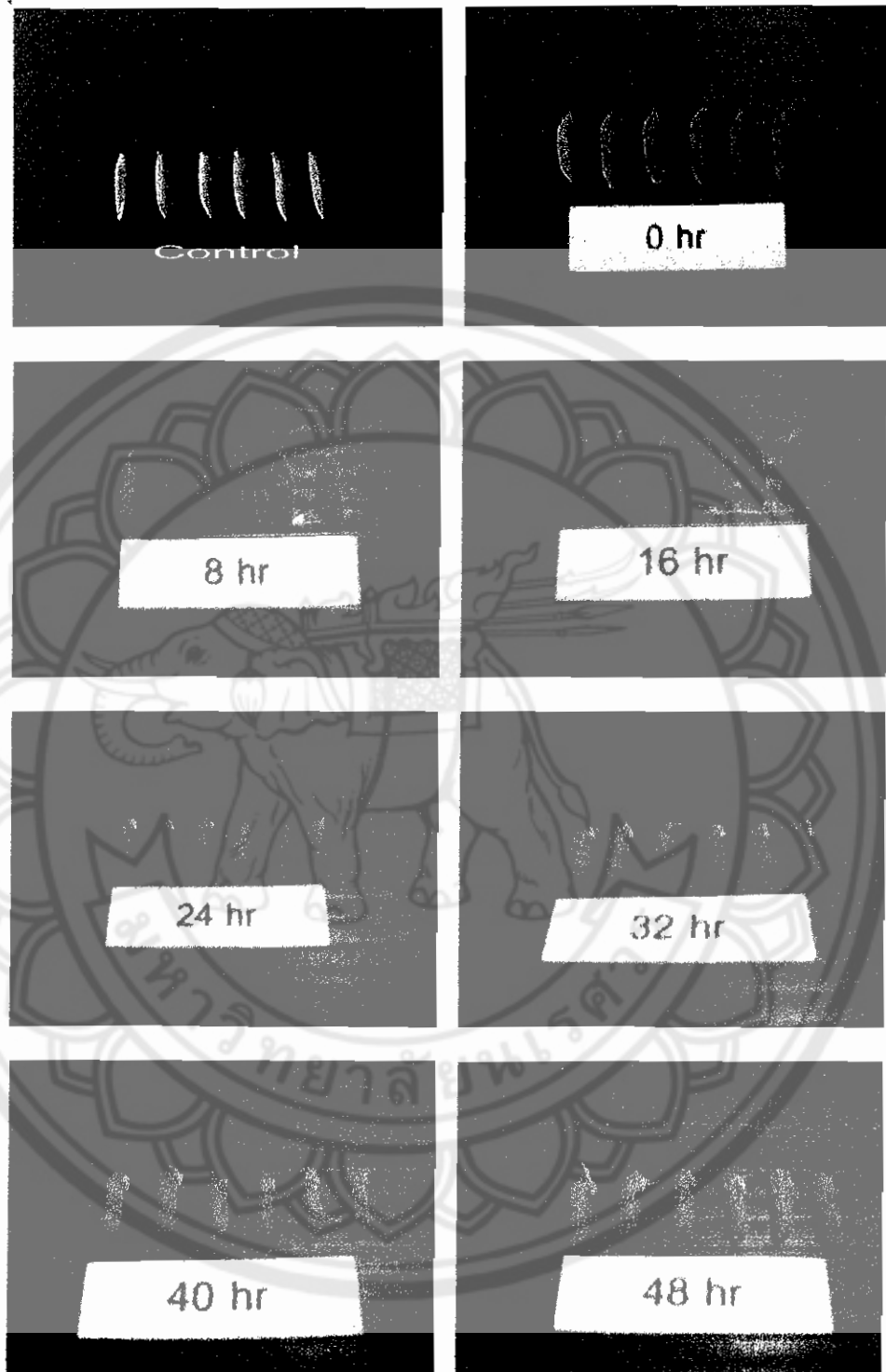
ผลการทดลองและอภิปรายผล

ตอนที่ 1 การศึกษาผลของสภาวะการงอกต่อปริมาณแกมมา-อะมิโนบิวทิริก แอซิด (GABA) ในข้าวมันญี่ปุ่น

1.1 ผลของการงอกต่อปริมาณ GABA ในข้าวมันญี่ปุ่น

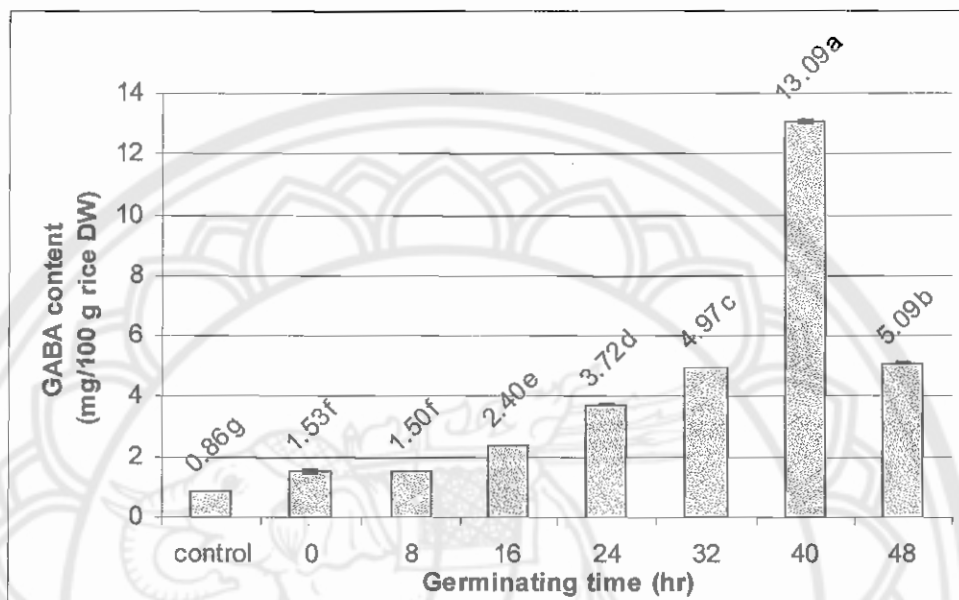
1.1.1 ผลของการงอกต่อปริมาณ GABA ในข้าวเปลือกมันญี่ปุ่น

ข้าววงอกที่เตรียมจากข้าวเปลือกมันญี่ปุ่น หลังผ่านการแช่น้ำและการเพาะเมล็ด ที่เวลา ต่าง ๆ แสดงดังภาพ 8 จากภาพ พบว่า ภายหลังจากการแช่เมล็ดข้าวเปลือกในน้ำสะอาด เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีการพองตัวมากขึ้น และเปลือกหุ้มเมล็ดมีลักษณะที่ อ่อนนุ่มลง โดยเมื่อนำเมล็ดข้าวไปเพาะต่อในที่มีดที่ระยะเวลา 0, 8, 16, 24, 32, 40 และ 48 ชั่วโมง พบว่า ในช่วงระยะเวลา 16 ชั่วโมงแรกของการเพาะนั้น ลักษณะภายนอกของเมล็ดข้าว ยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลง โดยเมล็ดข้าวจะเริ่มมีการเจริญในส่วนของจมูกข้าววงอกออกมาให้เห็น อย่างเด่นชัด หลังผ่านการเพาะเมล็ดข้าวเปลือกเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และหากเพิ่มระยะเวลา ในการเพาะให้นานขึ้น จมูกข้าววงอกก็จะมีอาการเจริญเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน ดังจะเห็นได้จากการงอก ของจมูกข้าววงอกที่เจริญและทะลุเปลือกออกมาภายนอก หลังผ่านการเพาะเมล็ดเป็นระยะเวลา 24, 32, 40 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ



ภาพ 8 ข้าวเปลือกงอกหลังจากการงอกที่ระยะเวลาต่าง ๆ

และจากการสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกมันปู หลังผ่านการงอกที่ระยะเวลาต่าง ๆ ไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณ GABA พบว่า ได้ผลดังแสดงในภาพ 9



*อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพ 9 ผลของการงอกต่อปริมาณ GABA ในข้าวเปลือกมันปูที่สภาวะต่าง ๆ

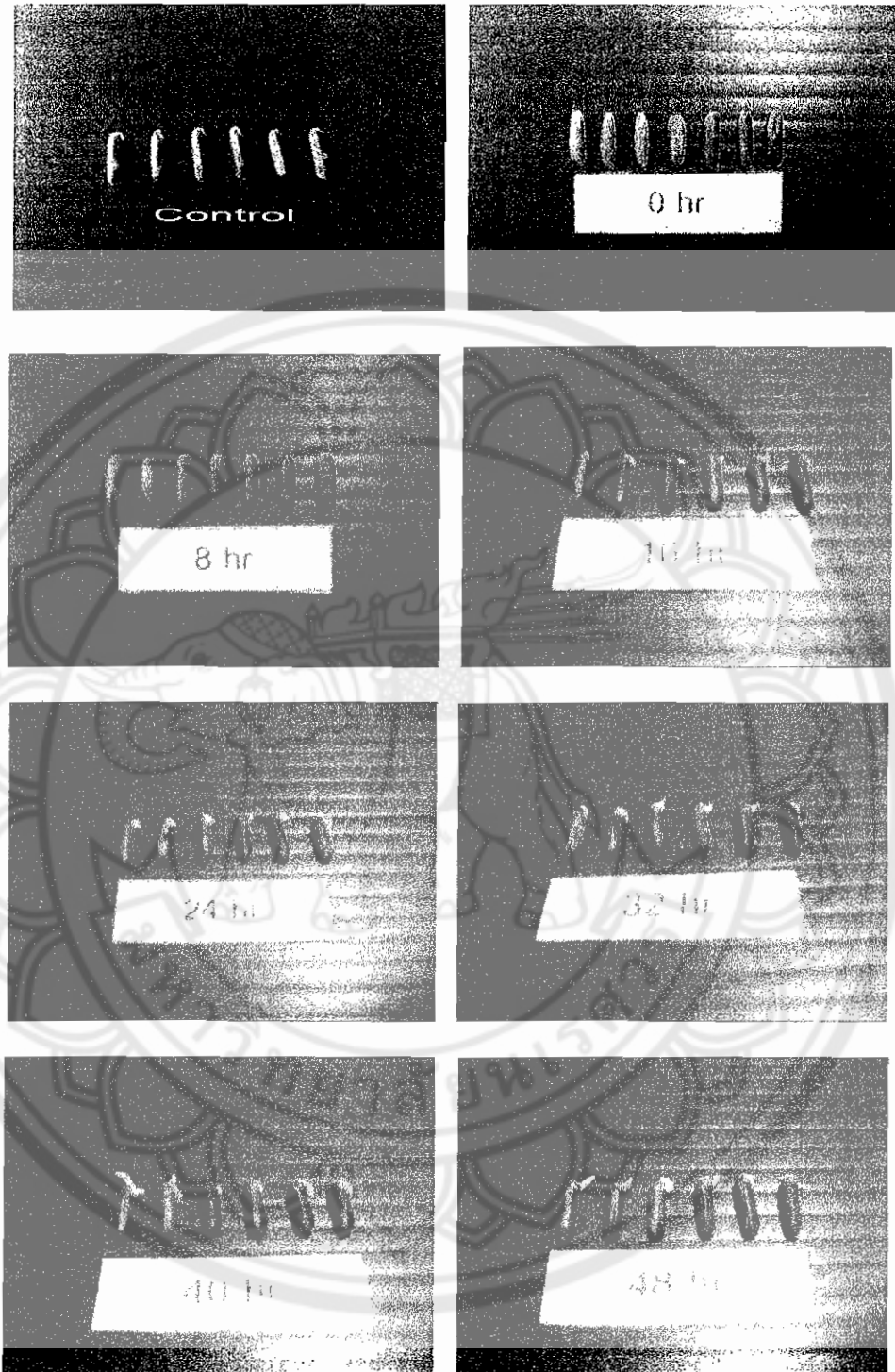
ภาพ 9 แสดงปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของสาร GABA ที่พบภายในเมล็ดข้าวเปลือกหอมมะลิแดง 105 (ข้าวเปลือกมันปู) ในระหว่างกระบวนการงอก โดยจากภาพแสดงให้เห็นว่า กระบวนการงอกมีผลทำให้ปริมาณ GABA ในเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวเปลือกในการทดลองชุดควบคุม (ไม่ผ่านการงอก) ซึ่งในการศึกษาวิจัยนี้ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ GABA ในเมล็ดข้าวเปลือกเริ่มเกิดการสะสมรวมตัวกันเพิ่มสูงขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ภายหลังจากที่เมล็ดข้าวได้รับน้ำและมีการดูดซึมน้ำเข้าสู่ภายใน ซึ่งน้ำถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อกระบวนการงอกของเมล็ดข้าวเป็นอย่างมาก โดย Saikusa, Horino and Mori (1994) ได้รายงานไว้ว่า การแช่เมล็ดข้าวที่ยังคงมีคัพภะหรือจุมูกข้าวติดอยู่ ส่งผลให้เกิดการสังเคราะห์ปริมาณ GABA เพิ่มมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากความเข้มข้นของ GABA ที่เพิ่มสูงขึ้นจากปริมาณที่พบเริ่มต้น 0.86 mg/100g DW เป็น 1.53 mg/100 g DW และจะสะสมรวมตัวกันเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง

เมื่อนำเมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำไปเพาะต่อในที่มีด ซึ่งผลจากการสุ่มเก็บตัวอย่าง เมล็ดข้าวเปลือกที่ระยะเวลา 8, 16, 24, 32, 40 และ 48 ชั่วโมงของการเพาะ พบว่า มีปริมาณ GABA เท่ากับ 1.50, 2.40, 3.72, 4.97, 13.09 และ 5.09 mg/100 g DW ตามลำดับ โดยผลของ กระบวนการงอกมีผลทำให้ปริมาณ GABA ภายในเมล็ดข้าวเปลือกสะสมเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 1.7 – 15.2 เท่า

อย่างไรก็ตาม ในช่วงสุดท้ายของกระบวนการงอกของข้าวเปลือกที่ระยะเวลา การเพาะ 48 ชั่วโมงพบว่า ความเข้มข้นของ GABA ลดต่ำลง (5.09 mg/100 g DW) แต่ยังคงมี ความเข้มข้นสูงกว่าระดับหรือปริมาณ GABA เริ่มต้นที่พบในเมล็ดข้าวเปลือกชุดควบคุมซึ่งไม่ผ่าน การงอก (0.86 mg/100 g DW) โดยผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องและเป็นไปในทิศทาง เดียวกับรายงานการวิจัยของ Kihara, et al. (2007) ซึ่งได้ทำการศึกษาถึงการสะสมและการ สลายตัวของ GABA ในข้าวบาร์เลย์ที่นำไปผ่านกระบวนการงอก โดยนักวิจัยกลุ่มนี้ได้รายงานไว้ ว่า ปริมาณ GABA ในข้าวบาร์เลย์เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาแรกของการงอก หรือที่เรียกว่า Imbibition Process ซึ่งเป็นช่วงที่เมล็ดข้าวบาร์เลย์มีการดูดซึมน้ำเข้าสู่ภายใน เมล็ด และจากนั้นในระหว่างกระบวนการงอกปริมาณ GABA จะเริ่มลดต่ำลง

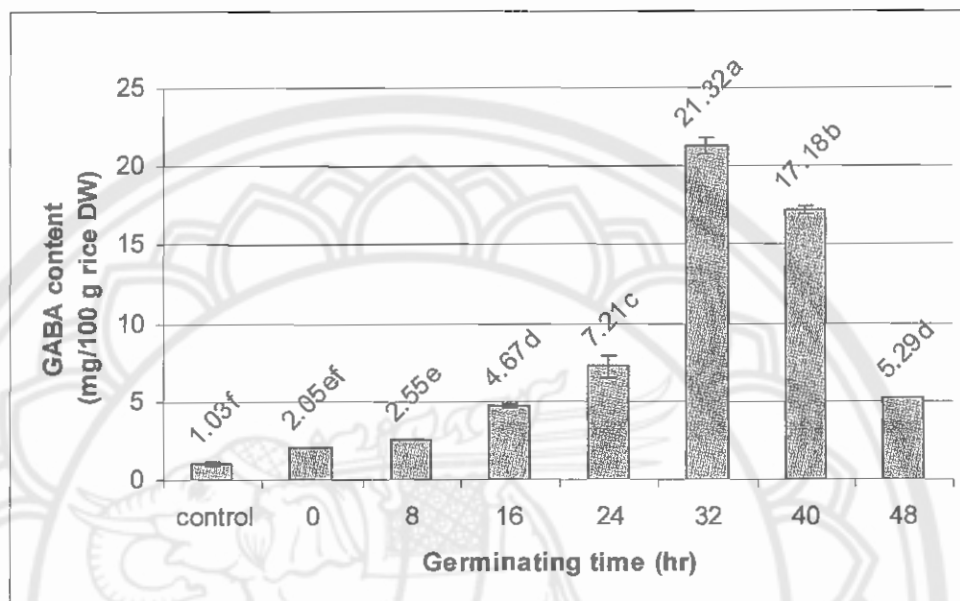
1.1.2 ผลของการงอกต่อปริมาณ GABA ในข้าวกล้องมันปูงอก

ข้าวกล้องมันปูหลังจากการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำเมล็ดข้าว กล้องไปเพาะต่อที่ระยะเวลาต่าง ๆ แสดงดังภาพ 10 ซึ่งจากภาพ พบว่า ที่ระยะเวลา 0 ชั่วโมง หรือหลังการแช่น้ำนั้น เมล็ดข้าวกล้องจะมีการพองตัว เนื่องจากการดูดซึมน้ำเข้าไปภายในเมล็ด ทำให้เห็นได้ว่าเมล็ดมีความใสมากขึ้น ลักษณะภายนอกของเมล็ดข้าวกล้องยังคงมีลักษณะ เช่นเดิมในช่วง 8 ชั่วโมงแรกของการเพาะ และจากการสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดข้าวหลังจากการเพาะ ในที่มีดเป็นเวลา 16 ชั่วโมง พบว่า ลักษณะภายนอกของเมล็ดข้าวเปลี่ยนแปลงไป โดยมีส่วนของ จมูกข้าวเริ่มเจริญและงอกออกมาเล็กน้อย และเมื่อทำการเพาะเมล็ดข้าวกล้องต่อไป ทำให้จมูก ข้าวมีการเจริญและงอกออกมาเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ในช่วงท้ายของการเพาะ คือ ที่เวลา 40 และ 48 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่า เมล็ดข้าวกล้องบางส่วนเริ่มมีการเจริญในส่วนของรากร่วมด้วย



ภาพ 10 ข้าวกล้องงอกผ่านกระบวนการงอกที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอกมันปูที่ระยะเวลาการเพาะ
ต่าง ๆ แสดงใน ภาพ 11



*อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพ 11 ผลของการงอกต่อปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอกมันปูที่สภาวะต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติถึงอิทธิพลของกระบวนการงอกต่อปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอกมันปู แสดงให้เห็นว่า กระบวนการงอกมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอกมันปูที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยจากการทดลองพบว่า ข้าวกล้องงอกมันปูในการทดลองชุดควบคุม ซึ่งไม่ผ่านการงอกมีปริมาณ GABA เริ่มต้น 1.03 mg/100 g DW และมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น หลังผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง (2.05 mg/100 g DW) นอกจากนี้ การนำเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการแช่น้ำไปเพาะต่อในที่มีดที่ระยะเวลาแตกต่างกัน (8, 16, 24, 32, 40 และ 48 ชั่วโมง) ยังส่งผลให้ปริมาณ GABA มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (2.55 – 21.32 mg/100 g DW) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้องงอกมันปูในชุดควบคุม ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวเป็นไปได้ในทิศทางเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ GABA ในเมล็ดข้าวเปลือก จึงกล่าวได้ว่า

กระบวนการงอกมีส่วนช่วยในการกระตุ้นให้เกิดการสะสมหรือการรวมตัวกันของ GABA ภายใน เมล็ดข้าว

ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Komatsuzaki, et al.(2005); Ohtsubo, et al. (2005); Varanyanond, et al. (2005) และ Zhang, et al. (2005) ที่ได้รายงานไว้ว่า GABA จะเกิดการสะสมหรือรวมตัวกันเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างกระบวนการงอก และในข้าวกล้องที่นำไปผ่านกระบวนการงอกจะมีปริมาณ GABA มากกว่าในข้าวขัดขาวและข้าวกล้องทั่ว ๆ ไป ซึ่ง Lea, Robinson and Stewart (1990) ได้อธิบายถึงผลที่เกิดขึ้นนี้ไว้ว่า เป็นผลเนื่องมาจากกรดอะมิโนในเมล็ดข้าวกล้องที่ถูกเก็บไว้ในรูปของโปรตีนสะสม ถูกย่อยสลายและเปลี่ยนให้อยู่ในรูปอย่างง่ายหรืออยู่ในรูปที่สามารถละลายได้ เพื่อลำเลียงต่อไปยังจุดเจริญ ดังนั้น ในระหว่างกระบวนการงอก เมื่อเมล็ดข้าวมีการดูดซึมน้ำจะทำให้เอนไซม์ Glutamate Decarboxylase (GAD) สามารถกลับมาทำงาน (Activate) และทำงานได้อีกครั้ง โดยจะทำหน้าที่เปลี่ยนกรดกลูตามิกไปเป็น GABA นอกจากนี้ระดับหรือปริมาณ GABA ที่พบในเนื้อเยื่อพืชสามารถเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เพื่อตอบสนองต่อการกระตุ้นในหลากหลายรูปแบบหรือเมื่อต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความเครียด เช่น สภาพที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ (Hypoxia) การสะท้อนหนาว (Cold Shock) และสภาพที่ขาดแสงสว่าง (Darkness) เป็นต้น (Servaites, Schrader and Jung, 1979; Roberts, et al., 1984) ซึ่งการนำเมล็ดข้าวไปเพาะในที่มืด เพื่อกระตุ้นให้เกิดการงอกในการศึกษาวิจัยนี้ นั่น ก็ถือว่าเป็นการจัดสภาพแวดล้อมของเมล็ดข้าวให้อยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำ และขาดแสงสว่างนั่นเอง

1.2 ผลของระยะเวลาการเพาะและรูปแบบของเมล็ดข้าวในกระบวนการงอกต่อปริมาณ GABA ในข้าวมันปุงอก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในข้าวเปลือก และข้าวกล้องหอมมะลิแดง 105 (ข้าวมันปุง) ที่นำมาผ่านการเพาะให้งอกในระยะเวลาที่แตกต่างกัน คือ 0, 8, 16, 24, 32, 40 และ 48 ชั่วโมง โดยวางแผนการทดลองแบบ 2 x 7 factorial in CRD แสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ปริมาณ GABA ในข้าวเปลือกและข้าวกล้องมันปุงในระหว่างกระบวนการงอก

รูปแบบเมล็ดข้าว	ระยะเวลาการเพาะ (hr)	ปริมาณ GABA* (mg/100 g, DW)
ข้าวเปลือก	0	1.53 ^h ± 0.07
	8	1.50 ^h ± 0.01
	16	2.4 ^f ± 0.00
	24	3.72 ^f ± 0.04
	32	4.97 ^e ± 0.02
	40	13.09 ^c ± 0.10
	48	5.09 ^e ± 0.04
ข้าวกล้อง	0	2.05 ^{gh} ± 0.04
	8	2.55 ^f ± 0.04
	16	4.67 ^e ± 0.18
	24	7.21 ^d ± 0.93
	32	21.32 ^a ± 0.77
	40	17.18 ^b ± 0.34
	48	5.29 ^e ± 0.00

* ปริมาณ GABA คิดเป็น Mean ± SD

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางข้างต้น แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติถึงผลของปัจจัยด้านระยะเวลาในการเพาะและรูปแบบของเมล็ดข้าว 2 ชนิด คือ ข้าวเปลือกและข้าวกล้องมันปูพันธุ์หอมมะลิ 105 ต่อปริมาณ GABA ซึ่งพบว่า ระยะเวลาการเพาะและรูปแบบของเมล็ดข้าวมีอิทธิพลร่วมกัน (Interaction) ต่อปริมาณ GABA ($P \leq 0.05$) โดยการเพาะเมล็ดข้าวกล้องเป็นระยะเวลา 32 ชั่วโมง มีผลให้ปริมาณ GABA มากที่สุด (21.32 mg/ 100 g DW) และรองลงมาคือ การเพาะที่ระยะเวลา 40 ชั่วโมง (17.18 mg/100 g DW) ในขณะที่การเพาะเมล็ดข้าวเปลือก มีผลให้ปริมาณ GABA สูงสุด เมื่อทำการเพาะเป็นเวลา 40 ชั่วโมง (13.09 mg/100 g DW) ในสภาวะการงอกเดียวกัน ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวที่ไม่ผ่านการนำมาเพาะให้งอก (0 ชั่วโมง) พบว่า การเพาะเมล็ดข้าวกล้องและข้าวเปลือกที่ระยะเวลาดังกล่าว (32 และ 40 ชั่วโมง ตามลำดับ) ซึ่งเป็นสภาวะที่ให้ปริมาณ GABA สูงสุด ทำให้เมล็ดข้าวทั้งสองส่วนมีการสะสมของปริมาณ GABA เพิ่มขึ้น 10.4 และ 8.6 เท่า ตามลำดับ

ในกระบวนการงอกของเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้อง จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในเมล็ดข้าวทุก ๆ 8 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า ในช่วงระยะเวลาแรกของการเพาะเมื่อระยะเวลาการเพาะเพิ่มขึ้น มีผลให้ปริมาณ GABA ในเมล็ดข้าวทั้งสองส่วนสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการเพาะต่อไปจนถึงช่วงระยะเวลาหนึ่ง ปริมาณ GABA ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวจะค่อย ๆ ลดลง ดังจะเห็นได้จากช่วงท้ายของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากกระบวนการย่อยสลายของสารอาหารที่เมล็ดข้าวเก็บสะสมไว้ โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยให้เป็นสารที่มีโครงสร้างง่าย ๆ แล้วเคลื่อนย้ายไปที่จุดเจริญส่วนต่าง ๆ ของเอมบริโอ กล่าวคือ ในระหว่างกระบวนการงอกของเมล็ดข้าว โปรตีนจะถูกย่อยเป็นสารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นหลัก (นันทิยา วรธนะภูติ, 2542, หน้า 92-95) โดยโปรตีนจะแตกออกได้เป็นกรดอะมิโน และ GABA ในเมล็ดข้าวจะถูกสังเคราะห์ขึ้นมาจากกรดกลูตามิก โดยกิจกรรมของเอนไซม์ GAD ซึ่งกิจกรรมของ GAD จะมีความสัมพันธ์อย่างมากกับอัตราการงอก (Bautista, et al., 1964) จากนั้นกรดอะมิโนจากกระบวนการงอก จะถูกนำไปใช้เพื่อกระบวนการในการสังเคราะห์โปรตีนสำหรับการเจริญเติบโตของต้นกล้าต่อไป โดย GABA จะเริ่มสลายและหายไปเมื่อเมล็ดข้าวมีการเจริญของรากงอกออกมา (Bijay, 1999, pp. 27-29) ดังจะเห็นได้จากปริมาณ GABA ในเมล็ดข้าวทั้งสองส่วน (ข้าวเปลือกและข้าวกล้อง) ที่ลดลงในช่วงท้ายของระยะเวลาการเพาะ

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาปริมาณ GABA ในระหว่างกระบวนการงอกของข้าวกล้อง พบว่า มีแนวโน้มที่สูงกว่าในข้าวเปลือก อาจเป็นผลเนื่องมาจากโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว คุณสมบัติในการซึมซับน้ำของเปลือกและเมล็ด รวมไปถึงอายุของเมล็ดข้าวทั้งสองส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่ง Bhattacharya and Subba Rao (1966) ยังได้รายงานไว้ว่า ข้าวเปลือกแต่ละสายพันธุ์มีระยะเวลาในการแช่น้ำที่เหมาะสมแตกต่างกันออกไป และเมล็ดข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวใหม่จะมีอัตราการดูดซึมน้ำที่ช้ากว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการเก็บรักษามาแล้วเป็นระยะเวลาหนึ่ง

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงสามารถสรุปได้ว่า การเพาะเมล็ดข้าวกล้องมันปู เป็นระยะเวลา 32 ชั่วโมง จะให้ปริมาณ GABA สูงที่สุด และเหมาะสมที่จะนำไปใช้พัฒนา เพื่อเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพในขั้นตอนการศึกษารายละเอียดต่อไป



ตอนที่ 2 การศึกษาการประยุกต์ใช้ข้าวกล้องมันปุงอกในผลิตภัณฑ์อาหาร

2.1 การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อสุขภาพจากข้าวกล้องมันปุงอก

2.1.1 ผลการคัดเลือกและพัฒนาสูตรพื้นฐานในการผลิตโยเกิร์ต

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale โดยประเมินจากความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภค เพื่อทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานในการผลิตโยเกิร์ต จากทั้ง 3 สูตร ซึ่งมีปริมาณสัดส่วนของส่วนผสมที่แตกต่างกัน แสดงในตาราง 8

ตาราง 8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ เพื่อคัดเลือกสูตรพื้นฐานในการผลิตโยเกิร์ต

สูตร	ลักษณะปรากฏ	คะแนนความชอบเฉลี่ย (Mean ± SD)				ความชอบโดยรวม
		สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	
1	7.50 ^{ns*} ± 1.31	6.80 ^{ab} ± 0.63	6.20 ^{ab} ± 1.55	4.80 ^b ± 1.03	5.89 ^{ns} ± 1.54	5.10 ^b ± 0.88
2	7.00 ^{ns} ± 0.94	7.25 ^a ± 1.28	7.00 ^a ± 1.41	6.13 ^a ± 0.84	5.78 ^{ns} ± 0.99	6.75 ^a ± 1.04
3	6.60 ^{ns} ± 0.97	6.20 ^b ± 1.03	5.40 ^b ± 0.84	6.10 ^a ± 1.45	4.80 ^{ns} ± 1.03	6.50 ^a ± 0.97

*อักษรที่แตกต่างในแนวตั้งเดียวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P \leq 0.05$)

จากตาราง 8 ซึ่งแสดงค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากทั้ง 3 สูตร พบว่า ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากทั้ง 3 สูตร ได้รับค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในสูตรที่ 2 ซึ่งมีปริมาณสัดส่วนของส่วนผสม ดังแสดงในตาราง 9 ได้รับค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยจากกลุ่มผู้ทดสอบสูงที่สุดที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากสูตรที่ 1 และ 3 มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสี และกลิ่นที่ใกล้เคียงกัน จากผลการทดลองดังกล่าวจึงสรุปได้ว่า การพัฒนาสูตรพื้นฐานในการ

ผลิตโยเกิร์ตจากสูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด และเหมาะสมที่จะนำมาศึกษาและพัฒนาในขั้นตอนต่อไป

ตาราง 9 องค์ประกอบและสัดส่วนของส่วนผสมในการผลิตโยเกิร์ต

องค์ประกอบ	ปริมาณ(กรัม)
นมโคสด	100
นมผง	4
น้ำตาล	5
หัวเชื้อโยเกิร์ต	17

2.1.2 ผลการศึกษาสัดส่วนและปริมาณการประยุกต์ใช้ข้าวกล้องมันปูออกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

ผลการทดลองในหัวข้อ 2.1.1 พบว่า การพัฒนาสูตรพื้นฐานในการผลิตโยเกิร์ตจากสูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยจากกลุ่มผู้ทดสอบมากที่สุด ทำการศึกษาและพัฒนาการผลิตโยเกิร์ตเพื่อสุขภาพจากสูตรดังกล่าว โดยการเสริมข้าวกล้องมันปูออก ซึ่งเป็นแหล่งของสาร GABA ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายลงไปในกระบวนการผลิต เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางสารอาหารให้แก่ผลิตภัณฑ์อีกทางหนึ่ง

ในการศึกษาผลของการเสริมข้าวกล้องมันปูออก จากการคัดเลือกสภาวะการออกที่เหมาะสม (การเพาะข้าวกล้องมันปูที่ระยะเวลา 32 ชั่วโมง) ที่ระดับ 30, 35 และ 40 % โดยน้ำหนัก โดยอาศัยการทดสอบทางประสาทสัมผัส จากการสุ่มสำรวจผู้บริโภคในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 - Point Hedonic Scales (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 5 = เฉย ๆ และ 9 = ชอบมากที่สุด) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมที่มีต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ได้ผลดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของโยเกิร์ตจากข้าวกล้อง
มันปุงอก

ปริมาณ ข้าวกล้อง มันปุงอก	ลักษณะ ปรากฏ	คะแนนความชอบเฉลี่ย (Mean \pm SD)				ความชอบ โดยรวม
		สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	
30 %	7.35 ^a \pm 1.22	6.88 ^{ns} \pm 1.36	6.82 ^a \pm 1.51	5.88 ^a \pm 1.70	5.90 ^{ns} \pm 1.60	6.29 ^a \pm 1.65
35 %	6.18 ^{ab} \pm 1.91	5.94 ^{ns} \pm 1.92	5.00 ^b \pm 1.84	4.35 ^b \pm 1.41	5.20 ^{ns} \pm 1.40	4.82 ^b \pm 1.78
40 %	5.88 ^b \pm 2.06	5.88 ^{ns} \pm 2.03	5.12 ^b \pm 2.12	4.65 ^b \pm 2.06	5.10 ^{ns} \pm 1.45	4.76 ^b \pm 1.48

*อักษรที่แตกต่างในแนวตั้งเดียวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95 % ($P \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติจากการให้คะแนนความชอบ โดยพิจารณาจาก
คุณลักษณะด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากกลุ่มผู้ทดสอบข้างต้น แสดงให้เห็นว่า
ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีการประยุกต์ใช้ข้าวกล้องมันปุงอกเป็นวัตถุดิบ โดยการเสริมลงไป
ในผลิตภัณฑ์ทั้งสามระดับที่ทำการศึกษาวินิจฉัยนั้น ได้รับคะแนนความชอบโดยเฉลี่ยทางด้านสี และ
เนื้อสัมผัสที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในขณะที่ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของ
คุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของผู้บริโภคในกลุ่ม
ตัวอย่าง ที่มีต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เสริมข้าวกล้องมันปุงอกลงไปในอัตราส่วน 35 และ 40 % มีค่า
ไม่แตกต่างกันเช่นเดียวกัน แต่มีค่าน้อยกว่าที่ระดับ 30 % ($P \leq 0.05$) ซึ่งจัดเป็นระดับที่ต่ำที่สุดใน
การทดลอง และยังคงเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่กลุ่มผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบและให้การยอมรับ
สูงสุด ทั้งนี้จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถบ่งชี้ได้ว่า การทดแทนหรือการเสริมข้าวกล้องมันปุง
อกลงไปในการผลิตโยเกิร์ต ส่งผลต่อการยอมรับของกลุ่มผู้ทดสอบ ดังจะเห็นได้จากค่าคะแนน
ความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่ลดน้อยลง ได้แก่ คุณลักษณะ
ทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ทั้งนี้จึงกล่าวได้ว่า การเพิ่ม
ปริมาณข้าวกล้องมันปุงอกในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตเป็นไปได้อย่างจำกัด เนื่องด้วยจะส่งผล
กระทบต่อคุณลักษณะโดยรวมของผลิตภัณฑ์

เหตุผลหรือปัจจัยหลักที่สำคัญประการหนึ่ง ซึ่งส่งผลต่อการให้คะแนน
ความชอบและการยอมรับของกลุ่มผู้ทดสอบในการศึกษาทดลองครั้งนี้ คือ กลิ่นและรสชาติของ

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต นอกจากนี้ยังอาจเป็นสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่ง ที่ส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ ซึ่งทั้งหมดนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากกระบวนการป่มเชื้อของโยเกิร์ต ทำให้เกิดกลิ่นและรสเปรี้ยวที่เกิดจากกระบวนการหมักตัวของโยเกิร์ตและข้าว ดังนั้นการทดแทนหรือการเสริมข้าวกล้องมันปุงออกลงไป จึงส่งผลให้โยเกิร์ตที่ได้มีกลิ่นรสเปลี่ยนแปลงและแตกต่างไปจากเดิม โดยมีกลิ่นการหมักของข้าวกล้องร่วมด้วย ซึ่งถือเป็นคุณลักษณะหนึ่งที่กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่ไม่พึงประสงค์ อีกทั้งในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตยังคงมีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของเม็ดแป้งที่องค์ประกอบหลักของข้าวกล้อง โดยอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบสามารถรับรู้ได้ แม้กระทั่งหลังกลืน (Mouthfeel)

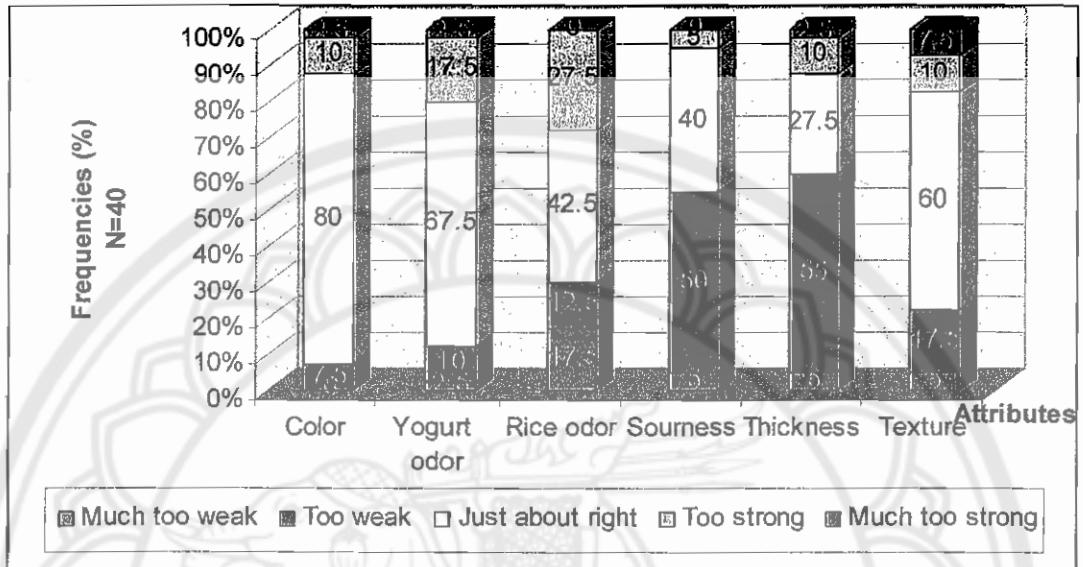
อย่างไรก็ตาม การเสริมข้าวกล้องมันปุงออกลงไปในผลิตภัณฑ์ จะช่วยเพิ่มประโยชน์ให้แก่โยเกิร์ตได้อีกทางหนึ่ง เนื่องจากจากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา ประกอบกับผลการศึกษาทดลองในตอนต้น พบว่า ในข้าวกล้องมันปุงออกจะมีสาร GABA ที่ให้คุณประโยชน์แก่ร่างกายหลายประการ ดังนั้นจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสข้างต้น จึงกล่าวได้ว่า ในการศึกษาทดลองครั้งนี้ การทดแทนหรือการเสริมข้าวกล้องมันปุงออกลงไปในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในอัตราส่วน 30 % โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมมากที่สุด ที่จะคัดเลือกเพื่อนำไปศึกษาและพัฒนาต่อไป เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีประโยชน์สูงสุด และสอดคล้องต่อความต้องการของผู้บริโภค

2.1.3 ผลการศึกษาและพัฒนาคุณลักษณะทางด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อสุขภาพจากข้าวมันปุงออก

ผลการทดลองในตาราง 10 พบว่า ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของกลุ่มผู้ทดสอบที่มีต่อคุณลักษณะทางด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีการเสริมข้าวมันปุงออก (30 %) อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูงนัก โดยมีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.88 – 7.35 หรืออยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบไม่สามารถบอกได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ (เฉย ๆ) จนถึงระดับชอบปานกลาง ขณะที่คุณลักษณะทางด้านรสชาติได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยต่ำที่สุด

อย่างไรก็ตาม เพื่อเป็นการปรับปรุงและพัฒนาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น จึงมีการปรับปรุงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีการเสริมข้าวกล้องมันปุงออกลงไปในอัตราส่วน 30 % (w/w) โดยการประยุกต์ใช้นมสดที่มีการแต่งกลิ่นรสเลียนแบบธรรมชาติ และเมื่อนำตัวอย่างโยเกิร์ตจากข้าวกล้องมันปุงออกมาทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสอีกครั้ง ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Just - About - Right หรือ JAR ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง โดยใช้การนับค่าความถี่ (Frequency) จากการตอบแบบสอบถามของกลุ่มผู้ทดสอบจำนวนทั้งสิ้น 40 คน เพื่อทดสอบความเข้มของคุณลักษณะทางด้านต่าง ๆ ของ

ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สี กลิ่นของโยเกิร์ต กลิ่นของข้าว รสชาติ ความข้นหนืด และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ได้ผลดังภาพ 12

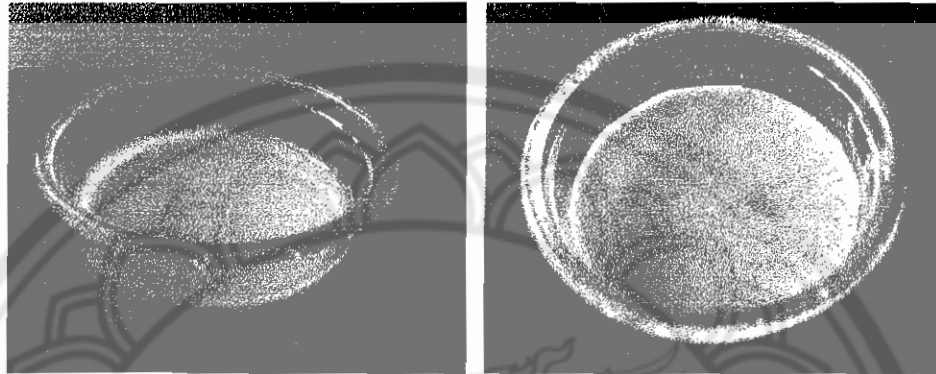


ภาพ 12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโยเกิร์ตจากข้าวกล้องมันงอก (30%) โดยวิธี JAR ครั้งที่ 1

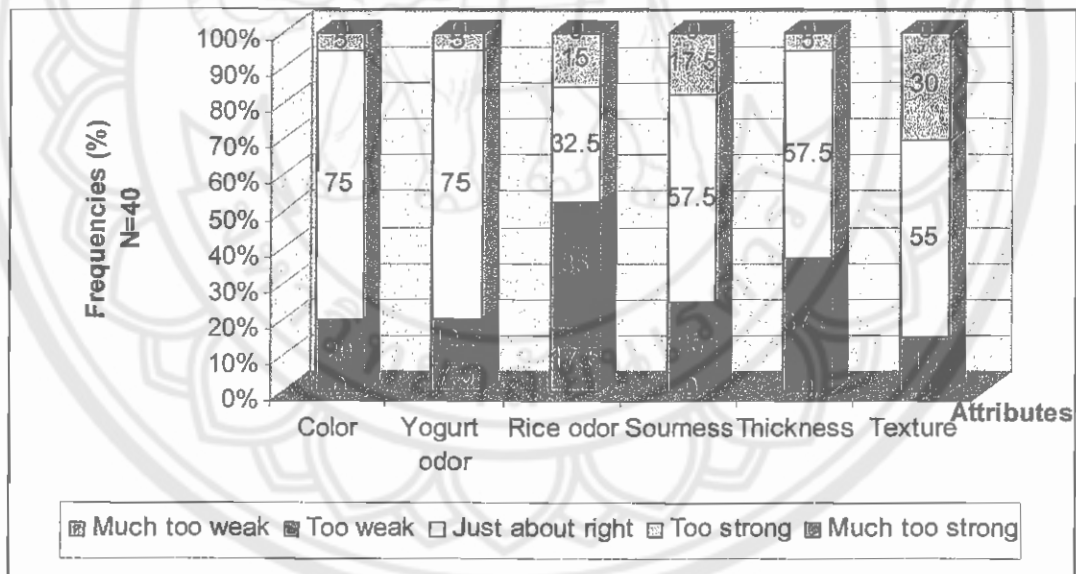
จากผลการแสดงค่าความถี่ในภาพ 12 แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่นของโยเกิร์ต กลิ่นของข้าว และเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตอยู่ในระดับพอดี (Just About Right) คือ ไม่อ่อนและไม่เข้มจนเกินไป โดยมีค่าคะแนนความถี่คิดเป็น 80.0, 67.5, 42.5 และ 60.0 % ของผู้ทดสอบทั้งหมด หรือเท่ากับ 32, 27, 17 และ 24 คน ตามลำดับ

ในขณะที่เดียวกันกลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ยังคงมีรสเปรี้ยวอ่อนเกินไป และมีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างเหลว (Too Weak) ซึ่งมีค่าคะแนนความถี่คิดเป็น 50 และ 55 % ของผู้ทดสอบทั้งหมด หรือจากผู้ทดสอบจำนวน 20 และ 22 คน ตามลำดับ จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า ควรเพิ่มความเปรี้ยวและความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์ให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งภายหลังจากการปรับปริมาณสัดส่วนของส่วนผสมที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยการลดปริมาณน้ำตาลในกระบวนการผลิตจากเดิม 5 % เหลือเพียง 2 % และเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยอาศัยกระบวนการหมักตัวของเชื้อจุลินทรีย์ (ค่าความเป็นกรดอยู่ในช่วงระหว่าง 4.1 – 4.4) รวมทั้งเพิ่มปริมาณนมผงลงไปในการบวนการผลิต เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณของของแข็งให้

ผลิตภัณฑ์อีกทางหนึ่ง ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีความข้นหนืดมากยิ่งขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะดังแสดงในภาพ 13 และจากการทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ JAR ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง พบว่า ได้ผลดังภาพ 14



ภาพ 13 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้องงอก (30%) (Finished Product)



ภาพ 14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโยเกิร์ตจากข้าวกล้องงอก (30%) โดยวิธี JAR ครั้งที่ 2

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในภาพ 14 พบว่า ระดับความเข้มของคุณลักษณะทางด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้แก่ สี กลิ่นของโยเกิร์ต รสเปรี้ยว ความข้นหนืด และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตอยู่ในระดับพอดี ไม่น้อยหรือมากเกินไป โดยมีค่าความถี่ที่

ระดับ Just About Right เท่ากับ 75.0, 75.0, 57.5, 57.5 และ 55.0 % ของกลุ่มผู้ทดสอบทั้งหมด หรือจากผู้ทดสอบจำนวนทั้งสิ้น 30, 30, 23, 23 และ 22 คน ตามลำดับ ซึ่งผู้ทดสอบส่วนใหญ่ ยังคงเป็นผู้ทดสอบชุดเดียวกันกับการทดสอบในครั้งแรก และมีเพียงคุณลักษณะทางด้านกลิ่นของ ข้าวในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเท่านั้นที่กลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่ หรือคิดเป็น 35 % ของกลุ่มผู้ทดสอบ ทั้งหมดเห็นว่า มีกลิ่นอ่อนเกินไป (Too Weak) แต่มีค่าใกล้เคียงกับจำนวนกลุ่มผู้ทดสอบที่เห็นว่า มีกลิ่นของข้าวอยู่ในระดับที่พอเหมาะ คือ 32.5 %

ดังนั้นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัสในครั้งนี้ จึง ถือเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อสุขภาพจากข้าวกล้อง มั่นปุงอก ที่จะนำไปศึกษาและวิเคราะห์หาปริมาณ GABA รวมทั้งสารอาหารต่าง ๆ ในลำดับต่อไป

2.2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบในผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตจากข้าวกล้องมั่นปุงอก

การศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ด้วย วิธีการให้คะแนนแบบ 7 – Point Hedonic Scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 4 = เฉย ๆ ไม่สามารถ บอกได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ และ 7 = ชอบมากที่สุด) โดยอาศัยการสำรวจความคิดเห็นของกลุ่ม ตัวอย่างผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 150 คน ผลการศึกษาข้อมูลส่วนบุคคลด้านเพศ วัย การศึกษา อาชีพ และรายได้ของผู้ทดสอบ แสดงดังตาราง 11

ตาราง 11 ผลการสำรวจข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบการจำนวน 150 คน

		จำนวน (คน)	เปอร์เซ็นต์ (%)
เพศ	ชาย	71	47.3
	หญิง	79	52.7
อายุ	ต่ำกว่า 18 ปี	6	4.0
	18-25 ปี	84	56.0
	26-35 ปี	24	16.0
	36-45 ปี	18	12.0
	45 ปีขึ้นไป	18	12.0
การศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี	21	14.0
	ปริญญาตรี	85	56.7
	ปริญญาโท	37	24.7
	ปริญญาเอก	7	4.7
อาชีพ	นักเรียน/นักศึกษา	85	56.7
	รับราชการ/ครู	39	26.0
	พนักงานเอกชน/รัฐวิสาหกิจ	9	6.0
	รับจ้าง/ค้าขาย	9	6.0
	อื่นๆ	8	5.3
รายได้ (บาท)	ต่ำกว่า 3,000	41	27.3
	3,001-5,000	43	28.7
	5,001-10,000	27	18.0
	10,001-15,000	14	9.3
	มากกว่า 15,000	25	16.7

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมข้าวกล้องมันปุงอก 30 % โดยน้ำหนัก ซึ่งจัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย ได้ผลดังแสดงในตาราง 12

ตาราง 12 แสดงค่าความถี่ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ ที่มีต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อสุขภาพจากข้าวกล้องมันปุงอก

ระดับความชอบ	ค่าความถี่ (%) (N=150)				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ไม่ชอบมากที่สุด	-	-	-	-	-
ไม่ชอบปานกลาง	4.0	2.7	2.0	2.0	0.7
ไม่ชอบเล็กน้อย	8.7	3.3	5.3	8.7	5.3
เฉย ๆ	9.3	10.0	5.3	11.3	8.0
ชอบเล็กน้อย	18.0	19.3	22.7	24.0	24.0
ชอบปานกลาง	46.7	46.0	42.7	38.0	51.3
ชอบมาก	13.3	18.7	22.0	16.0	10.7

จากการวิเคราะห์ค่าคะแนนความถี่ของความชอบที่ระดับต่าง ๆ พบว่า คุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบส่วนมากอยู่ในช่วงระดับความชอบปานกลาง ซึ่งมีค่าคะแนนความถี่สูงสุด คือ 70, 69, 64, 57 และ 77 คน หรือคิดเป็น 46.7, 46, 42.7, 38 และ 51.3 % ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภค ตามลำดับ

นอกจากนี้ จากการสอบถามการตัดสินใจในการซื้อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตดังกล่าวในกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคจำนวน 150 คน กลุ่มเดียวกันนั้นพบว่า ผู้บริโภคจำนวน 100 คน หรือ 66.7% ตัดสินใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ หากมีการวางจำหน่ายในขนาดปริมาตรบรรจุและราคาที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันที่มีอยู่เดิมในท้องตลาดปัจจุบัน (น้ำหนักสุทธิ 150 กรัม ราคา 12 บาท ณ เวลาที่ทำการศึกษาวิจัย) ขณะที่ผู้บริโภคจำนวนหนึ่งยังไม่ตัดสินใจว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหรือไม่ (41 คน หรือ 27.3 %) และพบว่ามีผู้บริโภคจำนวน 9 คน (6 %) ปฏิเสธที่จะซื้อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมข้าวกล้องมันปุงอกดังกล่าว ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้นั้นยังเผยให้เห็นอีกว่า การ

ตัดสินใจของกลุ่มผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงไป ภายหลังจากที่กลุ่มผู้ทดสอบได้รับข้อมูลผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับสาร GABA ในข้าวกล้องงอกที่นำไปผ่านกระบวนการงอก โดยผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่า ข้อมูลดังกล่าวส่งผลต่อการตัดสินใจของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคเป็นอย่างมาก ดังจะเห็นได้จากปริมาณการตัดสินใจในการซื้อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีการเสริมข้าวกล้องงอกของผู้บริโภคที่เพิ่มมากขึ้น และทำให้กลุ่มผู้บริโภคเดิมที่ปฏิเสธการซื้อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในตอนต้นหมดไป รวมทั้งยังมีส่วนช่วยในการกระตุ้นการซื้อผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผู้บริโภคที่ยังไม่ตัดสินใจหรือไม่แน่ใจอย่างเห็นได้ชัด (ตาราง 13)

ตาราง 13 ผลการสอบถามการตัดสินใจในการซื้อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้องงอก ก่อนและหลังการให้ข้อมูล GABA

การตัดสินใจ	ค่าความถี่ (N=150)	
	ก่อนให้ข้อมูล	หลังให้ข้อมูล
ซื้อ	100	137
ไม่แน่ใจ	41	13
ไม่ซื้อ	9	0

ขณะเดียวกันเมื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลการสำรวจข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคจำนวน 150 คน ด้านเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ (ดังแสดงในตาราง 11 ข้างต้น) และการตัดสินใจในการซื้อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้องงอกของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคด้วยวิธี Chi-Square พบว่า ก่อนการให้ข้อมูลคุณประโยชน์ของ GABA ระดับการศึกษา มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจในการซื้อของผู้ทดสอบ โดยมีค่า χ^2 และค่า P-Value ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เท่ากับ 17.278 และ 0.008 ตามลำดับ ขณะที่ปัจจัยทางด้านเพศ อายุ อาชีพ และรายได้ ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจในการซื้อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้องงอกของกลุ่มผู้ทดสอบ

อย่างไรก็ตาม ภายหลังจากมีการให้ข้อมูล GABA แก่ผู้ทดสอบหรือกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคกลุ่มเดียวกันนี้ ซึ่งทำให้จำนวนผู้ทดสอบที่ปฏิเสธการซื้อและไม่แน่ใจลดลง พบว่า ข้อมูลส่วนบุคคลดังกล่าวไม่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภค

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาสมบัติด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้องงอก

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในผลิตภัณฑ์

มีหลักฐานการศึกษาวิจัยมากมาย ที่ระบุถึงบทบาทและหน้าที่ในการทำงานของ GABA ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยนอกจาก GABA จะทำหน้าที่เป็น Inhibitory Neurotransmitter แล้วนั้น GABA ยังคงมีส่วนเกี่ยวข้องต่อการควบคุมการทำงานของหัวใจ เช่น ความดันโลหิต และการเต้นของหัวใจ รวมทั้งยังมีบทบาทที่สำคัญต่อความรู้สึกเจ็บปวด ความเศร้าใจ และความกังวลใจ (Mody, et al., 1994) ดังนั้นการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่อุดมไปด้วยสาร GABA จึงส่งผลดีต่อการทำงานของร่างกายเป็นอย่างมาก

เช่นเดียวกัน การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารโยเกิร์ตเพื่อสุขภาพ โดยผลิตจากข้าวกล้องงอกที่นำไปผ่านกระบวนการงอก เพื่อเป็นการสะสมหรือเพิ่มปริมาณ GABA ในเมล็ดข้าวให้สูงยิ่งขึ้น ซึ่งภายหลังจากการนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไปวิเคราะห์หาปริมาณ GABA พบว่า ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีการเสริมข้าวกล้องงอก (30 %) มีปริมาณ GABA ที่สูงกว่าโยเกิร์ตในชุดควบคุม (ไม่มีข้าวกล้องงอก) ดังแสดงในตาราง 14

ตาราง 14 ผลของกระบวนการผลิตต่อปริมาณ GABA

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ GABA* (Mean±SD) (mg/100 g)
ข้าวกล้องงอก	19.46 ^a ± 0.70
ข้าวกล้องงอกหลังผ่านการฆ่าเชื้อ	17.87 ^a ± 0.53
โยเกิร์ตจากข้าวกล้องงอก (30%)	4.09 ^b ± 0.22
โยเกิร์ตชุดควบคุม	nd ^c

* Not Detected

อักษรที่แตกต่างในแนวตั้งเดียวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในตาราง 14 แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีการเสริมข้าวกล้องงอกในอัตราส่วน 30 % โดยน้ำหนัก มีปริมาณ GABA ในระดับที่สูงกว่าโยเกิร์ตในการทดลองชุดควบคุม ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิตและปริมาณสัดส่วนของส่วนผสม

ต่าง ๆ เช่นเดียวกัน (ไม่มีการเสริมข้าวกล้องงอก) ทั้งนี้สามารถอธิบายได้จากองค์ประกอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้มาจากกระบวนการหมักของเชื้อจุลินทรีย์ โดยที่เชื้อจุลินทรีย์พวกแลคติก แอซิดบางสายพันธุ์มีคุณสมบัติในการผลิต GABA โดย Park and Oh (2006) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ (Viable Bacterial Count) และปริมาณ GABA ในโยเกิร์ตที่ผลิตจากถั่วเหลืองที่นำไปผ่านกระบวนการงอกได้รายงานไว้ว่า ช่วงระยะเวลาแรกของการบ่มเชื้อ ปริมาณ GABA ที่พบในโยเกิร์ตอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบ และปริมาณ GABA จะเพิ่มสูงขึ้นตามการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อใช้ระยะเวลาในการบ่มเชื้อมากขึ้น นอกจากนี้สภาพความกรดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ยังอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับค่า pH ที่เหมาะสมต่อกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ GAD ในกระบวนการสังเคราะห์ GABA อีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ GABA ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ เช่นเดียวกับในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากการทดลองชุดควบคุมในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ซึ่งมีปริมาณ GABA อยู่ในระดับที่น้อยมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ Park and Oh (2006) ที่ได้รายงานไว้ว่า ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผลิตจากกระบวนการหมักนํ้านมด้วยกรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมมีปริมาณ GABA อยู่ในปริมาณที่น้อยมาก โดยมีค่าน้อยกว่า 1.5 µg/g DW ทั้งนี้จึงอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า ข้าวกล้องงอกที่เสริมลงไปในการผลิตโยเกิร์ตเป็นแหล่งหลักของสาร GABA เนื่องมาจากผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในน้ำข้าวกล้องงอกเข้มข้น ภายหลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำเป็นระยะเวลา 20 นาที ก่อนนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตโยเกิร์ตแสดงให้เห็นว่า ความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ระดับดังกล่าวไม่มีผลต่อการสลายตัวของ GABA โดยมีปริมาณเท่ากับ 17.87 mg/100g (ตาราง 14) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ Komatsuzaki, et al. (2005) ที่ได้รายงานไว้ว่า การฆ่าเชื้อข้าวกล้องงอกด้วยการใช้ไอน้ำร้อนที่ระยะเวลา 10, 20 และ 30 นาที ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ GABA อย่างไรก็ตาม จากรายงานการศึกษาวิจัยของ Watanabe, et al. (2004) พบว่า ปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอกสลายไปจนเกือบหมดในขั้นตอนการผลิตขนมปัง

3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และจุลชีววิทยาในผลิตภัณฑ์

การรับประทานโยเกิร์ตมีประโยชน์ต่อร่างกายเป็นอย่างมาก เนื่องจากอุดมไปด้วยคุณค่าของสารอาหารชนิดต่าง ๆ อยู่มากมายหลายชนิด (Park, Kim and Shin, 2003) ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้องงอกก็เช่นเดียวกัน โดยจากการศึกษาคุณค่าทางสารอาหารของผลิตภัณฑ์ ด้วยการวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อสุขภาพจากข้าวกล้องงอก (30 %) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายพบว่า ได้ผลดังแสดงในตาราง 15

ตาราง 15 องค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อสุขภาพจากข้าวกล้องงอก

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ	
	โยเกิร์ตชุดควบคุม	โยเกิร์ตจากข้าวกล้องงอก
ความชื้น	75.56 ^a ± 0.03	72.04 ^b ± 0.00
โปรตีน	2.12 ^a ± 0.13	1.01 ^b ± 0.00
ไขมัน	0.23 ^{ns} ± 0.02	0.28 ^{ns} ± 0.02
เยื่อใย	0.32 ^b ± 0.03	0.95 ^a ± 0.01
เถ้า	0.73 ^b ± 0.06	0.96 ^a ± 0.01

*อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติเผยให้เห็นว่า โยเกิร์ตจากข้าวกล้องงอก (30 %) มีร้อยละของความชื้นและโปรตีนที่น้อยกว่าโยเกิร์ตในชุดควบคุม (ไม่มีข้าวกล้องงอก) หากแต่มีปริมาณเยื่อใยและเถ้าในระดับที่สูงกว่า ขณะเดียวกันพบว่า โยเกิร์ตทั้งสองกลุ่มมีปริมาณหรือร้อยละของไขมันอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้จากกล่าวได้ว่า ข้าวกล้องงอกไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารเฉพาะเป็นแหล่งของสาร GABA เท่านั้น แต่ยังคงเป็นแหล่งที่ดีของสารอาหารจำพวกเยื่อใยหรือกากใยอีกด้วย ซึ่งทั้งหมดนี้จะช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตอุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมากยิ่งขึ้น ในขณะที่การลดลงของปริมาณโปรตีนที่พบในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้องงอก

ส่วนหนึ่งสามารถอธิบายได้จากกลไกการสังเคราะห์สาร GABA ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายของโปรตีนในผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้ จากผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย พบว่า ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์จำพวกยีสต์และรา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้องงอก (30 %) มีกระบวนการผลิตที่สะอาด ได้มาตรฐาน และปลอดภัยต่อการบริโภค

