



วว.

โครงการวิจัยที่ ภ. 48-01 / รายงานฉบับสมบูรณ์

ภาคที่ 1 : การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป
พร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจากข้าว

ภาคที่ 2 : การพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารแปรรูป
พร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจากข้าว



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ. 48-01

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจากข้าว

รายงานฉบับสมบูรณ์

ภาคที่ 1 : การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจากข้าว

ภาคที่ 2 : การพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารแปรรูปพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจากข้าว

โดย

นันทิญา วงษ์มงคล

โศรดา วัลภา

พัชรภรณ์ วชิรศิริ

พัชตรา มณีสินธุ์

กัลย์สุดา วัจนะชัย

ดำรงชัย สิทธิสำอางค์

บรรณาธิการ

ลิจิต หาญจางสิทธิ์

บุญเรียม น้อยชุมแพ

พิสุทธิ์ พลับสวาท

วัชรวิวรรณ ทรัพย์รุ่งเรือง

วว., กรุงเทพฯ 2554

สงวนลิขสิทธิ์

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(นางเกษมศรี หอมจีน)

ผู้ว่าการ

**ภาคที่ 1 : การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจาก
ข้าว**

โดย

นันทิญา วงษ์มงคล

โศรดา วัลภา

พัชราภรณ์ วชิรศิริ

ดำรงชัย สิทธิสำอางค์

กิตติกรรมประกาศ

คณะทำงาน โครงการขอขอบคุณศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 2 ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดข้าวพันธุ์
เหลืองประทิว 123 ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจวิเคราะห์
คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนผู้ประเมินความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	จ
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	2
1. บทนำ	3
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	15
3. ผลการทดลองและวิจารณ์	27
4. สรุปผลการทดลอง	59
5. ข้อเสนอแนะ	61
6. เอกสารอ้างอิง	62

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1. วิธีการแช่เยือกแข็งแบบต่างๆ	10
ตารางที่ 2. ผลของระยะเวลาในการลวกและการแช่เยือกแข็งแบบต่างๆ ต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง	27
ตารางที่ 3. ความหนาโดยเฉลี่ยของเส้นก๋วยเตี๋ยว	29
ตารางที่ 4. ผลของวิธีการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเหลืองประทิว 123	29
ตารางที่ 5. ผลของวิธีการแช่เยือกแข็งตัวอย่างผัดไทยที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LLDPE ในสภาวะปกติ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°ซ . เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน	33
ตารางที่ 6. ผลของวิธีการแช่เยือกแข็งตัวอย่างผัดไทยที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ในสภาวะปกติ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°ซ . เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน	34
ตารางที่ 7. ผลของวิธีการแช่เยือกแข็งตัวอย่างผัดไทยที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ในสภาวะสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°ซ . เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน	34
ตารางที่ 8. ผลของวิธีการแช่เยือกแข็งตัวอย่างผัดไทยที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PP ไม่ปิดฝาแล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE อีกชั้นหนึ่ง ในสภาวะสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°ซ . เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน	35
ตารางที่ 9. ผลของการบรรจุตัวอย่างผัดไทยในสภาวะสุญญากาศ เมื่อบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°ซ . เป็นระยะเวลา 0 เดือน	37
ตารางที่ 10. ผลของการบรรจุตัวอย่างผัดไทยในสภาวะสุญญากาศ เมื่อบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°ซ . เป็นระยะเวลา 12 เดือน	37
ตารางที่ 11. ผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ เมื่อบรรจุในสภาวะปกติ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°ซ . เป็นระยะเวลา 0 เดือน	39
ตารางที่ 12. ผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ เมื่อบรรจุในสภาวะปกติ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°ซ . เป็นระยะเวลา 12 เดือน	39
ตารางที่ 13. ผลของจำนวนชั้นของการบรรจุ เมื่อบรรจุในสภาวะสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°ซ . เป็นระยะเวลา 0 เดือน	41

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 14. ผลของจำนวนชั้นของการบรรจุ เมื่อบรรจุในสภาวะสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 12 เดือน	41
ตารางที่ 15. อายุการเก็บของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผักไทยแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาในแต่ละสภาวะการบรรจุและวิธีการแช่เยือกแข็ง	42
ตารางที่ 16. คุณภาพทางจุลินทรีย์ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผักไทยแช่เยือกแข็งในทุกสภาวะการทดลอง เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน	44
ตารางที่ 17. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลาต่างๆ	50
ตารางที่ 18. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 0 เดือน	55
ตารางที่ 19. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 12 เดือน	56
ตารางที่ 20. คุณภาพทางจุลินทรีย์ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 12 เดือน	57

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1. ขั้นตอนการทดลองเส้นก๊วยเตี๋ยวแซ่เอือกแจ็ง	16
รูปที่ 2. กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว	17
รูปที่ 3. กรรมวิธีการผลิตเส้นก๊วยเตี๋ยว	18
รูปที่ 4. ขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาผลของวิธีการแซ่เอือกแจ็งต่อคุณภาพของผัดไทย แซ่เอือกแจ็งในระหว่างการเก็บรักษา	20
รูปที่ 5. ขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาผลของการบรรจุในสภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพ ของผัดไทยแซ่เอือกแจ็งในระหว่างการเก็บรักษา	21
รูปที่ 6. ขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของผัดไทย แซ่เอือกแจ็งในระหว่างการเก็บรักษา	22
รูปที่ 7. ขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาผลของจำนวนชั้นของการบรรจุต่อคุณภาพของ ผัดไทยแซ่เอือกแจ็งในระหว่างการเก็บรักษา.	23
รูปที่ 8. ขั้นตอนการผลิตขนมไทยแซ่เอือกแจ็ง	25
รูปที่ 9. กรรมวิธีการผลิตเส้นก๊วยเตี๋ยวแซ่เอือกแจ็ง	30
รูปที่ 10. ตัวอย่างผัดไทยก่อนแซ่เอือกแจ็ง	46
รูปที่ 11. ตัวอย่างผัดไทยแซ่เอือกแจ็ง	47
รูปที่ 12. ขั้นตอนการผลิตขนมเปียกปูนแซ่เอือกแจ็ง	49
รูปที่ 13. ตัวอย่างขนมเปียกปูน	52
รูปที่ 14. ขั้นตอนการผลิตขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแซ่เอือกแจ็ง	54
รูปที่ 15. ตัวอย่างขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแซ่เอือกแจ็ง	58

DEVELOPMENT OF FROZEN READY-TO-EAT RICE PRODUCTS

**Nuntiya Wongmongkol, Sorada Wanlapa, Phatcharaporn Wachirasiri,
and Damrongchai Sitthisam-ang**

ABSTRACT

This research was aimed to develop the quality frozen ready-to-eat rice products, namely, Pad-Thai (Thai dish) and Piek Poon and healthy Bua Loy (Thai dessert). The results showed that the suitable concentration of rice flour slurry from rice var. Leung Pra Tew 123 for the rice noodle production was 30% by wt. Optimal processing conditions for preparation of frozen Pad Thai products from boiled rice noodle were as follows: Pad Thai sauce : Pad Thai ingredients (1,000 : 400 : 1,000) plate-freezing under non-vacuum or normal pack condition. There was no statistically significant difference, at a 95% confidence level between the quality of frozen Pad Thai products and the type of primary packaging material used, namely, LLDPE, Nylon/PE and propylene. These frozen Pad Thai products had a shelf life of not less than 12 months and had the microbiological quality within the standard requirements.

In the study of frozen Thai dessert products, frozen Piek Poon undergone freezing by a still air freezer had a shelf life of not less than 10 months considering appearance, texture and overall product acceptance. The products had a shelf life of not less than 12 months without microbiological spoilage. Study of frozen healthy Bua Loy showed that four Bua Loy prepared from different formula, respectively, green bean filling in Chrysanthemum drink, red bean filling in Chrysanthemum drink, green bean filling in milk, and red bean filling in milk had a shelf life of not less than 12 months within the limit of acceptable microbiological quality. Bua Loy with green bean filling in milk received the highest consumer acceptance.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจากข้าว

นันทิญา วงษ์มงคล¹, โศรดา วัลภา¹, พัชรภรณ์ วชิรศิริ¹ และ ดำรงชัย สิทธิสำอางค์¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจากข้าวให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทั้งอาหารคาวได้แก่ ผัดไทย และอาหารหวานได้แก่ ขนมเปียกปูนและขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพ จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของน้ำแข็งจากข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวคือ 30 % โดยน้ำหนัก โดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ผัดไทยแช่เยือกแข็งที่เตรียมได้จาก เส้นก๋วยเตี๋ยวสุก : น้ำซอสปรุงรสผัดไทย : เครื่องผัดไทย ในอัตราส่วน 1000 : 400 : 1000 คือ การแช่เยือกแข็งแบบแผ่น ในสภาวะการบรรจุแบบไม่เป็นสุญญากาศหรือสภาวะปกติ โดยใช้บรรจุภัณฑ์ชั้นเดียว ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LLDPE, ในลอนประกบกับพอลิเอทิลีน หรือพอลิโพรพิลีน โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95. ผลิตภัณฑ์ผัดไทยแช่เยือกแข็งนี้สามารถเก็บได้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 12 เดือน โดยยังคงมีคุณภาพทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน.

จากการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยแช่เยือกแข็ง พบว่า ขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่หนึ่งกับที่สามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 10 เดือน, โดยพิจารณาจากลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยรวม และยังคงเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 12 เดือนโดยไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์. ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็ง พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพทั้ง 4 สูตร คือ ขนมบัวลอยไส้ถั่วเขียวในน้ำเก็กฮวย, ไส้ถั่วแดงในน้ำเก็กฮวย, ไส้ถั่วเขียวในนมสด และไส้ถั่วแดงในนมสด มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 12 เดือน และยังคงมีคุณภาพทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน, โดยสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดคือ ขนมบัวลอยไส้ถั่วเขียวในนมสด.

¹ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

1. บทนำ

ปลายข้าวได้ถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ขึ้นต้นสามารถใช้ในการรูปของข้าวท่อนในการผลิตผลิตภัณฑ์โจ๊กหรืออาหารเด็กอ่อน, จากนั้นผ่านกระบวนการไม่ให้เป็นแป้งข้าว จนถึงการนำแป้งข้าวมาใช้ประโยชน์ในหลายรูปแบบตั้งแต่การนำมาเป็นส่วนประกอบหลักของผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว, เส้นหมี่ และแผ่นแป้ง (ไบเมียง) หรือเป็นส่วนประกอบเสริมเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพได้ตามต้องการ เช่น การใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด เป็นต้น.

เมื่อประเมินศักยภาพการเพิ่มมูลค่าข้าวด้วยการแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยคำนวณจากตัวเลขการส่งออกแล้ว พบว่า ในปี พ.ศ. 2545 ปลายข้าวที่ส่งออกไปยังต่างประเทศมีปริมาณ 1.24 ล้านตัน มีมูลค่า 8,916 ล้านบาท (กรมศุลกากร 2545) คิดเป็นมูลค่าต่อหน่วย 7.21 บาท/กก., เมื่อแปรรูปขึ้นต้นเป็นแป้งข้าวแล้วพบว่า มีมูลค่าต่อหน่วย 16.71 บาท/กก. (ปริมาณการส่งออก 26,459 ตัน มูลค่า 442.3 ล้านบาท) และเมื่อแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวแล้วจะสามารถเพิ่มมูลค่าขึ้นได้ถึง 32.24 บาท/กก. (ปริมาณการส่งออก 36,613 ตัน มูลค่า 1,180.5 ล้านบาท). จากข้อมูลดังกล่าวเห็นได้อย่างชัดเจนว่า การใช้เทคโนโลยีการแปรรูปปลายข้าวให้เป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าข้าวได้เป็นอย่างดี.

เส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวที่เป็นที่นิยมในประเทศไทยมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่, เส้นเล็ก, เส้นจันทน์, เส้นหมี่, ขนมหุ้น, ก๋วยจั๊บ เป็นต้น มีวิธีการผลิตแตกต่างกันไปตามประเภทของเส้น. นอกจากนี้รูปแบบของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวของไทยที่กำหนดทั่วไปสามารถจำแนกได้เป็น (1) ก๋วยเตี๋ยวเส้นสด จำเป็นต้องใช้วันต่อวัน ไม่สามารถเก็บรักษาได้นาน, (2) ก๋วยเตี๋ยวเส้นแห้ง สามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานานและเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการประกอบอาหาร และ (3) ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป สามารถบริโภคได้ทันที เมื่อเติมน้ำร้อนและใส่เครื่องปรุง. ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นแห้งและกึ่งสำเร็จรูปเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับจำหน่ายไปยังต่างประเทศ เนื่องจากสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน. อย่างไรก็ตาม รูปแบบของเส้นแห้งยังมีข้อจำกัดในด้านความไม่สะดวกสบายในการเตรียม ในขณะที่ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปตอบสนองต่อความเร่งรีบได้เป็นอย่างดี แต่มีข้อเสียเปรียบในเรื่องของคุณค่าทางโภชนาการ. การนำเส้นก๋วยเตี๋ยวมารผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่พร้อมสำหรับการบริโภคโดยใช้เทคโนโลยีการแช่เยือกแข็งมาช่วยยืดระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่กำลังเป็นที่นิยมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารพร้อม

บริโภคของชาวตะวันตก. การแช่เยือกแข็งสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานานโดยไม่เกิดการเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ และหลังจากนำมาคืนรูปโดยการใส่เตาไมโครเวฟสามารถรับประทานได้ทันที จึงช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้บริโภคและช่วยลดเวลาในการเตรียมอาหารในเวลาเร่งด่วน, ซึ่งสอดคล้องต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ต้องการอาหารที่เตรียมง่าย, ประหยัดเวลา, ราคาเหมาะสม, มีให้เลือกหลากหลายชนิดและมีคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ได้ถึง 2 เท่าจากผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปวัตถุดิบอีกด้วย.

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวในต่างประเทศยังมีไม่มากนัก เนื่องจากข้าวไม่ได้เป็นแหล่งอาหารหลัก โดยเฉพาะในแถบซีกโลกตะวันตก ส่วนในประเทศไทยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวอย่างต่อเนื่อง, ส่วนใหญ่ทำการศึกษาในด้านของวัตถุดิบ โดยพบว่าข้าวที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวคุณภาพดีควรมีปริมาณอะมิโลสไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 27 (Bhumipamorn 1993) เนื่องจากอะมิโลสมีความสามารถในการเกิดเจล จึงทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นและตัดเป็นเส้นได้. ความสำคัญของปริมาณอะมิโลสต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวได้มีการศึกษาโดย Tanamongkolpong (1988) พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวจะมีเจลที่แข็งมากขึ้นเมื่อปริมาณอะมิโลสในแป้งสูงขึ้น. อย่างไรก็ตาม แป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงกว่า ร้อยละ 33 จะทำให้ลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวแข็งและด้านเกินไป. สำหรับพันธุ์ข้าวไทยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวได้แก่ เหลืองประทิว 123, ขาว 500, กข1, เส้าไห้ เป็นต้น. นอกจากนี้ได้มีการยืนยันโดยทดลองนำแป้งข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำเช่นแป้งข้าวจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ (Sookdang 1998). นอกจากปริมาณอะมิโลสสูงแล้ว ข้าวที่เหมาะสมในการผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวคุณภาพดีควรมีค่าความคงตัวเจล (gel consistency) สูง (มีระยะทางการไหลเจล 26-40 มิลลิเมตร), เป็นข้าวเก่าที่เก็บรักษาหลังจากเก็บเกี่ยวประมาณ 3-4 เดือน (Bhumipamorn 1993). สำหรับในขั้นตอนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพที่ดีนั้นพบว่า ในขั้นตอนการเตรียมแป้งด้วยการบดเปียกจะทำให้ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวมี่คุณภาพที่ดีกว่าเส้นที่เตรียมจากการบดแห้ง (Tungtrakul 1998, Yoenyongbuddhagal 2002).

การแปรรูปขั้นต่อไปจากแป้งข้าวและเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปพร้อมบริโภค ยังมีการศึกษาที่น้อยมาก, โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวพร้อมบริโภค เนื่องจากรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคมักอยู่ในรูปของเส้นแห้งหรือเส้นกึ่งสำเร็จรูป. การวิจัยและพัฒนาจึงเน้นไปที่รสชาติของน้ำซุ๊ปที่แปลกใหม่มากกว่าที่จะศึกษาในแง่ของกระบวนการการผลิตเส้น. อีกทั้งการวิจัยและ

พัฒนาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่อยู่ในอุตสาหกรรมที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นหลัก, จึงมุ่งเน้นให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างจับใจและทันต่อความก้าวหน้าของกลุ่มแข่งขันทางการค้า. อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันการผลิตอาหารพร้อมบริโภคที่ปรุงสำเร็จและใช้เทคโนโลยีการแช่เยือกแข็งเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เช่น TV dinner กำลังเป็นที่นิยมในต่างประเทศ เนื่องจากสะดวกต่อการเตรียมและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง. การนำเอาผลิตภัณฑ์อาหารของไทยที่เตรียมจากข้าว จึงมีแนวโน้มที่จะประสบความสำเร็จในตลาดต่างประเทศค่อนข้างสูง.

ก๋วยเตี๋ยวผัดไทยเป็นผลิตภัณฑ์อาหารไทยที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางทั้งจากผู้บริโภคภายในและต่างประเทศ แม้ว่าจะมีการผลิตก๋วยเตี๋ยวผัดไทยส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศอยู่บ้าง, แต่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งบรรจุพร้อมน้ำซอสปรุงรส. แม้จะใช้เตาไมโครเวฟในการประกอบอาหาร แต่ยังคงมีขั้นตอนที่ยุ่งยากในการเตรียม, เนื่องจากยังขาดวัตถุดิบซึ่งเป็นส่วนประกอบอื่นๆ อีก อาทิเช่น กุ้งแห้ง, เต้าหู้, ถั่วงอก และใบกุยช่าย เป็นต้น. การพัฒนา ก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแช่เยือกแข็งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถกลับคืนสภาพได้เหมือนหรือใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่เตรียมสดใหม่นั้น ยังคงมีความจำเป็นที่ต้องทำการศึกษา, เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคในต่างประเทศจำนวนมากรู้จักและคุ้นเคย รวมถึงยังมีผู้บริโภคอีกจำนวนหนึ่งที่พร้อมจะยอมรับหรือบริโภคอาหารใหม่ๆ โดยเฉพาะอาหารไทย, โดยมีตลาดเป้าหมายที่สำคัญและมีศักยภาพในการส่งออกอาหารของไทยคือ สหรัฐอเมริกา.

ขนมไทยที่ผลิตจากแป้งข้าว โดยมากแล้วจะเป็นขนมไทยโบราณซึ่งชาวต่างประเทศยังไม่คุ้นเคยนัก การผลิตขนมไทยเพื่อการส่งออก จึงมุ่งเน้นที่กลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นผู้บริโภคชาวไทยที่ไปอาศัยอยู่ต่างประเทศ. เนื่องจากการทำขนมไทยมีวิธีการเตรียมค่อนข้างยุ่งยาก รวมถึงวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก็หาได้ยากในต่างประเทศ และยังคงอาศัยฝีมือเฉพาะในการทำขนมไทยให้มีรสชาติถูกปากและคุ้นเคย. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยแช่เยือกแข็ง อาทิเช่น ขนมเปียกปูนหรือขนมบัวลอย จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มศักยภาพการส่งออกของไทยไปยังตลาดต่างประเทศได้, โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตลาดเอเชียหรือตลาดที่มีผู้บริโภคชาวไทยอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภคจากข้าวแช่เยือกแข็งทั้งสองประเภทจึงเป็นแนวทางใหม่ในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อาหารไทย รวมทั้งยังสามารถก่อให้เกิดกำไรต่อผู้ผลิต, เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการเติบโตของความต้องการสูง และเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากข้าวแช่เยือกแข็งชนิดอื่นๆ ต่อไปอีกด้วย.

1.1 วิธีการแช่เยือกแข็ง

การแช่เยือกแข็งเป็นเทคโนโลยีการถนอมรักษาอาหารที่อาศัยการลดอุณหภูมิและการลดปริมาณน้ำที่มีอยู่ในรูปของเหลว โดยทั่วไป ปฏิกริยาต่างๆ ทั้งปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดจากเอนไซม์หรือออกซิเดชัน และการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์มักดำเนินไปได้เร็วขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น, ดังนั้นผลของการลดอุณหภูมิจึงทำให้อาหารเสื่อมเสียได้ช้าลง (พงศสวัสดิ์มานิต 2545). อาหารแช่เยือกแข็งมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าอาหารที่ถนอมรักษาโดยผ่านความร้อน เนื่องจากความร้อนจะทำลายวิตามินในอาหารเกือบทั้งหมด, นอกจากนั้นอาหารแช่เยือกแข็งยังมีกลิ่นและรสคงเดิม ซึ่งจะไม่พบในอาหารที่ผ่านความร้อน. เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการแช่เยือกแข็ง แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. เครื่องแช่เยือกแข็งเชิงกล (mechanical refrigerators)

ใช้อากาศเย็น (cooled air), ของเหลวเย็น (cooled liquid) หรือผิวสัมผัสเย็น (cooled surface) ในการกำจัดความร้อนออกจากอาหาร.

2. เครื่องแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจนิค (cryogenic freezer)

ใช้คาร์บอนไดออกไซด์, ไนโตรเจนเหลว หรือฟรอนเหลว ในการแช่เยือกแข็งโดยสัมผัสโดยตรงกับอาหาร.

นอกจากนี้ การจัดแบ่งประเภทของเครื่องแช่เยือกแข็ง อาจแบ่งได้ตามอัตราเร็วในการเคลื่อนตัวของแนวหน้าของผลึกน้ำแข็ง (ice front) ที่ผ่านเข้าไปในผลิตภัณฑ์, มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อชั่วโมง (Fellows 2000) ได้ดังนี้:

1. เครื่องแช่เยือกแข็งแบบช้า (slow freezer and sharp freezer) มีอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็ง 0.2 ซม./ชม. ได้แก่ เครื่องแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นอยู่นิ่งกับที่ (still-air freezer) และห้องเก็บแบบแช่เย็น (cold stores).

2. เครื่องแช่เยือกแข็งแบบเร็ว (quick freezer) มีอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งอยู่ระหว่าง 0.5-3 ซม./ชม. ได้แก่ เครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน (air-blast freezer) และเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น (plate freezer).

3. เครื่องแช่เยือกแข็งแบบเร็วยิ่ง (rapid freezer) มีอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งอยู่ระหว่าง 5-10 ซม./ชม. ได้แก่ เครื่องแช่เยือกแข็งแบบฟลูอิดไรซ์-เบด (fluidized-bed freezer).

4. เครื่องแช่เยือกแข็งแบบเร็วยิ่งยวด (ultrarapid freezer) มีอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งอยู่ระหว่าง 10-100 ซม./ชม. ได้แก่ เครื่องแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจนิค (cryogenic freezer)

1.1.1 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบใช้อากาศเย็น (Cooled air freezer)

- เครื่องแช่เยือกแข็งแบบตู้ (Chest freezer) เป็นการแช่เยือกแข็งอาหารด้วยอากาศเย็นอยู่หนึ่งกับที่ หรือมีการเคลื่อนที่แบบธรรมชาติ ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -20 และ -30 °ซ. เครื่องแช่เยือกแข็งแบบนี้ไม่ใช่สำหรับการแช่เยือกแข็งในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากมีอัตราการแช่เยือกแข็งต่ำ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างต่ำ ห้องเก็บแบบแช่เยือกแข็งจัดว่าเป็นเครื่องแช่เยือกแข็งแบบตู้ขนาดใหญ่ ซึ่งนิยมใช้ในการแช่เยือกแข็งซากสัตว์ หรือใช้เก็บผลิตภัณฑ์ในสภาพแช่เยือกแข็งที่ได้จากวิธีการแช่เยือกแข็งแบบอื่น. โดยทั่วไปอากาศภายในจะหมุนวนด้วยพัดลม เพื่อปรับให้มีการกระจายตัวของอุณหภูมิอย่างสม่ำเสมอ แต่สัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนก็ยังคงมีค่าต่ำ.

- เครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน (Air-blast freezer) อากาศเย็นจะหมุนวนอยู่เหนือผลิตภัณฑ์ โดยอุณหภูมิของอากาศอยู่ระหว่าง -30 และ -40 °ซ. และมีความเร็วอยู่ในช่วง 1.5-6.0 เมตรต่อวินาที, ความเร็วของอากาศเย็นที่สูงจะลดความหนาของชั้นบางๆ ที่อยู่ล้อมรอบอาหาร สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่บริเวณผิวหน้าของอาหารจึงสูงขึ้น. ในเครื่องที่ทำงานแบบกะ จะวางผลิตภัณฑ์อาหารบนถาด ซึ่งอยู่ในห้องหรือในตู้, ส่วนเครื่องที่ทำงานในระบบต่อเนื่องจะมีถาดของผลิตภัณฑ์อาหารวางอยู่บนรถเข็น หรือมีสายพานในการลำเลียงอาหารผ่านอุโมงค์แช่เยือกแข็ง, รถเข็นที่ใช้ควรวางอาหารให้เต็ม เพื่อป้องกันอากาศที่พัดเคลื่อนผ่านอาหารผ่านไปยังช่องว่างที่อยู่ระหว่างถาดอาหาร.

การเคลื่อนที่ของอากาศผ่านอาหารอาจเป็นแบบขนานหรือตั้งฉากกับอาหารก็ได้ และอากาศเย็นมีการหมุนวนค่อนข้างประหัดและมีความยืดหยุ่นสูง คือ สามารถแช่เยือกแข็งอาหารที่มีรูปร่างและขนาดต่างๆ ได้ เครื่องแช่เยือกแข็งแบบนี้มีขนาดกะทัดรัด, ต้นทุนค่อนข้างต่ำ และมีกำลังการผลิตสูง (200 -1,500 กก./ชม.). อย่างไรก็ตาม อากาศที่พัดหมุนเวียนและมีปริมาณมาก อาจก่อให้เกิดรอยไหม้จากการแช่เยือกแข็ง (freezer burn) และเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้บรรจุ หรืออาหารที่แช่เยือกแข็งแบบแยกหน่วย (IQF foods). นอกจากนี้ ความชื้นจากอาหารจะเคลื่อนไปยังอากาศและทำให้เกิดน้ำแข็งเกาะที่ขีดทำความเย็น จึงจำเป็นต้องละลายน้ำแข็งบ่อยครั้ง.

- เครื่องแช่เยือกแข็งแบบสายพาน หรือเครื่องแช่เยือกแข็งแบบเกลียว (Belt freezer/Spiral freezer) ดัดแปลงมาจากเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน โดยสร้างสายพานที่มีลักษณะยืดหยุ่นและต่อเนื่องให้เป็นแถวเกลียว, อาหารจะถูกลำเลียงผ่านห้องแช่เย็น โดยสายพาน เครื่องแช่เยือกแข็งแบบเกลียวต้องการพื้นที่ค่อนข้างน้อยและมีกำลังการผลิตสูง, สามารถทำงาน

แบบอัตโนมัติได้, ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ และใช้กับผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น พืชชา, เล็ก, พาย, ไอศกรีม, ปลาทั้งตัว และชิ้นส่วนของไก่ เป็นต้น.

- เครื่องแช่เยือกแข็งแบบฟลูอิดไรซ์-เบด (Fluidized-bed freezer) คัดแปลงมาจากเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน, โดยอากาศซึ่งมีอุณหภูมิ -25 ถึง -35 °ซ. เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง (2-5 เมตรต่อวินาที) ผ่านชั้นของอาหารที่หนา 2-13 ซม. ซึ่งวางอยู่บนถาดที่มีรูพรุนหรือบนสายพานลำเลียงจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน. ในบางเครื่องจะมีลักษณะการทำงานเป็น 2 ขั้นตอน คือ หลังจากที่เริ่มทำให้เกิดน้ำแข็งเคลือบบนผิวของอาหารแล้วจะมีการแช่เยือกแข็งอย่างสมบูรณ์บนสายพานที่ 2. การแช่เยือกแข็งแบบนี้อาหารจะสัมผัสกับอากาศมากกว่าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน จึงเกิดการแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ, อัตราการผลิตสูง (10,000 กก./ชม.) และอาหารที่ไม่ได้บรรจุจะสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรณีของการแช่เยือกแข็งแบบที่อากาศเย็นหมุนวน. อย่างไรก็ตาม การแช่เยือกแข็งแบบนี้ใช้ได้กับอาหารเฉพาะอย่าง เช่น เมล็ดถั่ว, เมล็ดข้าวโพดหวาน, กุ้ง, สตรอเบอร์รี่ หรือมันฝรั่งทอด.

1.1.2 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบใช้ของเหลวเย็น (Cooled liquid freezer)

- เครื่องแช่เยือกแข็งแบบจุ่ม (Immersion freezer) อาหารที่บรรจุในภาชนะจะเคลื่อนที่ผ่านถังที่บรรจุตัวทำความเย็น เช่น โพรพิลีนไกลคอล, สารละลายน้ำเกลือ, กลีเซอรอล หรือ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์. การแช่เยือกแข็งแบบนี้แตกต่างจากการแช่เยือกแข็งแบบโคร โอเจนิค ตรงที่สารทำความเย็นจะยังคงเป็นของเหลวตลอดการแช่เยือกแข็ง โดยไม่เปลี่ยนสถานะ. วิธีนี้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูง และต้นทุนค่อนข้างต่ำ, นิยมใช้เยือกแข็งน้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในกระป๋องลามิเนตจากกระดาษและพอลิเอทิลีนในเชิงการค้า และใช้ลดอุณหภูมิ (pre-freeze) สัตว์ปีกที่ห่อหุ้มด้วยแผ่นฟิล์มก่อนนำไปแช่เยือกแข็งแบบใช้อากาศเย็นที่มีการหมุนวน, บางครั้งการแช่เยือกแข็งโดยใช้สารละลายน้ำเกลืออาจใช้ในอุตสาหกรรมประมง เช่น ใช้แช่เยือกแข็งปลาทูน่า.

1.1.3 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบใช้พื้นผิวสัมผัสเย็น (Cooled-surface freezer)

- เครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น (Plate freezer) มี 2 แบบ คือ แบบแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งสามารถทำงานได้ทั้งแบบใช้แรงงานคนและแบบอัตโนมัติ หรือทำงานแบบเป็นกะ กึ่งต่อเนื่อง หรือต่อเนื่องได้. สำหรับเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่นในแนวนอน ซึ่งใช้แรงงานคนอาจจะมีแผ่นทำความเย็น 15-20 แผ่น ภายในแผ่นจะมีตัวทำความเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ -40 °ซ. ผลิตภัณฑ์จะถูกวางบนแผ่นโลหะเย็น จากนั้นจะใช้แรงงานคนเพื่อปรับให้แผ่นโลหะเย็นเคลื่อนเข้าหากัน. ส่วนเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่นในแนวตั้ง ส่วนใหญ่จะใช้แช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์แบบเป็นก้อน (block)

ซึ่งมีน้ำหนักระหว่าง 10-15 กก. และได้รับการพัฒนาเพื่อใช้แช่เยือกแข็งปลาในทะเล เครื่องแช่เยือกแข็งประกอบด้วยแผ่นโลหะเย็นในแนวตั้ง ซึ่งวางอยู่เป็นช่วงๆ ในภาชนะที่เปิดด้านบน ผลึกน้ำแข็งจะถูกป้อนเข้าเครื่องจากทางด้านบน และหลังจากแช่เยือกแข็งแล้ว ผลึกน้ำแข็งจะหลอมละลายในลักษณะเป็นก้อนจะถูกปล่อยออกทางด้านบน หรือด้านล่างของเครื่อง. เครื่องแช่เยือกแข็งชนิดนี้มีข้อดีคือ ประหยัดค่าใช้จ่ายและใช้พื้นที่น้อย, ค่าใช้จ่ายในขณะดำเนินงานจะต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่น มีการสูญเสียน้ำออกจากอาหารน้อย, มีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูง แต่มีข้อเสียคือ ค่าลงทุนค่อนข้างสูง และมีข้อจำกัดในเรื่องรูปร่างของอาหารที่จะนำมาแช่เยือกแข็งต้องมีลักษณะแบนและบาง.

- เครื่องแช่เยือกแข็งแบบขูดผิว (Scraped-surface freezer) ใช้กับอาหารเหลวหรือกึ่งแข็งกึ่งเหลว เช่น ไอศกรีม, โดยใช้สารทำความเย็น คือ แอมโมเนีย, สารละลายน้ำเกลือ หรือสารทำความเย็นพวกฟลูออโรคาร์บอน. ในอุตสาหกรรมผลิตไอศกรีม แกนหมุนของเครื่องจะขูดเอาอาหารแช่เยือกแข็งจากผนังของเครื่องให้ผสมรวมกับอากาศ อุณหภูมิของผลึกน้ำแข็งจะลดลงอยู่ระหว่าง -4 ถึง -7 °ซ. (เมื่อของผสมแช่เยือกแข็งถูกปั๊มไปยังภาชนะ) และการแช่เยือกแข็งจะเสร็จสมบูรณ์ในห้องที่ทำให้ไอศกรีมแข็งตัว (hardening room).

- เครื่องแช่เยือกแข็งแบบสายพานสัมผัส (contact belt freezer) ออกแบบมาเพื่อแช่เยือกแข็งชิ้นของผลึกน้ำแข็งที่มีลักษณะต่างๆ, อาจมีลักษณะเป็นแบบแถบตรง หรือแบบลูกกลิ้งได้. สำหรับเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแถบตรงออกแบบมาเพื่อแช่เยือกแข็งของเหลว หรืออาหารกึ่งเหลว เพื่อให้เกิดรูปร่างเป็นก้อน, เครื่องแช่เยือกแข็งประเภทนี้สามารถแช่เยือกแข็งผลึกน้ำแข็งอาหาร เช่น ผักขมบด, เนื้อผลไม้, ไข่แดง, ซอส และซูป เป็นต้น.

1.1.4 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจนิค (Cryogenic freezer)

เครื่องแช่เยือกแข็งแบบนี้มีการเปลี่ยนแปลงสถานะของตัวทำความเย็น เนื่องจากการดูดซับความร้อนจากอาหารที่กำลังแช่เยือกแข็ง, ตัวทำความเย็นจะสัมผัสกับอาหารอย่างใกล้ชิดและมีการกำจัดพลังงานออกจากอาหารอย่างรวดเร็ว เพื่อใช้เป็นความร้อนแฝงในการระเหยหรือระเหิดของตัวทำความเย็น. การแช่เยือกแข็งแบบนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนสูง และเกิดการแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็ว. ตัวทำความเย็นที่นิยมใช้คือ ไนโตรเจนเหลว และคาร์บอนไดออกไซด์แข็งหรือคาร์บอนไดออกไซด์เหลว ซึ่งเป็นสารไม่มีสี, ไม่มีกลิ่นและเป็นสารเฉื่อย.

วิธีการแช่เยือกแข็งแบบต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่างกัน ซึ่งมีอิทธิพลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ, โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อค่าสัมประสิทธิ์น้อยกว่า

175 W/m²K. ขนาดของผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลต่อเวลาในการแช่เยือกแข็งเช่นกัน และมีอิทธิพลต่อความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการแช่เยือกแข็งและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนอย่างมีนัยสำคัญเมื่อค่าสัมประสิทธิ์มีค่าต่ำ (โรจนกร 2538). นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงอุณหภูมิของตัวกลางที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง, อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ และปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย เพื่อให้เลือกใช้เครื่องแช่เยือกแข็งได้อย่างเหมาะสม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีและคุ้มค่าที่สุด. (ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบวิธีแช่เยือกแข็งแบบต่างๆ).

ตารางที่ 1. วิธีการแช่เยือกแข็งแบบต่างๆ (Fellows 2000)

วิธีการแช่เยือกแข็ง	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (W/m ² K)	เวลาในการแช่เยือกแข็งสำหรับอาหารเฉพาะอย่างที่ -18 °ซ. (นาที)	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหาร
- แบบอากาศเย็นอยู่นิ่งกับที่	6-9	180-4320	ซากสัตว์
- แบบอากาศเย็นมีการหมุนวนด้วยความเร็ว 5 เมตรต่อวินาที	25-30	15-20	เมล็ดถั่วที่ไม่ได้บรรจุภาชนะ
- แบบอากาศเย็นมีการหมุนวนด้วยความเร็ว 3 เมตรต่อวินาที	18	-	เมล็ดถั่วที่ไม่ได้บรรจุภาชนะ
- แบบสายพานหรือแบบเกลียว	25	12-19	แฮมเบอร์เกอร์
- แบบฟลูอิดไชน์เบด	90-140	3-4	เมล็ดถั่วที่ไม่ได้บรรจุภาชนะ
- แบบแผ่นสัมผัส	100	75	ปลาแช่เยือกแข็งแบบก้อน (block) หนัก 25 กก.
- แบบชุดผิว	-	0.3-0.5	ไอศกรีม (ชั้นหนาประมาณ 1 มม.)
- แบบจุ่มลงในฟร็อน	500	10-15	น้ำส้มบรรจุกระป๋องกระดาษ (card cans) หนัก 170 กรัม
- แบบไครโอเจนิคด้วยไนโตรเจนเหลว	1500	0.5	เมล็ดถั่ว
		4-5	เบอร์เกอร์เนื้อ
		1.5	ขนมปังหนัก 454 กรัม
		0.9	เค้กหนัก 454 กรัม
		2-5	แฮมเบอร์เกอร์, อาหารทะเล
		0.5-6.0	ผลไม้และผักชนิดต่างๆ

ในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์อาหาร จำเป็นต้องให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับตัวกลางที่มีอุณหภูมิต่ำ (cooling medium), เพื่อกำจัดความร้อนที่เรียกว่า sensible heat และ latent heat ออกจากผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิต่ำลง และน้ำภายในมีการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นน้ำแข็ง. ด้วยเหตุนี้ cooling medium จึงต้องมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิต่ำสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการค่อนข้างมาก เพื่อให้กระบวนการแช่เยือกแข็งใช้เวลาสั้นที่สุด โดยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแบบการพาต้องมียุทธศาสตร์สูง.

1.2 การละลายน้ำแข็ง

นอกจากวิธีการแช่เยือกแข็งที่ดีจะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณภาพดีแล้ว การละลายน้ำแข็งเป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย, โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง หากมีการละลายน้ำแข็งที่ไม่เหมาะสมยอมทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งมาตลอดมีลักษณะปรากฏหรือเนื้อสัมผัสไม่เหมาะสม, ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค.

โดยทั่วไปวิธีละลายน้ำแข็งมีอยู่ 2 หลักการคือ การนำความร้อนจากผิวไปสู่ภายนอกผลิตภัณฑ์ และการสร้างความร้อนให้เกิดขึ้นภายในผลิตภัณฑ์. หลักการแรกทำได้โดยให้ความร้อนที่ผิวของผลิตภัณฑ์โดยจัดให้ผิวของผลิตภัณฑ์สัมผัสกับแหล่งให้ความร้อน เช่น แผ่นโลหะร้อน, อากาศร้อน, น้ำอุ่น หรือไอน้ำภายใต้สุญญากาศ, หลักการที่สองทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีไดอิเล็กตริกหรือไมโครเวฟ. ถึงแม้ว่าวิธีการละลายน้ำแข็งด้วยการให้ความร้อนที่ผิวของผลิตภัณฑ์จะนิยมใช้มากกว่าการทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในผลิตภัณฑ์ แต่สำหรับการละลายน้ำแข็งในอาหารพร้อมบริโภคนั้นนิยมใช้วิธีทำให้เกิดความร้อนภายในผลิตภัณฑ์ด้วยไมโครเวฟมากกว่า, โดยให้สนามไฟฟ้าเข้าไปในผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าที่อยู่ภายใน โมเลกุลภายในผลิตภัณฑ์จะเกิดความร้อนและทำให้อาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้น. ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นกับลักษณะทางไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด และเนื่องจากอาหารไม่ได้เป็นสารเนื้อเดียว, ดังนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นแต่ละส่วนย่อมแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังขึ้นกับองค์ประกอบภายในของผลิตภัณฑ์อาหารอีกด้วย.

1.3 การเสื่อมคุณภาพของอาหารแช่เยือกแข็ง

คุณภาพของอาหารแช่เยือกแข็งขึ้นกับกระบวนการต่างๆ ในการแช่เยือกแข็งอันได้แก่ วิธีการแช่เยือกแข็ง, การเก็บรักษาในสภาวะแช่เยือกแข็ง และการละลายน้ำแข็ง, ดังนั้นการป้องกัน

การเสื่อมคุณภาพของอาหารแช่เยือกแข็งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงตามความต้องการจึงต้องพิจารณาการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแช่เยือกแข็งดังนี้ (โรจนกร 2538).

1. ระหว่างการแช่เยือกแข็ง พิจารณาจากการทำให้อุณหภูมิของอาหารลดลง และการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นน้ำแข็ง, ซึ่งการลดลงของอุณหภูมิระหว่างการแช่เยือกแข็งโดยไม่มี การเปลี่ยนสถานะจะทำให้เกิดการบาดเจ็บเนื่องจากความเย็น (chilling injury) หรือเกิดการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิอย่างฉับพลัน (thermal shock). สำหรับการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นน้ำแข็งจะมีผลต่อ คุณภาพของอาหารเนื่องจากอาจก่อให้เกิดความเสียหายเชิงกล ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนปริมาตร ระหว่างการแช่เยือกแข็ง. วิธีการแช่เยือกแข็งจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร ในระหว่างการแช่เยือกแข็งได้, โดยการแช่เยือกแข็งแบบเร็วจะเกิดความเสียหายได้น้อยกว่าการแช่ เยือกแข็งแบบช้า.

2. ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะแช่เยือกแข็ง โดยทั่วไปเมื่ออุณหภูมิระหว่างการเก็บใน สภาวะแช่เยือกแข็งลดลง อัตราการเปลี่ยนแปลงด้านจุลินทรีย์และชีวเคมีจะลดลง. อย่างไรก็ตาม การเก็บในสภาวะแช่เยือกแข็งไม่สามารถทำลายกิจกรรมของเอนไซม์ได้แต่จะมีผลต่อจุลินทรีย์, พบว่าอุณหภูมิขณะเก็บที่ค่อนข้างสูง (ระหว่าง -4°C . และ -10°C .) จะมีผลในการฆ่าจุลินทรีย์ มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (ระหว่าง -15°C . และ -30°C .) จุลินทรีย์ต่างชนิดกันจะมีความต้านทานต่อ อุณหภูมิต่ำได้ต่างกัน โดยทั่วไปเซลล์ของยีสต์, รา และแบคทีเรียแกรมลบ เช่น *Staphylococcus aureus* และ *Enterococci* และสปอร์ของราจะทนทานกว่า, ส่วนสปอร์ของแบคทีเรียโดยเฉพาะ *Bacillus sp.* และ *Clostridium sp.* นั้นพบว่าอุณหภูมิต่ำจะไม่มีผลต่อมันเลย ซึ่งในระหว่างการเก็บ ในสภาวะแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิลดลง (-18°C .) จะมีการสูญเสียคุณภาพของอาหารอย่างช้าๆ ซึ่งเกิด จากทั้งการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น การสลายตัวของเม็ดสี, การสูญเสียวิตามิน, การเกิด ออกซิเดชันของไขมัน และยังเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพจากกิจกรรมของเอนไซม์ที่หลงเหลืออยู่. โดยทั่วไปแล้วอัตราการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ มักจะแปรผันกับระยะเวลาในการเก็บรักษาใน สภาวะแช่เยือกแข็ง.

3. ระหว่างการละลายน้ำแข็ง โดยปกติแล้วการละลายน้ำแข็งจะใช้เวลามากกว่าการแช่ เยือกแข็ง ซึ่งในระหว่างการละลายน้ำแข็งเป็น โอกาสที่อาหารจะได้รับความเสียหายจากสาเหตุ ต่างๆ มากที่สุด เช่น ความเข้มข้นของของเหลว, การเกิดการตกผลึกใหม่, ความเสียหายเชิงกล และ การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การละลายน้ำแข็งอย่างรวดเร็วจะช่วยลดปัญหาความเสียหายดังกล่าว

ได้, หลังจากการละลายน้ำแข็ง อาหารจะไม่สามารถกินสู่สภาพปกติได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารด้วย เช่น เนื้อเยื่อของพืช เมื่อผ่านการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็งแล้วจะมีลักษณะอ่อนนุ่ม.

1.4 จุลชีววิทยาของอาหารแช่เยือกแข็ง

แม้ว่ากระบวนการแช่เยือกแข็งจะไม่ทำลายจุลินทรีย์ได้เหมือนกับการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนเช่น การพาสเจอร์ไรซ์ หรือสเตอริไรซ์, แต่กระบวนการแช่เยือกแข็งสามารถลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้. ในขณะที่เดียวกันก็มีผลทำให้จุลินทรีย์สูญเสียการมีชีวิตไปอย่างช้าๆ. อย่างไรก็ตาม สปอร์และสารพิษที่สร้างขึ้นสามารถอยู่รอดได้ในกระบวนการเก็บ และเซลล์ของแบคทีเรียที่เสียหายอาจจะกลับมีชีวิตรอดได้ภายหลังการฟื้นตัวเป็นเวลานาน, ดังนั้นวัตถุดิบควรปราศจากจุลินทรีย์เท่าที่จะเป็นไปได้และต้องป้องกันการปนเปื้อนข้าม (cross-contamination).

จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นพิษส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (mesophile) ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนและไม่ต้องการออกซิเจน, ทั้งที่สร้างสปอร์และไม่สร้างสปอร์. จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีคุณสมบัติในการทำให้โปรตีนแตกตัว หรือมีคุณสมบัติในการย่อยโปรตีนนั่นเอง โดยทั่วไปจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นพิษจะไม่เจริญและสร้างสารพิษที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 °ซ. แต่มีข้อยกเว้นสำหรับ *Clostridium botulinum* ชนิด E ซึ่งเจริญได้ที่ 3 °ซ., *Staphylococcus aureus* เจริญได้ที่ 6.7 °ซ., *Salmonella spp.* เจริญได้ที่ 6.7 °ซ., และจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นอันตรายบ่งบอกถึงการปนเปื้อนด้วยอุจจาระซึ่งจะรวมถึงกลุ่มของโคลิฟอร์ม เช่น *Escherichia coli* เจริญได้ที่ 3-5 °ซ., *Aerobacter aerogenes* และ *Enterococci* เจริญได้ที่ 0 °ซ. อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถเจริญได้ที่แน่นอนขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์.

จุลินทรีย์กลุ่มที่สองคือ พวกที่ต้องการความเย็น (psychrotrophs) และพวกที่ทนความเย็น (psychrophiles, cold tolerant) ซึ่งเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่ากลุ่มแรก. จุลินทรีย์พวกที่ทนความเย็นส่วนใหญ่จะผลิตเอนไซม์ได้ปริมาณมากขึ้นที่อุณหภูมิต่ำเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิสูง. ดังนั้น การสลายโปรตีน, การสลายไขมัน และการหมักที่เกิดแอลกอฮอล์ จึงสามารถเกิดขึ้นได้ซึ่งเป็นผลจากการเจริญของจุลินทรีย์เหล่านี้. สำหรับอุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถเจริญได้ของจุลินทรีย์ที่ต้องการความเย็นเป็นดังนี้ -1 ถึง +3 °ซ. สำหรับ *Micrococcus*, -1.5 ถึง +1.5 °ซ. สำหรับ *Coliaerogenes*, -2 °ซ. สำหรับ *E. coli* และ 0 ถึง -2 °ซ. สำหรับ *Lactobacillus*.

ในผลิตภัณฑ์จำพวกเนื้อสัตว์มักพบจุลินทรีย์ที่ทนความเย็นซึ่งเป็นพวกที่ต้องการออกซิเจน ดังนั้นหากมีการบรรจุแบบสุญญากาศและการบรรจุภายใต้ไนโตรเจนจะเป็นผลดีของผลิตภัณฑ์ แต่ต้องระวังให้แน่ใจว่าอุณหภูมิจะไม่เพิ่มสูงพอที่จะให้ *Clostridium botulinum* ชนิด E เจริญขึ้นได้ ภายใต้สภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน.

โดยทั่วไปที่อุณหภูมิต่ำกว่า -10 ถึง -12 °ซ. การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะหยุดลงหรือเกิดน้อยมากที่สุด, สิ่งที่เราควรระวังคือ การรักษาอุณหภูมิในการเก็บรักษาให้ถูกต้องโดยไม่เปิดโอกาสให้ผลิตภัณฑ์เกิดการละลาย เพราะอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการละลายของน้ำแข็งจะทำให้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนเจริญเติบโตขึ้น, ควรหลีกเลี่ยงการผันแปรของอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากเป็นการกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์.

นอกจากผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจะมีศักยภาพในการส่งออกแล้ว ในปัจจุบันมีบทบาทในชีวิตประจำวันของผู้บริโภคมากขึ้น เนื่องจากสะดวกต่อการเลือกซื้อ, มีความหลากหลาย, ราคาเหมาะสม, สามารถเก็บไว้ได้นานกว่าอาหารสดในขณะที่รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับอาหารที่เพิ่งปรุงเสร็จ, อีกทั้งยังสะดวกต่อการจัดเตรียมเพื่อบริโภค ซึ่งช่วยประหยัดเวลา. ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษากระบวนการผลิตอาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจากข้าว, โดยพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจากข้าวทั้งสองประเภทคือ อาหารคาวและอาหารหวาน ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวผัดไทยและขนมเปียกปูนหรือขนมบัวลอย, เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค, มีคุณภาพเหมาะสมต่อการผลิตเพื่อจำหน่าย และเป็นแนวทางพื้นฐานสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภคจากข้าวแช่เยือกแข็งชนิดอื่นๆ ต่อไป.

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123.
2. เครื่องโม่แป้งแบบหินขัดแนวอน.
3. เครื่องเหวี่ยงแยก 5,000 รอบต่อนาที.
4. ตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60 °ซ.
5. เครื่องบดแป้ง.
6. น้ำขอสปริงรสดไทย.
7. ถุงพลาสติกชนิด linear low density polyethylene (LLDPE) ขนาด 14.0 x 21.0 ซม.
8. ถุงพลาสติกชนิดไนลอนประกบกับพอลิเอทิลีน (Nylon/PE) ขนาด 12.2 x 18.0 ซม.
9. ถ้วยพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน (PP) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 ซม. สูง 5 ซม.
10. ก่องพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน (PP) ขนาด 12.0 x 17.6 x 4.0 ซม.
11. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง.
12. เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน.
13. เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ.
14. ไนโตรเจนเหลว.
15. เครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน (Air blast freezer) อุณหภูมิ -40 °ซ.
16. เครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น (Plate freezer) อุณหภูมิ -60 °ซ.
17. เครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่นิ่งกับที่ (Still air freezer) หรือห้องแช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ -20 °ซ.
18. เต้าไมโครเวฟ.

2.2 วิธีการ

2.2.1 ศึกษากระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง

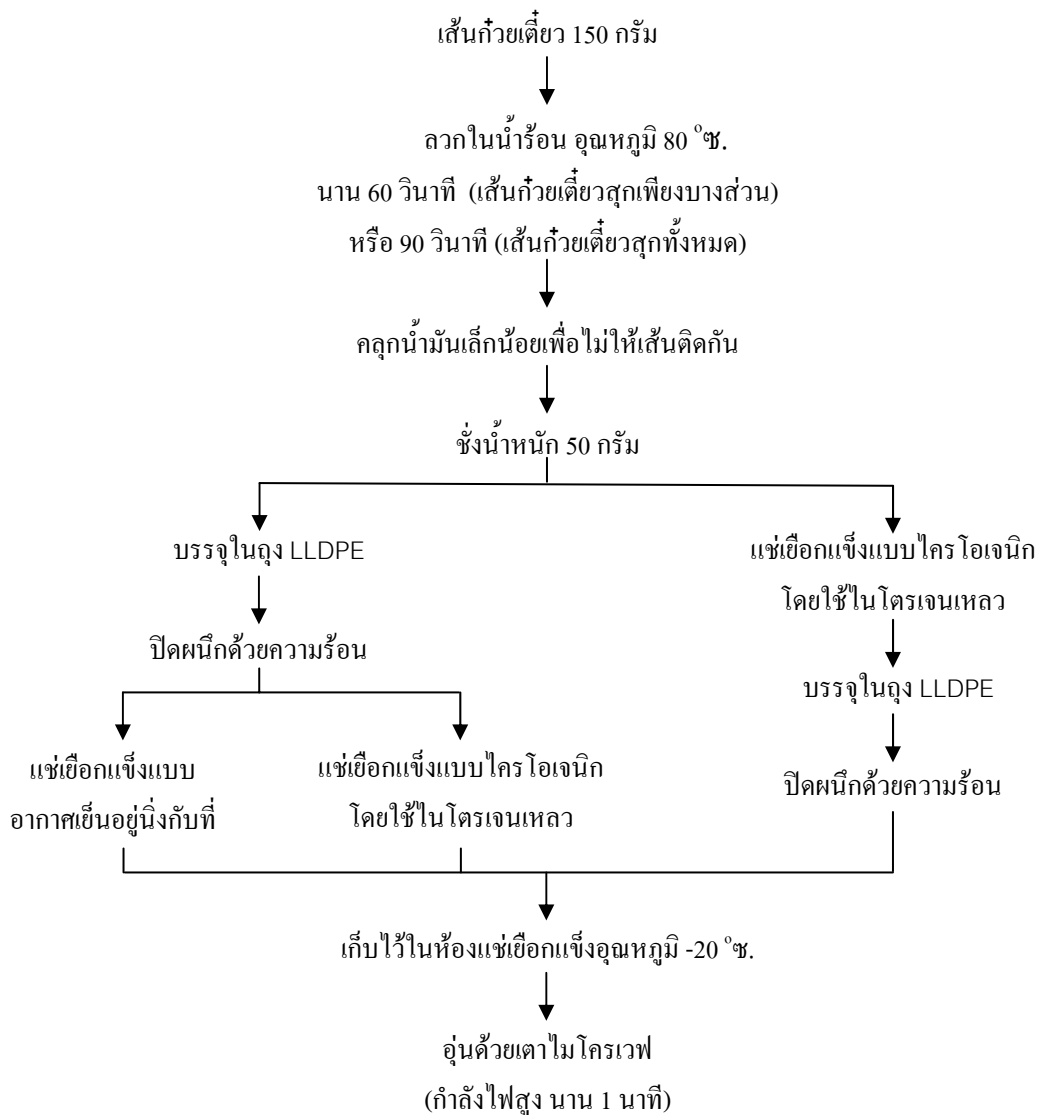
2.2.1.1 การศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งจากก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ทำการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการลวกเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็น 2 ระดับ คือ ระดับที่ทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีลักษณะสุกเพียงบางส่วน และสุกทั้งหมด

ทำการศึกษาผลของวิธีการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง โดยมีวิธีการแช่เยือกแข็ง 3 วิธี คือ:

1. การแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่หนึ่งกับที่
2. การแช่เยือกแข็งพร้อมบรรจุภัณฑ์ แบบไครโอเจนิก โดยใช้ไนโตรเจนเหลว
3. การแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจนิก โดยใช้ไนโตรเจนเหลว

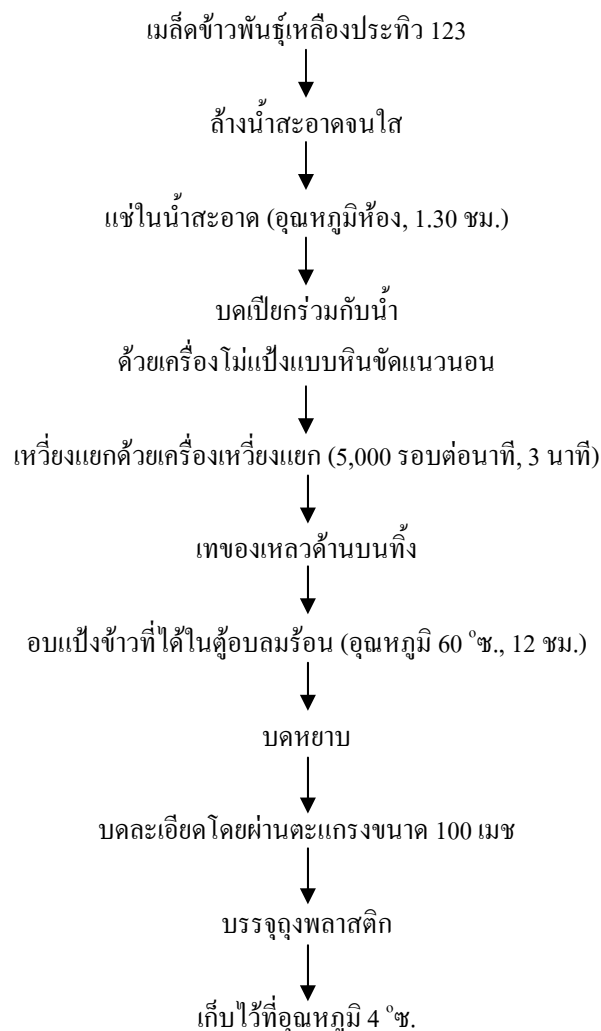
ขั้นตอนการทดลองดังนี้



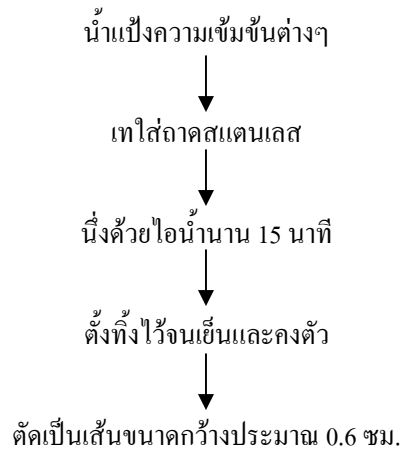
รูปที่ 1. ขั้นตอนการทดลองเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง.

2.2.1.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งจากแป้งข้าว

ทดลองผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 เพื่อให้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีความหนาและมีคุณภาพไม่แตกต่างจากเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีจำหน่ายในท้องตลาด, โดยศึกษาความเข้มข้นของน้ำแป้งที่เหมาะสมเป็น 4 ระดับคือ 25, 30, 35 และ 40 % โดยน้ำหนัก. เมื่อได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมแล้วจึงทดลองแช่เยือกแข็งเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้ด้วยวิธีการแช่เยือกแข็ง 3 แบบคือแบบอากาศเย็นอยู่นิ่งกับที่, แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน และแบบแผ่น. วิธีการผลิตแป้งข้าวและวิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแสดงในรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ, ในการผลิตแป้งข้าวจะใช้เมล็ดข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 เป็นวัตถุดิบครั้งละ 20 กก., ส่วนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจะใช้ปริมาณน้ำแป้งครั้งละ 200 มล.



รูปที่ 2. กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว.



รูปที่ 3. กรรมวิธีการผลิตเส้นก้วยเดี่ยว.

2.2.2 พัฒนาสูตรและวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้าย

สูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายที่จะทำการศึกษา มีส่วนผสมดังต่อไปนี้ :

เส้นก้วยเดี่ยว	500	กรัม
น้ำซอสปรุงรสผ้าฝ้าย	150	กรัม
หอมแดงสับ	100	กรัม
หัวไชโป้วสับละเอียด	100	กรัม
กุ้งแห้ง	100	กรัม
เต้าหู้หั่นเต๋า	100	กรัม
ไข่ไก่	3	ฟอง
ถั่วงอก	500	กรัม
ใบกุยช่าย	300	กรัม
น้ำมันถั่วเหลือง	1	ถ้วยตวง

ทำเครื่องผ้าฝ้าย โดยการนำหอมแดงสับเจียวกับน้ำมันจนได้กลิ่นหอม, ใส่หัวไชโป้วสับละเอียด, กุ้งแห้ง และเต้าหู้หั่นเต๋าลงไปผัดให้เข้ากัน, จากนั้นใส่ไข่ ผัดให้ทั่วจนไข่สุก ใส่ถั่วงอกและใบกุยช่ายลงไป ผัดให้เข้ากันเล็กน้อย.

นำเส้นก้วยเดี่ยวสุกผสมกับน้ำซอสปรุงรสผ้าฝ้ายคลุกให้เข้ากัน แล้วจึงผสมเครื่องผ้าฝ้ายที่เตรียมไว้ คลุกให้เข้ากัน.

2.2.3 ศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าไทยแช่เยือกแข็ง

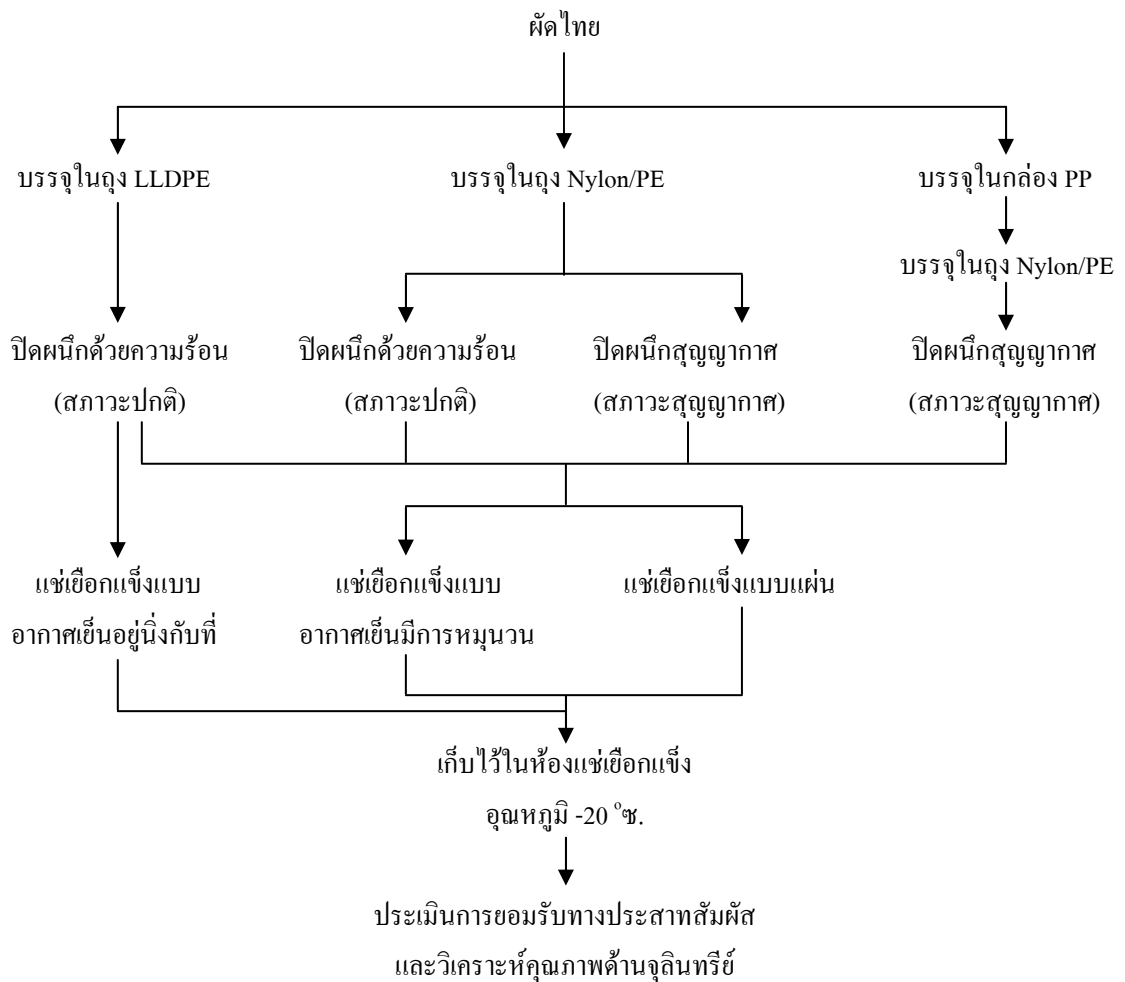
ในแต่ละการทดลองเพื่อศึกษาผลของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าไทยแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของผ้าไทยที่เก็บรักษาไว้ตามระยะเวลาต่างๆ จะใช้อัตราส่วนของเส้นผ้าไทยสูง : น้ำซอสปรุงรสผ้าไทย : เครื่องผ้าไทย เท่ากับ 1,000 : 400 : 1,000, จากนั้นบรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ ตามที่กำหนดให้ได้น้ำหนักสุทธิ 300 กรัมต่อ 1 หน่วยบรรจุ แล้วจึงนำผลิตภัณฑ์ผ้าไทยไปแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบต่างๆ ตามขอบเขตที่ทำการศึกษา.

2.2.3.1 การศึกษาผลของวิธีการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของผ้าไทยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา

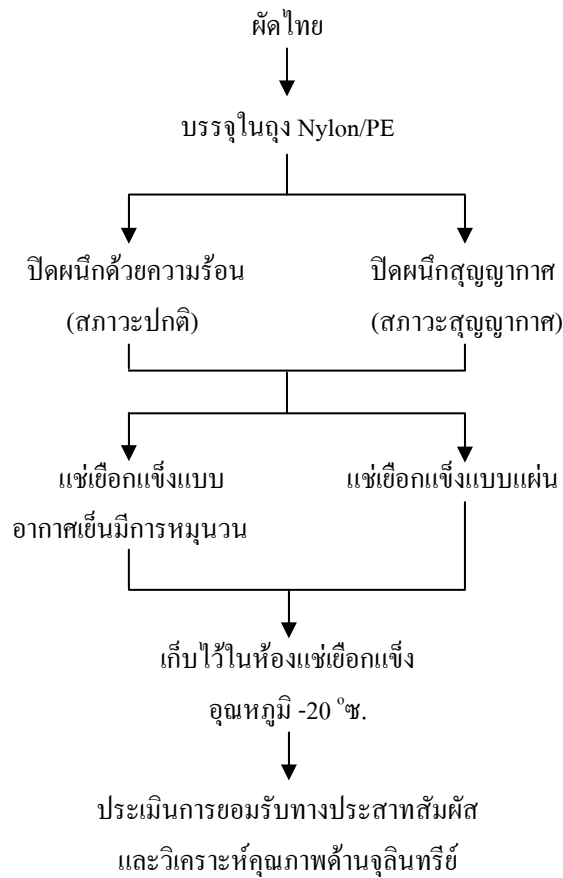
ในการศึกษาผลของวิธีการแช่เยือกแข็งของผลิตภัณฑ์ผ้าไทยจะทำการเปรียบเทียบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ผ้าไทยแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่างๆ นาน 12 เดือน, โดยเตรียมผ้าไทยตามวิธีที่ได้เสนอดังกล่าวข้างต้น ซึ่งได้บรรจุผ้าไทยลงในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ ได้แก่ บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LLDPE และถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ในสภาวะปกติ และบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE และกล่องพลาสติกชนิด PP ไม่ปิดฝาซึ่งบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE อีกชั้นหนึ่ง ในสภาวะสุญญากาศ. จากนั้นนำไปแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน และเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น, สำหรับการบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติกชนิด LLDPE ได้ทำการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่หนึ่งกับที่เพิ่มเติมอีกด้วย. ทำการแช่เยือกแข็งจนผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิเท่ากับ -20°C . จากนั้นจึงเก็บรักษาตัวอย่างทั้งหมดไว้ในห้องแช่เยือกแข็งอุณหภูมิ -20°C . เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำผลิตภัณฑ์ผ้าไทยมาอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ ทำการตรวจสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์, ขั้นตอนในการทดลองนี้แสดงไว้ในรูปที่ 4.

2.2.3.2 การศึกษาผลของการบรรจุในสภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพของผ้าไทยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา

ในการศึกษาผลของการบรรจุในสภาวะสุญญากาศที่มีต่อคุณภาพของผ้าไทยแช่เยือกแข็งเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ นั้น จะบรรจุผ้าไทยในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ในสภาวะสุญญากาศ และไม่เป็นสุญญากาศหรือสภาวะปกติ จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์มาแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวนและเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น และนำมาเก็บรักษาไว้ในห้องแช่เยือกแข็งอุณหภูมิ -20°C . ทำการตรวจสอบคุณภาพของผ้าไทยแช่เยือกแข็งในด้านจุลินทรีย์และคุณภาพด้านประสาทสัมผัสเมื่อเก็บรักษาไว้ทุก 3 เดือน, ขั้นตอนในการทดลองนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.



รูปที่ 4. ขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาผลของวิธีการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของผ้าไทยแช่เยือกแข็ง
ในระหว่างการเก็บรักษา.

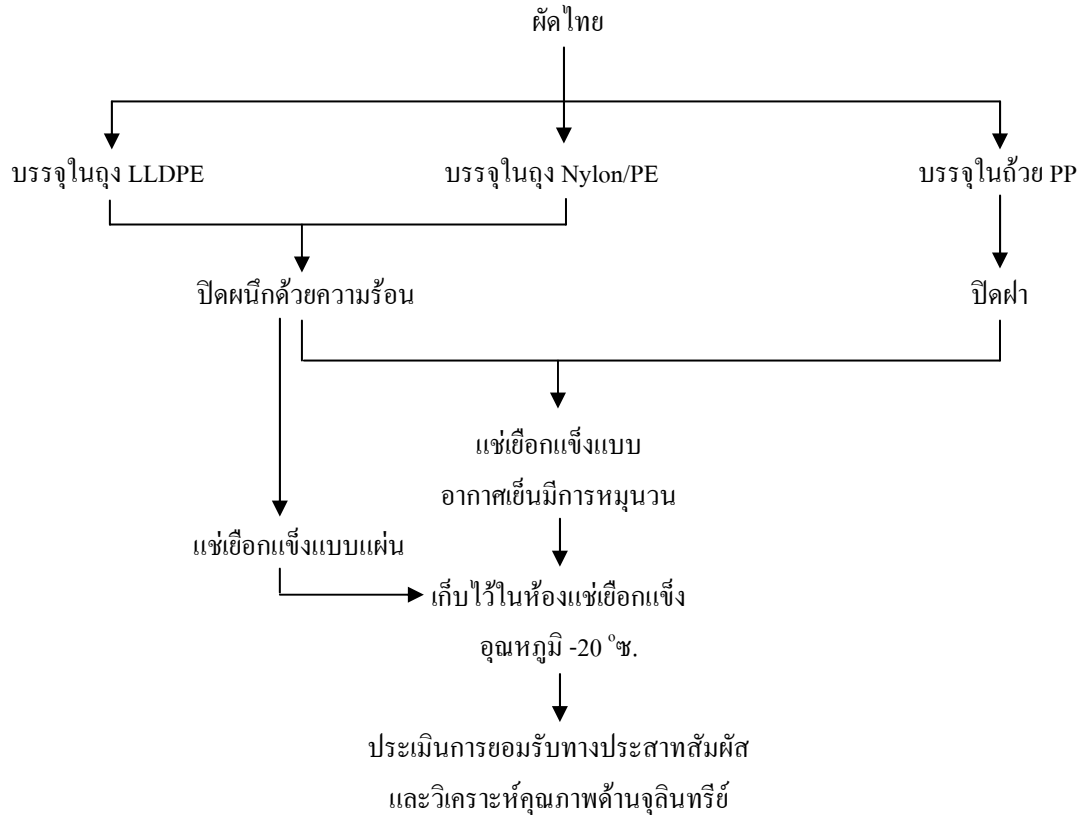


รูปที่ 5. ขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาผลของการบรรจุในสภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพของผ้าไทยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา.

2.2.3.3 การศึกษาผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของผ้าไทยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา

ในการศึกษาผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของผ้าไทยแช่เยือกแข็งเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ นั้น, จะบรรจุผ้าไทยในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ โดยบรรจุในสภาวะไม่เป็นสุญญากาศหรือสภาวะปกติ แล้วทำการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวนและเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น. ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ถุงพลาสติกชนิด LLDPE, ถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE และถ้วยพลาสติกชนิด PP. แต่สำหรับการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น จะไม่สามารถทำการทดลองเมื่อใช้บรรจุภัณฑ์ถ้วยพลาสติกชนิด PP ได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านรูปร่างของผลิตภัณฑ์. เก็บรักษาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้งหมดไว้ในห้องแช่เยือกแข็งอุณหภูมิ -20 °ซ. ทำการตรวจสอบคุณภาพของผ้าไทยแช่

เยือกแข็งในด้านจุลินทรีย์และคุณภาพด้านประสาทสัมผัสตลอดระยะเวลาเก็บรักษา, ขั้นตอนในการทดลองนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 6.

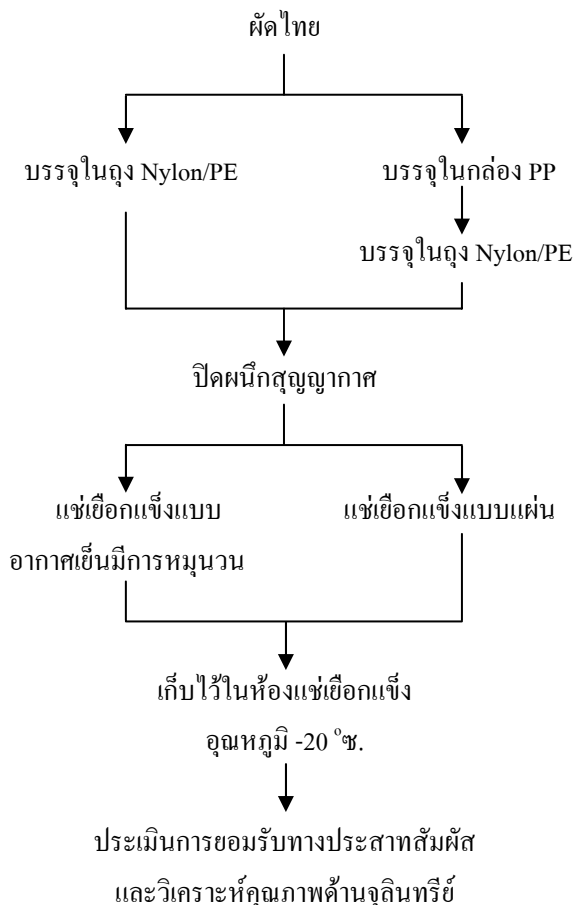


รูปที่ 6. ขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของพริกไทยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา.

2.2.3.4 การศึกษาผลของจำนวนชั้นของการบรรจุต่อคุณภาพของพริกไทยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา

ในการศึกษาผลของจำนวนชั้นของการบรรจุที่มีต่อคุณภาพของพริกไทยแช่เยือกแข็งเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ นั้น, จะบรรจุพริกไทยในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ โดยบรรจุในสภาวะสุญญากาศ แล้วทำการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวนและเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น. โดยการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชั้นเดียว (primary packaging) จะบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE, ส่วนการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ชั้น (secondary packaging) จะบรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PP แบบไม่ปิดฝา แล้วจึงบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE อีกชั้นหนึ่ง ก่อนปิดผนึกด้วยเครื่องผนึกสุญญากาศ แล้วทำการแช่เยือก

แข็งต่อไป. จากนั้นจึงเก็บรักษาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้งหมดไว้ในห้องแช่เยือกแข็งอุณหภูมิ -20°C . ทำการตรวจสอบคุณภาพของผ้าไทยแช่เยือกแข็งในด้านจุลินทรีย์และคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ทุก 3 เดือน ขั้นตอนในการทดลองนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 7.



รูปที่ 7. ขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาผลของจำนวนชั้นของการบรรจุต่อคุณภาพของผ้าไทยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา.

2.2.3.5 การวิเคราะห์คุณภาพของผ้าไทยแช่เยือกแข็ง

ทำการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผ้าไทยแช่เยือกแข็ง โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยการประเมินผลทางประสาทสัมผัส, ซึ่งต้องนำตัวอย่างดังกล่าวมาละลายน้ำแข็งและอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟครั้งละ 1 หน่วยบรรจุภัณฑ์ ใช้กำลังไฟสูง เป็นเวลานาน 4 นาที, แล้วจึงทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัส. นอกจากนี้ได้ทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์เพื่อศึกษาอายุ

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยวิเคราะห์ผลการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ฯ จากปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น.

- การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

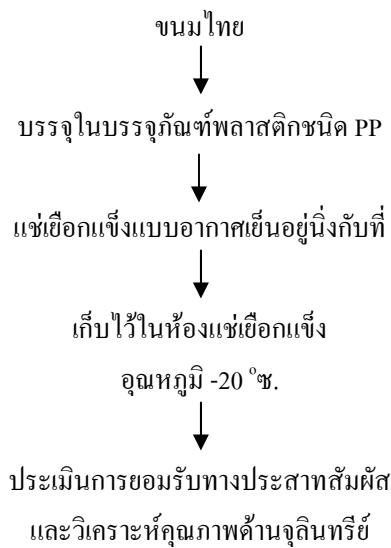
ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 30 คน โดยทำการตรวจสอบตัวอย่างผักไทยที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างๆ หลังจากการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสชาติ และการยอมรับรวม ตามวิธี Hedonic scale ซึ่งระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด จนถึงระดับคะแนน 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติโปรแกรม SPSS.

- คุณภาพทางจุลินทรีย์

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด
- ยีสต์และรา
- *Escherichia coli*
- *Staphylococcus aureus*

2.2.4 ศึกษากระบวนการผลิตขนมไทยแช่เยือกแข็ง

ทำการพัฒนากระบวนการผลิตขนมไทยแช่เยือกแข็งจำนวน 2 ชนิด โดยพิจารณาจากขนมไทยซึ่งใช้แป้งข้าวเป็นส่วนประกอบหลัก และการพัฒนาสูตรขนมไทยเพื่อสุขภาพซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดปัจจุบัน. เมื่อได้สูตรที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้วจึงทำการแช่เยือกแข็งโดยบรรจุในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด PP, แล้วนำผลิตภัณฑ์ขนมไทยไปแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่ร่วมกับที่ เก็บรักษาไว้ในห้องแช่เยือกแข็งอุณหภูมิ -20 °ซ. เมื่อครบกำหนดระยะเวลา 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน จึงนำตัวอย่างขนมไทยแช่เยือกแข็งมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 30 คน ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ตามวิธี Hedonic scale, ซึ่งระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด จนถึงระดับคะแนน 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด. จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติโปรแกรม SPSS, รวมถึงทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ผักไทยแช่เยือกแข็งดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น, ขั้นตอนในการผลิตขนมไทยแช่เยือกแข็งแสดงดังรูปที่ 8.



รูปที่ 8. ขั้นตอนการผลิตขนมไทยแช่เยือกแข็ง.

2.2.4.1 พัฒนาสูตรและวิธีการผลิตขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง

สูตรพื้นฐานของขนมเปียกปูนที่จะทำการศึกษา มีส่วนผสมดังต่อไปนี้ :

แป้งข้าวเจ้า	1 ½	ถ้วยตวง	(153 กรัม)
แป้งท้าวยายม่อมบดละเอียด	½	ถ้วยตวง	(70 กรัม)
น้ำตาลปี๊ป	300	กรัม	
น้ำปูนใส	2	ถ้วยตวง	(386 กรัม)
น้ำคั้นใบเตยหอม	½	ถ้วยตวง	(75 กรัม)
มะพร้าวทึนทึกขูดฝอย	2	ถ้วยตวง	
เกลือป่น	2	ช้อนชา	

ผสมแป้งข้าวเจ้าและแป้งท้าวยายม่อมเข้าด้วยกัน นวดกับน้ำปูนใสจนแป้งนุ่ม พักไว้ 20 นาที, จากนั้นเติมน้ำปูนใสที่เหลือลงไปจนหมด ใส่ น้ำตาลปี๊ป คนให้เข้ากัน, กวนส่วนผสมในกระทะทองเหลืองจนส่วนผสมมีลักษณะข้นจึงเติมน้ำคั้นใบเตยหอม กวนต่อจนเหนียว ใช้เวลาในการกวนประมาณ 45 นาที โดยใช้ไฟอ่อน, จากนั้นเทส่วนผสมที่กวนจนเหนียวลงในถาดสี่เหลี่ยม เกลี่ยหน้าขนมให้เรียบ พักไว้จนเย็นสนิท ตัดเป็นชิ้นพอคำ โรยหน้าด้วยมะพร้าวทึนทึกขูดฝอยผสมกับเกลือที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลา 10 นาที.

2.2.4.2 พัฒนาสูตรและวิธีการผลิตขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็ง

การผลิตขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็ง เป็นการพัฒนาสูตรขนมไทยจากแป้งข้าว เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค, โดยปรับเปลี่ยนรูปแบบจากขนมบัวลอยปกติที่มีขายในท้องตลาด เป็นขนมบัวลอยไส้ถั่วและใช้น้ำเก็กฮวยหรือนมสดทดแทนการใช้น้ำกะทิ.

วิธีการพื้นฐานในการผลิตขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพ, เริ่มต้นจากการเตรียมส่วนผสมที่เป็นไส้ขนมโดยการต้มถั่วให้สุก แล้วนำไปบด, เติมน้ำตาลมะพร้าวและน้ำตาลทรายกวนจนเหนียว จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปั้นเป็นก้อนกลม.

เตรียมน้ำเก็กฮวย โดยการต้มน้ำกับดอกเก็กฮวยจนได้กลิ่นหอม เติมน้ำตาลและปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เป็น 15 °บริกซ์, ส่วนนมสดจะเตรียมจากนมสดพร้อมมันเนย เติมน้ำตาลมะพร้าวและน้ำตาลทราย จนได้ความหวานที่ต้องการ.

นวดแป้งข้าวเหนียวกับน้ำจนได้เป็นก้อนแป้ง ตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆ แผ่แป้งให้เป็นแผ่นบางเพื่อใส่ไส้ถั่วที่เตรียมไว้ลงไป ห่อไส้ด้วยแผ่นแป้งแล้วปั้นให้เป็นก้อนกลม, จากนั้นจึงต้มแป้งในน้ำเดือด จนแป้งสุก เม็ดบัวลอยจะลอยขึ้นที่ผิวหน้า นำเม็ดบัวลอยลงแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเพื่อลดอุณหภูมิลง, จากนั้นจึงตักเฉพาะเม็ดบัวลอยลงในภาชนะบรรจุ แล้วจึงเติมน้ำเก็กฮวยหรือนมสดให้ท่วมแป้งบัวลอย.

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ศึกษากระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง

ในการศึกษากระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง จะทำการศึกษาถึงสถานะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งทั้งจากก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด และจากที่ได้ผลิตขึ้นเองจากแป้งข้าว.

3.1.1 การศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งจากก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ในการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งจากเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดเส้นสดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดนั้น ใช้ตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวสดตรา เสง เสง, ทำการศึกษาระยะเวลาในการลวกเส้นเป็น 2 ระดับ คือ 60 และ 90 วินาที ซึ่งทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีลักษณะสุกเพียงบางส่วนและสุกทั้งหมดตามลำดับ และศึกษาวิธีการแช่เยือกแข็ง 3 วิธี คือ การแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นอยู่นิ่งกับที่ และการแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจนิค โดยใช้ไนโตรเจนเหลว (ก่อนบรรจุและหลังบรรจุ), เมื่อทำการทดลองตามขั้นตอนที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1 ได้ผลแสดงในตารางที่ 2.

ตารางที่ 2. ผลของระยะเวลาในการลวกและการแช่เยือกแข็งแบบต่างๆ ต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง

ระยะเวลาในการลวกเส้น (วินาที)	วิธีการแช่เยือกแข็ง	ลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังผ่านการ อุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ
60	แบบอากาศเย็นอยู่นิ่งกับที่	เส้นแข็งกระด้างเล็กน้อย
	ไนโตรเจนเหลว พร้อมบรรจุภัณฑ์	เหนียว นุ่มเล็กน้อย
	ไนโตรเจนเหลว (ก่อนบรรจุ)	แข็งเล็กน้อย
90	แบบอากาศเย็นอยู่นิ่งกับที่	เส้นนุ่ม แต่มีลักษณะและเป็นบางส่วน
	ไนโตรเจนเหลว พร้อมบรรจุภัณฑ์	เส้นนุ่ม แต่ขาด
	ไนโตรเจนเหลว (ก่อนบรรจุ)	เส้นเหนียวนุ่ม

จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่า ถึงแม้เตาไมโครเวฟจะสามารถใช้ในการปรุงอาหารให้สุกได้ แต่จากลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้หลังผ่านการอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ, พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำให้สุกเพียงบางส่วนแล้วผ่านการแช่เยือกแข็งจะยังคงมีลักษณะแข็งกระด้าง มีบางส่วนที่ยังไม่สุก, ในขณะที่เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการทำให้สุกทั้งหมดแล้วยังคงลักษณะเหนียวนุ่มอยู่ แม้จะมีบางส่วนที่เนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไปแต่เกิดจากผลของการแช่เยือกแข็ง, แสดงว่าการอุ่น

ด้วยไมโครเวฟไม่ได้ทำลายสภาพของโครงสร้างผลิตภัณฑ์มากนัก อาจเป็นเพราะใช้กำลังไฟสูง จึงทำให้ปริมาณน้ำที่เปลี่ยนสภาพเป็นน้ำแข็งที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์เกิดการระเหิดเป็นไอในทันที. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการลวกเพื่อให้ได้เส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งที่มีคุณภาพเหมาะสมหลังผ่านการอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟจึงควรเป็นระยะเวลาที่ทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวสุกทั้งหมดนั้นคือ 90 วินาที. ส่วนวิธีการแช่เยือกแข็งที่เหมาะสมนั้น คือการแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจนิคโดยใช้ไนโตรเจนเหลว พ่นลงบนผลิตภัณฑ์โดยตรง ก่อนทำการบรรจุในบรรจุภัณฑ์, ซึ่งทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีลักษณะเหนียวนุ่ม ไม่แตกต่างจากเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง. แม้ว่าการแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจนิคด้วยไนโตรเจนเหลวจะเป็นวิธีการแช่เยือกแข็งแบบเร็ว ซึ่งทำให้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กมาก จึงไม่เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ทั้งในขณะที่แช่เยือกแข็งและขณะอุ่นเพื่อคืนสภาพในเตาไมโครเวฟ, แต่การแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวพร้อมบรรจุภัณฑ์นั้นทำให้การถ่ายเทความร้อนช้าลงเนื่องจากต้องผ่านชั้นบรรจุภัณฑ์ก่อนถึงตัวผลิตภัณฑ์ ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งแบบนี้จึงใช้เวลานานกว่าที่ควรจะเป็น ผลิตภัณฑ์จึงมีโอกาสเสียสภาพได้ตั้งแต่ขั้นตอนในการแช่เยือกแข็ง, ส่วนการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่ร่วมกับที่เป็นการแช่เยือกแข็งแบบช้า ซึ่งทำให้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีลักษณะและเ็นบางส่วน.

3.1.2 การศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งจากแป้งข้าว

เนื่องจากอะมิโลสมีความสามารถในการเกิดเจล ซึ่งทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นและตัดเป็นเส้นได้, ข้าวที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวคุณภาพดีควรมีปริมาณ อะมิโลสไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 27 (Bhumipamorn 1993), ส่วนแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงกว่า ร้อยละ 33 จะทำให้ลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวแข็งและค้ำกันเกินไป (Tanamongkolpong 1988), จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงเลือกใช้ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ในการทดลองนี้ เนื่องจากมีปริมาณอะมิโลสอยู่ในช่วง ร้อยละ 28-32.

จากการศึกษาความเข้มข้นของน้ำแป้งที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวทั้ง 4 ระดับ คือ 25, 30, 35 และ 40 % โดยน้ำหนัก, เมื่อวัดความหนาของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้เปรียบเทียบกับความหนาของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีขายในท้องตลาดพบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีความหนาโดยเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 3.

ตารางที่ 3. ความหนาโดยเฉลี่ยของเส้นก้วยเดี่ยว

เส้นก้วยเดี่ยว	ความหนาโดยเฉลี่ย (มม.)
จากห้องตลาด (ตรา เสง เสง)	2.05
เตรียมจากน้ำแป้งความเข้มข้น (%โดยน้ำหนัก)	
- 25	1.76
- 30	1.95
- 35	2.31
- 40	2.57

จากขนาดความหนาของเส้นก้วยเดี่ยวที่วัดได้เมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำแป้งที่แตกต่างกัน พบว่า ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งเท่ากับ ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก, มีความเหมาะสมในการผลิตเป็นเส้นก้วยเดี่ยวมากที่สุด เนื่องจากมีขนาดความหนาของเส้นก้วยเดี่ยวใกล้เคียงกับเส้นก้วยเดี่ยวที่มีจำหน่ายในท้องตลาดและยังคงมีความเหนียวนุ่มใกล้เคียงและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค.

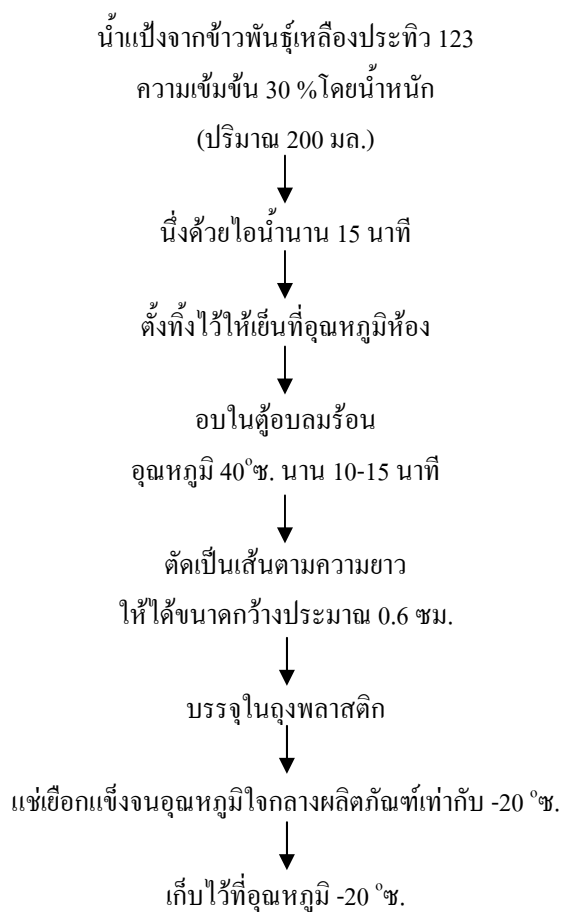
ในการศึกษาผลของวิธีการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของเส้นก้วยเดี่ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวที่เตรียมได้ จะนำเส้นก้วยเดี่ยวที่เตรียมจากน้ำแป้งความเข้มข้น ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักปริมาณ 200 มล. ไปนึ่งด้วยไอน้ำนาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น, จากนั้นจึงนำไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 40 °ซ. นานประมาณ 10-15 นาที แผ่นแป้งที่ได้มีความชื้นประมาณ ร้อยละ 52. เมื่อได้แผ่นแป้งแล้วจึงตัดเป็นเส้นตามยาวขนาดกว้างประมาณ 0.6 ซม. ชั่งน้ำหนักเส้นประมาณ 300 กรัม คลุกกับน้ำซอสผัดไทย 50 มล. บรรจุในถุงขนาดถุงละ 50 กรัม แล้วจึงนำไปแช่เยือกแข็งตามวิธีการต่างๆ และเนื่องจากการแช่เยือกแข็งโดยใช้ในโตรเจนเหลวไม่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการบรรจุแล้ว ดังนั้นได้ทำการแช่เยือกแข็ง 3 วิธี คือ การแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่หนึ่งกับที่, แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน และแบบแผ่น. เมื่อนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งมาอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟด้วยกำลังไฟสูง นาน 45 วินาที ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.

ตารางที่ 4. ผลของวิธีการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของเส้นก้วยเดี่ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเหลือง ประทิว 123

วิธีการแช่เยือกแข็ง	ลักษณะเส้น
แบบอากาศเย็นอยู่หนึ่งกับที่	มีความเหนียวดี แต่ลักษณะแห้ง แข็งกระด้าง
แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน	เนื้อสัมผัสค่อนข้างเหนียวนุ่ม แต่เมื่อดังตั้งไว้จนเย็น จะมีลักษณะแข็งเล็กน้อย
แบบแผ่น	ลักษณะปรากฏดี เนื้อสัมผัสเหนียว นุ่ม

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าวิธีการแช่เยือกแข็งแบบแผ่นเป็นวิธีการแช่เยือกแข็งที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นการแช่เยือกแข็งแบบเร็ว, ตัวกลางที่ไหลอยู่ภายในแผ่นความเย็นมีอุณหภูมิต่ำกว่า -60°C . จึงทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนได้รวดเร็วกว่าวิธีการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่หนึ่งกับที่และแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน ซึ่งมีอุณหภูมิของตัวกลางเป็น -20 และ -40°C . ตามลำดับ.

จากการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปกรรมวิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งที่เหมาะสมได้ดังรูปที่ 9.



รูปที่ 9. กรรมวิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง.

3.2 พัฒนาสูตรและวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ผัดไทย

จากสูตรพื้นฐานในการผลิตผัดไทย เมื่อปรับปรุงส่วนผสมต่างๆ จนได้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้ว ได้สูตรและวิธีการผลิตที่เหมาะสมดังนี้

เส้นผัดไทยสุก	1,000	กรัม
น้ำซอสปรุงรสผัดไทย	400	กรัม
ส่วนผสมเครื่องผัดไทยต่อการผัด 1 ครั้ง		
หอมแดงสับ	93	กรัม
หัวไชโป้วสับละเอียด	90	กรัม
กุ้งแห้ง	66	กรัม
เต้าหู้หั่นเต๋า	200	กรัม
ไข่ไก่	215	กรัม (4 ฟอง)
ถั่วงอก	467	กรัม
ใบกุยช่าย	150	กรัม
น้ำมันถั่วเหลือง	100	มล.

เทน้ำมันถั่วเหลืองลงในกระทะประมาณ 35 มล. รอจนน้ำมันร้อนจึงนำหอมแดงสับเจียวกับน้ำมันจนได้กลิ่นหอม ใส่หัวไชโป้วสับละเอียด, กุ้งแห้งและเต้าหู้ ลงไปผัดให้เข้ากัน. จากนั้นเติมน้ำมันถั่วเหลืองส่วนที่เหลือลงในกระทะ รอจนน้ำมันร้อนจึงใส่ไข่ ผัดให้ทั่วจนไข่สุก แล้วจึงใส่ถั่วงอกและใบกุยช่ายลงไปคลุกให้ทั่ว โดยไม่ต้องให้ผักสุกนัก ได้เป็นเครื่องผัดไทยซึ่งใช้เวลาในการผัดทั้งสิ้นประมาณ 10 นาที.

นำเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดนาน 1 นาที 45 วินาที มาคลุกน้ำมันเล็กน้อยแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น, จากนั้นผสมเส้นผัดไทยกับน้ำซอสในอัตราส่วน 1,000 : 400 คลุกให้เข้ากัน แล้วจึงผสมเครื่องผัดไทยที่เตรียมไว้ลงไป 1,000 กรัม, ผสมให้เข้ากันได้เป็นผัดไทยก่อนการแช่เยือกแข็งซึ่งมีอัตราส่วน เส้นผัดไทยสุก : น้ำซอสปรุงรส : เครื่องผัดไทย เท่ากับ 1000 : 400 : 1,000 ได้ผลิตภัณฑ์ผัดไทยที่มีส่วนประกอบโดยประมาณดังนี้.

เส้นผัดไทย	41.7	% โดยน้ำหนัก
เครื่องปรุงรส	16.7	% โดยน้ำหนัก

หอมแดง	2.8	% โดยน้ำหนัก
ไซโป้วหวาน	2.7	% โดยน้ำหนัก
กุ่มแห้ง	2.0	% โดยน้ำหนัก
เต้าหู้	6.1	% โดยน้ำหนัก
ไซโป้	6.6	% โดยน้ำหนัก
ถั่วออก	14.2	% โดยน้ำหนัก
ใบกุยช่าย	4.6	% โดยน้ำหนัก
น้ำมันถั่วเหลือง	2.6	% โดยน้ำหนัก

3.3 ศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ผักไทยแช่เยือกแข็ง

แม้ว่าการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการแช่เยือกแข็งแบบเร็วโดยใช้เครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น และการแช่เยือกแข็งแบบเร็วยิ่งขาดโดยใช้ในโตรเจนเหลว จะทำให้คุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีลักษณะดีก็ตาม, แต่ในทางปฏิบัติอาจมีข้อจำกัดในด้านการผลิต เนื่องจากผลิตภัณฑ์ผักไทย โดยทั่วไปแล้วมีขนาดบรรจุ 300 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ซึ่งเมื่อบรรจุในบรรจุภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาไม่ต่ำกว่า 2-3 ซม., ความหนาดังกล่าวเป็นสาเหตุสำคัญสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อัตราการแช่เยือกแข็งเปลี่ยนแปลงไป. การใช้ในโตรเจนเหลวพ่นลงบนผลิตภัณฑ์โดยตรงจะใช้เวลานานมากในการทำให้ใจกลางผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิลดลงถึง -18°C . ส่งผลให้บริเวณผิวด้านนอกของผลิตภัณฑ์ได้รับความเย็นสูงเป็นเวลานาน ผลิตภัณฑ์ในส่วนที่อยู่บริเวณผิวด้านนอกจึงอาจเกิดความเสียหายได้, คุณภาพของผลิตภัณฑ์จึงไม่ดีเท่าที่ควร, ในขณะที่การแช่เยือกแข็งแบบแผ่นจะมีข้อจำกัดในด้านรูปร่างของผลิตภัณฑ์อยู่บ้าง. อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบการแช่เยือกแข็งทั้งจากวิธีการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่หนึ่งกับที่ ซึ่งเป็นการแช่เยือกแข็งแบบช้า, แบบแผ่น ซึ่งมีอัตราการแช่เยือกแข็งแบบเร็ว และแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน ซึ่งเป็นวิธีการแช่เยือกแข็งที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมภายในประเทศ.

3.3.1 การศึกษาผลของวิธีการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของผักไทยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา

ในการศึกษาผลของวิธีการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของผักไทยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา โดยพิจารณาจากการยอมรับของผู้บริโภค ได้ผลของวิธีการแช่เยือกแข็งเมื่อบรรจุในถุงพลาสติกชนิด LLDPE ในสภาวะปกติ, บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ในสภาวะปกติ, บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ในสภาวะสุญญากาศ และบรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PP ไม่

ปิดฝาแล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE อีกชั้นหนึ่งในสภาวะสุญญากาศ, ดังแสดงในตารางที่ 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ.

ตารางที่ 5. ผลของวิธีการแช่เยือกแข็งตัวอย่างผักไทยที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LLDPE ในสภาวะปกติ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C . เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)	วิธีการแช่เยือกแข็ง	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
0	แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน	6.57 ^a	6.79 ^a	6.28 ^a	6.42 ^a	6.49 ^a
	แบบแผ่น	6.70 ^a	6.84 ^a	6.64 ^b	6.58 ^a	6.64 ^a
	แบบอากาศเย็นอยู่นิ่งกับที่	6.66 ^a	6.66 ^a	6.35 ^{ab}	6.42 ^a	6.58 ^a
12	แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน	6.33 ^{ab}	6.45 ^{ab}	6.45 ^{ab}	6.46 ^a	6.39 ^{ab}
	แบบแผ่น	6.49 ^b	6.60 ^b	6.50 ^b	6.46 ^a	6.56 ^b
	แบบอากาศเย็นอยู่นิ่งกับที่	6.05 ^a	6.12 ^a	6.10 ^a	6.08 ^a	5.96 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอย่างผักไทยที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LLDPE ในสภาวะปกติ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20°C . เป็นระยะเวลา 0 เดือน พบว่าวิธีการแช่เยือกแข็งทั้ง 3 แบบไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันในด้านลักษณะปรากฏ, สี, รสชาติ และการยอมรับรวม. โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยก่อนไปทางชอบปานกลาง, ส่วนคุณสมบัติด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีการแช่เยือกแข็งแบบแผ่นมากที่สุด. แสดงว่าวิธีการแช่เยือกแข็งแบบแผ่นสามารถเก็บรักษากลิ่นของผลิตภัณฑ์หลังผ่านการแช่เยือกแข็งได้ดีกว่าวิธีการแช่เยือกแข็งแบบอื่น.

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่า การแช่เยือกแข็งแบบแผ่นทำให้ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมีคุณลักษณะแตกต่างจากการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่นิ่งกับที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน, ซึ่งผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบแผ่นในระดับสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีอื่น. ส่วนการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่นิ่งกับที่ได้รับการยอมรับน้อยที่สุดแต่ยังคงมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย.

ตารางที่ 6. ผลของวิธีการแช่เยือกแข็งตัวอย่างผักไทยที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ในสถานะปกติ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)	วิธีการแช่เยือกแข็ง	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
0	แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน	6.80 ^a	6.90 ^a	6.80 ^a	6.57 ^a	6.87 ^a
	แบบแผ่น	7.03 ^a	6.87 ^a	6.67 ^a	6.43 ^a	6.75 ^a
12	แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน	5.87 ^a	5.75 ^a	6.12 ^a	6.27 ^a	6.15 ^a
	แบบแผ่น	6.07 ^a	6.20 ^b	6.08 ^a	6.60 ^a	6.50 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ในการแช่เยือกแข็งตัวอย่างผักไทยที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ในสถานะปกติ พบว่าวิธีการแช่เยือกแข็งทั้ง 2 แบบ คือ แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน และแบบแผ่น ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคุณลักษณะทุกด้าน ทั้งที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน, ยกเว้นคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 12 เดือน ซึ่งการแช่เยือกแข็งแบบแผ่นได้รับการยอมรับสูงกว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งสองยังคงได้รับการยอมรับรวมอยู่ในระดับขอบเล็กน้อยแม้เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน.

ตารางที่ 7. ผลของวิธีการแช่เยือกแข็งตัวอย่างผักไทยที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ในสถานะสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)	วิธีการแช่เยือกแข็ง	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
0	แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน	6.50 ^a	6.55 ^a	6.43 ^a	6.52 ^a	6.52 ^a
	แบบแผ่น	6.10 ^b	6.23 ^a	6.43 ^a	5.87 ^b	6.03 ^b
12	แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน	5.50 ^a	5.57 ^a	6.05 ^a	6.20 ^a	5.93 ^a
	แบบแผ่น	5.83 ^a	6.03 ^b	5.85 ^a	6.17 ^a	6.15 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

หลังจากทำการแช่เยือกแข็งตัวอย่างตัดไทยที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ในสภาวะสุญญากาศแล้ว พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากการแช่เยือกแข็งทั้งสองแบบมีความแตกต่างกันในด้านลักษณะปรากฏ, รสชาติ และการยอมรับรวม โดยการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวนได้รับการยอมรับสูงกว่า แต่เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่าตัวอย่างทั้งสองไม่มีความแตกต่างในทุกด้านยกเว้นด้านสีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการแช่เยือกแข็งแบบแผ่นได้รับการยอมรับสูงกว่า.

ตารางที่ 8. ผลของวิธีการแช่เยือกแข็งตัวอย่างตัดไทยที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PP ไม่ปิดฝา แล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE อีกชั้นหนึ่ง ในสภาวะสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)	วิธีการแช่เยือกแข็ง	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
0	แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน	6.20 ^a	6.52 ^a	6.43 ^a	6.37 ^a	6.55 ^a
	แบบแผ่น	6.40 ^a	6.65 ^a	6.37 ^a	6.27 ^a	6.30 ^a
12	แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน	5.37 ^a	5.40 ^a	5.83 ^a	5.79 ^a	5.47 ^a
	แบบแผ่น	5.85 ^b	6.07 ^b	5.87 ^a	5.97 ^a	5.92 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ในการแช่เยือกแข็งตัวอย่างตัดไทยที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PP โดยไม่ปิดฝากล่องแล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE อีกชั้นหนึ่ง โดยบรรจุในสภาวะสุญญากาศก่อนทำการแช่เยือกแข็ง, พบว่า ผลลัพธ์ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแล้วเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 เดือน ไม่มีความแตกต่างกันในทุกด้าน แต่เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน คุณลักษณะในด้านลักษณะปรากฏ, สี และการยอมรับรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ, โดยที่วิธีการแช่เยือกแข็งแบบแผ่นยังคงได้รับการยอมรับสูงกว่า.

เมื่อพิจารณาถึงผลของวิธีการแช่เยือกแข็งที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ทั้งในการบรรจุถุงพลาสติกชนิด LLDPE ในสภาวะปกติ, บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ในสภาวะปกติ, บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ในสภาวะสุญญากาศ และบรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PP ไม่ปิดฝาแล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE อีกชั้นหนึ่งในสภาวะสุญญากาศแล้ว พบว่า การแช่เยือกแข็งแบบแผ่นเป็นวิธีการแช่เยือกแข็งที่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์มีลักษณะดีและเป็นที่ยอมรับ

ของผู้บริโภคมากที่สุด, เนื่องจากเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่นที่ใช้ในการทดลองนี้ มีอุณหภูมิของตัวกลางที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความเย็นต่ำกว่า -60°C . ในขณะที่เครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่ร่วมกับที่และแบบอากาศเย็นมีการหมุนวนมีอุณหภูมิของตัวกลางเป็น -20 และ -40°C . ตามลำดับ, ซึ่งอุณหภูมิของตัวกลางเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อัตราการแช่เยือกแข็งของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน. นอกจากนี้ การแช่เยือกแข็งแบบแผ่นจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนได้รวดเร็วกว่าการที่แผ่นโลหะทำความเย็นสัมผัสโดยตรงกับผลิตภัณฑ์, ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นภายในผลิตภัณฑ์จึงมีขนาดเล็กมากจนทำความเสียหายให้กับโครงสร้างของผลิตภัณฑ์น้อยมาก ในขณะที่การแช่เยือกแข็งอีก 2 แบบนั้นใช้อากาศเย็นเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนต่ำกว่าแผ่นโลหะเย็นที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งแบบแผ่น, อีกทั้งอากาศเย็นไม่ได้สัมผัสกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์อย่างทั่วถึงทั้งชิ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแช่เยือกแข็งด้วยอากาศเย็นมีคุณภาพไม่ดีเท่ากับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแช่เยือกแข็งแบบแผ่น.

3.3.2 การศึกษาผลของการบรรจุในสภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพของผักไทยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา

การบรรจุในสภาวะสุญญากาศเป็นการกำจัดออกซิเจนออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์หรือการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน. แม้ว่าโดยทั่วไปแล้วการบรรจุในสภาวะสุญญากาศจะมีส่วนช่วยลดอัตราการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์จากสาเหตุดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่โดยมากมักพบในผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแห้ง. ดังนั้นในการทดลองนี้จึงทำการศึกษาผลของการบรรจุในสภาวะสุญญากาศร่วมกับการแช่เยือกแข็งที่มีต่อคุณภาพของผักไทยแช่เยือกแข็ง, โดยบรรจุตัวอย่างผักไทยในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE แล้วปิดผนึกถุงด้วยเครื่องปิดผนึกสุญญากาศ เพื่อให้สภาวะการบรรจุเป็นแบบสุญญากาศ. ส่วนการบรรจุในสภาวะที่ไม่เป็นสุญญากาศหรือสภาวะปกติ นั้น จะใช้เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อนทำการปิดผนึกถุง โดยทำการปิดผนึก 2 แนว เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการปิดผนึก, ซึ่งได้ทำการแช่เยือกแข็งทั้งวิธีการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวนและการแช่เยือกแข็งแบบแผ่น, โดยพิจารณาผลิตภัณฑ์หลังผ่านการแช่เยือกแข็งแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20°C . เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือนได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9 และ 10 ตามลำดับ.

ตารางที่ 9. ผลของการบรรจุตัวอย่างผักไทยในสถานะสุญญากาศ เมื่อบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 0 เดือน

วิธีการแช่เยือกแข็ง	สถานะ	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
แบบอากาศเย็น	สุญญากาศ	6.50 ^a	6.55 ^a	6.43 ^a	6.52 ^a	6.52 ^a
มีการหมุนวน	ไม่เป็นสุญญากาศ	6.80 ^a	6.90 ^a	6.80 ^b	6.57 ^a	6.87 ^a
แบบแผ่น	สุญญากาศ	6.10 ^a	6.23 ^a	6.43 ^a	5.87 ^a	6.03 ^a
	ไม่เป็นสุญญากาศ	7.03 ^b	6.87 ^b	6.67 ^a	6.43 ^b	6.75 ^b

หมายเหตุ: ตัวอักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ในการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน พบว่า การบรรจุผลิตภัณฑ์ในสถานะสุญญากาศไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะปรากฏ, สี, รสชาติ และการยอมรับรวม. ในขณะที่การแช่เยือกแข็งแบบแผ่น พบว่า การบรรจุในสถานะสุญญากาศมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้บรรจุในสถานะสุญญากาศ, โดยที่การบรรจุในสถานะปกติหรือสถานะที่ไม่เป็นสุญญากาศนั้น ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่า. ในการผลิตผลิตภัณฑ์ผักไทยแช่เยือกแข็งจึงไม่ควรทำการบรรจุแบบสุญญากาศ เนื่องจากการแช่เยือกแข็งเพียงอย่างเดียวเป็นวิธีการที่เพียงพอในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์, อีกทั้งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีกว่าการบรรจุในสถานะสุญญากาศ, ซึ่งสาเหตุหนึ่งอาจมาจากขั้นตอนในการดึงออกซิเจนออกจากบรรจุภัณฑ์ เป็นผลให้น้ำบางส่วนที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ถูกดึงออกไปด้วย ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์จึงผิ่เย็นไปจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค.

ตารางที่ 10. ผลของการบรรจุตัวอย่างผักไทยในสถานะสุญญากาศ เมื่อบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 12 เดือน

วิธีการแช่เยือกแข็ง	สถานะการบรรจุ	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
แบบอากาศเย็น	สุญญากาศ	5.50 ^a	5.57 ^a	6.05 ^a	6.20 ^a	5.93 ^a
มีการหมุนวน	ไม่เป็นสุญญากาศ	5.87 ^a	5.75 ^a	6.12 ^a	6.27 ^a	6.15 ^a
แบบแผ่น	สุญญากาศ	5.83 ^a	6.03 ^a	5.85 ^a	6.17 ^a	6.15 ^a
	ไม่เป็นสุญญากาศ	6.07 ^a	6.20 ^a	6.08 ^a	6.60 ^a	6.50 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผักไทยแช่เยือกแข็งไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือนแล้วพบว่า การบรรจุผลิตภัณฑ์ในสถานะสุญญากาศไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในทุกๆ ด้าน ทั้งในการ แช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวนและการแช่เยือกแข็งแบบแผ่น, อย่างไรก็ตาม การบรรจุ ในสถานะปกติจะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าและยังให้ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่สูงกว่าด้วย.

3.3.3 การศึกษาผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพของผักไทยแช่เยือกแข็งในระหว่างการ เก็บรักษา

นอกจากวิธีการแช่เยือกแข็งและสถานะการบรรจุจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผักไทย แช่เยือกแข็งแล้ว, ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ก็มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยเช่นกัน, เนื่องจาก วัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ต่างๆ นั้นย่อมมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือก แข็งนั้น บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต้องสามารถทนอุณหภูมิต่ำได้ถึง -20°C . และในบางครั้งยังต้องทนอุณหภูมิ สูงได้ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้อุ่นในเตาไมโครเวฟ. นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงคุณสมบัติสำคัญ อื่นๆ นอกเหนือไปจากรูปลักษณะภายนอกที่จะช่วยดึงดูดใจให้ผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์แล้ว นั่นคือ ต้องสามารถป้องกันการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์, ป้องกันการสูญเสยกลิ่น และป้องกันความ เสียหายในขั้นตอนต่างๆ จนกว่าจะถึงมือผู้บริโภค. ในการทดลองนี้จึงได้ทำการศึกษาผลของชนิด ของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของผักไทยแช่เยือกแข็ง โดยศึกษาบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิด LLDPE, ถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE และถ้วยพลาสติกชนิด PP ในสถานะการ บรรจุแบบไม่เป็นสุญญากาศ และได้ทำการทดลองแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ทั้งในเครื่องแช่เยือกแข็ง แบบอากาศเย็นมีการหมุนวนและเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น. พิจารณาผลิตภัณฑ์หลังผ่านการแช่ เยือกแข็งแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20°C . เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน ได้ผลดังแสดงในตาราง ที่ 11 และ 12 ตามลำดับ.

ตารางที่ 11. ผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ เมื่อบรรจุในสภาวะปกติ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 0 เดือน

วิธีการแช่เยือกแข็ง	ชนิดของบรรจุภัณฑ์	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
แบบอากาศเย็น	ถุง LLDPE	6.57 ^a	6.79 ^a	6.28 ^a	6.42 ^a	6.49 ^a
มีการหมุนวน	ถุง Nylon/PE	6.80 ^a	6.90 ^b	6.80 ^a	6.57 ^a	6.87 ^a
	ถ้วย PP	6.63 ^a	6.62 ^a	6.42 ^a	6.50 ^a	6.51 ^a
แบบแผ่น	ถุง LLDPE	6.70 ^a	6.84 ^a	6.64 ^a	6.58 ^a	6.64 ^a
	ถุง Nylon/PE	7.03 ^a	6.87 ^a	6.67 ^a	6.43 ^a	6.75 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ในการแช่เยือกแข็งแบบแผ่น มีข้อจำกัดด้านรูปร่างของผลิตภัณฑ์ จึงไม่สามารถทำการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถ้วยพลาสติกชนิด PP ได้ และผลจากการแช่เยือกแข็งในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกัน 2 ชนิดคือ ถุง LLDPE และ ถุง Nylon/PE, ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 0 เดือน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95. อย่างไรก็ตาม จากการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวนพบว่า การบรรจุผลิตภัณฑ์ในถ้วยพลาสติกชนิด PP ให้ผลไม่แตกต่างกันกับการบรรจุในถุง LLDPE ในทุกด้านของการประเมิน, คุณภาพทางประสาทสัมผัส และมีความแตกต่างกับการบรรจุในถุง Nylon/PE ในคุณลักษณะด้านสีเพียงอย่างเดียวเท่านั้น.

ตารางที่ 12. ผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ เมื่อบรรจุในสภาวะปกติ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 12 เดือน

วิธีการแช่เยือกแข็ง	ชนิดของบรรจุภัณฑ์	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
แบบอากาศเย็น	ถุง LLDPE	6.33 ^a	6.45 ^a	6.45 ^a	6.46 ^a	6.39 ^a
มีการหมุนวน	ถุง Nylon/PE	5.87 ^b	5.75 ^b	6.12 ^a	6.27 ^a	6.15 ^a
	ถ้วย PP	6.32 ^a	6.38 ^a	6.32 ^a	6.61 ^a	6.35 ^a
แบบแผ่น	ถุง LLDPE	6.49 ^a	6.60 ^a	6.50 ^a	6.46 ^a	6.56 ^a
	ถุง Nylon/PE	6.07 ^b	6.20 ^a	6.08 ^b	6.60 ^a	6.50 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ ไม่ทำให้คุณลักษณะด้านรสชาติ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันในวิธีการแช่เยือกแข็งทั้งสองแบบ โดยการบรรจุในถ้วยพลาสติกชนิด PP ให้ผลด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกับการบรรจุในถุงพลาสติกชนิด LLDPE (ในการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน) และการบรรจุในถุง LLDPE นี้ให้ผลการยอมรับมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง Nylon/PE. ดังนั้นในการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง อาจใช้ถุงพลาสติกชนิด LLDPE หรือถ้วยพลาสติกชนิด PP ก็ได้ แต่โดยทั่วไปแล้วจะนิยมใช้ถ้วยพลาสติกชนิด PP มากกว่า, เนื่องจากมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นสูง อีกทั้งยังสามารถทนอุณหภูมิสูงได้ จึงใช้อุ่นในเตาไมโครเวฟได้, ในขณะที่ถุงพลาสติกชนิด LLDPE จะต้องนำผลิตภัณฑ์ออกมาใส่ในภาชนะอื่นก่อนนำไปอุ่นในเตาไมโครเวฟ.

3.3.4 การศึกษาผลของจำนวนชั้นของการบรรจุต่อคุณภาพของผักไทยแช่เยือกแข็งในระหว่าง

การเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาถึงบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง นอกจากจะคำนึงถึงชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้ว จำนวนชั้นของบรรจุภัณฑ์ก็อาจมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยเช่นกัน. ได้ทำการศึกษาผลของจำนวนชั้นของการบรรจุที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผักไทยแช่เยือกแข็ง 2 ระดับคือ การบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE (บรรจุภัณฑ์ชั้นเดียว) และการบรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PP แบบไม่ปิดฝา แล้วจึงบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE อีกชั้นหนึ่ง (บรรจุภัณฑ์สองชั้น) โดยใช้สภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ, ทำการทดลองแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ทั้งในเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวนและเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์หลังผ่านการแช่เยือกแข็งแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือนได้ผลดังแสดงในตารางที่ 13 และ 14 ตามลำดับ.

ตารางที่ 13. ผลของจำนวนชั้นของการบรรจุ เมื่อบรรจุในสภาวะสุญญากาศ และเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 0 เดือน

วิธีการแช่เยือกแข็ง	จำนวนชั้น ของการบรรจุ	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
แบบอากาศเย็น มีการหมุนวน	บรรจุภัณฑ์ชั้นเดียว	6.50 ^a	6.55 ^a	6.43 ^a	6.52 ^a	6.52 ^a
	บรรจุภัณฑ์สองชั้น	6.20 ^a	6.52 ^a	6.43 ^a	6.37 ^a	6.55 ^a
แบบแผ่น	บรรจุภัณฑ์ชั้นเดียว	6.10 ^a	6.23 ^a	6.43 ^a	5.87 ^a	6.03 ^a
	บรรจุภัณฑ์สองชั้น	6.40 ^a	6.65 ^a	6.37 ^a	6.27 ^a	6.30 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากตารางที่ 13 พบว่า การแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชั้นเดียวไม่ทำให้คุณภาพของตัวอย่างผักไทยแช่เยือกแข็งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการบรรจุในบรรจุภัณฑ์สองชั้นในทุกด้านของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส, ทั้งในการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวนและการแช่เยือกแข็งแบบแผ่น เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 0 เดือน.

ตารางที่ 14. ผลของจำนวนชั้นของการบรรจุ เมื่อบรรจุในสภาวะสุญญากาศ และเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 12 เดือน

วิธีการแช่เยือกแข็ง	จำนวนชั้น ของการบรรจุ	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
แบบอากาศเย็น มีการหมุนวน	บรรจุภัณฑ์ชั้นเดียว	5.50 ^a	5.57 ^a	6.05 ^a	6.20 ^a	5.93 ^a
	บรรจุภัณฑ์สองชั้น	5.37 ^a	5.40 ^a	5.83 ^a	5.79 ^a	5.47 ^b
แบบแผ่น	บรรจุภัณฑ์ชั้นเดียว	5.83 ^a	6.03 ^a	5.85 ^a	6.17 ^a	6.15 ^a
	บรรจุภัณฑ์สองชั้น	5.85 ^a	6.07 ^a	5.87 ^a	5.97 ^a	5.92 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

หลังจากเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่า การบรรจุโดยใช้บรรจุภัณฑ์สองชั้นไม่ช่วยให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีไปกว่าการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชั้นเดียว. แม้จะไม่มี ความแตกต่างกันในทางสถิติสำหรับการแช่เยือกแข็งแบบแผ่น แต่ในการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวนนั้น พบว่า มีความแตกต่างในคุณลักษณะด้านการยอมรับรวม. การบรรจุในบรรจุภัณฑ์

ชั้นเดียวให้ผลการยอมรับสูงกว่าเพียงเล็กน้อย. ดังนั้น ในการผลิตเพื่อจำหน่าย การบรรจุผลิตภัณฑ์
 ในบรรจุภัณฑ์ชั้นเดียวจะให้ผลคุ้มค่ากว่าทั้งในแง่ของคุณภาพและการประหยัดต้นทุน, แต่หากจะ
 ใช้บรรจุภัณฑ์สองชั้นเพื่อช่วยในด้านการส่งเสริมรูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น ก็
 สามารถทำได้เช่นกัน.

เมื่อพิจารณาคุณภาพของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผัดไทยแช่เยือกแข็งในแต่ละสภาวะที่ทำการ
 ทดลอง โดยพิจารณาความแตกต่างของคุณภาพหลังการแช่เยือกแข็ง (0 เดือน) กับคุณภาพของ
 ผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน, พบว่า ในการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีการแช่เยือกแข็ง
 แบบแผ่น ผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน มีคุณลักษณะด้านการยอมรับรวมไม่แตกต่าง
 กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 กับผลิตภัณฑ์หลังผ่านการแช่เยือกแข็งที่
 ระยะเวลา 0 เดือน ไม่ว่าจะบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดใดก็ตาม. ส่วนการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีการแช่
 เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน พบว่า การเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 12 เดือน ทำให้
 ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างจากการเก็บเป็นระยะ 0 เดือน โดยเฉพาะในด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น
 และการยอมรับรวม เมื่อบรรจุในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด Nylon/PE ทั้งที่บรรจุในสภาวะปกติและ
 สภาวะสุญญากาศ. ในขณะที่การแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่ร่วมกับที่ให้ผลด้านสี, รสชาติ และ
 การยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่เก็บ
 รักษาไว้เป็นระยะเวลา 0 เดือน ผลดังกล่าวแสดงในตารางที่ 15.

ตารางที่ 15. อายุการเก็บของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผัดไทยแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาในแต่ละสภาวะ
 การบรรจุและวิธีการแช่เยือกแข็ง

การบรรจุ/วิธีการแช่เยือกแข็ง	ระยะเวลา (เดือน)	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
ถุง LLDPE ในสภาวะปกติ / แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน	0	6.57 ^a	6.79 ^a	6.28 ^a	6.42 ^a	6.49 ^a
	12	6.33 ^a	6.45 ^a	6.45 ^a	6.46 ^a	6.39 ^a
ถุง LLDPE ในสภาวะปกติ / แบบแผ่น	0	6.70 ^a	6.84 ^a	6.64 ^a	6.58 ^a	6.64 ^a
	12	6.49 ^a	6.60 ^a	6.50 ^a	6.46 ^a	6.56 ^a
ถุง LLDPE ในสภาวะปกติ / แบบอากาศเย็นอยู่ร่วมกับที่	0	6.66 ^a	6.66 ^a	6.35 ^a	6.42 ^a	6.58 ^a
	12	6.05 ^b	6.12 ^b	6.10 ^a	6.08 ^a	5.96 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 15. (ต่อ)

การบรรจุ/วิธีการแช่เยือกแข็ง	ระยะเวลา (เดือน)	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
ถุง Nylon/PE ในสภาวะปกติ / แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน	0	6.80 ^a	6.90 ^a	6.80 ^a	6.57 ^a	6.87 ^a
	12	5.87 ^b	5.75 ^b	6.12 ^b	6.27 ^a	6.15 ^b
ถุง Nylon/PE ในสภาวะปกติ / แบบแผ่น	0	7.03 ^a	6.87 ^a	6.67 ^a	6.43 ^a	6.75 ^a
	12	6.07 ^b	6.20 ^b	6.08 ^b	6.60 ^a	6.50 ^a
ถ้วย PP ในสภาวะปกติ / แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน	0	6.63 ^a	6.62 ^a	6.42 ^a	6.50 ^a	6.51 ^a
	12	6.32 ^a	6.38 ^a	6.32 ^a	6.61 ^a	6.35 ^a
ถุง Nylon/PE ในสภาวะสุญญากาศ / แบบอากาศเย็นมีการหมุนวน	0	6.50 ^a	6.55 ^a	6.43 ^a	6.52 ^a	6.52 ^a
	12	5.50 ^b	5.57 ^b	6.05 ^b	6.20 ^a	5.93 ^b
ถุง Nylon/PE ในสภาวะสุญญากาศ / แบบแผ่น	0	6.10 ^a	6.23 ^a	6.43 ^a	5.87 ^a	6.03 ^a
	12	5.83 ^a	6.03 ^a	5.85 ^b	6.17 ^a	6.15 ^a
กล่อง PP + ถุง Nylon/PE ในสภาวะ สุญญากาศ / แบบอากาศเย็นมีการ หมุนวน	0	6.20 ^a	6.52 ^a	6.43 ^a	6.37 ^a	6.55 ^a
	12	5.37 ^b	5.40 ^b	5.83 ^b	5.79 ^b	5.47 ^b
กล่อง PP + ถุง Nylon/PE ใน สภาวะสุญญากาศ / แบบแผ่น	0	6.40 ^a	6.65 ^a	6.37 ^a	6.27 ^a	6.30 ^a
	12	5.85 ^b	6.07 ^b	5.87 ^b	5.97 ^a	5.92 ^a

3.3.5 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ผักไทยแช่เยือกแข็ง

จากการศึกษากรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ผักไทยแช่เยือกแข็งที่ผ่านมา พบว่า ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาไว้ในสภาวะแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 °ซ. ได้เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี, โดยยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในระดับขอบเล็กน้อย และเมื่อตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของตัวอย่างผักไทยแช่เยือกแข็งในทุกสภาวะที่ทำการทดลองแล้ว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 16.

ตารางที่ 16. คุณภาพทางจุลินทรีย์ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผ้าไทยแช่เยือกแข็งในทุกสภาวะการทดลอง เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน

ตัวอย่างผ้าไทย	ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์			
	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/1 กรัม)	ยีสต์ & รา (CFU/1กรัม)	<i>E. coli</i> (MPN/1 กรัม)	<i>S. aureus</i> (MPN/1 กรัม)
ก่อนการแช่เยือกแข็ง	1.1×10^4	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
บรรจุในถุง LLDPE ในสภาวะปกติแล้วแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน				
- 0 เดือน	1.2×10^5	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	3.6
- 12 เดือน	1.7×10^3	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
บรรจุในถุง LLDPE ในสภาวะปกติแล้วแช่เยือกแข็งแบบแผ่น				
- 0 เดือน	4.0×10^4	ตรวจไม่พบ	3.6	ตรวจไม่พบ
- 12 เดือน	3.1×10^3	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
บรรจุในถุง LLDPE ในสภาวะปกติแล้วแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่นิ่งกับที่				
- 0 เดือน	1.1×10^6	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
- 12 เดือน	4.5×10^2	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
บรรจุในถุง Nylon/PE ในสภาวะปกติแล้วแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน				
- 0 เดือน	2.0×10^3	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
- 12 เดือน	1.6×10^3	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
บรรจุในถุง Nylon/PE ในสภาวะปกติแล้วแช่เยือกแข็งแบบแผ่น				
- 0 เดือน	1.6×10^4	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
- 12 เดือน	2.0×10^3	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
บรรจุในถ้วย PP ในสภาวะปกติแล้วแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน				
- 0 เดือน	1.4×10^4	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
- 12 เดือน	4.4×10^3	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 16. (ต่อ)

ตัวอย่างผัดไทย	ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์			
	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/1 กรัม)	ยีสต์ & รา (CFU/1กรัม)	<i>E. coli</i> (MPN/1 กรัม)	<i>S. aureus</i> (MPN/1 กรัม)
บรรจุในถุง Nylon/PE ในสภาวะ สุญญากาศ แล้วแช่เยือกแข็งแบบ อากาศเย็นมีการหมนวน				
- 0 เดือน	2.4 x 10 ⁵	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
- 12 เดือน	2.6 x 10 ⁵	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
บรรจุในถุง Nylon/PE ในสภาวะ สุญญากาศ แล้วแช่เยือกแข็งแบบแผ่น				
- 0 เดือน	5.6 x 10 ⁴	~ 45	ตรวจไม่พบ	80
- 12 เดือน	3.5 x 10 ⁴	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
บรรจุในกล่อง PP (ไม่ปิดฝา) แล้วบรรจุ ในถุง Nylon/PE อีกชั้นหนึ่ง ในสภาวะ สุญญากาศ แล้วแช่เยือกแข็งแบบอากาศ เย็นมีการหมนวน				
- 0 เดือน	2.2 x 10 ⁴	~ 60	9.2	~ 20
- 12 เดือน	2.2 x 10 ⁴	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
บรรจุในกล่อง PP (ไม่ปิดฝา) แล้วบรรจุ ในถุง Nylon/PE อีกชั้นหนึ่ง ในสภาวะ สุญญากาศ แล้วแช่เยือกแข็งแบบแผ่น				
- 0 เดือน	4.5 x 10 ⁵	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
- 12 เดือน	1.4 x 10 ⁴	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ

จากตารางที่ 16 แสดงให้เห็นว่าในระหว่างกระบวนการผลิต เชื้อจุลินทรีย์มีโอกาสที่จะเพิ่มจำนวนขึ้นได้, สังเกตได้จากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในเกือบทุกสภาวะของการแช่เยือกแข็งมีจำนวนมากกว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของตัวอย่างผัดไทยก่อนการแช่เยือกแข็ง. เนื่องจากขั้นตอนและระยะเวลาที่ใช้ในระหว่างการบรรจุ, รวมถึงระยะเวลาในการแช่เยือกแข็งก่อนที่น้ำในผลิตภัณฑ์จะลดอุณหภูมิลงและเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งทั้งหมด, จุลินทรีย์ยังสามารถเจริญเติบโตและมีชีวิตอยู่ภายในผลิตภัณฑ์ได้, หากระยะเวลาในช่วงดังกล่าวนานขึ้นย่อมทำให้โอกาสในการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์มีเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ

-20 °ซ. เป็นระยะเวลา 12 เดือน, พบว่า ตรวจไม่พบยีสต์และรา, *E. coli* และ *S. aureus* ในทุกตัวอย่างที่ทำการทดลอง. นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์มีจำนวนลดลงกว่าปริมาณเชื้อในระหว่างการเก็บเริ่มต้นอีกด้วย กระบวนการแช่เยือกแข็งจึงสามารถลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้, ในขณะที่เดียวกันก็มีผลทำให้จุลินทรีย์สูญเสียการมีชีวิตไปอย่างช้าๆ. แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าในการแช่เยือกแข็งที่ใช้การบรรจุในสภาวะสุญญากาศ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน มีจำนวนไม่แตกต่างกันกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 0 เดือน และเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของตัวอย่างผัดไทยแช่เยือกแข็งที่สภาวะต่างๆ กับข้อกำหนดทางจุลชีววิทยาของอาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2546) ซึ่งกำหนดไว้ว่าปริมาณเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ต้องมีค่าน้อยกว่า 3 และน้อยกว่า 50 MPN/1 กรัม ตามลำดับ, พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในทุกตัวอย่างยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน. ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ผัดไทยแช่เยือกแข็งที่ได้จากการทดลองนี้ สามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ. ได้เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 12 เดือน โดยไม่มีการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์.



เส้นก๋วยเตี๋ยวผสมน้ำซอสปรุงรสผัดไทย

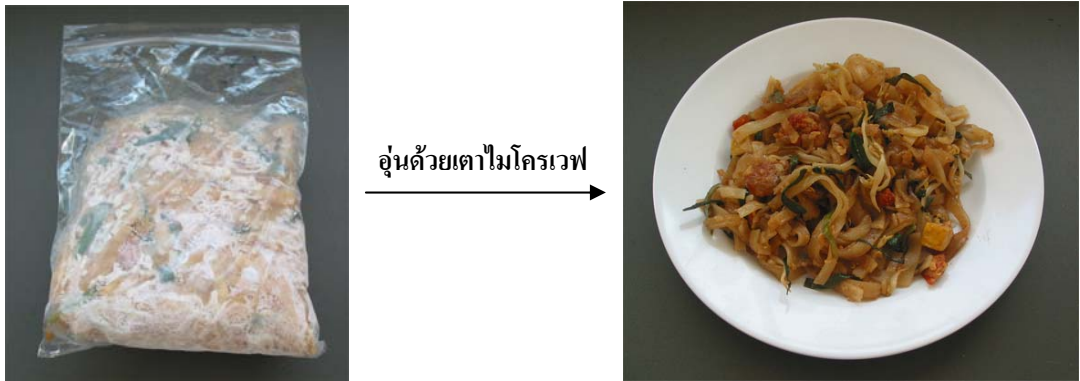


ส่วนผสมเครื่องผัดไทย

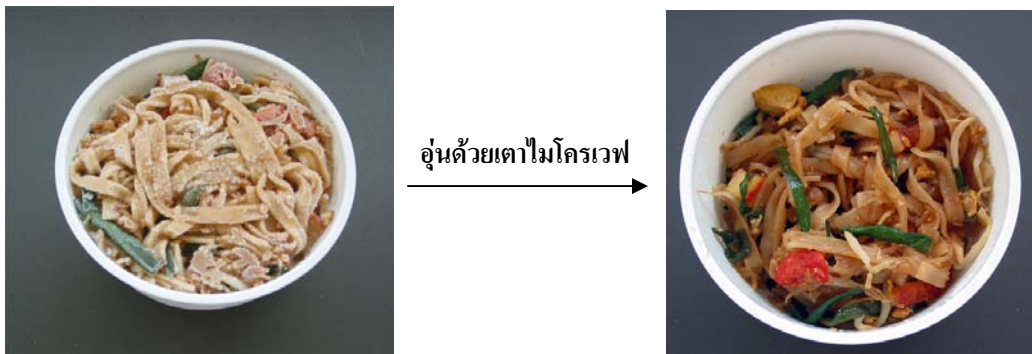


ตัวอย่างผัดไทยก่อนการแช่เยือกแข็ง

รูปที่ 10. ตัวอย่างผัดไทยก่อนแช่เยือกแข็ง.



a) แซ่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่นิ่งกับที่



b) แซ่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวน



c) แซ่เยือกแข็งแบบแผ่น

รูปที่ 11. ตัวอย่างผักไทยแซ่เยือกแข็ง.

3.4 ศึกษากระบวนการผลิตขนมไทยแช่เยือกแข็ง

จากการศึกษากระบวนการผลิตขนมไทยแช่เยือกแข็งที่มีส่วนผสมของแป้งข้าว ได้แก่ ขนมเปียกปูนและขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพ, ได้พัฒนาสูตรและวิธีการผลิตที่เหมาะสม รวมถึงการศึกษาผลการยอมรับของผู้บริโภค มีผลการทดลองดังต่อไปนี้.

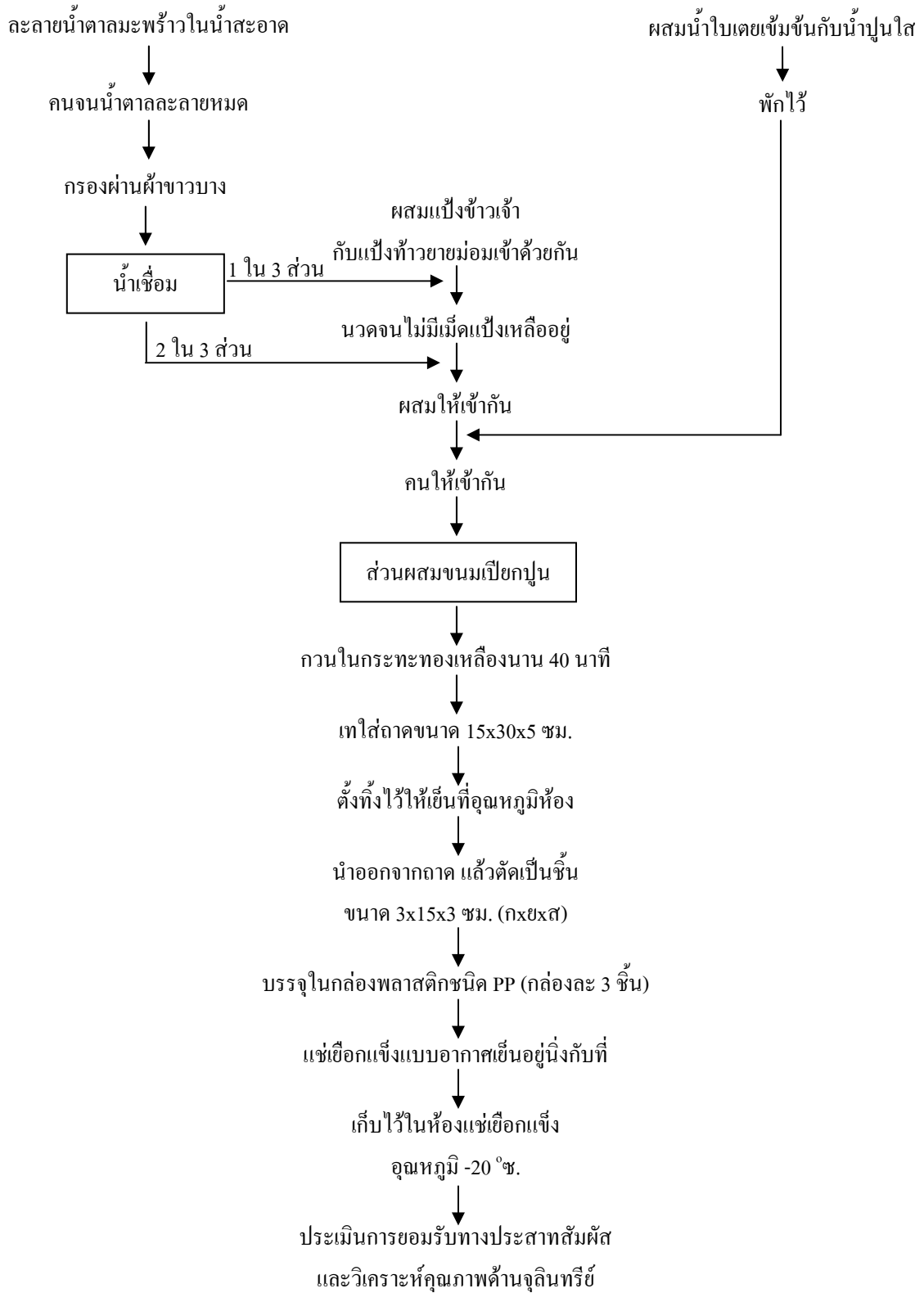
3.4.1 พัฒนาสูตรและวิธีการผลิตขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง

จากสูตรพื้นฐานในการผลิตขนมเปียกปูน เมื่อปรับปรุงส่วนผสมต่างๆ และขั้นตอนการผลิตจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้ว ได้สูตรและวิธีการผลิตที่เหมาะสมดังนี้.

แป้งข้าวเจ้า	300	กรัม	คิดเป็น	9.5 %
แป้งท้าวยายม่อม	9	กรัม	คิดเป็น	0.3 %
น้ำตาลมะพร้าว	510	กรัม	คิดเป็น	16.2 %
น้ำปูนใส	1,500	กรัม	คิดเป็น	47.7 %
น้ำคั้นใบเตยเข้มข้น	150	กรัม	คิดเป็น	4.8 %
น้ำสะอาด	675	กรัม	คิดเป็น	21.5 %
มะพร้าวทึนทึกขูดฝอย				
เกลือป่น				

วิธีการผลิตขนมเปียกปูนทำได้โดยผสมแป้งข้าวเจ้าและแป้งท้าวยายม่อมเข้าด้วยกัน, จากนั้นละลายน้ำตาลมะพร้าวลงในน้ำสะอาด คนจนน้ำตาลละลายหมด แล้วกรองผ่านผ้าขาวบาง, เทน้ำเชื่อมที่ได้ประมาณ 1 ใน 3 ส่วนลงนวดกับแป้งจนไม่มีเม็ดแป้งเหลืออยู่ แล้วจึงเติมน้ำเชื่อมส่วนที่เหลือผสมให้เข้ากัน, นำน้ำใบเตยเข้มข้นกับน้ำปูนใสที่ผสมเข้าด้วยกันแล้วพักไว้มาผสมลงในส่วนผสมทั้งหมด, เทส่วนผสมทั้งหมดที่เตรียมไว้ลงในกระทะทองเหลือง, ใช้ไฟแรงในการกวนส่วนผสมจนกระทั่งส่วนผสมเดือดหรือเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นเจลจึงหรี่ไฟลงในระดับปานกลาง, กวนส่วนผสมต่อจนมีความหนืดพอสมควร ซึ่งใช้เวลาในการกวนทั้งสิ้นประมาณ 40 นาที จึงเทขนมที่ได้ลงในถาดขนาด 15x30x3 ซม., ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วจึงนำขนมเปียกปูนที่ได้ออกจากถาด, ตัดเป็นชิ้นขนาด 3x3x3 ซม. โรยหน้าขนมเปียกปูนด้วยมะพร้าวขูดฝอยผสมเกลือที่ผ่านการนึ่งนาน 10 นาที.

ในการผลิตอาหารแช่เยือกแข็งนั้น ขนาดและรูปร่างของวัตถุดิบที่จะนำไปแช่เยือกแข็งมีผลต่ออัตราการแช่เยือกแข็ง รวมถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย. ดังนั้นเพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบก่อนการแช่เยือกแข็งให้มีความสม่ำเสมอ จึงต้องมีการควบคุมขั้นตอนการผลิตขนมเปียกปูนที่ดีด้วย. รูปที่ 12 แสดงขั้นตอนในการผลิตขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งที่ใช้ในการทดลองนี้.



รูปที่ 12. ขั้นตอนการผลิตขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง.

ก่อนทำการประเมินทางประสาทสัมผัส นำขนมเป็ยกปุ่นแช่เยือกแข็งมาอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟทั้งภาชนะบรรจุ โดยใช้กำลังไฟแรง นาน 1-2 นาที, จากนั้นจึงนำมาตัดเป็นชิ้นขนาด 3x3x3 ซม. ได้ขนมเป็ยกปุ่นซึ่งมีน้ำหนักโดยเฉลี่ยชิ้นละ 12.5 กรัม.

ในการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมเป็ยกปุ่นแช่เยือกแข็งตามขั้นตอนการผลิตข้างต้น โดยพิจารณาจากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคจำนวน 30 คน ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมเป็ยกปุ่นแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลาต่าง ๆ นาน 12 เดือน แสดงในตารางที่ 17.

ตารางที่ 17. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมเป็ยกปุ่นแช่เยือกแข็งเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
0	6.63 ^{ab}	6.73 ^a	6.73 ^{abc}	6.77 ^a	6.47 ^a	6.60 ^a
1	6.82 ^b	6.54 ^{abc}	6.80 ^{ab}	6.77 ^a	6.69 ^a	6.69 ^a
2	6.49 ^{ab}	6.66 ^{ab}	6.81 ^{ab}	7.01 ^c	6.50 ^a	6.70 ^a
4	6.67 ^{ab}	6.57 ^{abc}	6.86 ^a	6.67 ^a	6.63 ^a	6.80 ^a
6	6.35 ^{ac}	6.26 ^{bcd}	6.55 ^{cd}	6.47 ^b	6.57 ^a	6.61 ^a
8	6.52 ^{ab}	6.27 ^{bcd}	6.46 ^d	6.81 ^a	6.53 ^a	6.75 ^a
10	6.40 ^a	6.18 ^{cd}	6.55 ^{cd}	6.66 ^a	6.35 ^{ab}	6.67 ^a
12	6.00 ^c	5.98 ^d	6.58 ^{bcd}	6.65 ^a	6.02 ^b	6.35 ^b

หมายเหตุ: ตัวอักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่า คุณลักษณะในด้านกลิ่น และรสชาติของตัวอย่างขนมเป็ยกปุ่นแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน ไม่มีความแตกต่างกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 0 เดือน, โดยผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับอยู่ในระดับขอบเล็กน้อยก่อนไปทางขอบปานกลาง. แสดงว่า แม้การแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นอยู่นิ่งกับที่จะเป็นการแช่เยือกแข็งแบบช้า, แต่ยังคงรักษากลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์ไว้ได้เป็นอย่างดี.

คุณลักษณะในด้านลักษณะปรากฏ, เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน, มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ

95 กับผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งที่ 0 เดือน แต่ยังคงได้รับการยอมรับอยู่ในระดับขอบเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาตัวอย่างขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 10 เดือน พบว่า ไม่มี ความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 0 เดือน.

สีของผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 6 เดือนจะเริ่มมีความแตกต่างกับสีของผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 0 เดือน โดยมีคะแนนความชอบลดลงจากระดับขอบเล็กน้อยจนถึงระดับที่บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 12 เดือน. เนื่องจากการทดลองนี้ใช้สีจากธรรมชาติซึ่งมีความคงตัวอยู่น้อย และเสื่อมสภาพได้ง่าย เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ, อีกทั้งยังไม่สามารถควบคุมสีของผลิตภัณฑ์เริ่มต้นได้ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตที่ใช้ความร้อน. อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งนี้ยังคงรักษาคุณภาพด้านสีไว้ได้เป็นเวลาอย่างน้อย 4 เดือนหลังการแช่เยือกแข็ง และหากต้องการให้สีของผลิตภัณฑ์มีความคงทนเพื่อประโยชน์ในด้านการตลาด อาจใช้สีผสมอาหารปริมาณน้อยช่วยเสริมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านนี้ได้.

แม้ว่าขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งจะสามารถเก็บรักษาได้นาน 10 เดือนจนผลิตภัณฑ์มีการยอมรับโดยรวมแตกต่างจากผลิตภัณฑ์เริ่มต้น แต่จากการตรวจคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน, พบว่า ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ดังกล่าวตรวจไม่พบยีสต์และรา, *E. coli* และ *S. aureus* และตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในปริมาณ 1.5×10^3 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง จึงสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งได้นานถึง 12 เดือน โดยไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์.



รูปที่ 13. ตัวอย่างขนมเปียกปูน.

3.4.2 พัฒนาสูตรและวิธีการผลิตขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็ง

ในการพัฒนาสูตรขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคนั้น ได้ทดลองผลิตขนมบัวลอยซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนกลมและมีไส้อยู่ภายในคล้ายบัวลอยน้ำจิง, โดยในการทดลองนี้ได้ทำการศึกษาไส้ขนมบัวลอย 2 ชนิดคือ ไส้ถั่วแดงและไส้ถั่วเขียว และปรับเปลี่ยนส่วนน้ำเป็นน้ำเก็กฮวยและนมสด เพื่อให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับน้ำจิง (ในขนมบัวลอยน้ำจิง) และน้ำกะทิ (ในขนมบัวลอยทั่วไปที่มีขายในท้องตลาด) ตามลำดับ.

ขั้นตอนในการผลิตขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพเป็นดังนี้.

- การเตรียมส่วนผสมต่างๆ

การเตรียมแป้ง ทำได้โดยนวดแป้งข้าวเหนียวกับน้ำซึ่งผสมสีตามต้องการ (ในการทดลองนี้ใช้สีผสมอาหารสีเขียวผสมลงไปเล็กน้อย เนื่องจากผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด).

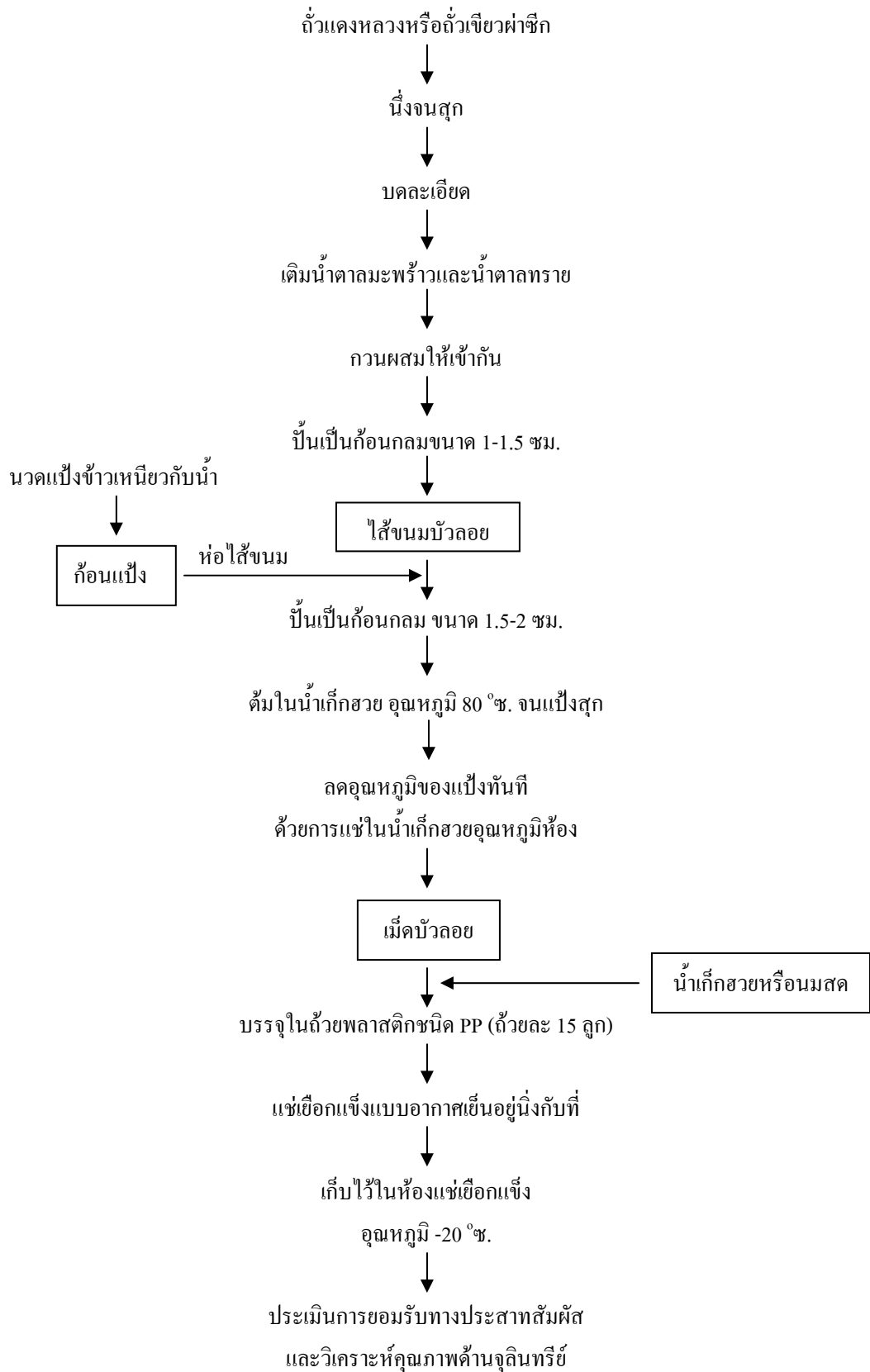
การเตรียมไส้ นึ่งถั่วแดงหลวงหรือถั่วเขียวผ่าซีก (1 กก.) จนสุก นำมาบดให้ละเอียด (1.4 กก.), จากนั้นจึงกวนผสมน้ำตาลมะพร้าว (205 กรัม) และน้ำตาลทราย (150 กรัม), ปั้นส่วนผสมที่ได้เป็นก้อนกลม น้ำหนักประมาณก้อนละ 4-5 กรัม หรือมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-1.5 ซม. ส่วนไส้ที่ได้ี้มีความชื้นประมาณ ร้อยละ 46.95.

การเตรียมน้ำ น้ำเก็กฮวย : ต้มดอกเก็กฮวยในน้ำเดือดจนได้กลิ่นหอม, จากนั้นจึงเติมน้ำตาลทรายและปรับให้ได้ 15 °บริกซ์.

นมสด : ต้มนมพร่องมันเนยให้เดือด (500 มล.) เติมน้ำตาลทรายจน
ได้ความหวานตามต้องการ (30 กรัม).

- วิธีการผลิต

นำแป้งมาห่อไส้ถั่ว (ถั่วแดง, ถั่วเขียว) ที่เตรียมไว้ แล้วปั้นเป็นก้อนกลม ได้แป้งบัวลอย
ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5-2 ซม., จากนั้นต้มแป้งในน้ำเกลืออุณหภูมิ 80 °ซ. จน
แป้งสุกลอยขึ้นบนผิวน้ำ, ซ้อนแป้งบัวลอยที่สุกแล้วลงในน้ำเกลือที่อุณหภูมิห้องเพื่อลด
อุณหภูมิของแป้งบัวลอยลงทันที, จากนั้นจึงตัดแป้งบัวลอยลงในถ้วยพลาสติกที่มีน้ำเกลือหรือ
นมสดเตรียมไว้.



รูปที่ 14. ขั้นตอนการผลิตขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็ง.

ก่อนทำการประเมินทางประสาทสัมผัส นำขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็งมาอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟทั้งภาชนะบรรจุ โดยใช้กำลังไฟแรง นาน 2-3 นาที, เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งผู้บริโภคไม่คุ้นเคยมาก่อน จึงทำให้ไม่มีมาตรฐานในการเปรียบเทียบ และจากการทดลองพบว่าคุณลักษณะทุกด้านคือ ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัสส่วนแป้ง, เนื้อสัมผัสส่วนไส้ และการยอมรับรวมของทุกผลิตภัณฑ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95, ในทุกระยะเวลาของการเก็บรักษาตั้งแต่ 0, 1, 2, 4 ไปจนถึง 12 เดือน. ดังนั้น ในการทดลองนี้จึงพิจารณาจากคะแนนความชอบในคุณลักษณะแต่ละด้านของผลิตภัณฑ์, รวมถึงการยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคจำนวน 30 คนที่ทำการทดสอบ. ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 0 และ 12 เดือน แสดงดังตารางที่ 18 และ 19 ตามลำดับ.

ตารางที่ 18. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 0 เดือน

คุณลักษณะในการประเมินคุณภาพ ทางประสาทสัมผัส	น้ำเก็กฮวย		นมสด	
	ไส้ถั่วเขียว	ไส้ถั่วแดง	ไส้ถั่วเขียว	ไส้ถั่วแดง
ลักษณะปรากฏ	6.83	6.32	7.30	6.42
สี	7.00	6.13	7.27	6.23
กลิ่น	6.93	6.58	6.47	6.30
รสชาติ	6.63	6.45	6.73	6.40
เนื้อสัมผัสส่วนแป้ง	6.57	6.53	6.75	6.70
เนื้อสัมผัสส่วนไส้	6.73	6.57	6.87	6.60
การยอมรับรวม	6.68	6.48	6.68	6.33
% การยอมรับของผู้บริโภค (จากผู้บริโภค 30 คน)	76.67	73.33	90.00	70.00

ขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพทั้ง 4 สูตร หลังผ่านการแช่เยือกแข็งแล้วยังคงมีผู้ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์นี้อยู่ไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 70, ซึ่งผู้บริโภคให้คะแนนในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และเมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์บัวลอยเพื่อสุขภาพที่บรรจุในน้ำชนิดเดียวกัน ทั้งในน้ำเก็กฮวยและนมสด พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบผลิตภัณฑ์บัวลอยไส้ถั่วเขียวมากกว่าไส้ถั่วแดง ทั้งในด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัสส่วนแป้ง, เนื้อสัมผัสส่วนไส้, การยอมรับรวม รวมถึงผู้บริโภคที่ให้การยอมรับมีจำนวนมากกว่า. ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของไส้ถั่วเขียวจะนุ่มและเป็น

เนื้อเดียวกันมากกว่าไส้ถั่วแดง, รวมทั้งสีของไส้ถั่วเขียวดูน่ารับประทานแตกต่างจากสีของไส้ถั่วแดง ซึ่งมีสีเข้มจนขัดกับความรู้สึกของผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์บัวลอยไส้ถั่วแดง ในน้ำเก็ทสวจะเห็นสีของไส้ขนมชัดเจนมากยิ่งขึ้น.

เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์บัวลอยเพื่อสุขภาพที่ใช้ไส้ถั่วชนิดเดียวกัน พบว่า ในบัวลอยไส้ถั่วเขียว ผู้บริโภคให้ระดับคะแนนความชอบและยอมรับผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในนมสดมากกว่าในน้ำเก็ทสว ในเกือบทุกด้าน, ยกเว้นคุณลักษณะด้านกลิ่น ซึ่งผู้บริโภคชอบกลิ่นของน้ำเก็ทสวมากกว่านมสด. ส่วนบัวลอยไส้ถั่วแดง ผู้บริโภคให้การยอมรับและมีความชอบผลิตภัณฑ์ในน้ำเก็ทสวในด้านกลิ่น, รสชาติ และการยอมรับรวมมากกว่าผลิตภัณฑ์บัวลอยไส้ถั่วแดงในนมสด.

ตารางที่ 19. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพ แซ่เยือกแข็ง เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 12 เดือน

คุณลักษณะในการประเมินคุณภาพ ทางประสาทสัมผัส	น้ำเก็ทสว		นมสด	
	ไส้ถั่วเขียว	ไส้ถั่วแดง	ไส้ถั่วเขียว	ไส้ถั่วแดง
ลักษณะปรากฏ	7.27	6.80	7.33	6.62
สี	7.18	6.33	7.20	6.60
กลิ่น	6.93	6.95	6.67	6.53
รสชาติ	6.63	6.93	7.15	6.83
เนื้อสัมผัสส่วนแป้ง	6.53	6.77	6.87	6.82
เนื้อสัมผัสส่วนไส้	6.83	6.93	6.60	6.50
การยอมรับรวม	6.85	6.93	7.13	6.82
% การยอมรับของผู้บริโภค (จากผู้บริโภค 30 คน)	93.33	93.33	93.33	93.33

แม้จะเก็บรักษาขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแซ่เยือกแข็งไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือนแล้ว ผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยมีผู้บริโภค 28 คน จาก 30 คนหรือคิดเป็น ร้อยละ 93.33 ที่ให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรนี้. เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์บัวลอยเพื่อสุขภาพที่บรรจุในน้ำเก็ทสว พบว่า ผู้บริโภคกลับมีความชอบผลิตภัณฑ์บัวลอยไส้ถั่วแดงมากกว่าไส้ถั่วเขียวในเกือบทุกด้านยกเว้นลักษณะปรากฏและสี, ซึ่งแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 0 เดือนหลังการแช่เยือกแข็ง. ทั้งนี้ผู้บริโภคให้ความคิดเห็นว่าไส้ถั่วเขียวมีลักษณะนิ่มมากจนไม่สามารถแยกความแตกต่างเมื่อเคี้ยวร่วมกับเนื้อแป้งได้

จึงเหมือนรับประทานเฉพาะส่วนแข็งที่มีลักษณะนิ่มเท่านั้น และไม่รู้สึกถึงไส้ถั่วเขียวที่มีอยู่ได้, ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บัวลอยที่บรรจุในนมสด ผู้บริโภคยังคงให้คะแนนความชอบบัวลอยไส้ถั่วเขียวมากกว่าขนมบัวลอยไส้ถั่วแดงในทุกๆ ด้าน.

เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์บัวลอยเพื่อสุขภาพที่ใช้ไส้ถั่วชนิดเดียวกัน พบว่า ในบัวลอยไส้ถั่วเขียว ผู้บริโภคให้ระดับคะแนนความชอบและยอมรับผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในนมสดมากกว่าในน้ำเก็กฮวย ทั้งในด้านลักษณะปรากฏ, สี, รสชาติ, เนื้อสัมผัสส่วนแบ่ง และการยอมรับรวม. ส่วนขนมบัวลอยไส้ถั่วแดง ผู้บริโภคให้การยอมรับและมีความชอบผลิตภัณฑ์ในน้ำเก็กฮวยในด้านลักษณะปรากฏ, กลิ่น, รสชาติ และการยอมรับรวมมากกว่าผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยไส้ถั่วแดงในนมสด. ผลเปรียบเทียบของขนมบัวลอยทั้งในไส้ถั่วเขียว และไส้ถั่วแดงที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือนตามที่ได้กล่าวมานี้ มีลักษณะคล้ายคลึงกับผลที่ได้เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลา 0 เดือน, โดยผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยไส้ถั่วเขียวในนมสด ผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ด้านลักษณะปรากฏ, สี, รสชาติ และการยอมรับรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง, ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้บริโภคมีความคุ้นเคยกับขนมบัวลอยที่อยู่ในน้ำที่มีลักษณะข้นเช่นนมสดมากกว่าน้ำที่มีลักษณะใสหรือน้ำเก็กฮวย.

ตารางที่ 20. คุณภาพทางจุลินทรีย์ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ. เป็นระยะเวลา 12 เดือน

ตัวอย่างขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพ	ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์			
	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/1 กรัม)	ยีสต์ & รา (CFU/1กรัม)	<i>E. coli</i> (MPN/1 กรัม)	<i>S. aureus</i> (MPN/1 กรัม)
ไส้ถั่วเขียวในน้ำเก็กฮวย	~ 3.0	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
ไส้ถั่วแดงในน้ำเก็กฮวย	~ 4.0	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
ไส้ถั่วเขียวในนมสด	5.6 x 10 ²	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
ไส้ถั่วแดงในนมสด	4.0 x 10 ²	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ

เมื่อตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็งทั้ง 4 สูตรที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่ายังคงตรวจไม่พบยีสต์และรา, *E. coli* และ *S. aureus* และตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในปริมาณน้อยมาก, โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์บัวลอยที่บรรจุในน้ำเก็กฮวยที่พบเพียง 3-4 CFU/1 กรัมเท่านั้น ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์

อาหารพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง. ผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็งทั้ง 4 สูตรนี้จึงมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 12 เดือน โดยไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์.



a) ก่อนอุ่นด้วยไมโครเวฟ



b) หลังอุ่นด้วยไมโครเวฟ

รูปที่ 15. ตัวอย่างขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพแช่เยือกแข็ง.

4. สรุปผลการทดลอง

1. กรรมวิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งที่เหมาะสม คือ ใช้น้ำแข็งจากข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ที่มีความเข้มข้น 30 % โดยน้ำหนัก, นึ่งจนแป้งสุก ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงอบเส้นก๋วยเตี๋ยวที่อุณหภูมิ 40 °ซ. นาน 10-15 นาที, จากนั้นจึงตัดเป็นเส้นขนาดกว้างประมาณ 0.6 ซม. แล้วบรรจุในถุงพลาสติก ทำการแช่เยือกแข็งโดยใช้เครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น แล้วเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ.
2. สูตรผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งมีส่วนประกอบดังนี้ เส้นก๋วยเตี๋ยว 41.7%, เครื่องปรุงรส 16.7%, หอมแดง 2.8%, ไข่โป้วหวาน 2.7%, กุ้งแห้ง 2.0%, เต้าหู้ 6.1%, ไข่ไก่ 6.6%, ถั่วงอก 14.2%, ใบกุยช่าย 4.6% และน้ำมันถั่วเหลือง 2.6%.
3. วิธีการแช่เยือกแข็งที่ดีที่สุดสำหรับการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งทั้งการบรรจุในถุงพลาสติกชนิด LLDPE ในสถานะปกติ, ถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ในสถานะปกติและสถานะสุญญากาศ และกล่องพลาสติกชนิด PP ไม่ปิดฝาแล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE อีกชั้นหนึ่งในสถานะสุญญากาศ คือ วิธีการแช่เยือกแข็งแบบแผ่น.
4. สถานะที่เหมาะสมในการบรรจุผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งคือ สถานะการบรรจุแบบไม่เป็นสุญญากาศหรือสถานะปกติ, ทั้งในการแช่เยือกแข็งแบบอากาศเย็นมีการหมุนวนและการแช่เยือกแข็งแบบแผ่น.
5. ชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง คือ ถ้วยพลาสติกชนิด PP, ถุงพลาสติกชนิด LLDPE หรือถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ก็ได้, ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน.
6. จำนวนชั้นของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมคือ การบรรจุผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งในบรรจุภัณฑ์ชั้นเดียว (primary packaging).
7. ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 12 เดือน โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อย และตรวจไม่พบยีสต์ และรา, *E. coli* และ *S. aureus*.
8. สูตรขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งที่เหมาะสมมีส่วนประกอบดังนี้ แป้งข้าวเจ้า 9.5%, แป้งท้าวยามม่อม 0.3%, น้ำตาลมะพร้าว 16.2%, น้ำปูนใส 47.7%, น้ำคั้นใบเตยเข้มข้น 4.8% และน้ำสะอาด 21.5 % รวมทั้งมะพร้าวขูดฝอยและเกลือป่น.
9. ผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 10 เดือน เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์จากลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม, แต่ยังคงมีการ

ยอมรับจากผู้บริโภคอยู่ในระดับขอบปานกลางแม้เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน และไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์.

10. ผลิตภัณฑ์ขนมบัวลอยเพื่อสุขภาพทั้ง 4 สูตร คือ ขนมบัวลอยไส้ถั่วเขียวในน้ำเก๋กฮวย, ไส้ถั่วแดงในน้ำเก๋กฮวย, ไส้ถั่วเขียวในนมสด และไส้ถั่วแดงในนมสด สามารถเก็บรักษาไว้ได้ไม่น้อยกว่า 12 เดือน และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในระดับขอบเล็กน้อยถึงขอบปานกลาง โดยสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือ ขนมบัวลอยไส้ถั่วเขียวในนมสด, นอกจากนี้ยังตรวจไม่พบยีสต์และรา, *E. coli* และ *S. aureus*.

5. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ผักไทยที่เหมาะสมคือการแช่เยือกแข็งแบบแผ่น, แต่วิธีการแช่เยือกแข็งแบบนี้อาจมีข้อจำกัดในด้านกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม, ในการผลิตจริงจึงต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิต, ความสะดวกในการควบคุมการผลิตหรือดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์แช่เยือกแข็ง, รวมถึงการควบคุมอุณหภูมิให้ไม่ต่ำกว่า -18 °ซ. ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาหรือขนส่ง.

จากการศึกษาพบว่าชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผักไทยแช่เยือกแข็ง. อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ, การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ยังขึ้นอยู่กับนโยบายด้านการตลาด ซึ่งต้องการให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ดึงดูดใจของผู้บริโภค, การใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันย่อมมีผลต่อต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ด้วย. นอกจากนี้คุณสมบัติเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ที่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้เมื่อต้องใช้อุ่นในเตาไมโครเวฟ ย่อมก่อให้เกิดความสะดวกสบายกับผู้บริโภคได้มากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สามารถทนความร้อนสูงได้.

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยแช่เยือกแข็งนั้น แม้ว่าจะได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค แต่จากกระแสความต้องการผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น อาจเป็นข้อด้อยของผลิตภัณฑ์ขนมหวานของไทย, ดังนั้นจึงอาจมีการพัฒนาสูตรเพิ่มเติม โดยใช้สารให้ความหวาน, สารให้ความข้นหนืด, สารเพิ่มมวลใยในอาหาร หรือสารอื่นที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ทดแทนการใช้น้ำตาลหรือแป้ง.

6. เอกสารอ้างอิง

- กรมศุลกากร, ปริมาณการนำเข้าและส่งออก. 2545. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.customs.go.th/statistic/> [เข้าถึงเมื่อ : สิงหาคม 2546].
- พงศ์สวัสดิ์มานิต, รุ่งนภา. 2545. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตอาหารแช่แข็งสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม. เอกสารประกอบการสัมมนา ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- โรจนกร, ธนกร. 2538. การถนอมอาหารโดยวิธีแช่เยือกแข็ง. เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Bhumipamorn, O., 1993. Rice products. Report the Industry Situation. The Department of Industry Promotion. Ministry of Industry. Thailand.
- Fellows, P. Editor. 2000. Food Processing Technology: Principles and Practice. 2nd ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Sookdang, A., 1998. The modification of rice flours for rice noodle. MS thesis. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- Tannamongkolpong, P., 1988. The separation of amylose from non-waxy rice flour. Master thesis. Kasetsart University, Thailand.
- Tungtrakul, P., 1998. Quality and physicochemical properties of rice related to rice noodle. Report of the National Food Research Institute **62**(18) : 19.
- Yoenyongbuddhagal, S., 2002. Effect of processing conditions of rice vermicelli quality. Dissertation, Asian Institute of Technology. Bangkok, Thailand.

**ภาคที่ 2 : การพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารแปรรูปพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง
จากข้าว**

โดย
พัชตรา มณีสินธุ์
กัลย์สุดา วัจนะชัย

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	65
สารบัญรูป	66
ABSTRACT	67
บทคัดย่อ	68
1. บทนำ	69
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	71
3. ผลการทดลองและวิจารณ์	72
4. สรุปผลการทดลอง	108
5. เอกสารอ้างอิง	109
ภาคผนวก	110

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1. บรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในประเทศ และตลาดสหรัฐอเมริกา	73
ตารางที่ 2. บรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีกผักไทยแช่เยือกแข็ง	81
ตารางที่ 3. ข้อมูลส่วนตัวผู้ตอบแบบสอบถาม	87
ตารางที่ 4. ความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อต้นแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายผักไทยแช่เยือกแข็ง	88
ตารางที่ 5. บรรจุภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในประเทศและตลาดเอเชีย	92

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1. ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในประเทศและตลาด สหรัฐอเมริกา	76
รูปที่ 2. ถาดขึ้นรูปร้อนบรรจุผักไทยแช่เยือกแข็ง	79
รูปที่ 3. การออกแบบร่างขึ้นต้นผักไทยแช่เยือกแข็ง	84
รูปที่ 4. แบบจำลองกล่องกระดาษแข็งบรรจุผักไทยแช่เยือกแข็ง	86
รูปที่ 5. กราฟิกบรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายผักไทยแช่เยือกแข็งภายหลังปรับรูปแบบ	89
รูปที่ 6. ต้นฉบับเพื่อการพิมพ์ (artwork) กล่องกระดาษแข็งบรรจุผักไทยแช่เยือกแข็ง	90
รูปที่ 7. ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ขนมแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในประเทศและตลาดเอเชีย	94
รูปที่ 8. แนวคิด ‘สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน หรือ rhombus’	97
รูปที่ 9. แนวคิด ‘มะพร้าวกับวิถีไทย หรือ coconut’	98
รูปที่ 10. แนวคิด ‘ขนมไทยร่วมสมัย หรือ trendy’	99
รูปที่ 11. การออกแบบร่างขึ้นต้นแบบที่ 1 ของฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง	102
รูปที่ 12. การออกแบบร่างขึ้นต้นแบบที่ 2 ของฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง	103
รูปที่ 13. การออกแบบร่างขึ้นต้นแบบที่ 3 ของฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง	104
รูปที่ 14. แบบฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งที่ได้รับการพัฒนาแล้ว	106
รูปที่ 15. กราฟิกฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งภายหลังปรับรูปแบบ	107
รูปที่ 16. ต้นฉบับเพื่อการพิมพ์ (artwork) ฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง	107

DEVELOPMENT OF PACKAGING FOR READY-TO-EAT RICE PRODUCTS

Pattra Maneesin and Gansuda Wangchanachai

ABSTRACT

The aim of this research was to develop the retail package for two ready-to-eat meals recently developed by TISTR, i.e. frozen Pad Thai and Piek Poon. In order to obtain the suitable package in both structural and graphic ways, survey was conducted and relevant data including product characteristics and requirements, typical packaging used, market and consumer requirements, as well as food labeling regulation etc. prior to packaging design and prototype making.

The retail package for frozen Pad Thai was a 17.6 x 12.0 x 4.0 cm. thermoformed polypropylene (PP) tray placed in a nylon/PE pouch which could contain approximately 300 g. Pad Thai. The tray was then put in a 4-colour printed paperboard box in order to dispraise product information and identification.

The retail package for frozen Piek Poon was also a thermoformed PP tray which could contain about 75 g Piek Poon. For product protection and consumer convenience, the tray was designed into three small compartments for containing Piek Poon, shredded coconut and small spoon separately. The tray was heat-sealed on top with a plastic label which helped provide both product information & attraction and increase sale promotion.

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารแปรรูปพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจากข้าว

พัชตรา มณีสินธุ์¹ และ กัลย์สุดา วังชนะชัย¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปพร้อมบริโภค 2 ชนิดที่ วว. ได้พัฒนาขึ้น ได้แก่ ผัดไทยและขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง. การดำเนินงานประกอบด้วย การสำรวจ, รวบรวม, วิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลลักษณะและคุณสมบัติผลิตภัณฑ์, บรรจุภัณฑ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน, ตลาดหรือลูกค้าเป้าหมาย, คู่แข่ง ตลอดจนกฎระเบียบเกี่ยวกับฉลากและบรรจุภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง และทำการออกแบบและจัดทำต้นแบบบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้ได้ใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายที่มีความเหมาะสมทั้งรูปแบบโครงสร้างและกราฟิก.

บรรจุภัณฑ์ผัดไทยแช่เยือกแข็ง เป็นถาดขึ้นรูปร้อนทรงเหลี่ยม ผลิตจากพอลิโพรพิลีน (PP) มีขนาด 17.6 x 12.0 x 4.0 ซม., บรรจุผัดไทยประมาณ 300 กรัม ก่อนบรรจุของพลาสติกชนิดไนลอนประกบกับพอลิเอทิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน และกล่องกระดาษแข็งพิมพ์ 4 สี ขนาด 18.0 x 12.1 x 4.2 ซม. อีกชั้นหนึ่ง, เพื่อให้ข้อมูลรายละเอียด, สร้างเอกลักษณ์ และเพิ่มความสวยงามให้กับสินค้า. นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ดังกล่าวช่วยยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ได้มากกว่า 1 ปี, ทั้งยังอำนวยความสะดวกในการรับประทาน โดยสามารถอุ่นผลิตภัณฑ์ในถาดได้โดยตรง.

บรรจุภัณฑ์ขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง เป็นถาดขึ้นรูปร้อนผลิตจากพอลิโพรพิลีนเช่นกัน สำหรับบรรจุขนมเปียกปูนประมาณ 75 กรัม, แบ่งส่วนบรรจุขนมเปียกปูน, มะพร้าว และซอสออกจากกัน เพื่อช่วยรักษาคุณภาพ และอำนวยความสะดวกในการบริโภคสินค้า, ฝาด้านบนปิดผนึกด้วยความร้อนด้วยฉลากฟิล์มพลาสติก, พิมพ์รูปภาพ และข้อมูลรายละเอียดของสินค้า เพื่อช่วยส่งเสริมการขาย และดึงดูดใจผู้บริโภค.

¹ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

1. บทนำ

ในปัจจุบันบรรจุกัณฑ์นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งเพื่อช่วยส่งเสริมการขายสินค้า และจำเป็นต้องพัฒนาควบคู่ไปกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่ๆ. การออกแบบและเลือกใช้บรรจุกัณฑ์ที่ถูกต้อง นอกจากจะช่วยคุ้มครองสินค้าให้ปลอดภัย และมีอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมกับระยะเวลาการจัดจำหน่าย เพื่อให้สินค้าไปถึงตลาดเป้าหมายอย่างมั่นใจแล้ว, การออกแบบตลาดให้มีรูปปลักษณ์ที่สะดุดตา และเป็นไปตามกฎระเบียบข้อบังคับของตลาด นอกจากจะเป็นแนวทางที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร ยังส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคต่อตัวสินค้า, เพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน อันจะนำไปสู่ความสำเร็จของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดนั้นๆ ต่อไป.

ในการนี้ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ซึ่งได้ดำเนินโครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจากข้าว, ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาบรรจุกัณฑ์ควบคู่ไปกับการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์อาหารดังกล่าว จึงได้มอบหมายให้ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย (สบท.) ในฐานะหน่วยงานที่ทำหน้าที่รับผิดชอบด้านการบรรจุหีบห่อของชาติ, ดำเนินการพัฒนาต้นแบบบรรจุกัณฑ์ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปพร้อมบริโภค 2 ชนิดที่ วว. ได้พัฒนาขึ้นควบคู่กัน ได้แก่ ผักไทยแช่เยือกแข็ง และขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง.

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ออกแบบและพัฒนาบรรจุกัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายผักไทยแช่เยือกแข็ง ให้ได้บรรจุกัณฑ์ที่มีขนาดและรูปแบบที่เหมาะสม, เพื่อช่วยคุ้มครองสินค้าตลอดอายุการเก็บที่ต้องการ, ช่วยแสดงตัวและส่งเสริมการขายสินค้า ตลอดจนมีความสอดคล้องกับกฎ, ระเบียบของตลาดเป้าหมาย.
2. ออกแบบและพัฒนาบรรจุกัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง ให้ได้บรรจุกัณฑ์ที่มีขนาดและรูปแบบที่เหมาะสม, เพื่อช่วยคุ้มครองสินค้าตลอดอายุการเก็บที่ต้องการ, ช่วยแสดงตัวและส่งเสริมการขายสินค้า ตลอดจนมีความสอดคล้องกับกฎ, ระเบียบของตลาดเป้าหมาย.

วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย การสำรวจ, รวบรวม, วิเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลลักษณะ และคุณสมบัติผลิตภัณฑ์, บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในปัจจุบัน, ข้อมูลตลาดหรือลูกค้าเป้าหมาย, คู่แข่ง, ตลอดจนกฎระเบียบเกี่ยวกับฉลากและบรรจุภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้พัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่าย ให้มีความเหมาะสมทั้งรูปแบบโครงสร้างและกราฟิกต่อไป.

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการ ได้แก่:

1. ได้บรรจุภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานสอดคล้องกับกฎระเบียบ และความต้องการของตลาด, มีคุณสมบัติในการรักษาคุณภาพของสินค้าให้มีอายุการเก็บตามต้องการ, สามารถใช้เป็นกลยุทธ์ในการส่งเสริมการขาย ช่วยขยายตลาดผลิตภัณฑ์ให้กว้างขวางขึ้น.
2. บรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน อันเป็นการยกระดับและเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆ.

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมซอฟต์แวร์ และอุปกรณ์เสริมสำหรับงานกราฟิก ได้แก่ โปรแกรม Adobe Illustrator version 10 และ Photoshop version 7.0, เครื่องพิมพ์สีแบบ พ่นหมึก (ink jet printer) และ เครื่อง scanner เป็นต้น.
2. เครื่องทดสอบคุณสมบัติวัสดุบรรจุภัณฑ์ เช่น เครื่องวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (Permatran-W 3/33: Mocon, USA) และ เครื่องวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (Illinois 8000: Illinois Instruments, USA) เป็นต้น.
3. วัสดุสำหรับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ กระดาษแข็ง, สติกเกอร์, แผ่นฟิล์มหรือแผ่นพลาสติก, กาว เป็นต้น.

2.2 วิธีการ

2.2.1 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

ศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหารเป้าหมาย ได้แก่ ผัดไทยแช่เยือกแข็ง และขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง.

2.2.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลสำหรับการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์

ศึกษาข้อมูล, รูปแบบ, ขนาดบรรจุ, วัสดุบรรจุภัณฑ์ และรูปแบบกราฟิกที่นิยมใช้ใน ปัจจุบัน, ตลอดจนข้อมูลด้านการตลาด และด้านการขนส่งที่เกี่ยวข้อง, เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ประกอบการพิจารณาเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม.

2.2.3 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์

ศึกษาและพัฒนาทั้งด้านโครงสร้าง ได้แก่ ขนาด และรูปแบบ และด้านกราฟิก ซึ่งได้แก่ สี, ภาพประกอบ, ตัวอักษร, เพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายที่มีความเหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์อาหารเป้าหมายทั้งสองชนิด.

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีกผักไทยแช่เยือกแข็ง

3.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

ผักไทยแช่เยือกแข็งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ปรุงสำเร็จพร้อมบริโภคด้วยการผัดและใช้น้ำมันในการปรุง, มีส่วนประกอบหลายชนิด และมีไขมันเป็นส่วนประกอบประมาณ ร้อยละ 4.84 จึงนับเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าจะเกิดการเสื่อมเสียจากการเกิดกลิ่นแปลกปลอม เนื่องจากการเกิดกลิ่นหืนของไขมัน. การเสื่อมเสียเนื่องจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากมีโปรตีนซึ่งเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์. การละลายและเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำแข็ง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ซึ่งจะทำให้เนื้อสัมผัสของผักไทยเกิดการเปลี่ยนแปลง และนำไปสู่การไม่ยอมรับของผู้บริโภคได้.

บรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้จึงจำเป็นต้องป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ, ก๊าซ และไขมันได้ดี ต้องทนอุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-40°C) และทนอุณหภูมิเพื่ออุ่นให้ร้อนในเตาไมโครเวฟได้, กล่องกระดาศแข็งที่เลือกใช้ต้องมีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำ หรือป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี.

3.1.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลสำหรับการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์

ผลการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

3.1.2.1 ข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

การศึกษาข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในปัจจุบัน ดำเนินการโดยสำรวจบรรจุภัณฑ์สินค้ากลุ่มอาหารแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในร้านค้า และซูเปอร์มาร์เกตต่างๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร และผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในตลาดสหรัฐอเมริกา เพื่อศึกษาวัสดุ, รูปแบบ, ขนาดของบรรจุภัณฑ์, น้ำหนักบรรจุ, รวมทั้งการออกแบบกราฟิกและฉลากบรรจุภัณฑ์. ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบและวัสดุบรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งในประเทศที่นิยมใช้ ได้แก่ ถาดหรือถ้วยพลาสติกทั้งแบบฉีดขึ้นรูป (injection molding) หรือแบบขึ้นรูปร้อน (thermoforming) พร้อมฝาปิดผนึกหรือปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกชั้นเดียว หรือหลายชั้นที่มีการเคลือบหรือประกบด้วยไอหรือแผ่นเปลวอะลูมิเนียม หรือพลาสติกชนิดอื่น ก่อนบรรจุในซองพลาสติกพิมพ์สวยงาม. ในขณะที่รูปแบบและวัสดุบรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา ส่วนใหญ่จะมีการบรรจุในถาดพลาสติกปิดผนึกด้านบนด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกหรือบรรจุในซองพลาสติกใส ก่อนบรรจุซองหรือกล่องกระดาศแข็งอีกชั้นหนึ่ง. ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 1.

โดยทั่วไปบรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งต้องทนอุณหภูมิต่ำ และบางที่ต้องทนอุณหภูมิสูง เนื่องจากการอุ่นให้ร้อน หรือเข้าเตาไมโครเวฟได้. นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งต้องป้องกันการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะส่งผลต่อทั้งลักษณะปรากฏและคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื่องจากการซึมผ่านของไอน้ำผ่านตัวบรรจุภัณฑ์หรือผ่านรอยปิดผนึก, ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะอาหารที่มีส่วนประกอบของไขมันในปริมาณสูง, ป้องกันการสูญเสียกลิ่นและรสชาติ หรือเกิดกลิ่นแปลกปลอม, ตลอดจนต้องสามารถป้องกันความเสียหายของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนส่ง, ขนถ่าย, เนื่องจากการกระทบกระแทก และกดทับได้อีกด้วย (Lee 2006).

ตารางที่ 1. บรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในประเทศ และตลาดสหรัฐอเมริกา

ผลิตภัณฑ์	รูปแบบบรรจุภัณฑ์	ขนาด (ซม.)	ขนาดบรรจุ (กรัม)	ตลาด
		ยาว x กว้าง x สูง		
ข้าวหน้าเป็ดพะโล้	- ถาดขึ้นรูปรีออน (PP) ทรงรี สี่ด้าน แบ่งเป็น 2 ช่อง ปิดฟิล์มใส - ซองพลาสติก	ถาด: 19.0x15x4.5 ซอง: 27.5x18.5	320	ในประเทศ
มักกะโรนีผัดไก่	- ถาดขึ้นรูปรีออน ทรงเหลี่ยม สี่ ขา ขุน ปิดฟิล์มใส - ซองพลาสติก	ถาด: 19.0x12.5x4 ซอง: 26.0x16.0	250	ในประเทศ
ข้าวต้มทรงเครื่อง	- ถ้วยพลาสติก (PP) กลม สี่ขา ขุน พร้อมฝาปิด - ซองพลาสติก	ถ้วย: $\phi = 12.0$, สูง = 7.0 ซอง: 21.7x13.2	380	ในประเทศ
ข้าวราดผัด กะเพราไก่	- ถาดพลาสติกทรงเหลี่ยม สี่ขา ขุน แบ่งเป็น 3 ช่อง พร้อมฝาปิด - มีฉลากติดบนฝา	ถาด: 17.5x12x3.8	220	ในประเทศ
ข้าวไก่เทอริยากิ	- ถาดพลาสติก (PP) ทรง เหลี่ยม สี่ขา ขุน แบ่งเป็น 2 ช่อง พร้อมฝาพับปิด - ถาดกระดาษแข็ง	ถาดพลาสติก: 18.0x12.2x4.3 ถาดกระดาษแข็ง: 18.5x12.5x4.5	280	ในประเทศ

ตารางที่ 1. (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	รูปแบบบรรจุภัณฑ์	ขนาด (ซม.) ยาว x กว้าง x สูง	ขนาด บรรจุ (กรัม)	ตลาด
ข้าวหน้าปลาไหลย่าง ซีอิ๊ว	- ถ้วยพลาสติก (PP) ทรงกลม สีดำ พร้อมฝาปิด - กล่องกระดาษแข็ง	ถ้วย: $\phi = 16.5$, สูง = 6.2 กล่อง: 18.0x15.0x13.7	480	ในประเทศ
ไก่ย่าง (Roast chicken)	- ถาดพลาสติกหุ้มด้วยซอง พลาสติกใส - ซองกระดาษแข็ง	ถาด: 13.8x12.8x 2.5 ซอง: 14.0x13.0	191	สหรัฐอเมริกา
Roasted turkey breast	- ถาดขึ้นรูปรีออน (PET) ทรงรี สีดำ แบ่งเป็น 2 ช่อง ปิดด้วยฟิล์มใส - กล่องกระดาษแข็ง	ถาด: 22.8x17.4x2.9 กล่อง: 23.0x17.8x3.3	340	สหรัฐอเมริกา
Chicken teriyaki stir fry	- ถาดขึ้นรูปรีออน (PET) ทรงเหลี่ยม สีดำ ปิดด้วยฟิล์มใส - กล่องกระดาษแข็ง	ถาด: 18.4x14.5x2.9 กล่อง: 18.7x15.0x3.0	283	สหรัฐอเมริกา
Macaroni & Cheese (Swanson)	- ถาดขึ้นรูปรีออน (PET) ทรง เหลี่ยม สีดำ แบ่งเป็น 3 ช่อง ปิดด้วยฟิล์มใส - กล่องกระดาษแข็ง	ถาด: 21.4x15.5x2.4 กล่อง: 21.8x16.0x2.7	291	สหรัฐอเมริกา
Macaroni & Cheese (Michelina's)	- กล่องกระดาษแข็งเคลือบ - ฝากระดาษแข็งเคลือบ ปิดผนึกด้วยความร้อน	กล่อง: 15.0x11.3x3.1 ฝา: 18.2x14.5	227	สหรัฐอเมริกา

ตารางที่ 1. (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	รูปแบบบรรจุภัณฑ์	ขนาด (ซม.)	ขนาดบรรจุ (กรัม)	ตลาด
		ยาว x กว้าง x สูง		
พาสต้าผสมบรอกโคลี และมันฝรั่ง	- ถ้วยกระดาษสี่ด้าน	ถ้วย: $\phi = 16.5$,	269	สหรัฐอเมริกา
	ปิดด้วยฟิล์มใส	สูง = 4.4		
	- ซองพลาสติก	ซอง: 16.5x13.0		
	- กล่องกระดาษแข็ง	กล่อง: 17.3x17.3x4.8		
Pizza	- ซองพลาสติก	ซอง: 24.5x17.5	188	
	- กล่องกระดาษแข็ง	กล่อง: 19.2x19.2x3.1		
Potato pancake	กล่องกระดาษแข็ง	กล่อง: 21.7x11.0x3.0	340 (6 ชั้น)	สหรัฐอเมริกา
Enchilada cheese	- ถาดกระดาษ	ถาด: 17.0x12x4.4	255	สหรัฐอเมริกา
	- ซองพลาสติก	ซอง: 22.5x14		
	- กล่องกระดาษแข็ง	กล่อง: 18.5x13x4.5		
Apple pie	- ถาดกระดาษ	ถาด: $\phi = 13.3$,	227	สหรัฐอเมริกา
		สูง = 3.7		
	- ซองพลาสติก	ซอง: 17.5x14.0		
	- กล่องกระดาษแข็ง	กล่อง: 13.2x13.2x4.3		
ขนมปังสอดไส้ สตรอเบอร์รี่	- ถาดกระดาษ	ถาด: 17.4x11x4.5	330	สหรัฐอเมริกา
	- ซองพลาสติก	ซอง: 22.5x14.5		
	- กล่องกระดาษแข็ง	กล่อง: 19.0x12.2x5.2		



ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในประเทศ



บรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในประเทศสหรัฐอเมริกา

รูปที่ 1. ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในประเทศและตลาดสหรัฐอเมริกา.

3.1.2.2 ข้อมูลด้านการตลาด

เนื่องจากผัดไทยเป็นอาหารไทยที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางจากผู้บริโภคในต่างประเทศ แต่การปรุงผัดไทยให้มีรสชาติอร่อย, ถูกปาก จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบหลากหลายชนิดที่มีในประเทศไทย, ประกอบกับเทคนิคการปรุงอาหารเฉพาะ, ทำให้ผัดไทยที่มีจำหน่ายในต่างประเทศมีรสชาติผิดแปลกไปจากรสชาติดั้งเดิมไม่มากนักน้อย. การผลิตผัดไทยแช่เยือกแข็งส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นตลาดใหญ่, มีผู้บริโภคจำนวนมากที่รู้จักและคุ้นเคยกับอาหารไทย, ทั้งยังมีผู้บริโภคที่พร้อมยอมรับหรือบริโภคอาหารใหม่ๆ จึงน่าจะเป็นตลาดเป้าหมายที่สำคัญและมีศักยภาพในการส่งออกอาหารของไทย, แม้ว่าจะมีคู่แข่งที่เป็นอาหารแช่เยือกแข็งประเภทอื่นๆ จำนวนมากก็ตาม.

กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย น่าจะเป็นผู้บริโภคที่เป็นกลุ่มคนทำงานที่คุ้นเคยและนิยมอาหารจากเอเชีย และกลุ่มคนรุ่นใหม่, พร้อมทดลองบริโภคอาหารใหม่ๆ, มีการศึกษาและรายได้ระดับปานกลาง, ไม่นิยมปรุงอาหารเพื่อการบริโภคเอง, มีการใช้เดาไมโครเวฟเพื่อใช้ในการอุ่นหรือปรุงอาหาร. เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารผัดไทยแช่เยือกแข็ง เป็นอาหารที่อุ่นให้พร้อมรับประทานได้ภายในระยะเวลา 4 นาที.

สำหรับกฎระเบียบด้านฉลากของผลิตภัณฑ์อาหารที่นำเข้าประเทศสหรัฐอเมริกา นอกจากรายละเอียดต่างๆ ที่จำเป็นต้องแสดงบนบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ชื่อสินค้า, ตราสินค้า, น้ำหนักบรรจุ, ส่วนประกอบของสินค้า, วัน เดือน ปี ที่ผลิต/หมดอายุ, เครื่องหมายรับรองต่างๆ ที่จำเป็นแล้ว, ข้อมูลโภชนาการของผัดไทยแช่เยือกแข็ง ก็เป็นสิ่งจำเป็นต้องแสดงบนบรรจุภัณฑ์บรรจุผัดไทยแช่เยือกแข็งด้วย สำหรับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการของผัดไทยแช่เยือกแข็ง หนึ่งหน่วยบริโภค หรือประมาณ 300 กรัม ประกอบด้วย.

พลังงานทั้งหมด	=	550	กิโลแคลอรี
พลังงานจากไขมัน	=	130	กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	=	85	กรัม
ไขมันทั้งหมด	=	15	กรัม
ไขมันอิ่มตัว	=	3	กรัม
คอเลสเตอรอล	=	95	มิลลิกรัม
โปรตีน	=	21	กรัม
โซเดียม	=	1,570	มิลลิกรัม

วิตามินบี 1	=	8 %	ของร้อยละที่แนะนำต่อวัน
วิตามินบี 2	=	4 %	ของร้อยละที่แนะนำต่อวัน
แคลเซียม	=	15 %	ของร้อยละที่แนะนำต่อวัน
เหล็ก	=	10 %	ของร้อยละที่แนะนำต่อวัน

3.1.2.3 ข้อมูลการขนส่ง ขนถ่าย และการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ผัดไทยแช่เยือกแข็งที่ผลิตขึ้นต้องเก็บรักษา ขนถ่าย และขนส่งด้วยรถห้องเย็นเพื่อควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่า -18°C . ตลอดการเก็บรักษา และจัดจำหน่าย. ดังนั้นเพื่อรักษาคุณภาพสินค้า ตลอดอายุการเก็บรักษาที่มีการขนส่งระยะไกลทางเรือ เพื่อช่วยลดต้นทุนค่าขนส่ง ส่งผลให้บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งต้องมีความแข็งแรง, ทนทานช่วยให้สามารถคุ้มครองบรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายได้ตลอดระยะเวลาดังกล่าว. ในขณะที่บรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายก็จำเป็นต้องดูซึมความชื้นได้ต่ำ และมีความแข็งแรง, ทนทานด้วย.

3.1.3 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์

3.1.3.1 การออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้เป็นถาดพลาสติกขึ้นรูปร้อนผลิตจากพอลิโพรพิลีน (PP) เนื่องจากบรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งต้องมีความแข็งแรง และยืดหยุ่นสูงด้วยในขณะเดียวกัน (Vorakitsitisorn *et al.* 2006). นอกจากนี้ในการอุ่นผัดไทยก่อนการบริโภคด้วยเตาไมโครเวฟ ถาดที่ใช้จะต้องทนอุณหภูมิสูงในการอุ่นให้ร้อนได้, ทั้งนี้อาหารแช่เยือกแข็งหลายชนิดทั้งประเภทพร้อมปรุงและพร้อมบริโภคที่วางจำหน่ายในตลาดปัจจุบัน นิยมบรรจุในถาดพลาสติกทั้งที่ผลิตจาก PP และพอลิเอทิลีนเทอร์ฟทาเลต (PET). โดยผู้บริโภคมีทัศนคติว่าผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุในถาดพลาสติกจะมีคุณภาพที่สูงกว่าอาหารที่บรรจุในถุงพลาสติก (ลิ้มไชยวัฒน์ 2545) และเนื่องจากโดยทั่วไปอาหารแช่เยือกแข็งจะถูกอุ่นหรือปล่อยให้ น้ำแข็งละลายภายในภาชนะที่บรรจุ บรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้จึงต้องช่วยป้องกันการรั่วซึม เนื่องจากการละลายของน้ำแข็ง ได้อีกด้วย.

รูปทรงถาดเป็นทรงเหลี่ยมซึ่งนิยมใช้ทั่วไป เนื่องจากช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดวางสินค้าในกล่องขนส่ง, ชั้นวางสินค้าและตู้แช่แข็ง, จัดวางง่ายไม่เปลืองพื้นที่ทั้งการเก็บรักษาและขนส่ง, ถาดมีขนาด $17.6 \times 12.0 \times 4.0$ ซม. (ยาว x กว้าง x สูง) ดังแสดงในรูปที่ 2 สามารถบรรจุผัดไทยน้ำหนักบรรจุ 300 กรัม ซึ่งเป็นขนาดบรรจุที่เหมาะสมที่จะบริโภคหมดในครั้งเดียว โดยผู้บริโภคหนึ่งคนและเนื่องจากอาหารแช่เยือกแข็งมักเกิดการขยายตัวภายหลังแช่เยือกแข็ง

ประมาณ ร้อยละ 10 ของปริมาตรเดิม (Vorakitsitisorom *et al.* 2006) จึงจำเป็นเพิ่มความสูงของถาดอาหารเมื่อบรรจุไว้เล็กน้อย, อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความสูงของถาดที่มากเกินไป นอกจากจะส่งผลต่อการทรงตัวของถาดแล้ว ยังส่งผลต่อการระยะเวลาในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์อาหารภายหลังการอุ่นในเตาไมโครเวฟ อีกด้วย.

ซองพลาสติกด้านนอกผลิตจากพลาสติกชนิดไนลอนประกบกับพอลิเอทิลีน (nylon/PE) ที่มีความหนา 65 μm , สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจนได้เป็นอย่างดี, โดยมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำ และก๊าซออกซิเจนที่อุณหภูมิ 23°C. และความชื้น 90% RH เท่ากับ 1.72 $\text{g}/\text{m}^2 \text{ day}$ และ 58.1 $\text{cm}^3/\text{m}^2 \text{ day atm}$ ตามลำดับ, เนื่องจากไอน้ำมีแนวโน้มที่จะระเหยจากผิวหนัง.



รูปที่ 2. ถาดขึ้นรูปร้อนบรรจุผัดไทยแช่เยือกแข็ง.

อาหารในระหว่างวางจำหน่ายและเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์ของอาหารแช่เยือกแข็งต้องสามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี และสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอายุการเก็บนานหลายเดือนหรือหลายปี บรรจุภัณฑ์ก็จำเป็นต้องช่วยป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ โดยเฉพาะออกซิเจน และแสงได้ดีด้วย (Lee 2006). โดยผัดไทยแช่เยือกแข็งมีอายุการเก็บนานมากกว่า 1 ปี

เมื่อบรรจุในซองพลาสติกดังกล่าว, นอกจากนี้ยังอาจปิดผนึกฝาภาควัสดุด้วยฟิล์มพลาสติกที่มีคุณสมบัติเข้ากันได้กับตัวภาควัสดุบรรจุในซองพลาสติกดังกล่าวแทน หากมีเครื่องจักรบรรจุอัตโนมัติและกำลังการผลิตที่ค่อนข้างสูง.

กล่องกระดาษแข็งที่ใช้มีขนาด 18.0x12.1x4.2 ซม. (ยาว x กว้าง x สูง) ผลิตด้วยกระดาษกล่องแป้นหลังขาว (white-back board) น้ำหนักไม่น้อยกว่า 450 ก./ ตร.ม., เนื่องจากมีการดูดซึมน้ำต่ำกว่ากระดาษกล่องแป้นหลังเทา (duplex board), ทั้งยังสัมผัสอาหารได้โดยปลอดภัยกว่า จึงนิยมใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งในต่างประเทศ แม้ว่าจะมีการบรรจุกล่องพลาสติกอีกชั้นหนึ่งอยู่แล้ว, การเลือกใช้กล่องกระดาษแข็งเป็นบรรจุภัณฑ์อีกชั้นหนึ่ง นอกจากข้อดีของกล่องกระดาษแข็งที่พิมพ์ได้สวยงาม, มีรูปแบบหลากหลาย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังช่วยป้องกันแสงสัมผัสโดยตรงกับผลิตภัณฑ์อีกชั้นหนึ่งด้วย.

การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งให้เหมาะสม นอกจากจะต้องคำนึงถึงความสามารถในการคุ้มครองผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามอายุการเก็บที่ต้องการแล้ว ยังต้องคำนึงถึงราคาหรือต้นทุนบรรจุภัณฑ์ควบคู่ไปด้วย (Lee 2006). อย่างไรก็ตามการลดต้นทุน การผลิตอาจทำได้โดยการบรรจุกล่องบรรจุภัณฑ์ไทยในซองกระดาษแข็งพิมพ์ 4 สี แทนการบรรจุกล่องกระดาษแข็งหรือหากผู้ประกอบการมีกำลังผลิตผลิตไทยแช่เยือกแข็งในปริมาณมาก การพิมพ์โดยตรงที่ซองพลาสติก nylon/PE จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ประหยัดกว่า เนื่องจากไม่จำเป็นต้องบรรจุกล่องกระดาษแข็งอีกชั้นหนึ่ง อย่างไรก็ตามการพิมพ์โดยตรงบนซองพลาสติกจำเป็นต้องสั่งผลิตเป็นจำนวนมากกว่ากล่องกระดาษแข็งมาก, ทั้งนี้ซองพลาสติกดังกล่าวยังมีข้อดีหลายประการ อาทิ มีความเหนียว, ทนทานต่อแรงที่มทะเล และไม่ค่อยซึมน้ำง่าย ดังนั้นเมื่อเก็บเป็นเวลานานในตู้แช่เยือกแข็ง จึงไม่สูญเสียความแข็งแรงและความสวยงามเช่นกล่องกระดาษแข็ง. ผู้ผลิตอาหารแช่เยือกแข็งรายใหญ่ในประเทศที่มีกำลังผลิตสูง จึงนิยมบรรจุกล่องอาหารแช่เยือกแข็งในซองพลาสติกที่พิมพ์สวยงาม โดยไม่จำเป็นต้องบรรจุกล่องกระดาษแข็งอีกชั้นหนึ่ง. อย่างไรก็ตาม สำหรับการส่งออกไปตลาดสหรัฐอเมริกา การบรรจุในซองหรือกล่องกระดาษแข็ง จะเป็นรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมและการยอมรับมากกว่า, เนื่องจากไม่ค่อยมีปัญหาในการนำบรรจุภัณฑ์กระดาษมาหมุนเวียนเข้ากระบวนการผลิตใหม่ (recycle) เหมือนบรรจุภัณฑ์พลาสติก โดยเฉพาะฟิล์มพลาสติกหลายชั้น.

สรุปโครงสร้างวัสดุ และขนาดบรรจุภัณฑ์แสดงดังตารางที่ 2.

ตารางที่ 2. บรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีกผัดไทยแช่เยือกแข็ง

วัสดุบรรจุภัณฑ์	ขนาด, ซม. (ยาวx กว้าง x สูง)	คุณสมบัติ	ขนาดบรรจุ
ถาดพลาสติกขึ้นรูป ร้อน (PP)	17.6 x 12.0 x 4.0	- แข็งแรง ยึดหยุ่นสูง - ทนอุณหภูมิสูง เข้าไมโครเวฟได้	300 กรัม
ซองพลาสติก nylon/PE	17.8 x 12.1 x 4.2	- เหนียว ทนทาน ไม่ฉีกขาดง่าย - ทนอุณหภูมิแช่เยือกแข็ง - ป้องกันการซึมผ่านออกซิเจนได้ดี	1 ถาด
กล่องกระดาษแข็ง	18.0 x 12.1 x 4.2	- ป้องกันแสง - พิมพ์ได้สวยงาม - เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	1 ถาด

3.1.3.2 การออกแบบกราฟิกบรรจุภัณฑ์

การออกแบบกราฟิกบนกล่องกระดาษแข็ง มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสวยงาม และส่งเสริมการขาย โดยเน้นการให้ข้อมูลที่จำเป็นแก่ผู้บริโภคตามกฎหมาย.

กระบวนการออกแบบกราฟิก แบ่งเป็น 7 ขั้นตอน ได้แก่:

1. การค้นคว้าวิจัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เดิมและผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงที่กำหนดในปัจจุบัน อาทิ องค์ประกอบโดยรวมของรูปภาพ, สี, ตัวอักษร, การสื่ออารมณ์ และ ภาพลักษณ์ของสินค้า.
 2. แนวคิดเบื้องต้นในการออกแบบ (preliminary idea).
 3. การออกแบบขั้นต้น (sketch idea).
 4. การพัฒนาแบบ (developing idea) และแบบจำลอง (mock-up).
 5. การคัดเลือกแบบ.
 6. การออกแบบรายละเอียด (detail development).
 7. เอกสารเพื่อใช้ในการผลิต (artwork).
- รายละเอียดการดำเนินงานและผลมีดังนี้;

1. การค้นคว้าข้อมูลกราฟิกของผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในปัจจุบัน

ผลการสำรวจ พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในประเทศสหรัฐอเมริกา มีการใช้โทนสีฟ้า, ขาว, แดง, ส้ม และเหลือง เป็นส่วนใหญ่. โดยนิยมใช้ภาพประกอบที่เป็นภาพถ่ายผลิตภัณฑ์จริงขนาดใหญ่เพื่อให้เห็นสินค้าชัดเจน และดูน่ารับประทาน, เน้นการจัดองค์ประกอบ เพื่อส่งเสริมภาพลักษณ์สินค้าที่ดูปลอดภัย และมีคุณค่าทางโภชนาการ.

เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ จึงต้องใช้ภาษาอังกฤษซึ่งเป็นภาษาหลักของตลาดสหรัฐอเมริกาในการพิมพ์รายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องปรากฏบนฉลากหรือบรรจุภัณฑ์อาหารส่งออกประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แก่;

- ชื่อผลิตภัณฑ์ คือ ผัดไทย หรือ Pad Thai.
- น้ำหนักบรรจุ คือ 300 กรัม.
- ส่วนประกอบ ได้แก่ Noodle, Dried shrimp, Bean sprout เป็นต้น.
- ชื่อและที่ตั้งผู้ผลิต.
- วัน เดือน ปีที่ผลิต / หมดอายุ.
- ข้อมูลโภชนาการ ตามรายละเอียดและรูปแบบมาตรฐานที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนด.
- วิธีการใช้และเก็บรักษา ได้แก่ วิธีการปรุง และข้อแนะนำในการเก็บรักษา หรือ “keep Frozen” นั่นเอง.

2. แนวความคิดเบื้องต้นในการออกแบบ (preliminary idea)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มผู้บริโภคและตลาดเป้าหมาย, เนื่องจากผัดไทยเป็นผลิตภัณฑ์อาหารไทยที่ผู้บริโภคชาวต่างประเทศนิยม แต่เตรียมยากเนื่องจากมีวัตถุดิบไม่ครบในต่างประเทศ, จึงเน้นการออกแบบที่สื่อถึงผัดไทยที่มีรสชาติไทยแท้ ปรุงโดยคนไทย และพร้อมบริโภคในเวลารวดเร็ว. ในขณะที่พยายามทำความเข้าใจกับผู้บริโภคที่ยังไม่รู้จักผัดไทย ด้วยการให้ข้อมูลประวัติความเป็นมา และภาพประกอบที่ชัดเจน, โดดเด่น.

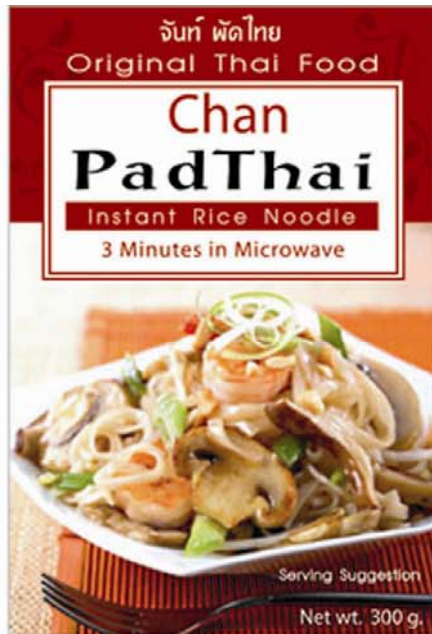
3. การออกแบบร่างขั้นต้น (sketch idea)

จากแนวคิดเบื้องต้นดังกล่าว นำไปสู่การออกแบบร่างขั้นต้น 3 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 3. แบบที่ 1 ใช้สีแดงเป็นพื้นหลัง สื่อถึงอาหารไทยที่มีความเผ็ดร้อน เนื่องจากเป็นอาหารที่ใช้ความร้อนในการปรุง นิยมบริโภคขณะร้อน, ภาพประกอบเป็นเส้นที่มีที่มาจาก การตั้งชื่อตรา

สินค้าว่า ‘Chan’ ซึ่งมีสินค้าที่เป็นที่รู้จักของจังหวัดจันทบุรี คือ เสื่อจันทบูรณ์, ในขณะที่ก๊วยเตี๋ยว ผัดไทยที่มีรสชาติอร่อยต้องเตรียมจากก๊วยเตี๋ยวเส้นจันท. เพิ่มรายละเอียดคล้ายน้ำลายไทย เพื่อเน้นเอกลักษณ์ความเป็นไทยของอาหาร เพื่อเพิ่มน้ำหนักให้กับจุดขายที่ว่า ‘Original Thai Food’, เนื่องจากผัดไทยที่จำหน่ายที่ภัตตาคารในต่างประเทศ ซึ่งปรุงโดยพ่อครัวทั้งจากชาวเวียดนาม, ลาว, จีน เป็นต้น มีรสชาติผิดเพี้ยนไปจากผัดไทยแท้. การจัดวางองค์ประกอบกราฟิกในแนวตั้ง เพื่อสร้างความแตกต่างจากรูปแบบกล่องแบบเดิมที่ใช้ทั่วไป.

แบบที่ 2 ใช้สีฟ้าเป็นพื้นหลัง สื่อถึงความเย็นของน้ำแข็ง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง, เน้นภาพถ่ายสินค้าและชื่อสินค้าให้ชัดเจน, โดดเด่น เพื่อสื่อถึงตัวสินค้าโดยตรง ทำให้ผู้บริโภคเห็นภาพสินค้า. เนื่องจากแม้ว่าผัดไทยจะเป็นอาหารที่ชาวไทยคุ้นเคย แต่ก็ยังมีผู้บริโภคบางส่วนในประเทศผู้นำเข้าที่ยังไม่รู้จักอาหารชนิดนี้, ใช้ภาษาต่างประเทศในการตั้งชื่อตราสินค้าว่า ‘Save Time’ เนื่องจากเป็นสินค้าส่งออก และเพื่อแสดงว่าสินค้า ‘Save Time’ ช่วยลดเวลาในการเตรียมหรือปรุงอาหาร. การจัดวางองค์ประกอบของกล่องตามแนวนอนเป็นแบบที่คุ้นเคย และพบทั่วไปสำหรับกล่องอาหารแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในท้องตลาด เนื่องจากมีพื้นที่จัดวางรายละเอียดเพื่อให้ข้อมูลต่อผู้บริโภคได้มากกว่าการจัดวางองค์ประกอบในแนวตั้ง, ทั้งยังมีความสมดุลมากกว่า หากวางตั้งกล่องบนชั้นกล่อง.

แบบที่ 3 ใช้สีขาวเป็นพื้นหลัง สื่อถึงความสะอาด, ถูกหลักอนามัย และปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดนี้. ใช้ตัวอักษรสีแดง แสดงถึงความเผ็ดร้อนของอาหาร ลดความสำคัญของภาพถ่ายอาหารที่เป็นส่วนประกอบลง แต่เพิ่มเติมพื้นที่เพื่อให้รายละเอียดของสินค้ากับผู้บริโภคแทน, เน้นความเรียบง่าย โดยจัดวางองค์ประกอบกราฟิกในแนวนอนเช่นเดียวกับแบบที่ 1, ยังคงเน้นความเป็นไทย โดยใช้ชื่อตราสินค้า ‘Chan’ ตลอดจนแสดงและระบุที่มาของสินค้า ‘Product of Thailand’.



แบบที่ 1



แบบที่ 2



แบบที่ 3

รูปที่ 3. การออกแบบร่างขั้นต้นผัดไทยแซ่เยือกแข็ง.

4. การพัฒนาแบบ (developing idea) และแบบจำลอง (mock-up)

เมื่อสอบถามความคิดเห็น และความชอบของผู้เชี่ยวชาญด้านการบรรจุภัณฑ์และผู้บริโภค จำนวน 30 คน พบว่า แบบที่ 1 และแบบที่ 2 ได้คะแนนความชอบใกล้เคียงกัน และให้ข้อคิดเห็นว่า ชื่อสินค้า “ Save Time” มีความเหมาะสมมากกว่า “Chan” การจัดวางองค์ประกอบในแนวตั้งและแนวนอน มีผลต่อทัศนคติต่อบรรจุภัณฑ์ของผู้บริโภค, ทำให้นำร่างทั้งแบบที่ 1 และ 2 มาพัฒนา และจัดทำแบบจำลองกล่องจำนวน 4 แบบ เพื่อให้ผู้บริโภคเป้าหมายเลือกและให้คะแนนความชอบต่อไป.

5. การคัดเลือกแบบ (selection)

การคัดเลือกแบบทำโดยการนำแบบจำลองทั้ง 4 แบบ (รูปที่ 4) ไปให้กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย ซึ่งเป็นนักท่องเที่ยวชาวสหรัฐอเมริกา และผู้บริโภคในสหรัฐอเมริกา, ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลส่วนตัวตามตารางที่ 3 ให้ความคิดเห็นและคะแนนตามความชอบ โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาดังต่อไปนี้.

- สีสีน (Overall color of package).
- รูปแบบตัวอักษร (Letter style).
- ความลงตัวของการจัดวางกราฟิกและตัวอักษร (Harmonious composition of graphics and letters).
- ความสะดุดตา (Attractiveness).
- ความสามารถในการสื่อสารกับผู้บริโภคถึงตัวสินค้า (Communication to consumer about the product characteristics).
- กระตุ้นให้เกิดการซื้อสินค้า (Motivation to buy).
- ความชอบโดยรวม (Overall preference).

สอบถามโดยใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก 1) โดยให้คะแนนตามลำดับจาก Least, Fair, Good, และ Best ก่อนแปลผลคะแนนเป็น 1-4, โดยถ้าได้ Least = 1, Fair = 2, Good = 3 และ Best = 4 ตามลำดับ ประเมินผลจากค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้และวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.0 ผลการสำรวจแสดงดัง ตารางที่ 3 และ 4 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้:

1. จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 200 คน เป็นหญิงร้อยละ 67 และชายร้อยละ 33, เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้หญิงหรือแม่บ้าน มักจะเป็นผู้ที่ตัดสินใจซื้อหรือ

รับผิดชอบอาหารการกินในครัวเรือน จึงเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้หญิงในปริมาณที่มากกว่า.



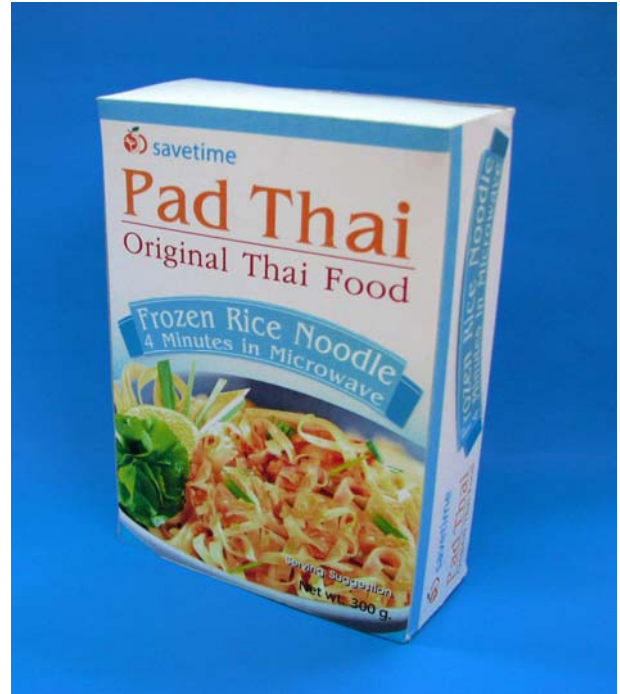
แบบจำลองหมายเลข 1



แบบจำลองหมายเลข 2



แบบจำลองหมายเลข 3



แบบจำลองหมายเลข 4

รูปที่ 4. แบบจำลองกล่องกระดาษแข็งบรรจุผัดไทยแช่เยือกแข็ง.

ตารางที่ 3. ข้อมูลส่วนตัวผู้ตอบแบบสอบถาม

	จำนวน, ร้อยละ		จำนวน, ร้อยละ		
เพศ	ชาย	33	อาชีพ	รับราชการ/พนักงานรัฐ	18.7
	หญิง	67		เอกชน	44.0
อายุ	<25 ปี	19.8		แม่บ้าน	6.6
	25-34 ปี	27.5		นักศึกษา	16.5
	35-44 ปี	13.2		อื่น ๆ	14.3
	45-54 ปี	17.6	รายได้	<\$20,000/ปี	22.0
	>55 ปี	22.0		\$20,000 - \$30,000/ปี	9.9
รู้จัก/คุ้นเคย	ไม่คุ้นเคย	25.3		\$30,001 - \$40,000/ปี	16.5
กับผลิตภัณฑ์	คุ้นเคย	49.5		\$40,001 - \$50,000/ปี	14.3
	คุ้นเคยเป็น	25.3		\$50,001 - \$60,000/ปี	24.2
	อย่างดี			>\$60,000/ปี	13.2

- เป็นพนักงานเอกชนร้อยละ 44.0 พนักงานของรัฐร้อยละ 18.7 นักศึกษา และแม่บ้าน ร้อยละ 6.6 และ 16.5 ตามลำดับ.
- มีอายุระหว่าง 25-34 ปี, >55 ปี, < 25 ปี และ 45-54 ปี, คิดเป็นร้อยละ 27.5, 22.0, 19.8 และ 17.6 ตามลำดับ.
- คุ้นเคยหรือรู้จักผลิตภัณฑ์ร้อยละ 49.5, ในขณะที่มีผู้ตอบแบบสอบถามคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์เป็นอย่างดี และไม่คุ้นเคยในสัดส่วนใกล้เคียงกันคิดเป็นร้อยละ 25.3.
- มีรายได้ส่วนใหญ่ระหว่าง \$50,001 – \$60,000/ปี, คิดเป็นร้อยละ 24.2.
- เมื่อพิจารณาเรื่องของภาพรวมของสิทธิของบรรษัท พบว่า ผู้บริโภคชอบ โทนสีแดง มากกว่าสีฟ้า, แบบจำลองแบบที่ 1 และ 3 ที่มีสีแดง ได้คะแนนสูงกว่าแบบจำลองที่ 2 และ 4 ที่มีสีฟ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$).
- เมื่อพิจารณาเรื่องของแบบตัวอักษร พบว่า แบบจำลองแบบที่ 3 ได้คะแนนสูงกว่าแบบที่ 1, 2 และ 4 ตามลำดับ, อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ระหว่างแบบที่ 1 และแบบที่ 3.
- เมื่อพิจารณาเรื่องความลงตัวของการจัดวางกราฟิกและตัวอักษร พบว่า แบบจำลองแบบที่ 3 ได้คะแนนสูงที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับแบบจำลองอื่น ๆ.
- เมื่อพิจารณาเรื่องความสะอาด พบว่า แบบจำลองแบบที่ 1 และ 3 ได้คะแนนสูงกว่าแบบที่ 2 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$).

ตารางที่ 4. ความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อด้านแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายผัดไทยแช่เยือกแข็ง

Box no.	Overall color of package	Letter style	Harmonious composition of graphics & letters	Attractive-ness	Communication to consumer about the product	Motivation to buy	Overall preference
1	3.13±0.52 ^b	2.90±0.75 ^{bc}	2.75±0.74 ^a	2.87±0.73 ^b	2.89±0.78 ^a	2.95±0.74 ^b	3.07±0.66 ^b
2	2.81±0.80 ^a	2.69±0.80 ^{ab}	2.70±0.81 ^a	2.63±0.71 ^a	2.75±0.69 ^a	2.67±0.78 ^a	2.75±0.82 ^a
3	3.32±0.68 ^b	2.98±0.88 ^c	3.07±0.73 ^b	2.97±0.75 ^b	2.84±0.72 ^a	3.01±0.77 ^b	3.15±0.71 ^b
4	2.75±0.93 ^a	2.56±0.88 ^a	2.67±0.90 ^a	2.60±0.87 ^a	2.73±0.90 ^a	2.69±0.78 ^a	2.64±0.94 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

10. เมื่อพิจารณาเรื่องความสามารถในการสื่อสารกับผู้บริโภคถึงตัวสินค้า แบบจำลองแบบที่ 1 ได้คะแนนสูงที่สุด อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบจำลองแบบอื่น ๆ.
11. เมื่อพิจารณาเรื่องความสามารถในการกระตุ้นให้เกิดการซื้อสินค้า พบว่า แบบจำลองแบบที่ 1 และ 3 ได้คะแนนสูงกว่าแบบที่ 2 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$).
12. เมื่อพิจารณาเรื่องความชอบโดยรวม พบว่า แบบจำลองแบบที่ 1 และ 3 ได้คะแนนสูงกว่าแบบที่ 2 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$).

นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมที่มีประโยชน์ ได้แก่:

- สีแดงสื่อถึงอาหารที่มีการปรุงและเสิร์ฟขณะร้อน.
- แบบจำลองทั้ง 4 แบบ ไม่มี 'Cooking instruction'.
- ผลิตภัณฑ์อาหารที่วางจำหน่ายในสหรัฐอเมริกา จำเป็นต้องมีข้อมูลโภชนาการ โดยเฉพาะปริมาณเกลือมีความสำคัญมาก.

จากข้อมูลและข้อคิดเห็นที่ได้ จึงได้เลือกแบบจำลองแบบที่ 1 ซึ่งมีสีพื้นสีแดง และจัดวางองค์ประกอบในแนวอน มาพัฒนาและออกแบบในรายละเอียดต่อไป ซึ่งแม้ว่าแบบจำลองแบบที่ 3 จะได้คะแนนด้านความลงตัวของการจัดวางกราฟิกและตัวอักษรที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ก็ตาม. แบบที่ 1 มีความเหมาะสมมากกว่าในแง่การผลิต, การบรรจุสินค้า, ตลอดจนการนำเสนอหรือจัดวางสินค้าบนชั้น และหากต้องการลดค่าใช้จ่ายบรรจุภัณฑ์ ด้วยการบรรจุในซองกระดาษแข็งแทนกล่องกระดาษแข็ง เพื่อประหยัดกระดาษ ก็ปรับเปลี่ยนได้ง่าย, เนื่องจากการวางบนชั้นกล่องในแนวอนมีความสมดุลกว่าการวางกล่องในแนวตั้ง.

6. การออกแบบรายละเอียด

แบบจำลองที่ถูกคัดเลือก คือ แบบจำลองแบบที่ 1, จากนั้นได้ปรับปรุงและเพิ่มเติมตามข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค, ปรับรูปแบบตัวอักษรให้ดูโดดเด่น สะดุดตาขึ้น, ตลอดจนเพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ที่จำเป็นตามกฎหมายให้ครบถ้วน.

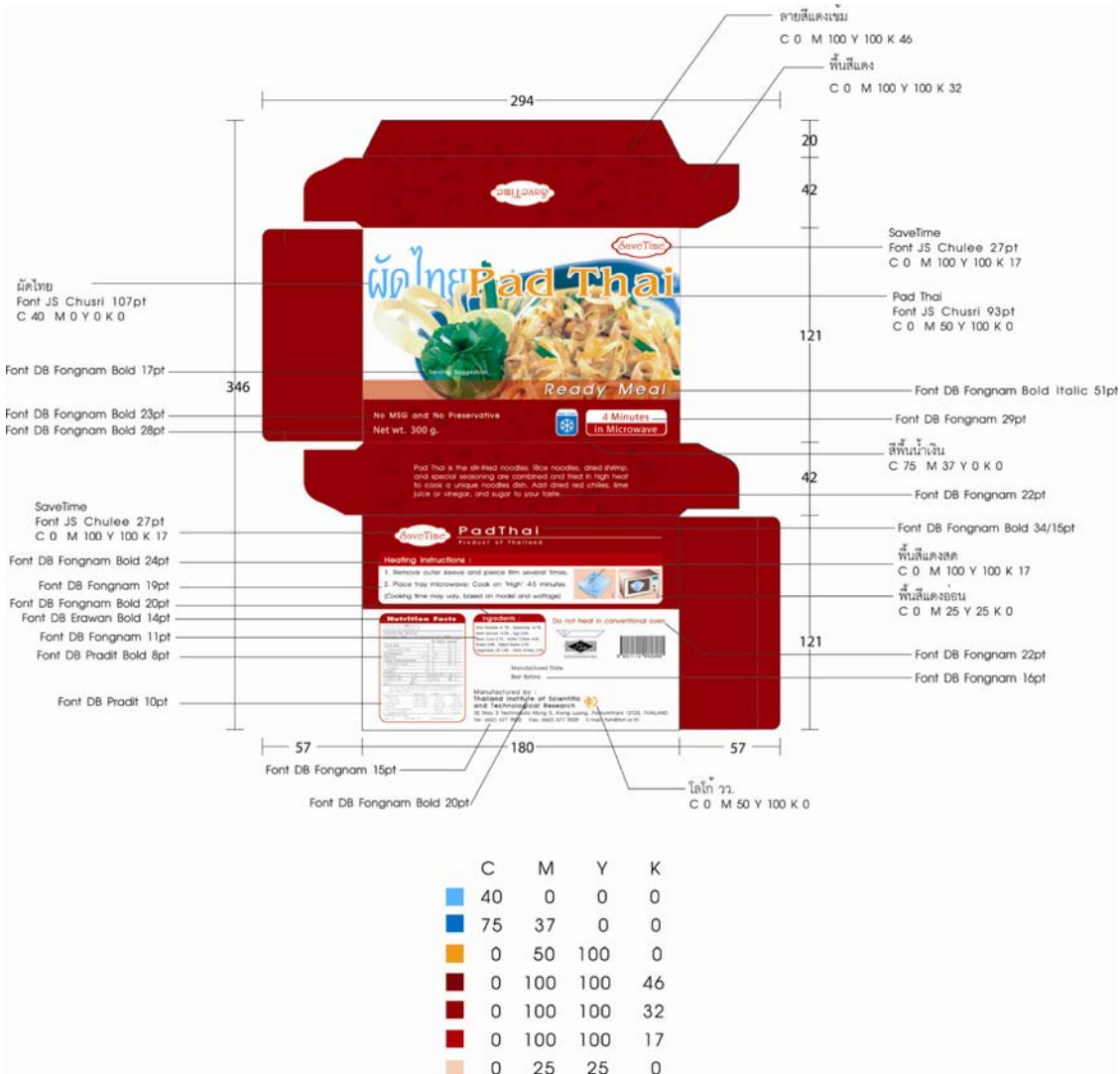
กราฟิกภายหลังปรับปรุงแบบ แสดงดังรูปที่ 5.



รูปที่ 5. กราฟิกบรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายผัดไทยแช่เยือกแข็งภายหลังปรับปรุงแบบ.

7. เอกสารเพื่อใช้ในการผลิต (artwork)

ขั้นตอนสุดท้ายในการออกแบบกราฟิกเป็นการจัดทำเอกสารที่ใช้ในการผลิต (artwork) ซึ่ง artwork ที่ได้แสดงดังรูปที่ 6, จากนั้นจึงนำ artwork นี้ไปสั่งผลิตกล่องกระดาษแข็งจริงได้ทันที ด้วยการพิมพ์ในระบบออฟเซต 4 สี หรือหากจะพิมพ์โดยตรงบนซองพลาสติกด้วยระบบกราฟิควีเยอร์ หรือ เฟลทโซ ก็สามารณำ artwork ดังกล่าวนี้ไปปรับใช้ได้.



รูปที่ 6. ต้นฉบับเพื่อการพิมพ์ (artwork) กล่องกระดาษแข็งบรรจุผัดไทยแท้เยือกแข็ง.

3.2 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีกขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง

3.2.1 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

ขนมเปียกปูนเป็นขนมไทยที่รู้จักแพร่หลาย มีรสหวานนุ่มนวล และกลิ่นหอม เนื่องจากมีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้า, แป้งท้าวยายม่อม, น้ำตาล, น้ำใบเตย และน้ำปูนใส, นิยมรับประทานกับมะพร้าวทึนทึกขูดหยาบที่มีส่วนผสมของเกลือป่นเล็กน้อย เพื่อให้ได้รสชาติที่อร่อยยิ่งขึ้น, แต่ขนมเปียกปูนมีอายุการเก็บไม่นานนัก การแช่เยือกแข็งจะช่วยยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ได้. อย่างไรก็ตามเนื้อสัมผัสของขนมจะเกิดการเปลี่ยนแปลง หากมีการควบคุมอุณหภูมิไม่ดีพอ ทำให้เกิดการละลายและเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำแข็ง เมื่อเก็บเป็นระยะเวลาานาน, โดยเฉพาะเกิดการระเหยของน้ำจากผิวหน้าขนม. นอกจากนี้ยังอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของขนม เป็นสีคล้ำขึ้น เนื่องจากแสงหรือปฏิกิริยาออกซิเดชันของสีเขียวจากใบเตย. ในขณะที่เดียวกันการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในแป้งและกระบวนการผลิตที่ไม่ถูกสุขลักษณะ อาจทำให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเชื้อรา ส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ได้.

สำหรับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการของขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งหนึ่งหน่วยบริโภค หรือประมาณ 75 กรัม ประกอบด้วย.

พลังงานทั้งหมด	=	100	กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	=	23	กรัม
น้ำตาล	=	15	กรัม
ไขมันทั้งหมด	=	0	กรัม
โคเลสเตอรอล	=	0	มิลลิกรัม
โปรตีน	=	<1	กรัม
โซเดียม	=	15	มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	=	2%	ของร้อยละที่แนะนำต่อวัน
วิตามินบี 2	=	0%	ของร้อยละที่แนะนำต่อวัน
แคลเซียม	=	<2%	ของร้อยละที่แนะนำต่อวัน
เหล็ก	=	<2%	ของร้อยละที่แนะนำต่อวัน

การบริโภคขนมเปียกปูน จะโรยมะพร้าวทึนทึกชูดหยาบที่ผสมเกลือป่นเล็กน้อยบนหน้าขนมเมื่อพร้อมรับประทาน, ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแยกบรรจุขนมกับมะพร้าว เพื่อไม่ให้มะพร้าวชุดเสื่อมเสียได้ง่าย เนื่องจากความชื้น, การเปลี่ยนแปลงของสี, กลิ่นและรสชาติ. โดยเฉพาะกลิ่นหืนและกลิ่นเปรี้ยวเนื่องจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์.

3.2.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลสำหรับการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์

ผลการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

3.2.2.1 ข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในปัจจุบัน

การศึกษาข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในปัจจุบัน ดำเนินการโดยสำรวจบรรจุภัณฑ์สินค้ากลุ่มอาหารแช่เยือกแข็ง, โดยเฉพาะกลุ่มขนมหวานของไทยที่วางจำหน่ายในร้านค้าและซูเปอร์มาร์เก็ตต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร และจากผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายตลาดเอเชีย เช่น ใต้หวัน, สิงคโปร์, ฮองกง เป็นต้น. เพื่อศึกษาวัสดุ, รูปแบบ, ขนาดของบรรจุภัณฑ์ น้ำหนักบรรจุ ซึ่งมีการใช้ถาดหรือถ้วยพลาสติก ร่วมกับซอง/กล่องกระดาษแข็ง หรือซองพลาสติก เป็นส่วนใหญ่รวมทั้งการออกแบบกราฟิกและฉลากบรรจุภัณฑ์. ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 7.

ตารางที่ 5. บรรจุภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในประเทศและตลาดเอเชีย

ผลิตภัณฑ์	รูปแบบบรรจุภัณฑ์	ขนาด (ซม.)	ขนาดบรรจุ (กรัม)	ตลาด
		ยาว x กว้าง x สูง		
บัวลอยเผือก	- ถาดขึ้นรูปรีออน (PP) ทรงเหลี่ยม สีขาวขุ่น	ถาด: 11.5x11.5x3.5	160	ในประเทศ
	- ซองกระดาษแข็ง	ซอง: 12.0x12.0x3.6		
เต้าส่วน	- ถ้วยพลาสติก พร้อมฝาปิด สีขาวขุ่น	ถ้วย: $\phi = 10.5,$ สูง = 3.8	150	ในประเทศ
	- กล่องกระดาษแข็ง หุ้มฟิล์มหัด กันความชื้น	กล่อง: 13.0x11.8x3.8		
กล้วยไข่บวดชี	- ถาดขึ้นรูปรีออน (PP) ทรงเหลี่ยม สีขาวขุ่น	ถาด: 11.5x11.5x3.5	170	ในประเทศ
	- ซองกระดาษแข็ง	ซอง: 12.0x12.0x3.6		

ตารางที่ 5. (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	รูปแบบบรรจุภัณฑ์	ขนาด (ซม.) ยาว x กว้าง x สูง	ขนาดบรรจุ (กรัม)	ตลาด
ชาโมซากล้วย	- ถาดขึ้นรูปรีร้อน ทรง เหลี่ยม สีขาวขุ่น แบ่งเป็น 8 ช่อง -ช่องพลาสติกพิมพ์ในตัว	ถาด: 26.4x20.5x3.5 ช่อง: 32.7x21.0	480 (32 ชิ้น)	ในประเทศ
บัวลอยงาดำน้ำ จิง	- ถาดหลุมขึ้นรูปรีร้อน ทรงเหลี่ยม สีขาว พร้อม ฝาปิด ्हุ้มของพลาสติก - ช่องพลาสติกพิมพ์ในตัว	ถาด: 21.4x9.0x2.6 ช่อง: 25.0x8.5	136 (8 ชิ้น)	ในประเทศ
ขนมแข็งไส้งา ดำ	- ถาดหลุมขึ้นรูปรีร้อนใส ทรงเหลี่ยม พร้อมฝาปิด - ฉลากกระดาษ หุ้มฟิล์มหัด	ถาด: 25.0x 13.8x1.7	230	ในประเทศ
โมจิ	- ถาดขึ้นรูปรีร้อน (PS) ทรง รี สีขาวขุ่น แบ่งเป็น 2 ช่อง ปิดฝาด้วยแผ่นพลาสติก อะลูมิเนียม - ก่อกระดาษแข็ง	ถาด: 13.5x8.0x2.9 กถ่อ: 15.5x14.0x3.5	4 x 33	ฮ่องกง
วาฟิโนะ ชิซุกุ อะซูกิ อัน	- ช่องพลาสติก แยกบรรจุ แต่ละชิ้น - กถ่อกระดาษแข็ง	ช่อง: 12.0x6.3 กถ่อ: 13.5x9.2x3.6	88 มล. (2 ชิ้น)	ญี่ปุ่น
ขนมปังกรอบ เคลือบช็อค- โกแลต	- ช่องพลาสติกเคลือบ อะลูมิเนียมพิมพ์ในตัว	ช่อง: 20.5x9.5	150 มล.	ญี่ปุ่น
ขนมปังกรอบ รสตรอ- เบอร์รี่	- ถ้วยกระดาษ พร้อม ฝาปิดกระดาษ - ช่องกระดาษแข็ง	ถ้วย: $\phi = 8.8,$ สูง = 4.2 ช่อง: 8.8x8.0x4.4	150 มล.	ญี่ปุ่น



รูปที่ 7. ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ขนมแช่เยือกแข็งที่วางจำหน่ายในประเทศและตลาดเอเชีย.

3.2.2.2 ข้อมูลด้านการตลาด

เนื่องจากขนมเปียกปูนเป็นขนมหวานไทยที่คุ้นเคยและรู้จักของผู้บริโภคชาวไทยที่ทำงานและอาศัยอยู่ในต่างประเทศ แต่การเตรียมก่อนข้างยุ่งยาก, เนื่องจากขาดวัตถุดิบที่จำเป็นและมีขั้นตอนหลายอย่าง, ตลอดจนต้องใช้ผู้ปรุงที่เชี่ยวชาญและมีฝีมือในการทำขนมไทยเฉพาะส่งผลให้หารับประทานยากในต่างประเทศ. การผลิตขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะตลาดในเอเชีย ซึ่งมีผู้บริโภคชาวไทยไปอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก, นอกจากจะช่วยตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคดังกล่าวได้เป็นอย่างดีแล้ว, ยังเป็นการเปิดตลาดผลิตภัณฑ์ขนมและอาหารไทยให้กว้างขวางยิ่งขึ้นด้วย.

กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย น่าจะเป็นผู้บริโภคที่เป็นกลุ่มคนไทย ซึ่งย้ายไปทำงานในต่างประเทศ, มีรายได้ระดับปานกลาง, ไม่นิยมปรุงอาหารเพื่อการบริโภคเอง, มีการใช้เตาไมโครเวฟเพื่อใช้ในการอุ่นหรือปรุงอาหาร เนื่องจากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง สามารถอุ่นพร้อมรับประทานได้ภายในระยะเวลา 1 นาที.

3.2.2.3 ข้อมูลการขนส่ง ขนถ่าย และการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งที่ผลิตขึ้นต้องเก็บรักษา, ขนถ่าย และขนส่งด้วยรถห้องเย็นเพื่อควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่า -18°C . ตลอดจนการเก็บรักษา และจัดจำหน่าย, เพื่อรักษาคุณภาพสินค้า บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต้องป้องกันความชื้นได้ดี และดูดซึมน้ำต่ำ.

3.2.3 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์

3.2.3.1 การออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้เป็นถาดพลาสติกขึ้นรูปรีดผลิตจากพอลิโพรพิลีน (PP) ซึ่งมีความทนทานและยืดหยุ่น, ทนอุณหภูมิสูงสามารถบรรจุขนมที่มีความชื้นหนืดในถาดขณะร้อนได้ทันที ก่อนรอให้เย็นเพื่อให้ขนมอยู่ตัวในภายหลัง, ทั้งยังอุ่นให้ร้อนในเตาไมโครเวฟได้อีกในภายหลัง และเนื่องจากขนมเปียกปูนเป็นขนมไทยที่คนรุ่นใหม่ไม่ค่อยรู้จัก มีภาพลักษณ์ค่อนข้างโบราณ จึงเน้นการออกแบบโครงสร้างให้ดูทันสมัย, เพื่อสร้างความแตกต่างและส่งเสริมภาพลักษณ์ของสินค้า ทำให้ได้แนวคิดในการออกแบบรูปทรงของบรรจุภัณฑ์ใหม่เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่;

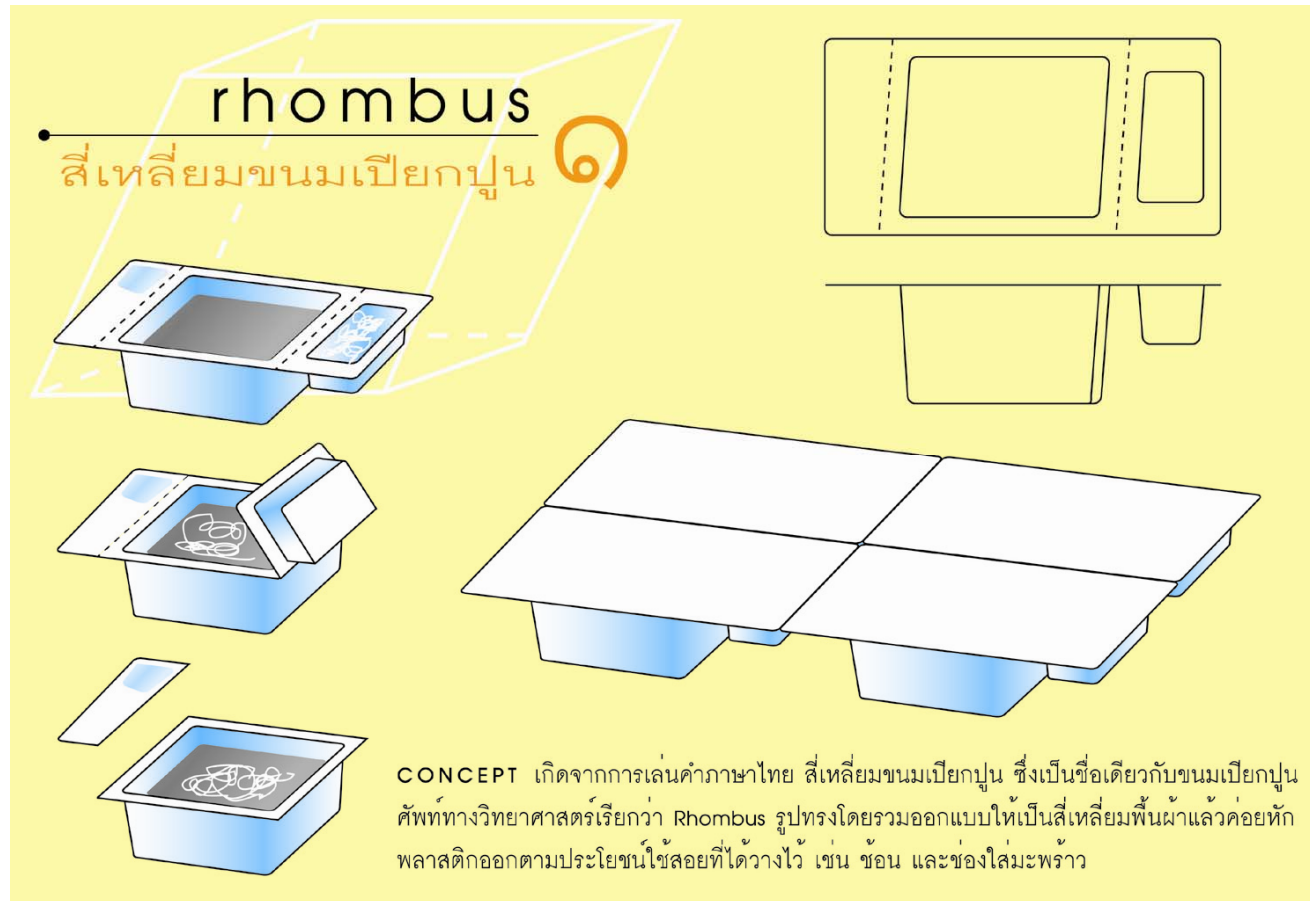
แบบที่ 1 (รูปที่ 8) แนวคิด ‘สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน หรือ rhombus’ จากชื่อ ‘ขนมเปียกปูน’ ที่พ้องกับสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน หรือ rhombus จึงออกแบบถาดบรรจุขนมเปียกปูนให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนด้วย, แม้ว่าพื้นที่ใช้งานทั้งบรรจุภัณฑ์จะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า แต่เมื่อหักพับเพื่อแยกช่องบรรจุมะพร้าวชูดและซ้อนออกจากกัน จะได้ถาดบรรจุขนมที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน.

แบบที่ 2 (รูปที่ 9) แนวคิด ‘มะพร้าวกับวิถีไทย หรือ coconut’ สืบเนื่องจากความผูกพันของครอบครัวไทยที่มีต่อมะพร้าว โดยเฉพาะขนมและอาหารไทยส่วนใหญ่ต้องใช้มะพร้าวเป็นส่วนประกอบ และขนมเปียกปูนเองก็ต้องรับประทานกับมะพร้าว เพื่อให้มีรสชาติอร่อยยิ่งขึ้น, จึงออกแบบถาดบรรจุขนมให้มีรูปทรงรีคล้ายกะลามะพร้าว โดยมีการแบ่งพื้นที่ด้านข้างสำหรับบรรจุซ้อนเพื่ออำนวยความสะดวกในการบริโภค.

แบบที่ 3 (รูปที่ 10) แนวคิด ‘ขนมไทยร่วมสมัย หรือ trendy’ ต้องการเน้นภาพลักษณ์ผลิตภัณฑ์ให้ดูร่วมสมัยยิ่งขึ้น เพื่อเจาะตลาดผู้บริโภคที่เป็นคนรุ่นใหม่ที่ไม่ค่อยรู้จักและบริโภคขนมไทย, โดยปรับรูปแบบจากถาดทรงเหลี่ยมที่นิยมใช้แบบเดิม ให้มีความโค้งมนมากยิ่งขึ้น แบ่งพื้นที่ใช้สอยเป็นส่วน ๆ เพื่อบรรจุขนม, มะพร้าว และซ้อนแยกจากกัน.

ทำการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านบรรจุภัณฑ์และผู้บริโภคที่มีความคุ้นเคยกับขนมเปียกปูนจำนวน 30 คน พบว่า

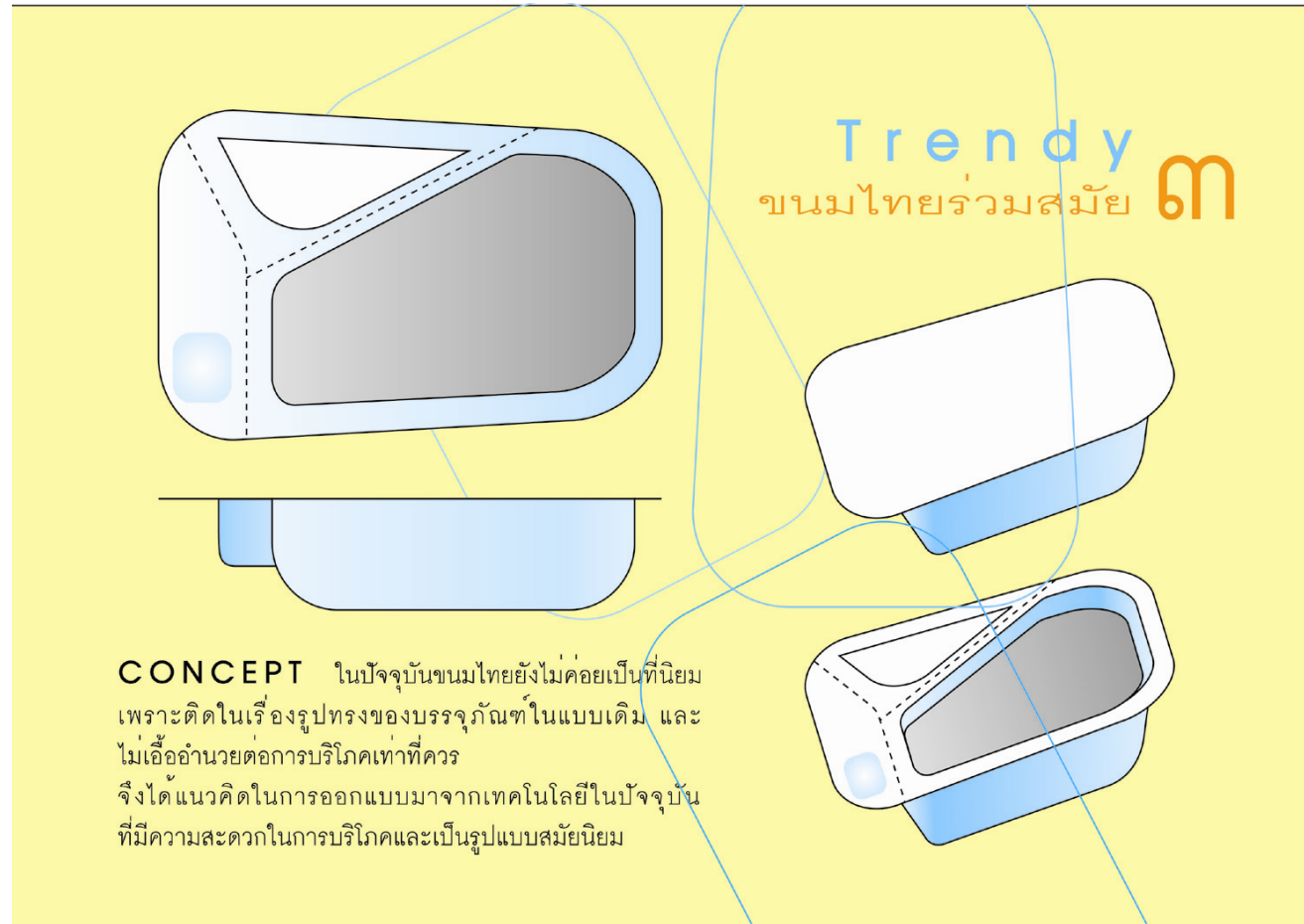
แบบที่ 1 หรือ rhombus ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด เนื่องจากมีรูปทรงที่แปลกตา ช่วยสร้างความแตกต่างให้กับผลิตภัณฑ์, ทั้งยังมีการแบ่งสัดส่วนพื้นที่ใช้สอยเพื่อบรรจุนมมะพร้าว และช้อน ได้อย่างลงตัว เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งานของผู้บริโภค นอกจากนี้แนวคิดแบบนี้ยังเอื้อต่อการออกแบบบรรจุที่ช่วยส่งเสริมการขายในลักษณะรวมหน่วย (multi-pack) โดยสามารถออกแบบเพื่อการวางจำหน่ายคราวละ 2 หรือ 4 ชิ้นได้ตามต้องการ สำหรับการบริโภคในครอบครัว, ซึ่งสามารถแบ่งรับประทานคนละหรือครั้งละ 1 ถ้วยได้โดยสะดวก จึงเลือกพัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์จากแนวคิดของรูปแบบที่ 1 ต่อไป.



รูปที่ 8. แนวคิด 'สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน หรือ rhombus'.



รูปที่ 9. แนวคิด ‘ลูกมะพร้าวกับวิถีไทย หรือ coconut’.



รูปที่ 10. แนวคิด 'ขนมไทยร่วมสมัย หรือ trendy'.

3.2.3.1 การออกแบบกราฟิกบรรจุภัณฑ์

ออกแบบกราฟิกสำหรับฉลากปิดบนถาดขึ้นรูปร้อนที่บรรจุขนมเปียกปูน เพื่อเพิ่มความสวยงามและส่งเสริมการขาย โดยเน้นการให้ข้อมูลที่จำเป็นแก่ผู้บริโภคตามกฎหมาย.

1. ข้อมูลที่ปรากฏบนฉลาก

สำหรับข้อมูลที่จำเป็นต้องปรากฏบนฉลากหรือบรรจุภัณฑ์อาหารส่งออกไปต่างประเทศ ตามข้อบังคับของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, ต้องใช้ภาษาอังกฤษหรือภาษาหลักของประเทศผู้นำเข้าประกอบด้วย ในการระบุข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ที่จำเป็น ได้แก่:

- ชื่อผลิตภัณฑ์ คือ ขนมเปียกปูน หรือ Piek Poon.
- ตราสินค้า คือ Save Time เลือกลงใช้ตราสินค้าเช่นเดียวกันกับผัดไทย เพื่อช่วยในการจดจำของผู้บริโภค.

- น้ำหนักบรรจุ คือ 75 g.
- ส่วนประกอบของสินค้า ได้แก่ Rice flour, Arrow root flour, Coconut sugar, Pedal leaf juice และ Slaked lime water เป็นต้น.

- ชื่อและที่ตั้งผู้ผลิต.
- วัน เดือน ปีที่ผลิต /หมดอายุ.
- วิธีการใช้และเก็บรักษา เช่น Serving instruction.

อย่างไรก็ตามการออกแบบฉลากดังกล่าว มีพื้นที่จำกัด ทำให้เป็นข้อจำกัดในการออกแบบ, ในการใช้พื้นที่ เพื่อระบุรายละเอียดต่าง ๆ ให้ครบถ้วน, นอกจากนี้ทำให้ไม่สามารถระบุข้ออื่น ๆ นอกเหนือจากข้อมูลที่บังคับไว้ตามกฎหมายเท่านั้น.

2. แนวคิดในการออกแบบกราฟิก

กระบวนการออกแบบกราฟิก แบ่งเป็น 7 ขั้นตอน คือ:

1. การค้นคว้าวิจัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เดิมและผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงที่กำหนดในปัจจุบัน อาทิ องค์ประกอบโดยรวมของรูปภาพ, สี, ตัวอักษร, การสื่ออารมณ์ และภาพลักษณ์ของสินค้า.
2. แนวคิดเบื้องต้นในการออกแบบ (preliminary idea).
3. การออกแบบขั้นต้น (sketch idea).
4. การพัฒนาแบบ (developing idea).
5. การคัดเลือกแบบ.
6. การออกแบบรายละเอียด (detail development).

7. เอกสารเพื่อใช้ในการผลิต (artwork).

รายละเอียดการดำเนินงานและผลมีดังนี้:

1. การค้นคว้าข้อมูลกราฟิกของผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในปัจจุบัน

ผลการสำรวจ พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมหวานไทยที่วางจำหน่ายในประเทศ มีการใช้โทนสีที่แตกต่างกันไป ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ เพื่อเน้นภาพถ่ายจริงของสินค้าให้ดูโดดเด่น, สะอาด, ถูกสุขอนามัย และน่ารับประทาน และสำหรับผลิตภัณฑ์ของหวานที่วางจำหน่ายในเอเชียจะมีการใช้ทั้งโทนสีอ่อนเพื่อให้ความรู้สึกเย็นสบาย และโทนสีเข้มที่มีการใช้สีดำและทอง เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่สินค้า.

2. แนวความคิดเบื้องต้นในการออกแบบ (preliminary idea)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มผู้บริโภคและตลาดเป้าหมาย, เนื่องจากขนมเปียกปูนเป็นขนมไทยที่ผู้บริโภคชาวไทยคุ้นเคย แต่หารับประทานได้ยากในต่างประเทศ จึงเน้นการออกแบบที่สื่อถึงความสะดวก, รวดเร็ว และง่ายในการเตรียม. ปรับภาพลักษณ์สินค้าให้เน้นความเป็นสากล, ทันสมัย เพื่อเจาะตลาดคนรุ่นใหม่ที่ไม่นิยมบริโภคขนมไทย. เนื่องจากขนมเปียกปูนจะเป็นขนมไทยที่ผู้สูงอายุนิยมบริโภคมากกว่าคนหนุ่มสาว เพื่อขยายตลาดขนมไทยให้กว้างขวางยิ่งขึ้น.

3. การออกแบบร่างขั้นต้น (sketch idea)

จากแนวคิดเบื้องต้นดังกล่าว นำไปสู่การออกแบบร่างขั้นต้น 3 แบบ, อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพื้นที่ฉลากมีจำกัดเพียง 9.0 x 5.0 ซม. ทำให้ไม่สามารถออกแบบและจัดวางองค์ประกอบได้หลากหลายมากนัก.

แบบที่ 1 (รูปที่ 11) เน้นภาพและชื่อผลิตภัณฑ์ให้ดูโดดเด่น ชัดเจนบนพื้นหลังสีขาว, การพิมพ์ชื่อสินค้าด้วยสีดำ ช่วยเพิ่มความชัดเจนและอ่านง่าย แม้ว่าจะมีเกร็ดน้ำแข็งเกาะ เมื่อเก็บในตู้แช่แข็ง, เพิ่มเติมสีส้มด้วยแถบสีเขียวคาดบนพื้นหลัง ซึ่งสอดคล้องกับสีของขนมจากใบเตยที่เป็นส่วนประกอบของตัวขนม.

แบบที่ 2 (รูปที่ 12) สร้างภาพลักษณ์สินค้าขนมเปียกปูนพร้อมบริโภค โดยการจัดวางองค์ประกอบของขนมเปียกปูน 2 ชิ้นใหญ่บนจาน พร้อมช้อนส้อม ซึ่งใกล้เคียงวิธีการรับประทานจริง, พร้อมภาพพื้นหลังที่ให้ความรู้สึกอ่อนโยน, นุ่มนวล เช่นเดียวกับเนื้อสัมผัสของขนม เพื่อกระตุ้นความอยากรับประทานและตัดสินใจซื้อขนมในที่สุด.

แบบที่ 3 (รูปที่ 13) จัดองค์ประกอบของขนมเปียกปูนที่มีสีเขียวบนพื้นหลังสีส้ม ซึ่งสอดคล้องกับชื่อสินค้า 'Mix', สื่อถึงวิธีการบริโภคขนมด้วยการนำมะพร้าวมาโรยหน้าขนมก่อนรับประทาน, เน้นความเป็นขนมไทยด้วยคำว่า 'Thailand Made'.

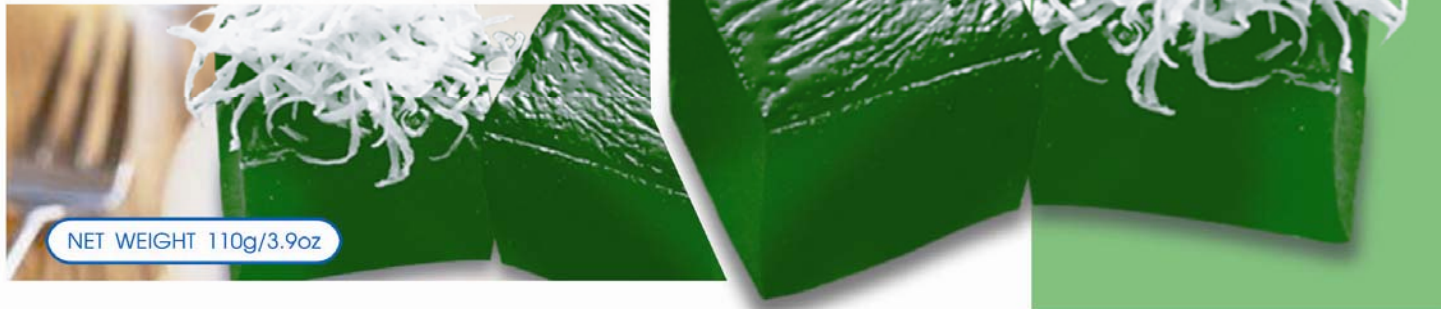


Manufactured by : Thailand Institute of Scientific and Technological Research
196 Phahonyothin Rd., Chatuchak, Bangkok 10900, THAILAND
Tel. : (662) 579-1121 Fax. : (662) 579-7573 E-mail : TPC-TISTR@inet.co.th



Frozen Piek Poon

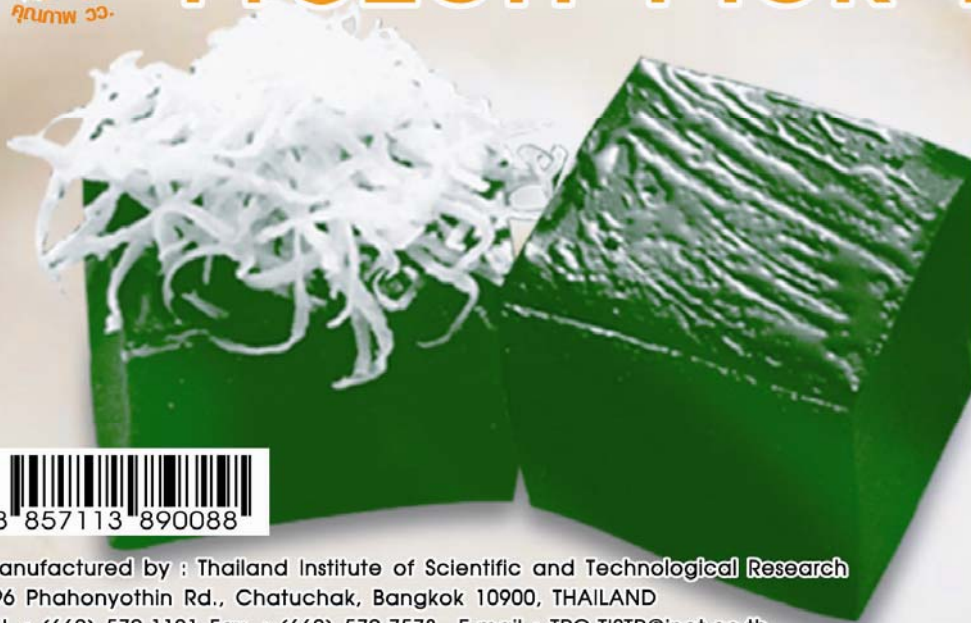
Ingredients : Rice Flour 40% , Tapioca Starch 40%
Coconut Palm Sugar 10% , Coconut 10%



รูปที่ 11. การออกแบบร่างขั้นต้นแบบที่ 1 ของฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง.



Frozen Piek Poon



Manufactured by : Thailand Institute of Scientific and Technological Research
196 Phahonyothin Rd., Chatuchak, Bangkok 10900, THAILAND
Tel. : (662) 579-1121 Fax. : (662) 579-7573 E-mail : TPC-TISTR@inet.co.th

Ingredients :

Rice Flour 40%
Tapioca Starch 40%
Coconut Palm Sugar 10%
Coconut 10%

THAILAND MADE

NET WEIGHT 110g/3.9oz

รูปที่ 12. การออกแบบร่างขั้นต้นแบบที่ 2 ของฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง.



MIX

Frozen Piek Poon

Ingredients : Rice Flour 40% , Tapioca Starch 40%
Coconut Palm Sugar 10% , Coconut 10%



THAILAND MADE
NET WEIGHT 110g/3.9oz



Manufactured by : Thailand Institute of Scientific and Technological Research

196 Phahonyothin Rd., Chatuchak, Bangkok 10900, THAILAND Tel. : (662) 579-1121 Fax. : (662) 579-7573 E-mail : TPC-TISTR@inet.co.th

รูปที่ 13. การออกแบบร่างขั้นต้นแบบที่ 3 ของฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง.

4. การพัฒนาแบบ (developing idea)

แม้ว่าจะเป็นสินค้าส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศ แต่กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายคือ คนไทยที่อาศัยอยู่ในต่างประเทศ, จึงทำการสอบถามความคิดเห็นผู้บริโภคชาวไทยที่รู้จักและคุ้นเคยกับขนมเปียกปูนจำนวน 200 คน พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 51.8 ชอบแบบร่างแบบที่ 2 เนื่องจาก องค์ประกอบโดยรวมลงตัว, ดูเรียบง่าย, สบายตา และเป็นธรรมชาติ, ภาพขนมดูน่ารับประทาน แม้ว่าสีจะผิดเพี้ยนไปจากสีขนมจริงบ้าง. ในขณะที่ผู้บริโภคร้อยละ 26.5 และ 21.7 ชอบแบบร่างแบบที่ 1 และ แบบที่ 3 ตามลำดับ. นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังให้ข้อคิดเห็นอื่น ๆ เช่น แถบบาร์โค้ด (bar code) ที่อยู่ด้านล่างดูเหมาะสมกว่า, จึงได้นำแบบร่างแบบที่ 1 และข้อคิดเห็นต่าง ๆ มาประกอบในการพัฒนาแบบฉลากต่อไป.

5. การคัดเลือกแบบ (selection)

การคัดเลือกแบบทำโดยการนำแบบที่ได้รับการพัฒนาจากแบบร่างแบบที่ 1 ทั้ง 4 แบบ (รูปที่ 14) ไปให้กลุ่มผู้บริโภคชาวไทยจำนวน 200 คน เลือก, โดยให้คะแนนความชอบโดยรวม พบว่าแบบที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 68.5, จึงนำแบบที่ 1 มาพัฒนาในรายละเอียดประกอบกับข้อคิดเห็นที่ได้รับมาจากกลุ่มผู้บริโภคอีกครั้ง.

6. การออกแบบรายละเอียด

แบบร่างของฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งที่ถูกคัดเลือก คือ แบบร่างแบบที่ 1, จากนั้นได้นำข้อเสนอแนะต่าง ๆ มาปรับเพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค, ปรับรูปแบบตัวอักษรให้ดูโดดเด่น, สะดุดตาขึ้น ตลอดจนเพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ที่จำเป็นตามกฎหมายให้ครบถ้วน.

กราฟิกฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งภายหลังปรับรูปแบบ แสดงดังภาพที่ 15.

7. เอกสารเพื่อใช้ในการผลิต (artwork)

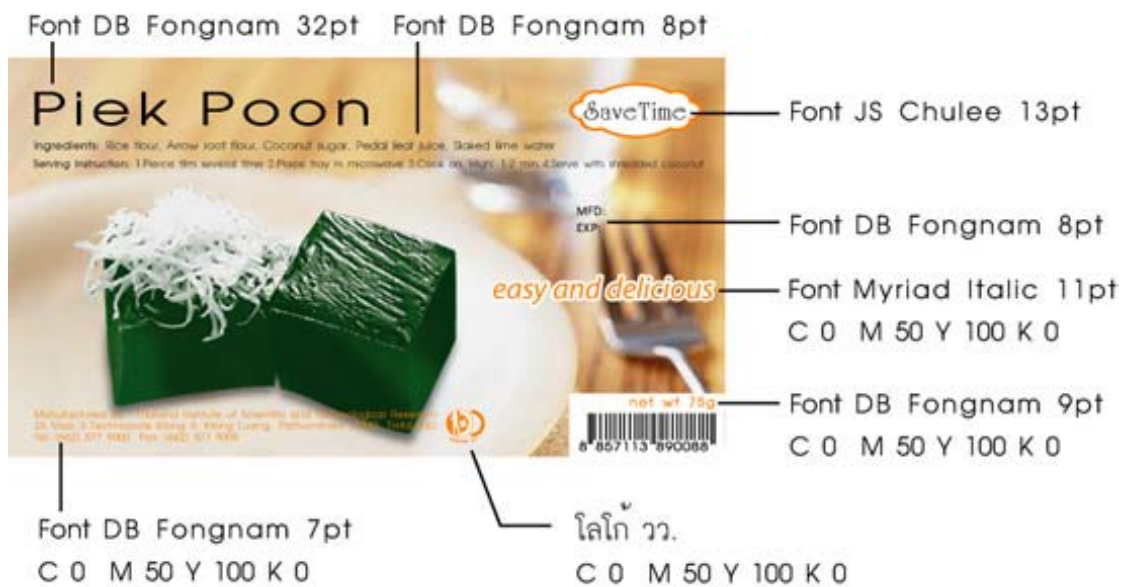
ขั้นตอนสุดท้ายในการออกแบบกราฟิกเป็นการจัดทำเอกสารที่ใช้ในการผลิต (artwork) ซึ่ง artwork ของฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งที่ได้ แสดงดังภาพที่ 16, จากนั้นจึงนำ artwork นี้ไปส่งฉลากเพื่อปิดบนถาดพลาสติกขึ้นรูปร้อนที่ใช้เพื่อการบรรจุขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งได้ทันที.



รูปที่ 14. แบบฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งที่ได้รับการพัฒนาแล้ว.



รูปที่ 15. กราฟิกฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็งภายหลังปรับรูปแบบ.



รูปที่ 16. ต้นฉบับเพื่อการพิมพ์ (artwork) ฉลากขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง.

4. สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง 2 ชนิด ได้แก่ ผักไทย และขนมเปียกปูน, โดยเน้นความสามารถของบรรจุภัณฑ์ในการคุ้มครองสินค้า, ตลอดอายุการวางจำหน่าย และการช่วยแสดงตัวและส่งเสริมการขาย ได้ผลดังนี้.

บรรจุภัณฑ์ผักไทยแช่เยือกแข็ง เป็นถาดขึ้นรูปร้อนทรงเหลี่ยม, ผลิตจากพอลิโพรพิลีน มีขนาด $17.6 \times 12.0 \times 4.0$ ซม., บรรจุผักไทยประมาณ 300 กรัม ก่อนบรรจุของพลาสติกชนิดไนลอนประกบกับพอลิเอทิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน และกล่องกระดาษแข็งพิมพ์ 4 สี ขนาด $18.0 \times 12.1 \times 4.2$ ซม. อีกชั้นหนึ่ง, เพื่อให้ข้อมูลรายละเอียด, สร้างเอกลักษณ์ และเพิ่มความสวยงามให้กับสินค้า. นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ดังกล่าวช่วยยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ได้มากกว่า 1 ปี ทั้งยังอำนวยความสะดวกในการรับประทาน โดยสามารถอุ่นผลิตภัณฑ์ในถาดได้โดยตรง.

บรรจุภัณฑ์ขนมเปียกปูนแช่เยือกแข็ง เป็นถาดขึ้นรูปร้อนผลิตจากพอลิโพรพิลีนเช่นกัน สำหรับบรรจุขนมเปียกปูน 75 กรัม แยกส่วนบรรจุขนมเปียกปูน, มะพร้าว และช้อนออกจากกัน เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการบริโภคสินค้า, ฝาด้านบนปิดผนึกด้วยความร้อนด้วยฉลากฟิล์มพลาสติกพิมพ์รูปภาพ และข้อมูลรายละเอียดของสินค้า เพื่อช่วยส่งเสริมการขาย และดึงดูดใจผู้บริโภค.

5. เอกสารอ้างอิง

- พะสุวรรณ, ปฎิมากร. 2548. การผลิตและการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ข้าวหมกไก่ฮาลาลแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18°C . วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วรรณ โกมล, สุณีย์. 2545. กลยุทธ์การออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการแข่งขันเชิงธุรกิจ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.
- ลีม ไชยวัฒน์, นภสร. 2545. ประสิทธิภาพของการออกแบบกราฟฟิกบนบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อผู้บริโภค. วิทยานิพนธ์นิเทศศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โสภโณดร, ไพรัตน์; วุฒิจำนง, ไพศาล และ ศิริโชค, อัญชลี. 2535. การพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์มั่งคุดแช่เยือกแข็ง. รายงานการวิจัย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- Krochta, J.M. 2006 Introduction to Frozen Food Packaging. *In* Da-Wen Sun, ed. Handbook of Frozen Food Processing and Packaging, Boca Raton, FL: CRC Press. pp. 615-640.
- Lee, K.H. 2006. Plastic Packaging of Frozen Foods. *In* Da-Wen Sun, ed. Handbook of Frozen Food Processing and Packaging, Boca Raton, FL: CRC Press. pp. 641-651.
- Vorakisitatorn, S., Chariyachotilert, S. and Kongcharoenkiat, S. 2006. "Development of Packaging for Frozen "Pad Thai" Fried Noodle". Proceedings of the 15th IAPRI World Conference on Packaging, Tokyo: Japan Packaging Institute. pp 268-272.

ภาคผนวก

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภค

Questionnaire

Consumer Packaging for Frozen Pad Thai (Fried Rice Noodle)

Consumer information

1. Gender	<input type="checkbox"/> Male	<input type="checkbox"/> Female	
2. Age	<input type="checkbox"/> <25 years	<input type="checkbox"/> 25-34 years	<input type="checkbox"/> 35-44 years
	<input type="checkbox"/> 45-54 years	<input type="checkbox"/> > 55 years	
3. Occupation	<input type="checkbox"/> Government employee	<input type="checkbox"/> Private employee	
	<input type="checkbox"/> Housewife	<input type="checkbox"/> Student	<input type="checkbox"/> Others (please specify).....
4. Income	<input type="checkbox"/> < \$20,000/year	<input type="checkbox"/> \$20,000-\$30,000/year	
	<input type="checkbox"/> \$30,001-\$40,000/year	<input type="checkbox"/> \$40,001-\$50,000/year	
	<input type="checkbox"/> \$50,001-\$60,000/year	<input type="checkbox"/> >\$60,000/year	
5. Familiarity with Thai Foods	<input type="checkbox"/> Not familiar	<input type="checkbox"/> Familiar	<input type="checkbox"/> Very familiar

Please check ✓ in the item you prefer and fulfill your satisfaction

Aspects of consideration	Sample No.			
	1	2	3	4
Overall color of package	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least
Graphics	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least
Letter style	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least
Harmonious composition of graphics and letters	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least
Attractiveness (uniqueness, distinctiveness, recognition)	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least
Communication to consumer about the product characteristics	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least
Motivation to buy	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least
Overall preference	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least	<input type="checkbox"/> Best <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Fair <input type="checkbox"/> Least

Comments:.....
.....