

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าไส้สำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคกลุ่มเด็ก วัยรุ่น และวัยทำงานที่อาศัยอยู่ในเมืองให้ความสนใจบริโภคเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงเวลาเร่งด่วนและเวลาที่มีจำกัด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อศึกษาถึงชนิดและพันธุ์ของก๋วยเตี๋ยวที่สามารถผลิตเป็นแป้งก๋วยเตี๋ยวที่มีคุณภาพและมาตรฐาน 2. เพื่อศึกษาสูตรและปัจจัยที่สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตโดยใช้เครื่องเอกซ์ทราซัน 3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเข้าไส้สำเร็จรูป งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองการศึกษาการผลิตอาหารเข้าไส้สำเร็จรูปแบบ CRD งานวิจัยมีตัวแปรคงที่ คือ CaCO_3 ร้อยละ 1 ส่วนตัวแปรผันแปร คือ อัตราส่วนระหว่างแป้งก๋วยเตี๋ยวกับเมล็ดข้าวโพดที่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 50:50 40:60 และ 30:70 โดยที่อัตราส่วนร้อยละ 30:70 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอัตราการพองตัวพอดี คือ และศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่ 3 ระดับ คือ 0 3 และ 6 กรัม ซึ่งที่ 3 กรัม ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9 Points Hedonic Scale มากที่สุด ซึ่งทุกคุณลักษณะมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก คุณลักษณะของสี 7.37 ± 0.01 , ความกรอบ 7.33 ± 0.01 และความชอบโดยรวม 7.70 ± 0.01 โดยเฉพาะกลิ่น 7.63 ± 0.01 , และรสชาติ 7.38 ± 0.03 มีความแตกต่างกับน้ำตาลทรายที่ 0 และ 6 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 80 คน วิธี Central Location Test พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับคิดเป็นร้อยละ 88.00 ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 70, อายุระหว่าง 18-27 ปี ร้อยละ 88, การศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 81, เป็นนักเรียนและนักศึกษา ร้อยละ 81, และมีรายได้ $< 5,001$ บาท ร้อยละ 56 งานวิจัยนี้ผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเข้าไส้สำเร็จรูปผลิตด้วยเทคโนโลยีเอกซ์ทราซัน ด้วยเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว ความเร็วสกรู 168 rpm, อุณหภูมิบาร์เรล 135°C , 380 Volt, 85 amp, เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าแป้น 2 mm., ความเร็วใบมีด 95 rpm มี 2 ใบมีด และกำลังการผลิตของเครื่อง 14.4 kg/hr ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า a_w 0.34 ± 0.02 , ค่าสี L^* (ความสว่าง) 60.41 ± 0.16 , a^* (สีแดง) 1.19 ± 0.02 , และ b^* (สีเหลือง) 15.26 ± 0.16 , อัตราการพองตัว 1.69 ± 0.01 , ค่าความหนาแน่น 0.15 ± 0.001 , คุณภาพทางเคมี ประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 6.60 ± 0.16 , 7.88 ± 0.16 , 0.07 ± 0.16 , 1.85 ± 0.16 , 1.31 ± 0.16 และ 82.3 ± 0.16 และมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค รวมถึงค่า pH และราอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าไส้สำเร็จรูป แป้งก๋วยเตี๋ยว เทคโนโลยีเอกซ์ทราซัน

Abstract

Instant Breakfast cereal (IBC) is very popular and has increase tendency the target group in worldwide such as children, teenager, and adult which live in central city. In this study has aimed to, 1.) to study for type and species of the Thai banana which produce to the standard and quality banana flour 2.) to study the fix factor of formula and condition by extruder machine 3.) to study the acceptance of consumer about IBC. The study used CRD to design the method and has a stable variable is 1% CaCO_3 . The part of vary variables are the ratio between banana flour (BF): corn flack (CF) and the amount of grinded sugar (GS). The ratio of BF:CF had 3 levels 50:50 40:60 and 30:70 which the processed condition of IBC at 30:70 had a fit extend ratio. And this research study about the level of GS at 3 levels 0 3 and 6 g. which at 6 g., the IBC had well scores of 7 to 8 (like moderately to like very much; used 9 Points Hedonic Scale method for the sensory test) the characteristic for color was 7.37 ± 0.01 , texture in crisp was 7.33 ± 0.01 and overall acceptance was 7.70 ± 0.01 . Especially, odor was 7.63 ± 0.01 , and taste was 7.38 ± 0.03 there were significant differences ($p < 0.05$) with 0 and 6% grinded sugar. IBC was well accepted by consumers, with 88.00% (used the Central Location Test for questionnaire paper survey). Almost, 70% were female, 88% had 18-27 years-old, 81% were student, and 56% had income cash < 5,001 baht/ months. This study used the extrusion technology to produce IBC which the fixed specification fallow as; a speed of single screw was 168 rpm, Barrel temperature was 135°C , 380 Volt, 85 Amp, a diameter in front of machine was 2 mm., a speed of blade 95 rpm and had 2 pieces. And the capacity was 14.4 kg/hr. Therefore, IBC had $a_w 0.34 \pm 0.02$, ค่า L^* (Lightness) 60.41 ± 0.16 , a^* (Red) 1.19 ± 0.02 , และ b^* (Yellow) 15.26 ± 0.16 , %extended ratio 1.69 ± 0.01 , % bulk density 0.15 ± 0.001 . Chemical Properties for %moisture, %protein, %lipid, %fiber, %ash, and %carbohydrate: 6.60 ± 0.16 , 7.88 ± 0.16 , 0.07 ± 0.16 , 1.85 ± 0.16 , 1.31 ± 0.16 และ 82.3 ± 0.16 . IBC was found to conform to the microbiological standard of the ministry of Public Health. The Total Plate Count was acceptable whereas both Yeast and Mold.

Keywords: Instant Breakfast Cereal Banana flour Extrusion technology

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องโครงการผลิตขนมขบเคี้ยวจากพืชสมุนไพรไทยพื้นบ้านด้วยเทคโนโลยีเอ็กสตรูชัน (Development Model of Snack Products which Produce from Thai Local Herbs by Extrusion Technology) สามารถสำเร็จดั่งใจได้เป็นอย่างดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลาย

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และ ขอขอบคุณความร่วมมืออันดีของทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ไม้ให้ทุนตลอดการทำงานวิจัยนี้ ตลอดจนขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้

คณะผู้วิจัยหวังว่าโครงการนี้จะเป็นประโยชน์ต่อประชาชน สถานประกอบการทั้งขนาดย่อม กลาง และใหญ่ ตลอดจนนักศึกษาหรือกลุ่มประชาชนที่สนใจการผลิตผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากพืชสมุนไพรไทยพื้นบ้าน

คณะผู้วิจัย
ชมนนุช เสงี่ยมพิภพ หัวหน้าโครงการวิจัย

Title: Development Model of Snack Products which Produce from Thai Local Herbs by Extrusion Technology

Researcher: Chompoonuch Phuenpipob¹, Siriwan Soknicom², Manit Kaewwongsiri³, Prachya Paemongkol⁴, Sutee Jantrapakagee⁵

Year: 2555

Abstract

Thai Local Herbs Snack Product (TLHSP) is very popular and has increase tendency the target group in worldwide such as children, teenager, and adult which live in metropolis. The aim was 1.) to study the formular and condition to produce TLHSP by extruder machine 2.) to study the type and quantity of Thai Local Herbs which was added 3.) to study the shelf-life and type of package to keep TLHSP. The study used CRD to design the method and has a stable variable is 1% CaCo_3 and varies 2 variables are the ratio between a speed of single screw at 3 levels such as 250, 300 and 350 rpm, and moisture content of raw material at 3 levels such as 15, 17.5 and 20. And this research study about the level of grinded sugar (GS) at 3 levels such as 0 3 and 6 g. which at 3 g., the TLHSP had well scores of 7 to 8 (like moderately to like very much; used 9 Points Hedonic Scale method for the sensory test) the characteristic for color was 7.37 ± 0.01 , texture in crisp was 7.33 ± 0.01 and overall acceptance was 7.70 ± 0.01 . Especially, odor was 7.63 ± 0.01 , and taste was 7.38 ± 0.03 there were significant differences ($p \leq 0.05$) with 0 and 6% grinded sugar. TLHSP was well accepted by consumers, with 88.00% (By the Central Location Test for questionnaire paper survey). Almost, 70% were female, 88% had 18-27 years-old, 81% were student, and 56% had income cash < 5,001 baht/ months. This study used the extrusion technology to produce TLHSP which the fixed specification fallow as; a speed of single screw was 300 rpm, Barrel temperature was 134-165 °C, 380 Volt, 85 amp, a diameter in front of machine was 2 mm., a speed of blade 95 rpm and had 2 pieces. And the capacity was 14.4 kg/hr. Therefore, $a_w 0.34 \pm 0.02$, Lightness 60.41 ± 0.16 , %extended ratio 1.69 ± 0.01 , %bulk density 0.15 ± 0.001 . Chemical Properties for %moisture 6.60 ± 0.16 , %protein 7.88 ± 0.16 , %lipid 0.07 ± 0.16 , %fiber 1.85 ± 0.16 , %ash 1.31 ± 0.16 , and %carbohydrate 82.3 ± 0.16 . The Total Plate Count was acceptable whereas both Yeast and Mold.

Keywords: Snack Local Thai Herbs Extrusion technology

¹Faculty of Food Science and Nutrition, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok ,10300, Thailand.

²Faculty of Food Science and Nutrition, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok ,10300, Thailand.

³Faculty of Home Economic, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok ,10300, Thailand.

⁴Faculty of Food Service, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok ,10300, Thailand.

⁵Faculty of Food Science and Nutrition, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok ,10300, Thailand.



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีเอกสาร	3
เอกสารพื้นฐาน	3
ข่าวโศก	11
สมุนไพรรักษา	11
พืชสมุนไพรพื้นบ้าน	12
ผลิตภัณฑ์สมุนไพร	13
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	14
อุปกรณ์และวัสดุ	14
วิธีดำเนินการทดลอง	15
ระยะเวลาการทดลอง	19
สถานที่ทำการทดลอง	19
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	20
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	30
บรรณานุกรม	32
ภาคผนวก	33
ภาคผนวก ก การเตรียมเมล็ดข้าวโพด	34
ภาคผนวก ข อุปกรณ์และเครื่องมือ	38
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและแบบทดสอบการยอมรับ	41

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

1	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของน้ำในอาหารที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร	9
2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของน้ำและการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารชนิดต่างๆ	9
3	แสดงสภาวะในการทดสอบการผลิตขนมขบเคี้ยวที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ ที่ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที และ ความชื้นของวัตถุดิบ 3 ระดับ ที่ร้อยละ 15, 17.5 และ 20	16
4	ปริมาณน้ำตาลทราย (ขาว) ที่ 3 ระดับ	17
5	ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ในสภาวะการทดสอบการผลิตขนมขบเคี้ยว ที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ ที่ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที และความชื้นของวัตถุดิบ 3 ระดับ ที่ร้อยละ 15, 17.5 และ 20	21
6	คะแนนความชอบเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลทราย (ขาว) ที่เหมาะสม จำนวน 3 สูตร	23
7	สภาวะการผลิตด้วยเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว (2 กีกัดกรีมต่อสูตร)	23
8	คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของขนมขบเคี้ยวจากสמןไพร์ฟีนบ้านโดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว	24
9	ลักษณะข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	26
10	ความคิดเห็นถึงคุณค่าอาหารของผลิตภัณฑ์ที่ขายปัจจุบัน	28
11	ความสนใจของผู้บริโภคที่จะนำสמןไพร์ฟีนบ้านมาผลิตผลิตภัณฑ์	28
12	คุณลักษณะของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ	29
13	การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น	29

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | แสดงเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว, Collet (รุ่น D50L300, ม.เจริญทัศน์) | 3 |
| 2 | การเคลื่อนที่ของมวลหลอมตั้งแต่เริ่มจนเสร็จกระบวนการผลิต | 4 |
| 3 | ผลิตภัณฑ์ชิ้นผสมเคียวจากพืชสมุนไพรไทยพื้นบ้านด้วยเทคโนโลยีเอกซเรย์ | 20 |



สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่

หน้า

- | | | |
|---|---|----|
| 1 | กระบวนการทางเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และปัจจัยที่ต้องควบคุมตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบจนบรรจุ | 6 |
| 2 | ขั้นตอนกรรมวิธีการผลิตส่วนผสมสมุนไพร | 15 |



บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเป็นที่สนใจของผู้บริโภค เพราะผู้บริโภคที่เป็นกลุ่มนักเรียน วัยรุ่น วัยเริ่มทำงาน นิยมรับประทานขนมขบเคี้ยวในระหว่างวันกันมากขึ้น และปัจจุบันขนมขบเคี้ยวได้มีการผสมวัตถุดิบที่ให้คุณค่าทางอาหารแก่ผู้บริโภคมากขึ้น ได้แก่ ธัญพืช ถั่วต่างๆ ผัก และผลไม้ จึงมีประโยชน์ค่อนข้างสูงทางด้านโภชนาการและสุขภาพ ซึ่งเส้นใยจะช่วยให้ระบบขับถ่าย ช่วยให้อวัยวะขับถ่ายของเสียออกมาเป็นปกติ ช่วยลดความเสี่ยงจากโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็งลำไส้ได้ เป็นต้น ดังนั้นร่างกายควรได้รับปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber-TDF) ในช่วง 25-35 กรัมต่อการบริโภคในหนึ่งวัน ใยอาหารที่ได้ในผลิตภัณฑ์อาหารอาจได้จากแหล่งใยอาหารตามธรรมชาติ การนำใยอาหารตามธรรมชาติเหล่านี้มาใช้โดยตรงอาจมีปัญหาเรื่องสี กลิ่น หรือรสชาติ ดังนั้น ชนิดและปริมาณของส่วนผสมไทยที่ผสมลงไปถึงมีความสำคัญและมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และที่สำคัญผลิตภัณฑ์อาหารที่มีใยอาหารนั้นต้องมีคุณลักษณะที่สามารถเรียกร้องความสนใจจากผู้บริโภคได้ มีคุณค่าทางอาหารที่มากกว่าการบริโภคขนมขบเคี้ยวที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านความเด่นในด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สมุนไพรไทยในท้องตลาดมีการนำมาแปรรูปค่อนข้างน้อยและจำกัดเพียงผลิตภัณฑ์บางประเภท เช่น เครื่องดื่มพาสเจอร์ไรส์ ยาเม็ดแคปซูล เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่ผู้บริโภคไม่นิยมบริโภค ดังนั้น ผู้จัดทำจึงสังเกตเห็นความสำคัญของประโยชน์จากสมุนไพรไทยและมีแนวคิดในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อประโยชน์ทางด้านสุขภาพของผู้บริโภค อีกทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มช่องทางการแปรรูปสมุนไพรไทยและเพิ่มมูลค่าของสมุนไพรไทยให้สูงขึ้นอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสูตรและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมจาก extruder
2. ศึกษาชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของส่วนผสมโปรตีนเสริมลงในขนมที่ผลิตจาก extruder
3. ศึกษาอายุการเก็บและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์

ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลสมุนไพรไทยเพื่อมาเป็นวัตถุดิบในการผลิต
2. ปริมาณสมุนไพรที่เหมาะสมในการผลิต
3. อาการแพ้ปฏิกิริยาของผลิตภัณฑ์

4. คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการนำสมุนไพรไทยไปใช้ผลิตเป็นอาหารที่เป็นประโยชน์ สามารถบริโภคเป็นขนมขบเคี้ยวหรือของทางเส้นได้ในทุกโอกาส
2. เพิ่มแนวทางในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรไทยให้มากขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อสินค้าทางการเกษตร
3. ส่งเสริมให้คนไทยบริโภคสมุนไพรไทยได้ทางอ้อม



บทที่ 2 ตรวจเอกสาร

2.1 เอ็กซ์ทรูชัน

2.1.1 นิยาม

เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในเครื่องเพียงเครื่องเดียว เป็นเทคนิคแปรรูปอาหารในระดับอุตสาหกรรม ที่ทำให้ส่วนผสมของวัตถุดิบถูกจนได้ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูป เทคโนโลยีอันทันสมัยของเครื่องเอ็กซ์ทรูเตอร์ สามารถที่จะนำไปใช้เมื่อต้องการผลิตอาหารให้มีคุณสมบัติต่างๆ (Guha and Ali, 2006) เช่น ต้องการผลิตอาหารที่มีลักษณะพอง (puff) หรือต้องการสร้างลักษณะปรากฏของอาหารให้คล้ายเนื้อสัตว์ และมีการเติมส่วนผสมอาหารที่มีโปรตีนสูงลงในสูตร เป็นต้น โดยเฉพาะกับผลิตภัณฑ์อาหารว่างประเภทขนมขบเคี้ยว ซึ่งความต้องการของตลาดมักจะมีหลากหลายในด้านรูปร่าง ขนาด สี และลักษณะเนื้อสัมผัส สิ่งต่างๆ เหล่านี้สามารถสร้างสรรค์ได้ด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเตอร์แบบสกรูคู่ นอกจากนั้นเครื่องเอ็กซ์ทรูเตอร์แบบสกรูคู่ยังสามารถรองรับการผลิต ที่ต้องการความยืดหยุ่นในเรื่องของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความเร็วของสกรู ปริมาณความชื้น ตลอดจนอัตราการไหล

2.1.2 เครื่องเอ็กซ์ทรูเตอร์

เครื่องเอ็กซ์ทรูเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ประกอบด้วยปั๊มและสกรูที่ทำหน้าที่อัดให้วัตถุดิบต่างๆ ที่ป้อนเข้าสู่เครื่องเกิดเป็นมวลแข็งโดยอัดผ่านช่องเปิดเล็ก ๆ เรียกว่า ได (Die) ซึ่งอยู่ทางออกของปลายนของสกรู ถ้าอาหารได้รับความร้อนระหว่างกระบวนการด้วย เรียกว่า Cooking extruder เอ็กซ์ทรูชันเป็นกระบวนการที่รวมเอาหน่วยปฏิบัติการแปรรูปอาหารหลายหน่วยเข้าด้วยกัน ได้แก่ การผสม การทำให้สุก การนวด การเคี้ยว การขึ้นรูป และการทำให้เกิดรูปร่าง ซึ่งสามารถใช้แทนการผลิตเต็มที่ยุ้งยากและหลายขั้นตอนได้ (Arnold, 1978)

เครื่องที่ใช้ในกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน จะเป็นเครื่องที่ทำการผลิตขนมขบเคี้ยว มีหน้าที่อยู่ 4 อย่าง คือ การผสม การทำให้สุก (cooking) การทำให้เกิดรูปร่าง (shaping) และการทำให้พอง (puffing)



ภาพที่ 1 แสดงเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว, Collet (รุ่น D50L300, บ. เจริญทัศน์)

2.1.2.1 หลักการทำงานของเครื่องกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน เป็นกระบวนการทำให้เกิดรูปร่างโดยการบังคับสารที่อ่อนตัวหรือหลอมเหลวผ่านรูหรือไดด้วยความดัน มีปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเอ็กซ์ทรูเตอร์มากที่สุด คือ สภาวะการเดินเครื่อง อุณหภูมิ ความดัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของได และอัตราการเคี้ยว ลักษณะของสกรู ส่วนคุณสมบัติของส่วนผสมปัจจัยที่สำคัญที่สุด ได้แก่ ความชื้น ขนาดของวัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมี

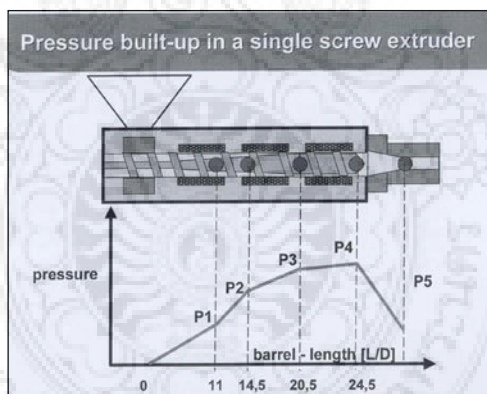
2.1.2.2 สกรูเป็นหัวใจของกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน โดยลักษณะของสกรูและความเร็วของการหมุนมีผลต่อการเอ็กซ์ทรูชัน การเคลื่อนที่ของส่วนผสมของวัตถุดิบเกิดจากเกลียวที่อยู่ตามแนวแกนความยาวของสกรู พลังงานบาร์เรตมีกทำเป็นร่องเพื่อเพิ่มความฝืดและลดความดัน เนื่องจากส่วนผสมที่ถูดจากพลังงานบาร์เรตมีกจะดันและหมุนตามสกรู

สกรูทำหน้าที่ 3 อย่าง คือ

1. การขนส่งถ่ายเคลื่อนย้ายมวล
2. ก่อให้เกิดพลังงานและความร้อน
3. เกิดการผสม

สกรูในส่วนแรกที่ทำหน้าที่ป้อนมักมีลักษณะสันเกลียวลึกซึ่งจะรับส่วนผสมของอาหารเคลื่อนที่ไปตามความยาวของสกรูและระหว่างการเคลื่อนที่ส่วนผสมจะได้รับกรอัดเพิ่มขึ้น ส่วนที่สองของสกรูจะเป็นช่วงของการอัด สกรูจะมีสันเกลียวลดลงหรืออาจใช้วิธีการอื่นที่ทำให้ความสามารถในการเคลื่อนที่ลดลง ซึ่งมีผลให้เกิดการอัดมากขึ้น ส่วนนี้ของสกรูออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่ผสมส่วนผสมของอาหารที่หลอมเหลวนี้ สันเกลียวที่ตื้นขึ้นจะเพิ่มแรงเฉือนและช่วยให้การผสมดีขึ้นเพื่อให้เกิดไตที่มีอุณหภูมิและความดันสูงสม่ำเสมอ

2.1.2.3 การทำงานของเครื่องเอ็กซ์ทรูเตอร์ ส่วนผสมที่ถูกป้อนเข้าสู่บาร์เรตของเครื่องมักอยู่ในรูปที่เป็นเม็ด (Granular) พลังงานต่างๆ ที่ป้อนเข้าสู่เครื่องทั้งจากความร้อนของกระแสไฟฟ้า และความดันที่สูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิของส่วนผสมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะคงอยู่น้อยกว่า 20 วินาที เพราะถ้านานเกินไปจะทำให้เกิดการไหม้และเกิดกลิ่นรสแปลกปลอม สกรูจะทำหน้าที่ขนส่งส่วนผสมของอาหารทำให้เกิดการอัดและผ่านไตเพื่อให้เกิดรูปร่างต่าง ๆ



ภาพที่ 2

ในการผลิต

เมื่อไตถูกปล่อยออกจากไตด้วยความดันสูงอย่างทันทีทันใด ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการพองตัว (Puffing) อย่างทันที การพองตัวส่วนใหญ่เกิดจากไอน้ำที่ระเหยออกจากน้ำในผลิตภัณฑ์ อาหารที่ออกจากเอ็กซ์ทรูเตอร์ที่ขยายตัวจะมีโครงสร้างของเซลล์เปิด ซึ่งเซลล์แต่ละเซลล์ถูกล้อมรอบด้วย เมมเบรนของแป้งหรือโปรตีน ขนาดของเซลล์เหล่านี้เป็นลักษณะเฉพาะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ คือ ลักษณะเนื้อและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ เอ็กซ์ทรูเตอร์จะถูกตัดที่ผิวหน้าของไตด้วยใบมีด แล้วอบแห้งต่อด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนให้มีความชื้น 2-12 % ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์

Kadan(2003) ศึกษากระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน(extrusion) เป็นขบวนการที่ทำให้ส่วนผสมอาหารขึ้นก่อนแล้วทำให้สุกอัดออกมาเป็นรูปทรง ซึ่งความร้อนที่ทำให้แป้งสุกนี้จะเปลี่ยนแป้งดิบให้เป็นเจดัมบูรณ อัด

พองเป็นรูปร่างต่างๆโดยผ่านรูโตะแล้วอบให้แห้งกรอบ ปัจจุบันกระบวนการผลิตแบบ extrusion cooking เป็นกรรมวิธีที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ประเภทขนมขบเคี้ยวและอาหารเข้าประเภทสตูฟิช

2.1.3 ข้อดีของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ในการแปรรูปอาหาร

ลดต้นทุนในการผลิต เนื่องจากใช้พื้นที่และแรงงานในการผลิตต่อหน่วยผลิตน้อย สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเฉพาะได้หลายอย่าง กระบวนการเอกซ์ทรูชัน โดยวัตถุดิบส่วนใหญ่เป็นโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต, อัตราการผลิตสูงและเป็นกระบวนการผลิตอัตโนมัติ, มีเศษเหลือทิ้งน้อย ช่วยลดค่า BOD ของน้ำทิ้งจากโรงงานที่ทำการแปรรูป ควบคุมสภาวะทางต้านความร้อน ทางกล เพื่อปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับส่วนผสมที่ต้องการ

2.1.4 กระบวนการทางเทคโนโลยีเอกซ์ทรูชัน และปัจจัยที่ต้องควบคุม



แผนภาพที่ 1 กระบวนการทางเทคโนโลยีเอกซ์ทรูชัน และปัจจัยที่ต้องควบคุมตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบจนบรรจุ

2.1.5 วัตถุดิบในการผลิตขนมขบเคี้ยว

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำขนมขบเคี้ยว แบ่งออกเป็น 10 ชนิด ได้แก่ พืชหัว ธัญชาติ ถั่วเปลือกแข็ง(nut) ถั่ว legumes ผลไม้ พืชน้ำมัน เนื้อสัตว์ ปลาและอาหารทะเล ผลิตภัณฑ์นม และแป้ง (Blenford, 1982) สำหรับอุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยวในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะใช้พืชหัว ธัญชาติ และถั่วเมล็ดแห้ง ซึ่งทั้ง 3 ชนิดนี้ ใช้ในรูปแป้ง เป็นวัตถุดิบในการผลิตขนมขบเคี้ยว แป้งที่ใช้เป็นแป้งลักษณะดิบ คือ ไม่ได้แปรรูป ทดวยกรรมวิธีทางกายภาพ ทางเคมี จุลินทรีย์

การเตรียมวัตถุดิบที่จะนำมาผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันต้องนำวัตถุดิบมาผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำวัตถุดิบที่ผสมดีแล้วมาป้อนเข้าสู่เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีได้หลายแบบตามลักษณะของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่ใช้ และสภาวะของเครื่องที่กำหนด วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขนมขบเคี้ยว โดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่ม ตามหน้าที่ของวัตถุดิบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ (Guy, 1994) ได้แก่

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ธัญชาติ และพืชหัว เป็นรูปของแป้ง (flour) พงพวย (granule) และสตาร์ช (starch)

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่กระจายอยู่ในส่วนที่เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ โปรตีน และ เส้นใย

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มของสารช่วยให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันและช่วยให้การพาววัตถุดิบดีขึ้น ได้แก่ น้ำ น้ำมัน และอิมัลซิไฟเออร์

กลุ่มที่ 4 เป็นสารที่ทำให้ฟองอากาศมาเกิดในผลิตภัณฑ์ที่มีผลให้ผลิตภัณฑ์พองและให้ฟองอากาศที่ละเอียด ได้แก่ พงฟู ซอสต์ และแคลเซียมคาร์บอเนต

กลุ่มที่ 5 เป็นสารที่ทำหน้าที่ให้รสชาติ ได้แก่ เกลือ น้ำตาล และสารให้กลิ่นรสต่างๆ

กลุ่มที่ 6 เป็นกลุ่มที่ให้สี ได้แก่ นมผงและสีจากธรรมชาติ

2.1.6 การพองตัว

การพองตัวของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ เพราะเป็นปัจจัยคุณภาพอย่างหนึ่งของการยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค การพองตัวของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือ ความดันและความต้านทาน ความดันเกิดจากน้ำที่แทรกอยู่ในอาหารเกิด การขยายตัวดันให้เนื้ออาหารเป็นโพรง หรือรูพรุน เพื่อให้ความชื้นออกจากเนื้ออาหารได้ ในขณะที่เดียวกันก็จะเกิดแรงต้าน หรือแรงยึดเหนี่ยวให้หน้าขยายตัวหลุดออกไป ถ้าใช้พลังงานพอเหมาะจะทำให้ความดันเท่ากับความต้านทาน การพองตัวที่ได้จะมีการพองตัวสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นอาหาร ความชื้นที่เหลืออยู่พอเหมาะที่จะทำให้มีความกรอบพอเหมาะพอดี และมีโครงสร้างเนื้อสัมผัสดีไปด้วย แต่ถ้าความดันน้อยกว่าความต้านทาน ลักษณะเนื้อสัมผัสจะไม่ดี มีรูพรุนไม่สม่ำเสมอ ส่วนที่เป็นรูพรุนก็จะแห้ง สัตส่วนของแอมิโลสและแอมิโลแพกตินในแป้งมีผลต่อคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ได้ โดยแอมิโลสเพกตินจะช่วยให้อุณหภูมิพองตัว มีลักษณะโปร่งเบาและแตกหักได้ง่าย สำหรับการใส่แป้งที่มีปริมาณแอมิโลสสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้แข็งกว่า และมีข้อจำกัดในการพองตัว

2.1.6.1 กลไกการโตของฟองอากาศ การกำเนิดและการโตของฟองอากาศ (Initiation and early growth) ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ประกอบด้วย

-แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate) เป็นวัตถุดิบที่ผลิตจากหินปูน และนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำเร็จรูปในอุตสาหกรรมต่างๆ ด้วยคุณสมบัติของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ไม่เป็นพิษ มีความขาวและความสว่างสูง จึงนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ใช้เป็นตัวเติมเต็ม (Filler) และตัวเพิ่มปริมาณ (Extender) ในอุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยว เป็นต้น

-แคลเซียมคาร์บอเนต มีสูตรทางเคมี (CaCO_3) ส่วนประกอบทางเคมีประกอบด้วย CaO ร้อยละ 56 และ CO_2 ร้อยละ 44 มีความแข็ง 3 ความถ่วงจำเพาะ 2.71 สลายตัวเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 825 องศาเซลเซียส ลักษณะทางกายภาพของแคลเซียมคาร์บอเนต เป็นผงสีขาวไม่ละลายน้ำแต่สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ โดยที่กลไกการโตของฟองอากาศเกิดจากกลไกการทำงานของปฏิกิริยาการสลายตัวของสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ดังนี้ (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2547)

โดยที่กลไกการโตของฟองอากาศจะเกิดขึ้นขณะที่น้ำถูกเปลี่ยนสภาพให้เป็นน้ำเดือด บริเวณที่อยู่รอบหยดน้ำขยายออกเป็นบริเวณกว้างและเป็นวงกลม เกิดเป็นผนังเซลล์ล้อมรอบฟองอากาศหรือฟองไอน้ำ ฟองอากาศจะขยายตัวออกเรื่อยๆจนผนังเซลล์แต่ละฟองอากาศเริ่มชนติดกัน การเชื่อมติดกัน ฟองอากาศเล็กถูกรวมกับฟองอากาศใหญ่ เนื่องจากผนังเซลล์ขาดจึงทำให้ฟองอากาศมารวมกัน เป็นโครงสร้างรูพรุนในเนื้ออาหารที่ไม่มีความสม่ำเสมอของฟองอากาศ ซึ่งการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตลงไปในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจะช่วยให้เอกซ์ทรูเดตที่ออกจากหน้าแป้นเกิดโครงสร้างลักษณะรูพรุนในผลิตภัณฑ์ที่ดูขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตเมื่อได้รับความร้อนและน้ำจะแตกตัวคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เอกซ์ทรูเดตเกิดการพองตัว อีกทั้งแคลเซียมคาร์บอเนตยังเป็น nucleation ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นตัวล่อขนาดเล็กทำให้เกิดฟองอากาศที่มีขนาดเล็กเท่าๆกัน ขนาดของรูพรุนมีลักษณะที่สม่ำเสมอเพิ่มขึ้น (ณัฐชนก, มปป.)

2.1.7 การอบแห้ง

ผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ได้จากกระบวนการเอกซ์ทรูชันยังมีความชื้นอยู่มาก จึงมีความจำเป็นต้องนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปอบแห้ง เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์ที่สุกแต่ยังไม่พองทันที และเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่สุกพองทันที

ขนมขบเคี้ยวประเภทสุกพองทันทีที่ต้องการการอบแห้งหลังจากกระบวนการอัดพอง ความชื้นของวัตถุดิบเริ่มต้นมีค่าประมาณร้อยละ 15-20 ความชื้นของขนมขบเคี้ยวสดลงเป็นร้อยละ 8-12 เมื่อผ่านกระบวนการอัดพองเนื่องจากน้ำจะถูกความร้อนทำให้กลายเป็นไอน้ำและระเหยออกไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอบไล่ความชื้นเหลือเพียงร้อยละ 2-3 เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่กรอบแห้ง และเพื่อเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ประชา(2537) กล่าวว่า ขนมขบเคี้ยวที่มีข้าวโพดเป็นส่วนประกอบหลักด้วยกระบวนการอัดพอง ผลิตภัณฑ์ใช้อุณหภูมิในการอบประมาณ 80 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่ใช้อบอยู่ระหว่าง 15-30 นาที ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแห้ง และกรอบคงทน มีความชื้นร้อยละ 2-3

2.1.8 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และวอเตอร์แอคทิวิตี

วอเตอร์แอคทิวิตีของน้ำ (Water Activity) หมายถึง อัตราส่วนของความดันไอของน้ำในอาหาร (P) ต่อความดันไอน้ำบริสุทธิ์ (PO) ที่อุณหภูมิเดียวกัน ซึ่งก็คือ ความดันไอสัมพันธ์ เนื่องจากน้ำที่อยู่ในอาหารอยู่ในรูปสารละลายซึ่งหากสารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น ความดันไอน้ำในอาหารก็จะลดลง ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของน้ำในอาหารจึงลดลง

ปริมาณน้ำในอาหารเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยทั่วไปแบคทีเรียต้องการความชื้นหรือน้ำมากกว่ายีสต์และเชื้อรา อาหารแต่ละชนิดจะเสถียรเร็วหรือช้าขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์หรือที่เรียกว่า วอเตอร์แอคทิวิตี อาหารที่มีปริมาณน้ำมากจัดอยู่ในประเภทที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีสูง ซึ่งค่าใกล้เคียง 1.00 ได้แก่ อาหารสดทั้งหลาย เช่น เนื้อสัตว์ อาหารทะเล และผักสด เป็นต้น อาหารที่จัดอยู่ในจำพวกอาหารกึ่งแห้ง มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี อยู่ในช่วง 0.6 – 0.9 ได้แก่ แยม ทุเรียนกวน และกึ่งแห้ง เป็นต้น ส่วนอาหาร

ที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำกว่า 0.6 ได้แก่ อาหารแห้ง ธัญชาติ นมผง และกาแฟ ซึ่งเกิดการเน่าเสียได้ยากสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน

จุลินทรีย์แต่ละชนิดเจริญได้ในอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่างกัน แบคทีเรียเจริญได้ดีในอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสูง ส่วนยีสต์และเชื้อราขึ้นทนต่อสภาพที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำได้ดีกว่า นั่นคือการเน่าเสียของอาหารแห้งส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อรา จุลินทรีย์แต่ละชนิดที่มีความสำคัญในอาหารสามารถเจริญในอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีขั้นต่ำสุดแตกต่างกัน

ตารางที่ 1 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของน้ำในอาหารที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร

ชนิดอาหาร	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี
Distilled water	1.00
Tap water	0.99
Raw meats	0.97 - 0.99
Milk	0.97
Juice	0.97
Cooked bacon	< 0.85
Saturated NaCl solution	0.75
Point at which cereal loses crunch	0.65
Typical indoor air	0.50 - 0.70
Honey	0.50 - 0.70
Dried fruit	0.50 - 0.60

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของน้ำและการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารชนิดต่างๆ

ค่า P/Po (A _w)	จุลินทรีย์ที่ไม่เจริญในช่วงค่า A _w ต่ำกว่านี้	ชนิดของอาหารที่มีค่า A _w อยู่ในช่วงนี้
1.00-0.95	<i>Pseudomonas</i> , <i>Escherichia</i> , <i>Proteus</i> , <i>Shigella</i> <i>Klebsiella</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium perfringens</i> ยีสต์และราบางชนิด	ผัก ผลไม้สด เนื้อสัตว์ ปลา นานม ไข่รอก อาหารที่มีน้ำตาต 40% หรือมีเกลือ 7%
0.95-0.91	<i>Salmonella</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> <i>C. botulinum</i> , <i>Serratia</i> , <i>Lactobacillus</i> <i>Pediococcus</i> , ยีสต์ ราบางชนิด (<i>Rhodotorula</i> <i>Pichia</i>)	เนยแข็ง แอมน้ำผลไม้เข้มข้นบางชนิด อาหารที่มีน้ำตาตสูงถึง 55% หรือมีเกลือ 12%
0.91-0.87	Many yeasts (<i>Candida</i> , <i>Torulopsis</i> <i>Hansenula</i>), <i>Micrococcus</i>	ไข่รอกหมัก เค้กไข่ เนยเทียม อาหารที่มีน้ำตาต สูงถึง 65% หรือมีเกลือ 15%
0.87-0.80	Most molds (mycotoxigenic <i>penicillia</i>), <i>Staphylococcus aureus</i> , most <i>Saccharomyces</i> (<i>bailii</i>) spp., <i>Debaryomyces</i>	น้ำผลไม้เข้มข้นส่วนใหญ่ นมข้นหวาน น้ำเชื่อม ซ็อกเกตเตต น้ำเชื่อมจากผลไม้หรือ จากเมเปิ้ล แป้ง ข้าว เมล็ดที่มีความชื้น 15-17% เค้ก ผลไม้
0.80-0.75	Most halophilic bacteria, mycotoxigenic <i>aspergilli</i>	แยม มาร์มาเลต มาร์ชเมลโล

0.75-0.65	Xerophilic molds (<i>Apergillus chevalieri</i> , <i>A.candidus</i> , <i>Wallemia sebi</i>), <i>Saccharomyces</i> และพวก <i>bisporus</i>	เก็ดข้าวโอ๊ตที่มีความชื้น 10% เยลลี่ ผลไม้แห้ง
0.65-0.60	Osmophillic molds (<i>Saccharomyces rouxii</i>), ราบางชนิดเช่น <i>Aspergillus echinulatus</i> , <i>Monascus bisporus</i>	ผลไม้แห้งที่มีความชื้น 15-20% นำผึ้ง ทอปปิ้ง
0.50	ไม่มีจุลินทรีย์เจริญเติบโต	มักกะโรนี สเปกเกตตี้ที่มีความชื้น 12% เครื่องเทศที่มีความชื้น 10%
0.40	ไม่มีจุลินทรีย์เจริญเติบโต	ไข่ผงที่มีความชื้น 5%
0.30	ไม่มีจุลินทรีย์เจริญเติบโต	คุกกี้ แครกเกอร์
0.20	ไม่มีจุลินทรีย์เจริญเติบโต	นมผงที่มีความชื้น 2-3% ผลไม้แห้ง และข้าวโพดแผ่นกรอบที่มีความชื้น 5%

ที่มา : รุ่งนภา, 2550\

2.1.9 การดูดซับน้ำ การพองตัวและการละลาย

การดูดซับน้ำ จะเกิดขึ้นเมื่อเติมน้ำลงไปบนแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เม็ดแป้งจะดูดซับน้ำที่เติมลงไปภายใต้สภาวะบรรยากาศห้อง จนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับน้ำที่เติมลงไปและความชื้นภายในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับขึ้นจะขึ้นกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ น้ำที่อยู่ในเม็ดแป้งมี 3 รูปแบบ คือ น้ำในผลึก น้ำในรูปที่ไม่อิสระ (bound water) และน้ำในรูปอิสระ (free water) โดยมีการจับกับแป้งได้แน่นตามลำดับ และแป้งที่มีความชื้น 8-10% สามารถจับน้ำได้แน่นกว่าแป้งที่มีความชื้นสูงกว่านี้ ดังนั้นเมื่อความร้อนแก่สารละลายน้ำแป้ง เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัว และบางส่วนของแป้งจะละลายออกมา การดูดซับน้ำของแป้งจะแสดงเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ สำหรับความสามารถในการละลายจะแสดงเป็นน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายได้ (ก้านรงค์, 2550)

Lee and Osman (1991) กล่าวว่า การพองตัวของสตาร์ชเกิดขึ้นโดยไม่แตกตัวของน้ำจับกับโมเลกุลของสตาร์ชด้วยพันธะไฮโดรเจน ส่วนการเกิดเจลาตินในชั้นของเม็ดแป้งพันธะไฮโดรเจนของโครงสร้างที่เป็นผลึกในสตาร์ชจะแตกออก โดยน้ำจะเข้าไปแทนที่ในผลึกทำให้สตาร์ชเกิดการพองตัว

ความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAI) นิยามถึง ปริมาณของสตาร์ชที่พองตัวในน้ำปริมาณมากเกินพอ ส่วนความสามารถในการละลาย (WSI) นิยามถึง ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกมาจากอนุภาคของสตาร์ชในน้ำปริมาณมากเกินพอ ซึ่งค่าทั้งสองนี้บ่งบอกถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์เอกซ์ทรักต์ โดยเมื่อค่า WSI เพิ่มขึ้น จะแสดงถึง starch conversion ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อสตาร์ชถูกทำลาย และมีความสามารถจับน้ำได้ดี (Sriburi and Hill, 2000) โดยค่าพารามิเตอร์บ่งบอกถึง starch conversion ได้แก่ ปริมาณน้ำ อุณหภูมิ แรงเฉือนและคุณภาพทางเคมี (Myllymaki et al., 1997)

2.2 ข้าวโพด

2.2.1 นิยาม

ข้าวโพดเป็นพืชตระกูลหญ้า (Gramineae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays*. โครงสร้างของเมล็ดข้าวโพดแบ่งออกเป็นสามส่วน ส่วนของเปลือกเมล็ดและส่วนของเอ็นโดสเปิร์ม ซึ่งเป็นอาหารที่สะสมในเมล็ด ส่วนที่เป็นแป้งมี 2 ชนิด คือ แป้งอ่อนเป็นแป้งที่เกาะกันหลวมๆ มีสีขาวขุ่น และแป้งแข็งเป็นแป้งที่มีเซลล์รวมกันอยู่อย่างแน่นหนา มีลักษณะค่อนข้างใส ส่วน germ ซึ่งฝังตัวอยู่ในเอ็นโดสเปิร์ม (Endosperm) สามารถเจริญเป็นต้นอ่อนได้ ส่วนประกอบทางเคมีของข้าวโพดประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 70 ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแป้ง (starch) แป้งข้าวโพดจะมีอะไมโลส (Amylose) อยู่ร้อยละ 23 แป้งในธรรมชาติจะมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ ไม่มีรสชาติ และไม่เหมาะสำหรับรับประทาน การทำให้แป้งอยู่ในลักษณะที่ง่ายขึ้นและเป็นที่ยอมรับต่อการบริโภคคือการหุงต้ม สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเข้าใช้บริโภคได้เลย ธัญพืชจะถูกทำให้สุกในระหว่างการผลิตโดยการหุงต้มในน้ำที่ร้อน 60-80 องศาเซลเซียส จะทำให้แป้งเกิดเป็นเจลาตินไนซ์ (Gelatinization) และมีลักษณะที่ง่ายต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (Enzyme) ถ้าเกิดการหุงต้มใช้น้ำน้อย และใช้ความร้อนสูงจะทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning) โปรตีนในข้าวโพดมีประมาณร้อยละ 10 พบมากที่สุดในส่วนที่เป็นเอ็นโดสเปิร์มร้อยละ 73.1 ไข่เยมบริโอ (Embryo) ร้อยละ 23.9 ไขมันและน้ำมันร้อยละ 4 พบมากที่สุดในส่วนที่เป็นเยมบริโอและเอ็นโดสเปิร์มร้อยละ 83.2 และ 15 ตามลำดับ และยังประกอบด้วยวิตามินต่างๆ ที่สำคัญได้แก่ วิตามินเอ, บี1, บี3, แคโรทีน (Carotene) กรดแพนโทนิค (Pantothenic acid) และวิตามินอี (อรอนงค์, 2547)

แป้งข้าวโพดนี้เป็นแป้งที่มีการนำไปใช้ประโยชน์มากที่สุดในโลก เนื่องจากประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นผู้ผลิตรายใหญ่และนำเทคนิคทางพันธุวิศวกรรมช่วยตัดแปรคุณสมบัติ ทำให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมในข้าวโพด ส่งผลให้แป้งผลิตได้มีคุณสมบัติต่างๆ แตกต่างกันไป (กล้านรงค์และเกื้อกุล: 2546)

2.3 สมุนไพรไทย

2.3.1 นิยาม

พืชสมุนไพร หมายถึง พืชที่ใช้ทำเป็นยารักษาโรค โดยใช้ส่วนต่างของพืชชนิดเดียวหรือหลาย

ชนิดพร้อมกัน (FOSTAT 2005) พืชสมุนไพรเป็นกลุ่มพืชที่อยู่ในความสนใจ และมีผู้ศึกษาทางด้านพฤกษศาสตร์พื้นบ้านมากที่สุด ยารักษาโรคปัจจุบันหลายขนานที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรม ได้มาจากการศึกษาวิจัยการใช้พืชสมุนไพรพื้นบ้านของกลุ่มชนพื้นเมืองตามป่าเขาหรือในชนบท ที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษที่ได้สังเกตว่าพืชใดนำมาใช้น่ามีฤทธิ์ (Scott, 1995) มีสรรพคุณอย่างไร จากการเรียนรู้ด้วยประสบการณ์ และการทดลองแบบพื้นบ้านที่ได้ทั้งข้อดีและข้อผิดพลาด

2.3.2 กลุ่มพืชสมุนไพร ในตำรับยาไทยมีหลายร้อยชนิด แยกเป็นกลุ่มได้ดังนี้ (กองโภชนาการ, มปป)

2.3.2.1 กลุ่มพืชสมุนไพรที่ใช้แก้ไข้และขับปัสสาวะ เช่น เปลือกพญาสัตบรรณ

หรือตีนเป็ด (*Alstoniascholaris*) ราก เปลือก และใบ ขลุ้ (*Pluchea indica*) ใบ เนื้อไม้ ผล และเมล็ดมะค่าไก่ หรือประคำไก่ (*Drypetes roxburghii*) เถาอมระพี (*Tinospora crispa*) เถาขมิ้นเครือ (*Arcangelisia flava*) ราก เหง้า และใบหญ้าคา (*Imperata cylindrica*) ผลน้ำเต้า (*Legenaria siceraria*)

2.3.2.2 กลุ่มพืชสมุนไพรที่ใช้เป็นยาแก้ท้องเสีย เช่น ใบและผลมะตูม (*Aegle*

marmelo) เปลือกประตูบ้าน (*Pterocarpus indicus*) เหง้าโพล (*Zingiber purpureum*) เหง้าและรากกระชาย (*Boesenbergia rotunda*) แก่นกล้วย (*Caesalpinia sappan*) ราก เปลือก เนื้อไม้ ในและดอกแก้ว (*Murrayapaniculata*) เปลือกโสมหลวง (*Holarrhenapubescens*)

2.3.2.3 กลุ่มพืชสมุนไพรที่ใช้เป็นยาระบายและขับพยาธิ เช่น ผลติ่มมะเกลือ (*Diospyros mollis*) เมล็ดเถาเล็กมือนาง (*Quisqualis indica*) เมล็ดแตงฟักทอง (*Cucurbita moschata*) เนื้อในเมล็ดมะขาม (*Tamarindus indica*)

2.3.2.4 กลุ่มพืชสมุนไพรที่ใช้เป็นยาขับลม เช่น เหง้าแก้ง (*Zingiber officinale*) เหง้าข่า (*Alpinia galanga*) ผลพริกไทย (*Piper nigrum*) ต้นตะไคร้ (*Cymbopogon citratus*)

2.4 พืชสมุนไพรพื้นบ้าน

2.4.1 นิยาม

พื้นบ้านจะเน้นเฉพาะพืชที่เก็บหาได้ในธรรมชาติ จากป่าท้องทุ่ง ฯลฯ พืชป่าหลายชนิดถูกนำมาปลูกทั้งไว้ตามหัวไร่ปลายนา หรือในบริเวณหมู่บ้าน เพื่อความสะดวกในการเก็บหามาใช้บริโภคในชีวิตประจำวัน พืชอาหารบางชนิดเป็นที่นิยมกันทั่วไปเกิดการแลกเปลี่ยนเก็บหาออกจากป่าจนเกินกำลังผลิตทำให้ผลิตผลในธรรมชาติลดลง ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ในปัจจุบันได้มีการนำพืชป่าดังกล่าวมาปลูกขยายพันธุ์ในสวนหรือในแปลง เพื่อเก็บผลผลิตเป็นการค้า เช่น สะตอ เนียง ผักหวาน ผักกระเฉด ฯลฯ พืชอาหารที่ใช้บริโภคเก็บหาในธรรมชาติบางครั้งจะพบวางขายตามตลาดสดในชนบทจำแนกออกเป็นกลุ่มได้

2.4.2 กลุ่มพืชสมุนไพรพื้นบ้าน แบ่งเป็น

2.4.2.1 พืชผักสมุนไพรพื้นบ้าน

รวมถึงพืชขึ้นตามป่าเขาหรือสวน ไร่ ทุ่ง จนถึงพืชขึ้นสูงทั่วไป ชนพื้นบ้านนำส่วนต่างๆ ของพืชมาใช้บริโภคตามความเหมาะสม ได้แก่ ส่วนของราก หัว เหง้า ลำต้น ยอด ใบ ดอก ผล เมล็ด หรือใช้ทั้งต้น วิธีการประกอบอาหารอาจใช้เป็นผักสด ผักลวก ผักดอง ต้มในแกงผัก หรือใช้เป็นเครื่องปรุงอาหาร เช่น เถา (*Spirogyra* sp.) สำหรับสับเขยว่นำจืดใช้กินเป็นผักกับน้ำพริก ลาบ ปั่นในแกงส้ม หรือ ผักกบไข่ เห็ด ที่เกิดตามธรรมชาติและนำมาเป็นอาหารมีหลายชนิด ส่วนใหญ่จะปรุงให้สุกเสียก่อนโดยการนึ่ง ย่าง ต้ม หรือผัด ใช้กินกับน้ำพริก ใส่แกงหรือผัดผัก เฝือก ใช้ส่วนของยอดอ่อนหรือใบอ่อนเป็นอาหาร สะเตาะหรือสะเตาไทย (*Azadirachta indicavar. siamensis*) ยอดดอกและใบอ่อนมีรสขม นำมาต้มหรือลวกเป็นผักจิ้มกับน้ำปลาหวาน จีวหรือจีวแดง (*Bombax ceiba*) ใช้เกสรตัวผู้แห้งที่ร่วงหล่นจากดอกนำมาปรุงกับแกงส้มแกงเผ็ด ใบอ่อน ดอกตูมและผลอ่อนใช้เป็นผักจิ้มกับน้ำพริก ชะมวงหรือส้มวง (*Garcinia cova*) ใบมีรสเปรี้ยว ใช้ใส่ต้มปลา ต้มหมู ต้มเครื่องใน ส้มแขกหรือส้มพะงัน (*Garcinia atroviridis*) ผลสดและเนื้อในผลตากแห้งมีรสเปรี้ยวใช้ใส่ต้มเนื้อต้มปลา แกงส้ม และนำแกงขมจิ้น

2.4.2.2 พืชไม้ผลสมุนไพรพื้นบ้าน

พรรณไม้ในป่าหลายชนิดให้ผลที่มีรสและคุณค่าทางโภชนาการ ชนพื้นบ้านนำมาใช้บริโภคแบบผลไม้เศรษฐกิจทั่วไป มีเพียงไม่กี่ชนิดที่นำมาปลูกตามบ้านหรือหัวไร่ปลายนา เช่น มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) ผลสดใช้หมักหรือเคี้ยวทำให้ชุ่มคอ แก้กระหายน้ำ ผลแห้งนำมาต้มดื่มแก้ไอ แก้ไข้ มะดัน (*Garcinia schomburgkiana*) ผลมีรสเปรี้ยวจัดใช้แทนมะนาวได้ดี มักนิยมนำไปดองน้ำเกลือเพื่อทำให้อร่อยเปรี้ยว ลดลงและเก็บไว้ได้นาน มะตูม (*Aegle marmelos*) เนื้อของผลสุกเมื่อแกะเมล็ดทิ้งไปกินได้ รสหวาน ผลดิบนำมาฝานเป็นแผ่น ตากให้แห้งแล้วเอาไปย่างไฟพอเกรียม ใช้ชงน้ำร้อนแทนชาได้ เรียกขามะตูมหรือน้ำมะตูม

2.5 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

2.5.1 นิยาม

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว (snack products) จัดเป็นอาหารว่างหรืออาหารที่บริโภคระหว่างมื้อหลัก บริโภคเพื่อความเพลิดเพลิน บริโภคได้ง่ายและสะดวก ส่วนใหญ่เป็นอาหารที่ให้พลังงานสูง เนื่องจากมีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตและไขมันปริมาณมาก เกณฑ์สำหรับการผลิตขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ กำหนดให้ควรมีพลังงาน 150 กิโลแคลอรีต่อหนึ่งหน่วยบริโภค หรือ ต่อหนึ่งมื้อมีส่วนผสมไขมัน/น้ำมันไม่เกิน 2.5 กรัม น้ำตาลไม่เกิน 12 กรัม และเกลือโซเดียมไม่เกิน 100 มิลลิกรัม รวมทั้งควรมีสารอาหารสำคัญไม่น้อยกว่า 2 ชนิด เช่น โปรตีน วิตามิน แร่ธาตุและใยอาหาร โดยแต่ละชนิดควรไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณที่ควรได้รับต่อวัน



บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 วิธีดำเนินการทดลอง

3.1.1 ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ตามสูตร ได้แก่ เกล็ดข้าวโพด 50% แป้งข้าว 44% น้ำตาลทราย 3% น้ำมันพืช 2% และแคลเซียมคาร์โบเนต 1% ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นรูปทรงกลมรี มีสีเหลืองปนเขียวอ่อน แสดงดังภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสกรอบ ไม่แน่นจนเกินไป รสชาติอร่อย



ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากพืชสมุนไพรไทยพื้นบ้านด้วยเทคโนโลยีเอ็กซ์ทรูชัน

3.1.2 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมจาก extruder โดยสภาวะที่ศึกษา คือ

- ความเร็วรอบของสกรู 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที
- ความชื้นของวัตถุดิบร้อยละ 15, 17.5 และ 20

โดยอุณหภูมิของบาร์เรลคือ 134-165 องศาเซลเซียส โดยวางแผนการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงสถานะในการทดลองการผลิตขนมขี้ยว ที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ ที่ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที และ ความชื้นของวัตถุดิบ 3 ระดับ ที่ร้อยละ 15, 17.5 และ 20

Treatment	ความเร็วรอบสกรู (รอบ/นาที)	ความชื้นวัตถุดิบ (ร้อยละ)
1	250	15
2	300	15
3	350	15
4	250	17.5
5	300	17.5
6	350	17.5
7	250	20
8	300	20
9	350	20

ผสมเกล็ดข้าวโพดกับน้ำ 5% ของน้ำหนักทั้งหมด (ปรับปริมาณความชื้นให้ได้ 12% ใส่ถุงปิดไว้ประมาณ 3-5 ชั่วโมง) และแบ่งกลัวยร่อนผ่านกระชอนขนาดรูประมาณ 1.2 mm (แบ่งมีขนาดอนุภาคประมาณ 40 mesh) เปิดเครื่องร่อนให้ได้อุณหภูมิตามที่กำหนด ประมาณ 25 นาที เมื่อได้อุณหภูมิตามที่ ใส่เกล็ดข้าวโพดลงไปกำหนดให้เปิดเครื่องที่ความเร็วรอบที่ต้องการศึกษา ทำการเก็บผลิตภัณฑ์ ที่ได้ นำเข้าสู่ตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายแล้วสุ่มตัวอย่างมาทดสอบคุณภาพต่างๆ

3.2.3 ศึกษาปริมาณน้ำตาลทราย (ขาว) ที่เหมาะสมที่มีผลต่อรสชาติและค่าสีของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดียว

โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ซึ่งใช้ปริมาณศึกษาปริมาณน้ำตาลทราย (ขาว) 3 ระดับ คือ 0, 3 และ 6 กรัม ตามลำดับ โดยที่ปริมาณน้ำตาลทราย (ขาว) 6 กรัม แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำตาลทราย (ขาว) ที่ 3 ระดับ

วัตถุดิบ	สูตร (กรัม)		
	1	2	3
น้ำตาลทราย (ขาว)	0	3	6

3.2.4 คุณภาพทางกายภาพ

3.2.3.1 ค่ากระบวนการผลิตที่ได้จากเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ โดยจับเวลาทุก 2 นาที แล้วอ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต

3.2.4.2 วัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) เครื่อง Aqua lab นำตัวอย่างขนมขบเคี้ยวบดด้วยเครื่องบดอาหาร (blender) ให้ละเอียดนำตัวอย่างที่บดได้มาวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

3.2.4.3 วัดค่าสี เครื่อง Spectrophotometer ; รุ่น CM-3500d ระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ทำการบดตัวอย่างขนมขบเคี้ยวให้ละเอียดด้วยเครื่องบดอาหาร (blender) ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

3.2.4.4 อัตราการการพองตัว คำนวณจากค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของขนมขบเคี้ยวที่ได้จากการวัด 3 ตำแหน่ง (มิลลิเมตร)หารด้วยความกว้างเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิดที่หน้าแปลน (die) รูปวงกลม (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร) แต่ละสิ่งทดลองทำการวัด 20 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

3.2.4.5 การหาความหนาแน่นผลิตภัณฑ์ เป็นค่าที่ได้จากน้ำหนักของขนมขบเคี้ยว หารด้วยค่าปริมาตรของขนมขบเคี้ยวโดยการแทนที่น้ำ โดยทำการทดลองหาค่าความหนาแน่นจำนวน 20 ซ้ำ ค่าความหนาแน่นคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ค่าความหนาแน่น} = \frac{(\text{น้ำหนักขนมขบเคี้ยว} + \text{น้ำหนักภาชนะ}) - (\text{น้ำหนักภาชนะ})}{\text{ปริมาตรน้ำ}}$$

(กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.2.4.6 คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน เส้นใยหยาบ โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

3.2.4.7 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9- point hedonic scale โดยให้คะแนนความชอบจาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ซึ่งวางแผนการทดสอบตัวอย่างแบบ (Randomized Completely block Design, RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA), เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT)

3.2.4.8 คุณภาพทางจุลินทรีย์

การทดสอบหาจำนวนยีสต์ รา โดยวิธีการ pour plate ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (AOAC, 2000)

การทดสอบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธีการ pour plate ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (AOAC, 2000)

3.2.5 เพื่อศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธีการ CLT (central location test) กับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 80 คน โดยใช้แบบสอบถามเพื่อการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ให้คะแนนความชอบ ด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส(ความกรอบ) และความชอบโดยรวม ซึ่งการทดสอบผลิตภัณฑ์จะให้บริโภค ร่วมกับนมสด โดยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) และหาค่าคะแนนความชอบโดยเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์

3.3 ระยะเวลาการทดลอง

เดือนตุลาคม 2554 – เดือนกันยายน 2555

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

1. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ



บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 วิธีดำเนินการทดลอง

4.1.1 ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ตามสูตร ได้แก่ แป้งข้าวโพด 50% แป้งข้าว 44% น้ำตาลทราย 3% น้ำมันพืช 2% และแคลเซียมคาร์บอเนต 1% ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นรูปทรงกลมรี มีสีเหลืองปนเขียวอ่อน แสดงดังภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสกรอบ ไม่แน่นจนเกินไป รสชาติอร่อย



ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากพืชสมุนไพรไทยพื้นบ้านด้วยเทคโนโลยีเอ็กซ์ทรูชัน

4.1.2 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมจาก extruder โดยสภาวะที่ศึกษา คือ ความเร็วรอบของสกรู 300 รอบต่อนาที และความชื้นของวัตถุดิบที่ร้อยละ 17.5 โดยอุณหภูมิของบาร์เรลคือ 134-165 องศาเซลเซียส โดยวางแผนการทดลองดังตารางที่ 5

เครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดียวเป็นการให้ความร้อนแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น ส่งผลให้มวลเหลวภายในเกิด

การไหม้ได้รวดเร็วและติดค้างอยู่ภายในบาร์เรล เครื่องเกิดการหยุดชะงัก ซึ่งสอดคล้องกับ Lue *et al.* (1991) พบว่าการเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหารจากหัวบีท และการเพิ่มปริมาณโปรตีนจากปลาป่นทำให้ไปขัดขวางการพองตัวของแป้งในการเกิดโครงสร้างโพรงอากาศภายในบาร์เรล มีผลให้การเคลื่อนที่ออกสู่หน้าแปลนช้าลง ความดันภายในลดลง Guy, 1994 กล่าวว่า การเพิ่มเยื่อใยในส่วนผสมของวัตถุดิบประมาณร้อยละ 20-30 จะลดการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ เยื่อใยส่วนใหญ่จะได้จากธัญชาติ เช่น รำข้าวเป็นอนุภาคใหญ่ และแข็ง เกิดจากเซลลูโลส อนุภาคเหล่านี้จะไม่แตกหักระหว่างการเอ็กซ์ทรูด จะหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ทำให้มีผลต่อเนื้อสัมผัส และการพองตัวของผลิตภัณฑ์ ส่วนสูตรการผลิตนี้ พบว่า มวลเหลวภายในบาร์เรลสามารถไหลผ่านออกมาหน้าไดน์ได้เล็กน้อย ค่อนข้างช้า ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไม่แข็งมากเกินไป ผิวภายนอกขรุขระ อัตราการพองตัวดี ความหนาแน่นดี โพรงอากาศภายในไม่ค่อยมีความสม่ำเสมอ สีออกเหลืองปนเขียว เนื่องจากสูตรนี้มีการใช้ปริมาณเกล็ดข้าวโพดและสมุนไพรไทยพื้นบ้าน ทำให้มวลเหลวภายในบาร์เรลไหลออกมาหน้าไดน์ได้ดีขึ้น เพราะว่าเกล็ดข้าวโพดที่ใช้เป็นกลุ่มที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และมีปริมาณแอมิโลสสูงซึ่งจะช่วยดูดน้ำและขยายปริมาตรได้ดีขึ้น

ตารางที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ในสภาวะการทดลองการผลิตขนมขบเคี้ยว ที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ ที่ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที และ ความชื้นของวัตถุดิบ 3 ระดับ ที่ร้อยละ 15, 17.5 และ 20

Treatment	ความเร็วรอบสกรู (รอบ/นาที)	ความชื้นวัตถุดิบ (ร้อยละ)	ลักษณะเนื้อสัมผัส/ ความกรอบ
1	250	15	เนื้อสัมผัสโปร่ง และมีความร่วนเกินไป
2	300	15	เนื้อสัมผัสโปร่ง และมีความร่วนเกินไป
3	350	15	เนื้อสัมผัสแน่นเล็กน้อย และมีความกรอบแข็ง
4	250	17.5	เนื้อสัมผัสโปร่ง และมีความร่วนเกินไป
5	300	17.5	เนื้อสัมผัสไม่โปร่ง ไม่แน่นจนเกินไป และมีความกรอบกำลังดี
6	350	17.5	เนื้อสัมผัสแน่นจนเกินไป และมีความกรอบกำลังดี
7	250	20	เนื้อสัมผัสโปร่ง และมีความเหนียวเล็กน้อย
8	300	20	เนื้อสัมผัสโปร่ง และมีความเหนียวเล็กน้อย
9	350	20	เนื้อสัมผัสแน่น และมีความเหนียวเล็กน้อย

จากตารางที่ 5 พบว่า สูตรทดลองที่ 5 เนื้อสัมผัสที่ได้ไม่โปรง และไม่แน่นจนเกินไป เมื่อทำการบดเคี้ยว จะพบว่ามีอาการบดกำล้งดี ง่ายต่อการกัด (ตัดขาดด้วยฟัน) และเมื่อทำการกลืนก็ไม่เกิดการระคายเคืองที่คอ สามารถทานเป็นขนมขบเคี้ยวได้

จากการผสมเกล็ดข้าวโพดกับน้ำ 5% ของน้ำหนักทั้งหมด (ปรับปริมาณความชื้นให้ได้ 12% ใส่ถุงปิดไว้ประมาณ 3-5 ชั่วโมง) และแบ่งกล้วยร่อนผ่านกระชอนขนาดรูประมาณ 1.2 mm (แบ่งมีขนาดอนุภาคประมาณ 40 mesh) เปิดเครื่องรอให้ได้อุณหภูมิตามที่กำหนด ประมาณ 25 นาที เมื่อได้อุณหภูมิตามที่ใส่เกล็ดข้าวโพดลงไปกำหนดให้เปิดเครื่องที่ความเร็วรอบที่ต้องการศึกษา ทำการเก็บผลิตภัณฑ์ที่ได้ นำเข้าสู่อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายแล้วสุ่มตัวอย่างมาทดสอบคุณภาพต่อไป

3.2.3 ศึกษาปริมาณน้ำตาลทราย (ขาว) ที่เหมาะสมที่มีผลต่อรสชาติและค่าสีของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดียว

โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ซึ่งใช้ปริมาณศึกษาปริมาณน้ำตาลทราย (ขาว) 3 ระดับ คือ 0, 3 และ 6 กรัม ตามลำดับ โดยที่ปริมาณน้ำตาลทราย (ขาว) 6 กรัม

จากการศึกษาศึกษาปริมาณน้ำตาล (ขาว) 3 ระดับ คือ 0 , 3 และ 6 กรัม ตามลำดับ พบว่าสูตรที่เติมน้ำตาลทราย (ขาว) 3 กรัม ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส(ความกรอบ) และความชอบโดยรวม มากกว่าสูตรอื่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพราะว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสหวานพอดีไม่หวานมากไป ส่งผลให้ค่าสีลดลง อัตราการพองตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ความหนาแน่นลดลง เนื้อสัมผัสโปรงขึ้น ความแข็งและความกรอบพอดีไม่มากไปเหมือนสูตรเดิมที่ใช้น้ำตาล 6 กรัม เนื่องจากการใช้ปริมาณน้ำตาลมากไป ส่งผลให้มวลเหลวภายในท่อบาร์เรลไหลออกมาสู่หน้าไดน์เร็วขึ้น อัตราการพองตัวลดลง ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น เพราะว่าปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นทำให้แรงเฉือนของมวลเหลวภายในท่อบาร์เรลลดลง การเกิดเจลลาติไนท์เซชันไม่สมบูรณ์ เกิดการเสียดสีภายในทำให้โมเลกุลของน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อนสูง เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีคล้ำเข้มขึ้น มีกลิ่นน้ำตาลไหม้ เนื้อสัมผัสแข็ง มากกว่าสูตรที่ใช้ปริมาณน้ำตาล 0 และ 3 กรัม และสูตรที่ใช้ปริมาณน้ำตาล 0 กรัม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีซีดไป ไม่มีรสชาติ เนื้อสัมผัสโปรงเบาเกินไป จึงไม่เหมาะที่จะเลือกสูตรนี้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเลือกสูตรที่ใช้ปริมาณน้ำตาลทราย (ขาว) 3 กรัม ซึ่งผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมระดับชอบปานกลาง แสดงดังตารางที่ 6 จากสภาวะการผลิตด้วยเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดียว พบว่าสูตรที่เติมน้ำตาลทราย (ขาว) 3 กรัม ใช้กระแสไฟฟ้าในกระบวนการผลิต 8.5 แอมแปร์ สามารถผลิตได้ 14.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 6 คะแนนความชอบเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลทราย (ขาว) ที่เหมาะสม จำนวน 3 สูตร

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ		
	0	3	6
สี	6.32± 0.02 ^c	7.37± 0.01 ^a	6.70 ± 0.02 ^b
กลิ่น	6.95± 0.01 ^b	7.63± 0.04 ^a	6.90± 0.01 ^{bc}
รสชาติ	6.42± 0.02 ^c	7.38± 0.03 ^a	6.73± 0.02 ^b
เนื้อสัมผัส(ความกรอบ)	6.28± 0.01 ^c	7.33± 0.01 ^a	6.97± 0.01 ^b
ความชอบโดยรวม	6.34± 0.01 ^c	7.70± 0.01 ^a	7.13± 0.02 ^b

หมายเหตุ^{a-c} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในทางเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 7 สภาวะการผลิตด้วยเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดียว (2 กิโลกรัมต่อสูตร)

ข้อมูล	รายละเอียด
Screw speed(rpm)	168
เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าแปลน Ø (มม.)	2
จำนวนใบมีด(ใบ)	2
ความเร็วใบมีด(rpm)	95
อุณหภูมิบาร์ (องศาเซลเซียส)	135
อุณหภูมิหน้าไดน์ (องศาเซลเซียส)	153
โวลต์ (volt)	380
กระแสไฟ(แอมแปร์)	8.5
พลังงานกลจำเพาะ(Wh/g)	2.12
กำลังการผลิต(kg/h)	14.4

3.2.4 คุณภาพทางกายภาพ

ตารางที่ 8 คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของขนมขบเคี้ยวจากสมุนไพรพื้นบ้านโดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว

คุณภาพ		รายละเอียด
คุณภาพทางกายภาพ		
อัตราการผลิต		1.69 ± 0.01
ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.)		0.15 ± 0.001
ปริมาณน้ำอิสระ(Aw)		0.34 ± 0.02
ค่าสี		
L*		60.41 ± 0.16
a*		1.19 ± 0.02
b*		15.26 ± 0.16
คุณภาพทางเคมี		
ความชื้น	(ร้อยละ)	6.60 ± 0.16
โปรตีน	(ร้อยละ)	7.88 ± 0.16
ไขมัน	(ร้อยละ)	0.07 ± 0.16
เยื่อใย	(ร้อยละ)	1.85 ± 0.16
เถ้า	(ร้อยละ)	1.31 ± 0.16
คาร์โบไฮเดรต	(ร้อยละ)	82.3 ± 0.16

คุณภาพทางจุลินทรีย์

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด(CFU/G)	<1x10
จำนวนยีสต์และรา (CFU/G)	ND

หมายเหตุ: ND หมายถึง ไม่พบจำนวนจุลินทรีย์

จากตารางที่ 8 คุณภาพทางกายภาพ พบว่า มีค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ อยู่ในช่วง 0.40-0.49 จัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารแห้งที่เกิดการเน่าเสียได้ยาก อีกทั้งค่าปริมาณน้ำอิสระที่วิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 0-0.50 จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้สามารถเก็บรักษาได้นาน แต่ถ้านการเก็บรักษาสภาพที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดการเสื่อมเสียจากเชื้อราได้ (รุ่งนภา, 2550) ส่วนคุณภาพทางจุลินทรีย์ ในการตรวจจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์ รา นั้น พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีน้อยกว่าเกณฑ์ และไม่พบยีสต์ รา ซึ่งในเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบจากธัญชาติ ที่กำหนดโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1534-2541) ซึ่งกำหนดไว้ดังนี้ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 CFU/g จำนวนยีสต์และรำน้อยกว่า 1×10 CFU/g ซึ่งทำให้ผู้บริโภคเชื่อมั่นได้ว่าผลิตภัณฑ์ มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

3.2.5 เพื่อศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 80 คน โดยวิธีการ CLT (central location test) กับกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคทั่วไป การประเมินจะให้ผู้บริโภครับประทาน พร้อมทั้งทำแบบสอบถามข้อมูลทั่วไปและแบบทดสอบผลิตภัณฑ์ สถานที่ทำการประเมิน ได้แก่ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และเขตดุสิต

3.2.5.1 ศึกษาข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ลักษณะข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

	คุณลักษณะ	ร้อยละ
เพศ	ชาย	30
	หญิง	70
อายุ	18-27 ปี	88
	28-37 ปี	5
	38-47 ปี	3
	48-57 ปี	4
ระดับการศึกษา	ประถมศึกษา	3
	มัธยมศึกษาตอนต้น	7
	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	2
	อนุปริญญา/ปวส.	2
	ปริญญาตรี	81
	ปริญญาโท	5
อาชีพ	นักเรียน/นักศึกษา	81
	ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	10
	พนักงานบริษัทเอกชน	1
	รับจ้างทั่วไป	-
	ธุรกิจส่วนตัว	2
	อื่นๆ	6

รายได้	ต่ำกว่า 5,001 บาท	33
	5,001-10,000 บาท	56
	10,001-15,000 บาท	6
	15,001-20,000 บาท	2
	20,001-25,000 บาท	3
	25,000 ขึ้นไป	-

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป พบว่า ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคเป็น เพศชายร้อยละ 30 เพศหญิงร้อยละ 70 อายุอยู่ในช่วง 18-27 ปี มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 88 รองลงมาคือ 28-37 ปี ร้อยละ 5 , 48-57 ปี ร้อยละ 3 และ 38-47 ปี ร้อยละ 4 การศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 81 รองลงมาคือ มัธยมศึกษาตอนต้นร้อยละ 7 ปริญญาโท ร้อยละ 5 อนุปริญญา/ปวส. ร้อยละ 2 และ ประถมศึกษา ร้อยละ 3 ซึ่งรายได้ส่วนใหญ่ ,001-10,000 บาท มากที่สุดคิดเป็น ร้อยละ 56 รองลงมา ต่ำกว่า 5,001 บาท ร้อยละ 33 รายได้ 10,001-15,000 บาท ร้อยละ 6 รายได้ 20,001-25,000 บาท ร้อยละ 3 และน้อยที่สุดคือ 15,001-20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่า กลุ่มบริโภคทั่วไป ส่วนมากเป็นวัยรุ่นจนถึงวัยผู้ใหญ่

4.3.2 ผลการศึกษาข้อมูลการทดสอบผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาข้อมูลโดยสอบถามผู้บริโภคเกี่ยวกับความคิดเห็นของคุณค่าทางอาหารของ ผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 10 ความสนใจที่จะนำสมุนไพรไทยพื้นบ้านมาเป็นวัตถุดิบในการ แสดงดังตารางที่ 11 การทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 12 รวมถึงการยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 10 ความคิดเห็นถึงคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ที่ขายในปัจจุบัน

คุณค่าทางอาหาร	ร้อยละ
สูงมาก	2
สูง	42
ปานกลาง	53
ต่ำ	2
ต่ำมาก	1
รวม	100

จากตารางการสอบถามเกี่ยวกับรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคให้ความ คิดเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่มี ขายในท้องตลาดปัจจุบัน มีคุณค่าในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 53 รองลงมาคือระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 42 คุณค่าทางอาหารระดับสูงมากและระดับต่ำคิดเป็นร้อยละ 2 เท่ากัน และระดับต่ำมาก คิดเป็นร้อยละ 1 จะเห็นว่า ผู้บริโภคยังคิดว่าผลิตภัณฑ์ที่มีขายอยู่ในปัจจุบันยังมีคุณค่าทางโภชนาการที่ยังไม่เพียงพอกับความต้องการ

ตารางที่ 11 ความสนใจของผู้บริโภคที่จะนำสมุนไพรไทยพื้นบ้านมาผลิตผลิตภัณฑ์

ความสนใจ	ร้อยละ
สนใจ	90
ไม่สนใจ	10
รวม	100

จากตารางแสดงความสนใจของผู้บริโภคที่จะนำสมุนไพรไทยพื้นบ้านมาผลิตผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคมี ความสนใจในตัวผลิตภัณฑ์สูงถึงร้อยละ 90

ตารางที่ 12 คุณลักษณะของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ย
สี	7.59± 0.01
กลิ่น	7.43± 0.01
รสชาติ	7.14± 0.01
เนื้อสัมผัส(ความกรอบ)	7.30± 0.01
ความชอบโดยรวม	7.74± 0.01

จากตารางแสดงคุณลักษณะของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ พบว่า ในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส(ความกรอบ) และความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.59 , 7.43 , 7.14 ,7.30 และ 7.74 ตามลำดับ ซึ่งผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ อยู่ในระดับชอบปานกลาง

ตารางที่ 13 การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น

การยอมรับ	ร้อยละ
ยอมรับ	88
ไม่ยอมรับ	12
รวม	100

จากตารางแสดงการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น จะพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่ยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 88 เพราะผู้บริโภคคิดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เสริมสร้างประโยชน์ต่อสุขภาพผู้บริโภคและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัตถุดิบทางการเกษตรภายในประเทศ เป็นการสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรหรือผู้ผลิตมากขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ส่วนผสมของขนมขบเคี้ยวจากพืชสมุนไพรไทยพื้นบ้าน คือ เกล็ดข้าวโพด 39.75 % แป้งข้าว 39.75 % พริกไทย 15% น้ำตาลทราย 3% น้ำมันพืช 1.5% และแคลเซียมคาร์โบเนต 1% ซึ่งมีการใช้สมุนไพรพื้นบ้าน 3 ชนิด คือ ตะไคร้ ใบมะกรูด และพริกไทยดำ นำมาทำเป็นผงเพื่อผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากพืชสมุนไพรไทยพื้นบ้าน คือ ความเร็วรอบของสกรูที่ 300 รอบต่อนาที และความชื้นของวัตถุดิบที่ร้อยละ 17.5

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ให้ผู้ทดสอบชิม ประเมินทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และ ความชอบโดยรวม ผู้บริโภคยอมรับสูตรที่ใช้ผงสมุนไพร 15% เกล็ดข้าวโพด 39.75% และน้ำตาลทรายขาว 3% ซึ่งมีคะแนนความชอบเฉลี่ยทุกด้านมากกว่าสูตรอื่นในทุกคุณลักษณะ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ พบว่าคุณภาพทางกายภาพ มีค่าอัตราการพองตัว ความหนาแน่น ปริมาณน้ำอิสระ (A_w) และค่าสี เท่ากับ 1.69 ± 0.01 , 0.15 ± 0.001 , 0.34 ± 0.02 , L^* (ความสว่าง) 60.41 ± 0.16 , a^* (สีแดง) 1.19 ± 0.02 , และ b^* (สีเหลือง) 15.26 ± 0.16 ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มปนเหลืองอ่อน ตามลำดับ คุณภาพทางเคมี ประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน เกล็ดข้าวโพด และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 6.60 ± 0.16 , 7.88 ± 0.16 , 0.07 ± 0.16 , 1.85 ± 0.16 , 1.31 ± 0.16 และ 82.3 ± 0.16 และ ตามลำดับ และคุณภาพทางจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

จากการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค เมื่อนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ พบว่า ในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และ ความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.59, 7.43, 7.14, 7.30 และ 7.74 ตามลำดับ ซึ่งผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ อยู่ในระดับชอบปานกลาง และ ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น คิดเป็นร้อยละ 88 เพราะผู้บริโภคคิดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เสริมสร้างประโยชน์ต่อสุขภาพผู้บริโภค

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ
2. ควรเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับผลิตภัณฑ์มากขึ้น และมีความหลากหลายของสมุนไพรพื้นบ้านชนิดอื่นๆ

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

การเตรียมเกล็ดข้าวโพด

การเตรียมเกล็ดข้าวโพด

วิธีการเตรียม

นำเกล็ดข้าวโพดที่ได้มาร้อนผ่านกระชอนที่มีรูผ่านขนาด 1.2×1.2 mm (ดังแสดงในรูป) แล้วนำเกล็ดข้าวโพดที่เหลือค้างอยู่บนกระชอนมาปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นแล้วทำการร่อนอีกครั้ง



การร่อนเมล็ดข้าวโพดโดยใช้กระชอน



เมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการร่อนแล้ว

ภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนในการเตรียมเมล็ดข้าวโพด

2. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

วิธีการทดลอง (ทำการทดลองที่ 1 Kg)

1. ผสมเมล็ดข้าวโพดกับน้ำและแป้งกล้วยที่ได้ส่วนผสมที่เหลือที่อัตราส่วนต่างๆกันร่อนผ่านกระชอนขนาดรูประมาณ 1.2 mm
2. เปิดเครื่องรอให้ได้อุณหภูมิตามที่กำหนด ประมาณ 25 นาที
3. เมื่อได้อุณหภูมิตามที่กำหนดให้เปิดเครื่องที่ความเร็วรอบที่ต้องการ
4. ใส่เมล็ดข้าวโพดและแป้งกล้วยที่ผสมแล้วลงไป
5. ทำการเก็บผลิตภัณฑ์ ที่ได้



แสดงส่วนผสมต่างๆ



ผสมส่วนผสมเข้าด้วยกันและนำเข้าเครื่อง



แสดงขั้นตอนในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

ภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนการผลิตอาหารเข้าจากแป้งกล้วยโดยใช้เครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว



ภาพที่ 6 แสดงผลิตภัณฑ์สุตรมาตรฐานหลังการตัดและอบแห้ง 60°C 30 นาที

ภาคผนวก ข อุปกรณ์และเครื่องมือ

เครื่องมือและอุปกรณ์ :
เครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว, Collet (รุ่น D50L300, บ. เจริญทัศน์)



ภาพที่ 7 แสดงเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว, Collet



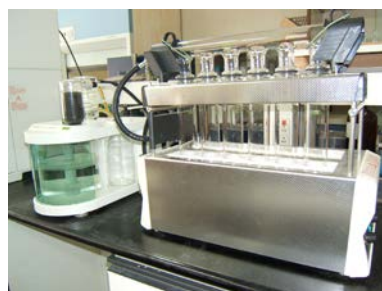
ตู้อบความร้อน



เครื่องวัด Water activity



เตาเผา



เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ชูตกลั่น และชุดย่อย



เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน



เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเอนไซม์

ภาพที่ 8 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพทางประสาตัมผัส และแบบทดสอบการยอมรับ

ชุดที่ ...

แบบประเมินทางประสาตัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์

วันที่ เดือน.....พ.ศ.....

คำแนะนำ ทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบของตัวอย่าง โดยให้คะแนนตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

คะแนนความชอบ

9 = ชอบมากที่สุด

8 = ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย

5 = บอกไม่ได้ว่าชอบไม่ชอบ

4 = ไม่ชอบมากที่สุด

3 = ไม่ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง		
	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส(ความกรอบ)			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม
นางสาวชมภูณัฐ เพื่อนพิภพ และคณะ

แบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง: แบบสอบถามชุดนี้เป็นการวิจัยเพื่อประกอบการงานวิจัย จึงขอความร่วมมือจากท่าน กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์และตอบแบบสอบถามให้ครบถ้วน ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดีมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คำอธิบาย : ผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งจากกล้วยและเมล็ดข้าวโพด เป็นวัตถุดิบ จึงมีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ใยอาหาร และโปรตีน เพียงพอ สำหรับเป็นอาหารมื้อเช้าหรือเป็นอาหารว่าง ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นแท่งกลมสีน้ำตาล

คำแนะนำ โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน () ตามคำตอบที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลโดยทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() 1. ชาย

() 2. หญิง

2. อายุ..... ปี

3. ระดับการศึกษา

() 1. ประถมศึกษา

() 2. มัธยมศึกษาตอนต้น

() 3. มัธยมศึกษาตอนต้น/ปวช.

() 4. อนุปริญญา / ปวส.

() 5.ปริญญาตรี

() 6. ปริญญาโท

4. อาชีพ

() 1. นักเรียน / นักศึกษา

() 2. ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ

() 3. พนักงานบริษัทเอกชน

() 4. รับจ้างทั่วไป

() 5. ธุรกิจส่วนตัว

() 6. อื่นๆ ระบุ

5. รายได้/เดือน

() 1. ต่ำกว่า 5,001 บาท

() 2. 5,001 - 10,000 บาท

() 3. 10,001 - 15,000 บาท

() 4. 15,001 - 20,000 บาท

- () 5. 20,001 - 25,000 บาท () 6. 25,000 ขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการทดสอบผลิตภัณฑ์

6. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปที่ท่านซื้อมารับประทานอยู่ในปัจจุบันมีคุณค่าอาหารอยู่ในระดับใด
- () 1. สูงมาก () 2. สูง
() 3. ปานกลาง () 4. ต่ำ
() 5. ต่ำมาก
7. ถ้ามีการนำแป้งกล้วยมาเป็นวัตถุดิบผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปซึ่งยังคงคุณค่าทางอาหาร เช่น โยอาหารโปรตีน เป็นต้น ท่านคิดว่าน่าสนใจหรือไม่
- () 1. สนใจ
() 2. ไม่สนใจ
8. กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ ร่วมกับนมสด (โดยใส่ผลิตภัณฑ์ลงในถ้วย แล้วเทนมสดลงไปให้ท่วมผลิตภัณฑ์) และให้คะแนนความชอบ
- 1-9 คะแนน ให้ตรงกับความชอบของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยมีระดับคะแนนดังต่อไปนี้
- 9 = ชอบมากที่สุด 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
8 = ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง
7 = ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก
6 = ชอบเล็กน้อย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด
5 = นอกไม่ได้ว่าชอบไม่ชอบ

คุณลักษณะ	อาหารเข้าจากแป้งกล้วย
สี	
กลิ่น	
รสชาติ	
เนื้อสัมผัส(ความกรอบ)	
ความชอบโดยรวม	

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

9. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่

- () 1. ยอมรับ
() 2. ไม่ยอมรับ เพราะ.....

10. ท่านคิดว่าในการนำแป้งกล้วยมาเป็นวัตถุดิบผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปนี้ มีข้อดีและข้อเสียอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....ขอบคุณ
สำหรับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

บรรณานุกรม

1. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. มปป. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของพืชสมุนไพรพื้นบ้านไทยชนิดต่างๆ.
2. กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 2547. แคดเซียมคาร์บอเนต. กรุงเทพฯ: กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.
3. ก้านรงค์ ศิริโรตและเกื้อกุด ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
4. ก้านรงค์ ศิริโรต และเกื้อกุด ปิยะจอมขวัญ. 2550. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
5. กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2547. พืชไร่. กรุงเทพฯ: มหานครสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. หน้า 52-55.
6. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มปป. ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ.
7. ฐิฐชนก อมรเทวภัทร. ม.ป.ป. รูปแบบการสอน การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์เลี้ยงชนิดเม็ดอัตโนมัติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
8. นิรนาม. 2541. ข้อมูลทางการตลาดของอาหารเข้าเนสต์เล่ชี่เรียล. เนสต์เล่ โปรดัคส์ (ไทยแลนด์) อินค์, กรุงเทพฯ.
9. ไพจิตร ศุภพิมล. 2534. ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูป. สารานุกรม 14(99) : 39-41.
10. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, 2546. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
11. รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2550. รูปแบบการสอน อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
12. เรวดี เทพประดิษฐ์. 2543. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเข้าสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากกากถั่วเหลือง. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
13. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2541. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ขนมกรอบจากธัญชาติ. มอก.1534-2541.
14. อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2
15. Arnold E. Bender. 1978. Food Processing and Nutrition. Department of Nutrition Queen Elizabeth College Campden Hill Road, London. 242 pp.
16. A.O.A.C. 2000 . **Official method of analysis**. (16th ed.). Arillington. The Association of Official Analytical Chemists.
17. FAOSTAT: ProdSTAT: Crops. UN Food & Agriculture Organisation. 2005. Retrieved on 2010-09-08
18. Guy, R. 1999. Raw materials for extrusion cooking. Pp. 5-28. In R. Guy, ed. 'Extrusion Cooking Technologies and Applications. Woodhead Publishing Limited. Cornwall, England.

บรรณานุกรม (ต่อ)

19. Hamed, M.G.E., F.Y. Refai, and S.K. El-Samahy. 1973. Effect of adding sweet potato flour to wheat flour on physical dough properties and baking. *Cereal Chem.* 50(2): 140-146.
20. Kadan, R.S., Bryant R.J. and Pepperman A.B. 2003. Functional properties of extruded rice flours. *Cereal Chemistry.* 68:1669-1672
21. Lee, Y.E. and E.M. Osman. 1991. Correlation of morphological changes of rice starch granules with rheological properties during heating in excess water. *J. Kor. Agric. Chem. Soc.* 34:379-385.
22. Myllymaki, O., T. Erikainen, T. Suortti., P. Forssell., P. Linko. and K. Poutanen. 1997. Depolymerisation of barley starch during extrusion in water glycerol mixtures. *Lebensm.-Wiss. u.- Technol.* 30:351-358.
23. Sriburi, P. and S.E. Hill. 2000. Extrusion of cassava starch with either variation in ascorbic acid concentration or pH. *International J. Food Sci. and Tech.* 35:141-154.

