

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่การค้นคว้าวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	54
วัตถุประสงค์และอุปกรณ์	54
วิธีการทดลอง	58
แผนการทดลอง	59
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	68
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	111
สรุปผลการทดลอง	111
ข้อเสนอแนะ	113

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

เอกสารอ้างอิง	115
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ภาพประกอบกระบวนการผลิต	126
ภาคผนวก ข การคำนวณปริมาณสารอาหาร	129
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	146
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพ	148
ภาคผนวก จ เค้ําโครงปริมาณกรดอะมิโนในข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 แต่ละประเภท	175
ประวัติผู้เขียน	178

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
2.1	คุณค่าทางอาหารบางชนิดของข้าวกล้อง และข้าวขาว ต่อปริมาณข้าวสาร 100 กรัม น้ำหนักสด	11
2.2	ข้อดีและข้อด้อยของการผลิตข้าวพาร์บอยล์	20
2.2	ข้อดีและข้อด้อยของการผลิตข้าวพาร์บอยล์ (ต่อ)	21
2.3	รายชื่อกรดอะมิโนบางชนิดที่มีกพบในอาหาร	37
2.4	สารประกอบที่ใช้เป็นแหล่งของสารอาหารที่จะทำการเสริม ในข้าวเหนียวพาร์บอยล์	45
2.5	ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Dietary Reference Intake for Thais, DRI) ปริมาณแร่ธาตุที่แนะนำ สำหรับแต่ละบุคคล	50
2.5	ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Dietary Reference Intake for Thais, DRI) ปริมาณแร่ธาตุที่แนะนำ สำหรับแต่ละบุคคล (ต่อ)	51
2.6	ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นเฉลี่ยในช่วงอายุต่าง ๆ ของร่างกายที่ควรได้รับ ประจำวันสำหรับคนไทย (Dietary Reference Intake for Thais, DRI)	52
2.6	ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นเฉลี่ยในช่วงอายุต่าง ๆ ของร่างกายที่ควรได้รับ ประจำวันสำหรับคนไทย (Dietary Reference Intake for Thais, DRI) (ต่อ)	53
3.1	ปริมาณของสารอาหารแต่ละชนิดที่ต้องการเสริมในข้าวเหนียวพาร์บอยล์	60
3.2	ระดับปัจจัยของการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวเหนียว	60
3.3	แผนการทดลองแบบ 2 <sup>2</sup> Factorial experiment in Central Composite Design ในการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวเหนียว	61
3.4	ระดับปัจจัยของการศึกษาผลของความเป็นสุญญากาศและเวลา ในการแช่ข้าวเหนียวพาร์บอยล์	63

3.5	แผนการทดลองแบบ $2^2$ Factorial experiment in Central Composite Design ในการศึกษาผลของความเป็นสุญญากาศและเวลาการแช่ข้าวเหนียวพาร์บอยล์	63
4.1	การเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารระหว่างปริมาณที่ได้จากการวิเคราะห์ และปริมาณจากการคำนวณ	69
4.2	ค่าร้อยละผลผลิตภายหลังการขัดสีของข้าวเหนียวพาร์บอยล์พันธุ์ กข 6 ที่ผ่านกระบวนการแช่ข้าวที่อุณหภูมิและเวลาในแต่ละสิ่งทดลอง	72
4.3	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของข้าวเหนียวพาร์บอยล์พันธุ์ กข 6 ที่ผ่านกระบวนการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าว หลังผ่านกระบวนการแทรกซึ่มภายใต้สุญญากาศ	73
4.4	ค่าสีในตัวอย่างข้าวเหนียวพาร์บอยล์ในแต่ละสิ่งทดลอง จากการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวเหนียว (ข้าวสารเหนียวพาร์บอยล์)	74
4.5	ค่าสี และค่าแรงเนียนในตัวอย่างข้าวเหนียวพาร์บอยล์ในแต่ละสิ่งทดลอง จากการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวเหนียว (ข้าวเหนียวพาร์บอยล์สุก)	74
4.6	ปริมาณธาตุเหล็ก แคลเซียม และไอโอดีน ในตัวอย่างข้าวสารเหนียวพาร์บอยล์ ในแต่ละสิ่งทดลองจากการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวเหนียว (ต่อ 100 กรัม)	76
4.7	ปริมาณความชื้น โปรตีน และไฟเตท ในตัวอย่างข้าวสารเหนียวพาร์บอยล์ ในแต่ละสิ่งทดลองจากการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวเหนียว (ต่อ 100 กรัม)	76
4.8	ค่าคะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในตัวอย่าง ข้าวเหนียวพาร์บอยล์ในแต่ละสิ่งทดลองจากการศึกษาผลของอุณหภูมิ เวลาในการแช่ข้าวเหนียว(ข้าวเหนียวพาร์บอยล์สุก) โดยแบบประเมิน ความชอบ 7-Point hedonic scale	78
4.9	ปริมาณแร่ธาตุในน้ำที่ใช้ในการเตรียมสารละลายสารอาหาร	82
4.10	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของข้าวเหนียวพาร์บอยล์พันธุ์ กข 6 ที่ผ่านกระบวนการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าว หลังผ่านกระบวนการแทรกซึ่มภายใต้สุญญากาศ	84

4.11	ค่าสีในตัวอย่างข้าวเหนียวพาร์บอยล์ในแต่ละสิ่งทดลองจากการศึกษาผลของ ความเป็นสุญญากาศและเวลาที่เหมาะสมในการแช่ข้าวเหนียวพาร์บอยล์ (ข้าวสารเหนียวพาร์บอยล์)	85
4.12	ค่าสี และค่าแรงเนียนในตัวอย่างข้าวเหนียวพาร์บอยล์ในแต่ละสิ่งทดลอง จากการศึกษาผลของความเป็นสุญญากาศและเวลาที่เหมาะสมในการแช่ ข้าวเหนียวพาร์บอยล์ (ข้าวเหนียวพาร์บอยล์สุก)	85
4.13	ปริมาณธาตุเหล็ก แคลเซียม และไอโอดีนในตัวอย่างข้าวเหนียวพาร์บอยล์ ในแต่ละสิ่งทดลองจากการศึกษาผลของความเป็นสุญญากาศและเวลา ที่เหมาะสมในการแช่ข้าวเหนียวพาร์บอยล์ (ต่อ 100 กรัม)	86
4.14	ปริมาณความชื้น โปรตีน และไฟเตทในตัวอย่างข้าวเหนียวพาร์บอยล์ ในแต่ละสิ่งทดลองจากการศึกษาผลของความเป็นสุญญากาศและเวลา ที่เหมาะสมในการแช่ข้าวเหนียว พาร์บอยล์ (ต่อ 100 กรัม)	87
4.15	ค่าคะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในตัวอย่าง ข้าวเหนียวพาร์บอยล์ในแต่ละสิ่งทดลองจากการศึกษาผลของ ความเป็นสุญญากาศและเวลาที่เหมาะสมในการแช่ข้าวเหนียวพาร์บอยล์ (ข้าวเหนียวพาร์บอยล์สุก) โดยแบบประเมินความชอบ 7-Point hedonic scale	89
4.16	ค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวพาร์บอยล์เสริมเหล็ก แคลเซียม ไอโอดีน ไลซีน และทรีโอนีน	95
4.16	ค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวพาร์บอยล์เสริมเหล็ก แคลเซียม ไอโอดีน ไลซีน และทรีโอนีน (ต่อ)	96
4.17	ค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวพาร์บอยล์เสริมเหล็ก แคลเซียม ไอโอดีน ไลซีน และทรีโอนีน ที่ผ่านการนึ่งให้สุกแล้ว	98
4.18	การเปรียบเทียบปริมาณแร่ธาตุระหว่างข้าวสารเหนียวพาร์บอยล์และ ข้าวเหนียวพาร์บอยล์ที่ผ่านการนึ่งให้สุก (วิธีการนึ่งแบบปกติ) ในรูปของน้ำหนักแห้ง	100
4.19	การเปรียบเทียบปริมาณแร่ธาตุระหว่างข้าวสารเหนียวพาร์บอยล์และ ข้าวเหนียวพาร์บอยล์ที่ผ่านการทำให้สุกในรูปของน้ำหนักแห้ง โดยใช้วิธีการนึ่งให้สุกที่ได้ปรับปรุงขึ้นมาใหม่	102

4.20	การเปรียบเทียบค่าคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ข้าวเหนียวพาร์บอยล์เสริมเหล็ก แคลเซียม ไอโอดีน ไลซีน และทรีโอนีน ที่ผ่านการนึ่งให้สุกโดยวิธีเดิมและวิธีการที่ได้ปรับปรุงขึ้นใหม่	103
4.21	การเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ในข้าวสารเหนียวพันธุ์ กข 6 แต่ละประเภท	104
4.22	การเปรียบเทียบปริมาณไฟเตทในข้าวสารเหนียวพันธุ์ กข 6 แต่ละประเภท	106
4.23	การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตข้าวเหนียวพาร์บอยล์เสริมเหล็ก แคลเซียม ไอโอดีน ไลซีน และทรีโอนีน	109
4.24	ต้นทุนจากอุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิตข้าวเหนียวพาร์บอยล์เสริมเหล็ก แคลเซียม ไอโอดีน ไลซีน และทรีโอนีน ต่อกระบวนการผลิต 1 ครั้ง	110
ข-1	ปริมาณของสารอาหารแต่ละชนิดที่ต้องการเสริมในข้าวเหนียวพาร์บอยล์	139
ข-2	ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารแต่ละชนิดที่ต้องการเสริมใน ข้าวเหนียวพาร์บอยล์ในสารละลายสารอาหาร	139
ข-3	ปริมาณของสารอาหารแต่ละชนิดที่ต้องการเสริมในข้าวเหนียวพาร์บอยล์ จากการปรับปรุงใหม่ให้เหมาะสมสำหรับการทดลองที่ 2.3	145
จ-1	เค้าโครงปริมาณกรดอะมิโน (Amino acid profile) ในข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 แต่ละประเภท (มีลิกกรัมต่อ 100 กรัม)	176
จ-1	เค้าโครงปริมาณกรดอะมิโน (Amino acid profile) ในข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 แต่ละประเภท (มีลิกกรัมต่อ 100 กรัม) (ต่อ)	177

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว	5
2.2 แผนผังกระบวนการผลิตข้าวเหนียวพาร์บอยล์ต้นแบบ	19
2.3 การเปรียบเทียบโครงสร้างระหว่าง L-amino acid และ D-amino acid	36
2.4 โครงสร้างโมเลกุลของกรดอะมิโนไลซีน	40
2.5 โครงสร้างโมเลกุลของกรดอะมิโนทรีโอนีน	41
3.1 กระบวนการผลิตต้นแบบของข้าวเหนียวพาร์บอยล์เสริมเหล็ก แคลเซียม ไอโอดีน ไลซีน และทรีโอนีน	58
4.1 ลักษณะของสารละลายผสม ณ เวลาเริ่มต้นผสม (นาที่ที่ 0)	70
4.2 ลักษณะของสารละลายผสม ณ นาที่ที่ 30	70
4.3 ลักษณะของสารละลายผสม ณ นาที่ที่ 60 (1 ชั่วโมง)	70
4.4 ลักษณะของสารละลายผสม ณ นาที่ที่ 90 (1 ชั่วโมง 30 นาที)	70
4.5 ลักษณะของสารละลายผสม ณ นาที่ที่ 120 (2 ชั่วโมง)	70
4.6 ลักษณะของสารละลายผสม ณ นาที่ที่ 180 (3 ชั่วโมง)	70
4.7 ลักษณะของสารละลายผสม ณ นาที่ที่ 240 (4 ชั่วโมง)	71
4.8 ลักษณะของสารละลายผสมเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง	71
4.9 ลักษณะของข้าวสารเหนียวพาร์บอยล์ในแต่ละสิ่งทดลองจากการทดลองที่ 2.1	80
4.10 กระบวนการผลิตที่ดีที่สุด (Optimization) สำหรับการศึกษาค่าผลของอุณหภูมิและเวลา ในการแช่ข้าวในกระบวนการพาร์บอยล์ของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6	81
4.11 ลักษณะของข้าวสารเหนียวพาร์บอยล์ในแต่ละสิ่งทดลองจากการทดลองที่ 2.1	91
4.12 กระบวนการผลิตที่ดีที่สุด (Optimization) สำหรับการศึกษาค่าผลของ ความเป็นสุญญากาศและเวลาในการแช่ข้าวเหนียวพาร์บอยล์ในกระบวนการ แทรกซึมภายใต้สุญญากาศของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6	92
4.13 ลักษณะของข้าวเหนียวพาร์บอยล์จากการทดลองที่ 2.3	99
4.14 ลักษณะของข้าวสารเหนียวพันธุ์ กข 6 แต่ละประเภท	107

4.15	ผลิตภัณฑ์ข้าวสารเหนียวพาร์บอยล์เสริมเหล็ก แคลเซียม ไอโอดีน ไลซีน และทรีโอนีน ซึ่งบรรจุภายในถุงลามิเนต	108
5.1	กระบวนการผลิตข้าวเหนียวพาร์บอยล์เสริมเหล็ก แคลเซียม ไอโอดีน ไลซีน และทรีโอนีน ที่เหมาะสม	112
ก-1	ขั้นตอนกระบวนการผลิตข้าวเหนียวพาร์บอยล์พันธุ์ กข 6	127
ก-2	ขั้นตอนกระบวนการเสริมแร่ธาตุและกรดอะมิโนในข้าวเหนียวพาร์บอยล์ พันธุ์ กข 6 ด้วยกระบวนการแทรกซึมภายใต้สุญญากาศ	128

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved