บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ข้าวเหนียวมูนเป็นอาหารหวานไทยพื้นบ้านที่อยู่คู่กับสังคมไทยมาเป็นเวลานานและได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ประกอบกับสภาพการดำรงชีวิตของคนไทยที่มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย ทำให้เกิดอาหารสำเร็จในรูปแบบต่างๆขึ้นมาอย่างมากมายเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของสังคม เช่น อาหารที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง อาหารสำเร็จรูปแช่เย็นหรืออาหารกระป๋อง ก็จัดเป็นอาหารรูปแบบหนึ่งที่สามารถตอบสนองความต้องการของประชากรในยุคนี้ได้เนื่องจากให้ความสะดวกในการเตรียมและปรุงอาหาร สะอาด ปลอดภัย ขณะนี้ประเทศไทยมีการผลิตอาหารบรรจุกระป๋องหลายประเภททั้งผัก ผลไม้ อาหารคาวและอาหารหวาน โดยสามารถเห็นได้จากความหลากหลายของอาหารที่เพิ่มมากขึ้นกว่าในอดีต

ข้าวเหนียว(glutinous rice,waxy,sweet หรือ mochji rice) เป็นข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ ประกอบด้วยแป้งที่มีอะมิโลเพคตินสูงถึงร้อยละ 95 (Bean et.al.,1964) มีอะมิโลสเล็กน้อย ร้อยละ 5-8 เช่น พันธุ์ข้าว กข.8 สันป่าตอง เขี้ยวงูและพระตะบอง เป็นต้น (วุฒิชัย , 2535) ข้าวเหนียวเป็นข้าวที่นิยมกันมากในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ไม่เพียงแต่นำมารับประทานเป็นข้าวเท่านั้น ข้าวเหนียวสามารถนำมาแปรรูปอาหารในด้านต่างๆได้ เช่น แป้งข้าวเหนียว ขนมหวานต่างๆ รวมถึง ข้าวเหนียวมูน ที่สามรถรับประทานควบคู่กับผลไม้และขนมหวานชนิดต่างๆได้ เช่น สังขยา ข้าวเหนียวถั่วดำ

การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงก็คือ อัตราการแทรกผ่านความร้อนในกระป๋อง (การนำความร้อน และ การพาความร้อน) และการกระจายความร้อนในหม้อฆ่าเชื้อ ซึ่งทำให้ถึงจุดร้อนช้าที่สุดในหม้อฆ่าเชื้อ เพื่อต้องการให้ฆ่าเชื้อนั้นเกิดขึ้นสมบูรณ์ที่สุด และทำให้ผู้บริโภคมั่นใจได้ว่าอาหารกระป๋องชนิดนั้นๆปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคและไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายและก่อให้เกิดโรค

งานวิจัยครั้งนี้มีการนำเอาข้าวเหนียวมาแปรรูปเป็นข้าวเหนียวมูน และทำการบรรจุกระป๋อง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและเพื่อความสะดวกสบายต่อการบริโภค นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเหนียวและเป็นการอนุรักษ์อาหารไทยให้เป็นที่รู้กันอย่างแพร่หลาย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องเพื่อทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่างกันที่ 115 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส

2) เพื่อศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพ (Physicochemical properties) ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

3) เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง เพื่อให้มีคุณภาพ ตามความต้องการของผู้บริโภค

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีกายภาพ กระบวนการแปรรูปที่เหมาะสม การตรวจสอบคุณภาพของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ในระหว่างการเก็บรักษาโดยการตรวจวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ที่สำคัญ การตรวจวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพที่เกี่ยวข้องกับข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

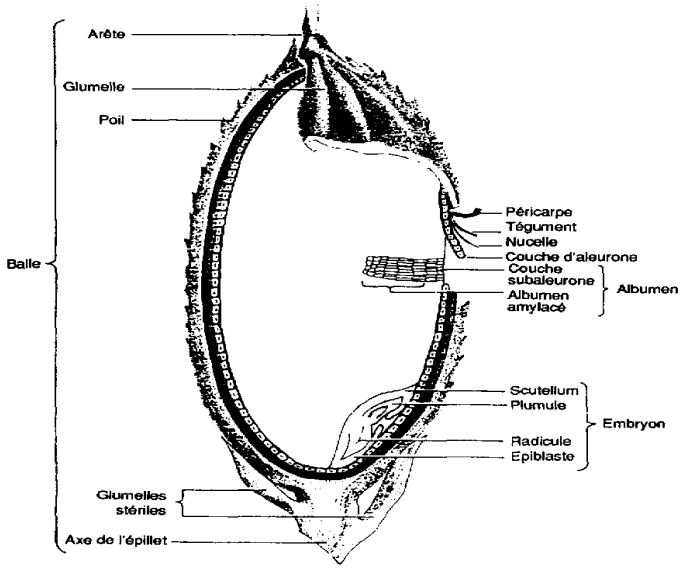
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การผลิตข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่เปลี่ยนแปลงและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานยิ่งขึ้น มีความสะอาดปลอดภัยต่อเชื้อจุลินทรีย์ช่วยให้ผู้บริโภคได้รับความสะดวกสบายในการรับประทาน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่เกิดขึ้นทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเหนียว สามารถนำไปพัฒนาเป็นการผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงสร้างและส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

โครงสร้างของข้าวประกอบด้วย โครงสร้าง 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนแรกเป็นเปลือกซึ่งประกอบด้วยเปลือกแข็งและเปลือกหุ้มเมล็ด ส่วนที่สองเป็นเนื้อเมล็ด และส่วนที่สามคือ คัพภะ ในแต่ละส่วนมีสารอาหารเป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน ส่วนแรกที่เป็นเปลือกแข็งประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ จึงต้องแยกออกก่อนบริโภคเสมอ แต่ส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดจะมีสารอาหารพวกวิตามินและแร่ธาตุอยู่มาก ส่วนที่สองซึ่งเป็นเนื้อเมล็ดจะมีคาร์โบไฮเดรต คือ สตาร์ช เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ก็ยังมีน้ำ โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และวิตามินอยู่ด้วย ส่วนที่สามคือ คัพภะ ซึ่งเป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อน จึงมีสารอาหารอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ครบถ้วนมากกว่าส่วนอื่นของข้าวโดยเฉพาะอย่างยิ่งไขมันมีมากกว่าในส่วนอื่น แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อรวมคุณค่าทางอาหารของข้าวทั้งหมดแล้วก็ยังมีไม่มากพอที่จะเป็นอาหารสมบูรณ์เพียงอย่างเดียว เพื่อการบริโภคของมนุษย์ที่จะใช้ในการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย มนุษย์จึงบริโภคเป็นอาหารหลักร่วมกับอาหารจากแหล่งอื่น เช่น เนื้อสัตว์ต่างๆ ผัก และผลไม้



ภาพที่1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

ที่มา: Juliano (1985)

2.2 สมบัติของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

อายุการเก็บเกี่ยว	ประมาณ	21	พฤศจิกายน
ระยะฟักตัวของเมล็ด	ประมาณ	36	วัน
เมล็ดข้าวกล้อง	ยาว	7.23	มม.
	กว้าง	2.28	มม.
	หนา	1.77	มม.
ความสูง	ประมาณ	154	ซม.
ผลผลิต	ประมาณ	666	กก./ไร่

2.2.1 สมบัติเด่น

1) ทนแล้งได้ดีพอสมควรทำให้ผลผลิตไม่ลดในฤดูการทำนาที่ฝนทิ้งช่วง
2) คุณภาพการขัดสีดีและคุณภาพในการหุงต้มดีมากได้ข้าวสุกที่อ่อนนิ่มมีกลิ่นหอม
3) ลำต้นแข็ง ไม่ล้มง่าย
4) ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี
5) ลักษณะต้นสูงเหมาะกับสภาพนาลุ่ม
6) การแตกกออยู่ในเกณฑ์ดี
7) รวงยาว ลักษณะเมล็ดยาว
8) ให้ผลผลิตสูง
9) ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล
10) เก็บเกี่ยวง่าย นวดง่าย

2.2.2 สมบัติด้อย

1) เป็นพันธุ์ที่ปลูกได้ในเฉพาะฤดูนาปี
2) เนื่องจากขาวพันธุ์นี้กำเนิดมาจากข้าวเจ้าเมื่อปลูกไปนานจะกลายพันธุ์เป็นข้าวเจ้า
3) ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง
4) ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและแมลงบั่ว

2. 3 คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าวเหนียว

คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี หมายถึง สัดส่วนและองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสุก โดยมีผลทำให้ข้าวสุกนั้น นุ่ม เหนียว หรือร่วนขึ้นหม้อ ซึ่งคุณภาพข้าวสุกนี้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพเมล็ดทางเคมี คือสัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน ความคงตัวของแป้งสุก อุณหภูมิแป้งสุก การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก โปรตีน กลิ่นหอม ความชื้น และการเก็บรักษา (งามชื่น,2531)

2.3.1 ปริมาณของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน (Amylose and Amylopectin content)

เมล็ดข้าวสารโดยทั่วไปมีองค์ประกอบส่วนใหญ่คือเมล็ดสตาร์ช (starch grannule) ซึ่งภายในโครงสร้างจะประกอบด้วยอะมิโลเพคติน เป็นองค์ประกอบหลัก และมีอะมิโลส เป็นองค์ประกอบรอง อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวอะมิโลสต่ำทำให้ข้าวสุกมีลักษณะทึบแสงไม่ร่วน และข้าวสุกขยายตัวตามปริมาตรได้มากว่าหรือที่เรียกกันว่าหุงขึ้นหม้อ ส่วนความนุ่มและความเหนียวของข้าวสุก จะขึ้นกับสัดส่วนอะมิโลเพคตินในสตาร์ช ข้าวเหนียวจะมีอะมิโลเพคตินเกือบทั้งหมด ทำให้ดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่าข้าวเจ้า ข้าวสุกที่ได้จะเหนียวและนุ่มกว่า (งามชื่น,2531)

ตารางที่ 1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณอะมิโลส (ร้อยละ)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำมาก	2-9	เหนียว นุ่ม
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ	9-20	เหนียว นุ่ม
ข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง	20-25	นุ่ม ค่อนข้างเหนียว
ข้าวเจ้าอะมิโลสสูง	25-33	ร่วน แข็ง

ที่มา : ดัดแปลงจากงามชื่น (2531)

2.3.2 ความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก เป็นผลมาจากปริมาณอะมิโลสเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณภาพแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากข้าวสุกเมื่อเย็นตัวแล้วจะมีความแข็ง หรือความคงตัวแตกต่างกัน ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน จะนุ่มกว่าข้าวพันธุ์ที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง (งามชื่น ,2531) การหาค่าความคงตัวของแป้งสุก อาศัยหลักการทำให้แป้งใสโดยการต้มในสารละลายเบสแล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และวัดระยะทางที่แป้งไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Reswarch ; IRRI,1972) ได้จัดแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก ดังตารางที่ 2

2.3.3 อุณหภูมิแป้งสุก(Gelatinization temperature)

อุณหภูมิแป้งสุก หมายถึง อุณหภูมิที่เมล็ดสตาร์ชเริ่มพองในน้ำร้อน และเปลี่ยนลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใสอุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้ม ถ้าข้าวมีอุณหภูมิแป้งสุกสูงจะหุงสุกช้ากว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (งามชื่น,2531) แม้ว่าระยะเวลาการหุงต้มจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุกก็ตาม แต่ความกว้างและความหนาของเมล็ดข้าวก็มีผลต่อเวลาการหุงต้มด้วย ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกเท่ากันแต่มีเมล็ดหนากว่า จะใช้เวลาการหุงต้มนานกว่า สำหรับข้าวเหนียวหรือ ข้าวอะมิโลสต่ำ มีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลางหรือสูง จะใช้เวลาการหุงต้มนานกว่าเมล็ดข้าวจึงดูดน้ำได้มากทำให้ข้าวสุกมีลักษณะแฉะ ดังนั้นข้าวเหนียวหรือข้าวอะมิโลสต่ำควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำจะมีคุณภาพดี สำหรับข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลางหรือสูงจะไม่เกิดปัญหาดังกล่าว Juliano (1972) ได้แบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุกเป็น 3 ประเภท ดังตารางที่ 3

ตารางที่2 การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก	**ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิลิตร) (แป้ง 100 มิลลิกรัม ในKOH 0.2 N 2 มิลลิลิตร)**
แข็ง	น้อยกว่า 35
ค่อนข้างแข็ง	36-40
ปานกลาง	41-60
อ่อน	มากกว่า 60

ที่มา**:** IRRI (1972)

ตารางที่3 การแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก

อุณหภูมิแป้งสุก (องศาเซลเซียส)	ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก
ต่ำกว่า 70	ต่ำ
70-74	ปานกลาง
สูงกว่า 75	สูง

ที่มา: Juliano (1972)

2.3.4 อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation ratio)

อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก เป็นผลมาจากการให้ความร้อนในระหว่างการ หุงต้มโดยเมล็ดข้าวจะขยายตัวออกรอบด้านโดยเฉพาะด้านยาว ซึ่งผู้บริโภคจะนิยมข้าวพันธุ์ที่มีการยืดตัวมากกว่าข้าวพันธุ์ที่มีอัตราการยืดตัวได้น้อย (ข้าวสุกที่ยืดตัวได้มากและไม่เหนียวติดกันจัดเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อ)นอกจากนี้การที่เมล็ดขยายตัวได้มากทำให้เนื้อภายในโปร่งไม่อัดแน่นและช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น

อัตราการยืดตัวของเมล็ดหาได้จากสัดส่วนของความยาวของข้าวสุกต่อความยาวของข้าวสาร หรือคำนวณได้จากสูตรของ Juliano and Perez (1984)

$$\text{อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก 10 เมล็ด}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสาร 10 เมล็ด}}$$

2.3.5 ปริมาณโปรตีน (Protein content)

ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโดยทั่วไปมีอยู่ประมาณร้อยละ 9.8 ซึ่งนับว่าน้อย แต่ก็มีผลกระทบต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทานเช่นกัน Juliano (1972) ได้กล่าวว่าโปรตีนมีความสัมพันธ์กับเวลาในการหุงต้มกล่าวคือ ทำให้ระยะเวลาการหุงต้มข้าวสุกนานขึ้นเมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีนเป็นตัวขัดขวางการซึมผ่านของน้ำเข้าไปในเมล็ด กล่าวคือ ทำให้เมล็ดดูดซึมน้ำได้น้อยลง ข้าวสุกมีความนุ่มและความเหนียวลดลง พบว่าข้าวสุกไม่ว่าสายพันธุ์ใดก็ตามที่มีโปรตีนต่ำจะมีความอ่อนนุ่ม ความเหนียวและมีกลิ่นรสมากกว่าข้าวที่มีโปรตีนสูงกว่า

2.3.6 กลิ่นหอม (Aroma)

ข้าวทั่วไปมีสารระเหยอยู่หลายชนิด Yajima *et.al.* (1978) ได้วิเคราะห์สารระเหยที่ได้จากการหุงข้าวพันธุ์ ของญี่ปุ่น พบว่ามีสารระเหยอยู่ 114 ชนิด สารแต่ละชนิดจะมีกลิ่นแตกต่างกัน ในพันธุ์ข้าวหอมมี 2-แอซิทิล-1ไพโรลีน (2-acetyl-1-pyrroline) มากว่าข้าวทั่วไป โดยข้าวสารหอม 1 กรัมอาจมีสารนี้ 0.04-0.09 ไมโครกรัม และในข้าวกล้องหอมอาจมี 0.1-0.2 ไมโครกรัม สารหอมชนิดนี้ยังมีปริมาณสูงมากในพืชตระกูลใบเตยซึ่งมีสูงถึง 1 ไมโครกรัม/กรัม Buttery *et.al.* (1983) สำหรับพันธุ์ข้าวไม่หอมนั้นPaule and Power(1989)พบว่าปริมาณเฮกซานอลมีความสัมพันธ์ทางด้านลบกับกลิ่นหอมของข้าวคือ ข้าวที่มีปริมาณเฮกซานอลมากจะมีกลิ่นหอมลดน้อยลง

2.3.7 ปริมาณความชื้น (Moisture content)

ความชื้นในเมล็ดข้าวจะมีผลต่อการที่ข้าวหุงขึ้นหม้อและความร่วนของข้าวเช่นกัน ข้าวที่มีความชื้นต่ำซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นข้าวเก่าจะหุงขึ้นหม้อ และมีความร่วนมากกว่าข้าวที่มีความชื้นสูงหรือข้าวใหม่ ในประเทศไทยผู้บริโภคข้าวเจ้านิยมบริโภคข้าวเก่าซึ่งหุงขึ้นหม้อดีกว่าและราคาข้าวเก่าจะสูงกว่าข้าวใหม่ นอกจากนี้ความชื้นในข้าวยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาข้าว ถ้าเมล็ดข้าวมีความชื้นสูงทำให้เชื้อราและจุลินทรีย์ต่างๆเจริญเติบโตได้ ข้าวจะเสื่อมคุณภาพในระยะเวลาอันสั้น

2.3.8 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว 3-4 เดือน เนื่องจากปริมาณความชื้นลดลงทำให้มีผลต่อคุณสมบัติข้าวสุก คือ ทำให้ข้าวสุกแข็งและร่วนมากขึ้น ข้าวสุกขยายปริมาตรได้มากขึ้นหรือหุงขึ้นหม้อ เมล็ดข้าวจะดูดน้ำได้มากขึ้น น้ำข้าวจะใสขึ้น และใช้เวลาหุงต้มให้สุกนานขึ้นเล็กน้อย เมื่อต้มสุกจะแตกตัวออก Desikachar (1956)

ผู้บริโภคบางคนนิยมข้าวเก่าที่หุงขึ้นหม้อและไม่แฉะ มีรายงานว่าสามารถเร่งข้าวใหม่ให้กลายเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อและไม่แฉะได้โดยเพิ่มความร้อนให้ข้าวสูงถึง 110 องศาเซลเซียส ในภาชนะปิดฝา โดยไม่ให้ความร้อนสูญหายไป การเป่าลมร้อน 150-260 องศาเซลเซียส ชั่วครู่หรืออาจแช่เมล็ดข้าวสารในน้ำมันดอกทานตะวันที่ 60 องศาเซลเซียส ค้างคืนช่วยให้ความเหนียวของข้าวลดลงการนำข้าวเปลือกไปนึ่งในระยะเวลาสั้นๆจะช่วยลดความเหนียวของข้าวสุกได้ Juliano (1992) ได้เร่งข้าวใหม่ (ทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้า) ให้เป็นข้าวเก่าโดยเก็บข้าวไว้ที่ 2-4 องศาเซลเซียส นานกว่า 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปเก็บที่ 42 องศาเซลเซียส นาน4 ชั่วโมง พบว่าข้าวที่ได้มีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น

2.4 คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าว

คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติต่างๆของเมล็ดข้าวที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา หรือ ชั่ง ตวง วัดได้ เช่น น้ำหนักเมล็ด (grain weight) สีข้าวกล้อง (pericarp color) ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension) ลักษณะท้องไข่ (chalkiness) ความใสของเมล็ด (grain translucency) ความขาวของข้าวสาร (whiteness of miled rice) และคุณภาพการสี (milling quality) (เครือวัลย์ ,2534)

2.4.1 น้ำหนักเมล็ด

เป็นลักษณะที่คงที่มากที่สุด และ ควบคุมโดยพันธุกรรมเป็นส่วนใหญ่น้ำหนักเมล็ดจะแปรไปตามขนาดและรูปร่างของเมล็ด ความชื้น ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย และสภาพภูมิอากาศก็มีผลกระทบต่อน้ำหนักเมล็ดด้วย จากการตรวจสอบน้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ดพันธุ์ข้าวไทย จำนวน 344 พันธุ์ พบว่ามีน้ำหนักแปรปรวนระหว่าง 1.16- 4.17 กรัม ข้าวพันธุ์ที่ดีของไทยที่รัฐบาลส่งเสริมให้ปลูกจะมีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด ระหว่าง 2.25-3.67 กรัม (เครือวัลย์ ,2534)

2.4.2 สีข้าวกล้อง

เกิดจากสารสีที่เยื่อหุ้มผล (pericarp) ส่วนเนื้อในเมล็ดของข้าวทุกชนิด มีสีขาวเสมอ จากการสำรวจพันธุ์ข้าวต่างๆในธนาคารเชื้อพันธุ์ข้าวของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี พบว่าข้าวกล้องมี 4 สี คือ ขาว น้ำตาล แดง และ ดำ (ม่วง) ส่วนใหญ่มีสีขาว ข้าวกล้องที่มีสีแดงและม่วง มีสารสีพวกแอนโทไซยานิน (anthocyanin pigment) ข้าวกล้องที่มีสีเข้มต้องใช้เวลาในการขัดรำนานหรือใช้แรงกดมาก เพื่อทำให้ส่วนของรำข้าวที่เป็นสีเข้มหลุดออก มีปริมาณข้าวสารน้อย ดังนั้นข้าวกล้องที่มีสีอ่อนจึงเป็นที่นิยม เช่น สีขาว หรือน้ำตาล (เครือวัลย์ ,2534)

2.4.3 ขนาดรูปร่างเมล็ด

ได้แก่ ความยาว ความกว้าง ความหนา และ ความป้อม หรือ เรียวของเมล็ด ข้าวพวกอินดิก้า (Indica) จะมีรูปร่างเมล็ดเรียว ค่อนข้างป้อมพวกจาวานิก้า (Javanica) มีเมล็ดกว้างและหนาส่วนข้าวพวกจาปอนิก้า (Japonica) มีเมล็ดสั้นและกลม (เครือวัลย์ ,2534)

2.4.4 ลักษณะท้องไข่

ลักษณะท้องไข่ ได้แก่ จุดขาวขุ่นคล้ายชอล์กที่เกิดขึ้นในเนื้อของเมล็ด เป็นลักษณะที่เกิดจากการจับตัวอย่างหลวมๆของเมล็ดสตาร์ช (starch granule) กับเมล็ดโปรตีน (protein body) ในเนื้อเมล็ด ลักษณะนี้ควบคุมโดยพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม ลักษณะท้องไข่เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพของข้าวและราคาของข้าว ข้าวที่เป็นท้องไข่มาก เมื่อนำไปสีจะมีข้าวหักมากและไม่เป็นข้าวเกรดสูง (เครือวัลย์ ,2534)

2.4.5 ความใสของเมล็ด

ความใสหรือขุ่นของเมล็ด หมายถึง ความทึบแสง (opaque) หรือความใส (translucence)ของเนื้อเมล็ด ซึ่งจะสังเกตความแตกต่างได้ในข้าวเจ้า ส่วนในเมล็ดข้าวเหนียวจะมีลักษณะขุ่นอย่างเดียว ปัจจุบันยังไม่พบสาเหตุของความใสหรือขุ่นในเนื้อเมล็ดข้าวเจ้า แต่คาดว่าอาจจะเนื่องจากพันธุ์ข้าวและพื้นที่เพาะปลูก (เครือวัลย์ ,2534)

2.4.6 ความขาวของข้าวสาร

ความขาวขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่นระดับการสี (degree of milling) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดเกรดของข้าว อายุการเก็บข้าว โดยข้าวที่เก็บไว้นานๆจะมีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่ นอกจากนั้นยังพบว่า ข้าวสารที่มีโปรตีนสูงจะมีสีคล้ำกว่าข้าวโปรตีนต่ำ (เครือวัลย์ ,2534)

2.4.7 คุณภาพการสี

สิ่งที่เป็นผลผลิตจากการสีข้าว ได้แก่ แกลบประมาณร้อยละ 20-24 รำ ร้อยละ 8-10 และข้าวสารร้อยละ 68-70 ของข้าวเปลือก ข้าวสารที่ได้ทั้งหมดจากการขัดขาวจะนำไปคัดแยกเป็นเมล็ดต้นข้าวและข้าวหัก ซึ่งจะได้แต่ละส่วนมากน้อยเพียงใดขึ้นกับ คุณภาพข้าวเปลือกก่อนสี ปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาพการสี ได้แก่ พันธุ์ข้าว การปฏิบัติรักษาก่อนการเก็บเกี่ยว ระยะเวลาและการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม การตากข้าวก่อนนวดและหลังนวด การนวดข้าว การเก็บรักษา และกระบวนการสี (เครือวัลย์ ,2534)

สำหรับข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู มีรูปร่างลักษณะเรียวยาวความยาวของเมล็ดโดยเฉลี่ย ประมาณ 7.42 มิลลิเมตร มีความกว้างประมาณ 2.31 มิลลิเมตร น้ำหนักเมล็ด 1000 เมล็ด ประมาณ 18.17 กรัม หุงสุกได้ในอุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส มีปริมาณอะมิโลส ในแป้งต่ำมาก ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ข้าวหุงสุกแล้วจะมีความนุ่มเหนียว

2.5 คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน (Cooking and eating quality)

คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพมีความสำคัญต่อการทดสอบ และประเมินคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน (Cooking and eating quality) เนื่องจากความนิยมในการับประทานของผู้บริโภคแต่ละประเทศจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณภาพการหุงต้ม และการรับประทาน เช่น ชาวญี่ปุ่นและเกาหลี นิยมข้าวนุ่มและเหนียวจับเป็นก้อน (วุฒิชัย,2535) คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพมีผลต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน มีดังนี้

2.5.1 ปริมาณอะมิโลส (Amylose content)

สตาร์ชในเมล็ดข้าวมีอะมิโลเพคติน เป็นองค์ประกอบหลัก และมีอะมิโลสเป็นองค์ประกอบรอง ในสภาวธรรมชาติในเม็ดแป้ง มีการจับกันของโมเลกุลอะมิโลส และอะมิโลเพคติน ส่วนที่เป็นผลึก (Crystalline) จะเป็นบริเวณที่โมเลกุลของอะมิโลส และอะมิโลเพคตินจัดเรียงตัวกันอย่างหนาแน่นเป็นระเบียบ พองตัวยาก ซึ่งมีผลให้เม็ดแป้งไม่ละลายในน้ำเย็น แต่ส่วนที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous) ของเม็ดแป้งเป็นส่วนที่โมเลกุลจัดเรียงกันอย่างไม่หนาแน่น และมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระอยู่มาก จึงทำให้พองตัวง่ายและโดยทั่วไปนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยใช้ปริมาณอะมิโลสเป็นหลัก เมื่อเติมน้ำลงในเม็ดแป้งและทำให้ร้อนขึ้น โดยเพิ่มอุณหภูมิ หรือเพิ่มเวลาในการให้ความร้อน ความร้อนจะทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลในบริเวณที่เป็นผลึก ทำให้เม็ดแป้งสามารถรับน้ำเข้าไปในบริเวณอสัณฐาน ทำให้บริเวณนี้มีโมเลกุลของน้ำมาเกาะมากขึ้น ในขณะเดียวกันพันธะไฮโดรเจนในบริเวณผลึกจะเริ่มถูกทำลาย และเม็ดแป้งจะขยายทำให้เกิดการพองตัวขึ้น จนในที่สุดเม็ดแป้งจะพองตัวเต็มที่ เรียกว่า การเจลาติไนซ์เซชั่น (Swinkle,1985) ข้าวที่มีอะมิโลสสูงเม็ดแป้งจะพองตัวได้ยาก ต้องใช้พลังงานความร้อนมากเม็ดแป้งถึงจะพองตัว ทำให้ข้าวที่มีปริมาณ อะมิโลสสูงหุงยาก และข้าวสุกที่ได้จะร่วนและแข็ง (Luh and Liu.1980) เมื่ออุณหภูมิลดลงอะมิโลส ที่อยู่ใกล้กันก็จะเคลื่อนที่มาจับตัวกันใหม่เรียกว่า การคืนตัวกลับของแป้ง (Retrogradation) ข้าวที่มีอะมิโลสมากก็จะมีการคืนตัวของแป้งมากทำให้เมล็ดข้าวสุกที่ได้แข็งเนื่องจากน้ำที่อะมิโลสดูดซึมไว้ถูกปล่อยออกมา

2.5.2 ปริมาณโปรตีน (Protein content)

ปริมาณโปรตีนมีผลต่อการดูดซับน้ำของข้าวในระหว่างการหุงต้ม ข้าวที่มีโปรตีนสูงต้องใช้เวลาในการหุงต้มนาน เนื่องจากร่างแหโปรตีนที่อยู่ในรอบเมล็ดสตาร์ชจะเป็นตัวกั้นการดูดซึมของน้ำของเมล็ดสตาร์ช ข้าวที่มีโปรตีนต่ำ เมื่อหุงสุกจะมีความนุ่มจะเกาะตัวกันมากกว่าข้าวที่มีโปรตีนสูงนอกจากนั้นโปรตีนยังมีผลต่อคุณภาพด้านสีของข้าวเมื่อหุงสุกแล้วข้าวที่มีโปรตีนสูงจะมีสีคล้ำเนื่องจากโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ

2.5.3 ความคงตัวของเจล (Gel consisitency)

ความคงตัวของเจลขึ้นอยู่กับปริมาณอะมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพการหุงต้มและรับประทานแตกต่างกัน ในข้าวบางพันธุ์ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกัน แต่ข้าวสุกอาจมีคุณภาพแตกต่างกันบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสุกเมื่อเย็นแล้วมีความแข็งหรือมีความคงตัวแตกต่างกัน มีการแบ่งประเภทข้าวจากค่าความคงตัวเป็น 3 ชนิด ดังตารางที่ 4

ตารางที่4 แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก

ประเภทแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มม.) (แป้ง 100 มก. ใน KOH 0.2N(2มล.))
แป้งสุกแข็ง	26-40
แป้งสุกปานกลาง	41-60
แป้งสุกอ่อน	61-100

ที่มา**:**Juliano et al. (1980)

ข้าวที่มีความคงตัวของเจลต่ำจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกนุ่มกว่าข้าวที่มีความคงตัวของเจลสูงเมื่อมีปริมาณอะมิโลสเท่ากัน (Juliano.1982)

2.5.4 อุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization temperature)

เป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็นเจลและเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหุงต้ม โดยทั่วไปต้องใช้เวลา 14-24 นาที เพื่อต้มเมล็ดข้าวให้สุกข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสูงต้องใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำอุณหภูมิแป้งสุกสามารถ คาดคะเนได้โดยดูจากการทดสอบค่าการสลายเมล็ดในด่าง (Alkali test) ของข้าว โดยสามารถแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิตามอุณหภูมิแป้งสุกเป็น 3 ประเภท ดังตารางที่ 5

ตารางที่5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสลายเมล็ดในด่างกับอุณหภูมิแป้งสุก

อุณหภูมิแป้งสุก (°C)	ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก	ค่าการสลายเมล็ดในด่าง
55-69	ต่ำ	6-7
70-74	ปานกลาง	4-5
74.5-79	สูง	2-3

ที่มา :Juliano et al. (1980)

2.5.5 อัตราการยืดตัวของเมล็ดแป้งสุก (Elongation ratio)

ในระหว่างการหุงต้มเมล็ดข้าวจะขยายตัวโดยรอบ โดยเฉพาะในด้านยาว ในข้าวบางพันธุ์ เมล็ดสามารถยืดตัวได้มากซึ่งเป็นลักษณะพิเศษที่เป็นที่นิยม การที่เมล็ดยืดตัวได้มากทำให้เมล็ดข้าวสุกไม่เหนียวติดกันคุณสมบัตินี้ช่วยเสริมให้ข้าวนั้นขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น (Juliano and Perez,1984)

2.6 น้ำตาล

ชนิดของน้ำตาลที่ใช้ในการประกอบอาหารมีหลายลักษณะ ความสำคัญของน้ำตาลกับขนมหวาน คือ ทำให้อาหารมีรสหวาน เช่น เพิ่มความอร่อยทำให้แป้งนุ่ม อาหารอร่อยใสขึ้นตกแต่งให้อาหารสวยงาม เคลือบไม่ให้อาหารแห้งทำให้อาหารมีสีสวย มีกลิ่นหอม น้ำตาลที่ใช้ในการประกอบขนมหวานไทย คือ

2.6.1 น้ำตาลทราย เป็นน้ำตาลที่เป็นผลึก ทำจากอ้อย น้ำตาลทรายจะมีสองสี สีขาว คือ น้ำตาลที่ถูกฟอกจนมีสีขาวและแข็งสะอาดละลายน้ำยาก ส่วนน้ำตาลทรายสีแดง คือน้ำตาลทรายที่ไม่ได้ฟอกให้ขาวจึงมีกลิ่นหอม จะมีเกลือแร่ และวิตามินเหลืออยู่บ้าง น้ำตาลทรายแดง ยิ่งสีเข้มแสดงว่ามีสารอื่นปนอยู่มาก ส่วนใหญ่จะไม่นิยมใช้น้ำตาลทรายแดงทำขนมหวาน นอกจากขนมบางอย่าง เพื่อให้การทำอาหารสะดวกขึ้น น้ำตาลทรายออกมาขายในรูปแบบต่างๆเพื่อสะดวกในการใช้ เช่น

- น้ำตาลไอซิ่ง ได้จากน้ำตาลทรายขาวธรรมดา นำมาบดให้ละเอียดอ่อน เอาเฉพาะส่วนที่ป่นละเอียดเหมือนแป้งใส่แป้งข้าวโพดหรือแป้งมันลงไป 3 เปอร์เซ็นต์ เพื่อกันไม่ให้น้ำตาลจับกันเป็นก้อน

- น้ำตาลป่น คือน้ำตาลทรายธรรมดาที่เอามาป่นให้ละเอียด แต่ไม่เท่ากับน้ำตาลไอซิ่ง การป่นน้ำตาลเพื่อให้ผสมเข้ากับเครื่องปรุงได้ง่าย

2.6.2 น้ำตาลไม่ตกผลึก (น้ำตาลปึบ) ได้แก่ น้ำตาลโตนด น้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลทั้งสองชนิดนี้ นิยมทำขนมหวานไทย เช่น แกงบวด ขนมหม้อแกงสังขยา ฯลฯ เป็นต้น เพราะให้ความหอมหรือเคี่ยวทำน้ำเชื่อมชนิดข้นไว้หยอดหน้าขนม โดยบางชนิด เช่น ขนมเหนียว ขนมนางเล็ด ฯลฯ

2.6.3 น้ำเชื่อม ในการทำขนมหวานไทย เราจะทำน้ำเชื่อมเองไม่นิยมซื้อน้ำเชื่อมเป็นขวดมาใช้จะเริ่มต้นตั้งแต่ละลายน้ำตาลกับน้ำ ตั้งไฟเคี่ยวให้เดือด การทำน้ำเชื่อมให้ขาว คือฟอกสีน้ำตาลโดยใช้เปลือกไข่ฟอกกับน้ำตาลตั้งไฟพอละลายแล้วกรองนำไปตั้งไฟต่อ เคี่ยวจนได้น้ำเชื่อมเหนียวข้นตามต้องการเพื่อนำมาทำขนมชนิดต่าง ๆ

2.7 เกลือ

เกลือเป็นสารปรุงรสที่คนนิยมใช้มากที่สุดในโลก และยังใช้เติมในเนื้อสัตว์ ปลา และพืชผัก เพื่อให้เก็บไว้ได้นาน และยังใช้ในการเคลือบยาและสารเคมีที่ใช้กับชีวิตประจำวันของมนุษย์มากที่สุด (วิจิตร, 2533)

เกลือที่ใช้การแปรรูปอาหาร อยู่ในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์ หรือทราบกันในชื่อของเกลือแกง แต่เดิมมนุษย์ใช้เกลือเพื่อป้องกันการเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ของเนื้อสัตว์ในสภาพห้องธรรมดา ปริมาณการใช้เกลือในสภาพการหมักเนื้อจะใช้ที่ความเข้มข้นสูง โดยปกติต้องให้มีเกลือในผลิตภัณฑ์ปริมาณร้อยละ 6 ทำให้เนื้อมีรสชาติเค็มจัด และลักษณะผิวหนังแห้ง มีผิวหน้าเหี่ยวย่น มองดูไม่น่ารับประทานแต่ปัจจุบันมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีต่างๆเข้ามามีบทบาทต่อการถนอมรักษาเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ทำให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นปริมาณการใช้เกลือจึงลดลงเพื่อให้รสชาติดีขึ้น

2.8 กะทิ

กะทิได้จากมะพร้าว ขนมไทยนิยมใช้กะทิที่คั้นเองจากมะพร้าวขูดใหม่ๆ ถ้าคั้นกะทิจากมะพร้าวที่มีกลิ่นจะทำให้กลิ่นของขนมเสีย ทั้งกลิ่นและรสอาจเปรี้ยวแก้ไขได้ยากไม่สามารถจะกลบกลิ่นของกะทิได้ แม้แต่นำไปตั้งไฟกวน มะพร้าวเมื่อซื้อมา ถ้ายังไม่ใช้ ควรเก็บในตู้เย็นหรือต้องคั้นเป็นกะทิทันที และทำให้ร้อนหรือให้สุกก่อนถ้าต้องการเก็บไว้ยังไม่ใช้ทันที การคั้นมะพร้าวเพื่อให้ได้หัวกะทิ จะนวดมะพร้าวก่อนใส่น้ำร้อนหรือน้ำสุกแต่น้อยนวดน้ำในมะพร้าวออกมาจะได้หัวกะทิข้นขาวในการทำขนมหวานโดยต้องการใช้หัวกะทิข้นๆ เพื่อให้ขนมน่ารับประทาน

2.9 การฆ่าเชื้ออาหารโดยการใช้ความร้อน

การฆ่าเชื้ออาหารด้วยความร้อน สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

2.9.1 การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization)

การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ มุ่งทำลายแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์และก่อให้เกิดโรคกับมนุษย์ (Pathogenic bacteria) และช่วยลดปริมาณของแบคทีเรียอื่นๆ ที่ไม่ทนความร้อน เพื่อคงไว้ซึ่งคุณภาพและคุณค่า ของอาหารนั้น เช่น การใช้ความร้อนสูงฆ่าเชื้อในน้ำนมวัวจะทำให้โปรตีนในน้ำนมจับตัวกันเป็นก้อน อาหารที่ถนอมรักษาโดยวิธีนี้จะต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ การพาสเจอไรซ์ อาจทำได้ 2 แบบ คือ

1) แบบใช้อุณหภูมิต่ำเวลานาน (Low temperature long time) เป็นระบบที่ให้ความร้อนในขั้นต่ำ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วทำให้เย็นทันที สามารถทำได้ในครัวเรือน

2) แบบใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น (High temperature short time) เป็นระดับที่ให้ความร้อนในระดับที่อุณหภูมิสูงขึ้นแต่เวลาสั้นลง คือที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน15วินาที แล้วทำให้เย็นโดยเร็วระบบนี้สามารถทำเป็นแบบต่อเนื่องได้โดยให้อาหารเหลวไหลผ่าน แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนในช่วงระยะเวลาที่กำหนด ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาอาจแตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำผลไม้ชนิดต่างๆ นิยมพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 76-93 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-3 นาที

2.9.2 การสเตอริไลซ์ (Sterilization)

วิธีการถนอมอาหารที่ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง อาจเป็นในระดับน้ำเดือดหรือสูงกว่าทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ที่ทนความร้อนรวมทั้งสปอร์ด้วย เช่น การสเตอริไลซ์น้ำนมวัวด้วยระบบ Ultrahigh temperature:UHT ซึ่งใช้อุณหภูมิ 135-150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-4 วินาที และการบรรจุกระป๋อง (canning) การสเตอริไลซ์ระบบ UHT ทำได้ 2 แบบ คือ

1) การใช้แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้อุณหภูมิสูง

2) การผสมอาหารกับไอน้ำโดยตรง แล้วอาหารจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องระเหยน้ำอีกครั้งหนึ่ง แยกน้ำออกภายใต้สภาวะสุญญากาศ

2.9.3 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อน

1)ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นวัตถุดิบที่มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นสูงจะต้องการความร้อนในการฆ่าเชื้อมากกว่าวัตถุดิบที่มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำ ความร้อนในการฆ่าเชื้อขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลา

2) ขนาดและชนิดของภาชนะบรรจุกระป๋องเป็นตัวนำความร้อนที่ดีกว่าแก้วกระป๋องที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางสั้นกว่า จะส่งผ่านความร้อนสู่จุดศูนย์กลางของอาหาร ได้เร็วกว่าในกระป๋องที่มีความสูงเท่ากัน

3) อุณหภูมิ

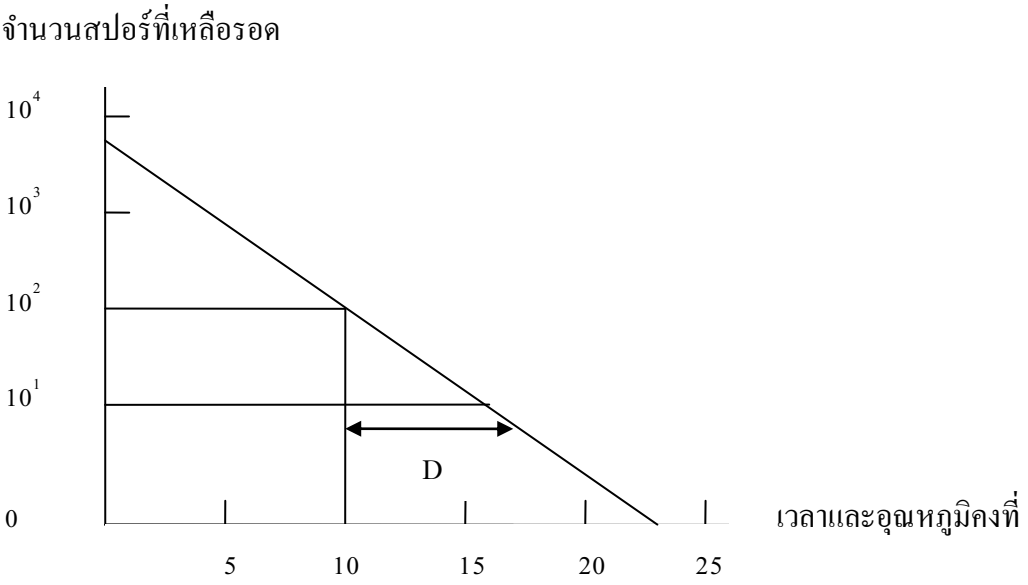
3.1) ลักษณะของอาหาร เกลือในอาหารมีผลเพิ่มค่า osmotic pressure สามารถระงับหรือชะลอการเจริญของจุลินทรีย์

3.2) ความเป็นกรด-ด่างของอาหาร อาหารที่มี pH ต่ำกว่าสามารถใช้ปริมาณความร้อนในการฆ่าเชื้อน้อยกว่า

2.9.4 การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อน ได้แก่

1) D (Decimal Reduction Time) หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ลงร้อยละ 90 ของที่มีอยู่ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่า D แตกต่างกัน การหาค่า D ทำโดยใส่สปอร์ของจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนแน่นอนลงในภาชนะบรรจุแล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่โดยใช้เวลานานต่างๆกัน นำข้อมูลที่ได้มาพลอตกราฟเซมิล็อกเพื่อให้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง โดยแนวตั้งเป็น ลอคสเกล แสดงจำนวนสปอร์ที่เหลือรอดอยู่แนวนอนเป็นสเกลปกติ แสดงเวลาที่ให้ความร้อน



ภาพที่ 2 กราฟจำนวนสปอร์ของจุลินทรีย์ที่เหลือรอดที่เวลาและอุณหภูมิคงที่
ที่มา **:**วันชัย สุทธินุ่น (2546)

จากภาพที่ 2 ถ้าให้ความร้อนต่อสปอร์จำนวน 10,000 สปอร์ ที่อุณหภูมิ 240 องศาฟาเรนไฮต์ ต้องใช้เวลา 10 นาที เพื่อลดจำนวนสปอร์จาก 10,000 ให้เหลือ 1,000 หรือลดลงร้อยละ 90 (1 log cycle) ดังนั้นค่า D_{240} เท่ากับ 10 นาที ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อค่า D คือ ชนิดของสปอร์และชนิดของอาหารที่สปอร์แขวนลอยอยู่

2) Z (Z-Value) หมายถึง จำนวนองศาฟาเรนไฮต์ หรือองศาเซลเซียสที่ต้องการเพื่อเปลี่ยน Thermal death time Curve (TDT Curve)ไป 1 log cycle หรือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนค่า D ไป 10 เท่า โดยค่า D และค่า Z ของแบคทีเรียที่พบในอาหารกระป๋องแสดงในตาราง

ตารางที่ 6 ค่าความทนทานต่อความร้อน (D,Z) ที่อุณหภูมิและค่า pH ต่างๆของแบคทีเรียที่พบในอาหารกระป๋อง

Bacteria groups	Approximate range of Heat resistance	
	D	**Z**
Low-acid and semi-acid food (pH above 4.5)		
Thermophiles (spores)	D_{250}	Z (°F)
Flat-sour group (*B.stearothermophilus*)	4.0-5.0	14-22
Gaseous-spoilsge group (*C. themosaccharolyticum*)	3.0-4.0	16-22
Sulfide stinkers (*C.nigrificans*)	2.0-3.0	16-22
Mesophiles (spore)		
Putrefactive anaerobes		
C. botulinum (type A and B)	0.1-0.2	14-18
C. sporogenes group (including P.A. 3679)	1.0-1.5	14-18
Acid food (pH 4.0-4.5)		
Thermophiles (spores)		
B.coagulans (faculatively mesophilic)	0.01-0.07	14-18
Mesophiles (spores)	D_{212}	Z (°F)
B.polymyxa and *B. macerans*	0.1-0.5	12-16
Butyric anaerobes (*C.pastiurianum*)	0.1-0.2	12-16
High-acid foods (pH 4.00 and below)		
Mesophiles non spore bearing bacteria	D_{150}	Z (°F)
Lactobacillus spp. *Leuconostoc* spp.		
And yeasts and molds	0.5-0.1	8-10

ที่มา **:** Stumbo. (1973)

3) F (Sterilizing Value) หมายถึง จำนวนนาทีที่อุณหภูมิซึ่งใช้เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนในอาหารภายใต้สภาวะที่กำหนด ในการหาค่า F จำเป็นจะต้องรู้ค่า Z และอุณหภูมิที่ใช้ ซึ่งจะเรียกค่า F_0 ว่า Lethal Rate (อัตราการทำลายเชื้อจุลินทรีย์) สามารถเปิดตารางหรือคำนวณได้จากสูตร (วันชัย สุทธินุ่น,2546)

$$\text{Lethal Rate} = \frac{1}{\text{Log}^{-1}\frac{(250-CT)}{Z}}$$

การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Thermal process calculation) สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

a) General หรือ Graphical method

เป็นการหาค่า อัตราการตาย (Lethal Rate) จากการวัดอุณหภูมิทุกช่วงระยะเวลาปกติมักใช้ทุกๆ 1 นาที เปิดตารางค่า Lethal Rate ของอุณหภูมิเหล่านั้น แล้วบวกรวมค่าอัตราการตาย (Lethal Rate) ที่ได้เข้าด้วยกัน คือค่า total lethality หรือ F_0 ของกระบวนการนั้นๆ

b) Formula Method

ขั้นแรก พลอตข้อมูลของเวลาและอุณหภูมิบนกระดาษเซมิล็อก โดยให้แกนนอน เป็นเวลา และแกนตั้ง เป็น ลอคของอุณหภูมิ เวลาที่ศูนย์ คือ เวลาที่เริ่มเปิดไอน้ำเข้า และเวลาที่หม้อฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

2.10 การทำอาหารกระป๋อง

เป็นการเก็บถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ที่เรียกว่า Commercial Sterility หมายถึง การให้ความร้อน แก่อาหารในระดับที่ทำให้อาหารกระป๋องนั้นปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย และปลอดภัยจากจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้เกิดโรคต่อผู้บริโภค เมื่อเก็บอาหารกระป๋องนั้น ภายใต้สภาวะปกติของการเก็บรักษา อาหารกระป๋องจัดว่าเป็นการเก็บรักษาอาหารในภาชนะปิดผนึกแน่น อากาศและจุลินทรีย์ใดๆ ไม่สามารถเข้าไปปะปนได้อีก

2.10.1 หลักในการบรรจุอาหารใส่ภาชนะ

1) การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารขณะร้อน วิธีการนี้ภาชนะจะผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนหรือสารเคมีแล้วนำมาบรรจุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนระดับพาสเจอไรซ์หรือสเตอริไลซ์ หลังจากบรรจุอาหารจะปิดฝาทันทีและทำให้เย็น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์พวก แยม ซอส น้ำผลไม้ น้ำผลไม้เข้มข้น

2) การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารลงในภาชนะก่อนแล้วนำไปฆ่าเชื้อ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง

3) การบรรจุอาหารในระบบ Aseptic Technique วิธีการนี้อาหารจะผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว และนำมาบรรจุลงในภาชนะที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเช่นกัน ห้องที่ใช้บรรจุเป็นห้องที่มีสภาพปลอดเชื้อเช่นกัน ทำให้สภาวะการบรรจุจึงเป็นสภาวะที่ปลอดเชื้อ (วิไล รังสาดทอง,2545)

2.10.2 กรรมวิธีการผลิตอาหารกระป๋อง

ขั้นตอนการผลิตอาหารกระป๋องส่วนใหญ่ ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

2.10.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ (Preparation)

คุณภาพวัตถุดิบมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยตรง วัตถุดิบจะต้องผ่านการทำความสะอาด มีความแก่อ่อน และขนาดสม่ำเสมอ มีความสด การเตรียมวัตถุดิบนี้อาจแตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบ ประกอบด้วยขั้นตอนเช่น

1) การทำความสะอาด แยกสิ่งปลอมปนต่างๆ ทั้งกรวด หิน ดิน ทราย เศษไม้ หญ้า โดยให้วัตถุดิบ เคลื่อนที่ไปบนสายพาน หรือตะแกรงหมุนที่มีน้ำฉีด หรือปล่อยลอยไหลไปตามรางน้ำ

2) การคัดขนาด ช่วยให้สะดวกต่อการบรรจุ และทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอเรียบร้อยสวยงาม อาจต้องใช้คนงานที่มีความชำนาญหรือใช้เครื่องมือในการช่วยคัดขนาด การวัดความแก่อ่อนจำเป็นต้องมีการดัดแปลงวิธีการให้เหมาะสมกับวัตถุดิบแต่ละชนิด เช่น วัดความแก่อ่อนของถั่วสามารถใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นต่างกันในการแยกได้หรือ ใช้ความถ่วงจำเพาะ เช่นเดียวกับการวัดหัวมัน

3) การตัดแต่ง วัตถุดิบบางชนิดอาจจะต้องมีการแยกส่วนที่ไม่ต้องการ เช่น เด็ดก้าน ตัดขั้ว ปอกเปลือก เจาะไส้ เจาะแกนแยกเมล็ด รวมทั้งการผ่าซีก ตัดให้ได้รูปร่างและขนาดตามต้องการ หรือแม้แต่การตัดส่วนที่เป็นตำหนิหรือรอยช้ำออก

2.10.2.2 การลวกน้ำร้อน (Blanching)

เป็นขั้นตอนที่จะช่วยรักษาให้วัตถุดิบมีคุณภาพดี โดยเฉพาะหลังการบรรจุแล้ว โดยมีวัตถุประสงค์ได้แก่

1) ทำลายเอนไซม์ในวัตถุดิบซึ่งมีผลทำให้สี กลิ่นเปลี่ยนแปลง

2) ช่วยกำจัดอากาศออกจากผิวหน้าของวัตถุดิบ

3) ช่วยให้วัตถุดิบหดตัวและนิ่มง่ายต่อการบรรจุ

4) ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์

วิธีการลวกน้ำร้อนสามารถทำได้หลายแบบ เช่น การจุ่มวัตถุดิบในน้ำที่กำลังต้มเดือด ตามระยะเวลาที่กำหนดและนำขึ้นแช่ใน น้ำเย็น ทันที หรืออาจใช้การนึ่งไอน้ำ โดยให้วัตถุดิบเคลื่อนที่ผ่านอุโมงค์ไอน้ำที่มีการควบคุมอุณหภูมิและเวลาอย่างเหมาะสม

2.10.2.3 การบรรจุกระป๋อง (Filling)

เมื่อวัตถุดิบได้ผ่านการเตรียมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะถูกส่งมายังแผนกบรรจุภาชนะ ที่ใช้บรรจุอาหารเป็นภาชนะขวดแก้ว หรือกระป๋องโลหะ ภาชนะเหล่านี้ต้องผ่านการทำความสะอาดก่อนที่ใช้บรรจุอาหาร การบรรจุจะกำหนดการควบคุมน้ำหนัก บรรจุให้คงที่เสมอ หลังบรรจุวัตถุดิบแล้วอาจมีการเติมของเหลว เช่น น้ำเชื่อม น้ำเกลือ น้ำแกง หรือน้ำมันตามวัตถุประสงค์ของการผลิต

2.10.2.4 การไล่อากาศ (Exhausting)

เพื่อทำให้อาหารกระป๋องหลังจากปิดผนึกฝากระป๋อง แล้วมีสภาพสุญญากาศจำเป็นต้องมีการไล่อากาศภายในอาหารกระป๋องออกให้มากที่สุดเพื่อวัตถุประสงค์คือ

1) กำจัดออกซิเจนที่มีปะปนในอากาศในอาหาร ช่วยรักษาคุณภาพของอาหารจากการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากออกซิเจน

2) ป้องกันการเกิดแรงดันของอากาศภายในกระป๋องระหว่างการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูง ซึ่งอาจทำให้กระป๋องบวมบริเวณส่วนของฝาและก้นกระป๋อง

วิธีการไล่อากาศเริ่มจากการบรรจุอาหารส่วนที่เป็นของเหลวขณะร้อน แล้วผนึกฝากระป๋องทันทีหรือทำการไล่อากาศก่อนปิดฝาการใช้ไอน้ำฉีดพ่นอย่างแรงบนช่องว่างเหนืออาหารแล้วปิดผนึกฝาทันทีเมื่อกระป๋องเย็นตัวลงไอน้ำจะรวมตัวเป็นหยดบริเวณที่ว่างเหนืออาหารจะเป็นสุญญากาศ

2.10.2.5 การปิดผนึกฝาภาชนะบรรจุ (Seaming)

กระป๋องจะต้องปิดผนึกด้วยเครื่องผนึกฝาที่ออกแบบโดยเฉพาะเพื่อให้ฝาและ ขอบกระป๋องงอทับกันสนิท แบบ double seam มีค่าซ้อนทับมากกว่า 45% (overlab>45%) และมี body hook มากกว่า 2 มิลลิเมตร

2.10.2.6 การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Process)

เป็นการให้ความร้อนแก่อาหารกระป๋อง หลังการผนึกและบรรจุฝาแล้ว เป็นการใช้ความร้อนที่ทำให้อาหารมีสภาพปลอดเชื้อทางการค้า ต่างจากการปลอดเชื้อที่ใช้ในทางการแพทย์ (Absolute sterility) เนื่องจากปริมาณความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องไม่สูงจนทำลายคุณลักษณะและคุณค่าของอาหาร แต่เพียงพอ ที่จะทำให้อาหารปราศจากเชื้อจุลินทรีย์และสปอร์ของจุลินทรีย์ที่ก่อโรค ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ เนื่องจากโอกาสปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ก่อโรค ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ เนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาบรรจุกระป๋องส่วนใหญ่ได้แก่ เนื้อสัตว์ ปลา ปู กุ้ง หอย ไก่ เป็ด ผลไม้ และผักสด ซึ่งมี

โอกาสปนเปื้อน จากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินและสิ่งแวดล้อมทั่วๆไป ซึ่งจุลินทรีย์บางชนิดทำให้อาหารเป็นพิษมีอันตรายถึงตายได้ เช่น *Clostridium botulinum* ซึ่งนับว่าเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่อันตรายมาก สปอร์มีความทนทานต่อความร้อนสูง ชอบอาหารที่มี pH 4.5-7.0 การฆ่าเชื้อ *Clostridium botulinum* ในภาวะสปอร์ต้องใช้ความร้อน 100 องศาเซลเซียส นาน 360 นาที หรือ 105 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที หรือ 110 องศาเซลเซียส นาน 36 นาที เป็นต้น ถ้ายิ่งใช้อุณหภูมิสูงขันเวลาจะยิ่งสั้นลง

นอกจากจุลินทรีย์แต่ละชนิดยังสามารถทนความร้อนได้แตกต่างกัน เช่น Vegetative cell ของ เชื้อแบคทีเรีย จะถูกทำลายได้ด้วยอุณหภูมิ 82.2-93.3 องศาเซลเซียส ขณะที่สปอร์ของแบคทีเรียทนความร้อนได้สูงกว่า การกำหนดอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อแต่ละครั้ง นิยมใช้ระดับที่ปลอดภัยไว้ก่อน โดยมุ่งใช้ระดับความร้อนที่สูงพอในการทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* การใช้ความร้อนสูงมากเกินไป ก็จะมีผลเสียต่ออาหารด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัสได้ ผู้ผลิตอาหารกระป๋องจึงจำเป็นต้องทำการศึกษาระดับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดและตรวจสอบอยู่เสมอ

2.10.2.7 การทำให้เย็น (Cooling)

หลังจากการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อแก่อาหารกระป๋องแล้วจะต้องทำให้เย็นทันทีเพื่อป้องกันความร้อนส่วนเกินที่จะทำให้คุณภาพอาหารเสียไปด้วยการเติมน้ำเย็นลงในหม้อนึ่งหรือหม้อฆ่าเชื้อและทำให้อุณหภูมิของอาหารกระป๋องลดลงในระดับที่พอจะให้กระป๋องแห้งสนิทได้

2.10.2.8 การปิดฉลาก

บรรจุหีบห่อและการเก็บรักษา (Labelling, Packaging and Storage) เมื่อกระป๋องแห้งสนิทแล้วจะนำไปปิดฉลากและบรรจุลงหีบห่อ จากนั้นนำไปเก็บรักษาไว้เพื่อรอการจำหน่ายต่อไป (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร,2521)

2.10.3 ชนิดของภาชนะบรรจุกระป๋อง

กระป๋องเป็นภาชนะบรรจุที่สำคัญ ที่นิยมใช้กันมากเพราะ กระป๋องมีคุณสมบัติที่แข็งแรงสามารถต้านทานแรงกด กระแทกหรือความดันไอน้ำในระหว่างการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารในการแปรรูปได้เป็นอย่างดี ทำให้อาหารที่บรรจุมีอายุการเก็บยาวนาน 1-2 ปี หรือมากกว่านั้น ภาชนะกระป๋องแบ่งออกได้เป็น

2.10.3.1 กระป๋องที่ทำจากแผ่นเหล็กกล้าเคลือบดีบุก ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1) Plain cans กระป๋องเคลือบดีบุกแบบธรรมดา

2) Lacquer coated cans กระป๋องที่มีการเคลือบดีบุกแล้วมีการเคลือบภายนอกด้วยสารแลคเกอร์ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติผิวด้านในของกระป๋องให้สามารถต้านทานต่อการกัดกร่อนเนื่องจากความเป็นกรดจัดของอาหารและสามารถป้องกันการเกิดสีดำ ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น กุ้ง ปู ปลา เป็นต้น กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

-ชนิด C - enamel ลักษณะภายในกระป๋องมีสีทองใช้บรรจุอาหารประเภทเนื้อสัตว์ และผักผลไม้ที่เปลี่ยนสีง่าย

- ชนิด P - enamel ลักษณะภายในมีสีเทาเป็นมัน ใช้บรรจุผักและผลไม้ที่มีสีเข้ม แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกทำจากแผ่นเหล็กดำที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ ผ่านการรีดเย็นจนเป็นแผ่นบางๆ มีความหนาตั้งแต่ 0.15-0.5 มิลลิเมตร มีคุณสมบัติคือ ขึ้นรูปง่าย แข็งแรง ทนทาน แต่แผ่นเหล็กดำจะขึ้นสนิมได้ง่าย จึงต้องใช้ดีบุกเคลือบผิวเหล็กไว้ทั้ง 2 ด้าน คุณสมบัติของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 16) แผ่นเหล็กที่นำมาเคลือบดีบุกจะต้องมีขนาดที่แน่นอนเหมาะสมกับขนาดของกระป๋องที่จะผลิต แผ่นเหล็กดำ (Black coil) จะอยู่ในลักษณะเป็นม้วน โดยแผ่นเหล็กจะถูกคลี่ออกทำความสะอาด และผ่านเข้าไปในสารละลายด่างและกรดก่อนที่จะเคลือบดีบุกที่ใช้เคลือบแผ่นเหล็กจะต้องมีความบริสุทธิ์ถึง99.75 %

2.10.3.2 ประเภทของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

1) แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกโดยวิธีจุ่มร้อน (Hot Dip Tin Plate) วิธีนี้ปริมาณดีบุกที่เคลือบจะเท่ากันทั้ง 2 ด้าน แผ่นเหล็กชนิดนี้ปัจจุบันไม่นิยมใช้แล้ว

2) แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกโดยวิธีไฟฟ้า (Electrolytic Tin Platet, ETP) วิธีนี้เป็นที่นิยมในปัจจุบันสามารถเคลือบดีบุกให้ทั้ง 2 ด้านเท่ากันหรือไม่ก็ได้

3) กระป๋องที่ทำจากแผ่นเหล็กชุบโครเมียม หรือแผ่นเหล็กปราศจากดีบุก (Tin Free Steel, TFS) เป็นแผ่นเหล็กที่ผ่านกระบวนการเคลือบด้วยโครเมียมหรือโครเมียมออกไซด์ เพื่อลดปริมาณการใช้ดีบุกลง เนื่องจากแนวโน้มของราคาดีบุกนั้นสูงขึ้น โดยแผ่นเหล็กชุบโครเมียมนี้มีคุณสมบัติดีเด่นในด้านการเกาะติดกับแลคเกอร์ ทนความร้อนได้ดีและขึ้นรูปได้ง่าย ทนการ กัดกร่อนได้ดีหลังเคลือบสีหรือแลคเกอร์แล้ว

2.10.3.3 กระป๋องที่ทำจากอลูมิเนียม (Aluminium cans)

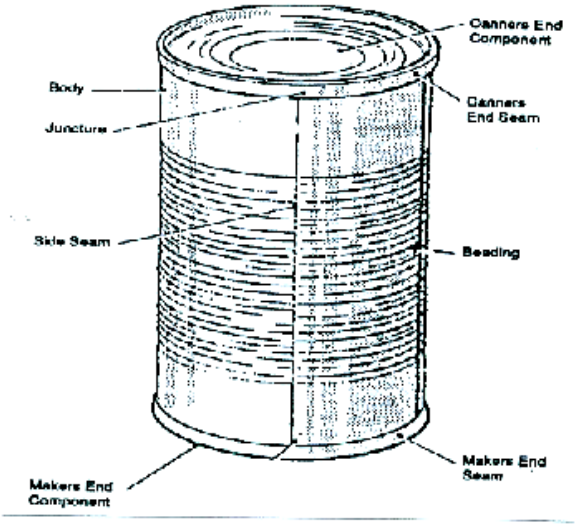
มีข้อดีกว่ากระป๋องที่ทำจากเหล็กกล้าตรงที่มีน้ำหนักเบาช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ไม่มีปัญหาการเกิดสีดำคล้ำเนื่องจากการเกิดเหล็กซัลไฟด์ ไม่เป็นสนิม เป็นเงามันและเปิดได้ง่าย แต่มีความแข็งแรงและมีความต้านทานต่อการแทงทะลุได้น้อยกว่ากระป๋องจากแผ่น

เหล็ก อลูมิเนียมที่ใช้ทำกระป๋อง ต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 331) โดยคุณภาพของอลูมิเนียมที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของกระป๋อง โดยทั่วไปโลหะผสมระหว่างอลูมิเนียมและแมงกานีส นิยมใช้ทำกระป๋อง 2 ชิ้น ส่วนโลหะผสมระหว่างอลูมิเนียมและแมกนีเซียม จะใช้ทำกระป๋อง 3 ชิ้น และฝาแบบมีห่วงให้เปิดง่าย (Easy Open-End) ข้อดีของอลูมิเนียม คือ เคลือบแลคเกอร์ได้ง่าย และติดแน่นดี น้ำหนักเบา ทำให้บุบง่าย ทนความร้อนได้สูง ทำให้เย็นตัวได้เร็ว ปัจจุบันอลูมิเนียมจะเป็นที่นิยมมากกว่ากระป๋องโลหะ โดยเฉพาะใช้บรรจุเครื่องดื่มเช่น เบียร์ น้ำผลไม้ น้ำอัดลม เป็นต้น

2.10.4 กระป๋องที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมี 2 ประเภท คือ

2.10.4.1 กระป๋อง 3 ชิ้น (3-Piece Cans)

การผลิตกระป๋อง 3 ชิ้นจะประกอบด้วย ก้นกระป๋อง (bottom or can end) ตัวกระป๋อง (body) และฝากระป๋อง (lid) ตัวกระป๋องนิยมใช้เหล็ก 2 ชนิด คือ แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก และแผ่นเหล็กปราศจากดีบุก ส่วนต่างๆ ของกระป๋อง 3 ชิ้น



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของกระป๋อง 3 ชิ้น
ที่มา: วารุณี วารัญญานนท์(2536)

2.10.4.2 กระป๋อง 2 ชิ้น (2-Piece Can)

การผลิตกระป๋อง 2 ชิ้น เป็นกระป๋องที่ไร้ตะเข็บข้าง ประกอบด้วยตัวกระป๋องและฝาล่างเป็นชิ้นเดียวกัน และมีฝาบน วัสดุที่ใช้ ได้แก่ แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก แผ่นเหล็กปราศจากดีบุก และอลูมิเนียม กระป๋อง 2 ชิ้น จะผลิตออกมา 3 แบบ คือ

- Drawn Can การขึ้นรูปกระป๋องเกิดจากการใช้ แรงอัด

- Drawn and Radown (DRD) การขึ้นรูปกระป๋องจะเป็นการปั๊มโดยใช้แรงอัด 2 ครั้งโดยตัวและก้นกระป๋องจะมีความหนาเท่ากันตลอด ทำให้ทนความดันและสุญญากาศในกระป๋องได้

- Drawn and Wall Ironed (DI) การขึ้นรูปกระป๋องโดยการรีดตัวกระป๋องแล้ว ยืดออก จะได้กระป๋องที่มีความสูง

2.10.5 ลักษณะฝากระป๋อง

ลักษณะฝาและก้นกระป๋องจะมีส่วนโค้ง เพื่อการขยายและหดตัวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อกระบวนการผลิต ทำให้ทนความกดดันทั้งภายในและภายนอก

ภาพที่ 4 ลักษณะของฝากระป๋อง
ที่มา : สุขเกษม สิทธิพจน์(2536)

2.10.6 ชนิดของสารเคลือบ (Lacquer or Enamel)

แลคเกอร์ คือ เรซิน(resin) ที่ละลายในสารละลายและเมื่อเคลือบผิวแผ่นเหล็กแล้วจะแห้งโดยการระเหยของตัวทำละลาย แลคเกอร์ทำหน้าที่เคลือบผิวโลหะเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะกับอาหาร ซึ่งอาจทำให้เกิดการกัดกร่อนของกระป๋องได้ ในกรณีที่อาหารนั้นมีกำมะถันประกอบอยู่ แลคเกอร์จะทำหน้าที่ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบของกำมะถันกับเหล็กหรือดีบุกทำให้เกิดรอยด่างดำ (sulphur staining) และยังป้องกันมิให้เกิดการฟอกสีเนื่องจากปฏิกิริยาของดีบุกต่อสีของผลไม้บางชนิด

2.10.6.1 Oleoresinous resin

เป็นแลคเกอร์ที่ใช้เคลือบกระป๋องบรรจุอาหาร โดยทั่วๆไป สามารถใช้

เป็น แลคเกอร์ที่เคลือบชั้นแรกก่อนที่จะมีการเคลือบด้วยแลคเกอร์ชนิดที่สอง แลคเกอร์ชนิดนี้ใช้เคลือบกระป๋องทุกชนิด ยกเว้นกระป๋อง Drawn and Radown เหมาะกับการบรรจุ เบียร์ เครื่องดื่ม และ น้ำผลไม้

2.10.6.2 Phenolic resin

กระป๋องที่ใช้เคลือบแลคเกอร์ชนิดนี้ใช้ได้ดีกับอาหารที่มีองค์ประกอบของซัลเฟอร์สูงๆใช้กับกระป๋อง 3 ชิ้น เหมาะกับการบรรจุผลไม้ที่เป็นกรดสูง อาหารประเภทเนื้อ ปลาซุป

2.10.6.3 Epox-phenolic resin

เป็นแลคเกอร์ที่ใช้กับกระป๋องบรรจุอาหารทั่วไป สามารถผสมด้วยสารเจือปนเพื่อคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

- ผสมกับสีซึ่งจะให้สีทองความเข้มต่างๆ กัน ตามปริมาณสีที่ใส่ลงไป เหมาะกับอาหารที่มีความเป็นกรดสูง เช่น ซุปมะเขือเทศ

- ผสมด้วยอลูมิเนียมปริมาณ 50% สำหรับอาหารประเภทที่มีซัลเฟอร์สูง หรือ อาหารทะเล เช่น เนื้อ ปลา เป็นต้น

- ผสมด้วยสังกะสีออกไซด์ เหมาะสำหรับบรรจุอาหารเหลว เช่น ซุปและผัก epoxy-phenolic สามารถใช้เคลือบบนกระป๋องทั้งภายนอกและภายในของ ETP และ TFS ทั้งผิวกระป๋องและฝากระป๋องชนิด Drown Can และ DRD

2.10.6.4 Epoxy-amino lacquer

เป็นแลคเกอร์ใสมีความคงทนต่อสภาวะการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงได้ดี ทนต่อสารเคมี ส่วนใหญ่จะใช้เป็นแลคเกอร์ภายนอก ป้องกันการผุกร่อนภายนอกของกระป๋องได้ดี โดยการเคลือบเพียงชั้นเดียว เหมาะสำหรับกระป๋อง 3 ชิ้น ฝาของกระป๋องชนิด Drawn Can และ DRD

2.10.6.5 Vinyl resin

มีคุณสมบัติยืดหยุ่นดีติดแน่นบนวัสดุโดยเฉพาะบนอลูมิเนียม ปราศจากกลิ่น และรสชาติ ที่อุณหภูมิสูงๆอาจจะไหม้ได้ เมื่อแห้งเองแล้วจะถูกละลายได้อีกด้วยตัวทำละลาย การนำไปใช้งานจะเป็นฝาจุกและฝาเกลียวแบบอลูมิเนียม ที่เป็น Deep Drawn ใช้เคลือบภายในและภายนอกกระป๋องสำหรับอาหารแห้ง สำหรับเบียร์ ไวน์ และเครื่องดื่มบางชนิด มีการใช้มากในการเคลือบภายในชั้นที่ 2 ของกระป๋องเบียร์ และเครื่องดื่มชนิดกระป๋อง 3 ชิ้น

2.10.6.6 Organnosol resin

มีความคงทนต่อสารเคมีได้ดี ไม่มีกลิ่นและรส ใช้เคลือบผิววัสดุเพียงชั้นเดียว มีความมันน้อย โดยเฉพาะเมื่อใช้กับ ETP การใช้งานจะใช้กับกระป๋องบรรจุอาหาร ฝาจุก ฝาเกลียว lining ในกระป๋องเบียร์ ใช้กับวัสดุ TFS, ETP และ Al ของกระป๋องชนิด DRD และ Drawn Can โดยใช้กับกระป๋อง 3 ชิ้น และฝากระป๋อง

นอกจากนี้ organosol ยังใช้เป็นแลคเกอร์สำหรับตะเข็บกระป๋องใช้กันมาก ในกระป๋องทำอาหาร และเครื่องดื่ม โดยการเคลือบปริมาณน้อยก็เพียงพอที่จะใช้งานได้ สามารถ ทนต่อความร้อนได้สูง เคลือบได้ทั้งสีใส หรือผสม ผงอลูมิเนียมเป็นสีเงิน เหมาะกับอาหารประเภทเนื้อ น้ำผลไม้ น้ำมะเขือเทศ เป็นต้น

2.10.6.7 Acrylic resin

เป็น เรซิน(resin) ชนิดไม่คืนรูปสีใสและทนความร้อนได้สูงเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงมีความทนทานต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง โดยทั่วไปจะใช้เคลือบภายนอกใช้มากในกระป๋องเบียร์และเครื่องดื่มที่บรรจุลงกระป๋อง ชนิดกระป๋อง 2 ชิ้น แลคเกอร์ที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดนี้คุณสมบัติในแง่ของความปลอดภัย การยึดติดแน่น และคุณสมบัติอื่นๆเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.753)

2.10.7 การเลือกองค์ประกอบให้เหมาะสมกับชนิดของอาหาร

การเลือกองค์ประกอบให้เหมาะสมกับชนิดของอาหารจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆดังนี้

1) ชนิดของอาหาร ได้แก่ ผัก ผลไม้ อาหารประเภทเนื้อ ซุป เป็นต้น

2) องค์ประกอบของอาหาร ได้แก่ อาหารที่เป็นกรด อาหารที่มีกรดต่ำและโปรตีนสูงอาหารที่มีสีหรือ รงควัตถุ อาหารที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ

3) ลักษณะโดยทั่วไปของอาหาร ได้แก่ อาหารที่เป็นของเหลว เช่น น้ำผลไม้ อาหารที่มีของแข็งร่วมกับของเหลว อาหารที่มีลักษณะเข้มข้นมีความหนืด อาหารแห้ง

4) คุณลักษณะของกระป๋องที่ใช้

5) ราคา

6) อาหารที่บรรจุภายในกระป๋องจะต้องปลอดภัย

2.10.8 ประเภทของอาหารตามระดับความเป็นกรดด่าง แบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1) อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low acid food) มีความเป็นกรดด่าง 5.0-6.8 ได้แก่ อาหารประเภทเนื้อสัตว์ ทั้งหลาย เช่น ปลา ปู กุ้ง หอย เนื้อวัว เนื้อหมู และผักบางชนิด เช่น ถั่ว ข้าวโพด มันฝรั่ง มันเทศ ตลอดจนน้ำนมวัว อาหารประเภทนี้จำเป็นต้องฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูง 115.5-121 องศาเซลเซียส

2) อาหารที่มีความเป็นกรดปานกลาง (medium acid food) เป็นอาหารที่มีความเป็นกรดด่าง 4.5-5 ได้แก่ ฟักทอง หน่อไม้ฝรั่ง อาหารพวกซุปต่างๆ อาหารประเภทนี้ต้องฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง เช่น ที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส

3) อาหารที่มีความเป็นกรด (acid food) เป็นอาหารที่มีความเป็นกรดด่าง 3.7-4.5 ได้แก่ มะเขือเทศ ลูกแพร์ ลับปะรด ส้ม มะปราง

4) อาหารที่มีความเป็นกรดสูง (high acid food) เป็นอาหารที่มีความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 3.7 ได้แก่ ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวจัด เช่น มะนาว กระเจี๊ยบ มะยม และอาหารประเภทหมักดองบางชนิด ทั้งอาหารประเภทที่เป็นกรดและกรดจัดนี้ สามารถฆ่าเชื้อได้ในระดับอุณหภูมิน้ำเดือด

2.10.9 ชนิดของกระป๋องที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ต่างๆ

1) อาหารประเภทผลไม้ ผลไม้โดยทั่วไปจะมีค่า pH ระหว่าง 3-4.5 ส่วนใหญ่จะใช้กระป๋อง 3 ชิ้น ได้แก่

- กระป๋องเคลือบดีบุก (Plain Can) จะใช้กับผลไม้ที่มีสีขาวหรือสีอ่อน เช่น สับปะรด เงาะ ลิ้นจี่ ลำไย ปริมาณของดีบุกที่ละลายในผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อยจะช่วยเพิ่มรสชาติ และยังทำให้ผลไม้มีสีสดน่ารับประทาน

- กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ (Lacquered Can) เหมาะกับผลไม้ที่มีรงควัตถุสูง เช่น สตรอเบอรี่ องุ่น จะมีแอนโทไซยานินอยู่ปริมาณมาก ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับดีบุกเกิดแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งแก๊สนี้จะทำให้สีในผลไม้ซีดลง แลคเกอร์ที่เหมาะกับผลไม้ประเภทนี้ได้แก่ oleoresinous ซึ่งสามารถทนต่อการกัดกร่อนของกรด และป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างดีบุกกับแอนโทไซยานิน นอกจากนี้น้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูงมาก เช่น น้ำเสาวรส น้ำแอปเปิ้ล น้ำผลไม้เข้มข้น จะเกิดการกัดกร่อนสูง ดังนั้น จำเป็นต้องใช้กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ อาหารบางชนิดจะต้องใช้กระป๋องที่เคลือบแลคเกอร์ถึง 2 ชั้น

2) อาหารประเภทผัก ผักบางชนิดที่บรรจุกระป๋องมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย และอาจจะมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย เช่น ถั่วต่างๆ เห็ด หน่อไม้ฝรั่ง ในขณะที่ผักผ่านกระบวนการให้ความร้อนโปรตีนบางส่วนจะสลายตัวให้สารประกอบซัลเฟอร์ ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับเหล็กหรือดีบุกเกิดเป็นสารประกอบสีดำของเหล็กซัลไฟด์และดีบุกซัลไฟด์ติดอยู่ที่กระป๋อง เพื่อ

ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว จะต้องใช้กระป๋องแบบเคลือบแลคเกอร์ และแลคเกอร์ที่นิยมใช้ คือ oleoresinous ผสมกับสังกะสีออกไซด์ซึ่งมีสีขาว หรือ epoxy-phenoliclacquer ผสมกับสังกะสีออกไซด์ โดยสังกะสีออกไซด์จะทำหน้าที่ป้องกันมิให้ซัลเฟอร์เข้าทำปฏิกิริยากับเหล็กหรือดีบุก แต่สังกะสีเข้ารวมตัวกับซัลเฟอร์ เกิดเป็นสารประกอบสังกะสีซัลไฟด์ทำให้ขาว ตัวอย่างเช่น การบรรจุถั่วชนิดต่างๆ ข้าวโพด เป็นต้น

ผักบางชนิดไม่ทำให้เกิดรอยด่างดำ (sulphur staining) ที่กระป๋อง เช่น แครอท มันฝรั่งกระป๋อง ที่ใช้บรรจุเป็นกระป๋องเคลือบดีบุกธรรมดา ผักหรือผลิตภัณฑ์จากผักบางชนิด เช่น น้ำมะเขือเทศเข้มข้น (ความเป็นกรดสูง) หน่อไม้ฝรั่ง ถั่วแขก ผักขม จะทำให้เกิดการกัดกร่อน ต่อกระป๋องที่ใช้ ดังนั้นจะต้องเลือกใช้กระป๋องที่เคลือบดีบุกสูง และ เคลือบแลคเกอร์ที่มี สังกะสีออกไซด์ โดยอาหารบางชนิดจะต้องมีการเคลือบแลคเกอร์ถึง 2 ชั้น เช่น ผักดอง

3) อาหารประเภทเนื้อ มีองค์ประกอบของโปรตีนสูง ทำให้ปริมาณของซัลเฟอร์อันเกิดจาก sulphur amino acid ในเนื้อจะสูงด้วย ดังนั้นปฏิกิริยาของสารประกอบซัลเฟอร์กับดีบุกหรือเหล็ก เกิดเป็นสารประกอบที่ให้สีม่วง หรือสีดำของ stannous sulphide และ iron sulphide แลคเกอร์ที่ใช้บรรจุอาหารประเภทเนื้อ ได้แก่ epoxy-phenolic หรือ phenol formaldehyde ผสมกับผงอลูมิเนียม ให้สีเงิน ซึ่งจะป้องกันการเกิดรอยด่างดำที่ผิวกระป๋องได้

4) อาหารประเภทปลา กระป๋องที่ใช้บรรจุปลาส่วนใหญ่จะเป็นกระป๋อง 2 ชิ้น ชนิด Draw Can และ Drawn and Redrawn แลคเกอร์ที่ใช้จะเป็นชนิดเดียวกับที่ใช้กับกระป๋องสำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อ ได้แก่ epoxy-phenolic lacquer หรือเรียกว่า seafood enamel ปลาบรรจุในซอสมะเขือเทศมีความเป็นกรดสูงจึงมีคุณสมบัติกัดกร่อนสูงมากและมีแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้นด้วย สำหรับปลากระป๋อง ที่บรรจุในน้ำเกลือหรือน้ำมัน การกัดกร่อนจะแตกต่างกัน

5) เครื่องดื่ม มีทั้งที่มีแก๊สและไม่มีแก๊ส เมื่อบรรจุในกระป๋องเคลือบดีบุกจะเกิดปฏิกิริยา อันเนื่องจากตะกั่วและเหล็ก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป ดังนั้นแลคเกอร์ที่เคลือบกระป๋องจะต้องประกอบด้วย 2 ชั้น ได้แก่ oleore-sinous และ vinyl copolymer หรือ aluminium can

2.10.10 การกัดกร่อนของกระป๋อง (can corrosion)

การกัดกร่อนของกระป๋องเกิดขึ้นได้ทั้งภายนอกและภายในกระป๋อง โดยอาจเกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษากระป๋องเปล่า การฆ่าเชื้อ การลำเลียงขนส่ง และการเก็บรักษากระป๋องที่บรรจุและฆ่าเชื้อแล้ว

2.10.10.1 การกัดกร่อนภายนอกกระป๋อง

1) การเกิดสนิมภายนอกกระป๋อง

ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเหล็กกับออกซิเจนภายในและความชื้นที่พอเหมาะทำให้เกิดเป็นรูเข็มจนแผ่นโลหะทะลุ สาเหตุของการเกิดสนิมเกิดจาก

- คุณภาพของแผ่นเหล็กเนื่องจากการเคลือบดีบุก แลคเกอร์ หรือเคลือบโครเมียมไม่สม่ำเสมอ ทำให้เหล็กเกิดสนิมได้ในสภาพที่ความชื้นสูง

- รอยขีดข่วนบนกระป๋องโลหะ ทำให้สารที่เคลือบหลุดจะทำให้เกิดสนิมได้ง่าย

- คุณภาพของน้ำที่ใช้ฆ่าเชื้อและน้ำที่ทำให้กระป๋องเย็น มีส่วนประกอบของเกลือ เช่น คลอไรด์หรือฟอสเฟต สารเหล่านี้ถ้ามีปริมาณอยู่เพียงเล็กน้อยก็ทำให้เกิดสนิมขึ้นได้

- การทำให้กระป๋องเย็นหลังจากการฆ่าเชื้อ ถ้าทำให้กระป๋องเย็นเกินไปจะทำให้กระป๋องแห้งช้าและเกิดสนิมได้ อุณหภูมิที่พอเหมาะประมาณ 35 องศาเซลเซียส

- สภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาและขนส่ง ที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงเกินไป ทำให้กระป๋องเป็นคราบดำ (staining) และเกิดเป็นสนิมขึ้นเมื่อเก็บไว้ระยะเวลานาน

2) ดีบุกที่เคลือบผิวนอกหลุด (detinning) เนื่องจาก

- น้ำในหม้อฆ่าเชื้อมีฤทธิ์เป็นด่าง เนื่องจากสารละลายของคาร์บอเนตและฟอสเฟตที่ใช้ในหม้อไอน้ำออกมาปะปนกับไอน้ำ เมื่อสัมผัสกับกระป๋อง จะทำให้เกิดการกัดกร่อนได้

- น้ำที่ใช้ล้างกระป๋องมีฤทธิ์เป็นด่าง

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อเป็นสนิมและสัมผัสกับกระป๋อง การกัดกร่อนภายในกระป๋อง

2.10.10.2 การกัดกร่อนภายในกระป๋อง

1) คุณสมบัติของโลหะที่ใช้ทำกระป๋อง การเคลือบดีบุกบนพื้นผิวโลหะความสม่ำเสมอในการเคลือบดีบุกและแลคเกอร์

2) ชนิดและคุณสมบัติของอาหาร เช่น อาหารที่มีความเป็นกรดสูงสามารถที่จะละลายดีบุกจากกระป๋องให้อยู่ในอาหารได้ ทำให้เกิดการสัมผัสของเหล็กกับอาหารเกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้น

3) ชนิดของกระป๋องที่เลือกใช้ อาหารที่มีสมบัติการกัดกร่อนสูงต้องใช้กระป๋องเคลือบแลคเกอร์เหมาะสม เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างอาหารกับดีบุก ซึ่งทำให้อาหารเปลี่ยนสีหรือคราบดำเกิดขึ้น

4) ปริมาณกำมะถัน กำมะถันถึงแม้จะอยู่ในรูปของแก๊สหรือสารประกอบจะมีผลทำให้เกิดการกัดกร่อนได้

5) สุญญากาศและปริมาณออกซิเจนภายในกระป๋อง ในสภาพที่ไม่มีอากาศ การละลายของดีบุกดีที่สุดที่ pH 4-5 หากปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้นการกัดกร่อนจะสูงขึ้น โดยมีผลต่อคุณภาพของอาหารทางด้านสีและกลิ่นรสด้วย

6) สารแอนโทไซยานินที่พบในอาหาร มีคุณสมบัติที่จะรวมตัวกับโลหะได้ เช่น เหล็ก ดีบุก ทำให้เกิดการละลายของโลหะมากขึ้น

7) อุณหภูมิในการเก็บรักษา การเก็บรักษากระป๋องในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำและแห้ง จะช่วยลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกระป๋องกับอาหารได้

8) การทำกระป๋องให้เย็นอย่างรวดเร็ว หากกระป๋องเย็นช้าเกินไป หลังการฆ่าเชื้อจะช่วยเร่งการกัดกร่อน

2.10.10.3 การเสื่อมเสียของอาหารกระป๋อง สามารถแบ่งออกได้เป็น

1) การเสื่อมเสียที่ไม่ได้เกิดจากจุลินทรีย์ มักเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี โดยมีสารประกอบที่มีอยู่ในอาหารกระป๋องและมักเกิดจากสาเหตุที่กระป๋องที่ใช้มีความบกพร่องบางประการ เช่น การเคลือบสารดีบุก หรือแลคเกอร์ไม่ดี ทำให้เกิดรู หรือที่เรียกว่า ตามด สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยากับเหล็กที่ทำกระป๋องได้ และมีสาเหตุอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี รวมทั้งเกิดจากการกระแทกระหว่าง การขนส่ง ดังมีลักษณะของการเสื่อมเสีย ดังนี้

- กระป๋องบวมเนื่องจากการเกิดก๊าซไฮโดรเจน เกิดกับอาหารที่เป็นการบรรจุในกระป๋องที่บกพร่องจากการเคลือบดีบุกและแลคเกอร์ไม่ดี ทำให้กรดสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับเหล็กได้เกิดการกัดกร่อนได้ก๊าซไฮโดรเจน กระป๋องจะมีลักษณะบวม และตะเข็บกระป๋องปริแตกในที่สุดสาเหตุดังกล่าวสามารถเกิดได้ทั้งในกระป๋องประเภท plain cans และ lacquer cans

- กระป๋องบวมเนื่องจากเกิดก๊าซไนโตรเจน เกิดจากการแตกตัวสารประกอบไนไตรท์ได้ก๊าซและสารไนโตรเจน พบในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีการเติมไนไตรท์มากเกินไป

- กระป๋องบวมเนื่องจากการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโน

- การเปลี่ยนสีของอาหารกระป๋อง เพราะปฏิกิริยาของเหล็กและซัลเฟอร์จากโปรตีนเนื้อสัตว์ได้เป็นเหล็กซัลไฟด์

- การบรรจุมากเกินไป กระป๋องจะมีลักษณะโป่งบวมอย่างถาวร

- การเกิดจุดด่างในกระป๋อง เกิดจากสารเคมีที่แปลกปลอมอยู่ในอาหารหรือที่ภายในกระป๋อง

- การบุบของกระป๋อง เนื่องจากแรงกด แรงกระแทกอย่างรุนแรงระหว่างการขนส่ง

- กระป๋องเกิดสนิม มีสาเหตุหลายประการ เช่น หลังจากการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนทำให้กระป๋องเย็นเกินไป กระป๋องจะไม่แห้งเกิดสนิมได้ หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิ ทำให้เกิดหยดน้ำบนกระป๋องก็สามารถทำให้เกิดสนิมได้ หรือมีเศษอาหารติดอยู่ที่ผิวของกระป๋องหลังจากการบรรจุและฆ่าเชื้อทำให้เป็นคราบสามารถกัดกร่อนและเป็นสนิมได้เช่นกัน หรือเกิดรอยขีดบนกระป๋องทำให้แผ่นดีบุกที่เคลือบลอกออกกระป๋องจะเกิดสนิมได้ง่าย เป็นต้น

2) การเสื่อมเสียที่เกิดจากจุลินทรีย์ มักจะเกิดจากการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ ซึ่งมีลักษณะของการเสื่อมเสียดังนี้

- การไล่อากาศภายในหม้อฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ ทำให้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อไม่ถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ในการฆ่าเชื้อ หรือความร้อนภายในหม้อฆ่าเชื้อไม่สม่ำเสมอ

- การตั้งกระป๋องในหม้อฆ่าเชื้อชิดมากเกินไป จนความร้อนไม่สามารถเข้าไปได้อย่างทั่วถึงทุกส่วนของกระป๋อง

- ขาดการควบคุมวัตถุดิบที่ใช้ ความสะอาดของโรงงานและเครื่องใช้ ทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์ในอาหารเพิ่มขึ้น แม้ใช้ปริมาณความร้อนและเวลาถูกต้องตามกระบวนการ ก็อาจไม่สามารถทำลายเชื้อและสปอร์ของจุลินทรีย์ได้หมด

- มีรอยรั่วตามตะเข็บกระป๋อง ทำให้อาหารกระป๋องมีโอกาสปนเปื้อนจุลินทรีย์ภายหลังการผลิตได้

- การทำให้กระป๋องเย็นลงช้าเกินไป มีผลให้เชื้อจุลินทรีย์ชนิดที่ทนความร้อนสูงสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่เหมาะสม

บทที่ 3
วัตถุดิบ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู พันธุ์ กข.6 ซื้อจากตลาดจ.กาญจนบุรี

3.1.2 น้ำตาลทราย ตรา มิตรผล

3.1.3 กะทิข้น ตรา ชาวเกาะ

3.1.4 เกลือ ตรา ปรุงทิพย์

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมวัตถุดิบและการผลิต

3.2.1 เครื่องครัว

3.2.2 กระป๋องขนาด 307×113 นิ้ว พร้อมฝาปิด (กระป๋องเคลือบดีบุก)

3.2.3 เครื่องฆ่าเชื้อแบบแนวนอน (Stil Holizontal Retort)

3.2.4 เครื่องไล่อากาศ (Exhuastor) T.C.TECH/Thailand

3.2.5 เครื่องปิดฝากระป๋อง (Scamer) ยนต์ไทยเจริญช่าง/Thailand

3.2.6 เครื่องชั่ง

3.2.7 เทอร์โมคับเปิล (Thermocouple)

3.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ

3.3.1 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.3.1.1เครื่องวัดสี (Hunter color system)

3.3.1.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analysis) Tax-T2i/U.K

3.3.2 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.3.2.1 เครื่องชั่งแบบละเอียด (Analytical balance percica 240-A / Switzerland)

3.3.2.2 ตู้ลมร้อน (Hot air oven / Memmert / Germany)

3.3.2.3 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Furnace 6000 Thermlyne / USA)

3.3.2.4 เครื่องเผาตัวอย่างอาหาร (Electric burner D-7370 Ostfidem / Germany)

3.3.2.5 ชุดวิเคราะห์หาไขมัน ยี่ห้อ Tecator

3.3.2.6 เครื่องย่อยโปรตีน (Buchi digestion unit B-435 / Switzerland)

3.3.2.7 เครื่องกลั่นโปรตีน (Buchi digestion unit B-323 / Switzerland)

3.3.2.8 เครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร (Fibertec system M2 / Sweden)

3.3.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.3.3.1เครื่องแก้วสำหรับการวิเคราะห์

3.3.3.2 อุปกรณ์เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

3.3.3.3 ตู้สำหรับบ่มเชื้อ

3.3.4 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

3.3.4.1 อุปกรณ์ในการทดสอบ

3.3.4.2 แบบทดสอบ

3.3.5 อุปกรณ์สำหรับศึกษาอายุการเก็บรักษา

3.3.5.1 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

3.3.5.2 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

3.3.5.3 โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS®

3.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.4.1 การศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ในการศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง จะเริ่มจากการนำข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูผสมกับน้ำกะทิและหน้าขนมตามอัตราส่วนที่เหมาะสมบรรจุลงในกระป๋องขนาด 307×113 นิ้ว จากนั้นนำมาผ่านเครื่องไล่อากาศ (Exhuastor) และปิดผนึกกระป๋องด้วยฝาแบบ Easy open และนำเข้า เครื่องฆ่าเชื้อแบบแนวนอน (Stil Holizontal Retort)ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส นาน 35 นาที และ 121 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที

<u>ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส</u>

- นำข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส นาน 35 นาที และ 121 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-Point Hedonic Scale (9=ชอบมากที่สุด และ 1=ไม่ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (Untrained Panelist) จำนวน 30 คน จากนั้นนำอุณหภูมิที่ผู้ทดสอบเลือกมาเป็นผลิตภัณฑ์และทำการศึกษาในขั้นต่อไป

ขั้นตอนการผลิต

1) การเตรียมข้าวเหนียว

นำข้าวเหนียวใส่หม้อ ใส่น้ำให้ท่วมข้าวเหนียวแช่ด้วยน้ำเปล่าให้ท่วมข้าวเหนียว พักไว้ 8 ชั่วโมง

2) การเตรียมน้ำกะทิ

ผสมหัวกะทิ น้ำตาลทราย เกลือป่น คนให้ละลาย กรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อเอาสิ่งสกปรกออกไปครั้งหนึ่ง

3) การบรรจุข้าวเหนียวกับน้ำกะทิ

นำข้าวเหนียวผสมกับน้ำกะทิที่ได้มาบรรจุลงในกระป๋องขนาด 307 ×113 นิ้วโดยแต่ละกระป๋องน้ำหนัก 200 กรัม โดยมีอัตราส่วน ข้าวเหนียว 98 กรัม : น้ำกะทิ 82 กรัม (หน้าขนมประกอบด้วย เผือกกวน แป๊ะก๊วย เม็ดบัวเชื่อม 20 กรัม)

4) การไล่อากาศ

นำกระป๋องที่บรรจุข้าวเหนียวมูนมาไล่อากาศในเครื่องไล่อากาศ (Exhuastor) โดยที่อุณหภูมิต้องไม่ต่ำกว่า 70องศาเซลเซียส

5) การปิดฝา

ผลิตภัณฑ์ที่นำมาไล่อากาศแล้วควรนำมาปิดฝาทันทีแล้วตรวจสอบสภาพของตะเข็บกระป๋องให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ก่อนนำมาฆ่าเชื้อ

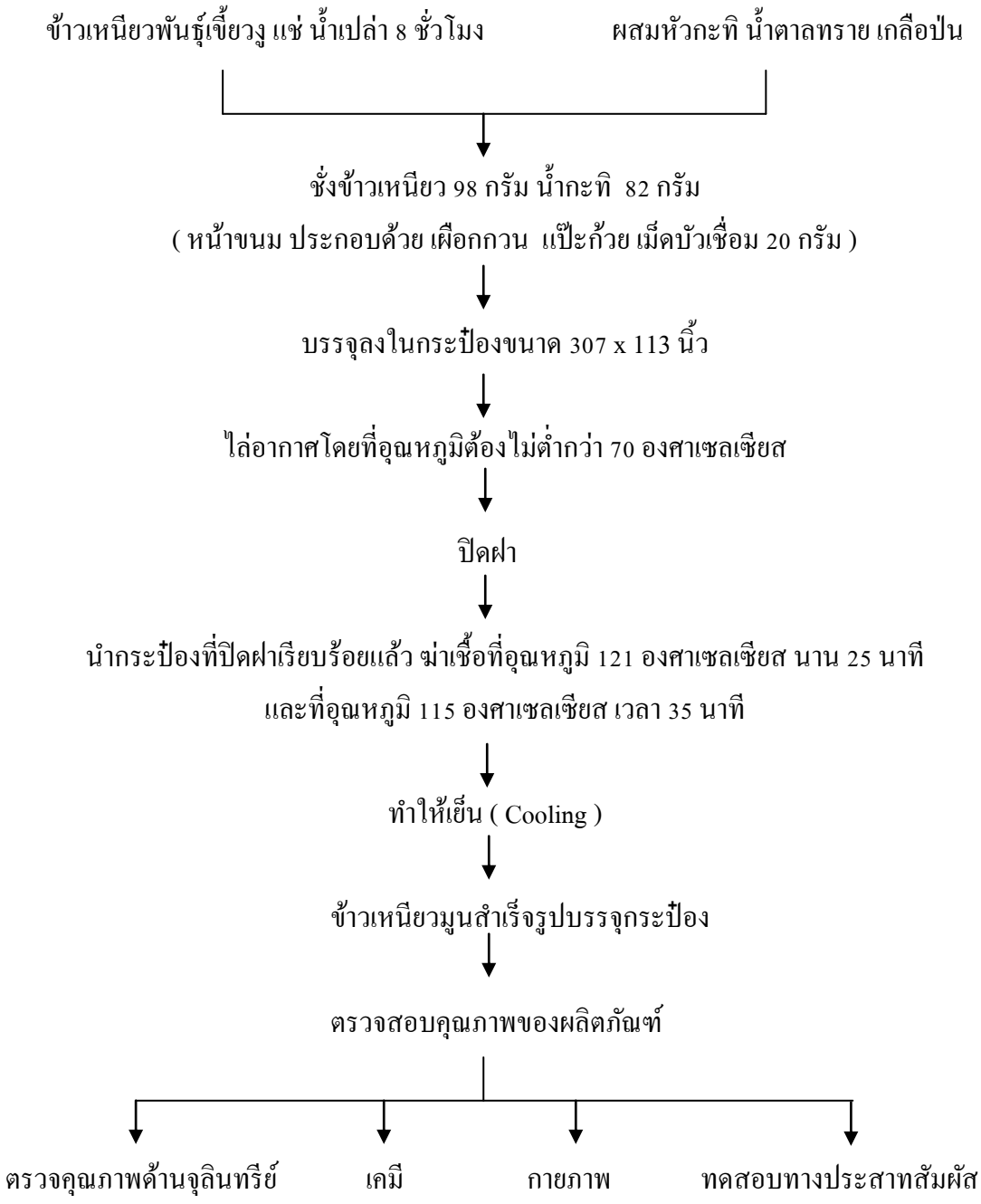
6) การฆ่าเชื้อ

นำกระป๋องที่ปิดฝาเรียบร้อยแล้วนำมาเข้าหม้อฆ่าเชื้อ(Retort) เพื่อทำการฆ่าเชื้อที่ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 25 นาทีและที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 35 นาที

7) การเก็บรักษา

เก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส จนผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์

แผนภาพแสดงกระบวนการผลิต



ภาพที่5 ขั้นตอนการผลิตข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

3.4.2 ตรวจสอบคุณภาพของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

นำข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผู้ทดสอบเลือก ที่อุณหภูมิ121องศาเซลเซียส วันที่ 0 (วันผลิต) มาทำการการตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา เพื่อให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ทดสอบคุณภาพทางกายภาพ

นำตัวอย่างที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ (ข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง) มาตรวจวัดค่า ดังนี้

- ตรวจวัดค่าสี L,a และ bโดยใช้เครื่อง Handy Colorimeter รุ่น NR 300 A
- ตรวจวัดค่าเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XTU2i Stable Micro Systems

ทดสอบคุณภาพทางเคมี

- องค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด (Proximate Analysis) : โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต โดยวิธี AOAC(1990)

ทดสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา

- ปริมาณ *Clostridium botulinum*
- ปริมาณ *Bacillus cereus*
- ปริมาณ *Bacillus stearothermophillus*

3.4.3 ศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบ

ศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อการเปลี่ยนแปลงของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คนที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (Untrained Panelist) โดยใช้แบบสอบถามและตัวอย่างผลิตภัณฑ์นำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (9= ชอบมากที่สุด และ 1=ไม่ชอบมากที่สุด)

3.4.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแล้วนำตัวอย่างมาสุ่มตรวจคุณภาพ 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน ที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียส)

ทดสอบคุณภาพทางกายภาพ

- ตรวจวัดค่าสี L,a และ bโดยใช้เครื่อง Handy Colorimeter รุ่น NR 300 A
- ตรวจวัดค่าเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture Analyser รุ่น TA-XTU2i Stable Micro Systems

ทดสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา

- ปริมาณ *Clostridium botulinum*
- ปริมาณ *Bacillus cereus*
- ปริมาณ *Bacillus stearothermophillus*

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสม

ตารางที่7 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ		115 ^{0}C	121 ^{0}C
เวลาในการให้ความร้อน		35 นาที	25 นาที
เวลาในการฆ่าเชื้อ(F_0)		7 นาที	10 นาที
การยอมรับของผู้บริโภค	ลักษณะปรากฏ	7.00 ^{a}±0.74	7.30 ^{a}±0.80
	สี	7.03 ^{b}±0.80	7.20 ^{a}±0.90
	กลิ่น	7.03 ^{a}±1.12	7.00 ^{a}±1.10
	ความเค็ม	6.36 ^{a}±1.50	6.60 ^{a}±1.40
	ความหวาน	6.70 ^{b}±1.10	7.10 ^{a}±0.70
	เนื้อสัมผัส	6.70 ^{a}±1.40	6.60 ^{a}±1.50
	รสชาติโดยรวม	7.00 ^{a}±1.20	7.00 ^{a}±1.00
	ความชอบโดยรวม	7.03 ^{a}±1.10	7.10 ^{a}±0.90

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวเลขข้างหลัง ± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

จากผลการทดสอบการฆ่าเชื้อของทั้ง 2 สภาวะพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้เมื่อนำมาทดสอบผลของการยอมรับของผู้บริโภคผลปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ยกเว้นแต่ค่าสีและความหวานของผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกัน คือที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส จะได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่า เวลาของกระบวนการ 25 นาที และเวลาในการฆ่าเชื้อ 10 นาที ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าที่ 115 องศาเซลเซียส เวลาของกระบวนการ 35 นาที และเวลาในการฆ่าเชื้อ 7 นาที ซึ่งประหยัดทั้งเวลา เชื้อเพลิง รวมทั้งมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อที่ดีกว่า จึงเลือกสภาวะอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เวลาของกระบวนการ 25 นาที เป็นกระบวนการในการผลิตข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

4.2 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

จากการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อ 115 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่ใช้การชิมและให้คะแนนในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความเค็ม ความหวาน เนื้อสัมผัส รสชาติโดยรวม ความชอบโดยรวม ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิการฆ่าเชื้อได้ผลดังนี้

ลักษณะปรากฏ จากตารางที่ 7 พบว่า ลักษณะปรากฏของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

สี จากตารางที่7 พบว่า สีของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

กลิ่น จากตารางที่7 พบว่า กลิ่นของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

ความเค็ม จากตารางที่7 พบว่า ความเค็ม ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

ความหวาน จากตารางที่ 7 พบว่าความหวาน ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

เนื้อสัมผัส จากตารางที่ 7 พบว่าเนื้อสัมผัส ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

รสชาติโดยรวมจากตารางที่ 7 พบว่ารสชาติโดยรวมของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

ความชอบโดยรวม จากตารางที่ 7 พบว่า ความชอบโดยรวมของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดย

การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอุณหภูมิ115 องศาเซลเซียส

สรุปได้ว่า ผลจากการทดสอบ ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้เมื่อนำมาทดสอบผลของการยอมรับของผู้บริโภคผลปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ยกเว้นแต่ค่าสีและความหวาน เนื่องจากอุณหภูมิในกระบวนการที่สูงกว่าทำให้การแตกตัวของกะทิดีกว่าจึงมีลักษณะปรากฏของสีขาวที่ดีกว่า ส่งผลให้ความรู้สึกถึงความหวานมีมากขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของสีของกะทิ

4.3 ลักษณะทางเคมีของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง พบว่า มีความชื้น 14.1% โปรตีน 0.53% ไขมัน 11.5% เถ้า 0.7% เยื่อใย 1.27% และคาร์โบไฮเดรต 71.9% ซึ่งปัจจัยหลักที่ส่งผลถึงองค์ประกอบของข้าวเหนียวมูนบรรจุกระป๋อง คือ ข้าวเหนียวและน้ำกะทิที่มีส่วนประกอบของโปรตีน 1-2% และไขมัน 22% ซึ่งส่งผลต่อสัดส่วนของความชื้นและคาร์โบไฮเดรตของผลิตภัณฑ์

ตารางที่8 องค์ประกอบทางเคมีข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

องค์ประกอบทางเคมี	เปอร์เซ็นต์ [1)]
ความชื้น	14.1
ไขมัน	11.5
โปรตีน	0.53
เถ้า	0.70
เส้นใย	1.27
คาร์โบไฮเดรต [2)]	71.9

หมายเหตุ [1)] ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

[2)] คาร์โบไฮเดรต = 100- (% ความชื้น + % ไขมัน + % โปรตีน+ % เถ้า+ % เยื่อใย)

4.4 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ

4.4.1 ค่าสี วัดโดยใช้วิธีของ Hunter ด้วยเครื่อง Colorimeter

ตารางที่9 ค่าสีหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ

เก็บรักษา	L	a	b	L/b
0 เดือน	49.06	-5.73	3.89	12.63
1 เดือน	53.74	-4.26	4.86	11.67
3 เดือน	62.32	-3.4	5.69	11.24
6 เดือน	60.66	-4.94	7.23	8.41

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 6 ครั้ง

ในการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์จะทำการวิเคราะห์ ค่า L และ ค่า b เป็นหลัก เพราะกะทิเมื่อมีความขาวและใส จะมีค่า L จะสูง และเมื่อเก็บไว้นานๆหรือมีการให้ความร้อนโปรตีนในกะทิจะเกิดการเสียสภาพ จับตัวกันเป็นก้อน กะทิจึงมีสีเหลืองมากขึ้น จึงทำการวิเคราะห์ค่า b เป็นหลักด้วย

ดังนั้นการทดลองนี้จึงทำการวิเคราะห์ค่า L และ b เป็นหลัก โดยนำมาหารกัน ซึ่งค่าL/b ของกะทิตามธรรมชาติจะอยู่ที่ 16.07 จากการเก็บข้อมูลพบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ (L/b) จะมีค่าลดลงตามลำดับ คือ ผลิตภัณฑ์จะมีค่าความสว่างจะลดลงและมีลักษณะสีเหลืองปรากฏมากขึ้น เนื่องจากเกิดการเสียสภาพของโปรตีนอันเนื่องมาจากการให้ความร้อนของกระบวนการ และการจับตัวกันเป็นก้อนเมื่อเก็บเอาไว้เป็นระยะเวลานาน

4.4.2 วัดค่าเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Texture Analysis

ตารางที่10 ค่าความแข็งเมื่อวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ

อายุการเก็บรักษา	0 เดือน	1 เดือน	3 เดือน	6 เดือน
Force(N)	142.73	275.35	511.5	437.9

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 6 ครั้ง

การทดสอบค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อสัมผัสจะมีค่าความแข็งมากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นเมล็ดข้าวเหนียวจะเกิดการคืนตัวโดยมีการสานกันเป็นร่างแหเกิดการยึดเหนี่ยวที่มากขึ้นและโมเลกุลของน้ำที่อยู่ภายในเมล็ดจะเกิดการระเหยออกมา เพื่อเป็นการปรับสมดุลภายในกระป๋อง ทำให้ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความแข็งมากขึ้น

4.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษา (Shelf Life) ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ในการศึกษาอายุการเก็บรักษา ได้ทำการศึกษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เพื่อทำการทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบว่าผู้ทดสอบยอมรับผลิตภัณฑ์กี่วัน

ตารางที่11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

การยอมรับของผู้บริโภค	สัปดาห์ที่			
	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ	6.80^{a}±1.01	6.47^{a}±0.90	6.08^{a}±0.99	-
สี	6.80^{a} ±0.67	6.47^{a}±0.97	5.85^{a}±1.27	-
กลิ่น	7.13^{a}±0.81	6.40^{b}±0.83	6.62^{a}±1.09	-
ความเค็ม	6.20^{a}±0.69	5.73^{b}±1.12	5.92^{a}±1.47	-
ความหวาน	6.93^{a}±0.88	6.80^{a}±0.53	6.38^{a}±0.72	-
เนื้อสัมผัส	7.07^{a}±0.76	6.67^{a}±0.80	6.23^{a}±0.83	-
รสชาติโดยรวม	7.13^{a}±0.94	6.53^{a}±0.70	6.54^{a}±1.03	-
ความชอบโดยรวม	7.41^{a}±0.84	6.80^{a}±0.75	6.54^{a}±0.88	-
การยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวเลขข้างหลัง ± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านอายุการเก็บรักษา (Shelf Life) ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องพบว่าผลิตภัณฑ์เมื่อนำมาทดสอบผลของการยอมรับของผู้ทดสอบปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)โดยผู้ทดสอบสามารถยอมรับได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่1ถึงสัปดาห์ที่3เนื่องจากสัปดาห์ที่4ผู้ทดสอบไม่สามารถยอมรับได้เพราะผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียโดยเกิดการแยกชั้นระหว่างข้าวเหนียวกับน้ำกะทิผู้ทดสอบจึงไม่สามารถยอมรับผลิตภัณฑ์ได้

ตารางที่12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

การยอมรับของผู้บริโภค	**สัปดาห์ที่**		
	1	**2**	**3**
ลักษณะปรากฏ	7.00 [a] ±0.97	6.67 [a] ±1.00	-
สี	6.67 [a] ±0.99	6.67 [a] ±0.98	-
กลิ่น	6.67 [a] ±0.98	7.20 [a] ±0.80	-
ความเค็ม	5.93 [a] ±1.54	5.80 [a] ±1.32	-
ความหวาน	6.73 [a] ±0.89	6.53 [a] ±0.92	-
เนื้อสัมผัส	6.73 [a] ±0.73	6.67 [a] ±0.80	-
รสชาติโดยรวม	7.20 [a] ±0.77	6.53 [a] ±0.92	-
ความชอบโดยรวม	7.20 [a] ±0.86	6.67 [a] ±0.90	-
การยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวเลขข้างหลัง ± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านอายุการเก็บรักษา (Shelf Life) ของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เมื่อนำมาทดสอบผลของการยอมรับของผู้ทดสอบปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)โดยผู้ทดสอบสามารถยอมรับได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่1ถึงสัปดาห์ที่2 เนื่องจากสัปดาห์ที่3 ผู้ทดสอบไม่สามารถยอมรับได้เพราะผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียโดยเกิดการแยกชั้นระหว่างข้าวเหนียวกับน้ำกะทิผู้ทดสอบจึงไม่สามารถยอมรับ

ผลิตภัณฑ์ได้เมื่อนำมาคำนวณอายุการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบสามารยอมรับผลิตภัณฑ์ได้ที่ 48 วัน ผลการยอมรับของผู้ทดสอบพบว่าลักษณะปรากฏ สี ความหวาน และเนื้อสัมผัส มีแนวโน้มที่จะลดลง เนื่องด้วยการเปลี่ยนแปลงค่าความเสื่อมของแป้งส่งผลให้คุณสมบัติในหลายๆด้านลดลง ส่วนค่าความเค็ม กลิ่น และรสชาติโดยรวมจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก เพราะไม่ใช่ผลข้างเคียงจากการเสื่อมของแป้ง ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ควรป้องกันความเสื่อมของแป้งโดยลดปริมาณน้ำในระบบให้น้อยลงและให้เมล็ดข้าวแยกตัวกันมากขึ้นหรือมีการเคลือบสาร เพื่อป้องกันการเกิดการสานกันของโมเลกุลแป้ง

4.6 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาหลังการฆ่าเชื้อของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

จากผลการทดลอง พบว่าข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ F_o10 นาที นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่มีอายุการเก็บรักษา 0 วัน 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน ทำการตรวจเชื้อได้ผลดังนี้

ตารางที่13 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาหลังการฆ่าเชื้อของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุ กระป๋อง

ผลการวิเคราะห์	เก็บรักษา			
	0 เดือน	1เดือน	3 เดือน	6 เดือน
Clostridium botulinum	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Bacillus cereus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Bacillus stearothermophillus	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ในการศึกษาเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ 115 องศาเซลเซียส เวลาในการฆ่าเชื้อ (F_0) 7 นาที ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส เวลาในการฆ่าเชื้อ (F_0) 10 นาที เมื่อนำมาประเมินโดยคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ 9- Point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (Untrained Panelist) ผลความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีผลต่อข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มากว่า อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือก อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มาผลิตข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง เนื่องจากในกระบวนการแปรรูป อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อดีกว่า อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส จากการศึกษาผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อการเปลี่ยนแปลงของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และ 55องศาเซลเซียสเมื่อนำมาประเมินโดยคุณภาพทางประสาทแบบ 9- Point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (Untrained Panelist) จะเห็นได้ว่า เมื่อเก็บรักษาข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องเป็นเวลานานขึ้น คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องมีแนวโน้มลดลง ดังนั้น จึงสอดคล้องกับการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสและค่าสีเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้นและมีสีที่เข้มขึ้น

ดังนั้น จากผลการศึกษากระบวนการผลิตข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (F_0) 10 นาที สามารถใช้ในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องได้ และปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์

เอกสารอ้างอิง

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. (2534) **คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด.** ศูนย์วิจัยข้าวปทุม สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพ ฯ. 51 หน้า

งามชื่น คงเสรี.(2531) **คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง** สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. หน้า94-101.

งามชื่น คงเสรี.(2540) **คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง** สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร,กรุงเทพฯ. หน้า94-101

งามชื่น คงเสรี. (2540) **การทำผลิตภัณฑ์ข้าว.** วารสารจาร์พา ปีที่ 4 ฉบับที่ 39 (2540) หน้า 25-28.

ชาญ มงคล. (2536) **เรื่องข้าว.** ตำราเอกสารวิชาการ ฉบับที่ 63 ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศน์ กรมการฝึกครู

ชุติมา เลิศลักษมี.(2539) **การศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

ประพาส วีระแพทย์. (2536) **การศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์.(2538)**จุลชีววิทยาของอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารคณะอุตสาหกรรมการเกษตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ.(2541) **บรรจุภัณฑ์อาหาร**. บริษัท แพคเมทส์ จำกัด กรุงเทพ ฯ. หน้า360

ทิพาพา อยู่วิทยา. (2536) “ **สาระน่ารู้เกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดการกำหนด-กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน**” วารสารอาหาร ปีที่ 23 ฉบับที่ 1(2536)หน้า46-53.

ภัทรชนก ธีรธิติ,รัชนี ศรีสรรณวิทย์ และ สุวรรณี จิตตินรเศรษฐ์. (2536) **ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป**. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิตภาคอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันชัย สิทธินุ่น.(2546) **วิศวกรรมอาหาร1**.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

วราวุฒิ ครูส่ง. (2539)**การถนอมอาหารและการแปรรูปอาหาร.**มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช . กรุงเทพฯ.หน้า 90

วุฒิชัย นาครักษา. (2535) **เทคโนโลยีธัญพืช**. ภาคอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 198 หน้า.

สุวรรณ รัตนโชตินันท์ และ สิริพร โตมา. (2537) **ข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูปเสริมไอโอดีน**. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาคอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2532) **เคมีทางธัญญาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 148 หน้า.

Alstrand,D.V.,and ?O.F. Ecklund.(1952)**The Mechanic and Inter Pretation of Heat Penetration Test in Canned Foods.** Journal of food Technology. 6: 185-189

Adair,C.B.,H.M.Beachell,T.H.Johnst,J.R.Thysell,V.E.Green,B.D.Webb and J.G. Atkins

Batcher,O.M.,K.F. Helmintollrr and E.h. Dawson.(1958) **"Development and Application of Methods for Evaluation Cooking and Quality of Rice"** Journal of Rice .59 :4-8,32

Association Official Analytical Chemists (AOAC).(1995) **Official Method of Analysis**. Washington DC.

Bean,M.M.,Esser,C.A.and Nishita,K.D. (1984) **Some Physicochemical and food Application Characteristics of California Waxy rice Varieties**. Cereal Chemistry.61(6):475-480.

Birch G.G and Priestly R.J.(1973) **Degree of Gelatinisation of Cooked Rice**. Journal of Die Starke. 25(3):98-100.

Buttery, R.G., O. Juliano and L.C. Ling. (1983)**Identification of rice aroma compound 2-acetyl-1- pyrroline in pandan leaves**. Chem. Ind. (London).20:478

Demont,J.I. and Burns,E.E. (1968) **Effect of certain variable on canned riced quality**. Journal of Food Technology.22(2):1186-118

Desikachar, H.S.R (1956) **Changes leading to improve culinary properties of rice on storage**. Cereal Chen.33:324-328

Desikachar, H.S.R. and Subrahmanyan.(1959) **Expansion of new and old rice during cooking**.Cereal chemistry.36(4):385-391

Gerdes,d.l. and Burns,E.E.(1982)**Techniques for canning instant parboiled rice**. Journal of Food Scinece.47(5):1734-1735

Gutterson,M.(1972) Cereal Products.In:**Food canning techniques**. Noyes Date Coreratio, New Jersey U.S.A.p.221-223

Ferrel,R.E.,Kester,E.B.and Pence,J.W.(1960) **Use of emulsifier and emulsified oil to reduce cohesion in canned white rice**. Journal of Food Technology.14(2):102-105

Jowitt,R.(1974)The **Terminology of Food Texture. Journal of Texture Studies**.5:351-358

Juliano,B.O.**Asimplified Assay for Milled-Rice Amylose**. Journal of Cereal Science Today. 6: 334-338,340-360

Juliano, B.O. (1972) **The Rice Caryopsis and Its Composition**, In D.F. Houston (ed.). Rice : Chemistry and Technology. Amer. Ass. Cereal Chem.,Inc.,st.Paul.Minnesota.

Juliano, B.O., and C.M., Perez, A.B., C., Brecknridge, T.D.,Castilo, N.H., Chouhury. N.,Konggeree, B., Laignelet,F.E..,Merca,C.M.,Paule,and B.D., Webb. (1980**) Repost of the international Cooperative Testing on the Gel Consistency of Milled Rice**. 29 : 233-237

Luh,B.S. and Y. Liu.(1980) **Canning Freezing and Freeze drying**. In:Rice:Production and Utilzation. AVI,:590-594

Metal Box. (1982) **Heat processing in Canned Food**. Customer Information Bullentin. 2:1-11

Muanmai,A.(1994) **Effect of the aging and hardening process on the quality of glutinous rice** cracker.M.Thai.Thesis No.AE 94-18,Asean Institute of technology,Bangkok

Nagarathnamma , K. and Siddappa. (1965) **Canning of rice**. Journal of Food Sience and Technology.2(4):128-131.

Pomeranz,y. (1987)**Modern Cereal Science and Technology**. VCH Publ.,Inc.,New York. 486 p.

Rudledge,j.E.and Islam,M.N.(1973) **Canning and pH stability of epichlorohydrin treated parboiled rice**. Journal of Agricultural and Food Chemistry.21(3):458-460

Sharp, R.N. Sharp C.Q. and Kattan ,A.A. (1981) **A new method for thermally processed canned rice.** Journal of Food Technology. 35(5):75-77.

Sharp, R.N. and Kattan,J.A. (1982) **Safety and sensory evaluation of Canned rice.** Journal of food Science.47(4):1123-1126.

Stumbo,C.R. (1973) **Thermobacteriology in Food Processing**. 2 nd ed. Academic Press. : 10 – 13 , 112 - 113.

Verity,N.S., and Allen, R.C.(1964) **Method of Canned rice**. U.S. Patent.3,132,30.

Yonan-Malek, M. (1943) **Method and control system for treating and canning rice**. U.S. Patent.2,334,665.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

การคำนวณกระบวนการใช้ความร้อนในอาหารกระป๋อง (thermal process calculations for canned foods)

การคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการเก็บรักษาอาหารนั้น เป็นการนำข้อมูลของความร้อนที่ทำลายเชื้อและข้อมูลที่เกี่ยวกับการแผ่กระจายความร้อนเข้าไปในภาชนะบรรจุอาหารมารวมกัน

$$\log (F_T / F_0) = (250\text{-}T) / z$$

$$F_0 = T_T (10)^{(T-250)/Z} \quad (2)$$

กำหนดให้ $L = 10^{(T-250)/Z}$ (3)

เมื่อ L = ค่าลิตัลลิตี้

ค่าลิตัลลิตี้นี้จะเป็นเวลาที่เทียบเท่ากับผลจากการให้ความร้อนที่ 250 ^{O}F เป็นเวลา 1 นาที เมื่อให้ความร้อนที่ T สมการที่ (3) สามารถใช้หาค่าลิตัลลิตี้ที่อุณหภูมิต่างๆ

หรือจากสมการ (1) จะได้

$$F_T / F_0 = 10^{(T-250)/Z} = TDT_T/1 \quad (1)$$

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส

นาที	Can Temp. (^{O}F)	ค่าที่ได้จากการคำนวณ F_0	นาที	Can Temp. (^{O}F)	ค่าที่ได้จากการคำนวณ F_0
0	130.00		23	239.54	0.26
1	144.14		24	239.54	0.26
2	200.66		25	239.54	0.26
3	211.82		26	239.54	0.26
4	220.82	0.01	27	239.54	0.26
5	227.66	0.02	28	239.54	0.26
6	231.44	0.06	29	239.54	0.26
7	232.52	0.09	30	239.54	0.26
8	232.52	0.11	31	239.54	0.26
9	232.54	0.11	32	239.54	0.26
10	233.6	0.10	33	239.54	0.26
11	233.96	0.12	34	239.54	0.26
12	236.48	0.13	35	239.54	0.26
13	238.64	0.18			
14	239.54	0.23			
15	239.54	0.26			
16	239.54	0.26			
17	239.54	0.26			
18	239.54	0.26			
19	239.54	026			
20	239.54	0.26			
21	239.54	0.26			
22	239.54	0.26			
ค่าเฉลี่ย รวมเวลาที่ในการฆ่าเชื้อ					**6.67**

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

นาที	Can Temp. (^{O}F)	ค่าที่ได้จากการคำนวณ F_0	นาที	Can Temp. (^{O}F)	ค่าที่ได้จากการคำนวณ F_0
0	132.10		23	249.8	0.97
1	146.84		24	249.8	0.97
2	170.96		25	249.8	0.97
3	190.58				
4	200.84				
5	210.92	0.01			
6	218.48	0.02			
7	224.78	0.04			
8	227.30	0.05			
9	229.46	0.07			
10	229.82	0.08			
11	234.14	0.13			
12	234.14	0.13			
13	236.12	0.17			
14	238.64	0.23			
15	239.54	0.26			
16	241.52	0.34			
17	244.94	0.52			
18	247.10	0.69			
19	247.28	0.71			
20	248.18	0.79			
21	250.34	1.04			
22	249.8	0.97			
ค่าเฉลี่ย รวมเวลาที่ในการฆ่าเชื้อ					**9.19**

ภาคผนวก ข

การคำนวณอายุการเก็บรักษา (Shelf Life)

วิธีการคำนวณหาอายุการเก็บรักษา

จากการคำนวณอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส ได้ดังนี้

Q10 = 21/14 =1.5

สูตรหาอายุ $f2=f1\ (1.5)^{(delta)/10}$

f1 = 14 ที่อุณหภูมิสูงที่สุด (55 องศาเซลเซียส)

delta = 55-25 = 30

$f2 = 14\ (1.5)^3$

f2 = 47.25 วัน หรือ = 48 วัน

ภาคผนวก ค
วิธีการวิเคราะห์การตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์

วิธีการตรวจวิเคราะห์

1) การตรวจวิเคราะห์ *Clostridium botulinum* ใช้วิธีของ FDA Method (Bacterogical analytical manual (1995))

1.1) เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1:10 โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ลงในสารละลายเจือจาง 225 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่องปั่น

1.2) ปิเปตสารละลาย 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อคุกมีทมีเดียม (Cook meat medium) ทำทั้งหมด 3 หลอด

1.3) เติมวุ้น 2 เปอร์เซ็นต์ เททับบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.4) นำหลอดทดลองไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96- 120 ชั่วโมงถ้ามี *Clostridium botulinum* จะมีก๊าซเกิดขึ้นและดันวุ้น

2) การตรวจวิเคราะห์ *Bacillus cereus*

2.1) เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1:10 โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม (โดยปราศจากเชื้อ) ถ่ายตัวอย่างอาหารที่ชั่งแล้วใส่ในถุงพลาสติกทนร้อน ซึ่งบรรจุ 0.85% NaCl ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ผสมตัวอย่างอาหารให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่น

2.2) ทำ serial dilution เจือจางตัวอย่างอาหารด้วย 0.85% NaCl ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จนได้ความเจือจางระดับ 1:100, 1:1,000 , 1:10,000

2.3) ใช้ตัวอย่างอาหารระดับความเจือจาง1:100, 1:1,000 , 1:10,000 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร spread บนอาหาร phenol red egg yolk polymyxin agar ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ

2.4) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

2.5) ถ้ามีเชื้อ *Bacillus cereus* จะปรากฏตะกอนสีขาวอยู่รอบโคโลนี

3) การตรวจวิเคราะห์ *Bacillus stearothermophillus* ใช้วิธีของ FDA Method (Bacterogical analytical manual (1995))

3.1) เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1:10 โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ลงในสารละลายเจือจาง 225 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่องปั่น

3.2) ปิเปตสารละลาย 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อบรอมครีซอลเพอร์เพิลเดกซ์โตรสบรอท (Bromcresol purple dextrose broth) ทำจำนวน 3 หลอด

3.3) นำหลอดทดลองไปบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ถ้ามีเชื้อ *Bacillus stearothermophillus* จะมีกรดเกิดขึ้นและเปลี่ยนสีอาหารเลี้ยงเชื้อจากสีม่วงเป็นสีเหลือง

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าสี

การวัดค่าสี ด้วยระบบฮันเตอร์ (Hunter color systm) โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Hand colorimeter) ซึ่งจะประกอบด้วยตัวแปรของค้าสี 3 ตัวแปร คือ ค่าสี L , a , b

L เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

a เป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นสีแดงและสีเขียว เมื่อ a มีค่าบวกให้ค่าสีทางสีแดง ถ้า a มีค่าลบให้ค่าสีทางสีเขียว

b เป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน เมื่อ b มีค่าเป็นบวกให้ค่าสีทางสีเหลือง แต่ถ้า b มีค่าเป็นลบให้ค่าทางสีน้ำเงิน (Baker et al., 1988 อ้างอิงในนัยวิท เฉลิมนนท์,2538)

วิธีการทดสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส

การศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser) รุ่น TA – XT2i ขนาดรับน้ำหนัก 5 กิโลกรัม และอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

ตารางผนวกที่ 3 สภาวะก่อนทำการวิเคราะห์โดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

TA – XT2i Setting Mode	Measure force in Compression
Option	Measure force in Compression
Pre-Test Speed	0.5 mm/s
Test Speed	0.5 mm/s
Post-Test Speed	10.0 mm/s
Distance	15.0 mm
Trigger Type	Auto 25 g
Data Acquistion Rate	200 pps

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างใช้ตามวิธีของ AOAC (1990) ข้อ 945.38

วิธีการ

บดตัวอย่างด้วยเครื่องบดอาหารเป็นเวลา 30 วินาที เพื่อให้มีอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร

วิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบของอาหาร (Proximate Analysis)

1. **การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture)**

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ตามวิธี AOAC (1990) ข้อ 930.15

อุปกรณ์

1.ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain Dish)ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร

2. ตู้อบลมร้อน (Hot air Oven)

3. โถดูดความชื้น (Desiccator)

4. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1. อบถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain Dish)ในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)ที่อุณหภูมิ 135± 2 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) และชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วย

2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างประมาณ 4 กรัม ใส่ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain Dish) ที่อบแล้ว

3. นำไปอบในตู้ลมร้อน (Hot air Oven) ที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำออกจากตู้อบ จากนั้นปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

4. นำเข้าไปในตู้อบอีกครั้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำเช่นเดียวกับข้อ 3 ถ้าน้ำหนักที่ได้แตกต่างกันไม่เกิน 0.005 กรัม หรือ 0.5 % ถือว่าน้ำหนักคงที่ สามารถนำค่าที่ได้ไปคำนวณได้ทันที แต่ถ้าน้ำหนักแตกต่างกันมากกว่า 0.005 กรัม หรือ 0.5 % ให้นำไปอบต่อ แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง จนกว่าน้ำหนักจะคงที่

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}) - (\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}} \times 100$$

2. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Protein) ตามวิธี AOAC (1990) ข้อ 979.09

การวิเคราะห์ปริมาณของโปรตีนในอาหารโดยวิธี Kjeldahl Method เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบในอาหาร แล้วจึงนำมาคำณวนหาเป็นปริมาณโปรตีน

หลักการของ Kjeldahl Method ประกอบด้วยการย่อย (Digestion) การกลั่น (Distillation) และการไทเทรต (Titration)

- ขั้นที่1 ตัวอย่างอาหารจะถูกย่อยด้วย H_2SO_4 เข้มข้น เกิดปฏิกิริยา Oxidation ของสารประกอบอินทรีย์ ในขั้นแรกจะเห็นเป็นสีดำไหม้ของสารอินทรีย์ เมื่อย่อยต่อไปจะได้ควันสีขาวของ SO_2CO_2 เมื่อการย่อยสิ้นสุดลง ไนโตรเจนสารประกอบอินทรีย์จะอยู่ในรูปของ $(NH_4)_2SO_4$ (C , P , S , H ถูก Oxidize เป็น Oxides)

ในระบบการย่อย จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเติม Catalyst เพื่อช่วยให้ย่อยเร็วขึ้น และสมบูรณ์ที่นิยมใช้ก็คือ Mix Catalyst ที่ประกอบด้วย K_2SO_4 , $CuSO_4 . 5H_2O$

- ขั้นที่2 เป็นการกลั่นโดย $(NH_4)2SO_4$ ที่ได้จากการย่อยในขั้นที่ 1 จะทำปฏิกิริยากับ NaOH เข้มข้น และมากเกินพอ ได้ก๊าซNH_3 การกลั่นจะใช้วิธี steam distillation เพื่อไล่ NH_3 ให้หมดแล้วจับก๊าซ NH_3 ด้วยกรด Boric (เรียก Receiver) เพื่อนำไปทำขั้นที่3 การ titrate

$$(NH_4)2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4+2$$

$$NH_3 + 2H_2O \longrightarrow NH_4OH$$

$$NH_4OH + H_3BO_3 \longrightarrow NH_4\,H_3BO_3 + H_2O$$

เมื่อสิ้นสุดการกลั่น ไนโตรเจนจะอยู่ในรูปแบบ (Receiver นอกจากจะใช้ 2% แล้ว บางครั้งอาจใช้แต่ไม่นิยม เพราะว่ามีการ Ionize 2 ครั้ง)

- ขั้นที่ 3 การ Titrate ใช้ 0.5 N H_2SO_4 หรือใช้ 0.25N HCL ก็ได้

ถ้าใช้ 0.5 N H_2SO_4

$$2\ NH_4\ H_3BO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)2SO_4 + 2H_3BO_3$$

ถ้าใช้ 0.25N HCL

$$NH_4\ H_3BO_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl + H_3BO$$

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การย่อย (Digestor)
2. หลอดย่อยโปรตีน (Digestion Tube)
3. Tube Stand
4. Kjeldahl Steam Distillation Unit
5. Buret
6. Erlenmeyer Flask
7. Glass Bead

สารเคมี

1. Mix Catalyst ประกอบด้วย Potassium Sulfate (K_2SO_4 ,$CuSO_4 . 5H_2O$ 2 กรัม และ Selenium Nigrum 2 กรัม)
2. 0.1N HCl
3. H_2SO_4 เข้มข้น
4. NaOH 32%
5. กรด Boric 2 %
6. Octanol

วิธีการวิเคราะห์

1.ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างประมาณ 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร ลงใน Digestion Tube

2. เติม Mix Catalyst 2 เม็ด ประมาณ 8กรัม, กรดซัลฟิวริคเข้มข้น 15 มิลิลิตร , Octanol 2 -3หยด ผสมให้เข้ากัน และใส่ Gass Bead 2 -3 เม็ดใหญ่

3.ทำการ Preheat Digestion Box ก่อนประมาณ 550 องศาเซลเซียส นานประมาณ 15 นาที แล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 420 องศาเซลเซียส

4. นำ Digestion Tube เข้าเครื่องย่อย (Digestor) ประมาณ 30-45 นาที จนได้สารละลายใส แล้วทิ้งให้เย็น

5. นำ Digestion Tube เข้าเครื่อง Distillator และเครื่องนี้จะทำการเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 มิลลิลิตร ตั้งเวลา 4 นาที

6. เมื่อเกิดก๊าซ NH_3 จะถูกจับด้วยกรด Boric 2 % เมื่อเติม Indicator ไว้แล้วจะได้สารละลายสีเขียว

7. นำสารละลายที่ได้มาไทเทรตด้วย 0.1N HCl จนถึงจุดยุติ จะได้สารละลายสีชมพู

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{(S-B) \times N \times 1.4007}{A}$$

เมื่อ A = น้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ Titrate กับ Blank (ml)

S = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ Titrate กับ ตัวอย่าง (ml)

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ Titrate (N)

$$\text{ปริมาณโปรตีน(\%)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} \times 6.25$$

เมื่อ 6.25 = Conversion Factor for Meat

3. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash) ตามวิธี AOAC (1990) ข้อ 979.05

อุปกรณ์

1. Crucible and Lid
2. โถดูดความชื้น (Desiccator)
3. Furnace
4. Electroburner
5. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1. อบ Crucible ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ของตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ ประมาณ 4-6 กรัม ใส่ Crucible แล้วนำไปเผาบน Electroburner เผาจนหมดควัน

3. นำไปเผาใน Furnace ที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีขาวทั้งหมด (ถ้าไม่ขาวให้หยดน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อย แล้วเผาต่อให้ขาว)

4. ปิดฝา Crucible ให้เย็นลงใน Desiccator แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{(A-B)}{C} \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักที่แน่นอนและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักที่แน่นอนของ (กรัม)

C = น้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง (กรัม)

4. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธี AOAC (1990) ข้อ920.39

สารเคมี

Petrolium Ether

อุปกรณ์

1.ชุดสกัดไขมัน (Soxtech)

2. Thimble

3. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)

4. โถดูดความชื้น (Desiccator)

วิธีวิเคราะห์

1. อบ Extraction Beaker ที่100 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นใน Desiccator ชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงใน Thimble

3. ใส่ Thimble ลงใน Extraction Beaker เติม Petrolium Ether ประมาณ 50 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าชุดสกัดไขมัน

4. เมื่อครบเวลาตามที่กำหนดแล้ว นำ Thimble ออกจาก Extraction Beaker แล้วนำ Extraction Beaker มาอบใน Hot Air Oven ที่ 100 องศาเซลเซียส จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) แล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน(\%)} = \frac{(A-B)}{C} \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนัก Extraction Beaker หลังอบ

B = น้ำหนักที่แน่นอนของ (กรัม)

C = น้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง (กรัม)

5.การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารรวม (Dietary Fiber) ตามวิธี AOAC (2000)

สารเคมี

1. Ethanol 95% (v/v)
2. Ethanol 78% (v/v)
3. Acetone
4. Phosphate Buffer (0.08 M) , pH 6.0
5. Termamyl (Heat – Stable,α-Amylase No.A3306,Sigma Chemical Co ,เก็บในตู้เย็น
6. Protease No.P3910, Sigma Chemical Co ,เก็บในตู้เย็น
7. Amyloglucosidase No.A9913, Sigma Chemical Co ,เก็บในตู้เย็น
8. Cilite No.C8656, Sigma Chemical Co
9. สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.2575 N
10. สารละลาย HCL เข้มข้น 0.325 N

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างโดยอบแห้งที่อุณหภูมิ105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13 ชั่งโมง (อบค้างคืน) บดให้ละเอียด แล้วทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น (Desiccator) ถ้าตัวอย่างมีไขมันมากกว่าร้อยละ 10 ต้องสกัดไขมันออกโดยใช้ปิโตเลียมอีเธอร์ ในอัตราส่วน 25 มิลลิลิตร ต่ออาหารแห้ง 1 กรัม โดยสกัด 3 ครั้งก่อนบด

2. ชั่งตัวอย่างแห้ง 1 กรัม ให้รู้น้ำหนักที่แน่นอน (ชั่งละเอียดถึง 0.1 มิลลิกรัม) โดยน้ำหนักของตัวอย่าง 2 ซ้ำ ต้องไม่ต่างกันเกิน 20 มิลลิกรัม และทำ Blank ควบคู่กันไปด้วย

3. ใส่ตัวอย่างในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย Phosphate Buffer 50 มิลลิลิตร เติม Termamyl 0.1 มิลลิลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟลอยด์แล้วต้มใน Water Bath อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เขย่าบีกเกอร์ทุก 5 นาที

4. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับ pH เป็น 7.540 ± 2 ด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.2575 N 10 มิลลิลิตร แล้วเติม Protease 5 มิลลิกรัม ปิดบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟลอยด์แล้วต้มใน Water Bath อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เขย่าบีกเกอร์ทุก 5 นาที

5. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับ pH เป็น 4.0-4.6 ด้วยสารละลาย HCl 0.325 N 10 มิลลิลิตร แล้วเติม Amyloglucosidase 0.3 มิลลิลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟลอยด์แล้วต้มใน Water Bath อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เขย่าบีกเกอร์ทุก 5 นาที

6. เติม Ethanol 95% 20 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ลงในบีกเกอร์ตัวอย่างที่ย่อยด้วยเอนไซม์ แล้ว เพื่อตกตะก่อนส่วนที่เป็น Soluble Dietary Fiber ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที

7. ชั่ง Crucible ที่ใส่ Cilite ให้รู้น้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นล้างด้วย Ethanol 78% ต่อ Crucible กับเครื่องปั๊ม (Suction) แล้วถ่ายสารที่ย่อยได้จากข้อ 6 ลงกรอง เป็นเวลา 30 นาที

8. ล้าง Residue ด้วย Ethanol 78% 20 มิลลิลิตร 3 ครั้ง Ethanol 95% 20 มิลลิลิตร 2 ครั้ง และ Acetone 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง

9. อบ Residue ที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 16 ชั่วโมง (อบค้างคืน) แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักให้รู้น้ำหนักที่แน่นอน หักลบน้ำหนัก Crucible และ Cilite ออกเมื่อคำนวณน้ำหนัก Residue ที่ได้

10. หาน้ำหนัก ปริมาณโปรตีน และปริมาณเถ้าตัวอย่าง เพื่อนำมาหักลบออกจากน้ำหนัก Residue ที่ได้ จึงจะได้ปริมาณเส้นใยอาหารรวม (Total Dietary Fiber)

การคำนวณ

B = Blank (มิลลิลิตร)

= น้ำหนักของ Residue – P_B

เมื่อน้ำหนักของ Residue = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก Residue (มิลลิลิตร) 2 ซ้ำจากการทำ Blank

P_B = น้ำหนักของโปรตีน (มิลลิกรัม)

A_B = น้ำหนักของเถ้า (มิลลิกรัม)

% TDF = [(น้ำหนักของ Residue – P – A- B) /น้ำหนักตัวอย่าง X 100]

เมื่อ น้ำหนักของ Residue = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวอย่าง 2 ซ้ำ

P = น้ำหนักของโปรตีน (มิลลิกรัม) จากตัวอย่าง

A = น้ำหนักของเถ้า (มิลลิกรัม) จากตัวอย่าง

น้ำหนักตัวอย่าง = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัม) 2 ซ้ำ

6. การคำนวณคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต% = 100 – (% โปรตีน +% ไขมัน +% เส้นใย+ % ความชื้น+% เถ้า)

ภาคผนวก ฉ
การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

แบบประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบ 9 - Point hedonic scale

ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....ลำดับที่.....

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนตามความชอบของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

9 – ชอบมากที่สุด	6 – ชอบเล็กน้อย	3 - ไม่ชอบปานกลาง
8 – ชอบมาก	5 – บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	2 - ไม่ชอบมาก
7 – ชอบปานกลาง	4 – ไม่ชอบเล็กน้อย	1 – ไม่ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....
คุณลักษณะ		
ลักษณะปรากฏ	.....	.....
สี	.....	.....
กลิ่น	.....	.....
ความเค็ม	.....	.....
ความหวาน	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....
รสชาติโดยรวม	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

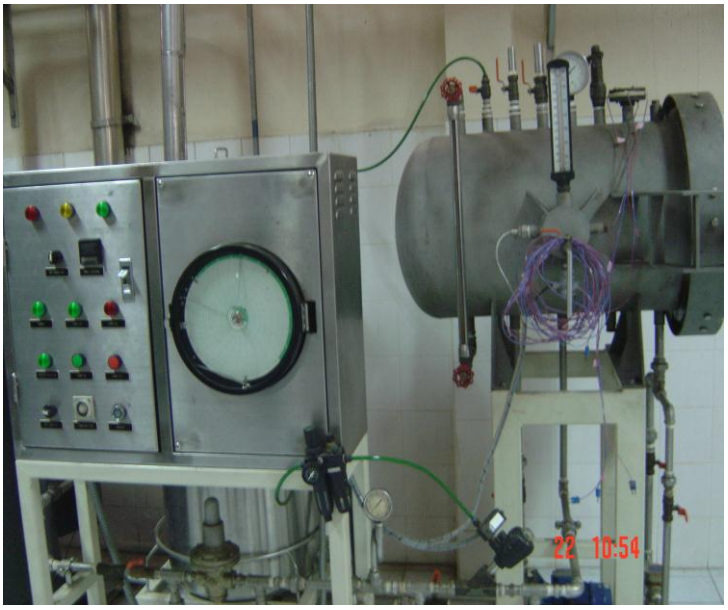
.....

การยอมรับ

1 **2**	**3** **4** **5**	**6** **7**	**8** **9**
ไม่ยอมรับมากที่สุด	ไม่ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับมากที่สุด

ภาคผนวก ช
อุปกรณ์ในการทดลอง

ภาพผนวกที่ 1 เครื่องไล่อากาศ (Exhauster)



ภาพผนวกที่ 2 เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler)

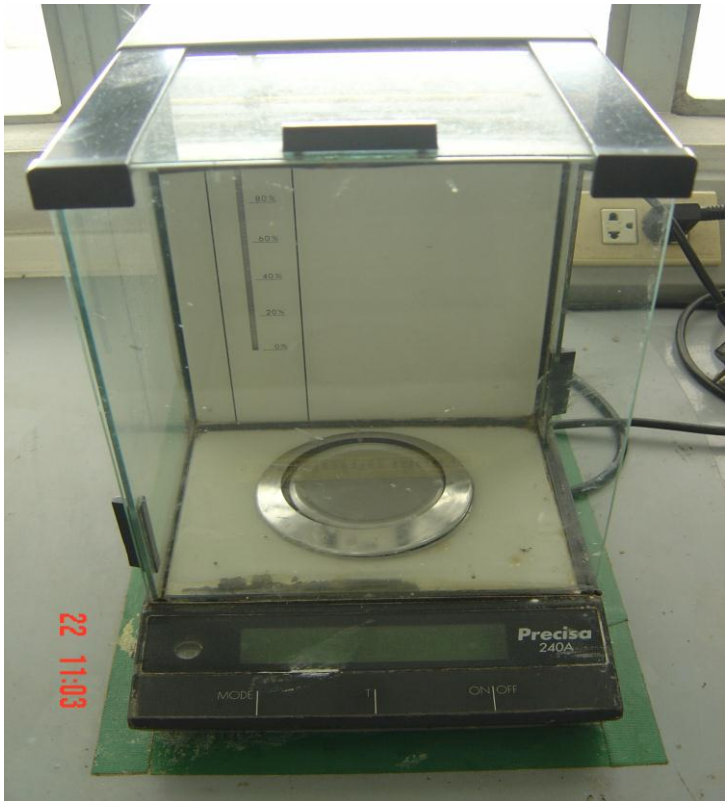
ภาพผนวกที่ 3 เครื่องฆ่าเชื้อด้วยความดันไอน้ำ (Retort)

ภาพผนวกที่ 4 เครื่องปิดฝากระป๋อง (Seamer)

ภาพผนวกที่ 5 แสดงลักษณะการลวกฆ่าเชื้อกระป๋อง

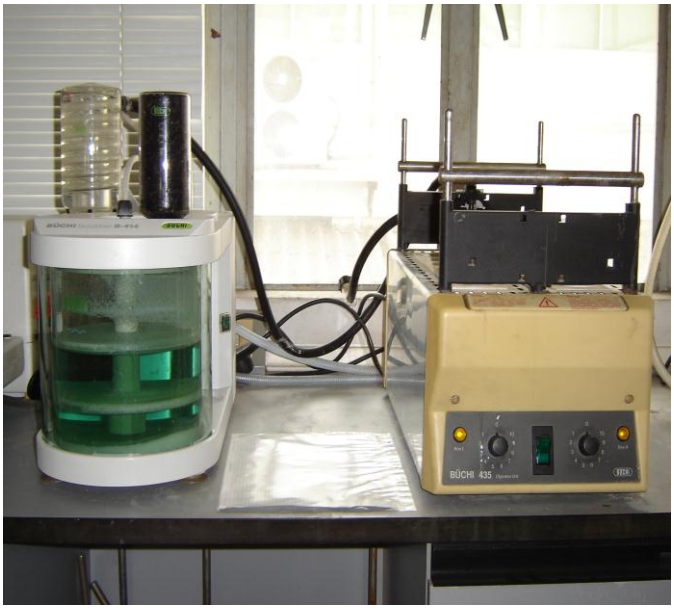
ภาพผนวกที่ 6 แสดงลักษณะการบรรจุข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ภาพผนวกที่ 7 เครื่องเทอร์โมคับเปิล (Thermocouple)



ภาพผนวกที่ 8 เครื่องชั่งแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Anylytical Balance) Precisa รุ่น 240-A ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

ภาพผนวกที่ 9 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)

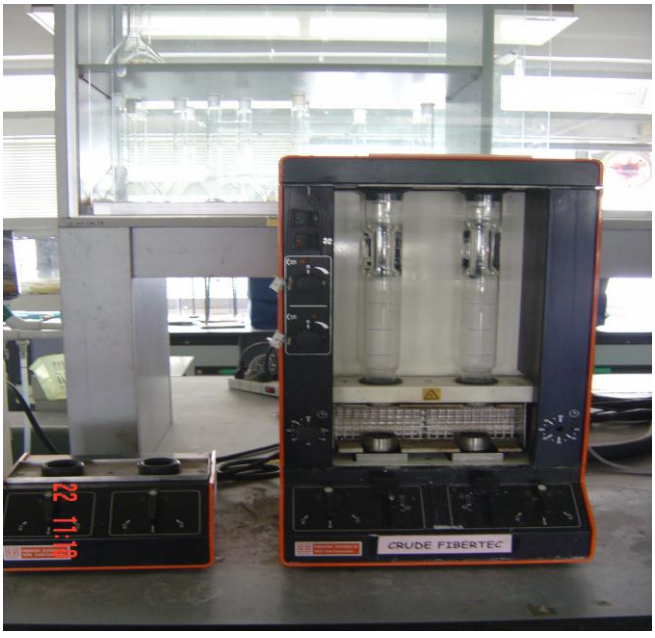


ภาพผนวกที่ 10 เครื่องย่อยโปรตีน (Buchi digestion unit B-435 / Switzerland)

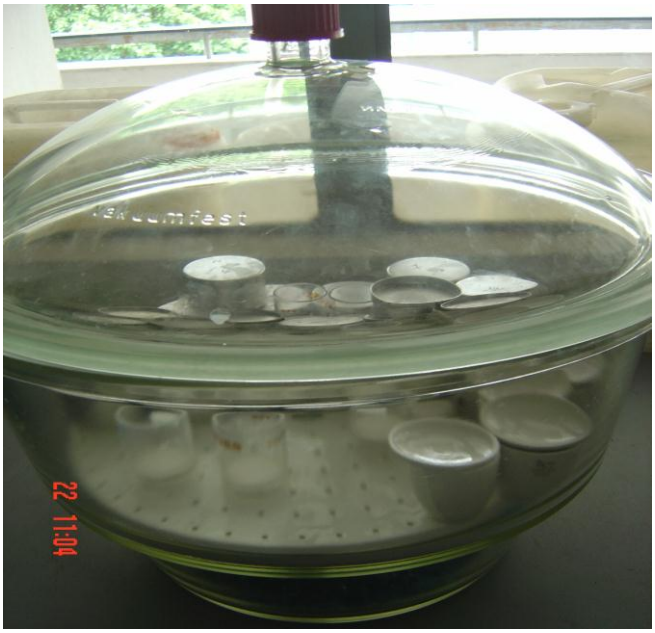
ภาพผนวกที่ 11 เครื่องกลั่นโปรตีน (Buchi digestion unit B-323 / Switzerland)

ภาพผนวกที่ 12 เครื่อง 2050 Soxtech Extration Unit

ภาพผนวกที่ 13 เครื่องวิเคราะห์เถ้า (Furnace 6000 Thermlyne / USA)



ภาพผนวกที่ 14 เครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร (Fibertec system M2 / Sweden)



ภาพผนวกที่ 15 โถดูดความชื้น

ภาพผนวกที่ 16 เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture Analysis Tax-T2i/U.K)

ภาพผนวกที่ 17 เครื่องวัดค่าสี (Hunter color system)

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ นายณรงค์พันธุ์ นามสกุล รัตนปนัดดา อายุ 33 ปี
   (ภาษาอังกฤษ) Narongphan Rattanapanadda หมายเลขบัตรประชาชน 5 7299 99002 25 5
2. ประวัติการศึกษา (โดยย่อ)

ปริญญาโท	วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต	จุฬาฯ
ปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	จุฬาฯ

3. ประวัติการทำงาน (โดยย่อ)

Technical Service	Thai Parkering Co.,Ltd.
Supervisor	Teijin Thailand Co.,Ltd.

4. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์วิชาวิศวกรรมอาหารและวิชาหลักการวิเคราะห์อาหาร
5. สังกัด โปรแกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
6. สถานที่ติดต่อ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
7. เลขที่ 295 ถนน ราชสีมา แขวง ราชสีมา เขต ดุสิต จังหวัด กรุงเทพ
   โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) ๐๒-๒๔๔๕๖๖๖ (บ้าน) ๐๒-๔๔๘๔๗๕๔
   (มือถือ) ๐๘๑-๓๕๖๗๒๕๘ E-mail Address nrp447@yahoo.com
8. ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
   - วิจัยและพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ของสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์...เรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้กระเจี๊ยบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรพุแค...อ.เฉลิมพระเกียรติ...จ.สระบุรี
9. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ (สามารถตอบได้มากกว่า 1 สาขา)
   วิศวกรรมอาหาร หลักการวิเคราะห์อาหาร
10. ภาระงานในปัจจุบัน
    10.1 งานประจำ
    อาจารย์วิชาวิศวกรรมอาหารและวิชาหลักการวิเคราะห์
    10.2 งานวิจัยที่รับผิดชอบในปัจจุบัน
    - การใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS)ในการหาความชื้นและโปรตีนของแป้งสาลี
    - โครงการประปาปลอดภัย มั่นใจสวนดุสิต