บทที่ 2
เนื้อเรื่อง

2.1 เอกสารและผลงานที่เกี่ยวข้อง

มีรายงานวิจัยจากประเทศญี่ปุ่นรายงานว่า การแช่ข้าวกล้องในน้ำที่อุณหภูมิเหมาะสมหรืออยู่ในสภาวะที่มีการเจริญเติบโต จะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเมล็ดข้าว การเปลี่ยนแปลงจะเริ่มขึ้นเมื่อน้ำได้แทรกเข้าไปในเมล็ดข้าว โดยจะกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวเกิดการทำงาน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอก (malting) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการทางชีวเคมี จนเกิดเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กลง (oligosaccharide) และน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) นอกจากนี้โปรตีนภายในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยให้เกิดเป็น กรดอะมิโน และเปปไทด์ รวมทั้งยังพบการสะสมสารเคมีสำคัญต่างๆ เช่น แกมมาออริซานอล (gamma-orazynol) โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโคไตรอีนอล (tocotrienol) และโดยเฉพาะ "สารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด" หรือที่รู้จักกันว่า "สารกาบา" (gamma-aminobutyric acid, GABA) "GABA-rice" ถือเป็นนวัตกรรมหนึ่งที่กำลังได้รับ ความสนใจจากผู้ประกอบการภาคเอกชนทั้งไทยและต่างประเทศ เป็นอย่างมาก เนื่องจาก GABA ถือเป็นกรดอะมิโนที่ผลิตจากกระบวนการ decarboxylation ของกรดกลูตามิก (glutamic acid) กรดนี้จะมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (neurotransmitter) ในระบบประสาทส่วนกลาง นอกจากนี้ GABA ยังถือเป็นสารสื่อประสาทประเภทสารยับยั้ง (inhibitor) โดยจะทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้น ซึ่งช่วยทำให้สมองเกิดการผ่อนคลายและนอนหลับสบาย อีกทั้งยังทำหน้าที่ช่วยกระตุ้น anterior pituitary ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต (HGH) ทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อ ทำให้กล้ามเนื้อเกิดความกระชับ

จากการศึกษาในหนู พบว่าการบริโภคข้าวกล้องงอกที่มีสาร GABA มากกว่าข้าวกล้องปกติ 15 เท่า จะสามารถป้องกันการทำลายสมองเนื่องจากสารเบต้าอไมลอยด์เปปไทด์ (Beta-amyloid peptide) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคสูญเสียความทรงจำ (อัลไซด์เมอร์) ดังนั้น จึงได้มีการนำสาร GABA มาใช้ในวงการแพทย์เพื่อการรักษาโรคเกี่ยวกับระบบประสาทต่างๆ หลายโรค เช่น โรควิตกกังวล โรคนอนไม่หลับ โรคลมชัก เป็นต้น

ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice) ถือเป็นการ นำข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการงอก ซึ่งผลที่ได้จากกระบวนการนี้จะช่วยในการเพิ่มปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องได้ ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวนี้ได้เริ่มมี

บทบาทมากขึ้นในประเทศไทย แต่ยังไม่แพร่หลายในระดับอุตสาหกรรม รวมถึงยังประสบกับปัญหาในเรื่องของการรักษาคุณค่าทางอาหารของข้าวกล้องงอกนั้นให้คงอยู่ไม่เสื่อมสภาพ หลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้ว ทั้งนี้มีงานวิจัยของ Siriprapa (2006) ได้รายงานผลการให้ความร้อนกับข้าวกล้องงอกที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเสื่อมสภาพลงของปริมาณ GABA ซึ่งหลังจากกระบวนการให้ความร้อนพบว่าปริมาณ GABA ลดลงน้อยกว่าปริมาณข้าวขาว แต่ทั้งนี้กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกนั้นหนีไม่พ้นการผ่านกระบวนการให้ความร้อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมข้าวกล้องงอกสำหรับรับประทานที่มีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม รับประทานง่าย โดยที่ยังคงคุณค่าทางอาหารสูงที่สุดทั้งนี้เพื่อประโยชน์อันสูงสุดต่อผู้บริโภค สามารถเก็บรักษาไว้ได้ระยะเวลานาน รวมถึงสามารถนำมาพัฒนาเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์เพื่อการผลิตเชิงการค้าได้

2.1.1 ข้าวไทยกับการส่งออก

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญทั้งเพื่อการบริโภคภายในประเทศและส่งออกไปขายยังตลาดต่างประเทศ จากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ข้าวเป็นสินค้าเกษตรส่งออกที่สำคัญของไทย โดยมีปริมาณการผลิตข้าวมากกว่าปริมาณการบริโภคในประเทศ ทำให้ประเทศไทยมีการส่งออกข้าวเป็นจำนวนมากทุกๆ ปี ในรอบ 5 ปีที่ผ่านมาในช่วง 2543-2548 ไทยมีปริมาณการส่งออกข้าวเพิ่มขึ้นจาก 6.1 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 6.5 หมื่นล้านบาท ในปี 2543 เป็น 7.5 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 9.3 หมื่นล้านบาท ในปี 2548 ดังแสดงในตารางที่ 2.1 นอกจากนี้ การส่งออกข้าวในตลาดโลก ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ที่สุด ในขณะที่การส่งออกข้าวของประเทศเวียดนาม อินเดียและปากีสถาน เป็นผู้ส่งออกข้าวเป็นอันดับรองลงมา ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ปริมาณการส่งออกข้าว

ปี	ปริมาณ (ตัน)
2543	6,141,341
2544	7,691,209
2545	7,334,448
2546	7,345,971
2547	9,989,910
2548	7,537,341

ที่มา: สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2548

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการส่งออกข้าวรายประเทศในตลาดโลก (ล้านตัน)

ประเทศ	2546	2547	2548
ไทย	7.55	10.14	7.27
เวียดนาม	3.80	4.30	5.17
อินเดีย	4.42	3.17	4.69
ปากีสถาน	1.96	1.99	3.03

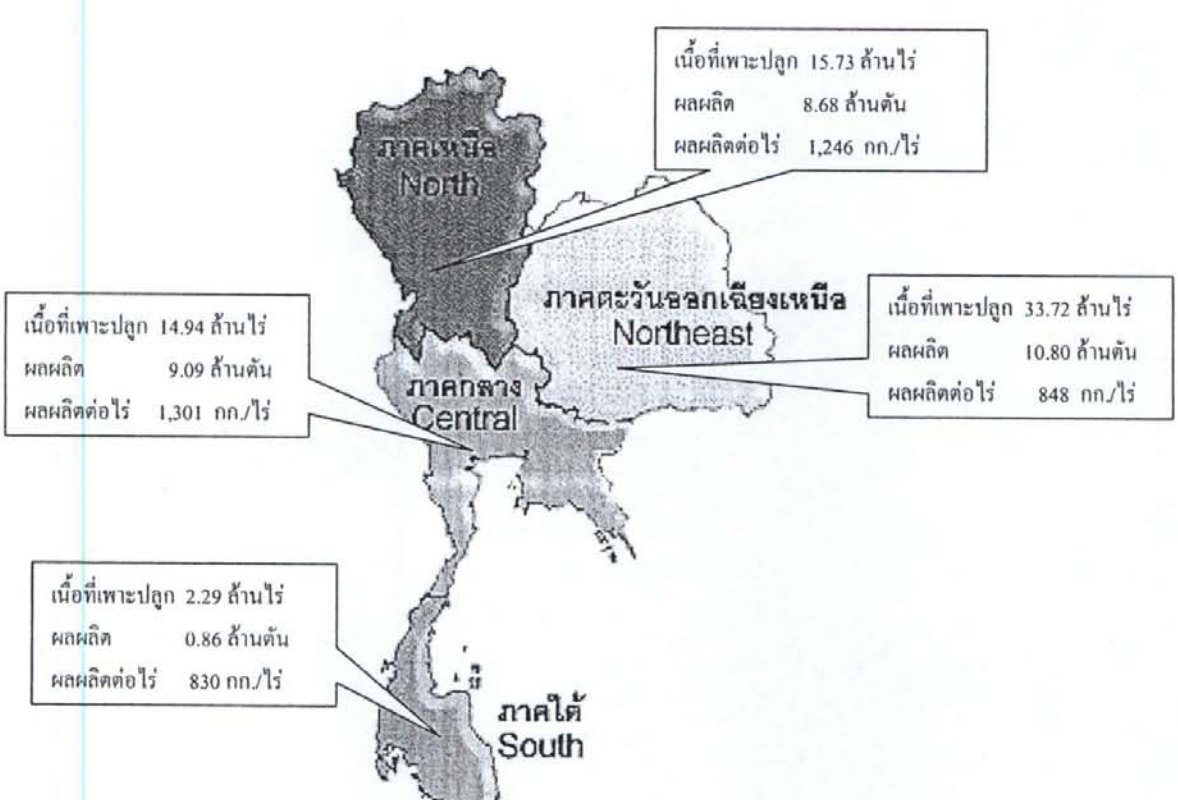
ที่มา: United State Department of Agriculture (USDA) - Foreign Agriculture Servile (FAS) www.fas.usda.gov

ประเทศไทยสามารถทำการผลิตข้าวได้ประมาณ 29.43 ล้านตัน ซึ่งผลผลิตข้าวอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณ 10.80 ล้านตัน ภาคเหนือ 8.68 ล้านตัน ภาคกลาง 9.09 ล้านตันและภาคใต้ 0.86 ล้านตัน ดังภาพแสดงผลผลิตข้าวนาปีและข้าวนาปรังตามภาพที่ 2.1 จากภาพพบว่าปริมาณการผลิตข้าวนั้นกระจายอยู่ทั่วไปทุกภาคในประเทศไทย โดยเฉพาะในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางตอนบน ที่ให้กำลังในการผลิตที่ค่อนข้างสูงกว่าในแถบอื่นๆ ของประเทศ เนื่องจากข้าวไม่ใช่สินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกเพียงอย่างเดียวแต่ปริมาณการบริโภคในประเทศก็ค่อนข้างสูงด้วยเช่นเดียวกัน ทั้งนี้การบริโภคข้าวในประเทศไม่ได้จำกัดเฉพาะในรูปแบบของข้าวสารเท่านั้น หากแต่ข้าวยังสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้มากมาย เช่น ขนมจีน ก๋วยเตี๋ยว ขนมหวาน แป้ง และอื่นๆ อีกมากมาย รวมทั้งข้าวยังเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์หลายๆ ชนิดด้วย ดังนั้นการแปรรูปข้าวจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับในเรื่องของการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเผยแพร่อยู่มากมาย แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นการพัฒนาก็ไม่มีวันสิ้นสุดเนื่องจากความต้องการในการบริโภคข้าวในรูปแบบต่างของมมนุษย์มีไม่สิ้นสุดด้วยเช่นเดียวกัน

จากข้อมูลการผลิตและการส่งออกข้าวในเบื้องต้นนั้นจะพบว่า ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาเพื่อให้เกิดมีมูลค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมรวมถึงในปัจจุบันนี้ภาครัฐได้หันกลับมาพึ่งพานโยบายพื้นฐานของเศรษฐกิจพอเพียงมากขึ้น นั้นคือได้ให้ความสำคัญกับภาคเกษตรกรรมมากขึ้น หลังที่ได้ประสพกับปัญหาที่ตามมาอย่างมหาศาลกับการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วมากเกินไปของภาคอุตสาหกรรมจนทำให้เกิดยุคที่เรียกว่าฟองสบู่แตก แต่อย่างไรก็ตามทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรมควรได้รับการส่งเสริมให้ดำเนินการไปอย่างควบคู่เพื่อเกื้อหนุนซึ่งกันและกัน รวมทั้งจะได้มาซึ่งประโยชน์สูงสุดนั้นเอง การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวนั้นได้รับการศึกษาและส่งเสริมมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนกระทั่งปัจจุบัน แต่กระนั้นก็ยังประสบกับปัญหาและข้อจำกัดต่างๆ

เช่น พันธุ์ข้าวที่แนะนำให้เกษตรกรปลูก ยังไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่การปลูกได้อย่างเหมาะสม, เทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสม (Good Agriculture Practice: GAP) ยังไม่มีรายละเอียดที่จะใช้แนะนำเฉพาะพื้นที่ หรือเฉพาะพันธุ์, การประชาสัมพันธ์และการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรมีค่อนข้างน้อย, การค้าข้าวภายใต้องค์การค้าโลก (WTO) ถูกกีดกันมากขึ้น โดยอ้างถึงการรักษาสภาพแวดล้อม สุขอนามัย และความปลอดภัยทางชีวภาพ และการวิจัยและพัฒนาด้านการแปรรูปส่วนใหญ่เป็นการแปรรูปแบบง่ายๆ มีมูลค่าเพิ่มน้อยและยังไม่สามารถนำไปสู่การเป็นผู้นำในการแปรรูปสู่อุตสาหกรรมการส่งออกได้

จากปัญหาดังกล่าวนั้นจึงทำให้นักวิจัยเกิดแนวความคิดในการที่จะพัฒนาและเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากข้าว โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกเพื่อการผลิตเชิงการค้า และส่งเสริมให้มีการจำหน่ายเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งตรงจุดนี้เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการนำไปช่วยแก้ปัญหาปริมาณข้าวที่ล้นตลาดให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น จะได้นำมาซึ่งการเพิ่มรายได้และยกระดับมาตรฐานของกระบวนการผลิตให้สามารถผลิตสินค้าที่เป็นที่ต้องการของตลาดอย่างแท้จริง ทั้งนี้การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยมีมูลฐานจากสินค้าเกษตรในท้องถิ่นแน่นอนย่อมเป็นการสร้างกลุ่มเครือค่ายผู้ผลิตในท้องถิ่น เป็นการเพิ่มรายได้และลดการโยกย้ายถิ่นฐานเพื่อหางานทำนอกพื้นที่ รวมถึงหากได้มีการพัฒนาองค์ความรู้ทางภาคเกษตรกรรมให้สามารถนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมได้ จะเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตรได้เป็นอย่างดี และเมื่อเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นหมายความว่าย่อมเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มช่องทางในการตลาดมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.1 ผลผลิตข้าวนาปีและข้าวนาปรัง ปี 2548 แบ่งตามภูมิภาค

2.1.2 องค์ประกอบข้าว

ข้าวกล้องคือ ข้าวเปลือกที่นำเปลือกออกแต่ยังคงไว้ซึ่งจมูกข้าวและไม่ผ่านการขัดสี นั้นจึงส่งผลให้ข้าวกล้องเป็นข้าวที่อุดมไปด้วยวิตามินต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นวิตามิน B1, B2, B3 และ B6 เป็นต้น หรือเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมของวิตามินดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณของวิตามินเทียบกับ 100 g ข้าวเต็มเมล็ด (mg/100g)

วิตามิน	ข้าวกล้อง	ข้าวขัดขาว
Thiamin (mg/100g)	0.34	0.07
Riboflavin (mg/100g)	0.05	0.03
Niacin (mg/100g)	4.7	1.6
Vitamin B6 (mg/100g)	0.62	0.04
Folic acid (μg/100g)	20	16
Pantothenic acid (mg/100g)	2	1
Biotin (μg/100g)	12	5
Vitamin E (IU/100g)	2	1

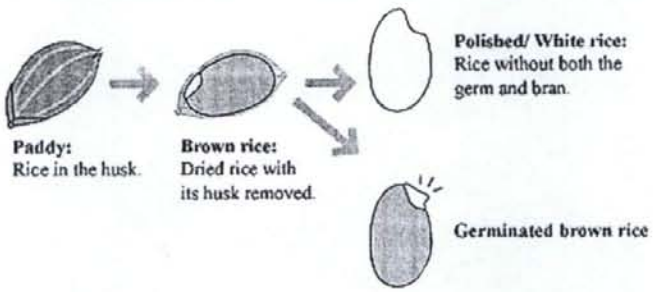
ที่มา : Lockhart and Nesheim (1978)

2.1.3 ข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องเป็นข้าวที่มีประโยชน์อย่างมาก แต่รสชาติที่เฉพาะตัวอีกทั้งอายุการเก็บรักษาสั้น จึงทำให้ข้าวกล้องไม่เป็นที่นิยมบริโภคเท่าที่ควร แต่ก็มีการแปรรูปข้าวกล้องออกมาในหลายรูปแบบรวมถึงการส่งเสริมอย่างต่อเนื่องทำให้ภายหลังมีผู้หันมาบริโภคข้าวกล้องมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะที่กำลังเป็นที่นิยมอย่างมากขณะนี้คือ "ข้าวกล้องงอก" ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในเบื้องต้นถึง การแช่ข้าวกล้องในน้ำที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมทำให้ปริมาณของ GABA เพิ่มสูงขึ้น (Saikusa และคณะ, 1994; Tsukahara, 2000; Watanabe และคณะ, 2004) ซึ่งเห็นได้ชัดถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอาหารเช่นกรดอะมิโน ดังที่ได้รายงานไว้โดย Shoichi (2004) ในตารางที่ 2.4 นอกจากนั้น Liu และคณะ (2005) ได้ศึกษาการปฏิกิริยา glutamate decarboxylase (GAD) พบว่าหลังจากการแช่ข้าวพันธุ์ Haiminori ในน้ำที่เวลา 0, 1, 2, 4, 8, 16 และ 32 ชม. แสดงให้เห็นปริมาณการสะสมของ GABA ที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง นั้นคือ ปฏิกิริยา GAD เกิดมากขึ้นเมื่อแช่ข้าวกล้องในน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณจมูกข้าว

มีรายงานผลทางการแพทย์หลายชิ้นที่รายงานถึงคุณประโยชน์ของสาร GABA คือ สาร GABA ช่วยทำให้ ระบบประสาททำงานเป็นปรกติ ช่วยผ่อนคลายความเจ็บปวด ช่วยทำให้หลับสบายขึ้น ลดความดันโลหิต และช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น และที่สำคัญลดอัตราการเสี่ยงต่อโรคมะเร็ง (Kawabata และคณะ, 1999, Komatsuzaki และคณะ, 2003) นอกจากนั้น GABA ยังช่วยควบคุมอาการโรคพิษสุราเรื้อรัง (Oh และคณะ, 2003) และบำรุงไตช่วยในการควบคุมน้ำหนัก (Zhang และคณะ, 2002)

การแช่ข้าวกล้องในน้ำนั้นมีข้อจำกัดในหลายด้าน เช่น อุณหภูมิต้องไม่สูงหรือต่ำเกินไป ถ้าอุณหภูมิต่ำจะทำให้เกิดการหมัก เกิดกลิ่นเหม็นได้ ทั้งนี้เนื่องจากระหว่างกระบวนการงอกจะเกิดการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซร์ที่เกิดจากปฏิกิริยา Glutamate + H^+ $\xrightarrow{GAD}$ GABA +CO_2 (Patterson และ Graham, 1987) ดังนั้นจึงอาจต้องมีการเติมออกซิเจนให้กับน้ำในระหว่างการแช่ข้าวกล้อง (Komatsuzaki, 2003) หรือน้ำที่ใช้ในการแช่ต้องผ่านการกรองเพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของแบคทีเรีย (Shigehiro และคณะ, 2000)



ภาพที่ 2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของกระบวนการงอกของข้าวกล้อง

ที่มา : Tsukahara (2004)

ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณของกรดอะมิโนในข้าวกล้องงอกและข้าวกล้อง

Place harvested	Vietnam				USA				Japan			
Varieties	Long-grain brown rice				Mediun-grain brown rice				Medium-grain brown rice			
	Ordinal rice		Fragrant rice		Calrose rice		M401		Koshihikari		Hitomebore	
Harvested year	2003				2002				2002			
Analyzed date	Jan-04				Jan-03				Oct-02			
Moisture (%)	14.8		13.5		12.3		12.7		14.2		14.7	
Germ. Rate (%)	10		36		90		56		93		82	
Amino acids	Not germ	Germ	Not germ	Germ	Not germ	Germ	Not germ	Germ	Not germ	Germ	Not germ	Germ
Asp	5.9	0.6	7.9	0.9	8.0	2.7	26.2	4.0	23.5	3.9	14.2	2.6
Glu	10.8	2.6	9.8	3.7	18.2	8.5	25.0	7.5	32.2	9.5	17.1	5.5
Ala	5.8	8.8	3.6	11.1	10.2	18.9	8.9	15.8	4.2	27.9	5.4	32.3
GABA	3.6	6.1	4.1	6.4	4.9	10.9	2.7	9.8	7.6	16.6	10.5	13.6
Total	57.9	34.1	46.0	46.8	68.0	78.1	103.0	77.5	93.3	79.3	71.6	76.5

ที่มา : Shoichi และคณะ (2004)

การวัดปริมาณ GABA ที่สะสมอยู่ในข้าวกล้องงอกนั้นสามารถทำได้โดยกระบวนการใช้ HPLC หรือ การทดสอบโดยเครื่อง Amino acid analyzer (Kehr, 1994; Saikusa, 1994; Shimadzu, 2002; Komatsuzaki, 2003; Watanabe, 2004)

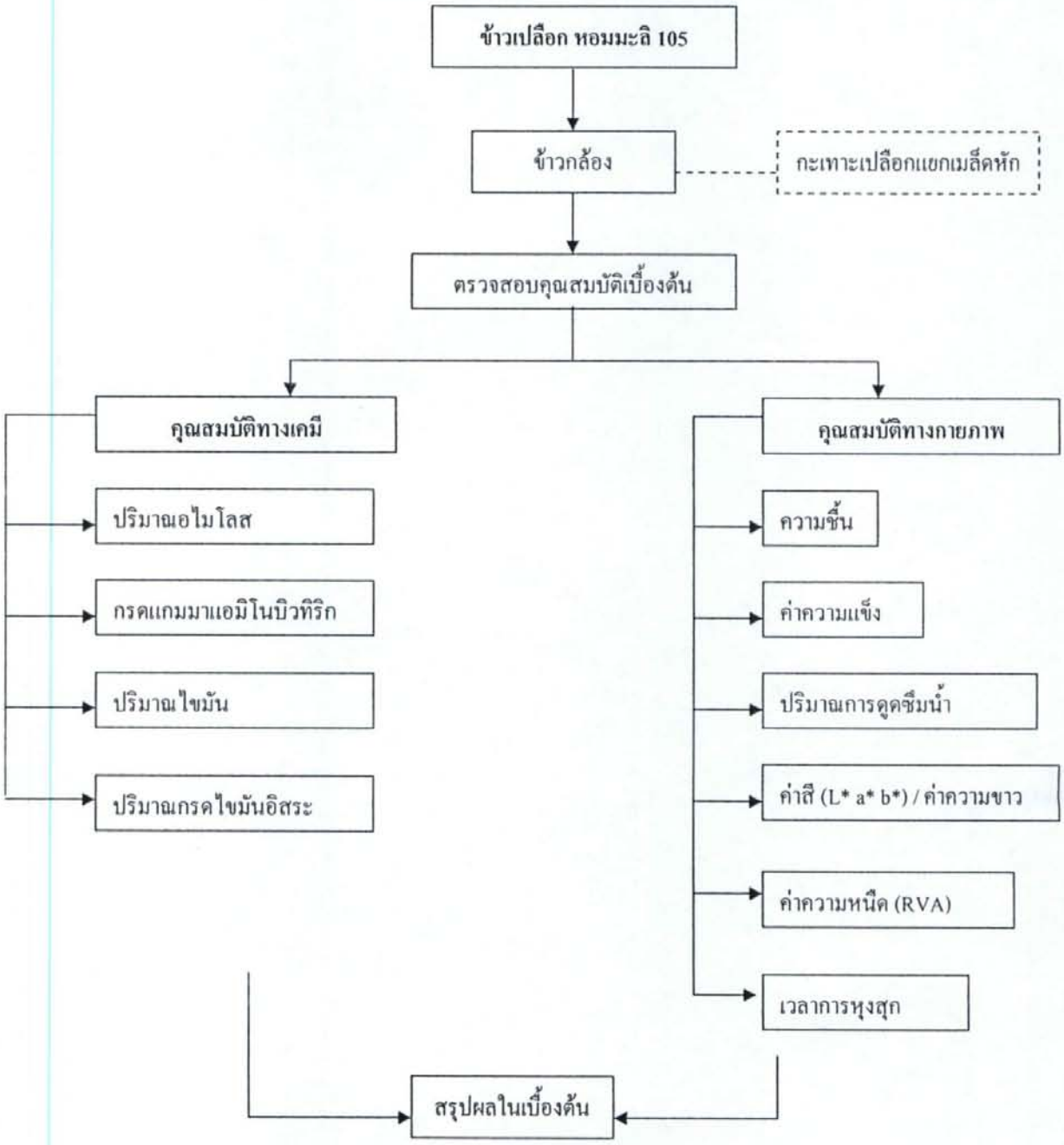
2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

กระบวนการทดลองทั้งหมด แบ่งตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทั้งหมด 3 ข้อ ซึ่งได้ออกแบบการทดลองดังที่ได้แสดงไว้ใน แผนภาพการทดลองที่ 2.3 ถึง 2.7 โดย ตัวอย่างข้าวกล้องที่ใช้ คือ พันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 การทดลองเริ่มจากการวิเคราะห์หาคุณสมบัติเบื้องต้นทั้งทางกายภาพและทางเคมีของข้าวกล้องตัวอย่าง หลังจากนั้นทำการศึกษาผลของกระบวนการแช่ข้าวกล้องในน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยที่สุ่มตัวอย่างออกมาจากกระบวนการแช่ทุก 4 ชั่วโมง เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของข้าวกล้องทั้งทางกายภาพและทางเคมี ที่สำคัญคือการสังเกตพฤติกรรมการงอกเพื่อสรุปผลในเบื้องต้น

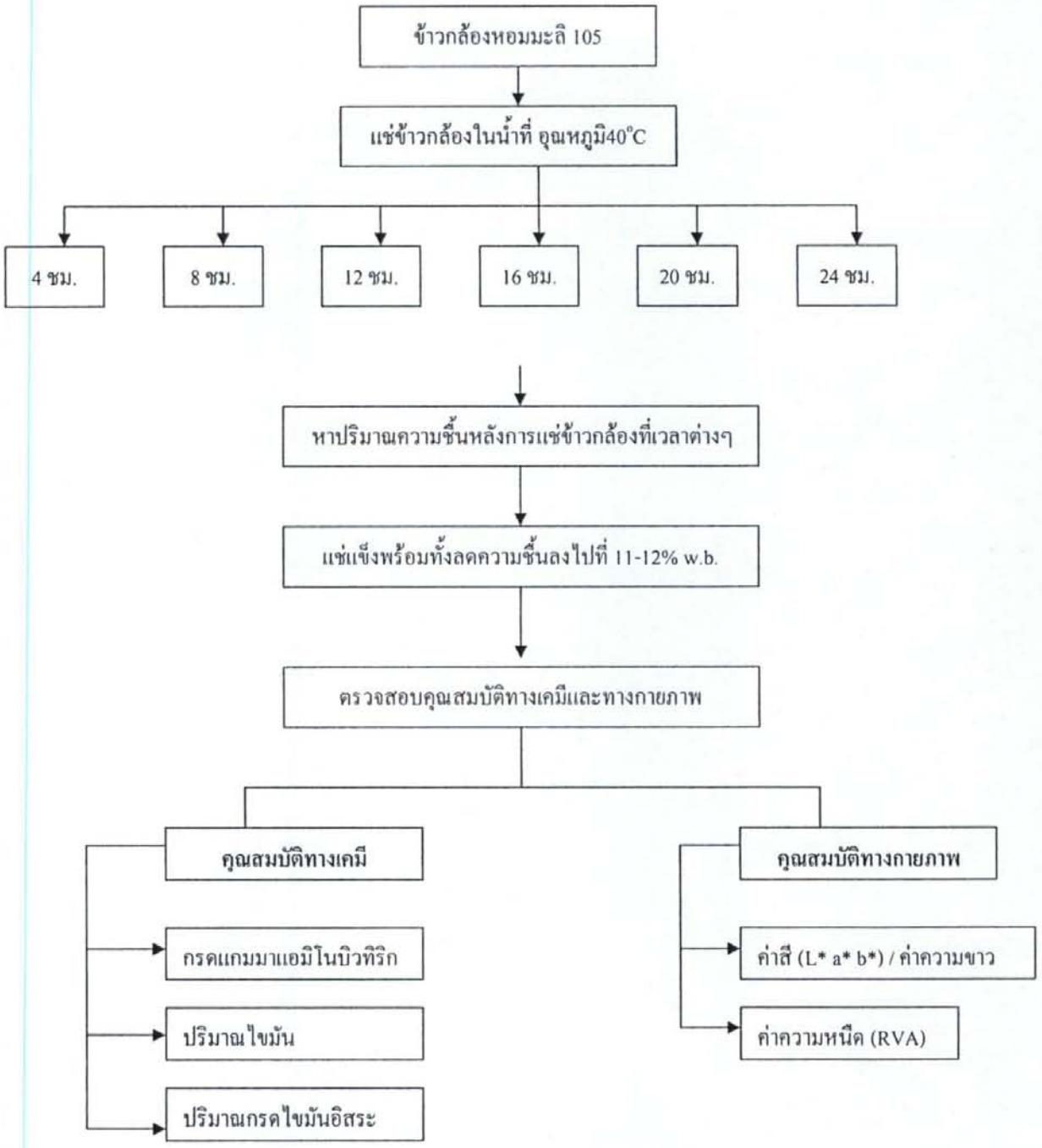
หลังจากนั้นศึกษาการแช่ข้าวกล้องในน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมงทั้งนี้พิจารณาจากการทดสอบที่ได้ในเบื้องต้น หลังจากนั้นนำตัวอย่างข้าวกล้องไปบ่มที่อุณหภูมิเดิมแต่ควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ 90% RH และสุ่มตัวอย่างข้าวกล้องทุก 4 ชั่วโมง ศึกษาผลทั้งทางกายภาพและทางเคมีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงรวมถึงพฤติกรรมการงอกของจมูกข้าว เมื่อได้กระบวนการที่เหมาะสมแล้วของการแช่ และการบ่มข้าวกล้องงอกหลังจากนั้นก็ทำการศึกษาผลของกระบวนการลดความชื้นข้าวกล้องงอกโดยการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในการลดความชื้นในช่วง 20 ถึง 160°C โดยที่ใช้ตู้อบลมร้อนและตู้ควบคุมสภาวะบรรยากาศเป็นอุปกรณ์ในการลดความชื้น ตัวแปรสำคัญที่ต้องการทดสอบหานั้นคือ ปริมาณสาร GABA ที่สะสมอยู่ในข้าวกล้องงอกมีการเสื่อมสลายไปหรือไม่อย่างไรเมื่อผ่านการลดความชื้นแบบลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ

สุดท้ายของกระบวนการทดสอบ คือ กระบวนการหุงสุกข้าวกล้องงอก เนื่องจากก่อนการบริโภคข้าวกล้องงอกนั้นต้องผ่านกระบวนการหุงสุก ทั้งนี้กระบวนการหุงสุกต้องใช้อุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นน่าสนใจเป็นอย่างยิ่งว่ากระบวนการหุงสุกข้าวกล้องงอกนั้นมีผลหรือไม่อย่างไรต่อปริมาณ GABA ที่สะสมอยู่ในเมล็ด ซึ่งต้องทำการเปรียบเทียบทั้งก่อนและหลังการหุงสุกโดยใช้วิธีการหุงข้าวแบบคำนวณปริมาณ

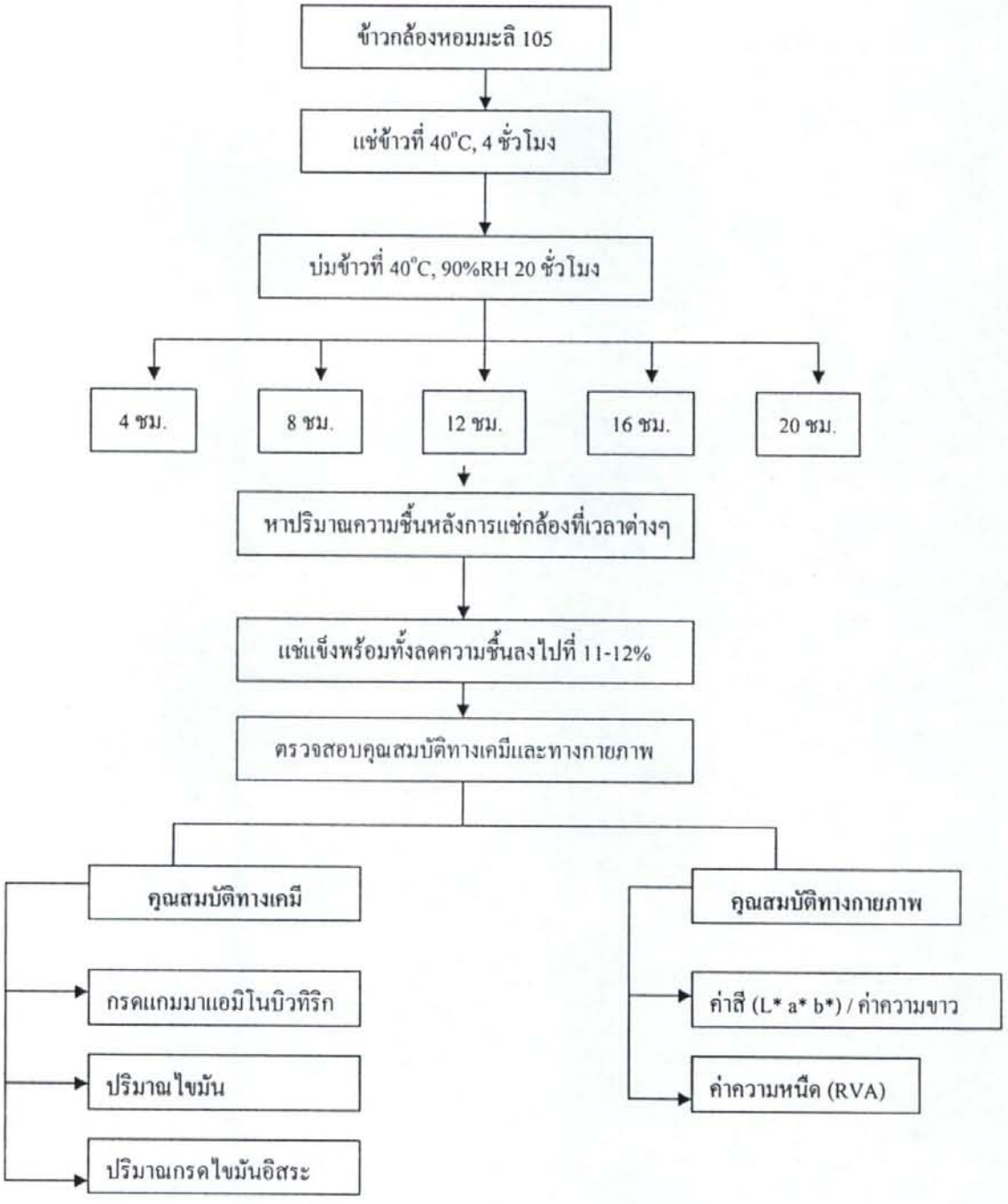
น้ำและควบคุมเวลาในการหุงให้เหมาะสม ซึ่งแผนการดำเนินงานทั้งหมดได้ถูกออกแบบและนำเสนอในภาพที่ 2.3 ถึง 2.7 ด้านล่าง



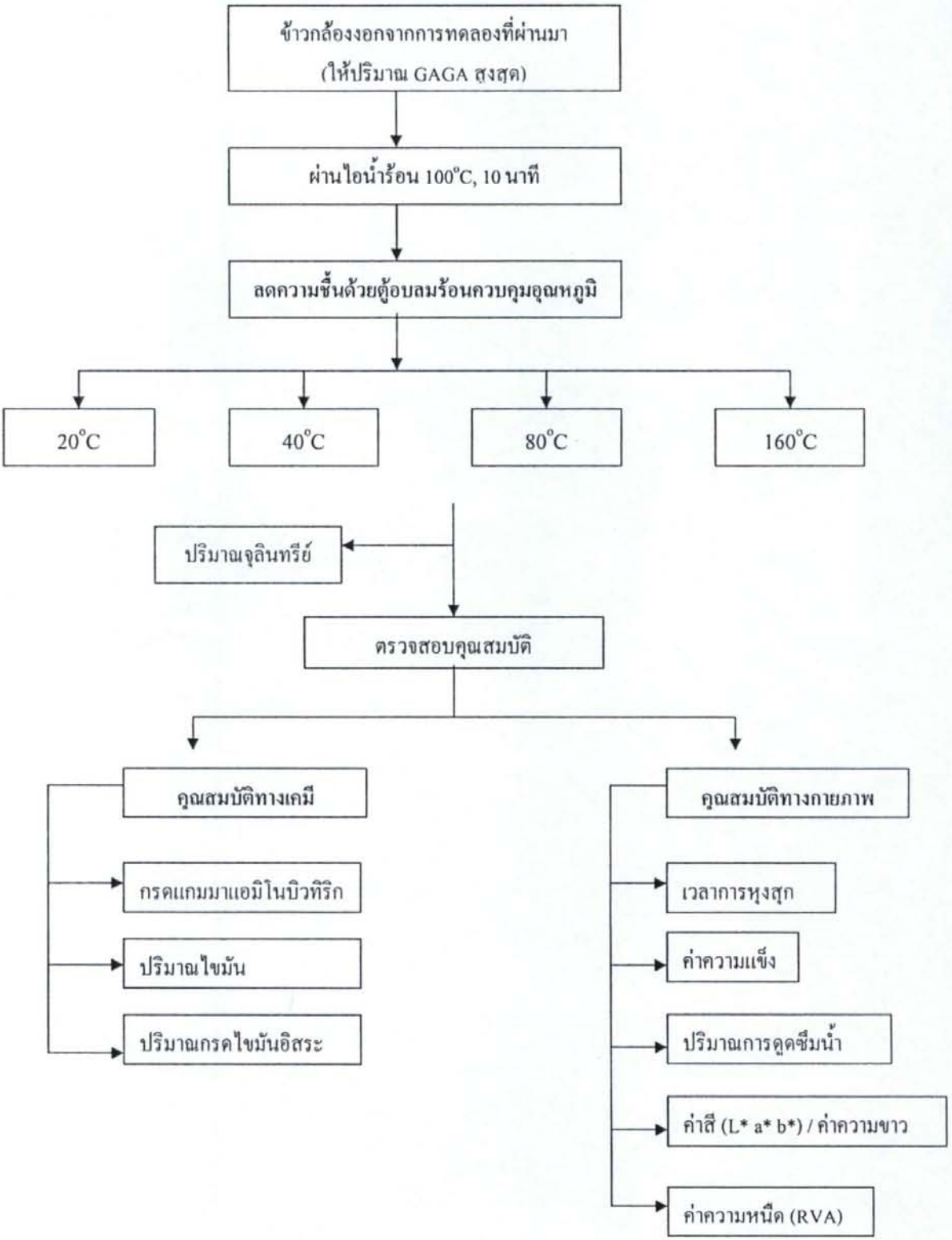
ภาพที่ 2.3 ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานทางกายภาพและทางเคมีของข้าวกล้องตัวอย่าง



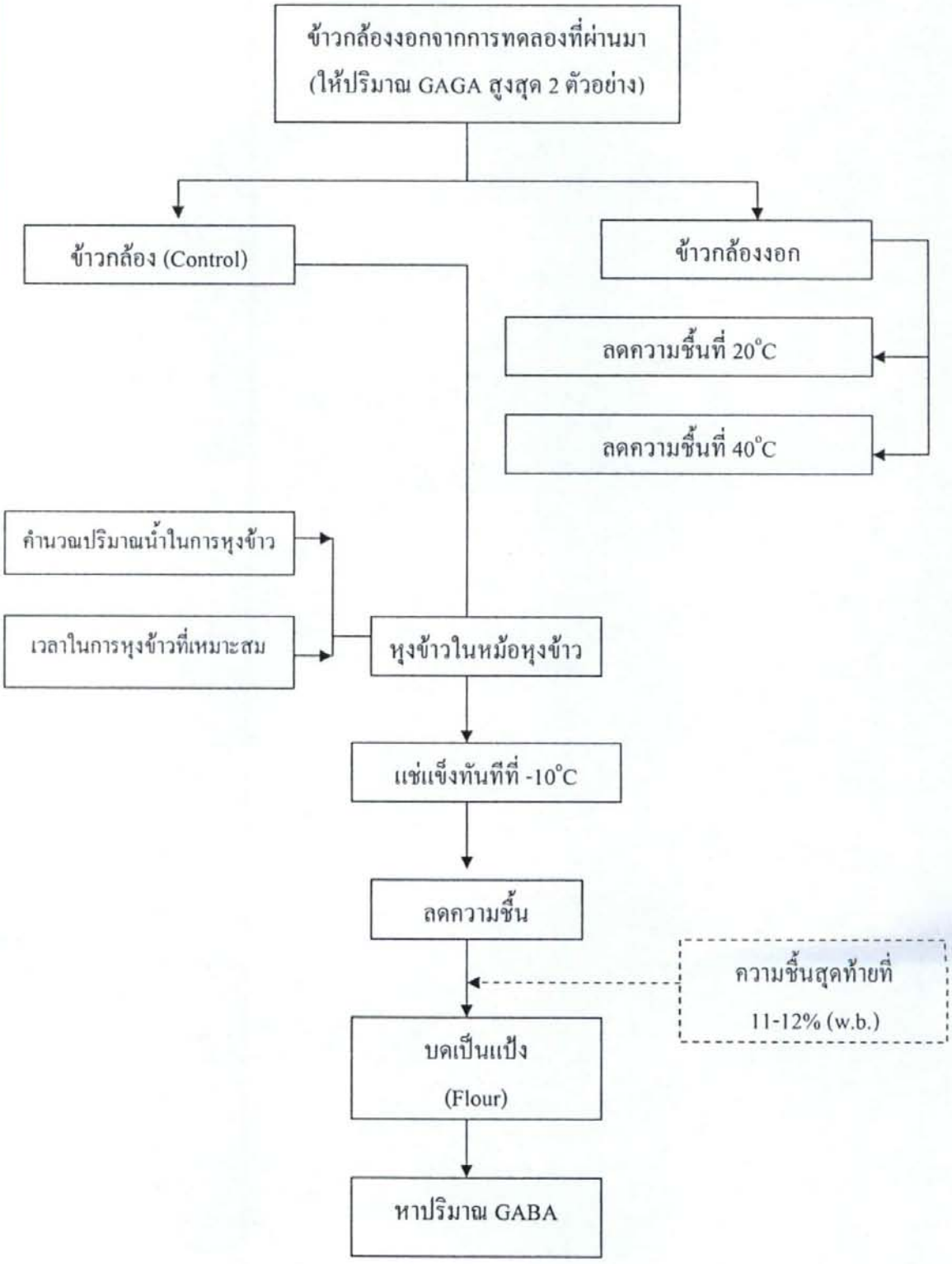
ภาพที่ 2.4 ศึกษาผลของกระบวนการแช่ข้าวกล้องในน้ำที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวกล้องงอก



ภาพที่ 2.5 ศึกษาผลของกระบวนการแช่ข้าวกล้องในน้ำที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ร่วมกับการบ่มที่อุณหภูมิ 40°C, 90%RH 20 ชั่วโมง ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวกล้องงอก



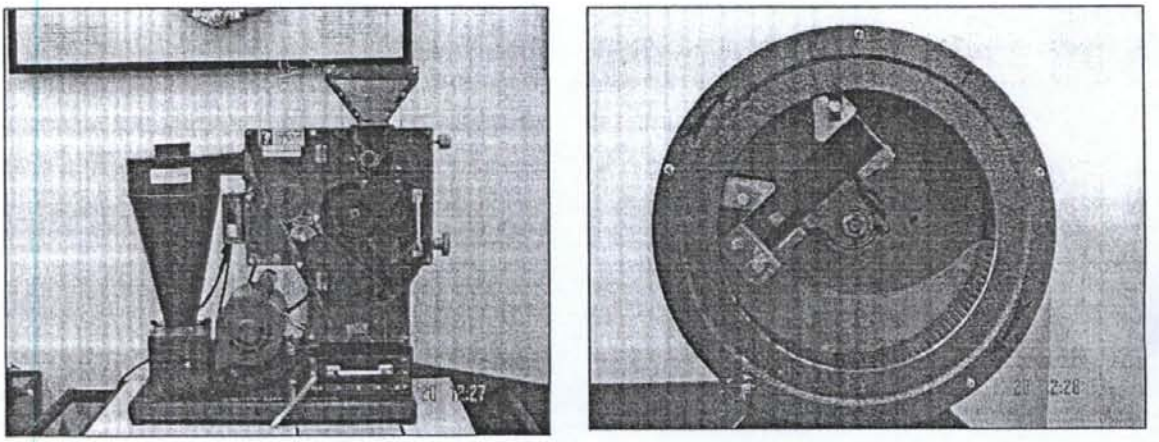
ภาพที่ 2.6 ศึกษาผลของกระบวนการลดความชื้นข้าวกล้องงอกที่อุณหภูมิต่างๆ ที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวกล้องงอก



ภาพที่ 2.7 ศึกษาผลของกระบวนการหุงสุกข้าวกล้องงอกต่อปริมาณการหลงเหลือของกรดแกมมาแอมิโนบิวทิริกหลังการหุง

2.2.1 วิธีการเตรียมตัวอย่างข้าว

นำข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิ (KDML 105) ที่ผ่านการทำความสะอาดและกำจัดพวกฟางข้าวและวัตถุแปลกปลอมแล้ว มากะเทาะเปลือกออกด้วยเครื่องกะเทาะเปลือกข้าวประมาณ 3 ครั้ง เพื่อให้เหลือปริมาณข้าวเปลือกน้อยที่สุด จากนั้นนำไปแยกขนาดข้าวด้วยเครื่องคัดแยกขนาดข้าวเพื่อนำเมล็ดข้าวที่หักออก

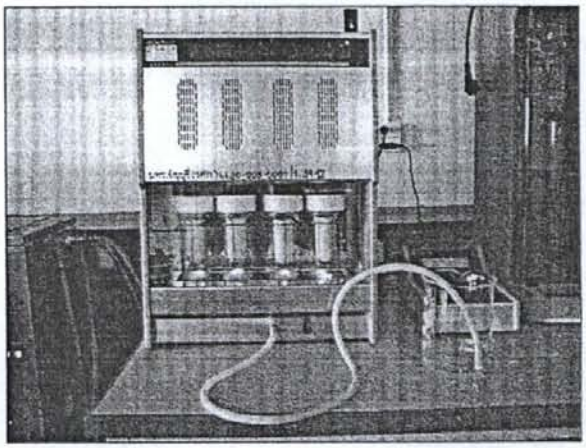


ภาพที่ 2.8 แสดงเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างข้าวเพื่อการทดสอบ (ก) เครื่องกะเทาะเปลือกข้าว (ข) เครื่องคัดขนาดเมล็ดข้าว

เตรียมข้าวกล้องเต็มเมล็ดเพื่อรอการทดสอบในขั้นตอนต่อไป โดยการบรรจุในถุงสุญญากาศ น้ำหนักประมาณ 5 kg และเก็บในตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 4°C

2.2.2 วิธีการทดสอบทางเคมี

- การทดสอบ อะไมโลส อ้างอิงวิธีการทดสอบจาก งามชื่น (2545)
- การทดสอบวิเคราะห์หาค่าปริมาณไขมัน และกรดไขมันอิสระ (Total lipid and free fatty acid) อ้างอิงวิธีการทดสอบจาก AOAC (1995)
- การทดสอบ γ-aminobutyric acid (GABA) อ้างอิงวิธีการทดสอบจาก Kitaoka and Nakano (1959)
- วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์อ้างอิงวิธีการทดสอบจาก AOAC (1995)



ภาพที่ 2.9 แสดงเครื่องสกัด soxtherm multistate (Model SX PC, Gerhardt, UK) ในการสกัดน้ำมันจากแป้งข้าว

2.2.3 วิธีการทดสอบทางกายภาพ

ก. เวลาในการหุงข้าว (Cooking time)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างข้าว 10 กรัม ใส่ในน้ำกลั่นปริมาณ 70 มิลลิลิตร หุงต้มใน Water bath ที่อุณหภูมิ 97 - 99 องศาเซลเซียส หลังจากเวลาผ่านไป 10 นาที จึงทำการสุ่มตัวอย่างข้าว จำนวน 10 เมล็ด ขึ้นมาวิเคราะห์ทุกๆ 2 นาที โดยการกดด้วยแผ่นกระจกปะกบกัน 2 แผ่น นับและจดบันทึกจำนวนเมล็ดข้าวที่โปร่งใสไม่มีไตขาวๆ กลางเมล็ด ณ เวลาที่ 90 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าว หรือ 9 ใน 10 เมล็ด มีความโปร่งใส นั้นคือเวลาในการหุงข้าวหรือเรียกว่า Minimum cooking time (Juliano, 1982) ทำเช่นเดียวกันกับการหาเวลาในการหุงในหม้อหุงข้าว

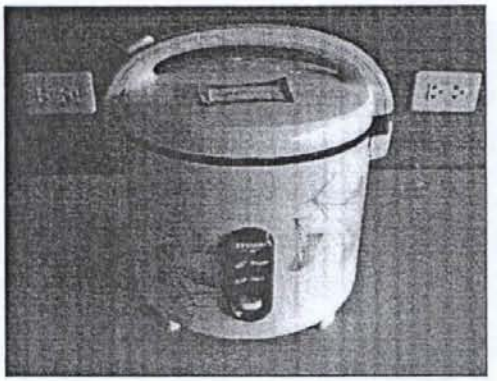
ข. ปริมาณการดูดซึมน้ำ (Water absorption)

ให้ความร้อนกับน้ำใน Water bath ที่ 97 - 99 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างข้าวกล้อง 2 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ปิดฝาด้วยสำลีวางลงในฐานใส่หลอดทดลอง แล้วต้มใน Water bath ที่มีน้ำร้อนอุณภูมิ 97 - 99 องศาเซลเซียส เป็นเวลาเท่ากับเวลาหุงต้มที่ได้ทำการทดสอบไว้แล้ว (Cooking time) หลังจากนั้นนำหลอดทดลองออกจาก Water Bath แช่หลอดทดลองในน้ำเย็น ประมาณ 20 นาที ค่อยๆ รินน้ำทิ้งอย่างระมัดระวังไม่ให้เมล็ดข้าวหลุดออกไปแม้แต่เมล็ดเดียว

หลังจากนั้นคว่ำหลอดทดลองลง ประมาณ 45 นาที ชั่งน้ำหนักข้าวที่ได้ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นกรัมของน้ำที่ดูดซึมต่อกรัมของข้าว (Banjong, 1986)

ค. การทดสอบหาค่าความแข็งของข้าวสุก

การทดสอบหาค่าความแข็งเป็นการทดสอบคุณภาพการหุงข้าวโดยอ้อม ซึ่งเนื้อสัมผัสของข้าวตัวอย่างที่ทำการหุงแล้วหาได้ในรูปของการทดสอบค่าความแข็งของเมล็ดข้าวสุก วัดได้โดยวิธีการกดเมล็ดข้าวด้วยเครื่อง Instron Universal Tester Machine เรียกวิธีนี้ว่า Back extrusion method



ภาพที่ 2.10 แสดงหม้อหุงข้าวใช้ในการหุงข้าวเพื่อการทดสอบค่าความแข็ง

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้เติมในการหุงข้าว

การทดลองเบื้องต้นของการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้เติมในการหุง โดยส่วนมาก พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวหุงสุกอยู่ที่ประมาณ 67 – 68 % wb. ดังนั้นต้องระวังไอน้ำที่ระเหยไปไม่ให้กลับมาปนได้อีก การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องเติมในการหุงต้มโดยใช้สูตร (Banjong, 1986)

$$Ww = 3.125DM - Wm + Ws$$

เมื่อ Ww = ปริมาณน้ำที่ต้องเติมต่อข้าว 25 กรัม (กรัม)

DM = Dry matter ต่อข้าว 25 กรัม (กรัม)

Wm = น้ำหนักของข้าว (กรัม)

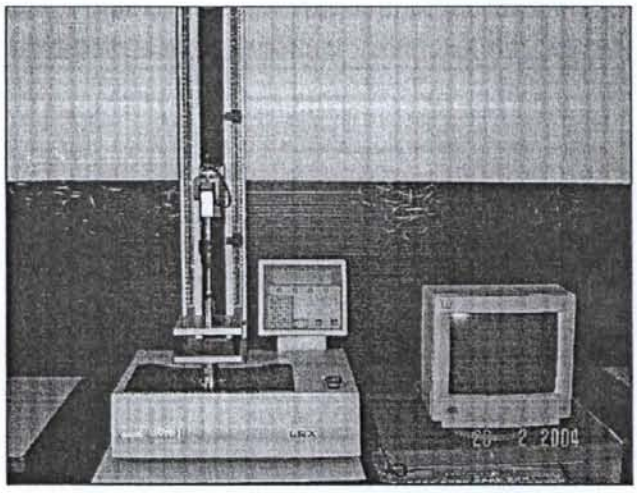
Ws = น้ำหนักของไอน้ำที่สูญเสีย (เช่น 0.7 กรัมต่อน้ำหนักข้าว 25 กรัม)

ในการทดสอบมวลแห้งของข้าวพันธุ์ต่างๆ หาได้โดยวิธีการอบ (24 ชั่วโมง 130 องศาเซลเซียส) หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ต่อข้าว 25 กรัม แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องเติมตามสูตร

การทดสอบหาค่าความแข็งของข้าวสุก (Hardness Test)และการเตรียมตัวอย่าง

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างข้าว 25 กรัม เติมน้ำกลั่นในปริมาณเท่าที่คำนวณได้แล้วใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์จะมีข้าวตัวอย่างกับน้ำ ก่อนใส่ในหม้อหุงข้าว ให้เติมน้ำประมาณ 300 - 400 มิลลิลิตร ในหม้อหุงข้าว ต้มจนเดือด เมื่อน้ำเดือดหรือหลังจากที่ไอน้ำผุดออกมา ให้นำบีกเกอร์ที่มีตัวอย่างข้าวและน้ำอยู่วางลงไป เริ่มจับเวลาให้เท่ากับเวลาการหุง (Cooking time) ปิดสวิตซ์และตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นนำบีกเกอร์ออกมาและคว่ำไว้บนตะแกรง เพื่อนำปริมาณน้ำส่วนเกินออกไปเป็นเวลา 45 นาที ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำข้าวที่ผ่านการหุงสุกแล้วเก็บในบีกเกอร์และปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยด์จนกว่าจะนำไปใช้ทดสอบค่าความแข็งต่อไป

ค่าความแข็งของข้าวหุงสุกวัดโดยการทดสอบแรงกดด้วยเครื่อง Instron Universal Tester Machine ด้วยวิธีการกดแบบ Back extrusion ชั่งน้ำหนักข้าวที่ผ่านการหุงสุกแล้ว 4 กรัม ใส่ใน Probe จัดตั้งอุปกรณ์ดังภาพที่ 2.11 ทำการเชื่อมต่อกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แล้วกดหัว Probe ลงใน Probe ค่าที่อ่านได้เป็นค่าความแข็งของข้าวจากการกดในหน่วยของนิวตัน (N)

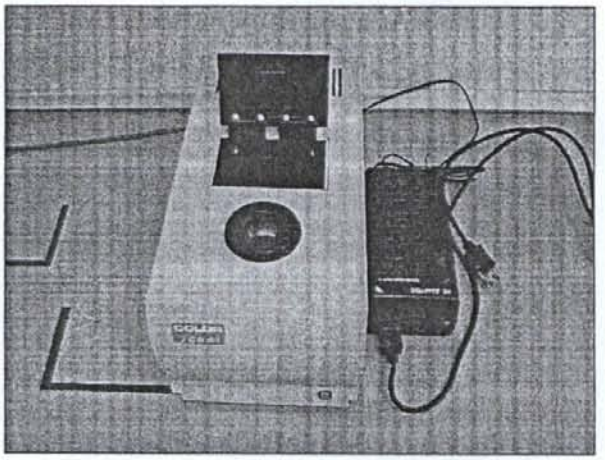


ภาพที่ 2.11 เครื่องวัดค่าความแข็ง (Instron Universal Tester Machine)

ง. **การทดสอบค่าความชื้น (Moisture content)** นำตัวอย่างข้าว ชั่งน้ำหนักประมาณ 30 กรัม อบที่อุณหภูมิ 130°C 24 hrs (Jindal, 1987)

จ. **การวิเคราะห์ค่าสี และค่าความขาว (Color and Whiteness)**

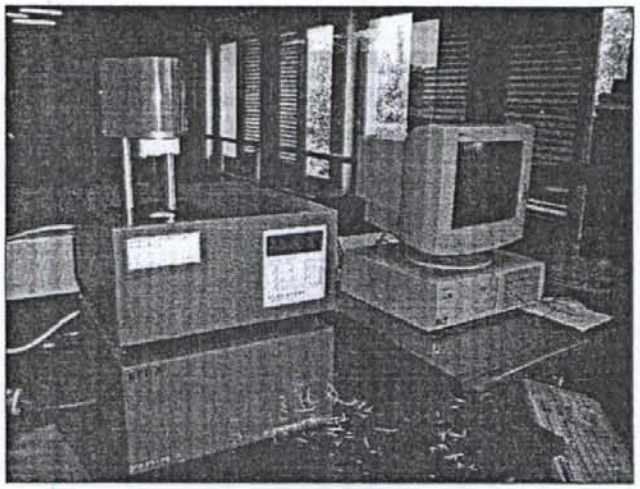
เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าสีคือ Color Difference Meter (Model JC801, Tokyo, Japan) รายงานผลออกมาในรูปของ L*, a*, b* และค่าความขาวคือ Kett digital whiteness meter (Model C-300, Japan)

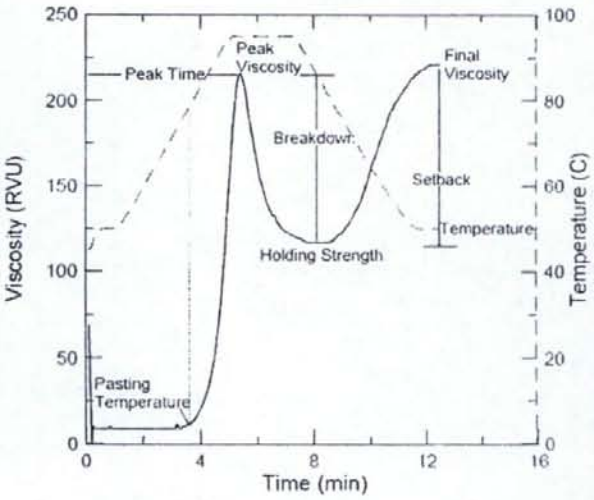


ภาพที่ 2.12 เครื่องวัดค่าสี (Color Machine)

ฉ. **การวิเคราะห์ค่าความหนืด (Pasting property)**

ค่าความหนืดของแป้งข้าวสามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงได้โดยใช้ Rapid Visco Analyzer (Model 4D Newport Scientific, Australia) ควบคุมโปรแกรมโดย Thermocline for Windows software บนพื้นฐานของโปรแกรม standard 1(ICC Standard Method No. 162) ค่าหน่วยที่รายงานผลในรูปของ RVA ค่าที่วิเคราะห์คือ Peak viscosity, Trough, Final viscosity, Pasting temperature, Peak time, Breakdown, Setback





ภาพที่ 2.13 เครื่อง Rapid Visco Analyzer และกราฟการแสดงผล

2.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นพิจารณาจากแผนภาพด้านบน โดยที่จะวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งทางกายภาพและทางเคมี ในรูปแบบของข้าวกล้องงอกเต็มเมล็ดและข้าวกล้องงอกในรูปแบบของแป้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการวิเคราะห์ และกระบวนการทดสอบ

2.4 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดนั้นจะเปรียบเทียบกันระหว่างข้าวที่ผ่านกระบวนการงอกและข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก โดยในแต่ละข้อมูลจะเปรียบเทียบทางสถิติโดยใช้ โปรแกรม SPSS ที่ระดับความแตกต่างทางสถิติ 95% (One – way analysis of variance (ANOVA)) Duncan multiple range test รวมถึงการวิเคราะห์ในรูปแบบของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ โดยโปรแกรม Excel