การยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

กนกวรรณ แตงกูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2557

The shelf life extension of thin rice noodle

Kanokwan Tangkoon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

For the Degree of Master of Science

Field in Food Science and Technology

Pibulsongkram Rajabhat University

2014

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกนกวรรณ แตงกูล
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา
กรรมการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

.....ประธานคณะกรรมการบัณฑิตศึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ อยู่มี)
วันที่ 16 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2557

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.อุทัยวรรณ ฉัตรธง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
(อาจารย์ ดร.บุณฑริกา สุมะนา)

.....กรรมการและเลขานุการ
(อาจารย์ ดร.หทัยทิพย์ ร้องคำ)

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกนกวรรณ แดงกูล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา

ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีอายุการเก็บรักษาสั้นเนื่องจากเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก โดยมีการ แปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลที่เหมาะสมต่อการลดปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (a_w) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก โดยแปรผันปริมาณกลีเซอรอลร้อยละ 2 และ 3 ร่วมกับการแปรผันปริมาณโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 3 และ 4 จากนั้นศึกษาสภาวะการบรรจุที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก พบว่า ปริมาณกลีเซอรอลร้อยละ 3 และโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 เหมาะสมที่สุดสำหรับการลดค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก เนื่องจากให้น้ำแป้ง ที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดเจล (T_o) อุณหภูมิการเกิดเจล (T_p) อุณหภูมิสิ้นสุดการเกิดเจล (T_c) และค่าเอนทัลปีสำหรับการเกิดเจล (ΔH) สูงที่สุดคือ 76.02±0.14 องศาเซลเซียส 79.40±0.51 องศาเซลเซียส 83.09±0.09 องศาเซลเซียส และ 14.88±3.42 จูล/กรัม ตามลำดับ และก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตได้มีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำที่สุด คือร้อยละ 27.22±0.26 และ 0.920±0.003 ตามลำดับ จากนั้นนำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กดังกล่าวมาแปรผันสภาวะการบรรจุ 3 สภาวะคือ การปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (8±2 องศาเซลเซียส) นาน 3 เดือน พบว่า ค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทุกสภาวะการเก็บรักษา แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นมีผลให้ค่า a_w มีการเพิ่มขึ้นน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก คือการปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น โดยสามารถเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 90 วัน มีต้นทุนการผลิตในส่วนของวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้น 5.13 บาท / ถุง (200 กรัม)

หลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	ลายมือชื่อนักศึกษา.....กนกวรรณ แดงกูล.....
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	ลายมือชื่อประธานที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2557	ลายมือชื่อกรรมการที่ปรึกษา.....

Title	The Shelf Life Extension of Thin Rice Noodle
Author	Miss. Kanokwan Tangkoon
Advisors	Assistant Professor Dr. Thawatchai Supavititpatana
	Assistant Professor Dr. Piyawan Supavititpatana

The microorganisms reduce shelf-life of thin noodle. The objective of this research aimed to reduce water activity (a_w) of the noodle by varying the concentrations of glycerol and propylene glycol for extend shelf-life of that. The 2 and 3% glycerol combined with 2, 3 and 4% propylene glycol were varied. After that, the packing conditions for extend the shelf-life were determined. It was found that a combination of 3% glycerol and 2% propylene glycol was optimized for a_w reduction of thin noodle. It was due to the starch slurry got the highest value of onset temperature (T_o), peak temperature (T_p), conclusion temperature (T_c) and enthalpy of gelatinization (ΔH) which were 76.02±0.14 °C 79.40±0.51 °C 83.09±0.09 °C และ 14.88±3.42 J/g, respectively, and the thin noodle had the lowest moisture content and a_w which were 27.22±0.26% and 0.920±0.003, respectively. Then the packaging conditions were varied 3 conditions including using oxygen absorber, vacuum seal, and vacuum seal combined with using oxygen absorber. The storage temperatures were varied at room temperature (30±2°C) and refrigerator temperature (8±2°C) for 3 months. The results showed that storage at refrigerator temperature provide slower increase a_w than room temperature. The vacuum seal combined with using oxygen absorber and kept at refrigerator temperature was suitable for extended the shelf life of thin rice noodles. That condition would be extending shelf-life of the noodle not less than 90 days. The increasing cost of ingredients for the noodle making and package was 5.13 baht / bag (200 g).

Department	Master of Science	Student's Signature	Kanokwan
Field of Study	Food Science and Technology	Advisor's Signature	Thawatchai S.
Academic Year	2014	Co-Advisor's Signature	Piyawan

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและเป็นกิจกรรมส่งเสริมการวิจัยร่วมกับภาคอุตสาหกรรม ตามโครงการของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (TRFMAG Window I) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาได้มีโอกาสทำวิจัยที่เป็นการแก้ปัญหาในภาพอุตสาหกรรม ในขณะเดียวกันได้พัฒนาคุณภาพงานวิชาการไปพร้อมๆกัน

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงจากอาจารย์ ดร.อุทัยวรรณ ฉัตรชง ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา กรรมการ อาจารย์ ดร.บุณฑริกา สุมะนา ผู้ทรงคุณวุฒิ และอาจารย์ ดร.หทัยทิพย์ ร้องคำ กรรมการและเลขานุการ

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหารทุกท่านที่มอบความรู้ให้เป็นพื้นฐานและสามารถประยุกต์ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหารทุกท่านที่ให้ความรู้และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้กำลังใจตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ สกว. ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยและขอขอบคุณโรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยวนิดย์ สวรรคโลก โดยคุณจักราวุธ ภูวประภาชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการสนับสนุนงบประมาณบางส่วน ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบและขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์การวิจัยในโครงการวิจัยนี้เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนที่ดีตลอดมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กนกวรรณ แตงกูล

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ช
สารบัญภาพ		ซ
บทที่		
1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
	1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
	2.1 ก๋วยเตี๋ยว	4
	2.1.1 ความหมาย	4
	2.1.2 ชนิดของก๋วยเตี๋ยว	5
	2.1.3 คุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว	7
	2.2 ข้าว	7
	2.2.1 โครงสร้างเมล็ดข้าว	8
	2.2.2 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว	8
	1 อะไมโลส (Amylose)	8
	2 อะไมโลเพคติน (Amylopectin)	9
	2.3 แป้งข้าว (Rice)	12
	2.3.1 สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้า	14
	2.4 ถุงไนลอน	18
	2.5 การบรรจุ	18
	2.5.1 การบรรจุผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศ	19
	2.5.2 การบรรจุแบบแอคตีฟ (Active packaging)	20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.6 โพรพิลีนไกลคอล (Propylene glycol).....	22
	2.7 กลีเซอรอล (Glycerol).....	24
	2.8 การใช้สารลดค่า a_w ในอาหาร.....	24
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	27
	3.1 วัตถุดิบ.....	27
	3.2 สารเคมี.....	27
	3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่.....	27
	3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ.....	27
	3.5 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	28
	3.5.1 ศึกษาชนิดและปริมาณสารลดค่า a_w ที่ช่วยลดค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก.....	28
	3.5.2 ศึกษาสภาวะการบรรจุที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก.....	28
	3.5.3 วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น.....	29
4	ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....	30
	4.1 ศึกษาชนิดและปริมาณสารลดค่า a_w ที่ช่วยลดค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก.....	31
	4.2 ศึกษาสภาวะการบรรจุที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก	37
	4.2.1 คุณภาพทางจุลชีววิทยา.....	48
	4.2.1.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด.....	48
	4.2.1.2 จำนวนยีสต์และรา.....	49
	4.3 วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น.....	52
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	53
	5.1 สรุปผลการวิจัย.....	53

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.1 การศึกษาชนิดและปริมาณสารลดค่า a_w ที่ช่วยลดค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก..... 53

5.1.2 ศึกษาสภาวะการบรรจุที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก..... 53

5.1.3 วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น..... 53

บรรณานุกรม..... 54

ภาคผนวก..... 60

ประวัติผู้วิจัย..... 73

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลส และอะไมโลเพคตินแป้ง.....	10
2	องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว.....	12
3	ค่าสมบัติทางความร้อน (thermal property) ของน้ำแป้งตัวอย่างควบคุมและน้ำแป้งที่แปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล.....	30
4	ค่าการละลาย (solubility) กำลังการพองตัว(swelling power, SP) ของน้ำแป้งตัวอย่างควบคุมและน้ำแป้งที่แปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล.....	32
5	ความหนืดของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมและก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งซึ่งมีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล.....	33
6	ค่า a_wของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมและก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งซึ่งมีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล.....	34
7	ปริมาณความชื้นของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมและก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งซึ่งมีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล.....	35
8	ค่าการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยมีการแปรผันปริมาณสารที่ช่วยลดค่า a_w และสูตรควบคุมในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก.....	36
9	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมและก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งซึ่งมีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล.....	37
10	ค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีการแปรผันสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษา.....	40
11	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมและก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งซึ่งมีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล.....	42
12	จำนวนยีสต์และรา (log CFU/กรัม) ในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่แปรผันสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษา.....	51

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	วิธีการผลิตก๋วยเตี๋ยวสด.....	5
2	วิธีการผลิตก๋วยเตี๋ยวกึ่งแห้ง.....	6
3	โครงสร้างอะไมโลส.....	9
4	โครงสร้างอะไมโลเพคติน.....	10
5	วิธีการผลิตแป้งข้าวเจ้า.....	14
6	สูตรโครงสร้างโพรพิลีนไกลคอล (Propylene glycol).....	22
7	สูตรโครงสร้างกลีเซอรอล.....	24
8	จำนวนจุลินทรีย์ในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่แปรผันสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิ..	49
9	ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กบรรจุในถุงไนลอนปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน.....	51

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผู้ประกอบการห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยวนิตย์ สวรรคโลก มีการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กประมาณ 3 ตัน/วัน โดยก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กดังกล่าวมีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้นคือ 5 วัน ทำให้เกิดปัญหาระหว่างการขนส่งเนื่องจากระยะทางไกลทำให้ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเกิดการเน่าเสีย จึงเกิดการส่งก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่หมดอายุกลับคืนโรงงานประมาณร้อยละ 10 คิดเป็นมูลค่าความเสียหายประมาณ 6,000 บาท/วัน (ราคาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กกิโลกรัมละ 20 บาท) เนื่องจากมีจุลินทรีย์เจริญเติบโตจนลูกค้าสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า ผู้ประกอบการจึงต้องการยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กให้นานกว่า 5 วันที่อุณหภูมิห้อง

การเสื่อมเสียของก๋วยเตี๋ยวโดยส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากแบคทีเรีย ยีสต์และรา (Ray, 2001) การเสื่อมเสียดังกล่าวนอกจากจะสร้างความสูญเสียให้กับผู้ประกอบการแล้วยังอาจเป็นสาเหตุของโรคทางเดินอาหาร (Food poisoning) (Ghaffar et al., 2009) ซึ่งปริมาณน้ำและอากาศภายในภาชนะบรรจุเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Water activity, a_w) มีความสำคัญต่อการเสื่อมเสียของอาหารมากกว่าปริมาณความชื้นและมีความสัมพันธ์กับการเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาเคมี เอนไซม์และลักษณะทางกายภาพ (Maltini et al., 2003) ส่วนอากาศภายในภาชนะบรรจุมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ต้องการอากาศในการดำรงชีวิต ดังนั้นการบรรจุอาหารในสภาวะสุญญากาศจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ (Ntzimani et al., 2010)

Gliemmo et al. (2006) กล่าวว่าการใช้สารลด a_w หลายชนิดร่วมกันมีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้สารลด a_w เพียงชนิดเดียว สอดคล้องกับการรายงานของ Li et al. (2011) ซึ่งพบว่าการใช้กลีเซอรอล (Glycerol) (ร้อยละ 3) ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอล (Propylene glycol) (ร้อยละ 2) ช่วยลดปริมาณ a_w ในก๋วยเตี๋ยวเส้นสดได้มาก โดยลดค่า a_w จาก 0.979 เหลือเพียง 0.900

Rachtanapun and Tangnonthaphat (2011) ศึกษาผลของชนิดบรรจุภัณฑ์ที่มีต่ออายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวสด โดยแปรผันบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิด คือ การหุ้มด้วยฟิล์ม HDPE (High density polyethylene) ถุง HDPE ถุง PET (Polyethylene terephthalate) และถุงไนลอน (Nylon) ภายใต้สภาวะสุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ก๋วยเตี๋ยวสด

ที่บรรจุในถุงไนลอนมีอายุการเก็บนานที่สุด คือ 13 วัน เนื่องจากถุงไนลอนมีสมบัติในการยอมให้ออกซิเจนและไอน้ำซึมผ่านน้อยที่สุดคือ 91.28 กรัม/ตารางเมตร/วัน และ 0.090 กรัม/ตารางเมตร/วัน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาผลของสภาวะการเก็บที่มีต่ออายุการเก็บข้าวกล้องงอกในถุงไนลอนโดยการแปรผันสภาวะการบรรจุ 3 แบบ คือ ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน พบว่าการปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจนเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาข้าวกล้องงอก เนื่องจากข้าวกล้องงอกมีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ สามารถเก็บได้นานกว่า 6 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากการปิดผนึกสุญญากาศเพียงอย่างเดียวมีผลให้อากาศซึมผ่านเข้าไปภายในถุงได้จากการเกิดรูรั่วเนื่องจากเมล็ดข้าวกล้องงอกแทงถุงไนลอน (ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนาและคณะ, 2553) แต่การนำถุงไนลอนมาบรรจุก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาอาจไม่เกิดรูรั่วเนื่องจากก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กไม่มีความคมเหมือนเมล็ดข้าวกล้องงอก ดังนั้นสำหรับการศึกษาผลของสภาวะการบรรจุที่มีต่ออายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กจึงควรศึกษาทั้ง 3 รูปแบบ คือ การปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณสารลดค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กได้

1.2.2 เพื่อศึกษาสภาวะการบรรจุที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กได้

1.2.3 เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 สารลดค่า a_w ที่ศึกษา คือกลีเซอรอล ปริมาณร้อยละ 2 และ3 โพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 3 และ4

1.3.2 สภาวะการบรรจุก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ศึกษา คือ ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน ร่วมกับการแปรผันอุณหภูมิการเก็บรักษา 2 อุณหภูมิ คือ อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (8±2 องศาเซลเซียส)

1.3.3 วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตในส่วนวัตถุดิบที่เพิ่มขึ้นเฉพาะการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรที่มีค่า a_w ต่ำที่สุดและสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่องานวิจัยสัมฤทธิ์ผลดังคาดจะทำให้ผู้ประกอบการสามารถผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและบรรจุในสภาวะที่สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้นานกว่า 5 วัน ซึ่งจะทำให้ลดการสูญเสียก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและเพิ่มยอดการจำหน่ายก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กได้มากขึ้นจากการที่อายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กนานขึ้น ส่งผลให้ผู้ประกอบการมีรายได้เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังสะท้อนให้เห็นโอกาสของการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนในอนาคต เนื่องจากผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีอายุการเก็บนานขึ้น จึงสะดวกในการขนส่งและการวางจำหน่ายทำให้โอกาสในการขยายตลาดสินค้าไปยังภูมิภาคอื่นหรือต่างประเทศเป็นไปได้สูงมาก

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ก๋วยเตี๋ยว

ก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากประเทศจีน โดยก๋วยเตี๋ยวแปรรูปจากข้าวเจ้าและเป็นอาหารที่คนไทยนิยมบริโภค เนื่องจากสามารถนำมาทำเป็นอาหารได้หลายรูปแบบจนปัจจุบันกลายเป็นผลิตภัณฑ์อาหารส่งออก (ในรูปก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง) ไปยังประเทศต่าง ๆ เช่น ฮ่องกง เกาหลี ญี่ปุ่น และอเมริกา เป็นต้น (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547; Hormdok and Noomhorn, 2007) และตลาดก๋วยเตี๋ยวข้าวเจ้ายังมีการเติบโตมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคมีความสนใจในผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มากขึ้น (Wood and Ho, 2005) ทั้งนี้เนื่องมาจากก๋วยเตี๋ยวมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เฉพาะตัว ไม่ว่าจะเป็นเนื้อสัมผัส กลิ่น รวมถึงรสชาติ (Luh, 2001) นอกจากนี้ยังมีผู้บริโภคชาวตะวันตกเลือกรับประทานก๋วยเตี๋ยวแทนพาสต้าซึ่งทำมาจากแป้งสาลีเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากก๋วยเตี๋ยวซึ่งทำมาจากข้าวนั้นย่อยง่าย ไม่มีกลิ่นรสและไม่มีโปรตีนกลูเตนอันก่อให้เกิดอาการแพ้ได้ ทั้งยังมีราคาถูกและมีคุณค่าทางอาหารอีกด้วย (Virtucio, 2005)

2.1.1 ความหมาย

เส้นก๋วยเตี๋ยว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำจากข้าวเจ้าหรือแป้งข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียว ทำให้เป็นแผ่นบาง นึ่งให้สุก ตัดเป็นเส้น ในปัจจุบันอาจมีการนำแป้งชนิดอื่นมาผสม เช่น แป้งมันสำปะหลัง เพื่อเป็นตัวประสาน ทำให้เป็นแผ่นได้ดีขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการลวกให้สุก หรือเติมน้ำเดือดจะต้องมีสีขาวนวล นุ่ม เหนียว ไม่เกาะติดกันและมีกลิ่นรสตามธรรมชาติ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2531; สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2533) ให้ความหมายของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กไว้ว่า เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งทำจากข้าวเจ้าที่นำมาโม่หรือแป้งข้าวเจ้า ซึ่งอาจมีแป้งชนิดอื่นผสมอยู่ด้วยกันก็ได้ ทำให้เป็นแผ่นบาง นึ่งให้สุก ตัดเป็นเส้นแล้วทำให้แห้ง

คุณลักษณะที่ต้องการของเส้นก๋วยเตี๋ยวตามมาตรฐาน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533)

ลักษณะทั่วไป : ก๋วยเตี๋ยวในภาชนะเดียวกันต้องมีขนาดเส้นใกล้เคียงกัน

ความหนา : ต้องมีความสม่ำเสมอโดยมีความหนาเฉลี่ยไม่เกิน 0.7 มิลลิเมตร และความหนาที่วัดได้จากตำแหน่งใดๆ จะต่างจากความหนาเฉลี่ยได้ไม่เกิน 0.2 มิลลิเมตร

สี : มีสีขาวนวล สม่ำเสมอ

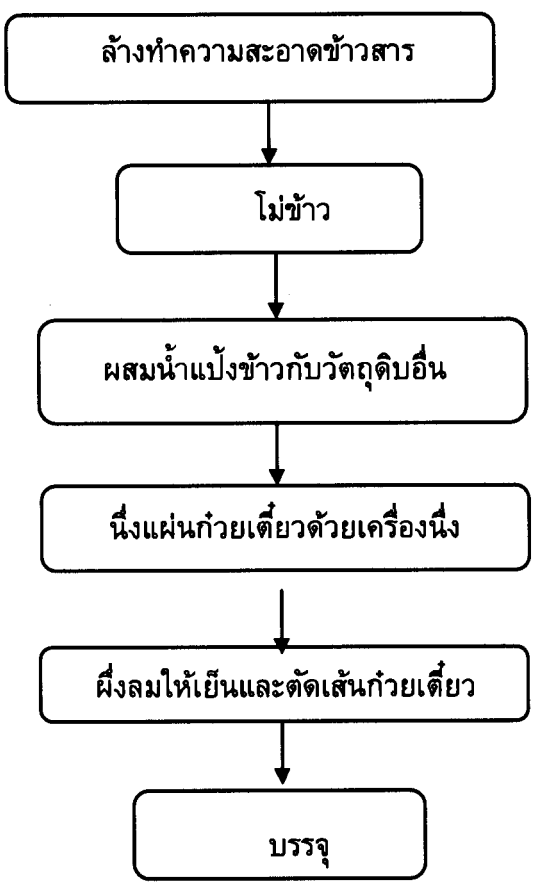
กลิ่นรส : มีกลิ่นรสตามธรรมชาติไม่มีกลิ่นหืนหรือกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์อื่นๆ

ลักษณะเนื้อ : นิ่มและเหนียวไม่เกาะติดกัน

2.1.2 ชนิดของก๋วยเตี๋ยว

การจำแนกประเภทก๋วยเตี๋ยวทำได้หลายแบบ เช่น การจำแนกตามขนาดของเส้นก๋วยเตี๋ยว วัตถุดิบที่นำมาผลิต กรรมวิธีการผลิต เป็นต้น (Bhattacharya *et al.*, 1999) แต่ที่นิยมใช้กันมาก คือ จำแนกตามปริมาณความชื้นภายในเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยจำแนกได้เป็น 3 ชนิด (งามชื่น คงเสรี, 2541ก) คือ

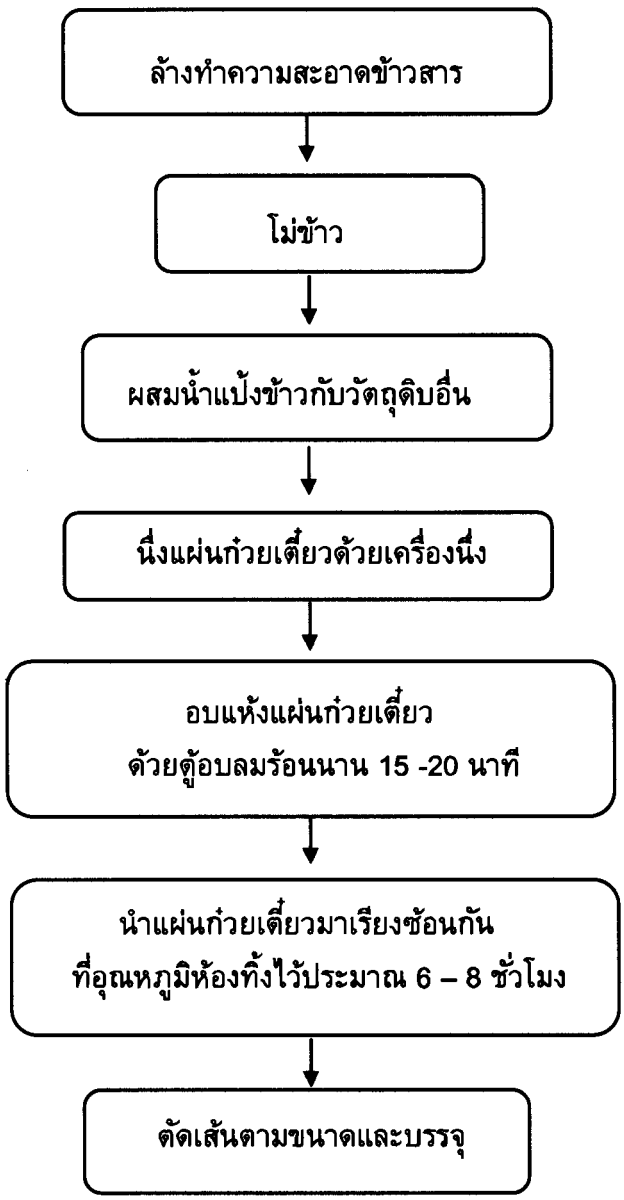
1. เส้นก๋วยเตี๋ยวสด คือ ก๋วยเตี๋ยวที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 62 - 64 มีวิธีการผลิต ดังภาพ 1 นิยมทาแผ่นก๋วยเตี๋ยวด้วยน้ำมันพืช เช่น น้ำมันถั่วลิสง เพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นก๋วยเตี๋ยวติดกัน จากนั้นจึงนำแผ่นก๋วยเตี๋ยวสดมาตัดเป็นเส้น ซึ่งอาจเป็นเส้นใหญ่ที่มีขนาดกว้าง 1.5 - 2.5 เซนติเมตร หรือเส้นเล็กขนาด 0.4 - 0.5 เซนติเมตร เนื่องจากเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดนี้ไม่ผ่านการทำแห้ง จึงมีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 - 2 วัน



ภาพ 1 วิธีการผลิตก๋วยเตี๋ยวสด

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล (2547

2. เส้นก๋วยเตี๋ยวกึ่งแห้ง คือ เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากการนำเส้นสดมาผึ่งลมจนมีความชื้นประมาณร้อยละ 37 แล้วจึงตัดเป็นเส้น ตามวิธีการผลิตในภาพ 2 โดยปกติแล้วเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดนี้มีอายุการเก็บรักษา 1 - 2 วัน เช่นเดียวกับเส้นก๋วยเตี๋ยวสด



ภาพ 2 วิธีการผลิตก๋วยเตี๋ยวกึ่งแห้ง

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล (2547)

3. เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง คือ เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำให้แห้งด้วยการอบลมร้อนหลังจากการตัดเป็นเส้นแล้ว ก๋วยเตี๋ยวชนิดนี้ มีความชื้นประมาณร้อยละ 13 หรือต่ำกว่า และในการผลิตนั้นไม่มีการทาน้ำมัน เพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นหืน จึงสามารถเก็บรักษาได้นาน

2.1.3 คุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว

1. คุณภาพทางฟิสิกส์

คุณภาพทางฟิสิกส์ของเส้นก๋วยเตี๋ยวตามที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2533) กำหนด คือ ต้องมีขนาดเส้นใกล้เคียงกัน มีความสม่ำเสมอ สีขาวนวลสม่ำเสมอและมีกลิ่นรสตามธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นหืนหรือกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่น ปกติสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวมีความแตกต่างกันขึ้นกับคุณภาพข้าวที่ใช้ในการผลิต โดยข้าวที่มีโปรตีนสูงมักมีสีคล้ำในขณะข้าวที่มีโปรตีนต่ำมีสีขาวนวล สีเหลืองคล้ำนี้เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดอะมิโนกับน้ำตาลให้สารประกอบสีน้ำตาล ซึ่งสีเหลืองจะเกิดมากขึ้นถ้าใช้น้ำที่มีสมบัติเป็นเบส การขัดขาวมีผลต่อสีของก๋วยเตี๋ยวมาก ข้าวที่ผ่านการขัดขาวทำให้โปรตีนถูกกำจัดออกไปมาก ส่งผลให้ก๋วยเตี๋ยวมีสีขาวขึ้น (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538)

2. คุณภาพทางเคมี

ก๋วยเตี๋ยวอบแห้งโดยทั่วไปมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับข้าวที่ใช้ผลิต คือ มีโปรตีนร้อยละ 7.14 ไขมันร้อยละ 0.89 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 91.12 และเส้นใยร้อยละ 0.35 (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538) โดยมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 มีอะฟลาทอกซินไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และอนุญาตให้ใช้วัตถุเจือปนอาหาร ได้แก่ โซเดียมหรือโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์หรือโซเดียมหรือโพแทสเซียมไฮโดรเจนซัลไฟต์หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณที่เหมาะสม แต่ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลือในก๋วยเตี๋ยวต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533)

2.2 ข้าว

ข้าวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Orayza sativa* L. จัดเป็นธัญชาติ หมายถึงธัญพืชวงศ์หญ้าซึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีเปลือกแข็งหุ้มเมล็ด ข้าวจัดเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูง คาร์โบไฮเดรตเกิดขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยทำการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำให้กลายเป็นน้ำตาล เกิดการจัดเรียงตัวเป็นโมเลกุลที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ในแป้งข้าวประกอบด้วยสายโซ่พอลิเมอร์ที่สำคัญ 2 ชนิดคือ อะไมโลสและอะไมโลเพคติน จัดเรียงตัวกันอยู่เป็นเม็ดกลมที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า เม็ดแป้ง (Starch granule) (Miles *et al.*, 1985) ข้าวที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวควรจะเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ระหว่างร้อยละ 27 - 33 และควรเป็นข้าวเก่าที่เก็บไว้แล้วอย่างน้อย 3 - 4 เดือน (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

2.2.1 โครงสร้างเมล็ดข้าว

อรอนงค์ นัยวิกุลและคณะ (2543) และอรอนงค์ นัยวิกุล (2547) ได้กล่าวถึงโครงสร้างของเมล็ดข้าวไว้ ดังนี้

1) เปลือกหุ้มผล (Pericarp)

เปลือกหุ้มผลอยู่ถัดจากเปลือกแข็ง (Husk) ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างต่างๆ 3 ชั้น คือชั้นเปลือกนอก (Epicarp) ชั้นกลาง (Mesocarp) และชั้นใน (Endocarp) ประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่และแร่ธาตุต่าง ๆ นอกจากนี้ยังพบว่ามีสารให้สี ซึ่งทำให้เมล็ดข้าวกล้องมีสีต่าง ๆ คือมีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลเกือบดำ

2) เปลือกหุ้มเมล็ด (Testa) และเยื่อโปร่งใส (Hyaline layer)

เปลือกหุ้มเมล็ดและเยื่อโปร่งใสเป็นชั้นที่มีเซลล์แถวเดียวหรือแถวคู่โดยเซลล์แถวในจะมีสารให้สีอยู่ด้วย ทำให้เปลือกของธัญชาติมีสีต่างกัน ส่วนเยื่อโปร่งใสจะอยู่ถัดจากเปลือกหุ้มเมล็ด มีลักษณะใสไม่มีสี

3) เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด (Aleurone)

เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด ประกอบด้วยเซลล์แถวเดี่ยวหรือหลายแถวขึ้นอยู่กับชนิดของธัญชาติ เป็นแหล่งสะสมโปรตีน ไขมันและแร่ธาตุรวมทั้งกรดไฟทิก (Phytic acid)

4) เนื้อเมล็ด (Endosperm)

เนื้อเมล็ด เป็นเซลล์ที่มีผนังบางหุ้มเม็ดสตาร์ชและสารอาหารอื่น ได้แก่ โปรตีนและไขมันอยู่ภายใน มีรูปร่างต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับบริเวณของเมล็ด ถ้าอยู่ใกล้ชั้นเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดจะมีรูปร่างยาวรี ถัดเข้ามายิ่งใกล้ใจกลางจะยิ่งกลมมน

5) คัพภะ (Embryo)

คัพภะข้าว เป็นส่วนที่จะเจริญไปเป็นต้นอ่อน อยู่ตอนล่างมีชั้นสคูเทลลัม (Scutellum) คั่นระหว่างเนื้อเมล็ดกับส่วนของคัพภะ ที่ประกอบด้วยยอดอ่อนและรากอุดมด้วยสารอาหารโปรตีน ไขมัน วิตามินและแร่ธาตุ องค์ประกอบหลักของข้าว คือคาร์โบไฮเดรต โดยพบมากถึงร้อยละ 90 ของน้ำหนัก

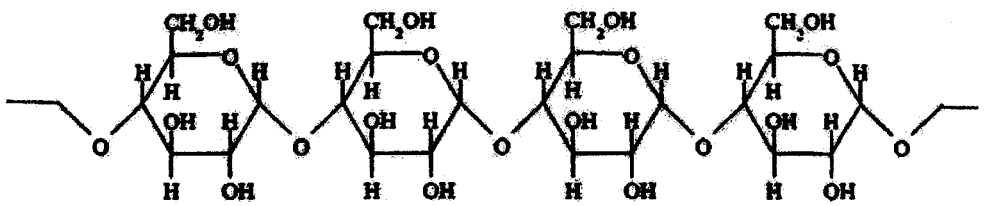
2.2.2 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวที่ใช้บริโภคเป็นอาหารนั้น ประกอบด้วยแป้งประมาณร้อยละ 90 แป้งที่ประกอบกันเป็นเมล็ดข้าวมี 2 ชนิด คือ อะไมโลส (Amylose) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของ D-glucose ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงและอะไมโลเพคติน (Amylopectin เป็น polymer ของ D-glucose) ที่มีโครงสร้างต่อกันเป็นแขนง

1)อะไมโลส (Amylose)

อะไมโลสเป็นพอลิเมอร์สายยาวของน้ำตาลกลูโคส ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสหรือหน่วย α- D -กลูโคไพราโนซิล ประมาณ 200 - 2,100 หน่วย เรียงต่อกัน

ด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง α- D(1-4) จึงเป็นหน่วยที่ซ้ำ ๆ กันของน้ำตาลมอลโทสด้วย จัดว่าโมเลกุลของอะไมโลสเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสสายที่มีขนาดใหญ่มากมีน้ำหนักของโมเลกุลประมาณ 10 ดาลตัน โครงสร้างอะไมโลสแสดงดังภาพ 3 อะไมโลสในสตาร์ชบางชนิดอาจมีพันธะ α-D(1-6) ประมาณร้อยละ 0.3 - 0.5 ของพันธะทั้งหมด อะไมโลสไม่ละลายน้ำแต่เมื่อเติมน้ำลงไป อะไมโลสจะเกาะกันเป็นตะกอนที่ไม่ละลายและเนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลสเป็นสายยาวจึงมีโอกาสที่จะจับคู่กับอะไมโลสอีกโมเลกุลหนึ่ง เป็นสายยาวคู่ขนานเกาะด้วยพันธะไฮโดรเจนกลายเป็นตาข่ายที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงและตกตะกอนได้ ปรากฏการณ์เช่นนี้ เรียกว่า รีโทรเกรเดชันและตะกอนที่ได้เรียกว่า retrograded starch แต่ถ้าพวกที่ไม่มีอะไมโลส เช่น ข้าวเจ้าบางสายพันธุ์จะไม่มีการเกิดรีโทรเกรเดชัน (กล้าณรงค์ ศรีรอตและเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550)

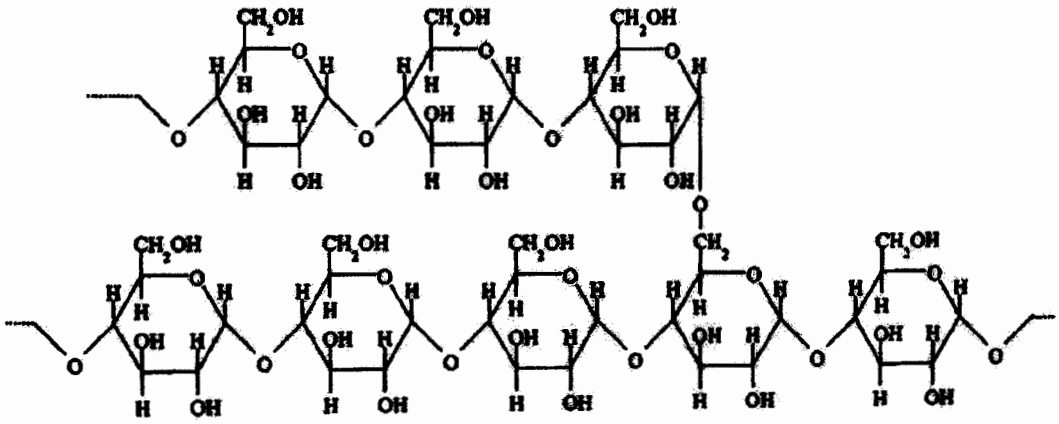


ภาพ 3 โครงสร้างอะไมโลส

ที่มา : สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551)

2) อะไมโลเพคติน (Amylopectin)

อะไมโลเพคตินเป็นโฮโมพอลิแซคคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในเม็ดแป้งประมาณร้อยละ 70 - 100 มีโครงสร้างของโมเลกุลเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีสายแขนงแยกออกมา (ภาพ 4) ซึ่งแต่ละแขนงจะมีน้ำตาลกลูโคสประมาณ 20 - 25 หน่วย ดังนั้นในโมเลกุลของอะไมโลเพคตินจึงมีทั้งพันธะ α-(1-4) และ α-(1-6) โดยจุดแยกของสายแขนงมีประมาณร้อยละ 4 - 5 ของพันธะทั้งหมดโดยปกติอะไมโลเพคตินมีขนาดของโมเลกุลใหญ่กว่าอะไมโลสมาก มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 10^6 – 5 x 10^8 ดาลตัน และทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีแดง



ภาพ 4 โครงสร้างอะไมโลเพคติน

ที่มา : สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551)

สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินแสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน

สมบัติ	อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
1. ละลายน้ำ	ละลายน้ำได้ดีกว่า	ละลายน้ำได้น้อยกว่า
2. เมื่อต้มในน้ำ	หนืดข้นน้อยกว่าแต่ข้นกว่า	หนืดข้นมากกว่าและใส
3. การให้สี	ให้สีน้ำเงินแก่กับไอโอดีน	ให้สีแดงม่วงหรือสีน้ำตาล
4. โครงสร้างโมเลกุล	โมเลกุลต่อกันเป็นเส้นตรง	โมเลกุลต่อกันคล้ายกิ่งไม้
5. โครงสร้างประกอบด้วย	กลูโคส 200 - 2,100 หน่วย	แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20 - 25 หน่วย
6. เมื่อต้มทิ้งไว้	จับเป็นวุ้นได้ (Gelation)	ไม่จับตัวเป็นวุ้น

ที่มา : กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2550)

กรมการข้าว (2555) กล่าวว่าข้าวมี 2 ประเภท คือ ข้าวเหนียวและข้าวเจ้า มีรายละเอียดดังนี้

1) ข้าวเหนียว (Glutinous or waxy rice) ข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้งประเภทอะไมโลเพคตินประมาณร้อยละ 95 มีแป้งประเภทอะไมโลสน้อยมากหรือบางพันธุ์ไม่มีเลย แต่แป้งอะไมโลเพคตินเมื่อหุงจะสุกง่ายและอ่อนนุ่ม

2) ข้าวเจ้า (Non-glutinous rice, Non-sticky rice, Non-waxy) แป้งจากข้าวเจ้าจะมีอะไมโลเพคตินเป็นองค์ประกอบหลักและอะไมโลสเป็นองค์ประกอบรอง แต่โดยทั่วไปมักนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยกล่าวถึงอะไมโลสเป็นหลักสำคัญ อัตราส่วนของอะไมโลสและ

อะไมโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ข้าวที่มีอะไมโลสสูงในระหว่างการหุงต้ม จะดูดน้ำได้มากกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ปริมาณอะไมโลสทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น ข้าวที่มีอะไมโลสสูงเมื่อหุงต้มสุก จึงร่วนกว่าและแข็งกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ข้าวเหนียวเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (ร้อยละ 0 - 2) เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะเหนียวมาก ได้แก่ ข้าวเหนียวสันป่าตอง กข6 และ กข10 ส่วนข้าวเจ้าเนื่องจากมีหลายพันธุ์ เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะแตกต่างกันซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

2.1) ข้าวอะไมโลสต่ำ เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 10 - 19 เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะนุ่มเหนียว ได้แก่ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 กข15 กข21 ปทุมธานี1 ข้าวเจ้าหอมคลองหลวง1 ข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี และข้าวสังข์หยดพัทลุง เป็นต้น

2.2) ข้าวอะไมโลสปานกลาง เป็นข้าวที่มีอะไมโลสร้อยละ 20 - 25 เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกค่อนข้างนุ่มเหนียวเล็กน้อย ได้แก่ ข้าวพันธุ์ กข7 กข23 สุพรรณบุรี60 ขาวปากหม้อ ขาวตาแห้ง17 สุพรรณบุรี2 เข็มทอง เล็บนกปัตตานี ไข่มดริ้น ดอกพยอม และหอมจันทร์ เป็นต้น

2.3) ข้าวอะไมโลสสูง เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสมากกว่าร้อยละ 25 เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะร่วนค่อนข้างแข็ง ได้แก่ ข้าวพันธุ์นางพญา132 กู้เมืองหลวง แก่นจันทร์ กันตัง เฉี้ยงพัทลุง ชัยนาท1 กข25 กข1 กข13 ลูกแดงปัตตานี ปทุมธานี60 สุพรรณบุรี1 สุพรรณบุรี90 เหลืองประทิว123 และปราจีนบุรี1 เป็นต้น

ข้าวทั้งสามประเภทนี้ใช้วิธีการหุงต้มที่แตกต่างกัน คือ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะใช้น้ำน้อยกว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงกว่า ซึ่งตามมาตรฐานข้าวปัจจุบันไม่มีการกำหนดชนิดของข้าวตามคุณภาพข้าวสุก ดังนั้นจึงทำให้คุณภาพในการหุงต้มไม่แน่นอน ผู้บริโภคต้องใช้ประสบการณ์ส่วนตัวในการปรับปริมาณน้ำอยู่เสมอ การหุงต้มข้าวสารสามารถพิจารณาจากปัจจัยแป้งสุกและระยะเวลาการหุงต้ม อะไมโลส โปรตีน ความคงตัว สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวแสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น	12.0
คาร์โบไฮเดรต	79.2
โปรตีน	7.0
ไขมัน	0.4
เถ้า	0.5
เส้นใย	0.9

ที่มา : กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2550)

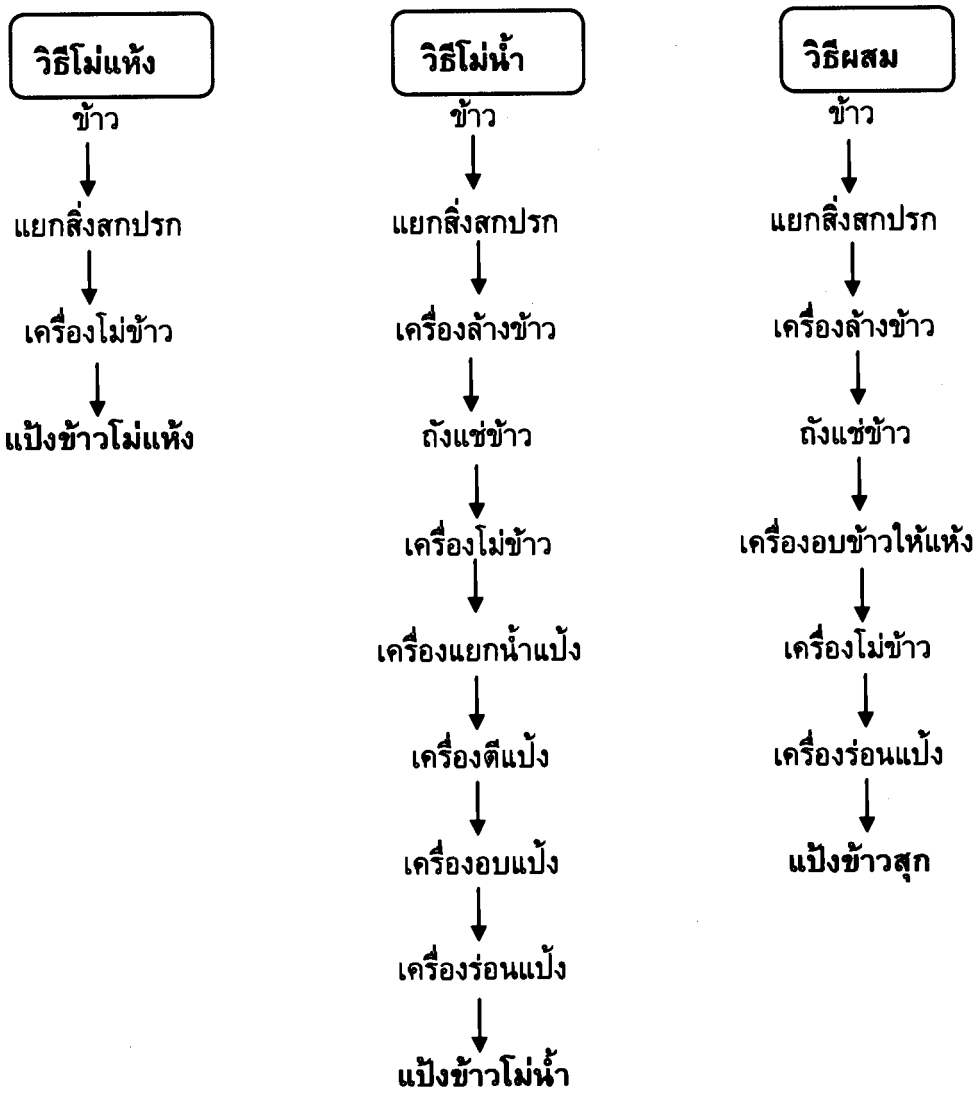
2.3 แป้งข้าว (Rice)

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชชั้นสูง พบในคลอโรพลาสต์ (ในใบ) และในส่วนที่พืชใช้เป็นแหล่งเก็บอาหาร เช่น เมล็ดและหัว มนุษย์ที่ได้รับแป้งจากพืชแตกต่างกันตามภูมิประเทศในโลกทางด้านทวีปอเมริกาเหนือ ทวีปอเมริกากลาง มีข้าวโพด ข้าวสาลีเป็นแหล่งให้แป้งที่สำคัญ ยุโรปมีมันฝรั่ง แถบเอเชียและแอฟริกามีข้าวและมันสำปะหลัง เป็นต้น แต่ที่สำคัญที่มีการใช้กันทั่วโลก คือ แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวสาลีและแป้งมันสำปะหลัง แป้งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในโภชนาการของมนุษย์ อาหารส่วนใหญ่จะมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักของทุกชนชาติ เช่น ข้าว ขนมปัง ก๋วยเตี๋ยวและพาสต้า เป็นต้น ถึงแม้ว่าบทบาทที่สำคัญของแป้ง คือ ใช้เป็นแหล่งอาหารพลังงานสูงของมนุษย์ แต่จากสมบัติเฉพาะของแป้งจึงได้มีการนำแป้งมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อปรับปรุงสมบัติของอาหาร เช่น ทำให้เกิดเจล ควบคุมความคงตัวและเนื้อสัมผัสของอาหารจำพวกซอส ซุปและน้ำปรุงรสอาหาร ป้องกันเนื้อสัมผัสของอาหารเสียรูป เนื่องจากกระบวนการแช่แข็งและคืนรูปจากเยือกแข็ง (Freeze-thaw) สภาวะกรด การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization) เป็นต้น นอกจากใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแล้ว ยังมีการนำแป้งมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่น เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมกาวและอุตสาหกรรมแป้งดัดแปร เป็นต้น (กล้าณรงค์ ศรีรอตและเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550)

แป้งข้าวมีทั้งชนิดแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต คือข้าวหักหรือปลายข้าว กรรมวิธีการผลิตมี 3 วิธี คือ วิธีโม่แห้ง วิธีโม่น้ำและวิธีผสม ซึ่งมีขบวนการผลิตดังแสดงในภาพ แป้งที่ได้จากการโม่แห้งจะมีคุณภาพต่ำ เพราะเม็ดแป้งค่อนข้างหยาบและมีสิ่งเจือปนสูง อายุการเก็บรักษาสั้น เพราะเกิดกลิ่นหืนและถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย สำหรับวิธีการโม่น้ำเป็นวิธีการผลิตแป้งข้าวในปัจจุบัน แป้งมีคุณภาพดี มีความละเอียดและสิ่งเจือปนน้อย เทคโนโลยีการผลิตแป้งโดยวิธีการโม่น้ำได้รับการพัฒนามาช้านาน

ซึ่งพันธุ์ข้าวไทยดั้งเดิมส่วนใหญ่มีอะไมโลสสูง ดังนั้นการผลิตแป้งในปัจจุบันยังคงมุ่งเน้นแป้งข้าวเจ้าชนิดแอมิโลสสูงการผลิตแป้งข้าววิธีผสม เป็นการโม่แป้งจากข้าวที่แช่น้ำและอบแห้งด้วยความร้อนก่อนโม่เป็นแป้ง แป้งชนิดนี้เป็นแป้งคุณภาพสูงและนำไปใช้ทำขนมเฉพาะอย่าง เช่น ขนมโก๋จากแป้งข้าวเหนียว ซึ่งงามชื่น คงเสรี(2541ข) ได้อธิบายกรรมวิธีในการผลิตแป้งดังแสดงอยู่ในภาพ 5

Yoenyongbuddhagal and Noomhorm (2002) รายงานไว้ว่า ข้าวเจ้าแต่ละพันธุ์มีผลต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว กล่าวคือข้าวแต่ละพันธุ์ให้ความเหนียวแก่เส้นก๋วยเตี๋ยวต่างกัน เนื่องจากข้าวเป็นธัญชาติที่ไม่มีโปรตีนกลูเตนเหมือนในข้าวสาลี ดังนั้นคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวจึงขึ้นอยู่กับสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชข้าวโดยตรง ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดโครงสร้างร่างแหในก๋วยเตี๋ยวและพบว่าค่าความแข็งแรงของเจล (Gel hardness) มีความสัมพันธ์อย่างมากกับคุณภาพของเส้นหมี่ ส่วน Chrastil (1994) กล่าวว่า การเก็บรักษาส่งผลให้เมล็ดข้าวสามารถดูดน้ำและมีการพองตัวได้เพิ่มขึ้น แต่มีการสูญเสียของแข็งในระหว่างการหุงต้มลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า เมล็ดข้าวมีความแข็งแกร่งมากขึ้น เป็นผลให้มีผลผลิตที่ได้จากการโม่เพิ่มขึ้น เมื่อนำข้าวเก่ามาหุง พบว่าต้องใช้ระยะเวลาการหุงเพิ่มขึ้น แต่มีเมล็ดข้าวหักลดลงและข้าวสุกมีความร่วนมากขึ้น นอกจากนี้ อรพิน ภูมิภมร (2533) ได้ระบุว่า การใช้ข้าวเก่าเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๋วยเตี๋ยวจะทำให้แผ่นก๋วยเตี๋ยวที่นึ่งไม่ติดสายพาน เส้นไม่อมน้ำเมื่อนำไปประกอบอาหาร เส้นที่ได้มีความเหนียว ไม่ขาดง่าย นอกจากนี้ข้าวเก่ายังให้เนื้อก๋วยเตี๋ยวมากกว่า เพราะมีสมบัติในการดูดน้ำและขยายตัวได้สูงจึงมีการสูญเสียจากการล้างน้ำน้อย



ภาพ 5 วิธีการผลิตแป้งข้าวเจ้า

ที่มา : งามชื่น คงเสรี (2541ข)

สมบัติทางเคมีกายภาพ ของแป้งข้าวเจ้า

1) ความหนืด (viscosity)

ความหนืดของสตาร์ชในแป้งเป็นสมบัติที่สำคัญสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ พฤติกรรมความข้นหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไปในแป้งแต่ละชนิด โดยทั่วไปแป้งที่ผลิตจากรากพืชและแป้งจากสตาร์ชที่มีอะไมโลเพกตินสูงให้ความหนืดมากกว่าแป้งชนิดอื่น (อรพิน ภูมิภมร, 2533) นอกจากนี้วิธีการโม่ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งโดย Yoenyongbuddhagal and Noomhorm (2002) ได้ตรวจสอบการ

เปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเจ้าพันธุ์เสาไห้เปรียบเทียบวิธีการเตรียมแป้งโดยการโม่แห้งและโม่เปียกด้วยเครื่อง RVA โดยแป้งที่ได้จากการโม่แห้งมีอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด (80.70 องศาเซลเซียส) สูงกว่าแป้งโม่เปียก (77.87 องศาเซลเซียส) แต่มี peak viscosity (202.71 RVU) breakdown (45.88 RVU) และ final viscosity (326.50 RVU) ต่ำกว่าแป้งโม่น้ำ (309.87 84.92 และ 373.21 RVU ตามลำดับ)

2) ความคงตัวของเจล (Gel consistency)

ข้าวกลุ่มที่มีอะไมโลสสูงยังคงมีความแตกต่างกันด้านคุณภาพข้าวสุก เช่น ข้าวที่มีแป้งสุกแข็งเมื่อหุงสุกแล้วมีเนื้อสัมผัสแข็งกว่าข้าวที่มีแป้งสุกอ่อน การหาค่าความคงตัวของแป้งสุกเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการคาดคะเนคุณภาพของข้าว โดยวัดระยะทางที่แป้งสุกไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ ระยะทางการไหลของแป้งสุกมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณอะไมโลส โดยพบว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากันยังมีความแตกต่างกันของความคงตัวของแป้งสุก ดังนั้นปัจจัยข้อนี้จึงอาจใช้คาดคะเนคุณภาพการหุงต้มและคุณภาพด้านการรับประทานของข้าวที่มีความแตกต่างของปริมาณอะไมโลส ระหว่างพันธุ์ เช่น ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกสูงกว่าทำให้ได้ข้าวสุกแข็งและร่วนกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกน้อย นอกจากนี้การเก็บรักษาข้าวยังมีผลทำให้ความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการทำผลิตภัณฑ์ชนิดเส้นจึงนิยมใช้ข้าวที่มีอะไมโลสไม่ต่ำกว่าร้อยละ 27 และควรเป็นข้าวเก่า 3 - 4 เดือน (งามชื่น คงเสรี, 2541ก)

3) ปริมาณสตาร์ชที่ถูกทำลาย (Damaged starch)

ปริมาณสตาร์ชที่ถูกทำลาย ซึ่งอยู่ในแป้งที่ได้จากการโม่เป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่ง ที่มีผลต่อคุณลักษณะของแป้งเป็นอย่างมาก ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยทำให้อัตราการดูดซึมน้ำของแป้งเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ในระหว่างการขัดสีข้าวเม็ดสตาร์ชบางส่วนถูกทำลายทางกายภาพด้วยแรงดันและแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในระหว่างที่ลูกกลิ้งของเครื่องสีข้าวหมุน เม็ดสตาร์ชที่ถูกทำลายมีคุณสมบัติที่สำคัญแตกต่างจากเม็ดสตาร์ชที่สมบูรณ์อยู่ 2 ประการ คือ สามารถถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolyse) ด้วยเอนไซม์แอลฟา-อมิเลสได้ง่าย และมีความสามารถในการจับกับน้ำได้ดีขึ้น (งามชื่น คงเสรี, 2541ก)

4) ปริมาณอะไมโลส

ในเมล็ดข้าวเจ้ามีสตาร์ชอยู่ประมาณร้อยละ 90 โดยน้ำหนักแห้งเช่นเดียวกับธัญชาติอื่น สตาร์ชข้าวมีส่วนประกอบย่อยที่สำคัญ 2 ชนิดคือ อะไมโลสและอะไมโลเพกติน สตาร์ชข้าวเหนียวมีอะไมโลเพกตินอย่างเดียว หรืออาจมีอะไมโลสปนอยู่เพียงเล็กน้อย ข้าวเจ้ามีอะไมโลส ประมาณร้อยละ 7 – 33 เป็นอะไมโลเพกตินประมาณร้อยละ 67 - 97 สัดส่วนของอะไมโลส และอะไมโลเพกติน หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าปริมาณอะไมโลสเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพข้าวสุกแตกต่างกัน คือ ข้าวอะไมโลสสูงดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวอะไมโลสต่ำ และทำให้ข้าวสุกมีลักษณะทึบแสงไม่เลื่อมมัน ข้าวสุกแข็งและร่วน ส่วนข้าวเหนียวดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่าข้าวเจ้า และข้าวสุกที่ได้เหนียวและนุ่มกว่า

Varavinit *et al.* (2003) ทำการศึกษาผลของปริมาณอะไมโลสต่อสมบัติของแป้งจากข้าวไทยพันธุ์ต่างๆ พบว่า ปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์เพิ่มขึ้น เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความหนืด (pasting properties) ด้วยเครื่อง RVA พบว่า ค่า break down และ peak viscosity มีค่าต่ำลงแต่ค่า setback และอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณอะไมโลสของข้าวเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Noda *et al.* (2001); Baik and Lee (2003) และศันสนีย์ อุดมระติ (2548) นอกจากนี้ Cameron and Wang (2005) ยังพบว่า ปริมาณอะไมโลสมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความแข็งของเจล และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความเหนียวของเจล เมื่อทำการศึกษาสมบัติทางความร้อน (thermal properties) ของแป้งโดยการใช้เครื่อง differential scanning calorimeter (DSC) พบว่าแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงมีค่าอุณหภูมิสูงสุด (peak temperature) และเอนทัลปี (enthalpy; ΔH) ของการเกิดเจลาติไนเซชันลดลง (Noda *et al.*, 2001) งานวิจัยของศันสนีย์ อุดมระติ (2548) พบว่าข้าวที่มีอะไมโลสสูง มีช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์สูงกว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ Piyachomkwan *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสตาร์ชข้าวต่อคุณภาพของข้าวสุก พบว่าข้าวอะไมโลสสูงมีเม็ดสตาร์ชที่มีความคงทนต่อการพองและมีแนวโน้มที่จะเกิดรีโทรเกรเดชัน ได้มากกว่าข้าวอะไมโลสต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวที่มีอะไมโลสสูงมีสมบัติในการเกิดเจลได้ดีและพบว่าปริมาณอะไมโลสมีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวสุก โดยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความแข็งของเมล็ดข้าวสุกและสัมพันธ์เชิงลบกันค่าความเหนียวติด (adhesiveness) ข้าวที่นำมาใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยว คือ ข้าวเจ้า (non - waxy rice) โดย Yoenyongbuddhagal and Noomhorm (2002) รายงานไว้ว่าข้าวเจ้าแต่ละพันธุ์มีผลต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว กล่าวคือ ข้าวแต่ละพันธุ์ให้ความเหนียวแก่เส้นก๋วยเตี๋ยวต่างกัน เนื่องจากข้าวเป็นธัญชาติที่ไม่มีโปรตีนกลูเตนเหมือนในข้าวสาลี ดังนั้นคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวจึงขึ้นอยู่กับสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชข้าวโดยตรง ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดโครงสร้างในเส้นก๋วยเตี๋ยว และพบว่าค่าความแข็งแรงของเจล (gel hardness) มีความสัมพันธ์อย่างมากกับคุณภาพของเส้นหมี่

Tatsumi *et al.* (2001) ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลสกับค่าที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแล้วพบว่า ก๋วยเตี๋ยวที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีจะต้องผลิตจากข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 จากงานวิจัยของเสนอ ร่วมจิต (2522) พบว่าข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (ปริมาณอะไมโลสร้อยละ 17.5) ไม่สามารถผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวได้ แต่ข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (มากกว่าร้อยละ 27) สามารถผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวได้แต่มีคุณภาพแตกต่างกันเช่นเดียวกับงานวิจัยของ กมลวรรณ อิศราคาร (2548) พบว่าแป้งข้าวพันธุ์กข6 กข7 และขาวดอกมะลิ105 ไม่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นจันทน์ แต่พบว่าแป้งข้าวพันธุ์เหลือง11 มีความเหมาะสม เนื่องจากให้น้ำแป้งที่มีความหนืด

เหมาะสม สามารถกลิ้งบนสะดึงได้ทั่วทั้งแผ่นและมีความหนาสม่ำเสมอ สามารถลอกออกเป็นแผ่นแป้งได้โดยไม่ขาด จึงอาจกล่าวได้ว่าปัจจัยสำคัญในการเลือกข้าวเจ้าที่จะนำมาใช้ผลิตก๋วยเตี๋ยวคือ ปริมาณอะไมโลส โดยข้าวเจ้าที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยว ควรเป็นข้าวเจ้าที่มีอะไมโลสสูง และมีค่า setback ไม่ต่ำกว่า 300 บราเบนเดอร์ยูนิท (B.U.) (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538) นอกจากนี้ Bhattacharya *et al.*, (1999) ยังพบว่า อะไมโลสมีความสัมพันธ์กับคุณภาพด้านการบริโภค (eating quality) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยพบว่าปริมาณอะไมโลส มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าแรงต้านทานการดึง (tensile strength) ค่าแรงติดในระหว่างเคี้ยว (chewiness) งานวิจัยของ Chinnapha (2001) ซึ่งทำการศึกษาถึงผลของออะไมโลสและอมิโลเพกติน ต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว พบว่าปริมาณอะไมโลสมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความเหนียวติด แต่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับสมบัติที่คล้ายกับของแข็ง (solid - like characteristic) โดยการเกิด retrogradation ของอะไมโลสยังมีผลต่อโครงสร้างของเส้นก๋วยเตี๋ยว และลดความเหนียว (stickiness) และพบว่า อะไมโลเพกตินมีส่วนช่วยอะไมโลสในการพัฒนาโครงสร้างของเส้นก๋วยเตี๋ยว จึงกล่าวได้ว่า อะไมโลสไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่มีผลต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยว แต่อะไมโลสมีอิทธิพลต่อการเกิดโครงสร้าง 3 มิติของเส้นก๋วยเตี๋ยว ในขณะที่อะไมโลเพกตินมีผลต่อความสมบูรณ์ของโครงสร้างเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เกิดขึ้น

การผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นจันทน์ นิยมใช้ข้าวเก่าที่ผ่านการเก็บรักษามาไม่น้อยกว่า 4 เดือน โดยในระยะเวลา 3-4 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว ภายในเมล็ดข้าวมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น พบว่า เมล็ดข้าวมีความแกร่งมากขึ้น เนื่องมาจากกรดไขมันอิสระเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอะไมโลส เป็นผลให้ข้าวมีอัตราการดูดซึมน้ำได้เพิ่มขึ้น เป็นผลให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น แต่มีความเหนียวลดลง เมล็ดข้าวหุงสุกมีความร่วนและผิวหน้าของข้าวแห้ง นอกจากนี้ไขมันอิสระยังก่อให้เกิดกลิ่น Chrastil (1994) กล่าวว่าการเก็บรักษาส่งผลให้เมล็ดข้าวสามารถดูดน้ำและมีการพองตัวเพิ่มขึ้น การสูญเสียของแข็งในระหว่างการหุงต้มลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าเมล็ดข้าวมีความแข็งแกร่งมากขึ้น เป็นผลให้ปริมาณแป้งที่ได้จากการโม่เพิ่มขึ้น เมื่อนำข้าวเก่ามาหุง พบว่า ต้องใช้ระยะเวลาการหุงเพิ่มขึ้น แต่มีเมล็ดข้าวหักลดลงและข้าวสุกมีความร่วนมากขึ้น

อรพิน ภูมิภมร (2533) ระบุว่าการใช้ข้าวเก่าเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๋วยเตี๋ยว ทำให้แผ่นก๋วยเตี๋ยวที่นึ่งไม่ติดสายพาน เส้นไม่อมน้ำเมื่อนำไปประกอบอาหาร เส้นที่ได้มีความเหนียว ไม่ขาดง่าย นอกจากนี้ข้าวเก่ายังให้เนื้อก๋วยเตี๋ยวมากกว่า เพราะมีสมบัติในการดูดน้ำและขยายตัวได้สูงจึงมีการสูญเสียจากการล้างน้ำน้อย

สำหรับผลิตภัณฑ์จากข้าวนั้น Perdon *et al.* (1999) รายงานว่าความแน่นแข็ง และความเหนียวของข้าวหุงสุกมีเปลี่ยนแปลงเมื่อทำการเก็บไว้ กล่าวคือ ข้าวสุกมีความแน่นแข็งมากขึ้น แต่มีความเหนียวลดลงและพบว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดมากขึ้นเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้น รวมถึงชาพาติ (chapati) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคในอินเดีย มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสอย่างมากภายใน 24 ชั่วโมง โดยชาพาติมีความยืดหยุ่น

ลดลงอย่างมากเนื่องมาจากการเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของสายโพลิเมอร์ (Gujral *et al.*, 2004) ทั้งนี้ Taylor (1994) พบว่าความเป็นผลึกของข้าวสุกขึ้นอยู่กับระยะเวลาและอุณหภูมิการเก็บรักษา

2.4 ถุงไนลอน

พลาสติกเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่สังเคราะห์ขึ้นใช้แทนวัสดุธรรมชาติ บางชนิดเมื่อเย็นจะแข็งตัว เมื่อถูกความร้อนจะอ่อนตัว บางชนิดเกิดการแข็งตัวถาวร มีหลายชนิด เช่น ไนลอน ยางเทียม เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตสิ่งต่างๆ เช่น เสื้อผ้า พาหนะ ส่วนประกอบของเรือหรือรถยนต์ พลาสติกเป็นสารสังเคราะห์มาจากเซลลูโลสซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติ เช่น น้ำมันดิบ ยางไม้ เซลลูโลสประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน ไนโตรเจนและคลอรีน นำมาสังเคราะห์โดยกระบวนการที่เรียกว่า "พอลิเมอร์ไรเซชัน"

ไนลอน (Nylon) เป็นพอลิเมอร์ที่สมบูรณ์แบบที่สุด เป็นพลาสติกชนิดมีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ทนต่อด่าง กรดอินทรีย์และสารละลายอินทรีย์ได้ดี แต่ไม่ทนต่อกรดแสงแดดและความร้อน ใช้ทำผ้าร่ม ผ้าชนิดต่าง ๆ โดยผสมกับฝ้าย เป็นต้น (วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ, 2554)

สมบัติของไนลอน มีดังนี้

1. เมื่อเป็นฟิล์ม มีลักษณะโปร่งใส แต่เมื่อนำมาหล่อ (Cast nylon) จะทึบแสง มีสีขาว
2. ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสและไม่เป็นอันตราย
3. ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี ใช้งานได้ในอุณหภูมิสูงถึง 120 องศาเซลเซียส เพราะมีจุดหลอมเหลว 180 - 200 องศาเซลเซียส
4. ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ แต่ต้องใช้อุณหภูมิสูงมาก
5. มีสมบัติเด่นคือ แข็งแรงเหนียว ต้านทานแรงดึงและแรงฉีกขาดได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนและการเสียดสี ไม่เสียรูปทรงง่าย เหมาะสำหรับงานรับแรงมากๆ
6. สามารถยืดหยุ่นได้ (Flexible) และทนการบิดพับงอได้ดี
7. ป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ดีมาก
8. ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและกลิ่นต่าง ๆ ได้ดี
9. ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้น้อยและดูดซับความชื้นจากสิ่งแวดล้อมได้
10. ความแข็งแรงและการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซลดลงเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น

2.5 การบรรจุ

การบรรจุ เป็นกระบวนการและขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตภาชนะบรรจุและบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะบรรจุเพื่อนำผลิตภัณฑ์นั้นไปถึงผู้บริโภคในสภาพสมบูรณ์ โดยการบรรจุ

ผลิตภัณฑ์อาหารในภาชนะบรรจุมีทั้งแบบที่บรรจุในสภาวะที่มีอากาศตามปกติและการบรรจุแบบลดออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุลงหรือการบรรจุผลิตภัณฑ์แบบสูญญากาศ โดยการบรรจุแบบลดออกซิเจนเป็นกระบวนการบรรจุที่เป็นผลทำให้มีระดับออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุปิดสนิทมีปริมาณลดลงกว่าปกติ เป็นผลทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาแต่ในขณะเดียวกันอาจเอื้ออำนวยต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนได้ โดยเฉพาะแบคทีเรียชนิด *Clostridium botulinum* ซึ่งผลิตทอกซิน (Botulism) ในขณะที่เชื้อจุลินทรีย์ทั้งที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียและที่ทำให้เกิดโรคมักเจริญในสภาวะที่มีออกซิเจน *Clostridium botulinum* บางชนิดสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิห้องเย็น แต่อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิห้องและเชื้อสามารถกระจายทั่วไป จึงสามารถปนเปื้อนลงไป ในอาหารได้ เราสามารถควบคุมการเจริญเชื้อนี้ได้จากการควบคุมค่า a_w ให้ต่ำกว่า 0.93 และ ความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 4.6 (สำนักงานปศุสัตว์, 2551) นอกจากนี้ปัจจุบันยังมีการบรรจุแบบแอคตีฟ (Active packapging) ที่กำลังได้รับความนิยมในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร การบรรจุผลิตภัณฑ์แบบสูญญากาศและการบรรจุผลิตภัณฑ์แบบแอคตีฟ มีรายเอียดดังนี้

2.5.1 การบรรจุผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศ

การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้สุญญากาศทำโดยการดึงเอาอากาศภายในภาชนะหรือภายในผลิตภัณฑ์ออกและผนึกแน่นไม่ให้มีอากาศเข้าไปได้อีก ส่งผลให้ระดับออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุปิดสนิทมีปริมาณลดลงกว่าปกติ จะสังเกตได้ว่ามีการหดงอตัวของภาชนะที่บรรจุแนบชิดกับตัวผลิตภัณฑ์

การที่ไม่มีออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์จะช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจนสำหรับการเจริญเติบโตซึ่งมักเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร เช่น แบคทีเรีย เชื้อราและช่วยยังลดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารจึงลดการเกิดการเหม็นหืนและการเปลี่ยนสี ทำให้คงความสดใหม่และยืดอายุการเก็บรักษา ถูกหลักอนามัยและคงรสชาติเดิมของอาหาร โดยยืดอายุของอาหารได้นานกว่า 3 - 5 เท่า นอกจากนี้ยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีมูลค่าเพิ่มขึ้น (สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพิจิตร, 2551)

ข้อควรระวัง คือ สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนอาจเอื้ออำนวยต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้เช่นกัน โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* ซึ่งผลิตสารพิษและ ทำให้เกิดโรคโบทูลิซึ่มซึ่งเป็นโรคที่มีความรุนแรง นอกจากนี้แบคทีเรียชนิด *Listeria monocynogenes* สามารถเจริญเติบโตได้และทำให้เกิดอาหารเป็นพิษได้ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ผ่านการบรรจุเป็นอย่างดีแล้วควรได้รับการเก็บรักษาอย่างดีด้วยเช่นกัน โดยทั่วไปมักเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็งหรือเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นหรือตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 0 - 5 องศาเซลเซียส ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่อาจมีในผลิตภัณฑ์ สำหรับในเรื่องของวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการบรรจุสุญญากาศจำเป็นต้องมีเครื่องบรรจุสูญญากาศหรือที่เรียกว่า เครื่องแวคคัมและถุงบรรจุอาหารแบบสุญญากาศที่เป็นพลาสติกชนิด

พิเศษมีหลายชั้นและเคลือบไนลอน สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้เป็นอย่างดี เครื่องบรรจุสุญญากาศ ปัจจุบันมีราคาไม่แพงมากขึ้นอยู่กับขนาดและสมบัติของการใช้งาน ปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องบรรจุสุญญากาศสำหรับชุมชนทำให้ราคาถูกลง ส่วนถุงสุญญากาศราคาไม่แพงขึ้นกับขนาดถุง (สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพิจิตร, 2551)

2.5.2 การบรรจุผลิตภัณฑ์แบบแอคตีฟ

การบรรจุแบบแอคตีฟ หมายถึง วิธีการบรรจุที่ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์และสภาวะแวดล้อมมีปฏิสัมพันธ์กัน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เพิ่มความปลอดภัยหรือปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พร้อมกับการถนอมรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย การบรรจุแบบแอคตีฟที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ การใช้วัตถุดูดกลืนหรือดูดซับ การใช้วัตถุปล่อยสารรวมถึงการบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซ (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550)

1) วัตถุดูดซับออกซิเจน (Oxygen absorber)

วัตถุดูดออกซิเจน คือ วัตถุที่ใช้ลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุนิยมใช้ในอาหารที่ไวต่อออกซิเจน คือ อาหารที่เสื่อมเสียได้ง่ายเมื่อเก็บรักษาในสภาพมีก๊าซออกซิเจน ลักษณะการเสื่อมเสียของอาหาร ได้แก่ กลิ่นเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในอาหาร สีอาหารซีดจางและคุณภาพทางโภชนาการลดลงเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสีหรือวิตามิน อาหารเน่าเสียเนื่องจากการเจริญเติบโตของราหรือแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ อาหารเป็นพิษเนื่องจากสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นมา วัตถุดูดออกซิเจนที่ใช้ในการบรรจุอาหารมีทั้งประเภทซองเล็กที่ใส่เข้าไปในภาชนะบรรจุอาหารหรือประเภทฟิล์มโดยการผสมสารเคมีเข้าไปในฟิล์มพลาสติก การเลือกสารเคมีที่ใช้ดูดออกซิเจนหรือทำปฏิกิริยากับออกซิเจนควรพิจารณาปัจจัยสำคัญดังต่อไปนี้

- ต้องไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เนื่องจากการบรรจุรวมอยู่กับอาหารอาจมีโอกาสที่ผู้บริโภครับประทานเข้าไปโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ได้

- อัตราการดูดซับออกซิเจนต้องเหมาะสม ถ้าอัตราการดูดซับสูงเกินไป อาจทำให้สารเคมีเสื่อมประสิทธิภาพก่อนหมดอายุการเก็บของอาหาร แต่ถ้าอัตราการดูดซับต่ำเกินไปอาจไม่สามารถชะลอการเสื่อมเสียของอาหารได้

- ต้องไม่ให้กลิ่นใด ๆ ที่จะทำให้อาหารเสื่อมเสีย

- มีขนาดบรรจุกะทัดรัดเหมาะสมกับการใช้งาน ราคาเหมาะสม

- ความสามารถดูดออกซิเจนสูง เมื่อเทียบกับน้ำหนักของสารเคมีที่ใช้ วัสดุบรรจุและภาชนะบรรจุที่ใช้บรรจุอาหารที่มีการใช้วัตถุดูดออกซิเจนต้องป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี ปิดผนึกได้สนิทและรวดเร็ว

1.1) วัตถุดูดออกซิเจนประเภทซอง

สารเคมีที่ใช้ดูดออกซิเจน ได้แก่ ผงเหล็ก กรดแอสคอร์บิก แคทีคอล เอนไซม์และสีย้อมไวแสง ผงเหล็กที่ใช้เป็นวัตถุดูดซับออกซิเจนมีหลักการคือ ผงเหล็กผสม

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มวล

ตัวเร่งปฏิกิริยาบรรจุในซองที่ยอมให้ไอน้ำและก๊าซออกซิเจนซึมผ่านได้ดี เมื่อผงเหล็กได้รับความชื้นจากอาหารจะเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันกับก๊าซออกซิเจนเป็นสนิมเหล็ก โดยทั่วไปผงเหล็ก 1 กรัม จะดูดซับก๊าซออกซิเจนได้ 300 มิลลิลิตร วัตถุดูดซับออกซิเจนที่ใช้ผงเหล็กมีทั้งประเภททำปฏิกิริยาได้ทันทีที่สัมผัสออกซิเจนเพราะมีความชื้นในซองอยู่แล้วและประเภทขึ้นกับความชื้นคือ ต้องมีความชื้นจากอาหารซึมผ่านเข้าซองมาก่อนจึงจะเกิดปฏิกิริยา วัตถุดูดซับออกซิเจนที่ใช้ผงเหล็กไม่เหมาะกับการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านเครื่องตรวจโลหะ เนื่องจากเครื่องตรวจจับวัตถุดูดซับออกซิเจนเป็นโลหะปนเปื้อนในอาหาร

แคททีคอลเป็นวัตถุดูดซับออกซิเจนที่สามารถทำปฏิกิริยาได้ทันทีที่สัมผัสกับก๊าซออกซิเจนไม่ต้องการความชื้น ไม่มีปัญหากับเครื่องตรวจจับโลหะแต่อัตราการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนต่ำ

เอนไซม์ที่นิยมใช้คือ กลูโคสออกซิเดส (Glucose Oxidase) การใช้เอนไซม์เป็นวัตถุดูดออกซิเจนมีข้อดีคือ สามารถใช้ทั้งประเภทซองและประเภทฟิล์มที่ผสมเอนไซม์ ที่ใช้มากคือ ฟิล์ม PP และ PE และใช้ได้ดีกับอาหารแช่แข็งแต่ไม่เหมาะกับการบรรจุอาหารแห้งหรืออาหารที่มี a_w ต่ำ เนื่องจากเอนไซม์ต้องการน้ำในการเกิดปฏิกิริยาและไม่เหมาะในการใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส เพราะเอนไซม์เสื่อมสลายได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน

1.2) วัตถุดูดซับออกซิเจนประเภทฟิล์ม

การใช้วัตถุดูดซับออกซิเจนผสมในวัสดุบรรจุโดยตรงหรือใช้ฟิล์มพลาสติกที่ถูกออกซิไดส์ได้ง่ายเป็นส่วนประกอบของวัสดุบรรจุหลายชั้น สมบัติที่สำคัญของวัตถุดูดซับออกซิเจนประเภทฟิล์ม คือจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนก่อนการใช้งาน จะต้องถูกกระตุ้นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาหรือแสงก่อนจึงจะเกิดปฏิกิริยาได้ เพื่อลดการเสื่อมคุณภาพระหว่างรอการใช้งาน

2) วัตถุดูดซับความชื้น (Moisture absorber)

วัตถุดูดซับความชื้นใช้สำหรับบรรจุอาหารแห้ง มีทั้งประเภทซองและฟิล์ม สารประกอบที่ใช้เป็นสารดูดซับความชื้นได้แก่ ซิลิกาเจล แร่ดินหรือเคลย์ (Clay) เกลือแร่ (Minerals) และสารสกัดจากพืช (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550)

2.1) ซิลิกาเจล

ซิลิกาเจลสามารถดูดความชื้นได้ดีโดยเฉพาะที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง โดยทั่วไปจะบรรจุเป็นซองขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังใช้ซิลิกาเจลผสมในเม็ดพลาสติกที่จะนำไปขึ้นรูปภาชนะบรรจุเป็นฟิล์มด้วย

2.2) แร่ดินหรือเคลย์

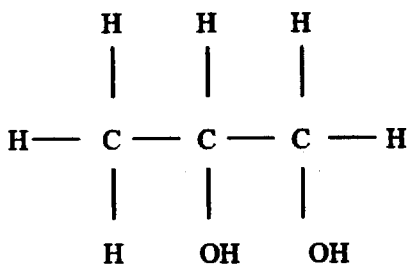
แร่ดินที่นิยมใช้เป็นวัตถุดูดซับความชื้น ได้แก่ เบนโทไนต์ (Bentonite) สามารถดูดซับความชื้นประมาณร้อยละ 25 - 30 ที่อุณหภูมิห้องหรือต่ำกว่าแต่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ความชื้นจะถูกปล่อยออกมา นิยมใช้บรรจุขนาดใหญ่ประมาณ 1 กิโลกรัมหรือมากกว่าในถุงกระดาษคราฟท์หรือถุงผ้าและใช้กับการบรรจุสินค้าขนาดใหญ่

2.3) โลหะออกไซด์

โลหะออกไซด์ที่นิยมใช้ ได้แก่ แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และแบเรียมออกไซด์ สามารถดูดซับความชื้นได้ดีแม้ในที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมาก ประสิทธิภาพในการดูดซับความชื้นประมาณร้อยละ 28

2.6 โพรพิลีนไกลคอล (Propylene glycol)

โพรพิลีนไกลคอล ($C_3H_8O_2$) จัดอยู่ในกลุ่มโพลีออล (Polyol) มีชื่อทางเคมีหลายชื่อ ดังนี้1, 2-โพรเพนไดออล(1,2-Propanediol), 1,2-ไดไฮดรอกซีโพรเพน (1,2-Dihydroxypropane), เมทิลไกลคอล (Methy glycol), เมทิลเอทีลีนไกลคอล (Methylethylene glycol), ไตรเมทิลไกลคอล (Trimethy glycol) มีสูตรโครงสร้างเคมี ดังนี้



ภาพ 6 สูตรโครงสร้างโพรพิลีนไกลคอล
ที่มา: กมลรัตน์ รักกิจศิริ (2549)

โพรพิลีนไกลคอล มีลักษณะเป็นของเหลว มีความหนืดเล็กน้อย ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ละลายในน้ำและอะซีโตนได้เป็นอย่างดี สามารถดูดซับความชื้นได้ กระบวนการผลิตโพรพิลีนไกลคอลมาจากการทำปฏิกิริยาของโพรพิลีนด้วยน้ำคลอรีน เปลี่ยนให้อยู่ในรูปคลอโรไฮดริน (Chlorohydrin) จากนั้นรวมกับไกลคอลด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต นอกจากนี้ยังสามารถเตรียมได้จากการให้ความร้อนกับกลีเซอรอลในสารละลายโซเดียม-

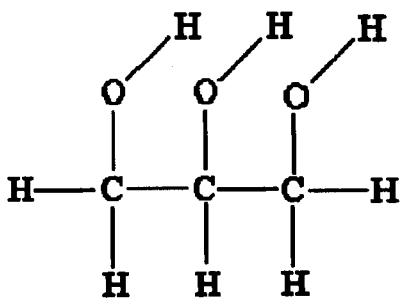
ไฮดรอกไซด์ สมบัติของโพรพิลีนไกลคอลที่สำคัญ คือ เป็นสารดูดความชื้น (Humectant) และให้ความชุ่มชื้นกับอาหารในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำต่ำ เช่น มะพร้าว มาร์ชเมโล (Mashmallow) ยาเส้น นอกจากนี้ยังใช้ในทางยาและเครื่องสำอาง เป็นตัวทำละลายในสีและสารให้กลิ่นรส โพรพิลีนไกลคอลมีสมบัติเป็นสารป้องกันการเกาะตัว (Anticaking) สารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant) ให้ความแข็งแรงกับโด เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ให้ความหนืดและเนื้อสัมผัส เป็นต้น

Code of Federal Regulation จัดโพรพิลีนไกลคอลเป็น Generally recognize as safe (GRAS) ซึ่งหมายความว่าจะยอมอนุญาตให้ใช้ในการให้กลิ่นรส (Flavoring) ในยาและเครื่องสำอาง และใช้ได้โดยตรงในการเป็นวัตถุเจือปนอาหาร แต่อย่างไรก็ตามไม่อนุญาตให้ใช้ในอาหารแมว โดยอนุญาตใช้เป็นส่วนประกอบในระดับสูงสุดในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ไม่เกินร้อยละ 5 ในลูกอม (Confectionary) ร้อยละ 24 ในผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งร้อยละ 2.5 ในสารปรุงแต่งและกลิ่นรส ร้อยละ 97 ในถั่วและผลิตภัณฑ์จากถั่วร้อยละ 5 และในผลิตภัณฑ์หมวดอื่น ๆ ร้อยละ 2 โพรพิลีนไกลคอลมีสมบัติที่สำคัญ คือ สามารถดูดซับความชื้น ทำให้มีการนำโพรพิลีนไกลคอลมาใช้ประโยชน์ในการยืดอายุผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสามารถลดค่าปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ได้ (Water activity, a_w) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ควบคุมให้อาหารมีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ การเสื่อมเสียทางเคมีและกายภาพ เช่น การเสื่อมเสียคุณค่าทางอาหาร การเปลี่ยนแปลงสี กลิ่นรสและเนื้อสัมผัส โดยความแตกต่างของระดับ a_w ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ก่อให้เกิดการเคลื่อนย้ายความชื้น (Moisture migration) เพื่อให้เกิดภาวะสมดุล การปรับความชื้นด้วยวิธีดูดซับหรือสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดความสมดุลนั้นส่งผลต่ออายุการเก็บที่แตกต่างกัน เนื่องจากการเสื่อมสลายจากการสูญเสียความชื้นจะเกิดเร็วกว่าการเสื่อมสลายจากการดูดซับความชื้น (Adsorption) (รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ, 2540; ปิยะนุช คันโธ, 2545) มีงานวิจัยที่สนับสนุนว่าโพรพิลีนไกลคอลสามารถลดค่า a_w ได้ จากงานวิจัยของ Muguruma et al. (1987) ที่ทำการศึกษาอิทธิพลของสารลดค่า a_w ที่มีต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทดลองใช้สารลดค่า a_w ได้แก่ กลีเซอรอล โพรพิลีนไกลคอล ซอร์บิทอล ร่วมกับการใช้เกลือในการผลิตเนื้อวัวและเนื้อหมูกึ่งแห้ง ผลการทดลองพบว่า การเติมโพรพิลีนไกลคอลและกลีเซอรอลมีผลให้ปริมาณความชื้นและระดับ a_w ที่ต่ำกว่าซอร์บิทอล และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณโปรตีน Myosin heavy chain ที่สกัดได้จากตัวอย่าง ซึ่งเป็นเครื่องบ่งชี้คุณภาพทางโครงสร้างหรือลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่า การเติมโพรพิลีนไกลคอลจะทำให้คุณภาพดังกล่าวดีขึ้นกว่าการใช้เกลือเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังทำการทดลองในตัวอย่างเนื้อวัวกึ่งแห้งการใช้สารผสมของกลีเซอรอลร้อยละ 10 โพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 5 และซอร์บิทอลร้อยละ 4 ร่วมกับเกลือในการผลิตเนื้อวัวกึ่งแห้งส่งผลให้สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน และเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 เดือน ที่ยังคงคุณภาพลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี

2.7 กลีเซอรอล (Glycerol)

กลีเซอรอล เป็นพอลิไฮดริกซ์แอลกอฮอล์ (Polyhydric alcohol) (ภาพ 4) ที่ทำหน้าที่เป็นสารดูดซับความชื้น สารปรับสภาพการตกผลึก (Crystallization modifier) และ Plasticizer เป็นของเหลวหวานแบบขม (Bitter sweet) มีความหวาน 0.6 - 0.7 เท่าของน้ำตาล มีความสามารถในการละลายสูงถึง 71 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นตัวทำละลายน้ำมันที่มีคุณภาพพอใช้ และมีความสามารถดูดซับความชื้นปานกลางถึงสูง ใช้รักษาปริมาณความชื้นในระดับหนึ่งเพื่อป้องกันการแห้งของอาหารใช้ในลูกกวาด เพื่อรักษาระดับเริ่มต้นของการตกผลึกของน้ำตาลแบบอ่อนนุ่ม (Soft sugar) ยังทำงานเป็นตัวทำละลายกลิ่นรส (Flavor solvent) ใน Marshmallows ลูกกวาดและขนมอบ (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550)



ภาพ 7 สูตรโครงสร้างกลีเซอรอล
ที่มา: สุรชัย ชชีพันธ์ (2553)

2.8 การใช้สารลดค่า a_w ในอาหาร

Li et al. (2011) ศึกษาผลของการลดค่า a_w เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของก๋วยเตี๋ยวสด ซึ่งทำการหาปริมาณสารที่ใช้ลดค่า a_w ที่เหมาะสมมากที่สุด โดยไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและสามารถเก็บรักษาภายใต้สภาวะที่เหมาะสม คือ การใช้กลีเซอรอล (Glycerol) (ร้อยละ 3) ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอล (Propylene glycol) (ร้อยละ 2) ช่วยลดปริมาณ a_w ในก๋วยเตี๋ยวสดได้มาก โดยลดค่า a_w จาก 0.979 เหลือเพียง 0.900

กมลรัตน์ รักกิจศิริ (2549) ศึกษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาบะหมี่สดไทย โดยเติมสารที่สามารถช่วยลดค่า a_w คือโพรพิลีนไกลคอล ร้อยละ 2 และบรรจุในถุงไนลอนที่มีการใช้สารดูดความชื้นและออกซิเจน ภายใต้การปรับสภาพบรรยากาศด้วยไนโตรเจนเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน 2 ระดับ คือ 6 องศาเซลเซียส และ 30 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถเก็บบะหมี่สดที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส ได้นานถึง 60 วัน และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ได้นาน 20 วัน โดยคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ปิยะนุช คันโธ (2545) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะ โดยการใช้สารดูดซับความชื้นช่วยลดค่า a_w พบว่า กลีเซอรอลให้ผลในการลดระดับ a_w ได้สูงที่สุด รองลงมาคือ ซอร์บิทอลและกลูโคส ซึ่งสามารถลดระดับ a_w ของไส้ถั่วกวนได้ต่ำสุดเป็น 0.80 โดยที่คุณภาพทางประสาทสัมผัสยังเป็นที่ยอมรับ จากการแทนที่ซูโครสด้วยกลีเซอรอล ร้อยละ 16.7 และพบว่าการลดระดับ a_w ของไส้ถั่วกวนทำให้ปริมาณความชื้นและระดับ a_w ของส่วนแป้งมีค่าลดลงอีกด้วย

จิรวัฒน์ กันต์เกรียงวงศ์และคณะ (2551) ได้ทดลองลด a_w ของขนมโมจิโดยแทนที่น้ำตาลซูโครสในไส้เผือกกวน ด้วยสารฮิวเมกเตนท์ 3 ชนิด ได้แก่ กลีเซรอล ซอร์บิทอล และน้ำตาลกลูโคส ร้อยละ 20 30 50 70 และ 80 พบว่ากลีเซอรอลลดระดับ a_w ได้สูงสุด รองลงมาคือ ซอร์บิทอลและน้ำตาลกลูโคส เมื่อระดับการแทนที่น้ำตาลซูโครสด้วยกลีเซอรอลร้อยละ 20 50 และ 80 จะให้ค่าลดลงจาก 0.91 เป็น 0.76 0.67 และ 0.63 ตามลำดับ ขณะที่การใช้ซอร์บิทอลแทนที่น้ำตาลซูโครสร้อยละ 50 และ 70 สามารถลดค่า a_w เป็น 0.81 และ 0.83 ตามลำดับ ส่วนกลูโคสมีประสิทธิภาพดีเมื่อใช้ระดับร้อยละ 80 สามารถลดค่า a_w เป็น 0.87 ไส้เผือกกวนที่ใช้กลีเซอรอลทดแทนซูโครสร้อยละ 20 มีต้นทุนต่ำที่สุดและมีผลทางประสาทสัมผัสดีที่สุด เมื่อนำมาบรรจุในฟิล์มพลาสติก OPP/PE เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) นาน 14 วัน พบว่าขนมโมจิสูตรปกติมีอัตราการเคลื่อนย้ายความชื้นจากไส้มายังแป้งเร็วกว่าสูตรลด a_w เนื่องจากระดับ a_w ที่แตกต่างของสององค์ประกอบซึ่งเข้าสู่จุดสมดุลที่ a_w เท่ากับ 0.84 ในวันที่ 3 และ 0.80 ในวันที่ 4 การเคลื่อนย้ายความชื้นมีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บของขนม ในช่วงแรกพบจำนวนจุลินทรีย์ค่อนข้างน้อยและมีการเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 4 ของขนมทั้งสองสูตร ขนมโมจิที่มีการลด a_w ในไส้เผือกกวนพบอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราลดลงเท่ากับร้อยละ 55.36 และ 54.81 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรปกติ นอกจากนั้นยังพบว่ากลีเซอรอลช่วยให้เนื้อสัมผัสขนมนุ่มกว่าสูตรปกติ โดยไม่มีผลต่อกลิ่นสี และรสชาติ

สุธาทิพย์ ภัทรกุลวณิชย์ (2548) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนกวนด้วยสารฮิวเมกแตนท์ 3 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล และกลูโคส ร้อยละ 10 20 30 40 และ 50 เพื่อลดค่า a_w และป้องกันการเจริญของเชื้อรา พบว่า กลีเซอรอลมีประสิทธิภาพในการลดค่า a_w ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ซอร์บิทอลและกลูโคส เมื่อระดับการแทนที่น้ำตาลซูโครสด้วยกลีเซ

อรอลร้อยละ 50 ส่งผลให้ค่า a_w ของทุเรียนกวนสูตรควบคุมลดลงจากเดิม 0.86 เป็น 0.66 ในขณะที่ซอร์บิทอลและกลูโคสที่ระดับการแทนที่น้ำตาลซูโครสร้อยละ 50 จะสามารถลดค่า a_w จากเดิม 0.86 เป็น 0.77 และ 0.78 ตามลำดับ โดยที่ปริมาณความชื้นของทุเรียนกวนไม่มีการปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาปัจจัยของการลดค่า a_w ได้ดีที่สุด โดยที่คุณภาพทางประสาทสัมผัสยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีราคาต้นทุนต่ำสุดของกลีเซอรอล จึงตัดสินใจเลือกทุเรียนกวนสูตรที่มีการแทนที่น้ำตาลซูโครสด้วยกลีเซอรอล ร้อยละ 10 นำไปใช้ในการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนกวนต่อไป

ปิยะนุช คันโช และ สุคนธ์ชื่น ศรีงาม (2546) การศึกษาอิทธิพลของ a_w ของส่วนไส้ชนิดฟิล์มพลาสติกและสารดูดความชื้นในภาชนะบรรจุ ต่อการยืดอายุการเก็บขนมเปี๊ยะไส้ถั่วกวน พบว่าค่า a_w ของส่วนเปลือกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 2 วันแรก และมีค่าสูงสุดในช่วง 10-15 วัน แล้วจึงลดลงอย่างช้าๆ การลด a_w เริ่มต้นของส่วนไส้จาก 0.85 เป็น 0.80 ทำให้ค่า a_w และความชื้นของส่วนเปลือก เฉลี่ยตามปัจจัย a_w ของส่วนไส้ ลดลงทุกช่วงเวลาการเก็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สารดูดความชื้นซิลิกาเจลและเพาเวอร์ดรายทำให้ a_w และความชื้นของส่วนเปลือก เฉลี่ยตามปัจจัยการใช้สารดูดความชื้น ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นเดียวกัน ปริมาณเชื้อราชนิดเจริญที่ a_w 0.6-0.9 เพิ่มขึ้นตามเวลาการเก็บตัวอย่างที่ส่วนไส้มี a_w เริ่มต้น 0.85 ทุกตัวอย่างมีเชื้อราปรากฏในวันที่ 23 พิจารณาได้ว่าขนมเปี๊ยะปกติมีอายุการเก็บอย่างน้อย 16 วัน การลด a_w เริ่มต้นของส่วนไส้เป็น 0.80 สามารถยืดอายุขนมเปี๊ยะได้ 7 วัน การใช้สารดูดความชื้นเพาเวอร์ดรายยืดอายุการเก็บได้อีก 7 วัน ขณะที่ซิลิกาเจลสามารถยืดอายุได้อีก 7 วันเช่นเดียวกับการใช้ร่วมกับพลาสติกฟิล์มแบบ OPP (Oriented polypropylene) / PE (Polyethylene)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ข้าวสารข้าวเจ้า (ข้าวท่อน) (โรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยวนิตย์ สวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย)

3.1.2 แป้งมันสำปะหลัง (บริษัท สมพรเจริญแป้งมัน จังหวัดกำแพงเพชร)

3.1.3 กลีเซอรอล (glycerol) (บริษัท ยูเนี่ยน ซายน์ จำกัด จังหวัดเชียงใหม่)

3.1.4 โพรพิลีน ไกลคอล (propylene glycol) (บริษัท ยูเนี่ยน ซายน์ จำกัด จังหวัดเชียงใหม่)

3.1.5 สารดูดซับออกซิเจน (บริษัท เจมจรัส เคมซับพลาย จำกัด กรุงเทพมหานคร)

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารอาหารสำหรับวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด

3.2.2 สารอาหารสำหรับวิเคราะห์ยีสต์และรา

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่

เครื่องผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก (บริษัท วินนีทฟู้ดส์ จำกัด, ประเทศไทย)

3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

3.4.1 เครื่องวัดความหนืด (Rapid Visco Analyzer, RVA) (รุ่น Tech Master บริษัท Newport Scientific Ltd., ประเทศออสเตรีย)

3.4.2 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้(Decagon Devices, Inc., Aqualab 4TE, USA)

3.4.3 เครื่องวัดสมบัติทางความร้อน (Differential Scanning Calorimeter, DSC รุ่น DSC 1 บริษัท Metter-Toledo (Thailand) Ltd., ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)

3.4.4 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น MS 204, Swizerland)

3.4.5 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น MS 3002S/01, Swizerland)

3.4.7 ตู้อบ Hot Air oven (Memmert UM400, Germany)

3.4.8 เครื่อง Texture Analyzer (รุ่น TA-XT2 Plus บริษัท Stabable Micro System. Co., Ltd., ประเทศอังกฤษ)

3.4.9 เครื่องหม้อนึ่งแรงดันแบบตั้งโต๊ะ (รุ่น 75X-240V ALL AMERICAN บริษัท พีพี เคมีคอลแอนด์โฮลดิ้ง จำกัด, ประเทศไทย)

3.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอน คือ

3.5.1 ศึกษาชนิดและปริมาณสารลดค่า a_w ที่ช่วยลดค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

ทำการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตามกรรมวิธีของโรงงานก๋วยเตี๋ยวนิตย์ สวรรคโลก โดยวางแผนการทดลองแบบ แฟลกทอเรียล โดยเทียบกับสูตรที่มีการแปรผันปริมาณสารลดค่า a_w ได้แก่ กลีเซอรอล 2 ระดับ (ร้อยละ 2 และ 3) และโพรพิลีนไกลคอน 3 ระดับ (ร้อยละ 2 3 และ 4) จากนั้นตรวจสอบคุณภาพของน้ำแป้งและคุณภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กดังนี้

1) ตรวจสอบคุณภาพของน้ำแป้ง
   - สมบัติทางความร้อน (thermal property) ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) ตามวิธีของ Hormdok and Noomhorm (2007).
   - กำลังการพองตัว (swelling power, SP) และค่าการละลาย (solubility) ตามวิธีของ Hormdok and Noomhorm (2007).
   - Pasting properties ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser ตามวิธีของ Hormdok and Noomhorm (2007).
2) ตรวจสอบคุณภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก
   - ค่า a_w ตามวิธีของ Li et al. (2011)
   - ปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC (2000)
   - ตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสตามวิธีของ Hormdok and Noomhorm (2007)
   - การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดัดแปลงจากวิธีของ Li et al. (2011)

3.5.2 ศึกษาสภาวะการบรรจุที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

นำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่มีการใช้สารลดค่า a_w ในสัดส่วนที่เหมาะสมซึ่งได้จากการวิจัยในระเบียบวิธีวิจัยข้อ 3.5.1 มาบรรจุในถุงไนลอน จากนั้นแปรผันสภาวะการบรรจุ 3 สภาวะ คือ ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30$\pm$2องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (8$\pm$2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลานาน 3 เดือน จากนั้นสุ่มตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมาตรวจสอบคุณภาพทุก 3 วัน ดังนี้

1) ค่า a_w ตามวิธีของ Li et al. (2011)
2) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดัดแปลงจากวิธีของ Li et al. (2011)
3) ตรวจสอบคุณภาพด้านจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และรา ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.5.3 วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น

วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เพิ่มขึ้นจากสูตรที่มีการใช้สารลดค่า a_w ในสัดส่วนที่เหมาะสมซึ่งได้จากการวิจัยในระเบียบวิธีวิจัยข้อ 3.5.1 และบรรจุในถุงไนลอนตามสภาวะการบรรจุที่เลือกได้จากการวิจัยในระเบียบวิธีวิจัยข้อ 3.5.2

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ศึกษาชนิดและปริมาณสารลดค่า a_w ที่ช่วยลดค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

ทำการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตามกรรมวิธีของโรงงานก๋วยเตี๋ยวนิตย์ สวรรคโลก เทียบกับสูตรที่มีการแปรผันปริมาณสารลดค่า a_w ได้แก่ กลีเซอรอล และโพรพิลีนไกลคอน ชนิดละ 2 ระดับ จากนั้นตรวจสอบคุณภาพของน้ำแป้งและคุณภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ดังตาราง 3

ตาราง 3 ค่าสมบัติทางความร้อน (thermal property) ของน้ำแป้งตัวอย่างควบคุมและน้ำแป้งที่แปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล

กลีเซอรอล (ร้อยละ)	โพรพิลีนไกลคอล (ร้อยละ)	T_o(°C)	T_p(°C)	T_c(°C)	ΔH (J/g)
ตัวอย่างควบคุม		74.74±0.47^{b}	77.78±0.52^{b}	80.93±0.75^{b}	9.86±6.20^{bc}
2	2	74.70±0.24^{b}	77.78±0.27^{b}	80.98±0.56^{b}	7.80±1.55^{c}
2	3	74.57±0.26^{b}	77.97±0.26^{b}	81.64±0.30^{b}	7.58±1.55^{c}
2	4	75.05±0.49^{b}	78.29±0.43^{b}	81.94±0.62^{b}	13.08±3.13^{ab}
3	2	76.02±0.14^{a}	79.40±0.51^{a}	83.09±0.09^{a}	14.88±3.42^{a}
3	3	75.21±0.79^{b}	78.35±0.72^{b}	81.91±0.93^{b}	11.08±3.15^{abc}
3	4	75.00±0.44^{b}	78.13±0.44^{b}	81.50±0.62^{b}	9.82±2.19^{bc}

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำน้ำแป้งตัวอย่างควบคุมและน้ำแป้งที่แปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลมาตรวจสอบสมบัติทางความร้อนพบว่า น้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 และโพรพิลีนไกลคอนร้อยละ 2 มีอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดเจล (T_o) อุณหภูมิการเกิดเจล (T_p) และอุณหภูมิสิ้นสุดการเกิดเจล (T_c) สูงที่สุดคือ 76.02±0.14 องศาเซลเซียส 79.40±0.51 องศาเซลเซียส และ 83.09±0.09 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สำหรับค่าเอนทัลปีสำหรับการ เกิดเจล (ΔH) ของน้ำแป้งตัวอย่างดังกล่าวอยู่ในกลุ่มที่มีค่าสูงที่สุดโดยมีค่า 14.88±3.42 จูล/กรัม และมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอล

ร้อยละ 2 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 4 และน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 3 (ตาราง 3) ดังนั้นน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 จึงอาจช่วยลดค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กได้ เนื่องจากปริมาณของกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลดังกล่าวเป็นปริมาณที่เหมาะสมในการรวมตัวกับอะไมโลสเป็นเกลียวทำให้ขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ชและลด a_w ในเม็ดสตาร์ชลงส่งผลให้ชลอการเกิดเจลาติไนซ์ทำให้น้ำแป้งมีค่า T_o T_p T_c และ ΔH สูง (Kaur et al., 2005; Singh and Singh, 2003)

อุณหภูมิของแป้งสุกมีผลต่อการเกิดเจลระหว่างการผลิตอาหารเส้น ซึ่งเกิดจากแป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เมื่อค่อยๆ เพิ่มความร้อนจนถึงอุณหภูมิระดับหนึ่ง แป้งจะเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมินี้เรียกว่าอุณหภูมิแป้งสุก อุณหภูมิแป้งสุกนี้มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหุงต้มข้าวสุก ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำจะหุงสุกเร็วกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูง เป็นการคาดคะเนระดับอุณหภูมิที่แป้งสุก ดังนั้นกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเส้นซึ่งต้องนึ่งแผ่นแป้งหรือเส้นให้สุก จึงควรคำนึงถึงระดับอุณหภูมิแป้งสุกเพื่อใช้ในการปรับระยะเวลานึ่งแป้งให้เหมาะสม หรือหาระยะเวลาหุงต้มข้าวให้สุกโดยตรง (งามชื่น คงเสรี, 2541ก)

จากการตรวจสอบค่าการพองตัวและค่าการละลายของน้ำแป้งที่มีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล พบว่า กำลังการพองตัวของแป้งไม่แตกต่างกันและเมื่อนำไปเทียบกับกับสูตรตัวอย่างควบคุมของโรงงาน พบว่า ค่ากำลังการพองตัวของแป้งให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยที่ค่ากำลังการพองตัวของน้ำแป้งทุกสูตร มีค่ากำลังการพองตัวอยู่ที่ระหว่าง 6.29 – 7.19 กรัม/กรัม น้ำหนักแป้งแห้ง และค่าการละลายอยู่ที่ระหว่างร้อยละ 6.17-6.80 (ตาราง 4) ซึ่งเป็นค่าที่สูงพอที่จะทำให้ก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากน้ำแป้งมีความอ่อนนุ่มเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ตาราง 4 ค่าการละลาย (solubility) กำลังการพองตัว(swelling power, SP) ของน้ำแป้งตัวอย่างควบคุมและน้ำแป้งที่แปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล

กลีเซอรอล (ร้อยละ)	โพรพิลีนไกลคอล (ร้อยละ)	คุณสมบัติของน้ำแป้ง	
		ค่าการละลาย(%)$^{(ns)}$	กำลังการพองตัว (กรัม)$^{(ns)}$
ตัวอย่างควบคุม		6.80 ± 0.34	6.35 ± 0.12
2	2	6.22 ± 0.07	6.29 ± 0.07
2	3	6.19 ± 0.98	7.19 ± 0.98
2	4	6.42 ± 0.23	6.62 ± 0.23
3	2	6.17 ± 0.23	7.17 ± 0.23
3	3	6.74 ± 0.30	6.84 ± 0.30
3	4	6.34 ± 0.12	6.75 ± 0.59

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของแป้ง โดยปัจจัยที่มีผลต่อความหนืด ได้แก่ ชนิดและองค์ประกอบของแป้ง ความเข้มข้นของน้ำแป้ง เป็นต้น ส่วนการวัดสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของวัตถุดิบด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) ซึ่งสามารถทำนายคุณภาพของแป้งเพื่อใช้ในการผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวได้ (Bhattacharya *et al.*, 1999)

จากการวัดความเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งที่มีการใช้กลีเซอรอลร่วมกับโพรพิลีนไกลคอล ในแต่ละระดับ (ตาราง 5) พบว่าค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ของตัวอย่างควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกับน้ำแป้งที่มีการผสมกลีเซอรอลกับโพรพิลีนไกลคอลในทุกระดับ $p > 0.05$ ส่วนค่าความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (Breakdown) หาก Breakdown มีค่าน้อย แสดงว่าเม็ดแป้งมีความคงทนต่ออุณหภูมิมาก หรือเม็ดแป้งมีความคงทนต่ออุณหภูมิ อัตราการกวน แรงที่ใช้ในการกวน หลังการเกิดเจลาติไนเซชันได้ดี พบว่า น้ำแป้งที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 2 ร่วมกับการใช้โพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 มีค่าความแตกต่างของความหนืดมากที่สุด และ น้ำแป้งที่เป็นตัวอย่างควบคุมมีค่าความแตกต่างของความหนืดต่ำที่สุด แสดงว่าเม็ดแป้งมีความคงทนต่ออุณหภูมิมากที่สุด และค่าผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (Setback) แสดงถึง ความสามารถในการจัดเรียงตัวใหม่ของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ซึ่งใช้ชี้ปงลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหรือเจลที่เกิดขึ้น สัมพันธ์กับค่าความแข็งของข้าวสุก คือ ถ้า Final viscosity มาก แสดงว่าเป็นข้าวแข็งและมีปริมาณอะไมโลสที่สูงนั่นเอง ปกติจะพิจารณาร่วมกับค่า Setback ซึ่งพบว่า

ตัวอย่างควบคุมมีค่า Setback เท่ากับ1693.60±23.24 คือค่าที่สูงที่สุด แสดงว่าแป้งมีความสามารถในการจัดเรียงตัวใหม่ได้ดี

ตาราง 5 ความหนืดของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมและก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งซึ่งมีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล

กลีเซอรอล (ร้อยละ)	โพรพิลีนไกลคอล (ร้อยละ)	Peak Viscosity (Cp)^{ns}	Breakdown (Cp)	Setback (Cp)
ตัวอย่างควบคุม		2349.00±64.18	572.60±36.06^{e}	1693.60±23.24^{a}
2	2	2837.00±19.49	1031.00±15.59^{a}	1006.00±91.27^{b}
2	3	2854.00±39.47	958.00±13.36^{b}	957.00±46.38^{c}
2	4	2595.00±23.77	862.00±17.56^{c}	976.00±64.32^{c}
3	2	2667.00±68.26	844.00±24.76^{c}	943.00±69.45^{c}
3	3	2586.00±65.74	766.00±26.46^{d}	914.00±21.11^{d}
3	4	2617.00±17.90	821.00±14.17^{c}	935.00±73.24^{cd}

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากน้ำแป้งซึ่งเติมกลีเซอรอลร้อยละ 2 หรือ 3 ร่วมกับการใช้โพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 3 มีค่าสูงกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่า a_wของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากน้ำแป้งซึ่งเติมกลีเซอรอลร้อยละ 2 ร่วมกับการใช้โพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 หรือ 4 และก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 4 และก๋วยเตี๋ยวตัวอย่างควบคุมมีค่า a_w ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 มีค่า a_w น้อยกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุม (ตาราง 6) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Li et al. (2011) ซึ่งพบว่าการใช้กลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 ช่วยค่า a_w ในก๋วยเตี๋ยวเส้นสดได้

ตาราง 6 ค่า a_wของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมและก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งซึ่งมีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล

กลีเซอรอล (ร้อยละ)	โพรพิลีนไกลคอล (ร้อยละ)	ค่า a_w
ตัวอย่างควบคุม		0.952 ± 0.002^{b}
2	2	0.960 ± 0.003^{b}
2	3	0.979 ± 0.005^{a}
2	4	0.963 ± 0.003^{b}
3	2	0.920 ± 0.003^{c}
3	3	0.981 ± 0.007^{a}
3	4	0.954 ± 0.012^{b}

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากน้ำแป้งซึ่งเติมกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าก๋วยเตี๋ยวตัวอย่างควบคุมและการเติมกลีเซอรอลในปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 หรือ 3 มีผลให้ค่าปริมาณความชื้นของก๋วยเตี๋ยวเพิ่มขึ้นแต่การเติมกลีเซอรอลในปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 4 ทำให้ปริมาณความชื้นของก๋วยเตี๋ยวลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กซึ่งผลิตจากน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 และโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 มีปริมาณความชื้นที่ต่ำ (ตาราง 7) ไม่ได้มีความแตกต่างกับน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 2 และโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด

ผลของค่าสมบัติทางความร้อนของน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 และโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 และปริมาณความชื้น ค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากน้ำแป้งดังกล่าวมีผลสอดคล้องกัน คือ น้ำแป้งมีค่า T_o T_p T_c และ ΔH สูงที่สุด ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตได้มีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Kaur et al. (2005) และ Singh and Singh (2003) ซึ่งกล่าวว่าน้ำแป้งที่มีค่าT_o T_p T_c และ ΔH สูงซึ่งอาจมีผลให้ได้ก๋วยเตี๋ยวที่มีค่า a_w ต่ำ

ตาราง 7 ปริมาณความชื้นของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมและก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งซึ่งมีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล

กลีเซอรอล (ร้อยละ)	โพรพิลีนไกลคอล (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)
ตัวอย่างควบคุม		39.51±0.58[a]
2	2	24.56±0.35[e]
2	3	33.32±0.47[c]
2	4	28.22±0.82[d]
3	2	27.22±0.26[e]
3	3	37.25±0.41[b]
3	4	25.73±0.50[e]

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากการวัดค่าเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีการแปรผันปริมาณสารที่ช่วยลดค่า a_w และก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรควบคุม โดยทำการวัดเนื้อสัมผัสเส้นของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กด้วยการวัดแรงดึง (Tensile Strength Test)

การวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยการวัดแรงดึงในเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก จากตาราง 8 พบว่าจากการวัดคุณภาพทางกายภาพในด้านเนื้อสัมผัส โดยนำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผ่านการต้มแล้วนำไปศึกษาค่าแรงดึงที่ใช้ และระยะทางในการดึงด้วยเครื่อง Texture analyzer เปรียบเทียบกับก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เป็นตัวอย่างควบคุม พบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากน้ำแป้งที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 3 โพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 มีค่าแรงดึงไม่แตกต่างกันกับสูตรตัวอย่างควบคุม โดยตัวอย่างควบคุมมีค่า Force เท่ากับ 29.949±1.552 กรัม ส่วนสูตรที่มีการแปรผันปริมาณสารที่ช่วยลดค่า a_w ที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับการเติมโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 มีค่า Force เท่ากับ 28.949±1.272 กรัม

อย่างไรก็ตามก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรควบคุมยังคงมีระยะทางการดึงสูงที่สุด รองลงมาคือก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 2 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 3 หรือ 4 และกลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 หรือ 3 ซึ่งก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กดังกล่าวมีระยะทางในการดึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้กลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลมีผลทำให้การจัดระเบียบโมเลกุลของโครงสร้างตาข่ายในเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กลดลง ทำให้ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีความเหนียวน้อยลง (กล้าณรงค์ ศรีรอดและเกื้อกลู ปิยะจอมขวัญ , 2546)

ตาราง 8 ค่าการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีการแปรผันปริมาณสารที่ช่วยลดค่า a_w และก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรควบคุม

กลีเซอรอล (ร้อยละ)	โพรพิลีนไกลคอล (ร้อยละ)	Force (g)	Distance (mm)
ตัวอย่างควบคุม		29.949±1.552[a]	28.06 ± 7.25[a]
2	2	23.697±1.215[c]	16.53 ± 7.37[c]
2	3	21.218±1.089[d]	19.43 ± 4.42[b]
2	4	22.070±0.367[d]	20.47 ± 2.88[bc]
3	2	28.949±1.272[a]	19.97 ± 6.53[b]
3	3	26.940±1.552[b]	19.12 ± 4.70[b]
3	4	23.044±0.815[c]	16.40 ± 4.52[c]

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ใช้น้ำแป้งที่แปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล พบว่าผู้ทดสอบชิมจำนวน 80 คน ให้คะแนนความชอบ โดยแปงตามหลักเกณฑ์ ดังนี้ ระดับคะแนน 1 คือไม่ชอบมากที่สุด ระดับคะแนน 2 คือ ไม่ชอบมาก ระดับคะแนน 3 คือไม่ชอบปานกลาง ระดับคะแนน 4 คือไม่ชอบเล็กน้อย ระดับคะแนน 5 เฉยๆ ระดับคะแนน 6 คือ ชอบเล็กน้อย ระดับคะแนน 7 คือ ชอบปานกลาง ระดับคะแนน 8 คือ ชอบมาก และระดับคะแนน 9 คือ ชอบมากที่สุด พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทุกคุณลักษณะในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก โดยคะแนนความชอบในด้านสี ความเหนียว กลิ่นรสและความชอบรวมของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล มีผลต่อความนุ่มของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเพียงด้านเดียว โดยพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรควบคุมและก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 2 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 3 หรือ 4 และการใช้กลีเซอรอลร้อยละ 2 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 หรือ 3 หรือ 4 ได้รับคะแนนความชอบมากว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 2 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 (ตาราง 9) ซึ่งสอดคล้องกับการที่ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรดังกล่าวมีระยะทางการดึงต่ำที่สุด (ตาราง 8) จึงกล่าวได้ว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 2 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลมีลักษณะค่อนข้างเปราะจึงไม่เป็นที่พึงพอใจของผู้ทดสอบชิม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเรียงตัวของโมเลกุลในเส้นก๋วยเตี๋ยวไม่ค่อย

เป็นระเบียบหรือเกิดโครงร่างตาข่ายที่ไม่แข็งแรง จากการที่นำแป้งของก๋วยเตี๋ยวสูตรดังกล่าวมีค่า ΔH ค่อนข้างต่ำ (ตาราง 3)

ตาราง 9 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมและก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งที่แปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล

กลีเซอรอล (ร้อยละ)	โพรพิลีนไกลคอล (ร้อยละ)	สี [ns]	ความเหนียว [ns]	ความนุ่ม	กลิ่นรส [ns]	ความชอบรวม [ns]
ตัวอย่างควบคุม		7.20±0.07	7.37±0.77	6.54±0.07^{ab}	7.62±0.26	7.75±0.51
2	2	6.98±0.05	6.50±0.76	5.52±0.69^{b}	7.25±0.28	6.75±0.67
2	3	6.95±0.25	6.37±0.50	6.14±0.46^{ab}	6.75±0.16	7.00±0.70
2	4	7.05±0.19	6.50±0.70	6.47±0.14^{ab}	7.62±0.30	7.00±0.05
3	2	7.23±0.35	7.25±0.40	7.02±0.83^{a}	6.62±0.33	7.02±0.31
3	3	6.89±0.51	6.87±0.33	6.52±0.76^{ab}	7.87±0.63	6.87±0.87
3	4	6.85±0.58	6.25±0.90	5.86±0.42^{ab}	7.90±0.19	7.27±0.06

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากผลการตรวจสอบสมบัติทางความร้อน ค่าการละลาย กำลังการพองตัวและความหนืดของน้ำแป้ง ค่า a_w ปริมาณความชื้น ลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวมีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลเทียบกับสูตรควบคุมของโรงงานก๋วยเตี๋ยวนิตย์ สวรรคโลก พบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 มีค่า a_w น้อยที่สุด มีค่าแรงดึงเส้นก๋วยเตี๋ยวไม่แตกต่างกันก๋วยเตี๋ยวเล็กเล็กสูตรควบคุม ($p>0.05$) และได้รับคะแนนความชอบด้านความเหนียวสูงที่สุด จึงเลือกใช้สูตรการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ใช้กลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 3 และ 2 ตามลำดับ สำหรับการวิจัยตอนถัดไป

4.2 ศึกษาสภาวะการบรรจุที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

นำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากสูตรที่มีการใช้สารลดค่า a_w ในสัดส่วนที่เหมาะสม คือ การใช้กลีเซอรอลร้อยละ 3 และโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 มาบรรจุในถุงไนลอน จากนั้นแปรผันสภาวะการบรรจุ 3 สภาวะ คือ ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน ปิดผนึก

สุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิตู้เย็น) เป็นระยะเวลานาน 3 เดือน จากนั้นสุ่มตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมาตรวจสอบคุณภาพทุก 3 วัน

ค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บในถุงไนลอนที่มีการปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนและเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด สำหรับก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บภายใต้สภาวะการปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจนทั้งสองอุณหภูมิการเก็บรักษา ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บภายใต้สภาวะการปิดผนึกสุญญากาศและการปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน เก็บที่อุณหภูมิห้อง ยุติการตรวจค่า a_w เมื่ออายุการเก็บรักษา 21 วัน ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บภายใต้สภาวะการปิดผนึกสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น ยุติการตรวจค่า a_w เมื่ออายุการเก็บรักษานาน 51 วัน เนื่องจากสังเกตเห็นเชื้อราด้วยตาเปล่า นอกจากนี้ยังพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นมีการเพิ่มขึ้นของค่า a_w น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ตาราง 10)

ตาราง 10 ค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีการแปรผันสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษา

อายุการเก็บ (วัน)	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน		ปิดผนึกสุญญากาศ		ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	
	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิตู้เย็น	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิตู้เย็น	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิตู้เย็น
0	0.921±0.001^{e}	0.921±0.001^{e}	0.921±0.001^{e}	0.921±0.001^{e}	0.921±0.001^{e}	0.921±0.001^{e}
3	0.931±0.001^{d}	0.924±0.000^{e}	0.928±0.000^{d}	0.927±0.000^{g}	0.923±0.000^{de}	0.922±0.000^{n}
6	0.936±0.001^{c}	0.932±0.000^{d}	0.931±0.001^{c}	0.929±0.000^{fg}	0.924±0.000^{d}	0.922±0.000^{mn}
9	0.937±0.000^{c}	0.934±0.001^{c}	0.933±0.001^{b}	0.929±0.000^{f}	0.924±0.000^{d}	0.923±0.000^{m}
12	0.940±0.001^{b}	0.935±0.001^{b}	0.934±0.001^{b}	0.931±0.001^{f}	0.926±0.000^{c}	0.924±0.000^{l}
15	0.941±0.001^{b}	0.936±0.000^{b}	0.935±0.001^{b}	0.933±0.000^{e}	0.930±0.000^{b}	0.927±0.000^{k}
18	0.960±0.002^{a}	0.956±0.009^{a}	0.945±0.001^{a}	0.944±0.001^{d}	0.941±0.006^{a}	0.937±0.000^{j}
21	ND	ND	ND	0.974±0.000^{d}	ND	0.941±0.001^{i}
24	ND	ND	ND	0.974±0.000^{d}	ND	0.945±0.000^{h}
27	ND	ND	ND	0.974±0.001^{cd}	ND	0.947±0.001^{h}
30	ND	ND	ND	0.976±0.000^{c}	ND	0.948±0.001^{gh}
33	ND	ND	ND	0.977±0.001^{c}	ND	0.949±0.001^{ef}
36	ND	ND	ND	0.977±0.001^{c}	ND	0.951±0.000^{fg}
39	ND	ND	ND	0.977±0.001^{c}	ND	0.950±0.000^{d}
42	ND	ND	ND	0.979±0.001^{b}	ND	0.952±0.000^{e}
45	ND	ND	ND	0.982±0.001^{a}	ND	0.952±0.001^{e}
48	ND	ND	ND	0.981±0.001^{a}	ND	0.957±0.001^{d}
51	ND	ND	ND	ND	ND	0.960±0.000^{b}
54	ND	ND	ND	ND	ND	0.960±0.000^{bc}
57	ND	ND	ND	ND	ND	0.962±0.001^{b}
60	ND	ND	ND	ND	ND	0.963±0.001^{a}

หมายเหตุ * อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ND = no data เนื่องจากยุติการตรวจเพราะสังเกตเห็นเชื้อราบนเส้นก๋วยเตี๋ยว

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากการใช้น้ำแป้งที่แปรผันกลีเซอรอล ร้อยละ 3 และโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-Point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 80 คน พบว่าผู้ทดสอบชิมจำนวน 80 คน ให้คะแนนคุณลักษณะด้านสี ด้านความเหนียว ด้านความนุ่ม ด้านกลิ่นรส และความชอบโดยรวม โดยแบ่งตามหลักเกณฑ์ ดังนี้ ระดับคะแนน 1 คือไม่ชอบมากที่สุด ระดับคะแนน 2 คือ ไม่ชอบมาก ระดับคะแนน 3 คือไม่ชอบปานกลาง ระดับคะแนน 4 คือไม่ชอบเล็กน้อย ระดับคะแนน 5 เฉยๆ ระดับคะแนน 6 คือ ชอบเล็กน้อย ระดับคะแนน 7 คือชอบปานกลาง ระดับคะแนน 8 คือ ชอบมาก และระดับคะแนน 9 คือ ชอบมากที่สุด โดยในการทดสอบชิมในภาพรวมทั้งหมด 60 วัน พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในในด้านสี ด้านความเหนียว ความนุ่ม รสชาติและความชอบโดยรวม ในระดับที่ 5-7 ซึ่งอยู่ในระดับที่ชอบเฉยๆ – ชอบปานกลาง (ตาราง 11) ผู้ทดสอบชอบชิมให้คะแนนความชอบในด้านความเหนียว ด้านกลิ่นรส และด้านความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนในด้านของสีและความนุ่มให้คะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยในภาพรวมของผู้ทำสอบชิมก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีความชอบอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลรัตน์ รักกิจศิริ (2549) ที่ได้ทำการศึกษาการศึกษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาบะหมี่สดไทย พบว่า ผู้บริโภค 180 คน มีปัจจัยในการเลือกซื้อเส้นบะหมี่สดในด้านของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งต้องมีคุณภาพทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ความเหนียวและนุ่มของเส้นบะหมี่สดในระดับที่ไม่ต่ำกว่า 5 คะแนนจึงจะอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กนานขึ้น จนถึง 48 วัน คะแนนความชอบด้านสี และความนุ่มลดลงอย่างเห็นได้ชัด

ตาราง 11 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมและก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งซึ่งมีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล

อายุการเก็บ (วัน)	สภาวะ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สี	ความเหนียว(ns)	ความนุ่ม	กลิ่นรส (ns)	ความชอบโดยรวม (ns)
0			7.00±0.07	7.37±0.77	6.50±0.07	6.62±0.26	6.75±0.51
3	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	7.15±0.05^{a}	6.87±0.76	5.50±0.69^{b}	6.25±0.28	6.65±0.67
		8±2	7.10±0.19^{a}	7.25±0.40	6.57±0.14^{b}	6.62±0.30	7.02±0.07
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	7.12±0.35^{a}	6.75±0.70	5.87±0.42^{b}	6.61±0.33	6.87±0.87
		8±2	7.16±0.51^{a}	6.87±0.33	6.50±0.76^{a}	6.87±0.63	7.10±0.31
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	7.21±0.19^{a}	7.25±0.40	6.57±0.14^{b}	6.62±0.30	7.00±0.07
		8±2	7.18±0.35^{a}	6.58±0.70	5.87±0.42^{b}	6.60±0.33	6.87±0.87
6	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	6.80±0.51^{b}	6.87±0.33	6.50±0.76^{a}	6.87±0.63	7.03±0.31
		8±2	6.56±0.19^{b}	7.05±0.40	6.57±0.14^{a}	6.62±0.30	7.12±0.07
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	6.25±0.58^{b}	7.15±0.90	7.00±0.83^{a}	6.90±0.19	7.17±0.06
		8±2	6.38±0.71^{b}	6.90±0.73	6.50±0.19^{b}	6.09±0.72	6.75±0.85
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	6.50±0.60^{b}	6.87±0.64	6.75±0.70^{a}	6.37±0.64	6.58±0.76
		8±2	6.25±0.58^{b}	7.23±0.90	7.00±0.83^{a}	6.90±0.19	7.37±0.06
	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	6.38±0.71^{b}	6.77±0.73	6.50±0.19^{a}	6.06±0.72	6.75±0.85
		8±2	6.25±0.58^{b}	7.23±0.90	7.00±0.83^{a}	6.90±0.19	7.37±0.06

ตาราง 11 (ต่อ)

อายุการเก็บ(วัน)	สภาวะ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สี	ความเหนียว(ns)	ความนุ่ม	กลิ่นรส(ns)	ความชอบโดยรวม(ns)
12	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	7.02±0.71[a]	6.69±0.99	6.83±0.64[a]	6.22±0.83	6.61±0.74
		8±2	7.26±0.87[a]	6.99±0.82	7.40±0.67 [a]	6.78±0.97	7.20±0.72
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	7.06±0.94[a]	7.19±0.2	7.24±0.67a[a]	6.89±1.27	7.22±0.66
		8±2	7.99±0.58 [a]	7.85±0.58	7.64±0,70[a]	6.11±1.17	7.49±0.63
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	7.62±0.69[a]	7.42±0.74	7.41±0.78a[a]	6.11±1.17	7.43±0.76
		8±2	7.05±1.36 [a]	7.29±0.86	7.24±0.81[a]	6.22±1.48	7.48±0.76
15	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	6.95±0.81[a]	6.65±1.04	6.81±0.68[a]	6.44±1.01	6.59±0.77
		8±2	7.21±0.86 [a]	6.93±0.83	7.32±0.72[a]	6.00±1.12	7.15±0.78
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	6.99±1.01[a]	7.11±0.84	7.18±0.74a[a]	6.56±1.01	7.12±0.71
		8±2	7.97±0.63[a]	7.81±0.53	7.55±0.64[a]	6.44±0.73	7.45±0.59
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	7.62±0.69[a]	7.38±0.68	7.16±0.10a[a]	6.22±0.83	7.30±0.63
		8±2	7.05±1.36[a]	7.24±0.84	7.20±0.74[a]	6.78±0.97	7.44±0.76
18	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	6.82±1.01[b]	6.51±1.11	6.73±0.58a[a]	6.89±1.27	6.52±0.67
		8±2	7.17±0.79[a]	6.88±0.79	7.24±0.70[a]	6.11±1.17	7.06±0.74
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	6.99±1.01[a]	7.06±0.81	7.13±0.72a[a]	6.11±1.17	7.05±0.67

ตาราง 11 (ต่อ)

อายุการเก็บ(วัน)	สภาวะ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สี	ความเหนียว(ns)	ความนุ่ม	กลิ่นรส(ns)	ความชอบโดยรวม(ns)
21	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	7.94±0.60[a]	7.73±0.57	7.47±0.64[a]	5.78±1.20	7.33±0.59
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	6.93±1.30[a]	7.15±0.78	7.09±0.68[a]	5.78±1.20	7.30±0.78
24	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	7.96±0.58[a]	7.67±0.47	7.45±0.64[a]	6.44±0.88	7.28±0.57
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	6.86±1.32[a]	7.08±0.75	7.03±0.74[a]	6.78±1.09	7.20±0.80
27	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND

ตาราง 11 (ต่อ)

อายุการเก็บ(วัน)	สภาวะ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สี	ความเหนียว(ns)	ความนุ่ม	กลิ่นรส(ns)	ความชอบโดยรวม(ns)
30	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	7.93±0.52[a]	7.66±0.48	7.35±0.67[a]	6.22±1.48	7.12±0.61
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	6.72±1.29[b]	6.97±0.77	6.86±0.48[a]	5.56±1.33	7.10±0.83
33	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	7.90±0.54[a]	7.61±0.49	7.31±0.66 [a]	6.67±0.87	7.08±0.58
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	6.63±1.35[b]	6.93±0.74	6.78±0.80[a]	6.11±0.93	7.03±0.80
36	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	7.85±0.48[a]	7.53±0.56	7.22±0.69[a]	6.44±0.88	7.01±0.64

ตาราง 11 (ต่อ)

อายุการเก็บ(วัน)	สภาวะ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สี	ความเหนียว(ns)	ความนุ่ม	กลิ่นรส(ns)	ความชอบโดยรวม(ns)
39	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	7.75±0.54[a]	7.43±0.56	7.14±0.65[a]	6.56±1.51	6.95±0.59
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	6.32±1.39[b]	6.88±0.70	6.46±0.87[ab]	6.56±1.51	6.87±0.68
42	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	7.63±0.72[a]	7.28±0.67	7.08±0.61[a]	5.56 ±1.33	6.86±0.49
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	6.07±1.62[b]	6.84±0.66	6.32±0.93[b]	6.41±0.93	6.75±0.81
45	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND

ตาราง 11 (ต่อ)

อายุการเก็บ(วัน)	สภาวะ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สี	ความเหนียว (ns)	ความนุ่ม	กลิ่นรส(ns)	ความชอบโดยรวม(ns)
48	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	7.54±0.78[a]	7.15±0.78	6.99±0.69[a]	6.56±0.73	6.79±0.57
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	5.84±1.72[c]	6.61±0.95	6.26±0.88[b]	6.67±2.12	6.66±0.83
51	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	5.80±1.65[c]	6.51±1.01	6.16±0.79[b]	6.34±0.88	6.59±0.79
54	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND

ตาราง 11 (ต่อ)

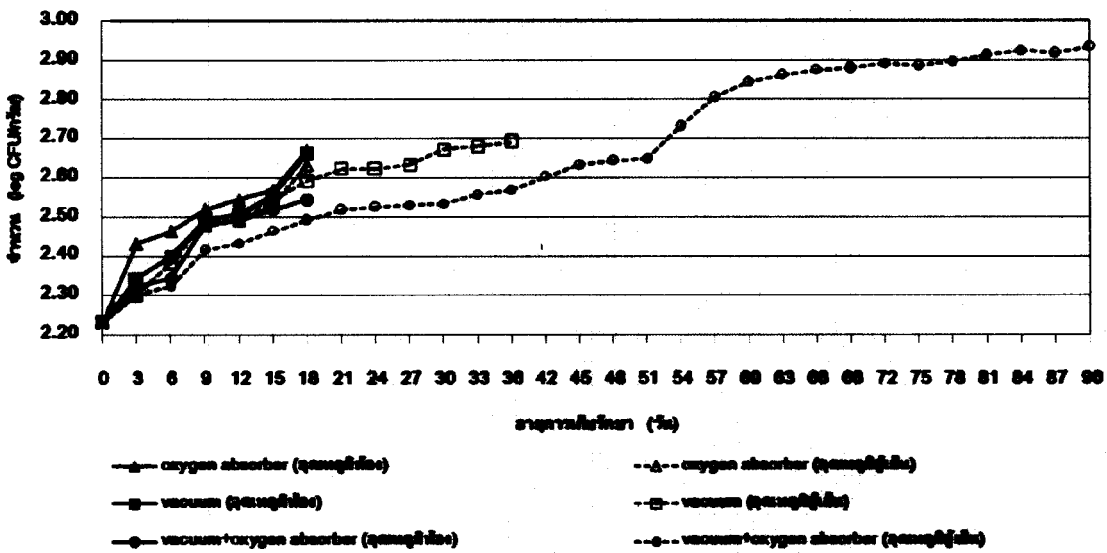
อายุการเก็บ(วัน)	สภาวะ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สี	ความเหนียว (ns)	ความนุ่ม	กลิ่นรส(ns)	ความชอบโดยรวม(ns)
57	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	5.65±1.50[c]	6.21±1.07	5.98±0.82[b]	6.54±1.67	6.41±0.84
60	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศ	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	ND	ND	ND	ND	ND
	ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	30±2	ND	ND	ND	ND	ND
		8±2	5.53±1.46[c]	6.19±1.08	5.94±0.81[b]	6.76±0.89	6.39±0.86

หมายเหตุ ND = no data เนื่องจากยุติการตรวจเพราะสังเกตเห็นเชื้อราบนเส้นก๋วยเตี๋ยว

4.2.1 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

4.2.1.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่แปรผันสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษาทุกตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจนมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์มากที่สุด รองลงมาคือก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับ ออกซิเจนตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บที่อุณหภูมิห้องมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าก๋วยเตี๋ยวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ภาพ 8)



ภาพ 8 จำนวนจุลินทรีย์ในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่แปรผันสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษา

4.2.1.2 จำนวนยีสต์และรา

จำนวนยีสต์และราในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจนทั้งสองอุณหภูมิการเก็บรักษา ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีจำนวนยีสต์และรา น้อยกว่า 1.48 log CFU/กรัม ทุกตัวอย่างที่ยังคงมีสภาพปกติ คือตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานานถึง 18 วัน ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่บรรจุในสภาวะปิดผนึกสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นมีจำนวนยีสต์และราอยู่ในช่วงที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดคือต่ำกว่า 2 log CFU/กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548) ในตัวอย่างที่ยังคงมีสภาพปกติคือตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานานถึง 48 วัน ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่บรรจุในสภาวะปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นมีจำนวนยีสต์และราอยู่ในช่วงที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 90 วัน (ตาราง 12) ยังพบว่าปริมาณยีสต์และรามีปริมาณการเพิ่มขึ้นน้อยมาก เนื่องจากยีสต์และราต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต แต่ที่สภาวะการเก็บรักษามีการดึงออกซิเจนออก (สภาวะสุญญากาศ) และ / หรือการใช้สารดูดซับออกซิเจนประกอบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อีกทั้งโพพิลีนไกลคอล (Propylene glycol) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์ได้โดยเฉพาะในกลุ่มของรา (Desrosier, 1970;Pintauro, 1974; Darwish and Blomfield, 1997)

ตาราง 12 จำนวนยีสต์และรา (log CFU/กรัม) ในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่แปรผันสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษา

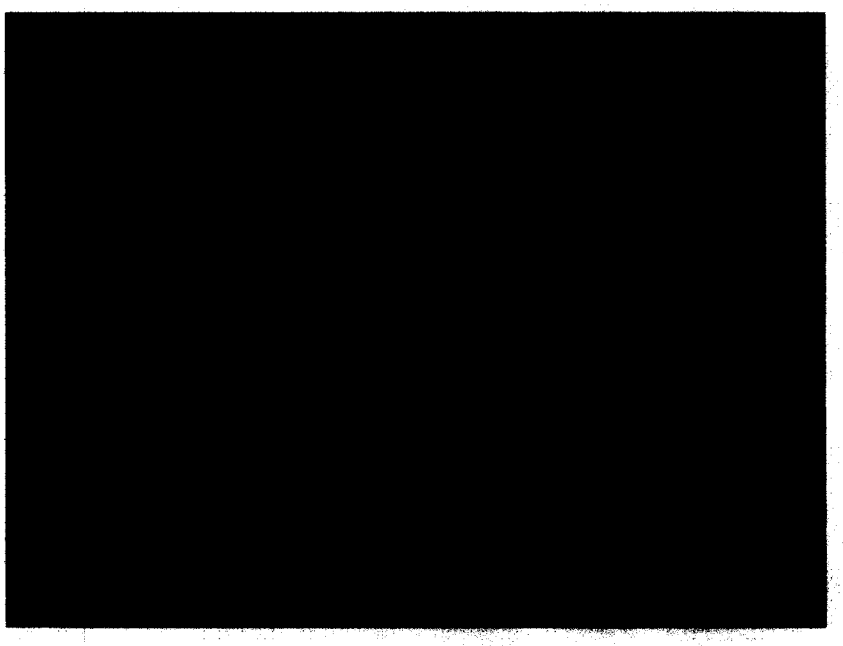
อายุการเก็บ(วัน)	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน		ปิดผนึกสุญญากาศ		ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	
	30±2	8±2	30±2	8±2	30±2	8±2
0	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
3	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
6	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
9	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
12	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
15	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
18	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
21	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
24	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
27	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
30	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
33	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
36	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
39	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
42	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
45	ND	ND	ND	1.62	ND	<1.48
48	ND	ND	ND	1.63	ND	1.53
51	ND	ND	ND	ND	ND	1.56
54	ND	ND	ND	ND	ND	1.58
57	ND	ND	ND	ND	ND	1.59
60	ND	ND	ND	ND	ND	1.60
63	ND	ND	ND	ND	ND	1.64
66	ND	ND	ND	ND	ND	1.62
69	ND	ND	ND	ND	ND	1.66
72	ND	ND	ND	ND	ND	1.68
75	ND	ND	ND	ND	ND	1.70
78	ND	ND	ND	ND	ND	1.74
81	ND	ND	ND	ND	ND	1.72
84	ND	ND	ND	ND	ND	1.73

ตาราง 12 (ต่อ)

อายุการเก็บ (วัน)	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน		ปิดผนึกสุญญากาศ		ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	
	30±2	8±2	30±2	8±2	30±2	8±2
87	ND	ND	ND	ND	ND	1.78
90	ND	ND	ND	ND	ND	1.82

หมายเหตุ ND = no data เนื่องจากยุติการตรวจเพราะสังเกตเห็นเชื้อราบนเส้นก๋วยเตี๋ยว

จากการศึกษาสภาวะการบรรจุที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กในถุงไนลอน โดยแปรผันสภาวะการบรรจุ 3 สภาวะ คือปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน ปิดผนึกสุญญากาศ และปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น พบว่า การเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กทุกสภาวะการบรรจุที่อุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บรักษา 18 วัน ส่วนการเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น พบว่าการบรรจุก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กในสภาวะปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานอย่างน้อย 90 วัน



ภาพ 9 ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กบรรจุในถุงไนลอนปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน

4.3 วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น

จากผลการวิจัยในข้อ 4.1 และ 4.2 พบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีการเติมสารช่วยลดค่า a_w 2 ชนิดร่วมกัน คือ กลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับการเติมโพรพิลีนไกลคอล ร้อยละ 2 บรรจุในถุงไนลอน และเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน สามารถเก็บรักษาได้นานอย่างน้อย 90 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น ดังนั้นจึงนำสูตรก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กดังกล่าวและสภาวะการเก็บรักษามาคำนวณต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้นเฉพาะในส่วนของวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์โดยมีฐานการคำนวณ ดังนี้

การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว 1 ครั้ง ได้ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก 14 กิโลกรัม บรรจุ 200 กรัม/ถุง

ดังนั้นผลิตได้ 70 ถุง ต่อการผลิต 1 ครั้ง

การคำนวณหาค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเฉพาะส่วนของต้นทุนวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ขนาดบรรจุถุงละ 200 กรัม

1) ถุงไนลอน ราคา 1.90 บาท / ใบ

2) กลีเซอรอล ราคา 0.44 บาท / มิลลิลิตร

การผลิต 1 ครั้งใช้ 240 มิลลิลิตร

= (0.44 x 240) / 70

= 1.51 บาท

3) โพรพิลีนไกลคอล ราคา 0.29 บาท / มิลลิลิตร

การผลิต 1 ครั้งใช้ 160 มิลลิลิตร

= (0.29 x 160) / 70

= 0.66 บาท

4) สารดูดซับความชื้น ราคา 1.06 บาท / 1ชิ้น

รวมค่าต้นทุนที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด = 1.90 + 1.51 + 0.66 + 1.06 = 5.13 บาท / ถุง

ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเฉพาะส่วนของต้นทุนวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นต่อขนาดบรรจุ 200 กรัม คือ 5.13 บาท / ถุง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1.1 สารลดค่า a_w ที่เหมาะสมในการลดค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กคือ กลีเซอรอล ร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2

5.1.2 การบรรจุก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กในถุงไนลอนและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นยืดอายุการเก็บรักษาได้มากที่สุด โดยมีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 90 วัน

5.1.3 ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้นสำหรับการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีค่า a_w ต่ำและปิดผนึกด้วยสภาวะสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน เฉพาะส่วนของวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ คือ 5.13 บาท/ถุง (200 กรัม)

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2550). **เทคโนโลยีแป้ง**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กมลรัตน์ รักกิจศิริ. (2549). **การศึกษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาบะหมี่สดไทย**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

การข้าว, กรม. (2555). **องค์ความรู้เรื่องข้าว**. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว.

งามชื่น คงเสรี. (2541ก). **ข้าวที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปก๋วยเตี๋ยวและการตรวจสอบคุณภาพ**. (เอกสารประกอบการบรรยาย โครงการฝึกอบรมเรื่อง การพัฒนาและยกระดับอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและขนมจีนโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด). กรุงเทพฯ : สถาบัน ค้นคว้าและ พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. (2541ข). **คุณภาพเมล็ดทางเคมี**. (เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว). พัทลุง : ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. (2550). **การบรรจุอาหาร**. กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิรวัฒน์ กันต์เกรียงวงศ์, สุชาสินี ชูจิตร, ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์ และ วรพจน์ สุนทรสุข. (2551). **การลด water activity ผลิตภัณฑ์ขนมโมจิด้วยสารฮิวเมกเตนท์**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณรงค์ นิยมวิทย์. (2538). **ธัญพืชและพืชหัว**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปศุสัตว์จังหวัดพิจิตร, สำนักงาน. (2551) . **การบรรจุผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศ**. (ข่าวประชาสัมพันธ์). พิจิตร : สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพิจิตร.

ปิยะนุช คันโธ. (2545). **การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปี๊ยโดยการใช้สารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และบรรจุภัณฑ์**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะนุช คันโธ และสุคนธ์ชื่น ศรีงาม. (2546). **การยืดอายุการเก็บขนมเปี๊ยะไส้ถั่วกวนโดยการลด a_w ของส่วนไส้ การใช้ฟิล์มพลาสติกและสารดูดความชื้น** . กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา ญาดา พรมใจสา และศิรินภา เสาวนิจ. (2553). สภาวะการบรรจุที่เหมาะสมและอายุการเก็บข้าวกล้องงอก. **วารสารวิจัยและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมไทย**. 1(2): 22-28.

เบญจลักษณ์ ศิริบูรณ์. (2550). **ผลของการ annealing ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่างกันต่อโครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ.** นครราชสีมา : สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พูนศักดิ์ เมฆวัฒนากาญจน์ และวีณา เมฆวัฒนากาญจน์. (2549). **ข้าวและประโยชน์จากเมล็ดข้าว.** เข้าถึงได้จาก:http://www.ubon.ricethailand.org/document/poonsak/brown.htm. (วันที่ค้นข้อมูล 15 พฤศจิกายน 2555).

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. (2531). **ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป.** มอก. 832-2531, กรุงเทพฯ : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. (2533). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยว.** มอก. 959-2533, กรุงเทพฯ : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. (2540). **การประเมินอายุการเก็บของอาหาร.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลาวรรณ์ บัวสาย. (2551). **การพัฒนากรรมวิธีการผลิตขนมเค้กจากเนื้อตาล.** นครสวรรค์ : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ. (2554). **พอลิเมอร์.** กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ศันสนีย์ อุดมระติ. (2548). **การเกิดเจลาทิไนเซชันและรีโทรเกรเดชันของสตาร์ชข้าว 4 พันธุ์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1.** กรุงเทพฯ : สำนักงานส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา.

สุรชัย ธชีพันธ์. (2553). **สารชีวโมเลกุล.** กรุงเทพฯ : เอกสารประกอบคำบรรยายวิชาเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุชาทิพย์ ภัทรกุลวณิชย์. (2548). **การยืดอายุการเก็บรักษาทุเรียนกวน.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อรพรรณ กัลปนายุทธ. (2547). **การปรับปรุงคุณภาพก๋วยเตี๋ยวพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิท ผ่านกระบวนการพาสเจอไรเซชัน.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร) . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2547). เทคโนโลยีการผลิตและการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวสดและอบแห้ง. **วารสารอุตสาหกรรมเกษตร.** 8(3): 18, 58-66.

อรอนงค์ นัยวิกุล, จิตชนา แจ่มเมฆ, สินีนาถ จริยโชติเลิศ, นุชฤดี ศิริบุญ, ณรงค์ เอื้อวัฒนะชาคร และนรินทร ชิโนสุนทรากร. (2543). ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่กึ่งสำเร็จรูป. **วารสารเกษตรศาสตร์.** 27: 74-78.

อรพิน ภูมิภมร. (2533). **ระบบชีวภาพสำคัญต่อเทคโนโลยีชีวภาพ.** กรุงเทพฯ : เล่มที่ ๕ เทคโนโลยีของแป้ง เคมีของแป้งและเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์จากแป้งบางชนิดที่ผลิตในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis of AOAC International.** (17th ed). USA: AOAC International , Arling VA.

Baik, B.K. & Lee, M.R. (2003). Effect of starch amylase content of wheat on textural properties of white salted noodles. **Cereal Chem.** 80 : 304-309.

Bhattacharya, M., Zee, S.Y., & Cork, H. (1999). Physicochemical properties related to quality of rice noodles. **Cereal Chemistry.** 76(6): 861-868.

Cameron, D.K., & Wang, Y.-J. 2005. A better understanding of the factors that affect the hardness and stickiness of long-grain rice. **Cereal Chem.** 82:113-119.

Chrastil, J. (1994). Effect of storage in the physicochemical properties and quality factors of Rice. pp. 49-75. In W.E. Marshall and J.I. Wadsworth eds. **Rice Science and Technology**. Inc. New York , Marcel Dekker.

Darwish, R.M. & S.F. Bloomfield. 1997. Effect of Ethanol, Propylene glycol and Glycerol on the interaction of Methy and Propyl p-hydroxybenzoate with Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa. Int. **J. Pharm.** 147: 51-60

Desrosier, N.W. (1970). The Technology of Food Preservative. 3rd, **The Avi Publishing Company**, Inc., Wesport, Connecticut.

Ghaffar, S., Abdulamir, A.S., Bakar, F.A., Karim, R. & Saari. (2009). Microbial growth, sensory characteristic and pH as potential spoilage indicators of Chinese yellow wet noodles from commercial processing plants. American **Journal of Applied Sciences**. 6(6): 1059-1066.

Gliemmo M. F., Campos C. A. & Gerschenson, I.N. (2006). Effect of several humectants and potassium sorbate on the growth of Zygosaccharomyces bailii

in model aqueous systems resembling low sugar products. **Journal of Food Engineering.** 77: 761-770.

Gujral, H.S., Haros, M. & Rossel, M.C. 2004. Improving the texture and delaying staling in rice flour chapati with hydrocolloids and α-amylse. **J. Food Ing.** *65*, 89-94.

Hormdok R. & Noomhorm A. (2007). **Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality.** LWT. 40: 1723-1731.

Karabit M.S., Jueskan O.T. & Lundgren P. (1989). Studies on The Evaluation of Preservative Efficacy. IV. The Determination of Antimicrobial Characteristics of Some Pharmaceutical Compounds in Aqueous Solution. **International Journal Pharmaceutics.** 54 : 51-56.

Karel M. (1973). Recent research and development in the field of low moisture and intermediate moisture foods. **Critical Reviews In Food Technology.** 3:329-373.

Kaur, L., Singh, J., & Singh, N. (2005). **Food Hydrocolloids**, 19, 839–849.

Labuza, T. P., & Breene, W. M. (1989). Applications of "active packaging" for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. **Journal of Food Processing and Preservation**, 13, 1–69.

Lewis, R.J. (1989). **Food Additives Handbook.** Inc. New York , Van Nostrand Reinhold.

Li, M., Zhu, K., Guo, X., Peng, W. & Zhou, H. (2011). Effect of water activity (a_w) and irradiation on the shelf-life of fresh noodles. **Innovative Food Science and Emerging Technologies.** 12: 526-530.

Luh, B.S. (2001). Rice production, pp. 98-99. In G. Owen ed. **Cereal Processing Technology.** USA , CRC Press.

Labuza, T.P. & W.M. Breene. (1989). Application of Active Packaging for Improvement of Shelf Life and Nutritional Quality of Fresh and Extended Shelf Life Foods. **Journal of Food Processing and Preservation** . 13 : 1 –69

Maltini, E., Torreggiani, D., Venir, E. & Bertolol, G. (2003). water activity and the preservation of plant food. **Food Chemistry.** 82: 79-86.

Miles, M.J., Morris V.J., Orford, P.D. & Ring, S.G. (1985). The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. **Carbohydrate Research.** 135: 271–281.

Muguruma, M., K. Katayama, K. & M. Nakamura. (1987). Low temperature osmotic dehydration improves the quality of intermediate moisture meats. **Meat Science.** 21:99-109.

Noda H, Miyoshi T, Zhang Q *et al.* (2001). *Wolbachia* infection shared among planthoppers (Homoptera: Delphacidae) and their endoparasite (Strepsiptera: Elenchidae): a probable case of interspecies transmission. **Molecular Ecology.** 10: 2101–2106.

Ntzimani, A.G., Giatrakou, V.I. & Savvaidis, I.N. (2010). Combined natural antimicrobial treatments (EDTA, lysozyme, rosemary and oregano oil) on semi cooked coated chicken meat stored in vacuum packages at 4°C: Microbiological and sensory evaluation. **Innovative Food Science and Emerging Technologies.** 11(1): 187-196.

Perdon, A. A., Siebenmorgen, T.J., Buescher R.W., Gbur, E.E. (1999). Starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. **Journal of Food Science.** 64(5): 828-832.Perez, M.C., Juliano, B.O.1981. Texture changes and storage of rice. Journal. of Texture Studies. 12:321-333.

Pintauro, N.D. (1974). Food Additives to Extent Shelf Life. **Noyes Data Corporation, New Jersey.**, London

Piyachomkwan K., R. Wansuksri, C. Kijkhunasatian, P. Chatakanonda, B. Ninchan, V. Santisopasri & K. Sriroth. Relationship Between Strucural Properties of Rice Starches and Their Physico-Chemical Properties and Cooking Quality of Rice Grains. Starch Update (2005): **The 3rd Conference on Starch Technology. 4-5 November 2005. Queen Sirikit National Convention Center**, Bangkok, Thailand

Rachtanapun, P. & Tangnonthaphat, T. (2011). Effects of packaging types and storage temperatures on the shelf life of fresh rice noodles under vacuum conditions. **Chiang Mai Journal Science.** 38(4) : 579-589.

Pintauro, N.D. 1974. Food Additives to Extent Shelf Life. **Noyes Data Corporation, New Jersey.** London

Rula M. Darwish a, Sally F. Bloomfield. Desrosier, N.W. (1970). The Technology of Food Preservative. 3rd, **The Avi Inc. Company Publishing.** Wesport, Connecticut.

Ray, B. (2001). **Fundamental Food Microbiology**. (2 nd ed) CRC Press. Boca Raton, FL.

Singh, J., & Singh, N. (2003). **Food Hydrocolloids**, 17, 63–72.

Tatsumi, E., M. Cheng, L. Li, Z. Lu and Z. Li. 2001. Processing of high-quality rice noodles in China. **JIRCAS Research Highlights 2001. [Online]**. Available http://www.jircas.affrc.go.jp/english/publication/highlights/2001/2001_14.html

Taylor, Charles (1994). The Politics of Recognition. Multiculturalism: Examining the Politics of Recognition. Ed. Amy Gutmann. Princeton: **Princeton University Press**. 25-73

Varavinit, S.,S. Shobsngob, W. Varanyanond, P. Chinachoti and O. Naivikul. (2003). Effect of Amylose Content on Gelatinization, Retrogradation and Pasting Properties of Flours from Different Cultivars of Thai Rice. **Starch – Starke**, 55(9), 410-415.

Virtucio, L. (2005). **Non traditional pasta**. Pavan Spa. Available: http://www.pavan.it/r&d. asp, (Access Date : September 29, 2005)

Wood, A. and Ho D. (2005). Noodle leaders: From raunchy advertising to functional snacks. **Asia Food Journal**. 2(6):10-12.

Yoenyongbuddhagal, S. and Noomhorm, A. (2002). Effect of physical properties of high-amylose Thai rice flours on vermicelli quality. **Cereal Chemistry**. 79(4): 481-485.

ภาคผนวก

การตรวจสอบสมบัติทางเคมี

การหาปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ AACC (2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

- ตู้อบลมร้อน
- ภาชนะใส่ตัวอย่าง (moisture can) ทำด้วยอะลูมิเนียม
- เดซิกเคเตอร์
- เครื่องชั่งละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

วิธีการวิเคราะห์

อบแห้งภาชนะใส่ตัวอย่างพร้อมฝา ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาใส่ในเดซิกเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็นลง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ชั่งตัวอย่างถ่วยเตี้ยวเส้นเล็กที่หั่นเป็นชิ้นเล็กในภาชนะใส่ตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 3 - 5 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) นำไปใส่ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยเปิดฝาภาชนะไว้ เมื่อครบเวลาแล้ว จึงนำออกจากตู้อบ ปิดฝาภาชนะและนำมาใส่ในเดซิกเคเตอร์ทันที ทิ้งไว้ให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง (ปกติ 45-60 นาที) แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งน้ำหนักตัวอย่างพร้อมภาชนะหลังการอบ คำนวณปริมาณความชื้น ดังสมการต่อไปนี้

ความชื้น (ร้อยละ) = (น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ - หลังอบ) ×100 / น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ

การวัดสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืด (ตามวิธีของ Hormdoh and Noomhorm, 2007)

เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบรวดเร็ว (Rapid Visco Analyzer, RVA)
- ถ้วยทรงกระบอก
- ใบพาย

วิธีการวิเคราะห์

1. ตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ต้องนำไปหาความชื้นตามวิธีการของ AACC (2000) ก่อนการวิเคราะห์

2. ชั่งตัวอย่าง จำนวน 3 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในกระดาษชั่งสาร และตวง น้ำกลั่นปริมาตร 25.0 มิลลิลิตร (± 0.1 มิลลิลิตร) ใส่ในถ้วยทรงกระบอก (คำนวณที่ความชื้นร้อยละ 14) แต่ถ้าตัวอย่างมีความชื้นไม่เท่ากับร้อยละ 12 สามารถคำนวณปริมาณน้ำและแป้งที่ใช้ในการวิเคราะห์

3. ใส่แป้งลงในถ้วยทรงกระบอกที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ ใช้ใบพายเขย่าตัวอย่างในถ้วยทรงกระบอกขึ้นลง 10 ครั้ง สิ่งที่ควรระวังคือ อย่าผสมแป้งกับน้ำกลั่นนานเกิน 1 นาทีก่อนการวิเคราะห์

4. นำถ้วยทรงกระบอกที่มีใบพายประกอบเข้ากับที่ยึดใบพายของเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบรวดเร็ว โดยสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับแป้งข้าว มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและเวลา ดังนี้

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (นาที : วินาที)
50.0 (อุณหภูมิเริ่มต้น)	
50.0	1:00
95.0	4:45
95.0	7:15
50.0	11:06
สิ้นสุดการทดสอบ	13:00

ความเร็วรอบเริ่มต้นที่ใช้ คือ 960 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 วินาที แล้วจึงใช้ความเร็วรอบ 160 รอบต่อนาทีคงที่ตลอดการทดสอบ บันทึกค่าที่วิเคราะห์ได้ ดังนี้

ความหนืดสูงสุด (peak viscosity) คือ ความหนืดสูงสุดของการเปลี่ยนลักษณะข้นหนืดในช่วงอุณหภูมิเริ่มต้นถึงอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส

ความหนืดต่ำสุด (trough) คือ ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำให้เย็น ในช่วงอุณหภูมิ 95-50 องศาเซลเซียส

ความหนืดลดลง (breakdown) คือ ค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุด และความหนืดต่ำสุด

ความหนืดคืนตัว (setback from peak) คือ ความหนืดที่สูงขึ้นหลังจากความหนืดลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำลง มีผลทำให้โมเลกุลของสตาร์ชเริ่มจัดเรียงตัวกันใหม่ ค่านี้เป็นค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสุดท้ายกับความหนืดสูงสุด

ความหนืดคงตัว (setback from trough) คือ ค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด ความหนืดสุดท้าย (final viscosity) คือ ค่าความหนืดสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ อุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืด (pasting temperature) คือ อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนค่า ความหนืด

กำลังการพองตัว และการละลายของแป้ง (ตามวิธีของ Hormdoh and Noomhorm, 2007)

ผสมตัวอย่างแป้งข้าว 0.4 กรัม (น้ำหนักแห้ง) (W1) กับน้ำ 12.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองขนาด 125 x 16 มิลลิเมตร ทิ้งไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยคงไว้ที่อุณหภูมินั้น ๆ เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นในอ่างน้ำแข็ง 1 นาที ทิ้งไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที นำ ไปเหวี่ยงที่ความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เทสารละลายส่วนใส (supernatant) ออกอย่างระมัดระวัง แล้วชั่งน้ำหนักของแป้งที่ตกตะกอนอยู่ (W2) ได้ค่ากำ ลังการพองตัว (swelling power) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของน้ำหนักของตะกอนที่เปียกต่อน้ำหนักเริ่มต้นของแป้งแห้ง ดังสมการ (3) จากนั้นนำสารละลายส่วนใสที่แยกออกมาไประเหยน้ำที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนัก (W3) ได้ค่าการละลาย (solubility) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของน้ำหนักของสารที่เหลือหลังการอบต่อน้ำหนักเริ่มต้นของแป้งแห้ง ดังสมการ (2)

$$\text{กำลังการพองตัว (กรัม/กรัมน้ำหนักแป้งแห้ง)} = \frac{W2}{W1} \qquad (1)$$

$$\text{การละลาย (ร้อยละของน้ำหนักแป้งแห้ง)} = \frac{W2 \times 100}{W1} \qquad (2)$$

การตรวจสอบสมบัติทางเคมีเชิงกายภาพ

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงความร้อน (Thermal transition) ด้วยเครื่อง DSC (Differential scanning calorimeter) ตามวิธีของ Hormdoh and Noomhorm (2007)

อุปกรณ์

1.เครื่อง DSC (Differential scanning calorimeter)

2.เครื่องชั่งแบบละเอียด

3.ถ้วยใส่ตัวอย่างอะลูมิเนียม (aluminium pan)

วิธีการวิเคราะห์

1.นำตัวอย่างน้ำแป้ง ผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:2

2.ชั่งน้ำหนักตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียดให้ได้น้ำหนัก 25 ± 5 มิลลิกรัม ใส่ลงในถ้วยใส่ตัวอย่างอะลูมิเนียม จากนั้นปิดฝาถ้วยใส่ตัวอย่างให้สนิท และใช้ถ้วยใส่ตัวอย่างอะลูมิเนียม เปล่า เป็นตัวอย่างอ้างอิง

3.ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงความร้อนด้วยเครื่อง DSC กำหนดอุณหภูมิในการให้ความร้อนที่ 30 ถึง 130 องศาเซลเซียส โดยกำหนดอัตราเร็วในการเพิ่มอุณหภูมิ เท่ากับ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที บันทึกค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลาทิไนเซชัน (onset temperature, To) อุณหภูมิสูงสุดของการเกิดเจลาทิไนเซชัน (peak temperature, Tp) อุณหภูมิสุดท้ายของการเกิดเจลาทิไนเซชัน (conclusion temperature, Tc) และค่าพลังงานเอนทัลปีของการเกิดเจลาทิไนเซชัน (enthalphy, ΔH)

การวิเคราะห์ทางลักษณะเนื้อสัมผัส

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยวิธีการวัดแรงดึง (Tension Test) ตามวิธีของ Hormdoh and Noomhorm (2007)

สภาวะที่ใช้ในการวัด
ประเมิน เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการลวก โดยใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 3 นาที
หัววัด A/SPR Spaghetti/Noodle Tensile Grips Rig
Mode Measure Force in Tension
Option Return to start
Pre-Test Speed 3.0 mm/s
Test Speed 3.0 mm/s
Post -Test Speed 5.0 mm/s
Distance 50 mm
Trigger Force 5 g
Calibration หัววัด Distance 30 mm

วิธีการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส
1.นำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีทำการลวก โดยใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 3 นาที ขนาดของเส้นยาวประมาณ 20 เซนติเมตร
2.นำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ทำการลวกแล้ว มาพันที่หัววัด A/SPR แล้วทำการวัดโดยโปรแกรมที่ตั้งไว้ ทำการวัดค่าหลายซ้ำจนได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบความชอบต่อตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสูตรที่มีการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับการเติมโพรพิลีนไกคอลร้อยละ 2 ดัดแปลงจากวิธีการของ Li et al. (2011)

ใช้วิธี 9 Point hedonic scale โดยนำตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมาทำการทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสทางด้านสี ความเหนียว ความนุ่ม กลิ่นรส และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวนทั้งสิ้น 80 คน สำหรับวิธีการเตรียมก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเพื่อทดสอบชิมมีดังนี้

1.เตรียมตัวอย่างโดยนำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผ่านการลวกในน้ำเดือด 3 นาทีแล้ว ใส่ลงในถ้วยสำหรับทดสอบชิมตัวอย่างละประมาณ 5 กรัม ต่อถ้วย

2.นำถ้วยที่ใส่ตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก มาเรียงในถาดพร้อมทั้งช้อนและส้อมสำหรับชิมตัวอย่าง มาจัดวางในถาดที่ใช้สำหรับนำเสนอตัวอย่าง พร้อมใบบันทึกการให้คะแนน

3.เสนอถาดดังกล่าวให้กับผู้ทดสอบชิม เพื่อทำการทดสอบชิมและให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างตามคำอธิบายคะแนนความชอบดังต่อไปนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด (Dislike extremely)
2 = ไม่ชอบมาก (Dislike very much)
3 = ไม่ชอบปานกลาง(Dislike moderately)
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย (Dislike slightly)
5 = เฉย ๆ (Neither like nor dislike)
6 = ชอบเล็กน้อย (Like slightly)
7 = ชอบปานกลาง (Like moderately)
8 = ชอบมาก (Like very much
9 = ชอบมากที่สุด (Like extremely)

4.เก็บรวบรวมใบบันทึกการให้คะแนนความชอบทั้งหมด 80 ชุด แล้วนำข้อมูลที่ได้ดังกล่าวมากรอกลงในใบบันทึกผลรวม ซึ่งจะแยกออกตามแต่ละคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ

5.นำข้อมูลที่ได้จากใบบันทึกผลรวมไปวิเคราะห์ผลข้อมูลทางสถิติ

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ กำยเตี้ยวเส้นเล็กที่มีการแปรผันสารที่ช่วยลดค่า a_w

คำชี้แจง : กรุณาชิมตัวอย่าง และให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะต่าง ๆ ของตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด ดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด (Dislike extremely)
2 = ไม่ชอบมาก (Dislike very much)
3 = ไม่ชอบปานกลาง(Dislike moderately)
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย (Dislike slightly)
5 = เฉย ๆ (Neither like nor dislike)
6 = ชอบเล็กน้อย (Like slightly)
7 = ชอบปานกลาง (Like moderately)
8 = ชอบมาก (Like very much
9 = ชอบมากที่สุด (Like extremely)

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
สี	
ความเหนียว	
ความนุ่ม	
กลิ่นรส	
ความชอบโดยรวม	

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ตัวอย่างใบบันทึกผลรวม

การให้คะแนนความชอบต่อ ผลิตภัณฑ์ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีการแปรผันสารที่ช่วยลดค่า a_w

วันที่.....

ชื่อผู้ทดสอบ	คุณลักษณะคะแนนความชอบ				
	สี	ความเหนียว	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม
1....					
2...					
3...					
4...					
5....					
6...					
7...					
8...					
9...					
10...					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
100...					
ผลรวม					
ค่าเฉลี่ย					

การตรวจสอบทางจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (2000)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ในสารละลาย Maximum Recovery Diluent (MRD) ปริมาณ 225 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายตัวอย่างจากความเข้มข้นต่าง ๆ จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อความเข้มข้นละ 2 จาน เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ที่หลอมเหลวแล้วอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อจานละ 10-15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้แข็ง กลับจานเพาะเชื้อ นำไปปมในตู้อบเพาะเชื้ออุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ หาค่าเฉลี่ยแล้วคำนวณเป็นโคโลนีต่อกรัม (colony forming unit/g., CFU/g.)

ปริมาณเชื้อยีสต์และรา วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (2000)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 25 กรัม ใส่สารละลายตัวอย่าง Maximum Recovery Diluent (MRD) ปริมาณ 225 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายตัวอย่างจากความเข้มข้นต่าง ๆ จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อความเข้มข้นละ 2 จาน เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ที่หลอมเหลวแล้วอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อจานละ 10-15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้แข็ง นำไปปมในตู้อบเพาะเชื้ออุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ หาค่าเฉลี่ยแล้วคำนวณเป็นโคโลนีต่อกรัม (colony forming unit/g., CFU/g.)

การนำเสนองานวิจัยในที่ประชุมวิชาการ

ลำดับที่	หัวเรื่อง
1	การประชุมวิชาการ "วิทยาศาสตร์วิจัย" ครั้งที่ 5 The 5th Science Research Conference วันที่ 4-5 มีนาคม 2556 ณ คณะวิทยาศาสตร์ และ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
2	การประชุมวิชาการวิจัยรำไพพรรณี ครั้งที่ 7 เนื่องในวโรกาสคล้ายวันพระราชสมภพสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี ครบ 109 ปี "การเตรียมความพร้อมของท้องถิ่น เพื่อก้าวสู่อาเซียน" ในวันที่ 19-20 ธันวาคม 2556 ณ ห้องประชุม 35201 ชั้น 2 อาคารเฉลิมพระเกียรติฉลองสิริราชสมบัติ ครบ 60 ปี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลที่เหมาะสมต่อการลดปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์นำไปใช้ได้ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

The Optimal Concentrations of Glycerol and Propylene Glycol for Water Activity Reduction of Thin Rice Noodle

กนกวรรณ แดงกูล[1], ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา[1,*] และ ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา[1]
Kanokwan Tangkoon[1], Thawatchai Supavititpatana[1,*] and Piyawan Supavititpatana[1]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร 0-5526-7080 โทรสาร 0-5526-7081 E-mail: tsupavititpatana@yahoo.com

บทคัดย่อ

ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีอายุการเก็บรักษาสั้นเนื่องจากเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลที่เหมาะสมต่อการลดปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (a_w) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก โดยการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลร้อยละ 2 และ 3 ร่วมกับการแปรผันปริมาณโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 3 และ 4 จากนั้นตรวจสอบสมบัติทางความร้อนของน้ำแป้งวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นและค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตได้เทียบกับตัวอย่างควบคุม ซึ่งไม่เติมกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล พบว่า ปริมาณกลีเซอรอล ร้อยละ 3 และโพรพิลีนไกลคอล ร้อยละ 2 เหมาะสมที่สุด สำหรับการลดค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก เนื่องจากให้น้ำแป้งที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดเจล (T_o) อุณหภูมิการเกิดเจล (T_p) อุณหภูมิสิ้นสุด การเกิดเจล (T_c) และค่าเอนทัลปีสำหรับการเกิดเจล (ΔH) สูงที่สุดคือ 76.02±0.14 องศาเซลเซียส 79.40±0.51 องศาเซลเซียส 83.09±0.09 องศาเซลเซียส และ 14.88±3.42 จูล/กรัม ตามลำดับ และก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตได้มีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำที่สุดคือ ร้อยละ 27.22±0.26 และ 0.920±0.003 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ก๋วยเตี๋ยว/ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก/ ปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ได้

Abstract

The microorganisms reduce shelf-life of thin noodle. The objective of this research aimed to evaluate the optimal concentrations of glycerol and propylene glycol for water activity (a_w) reduction of thin noodle. Thermal properties of starch slurry, moisture content and a_w of thin noodle which prepared by addition of glycerol at the concentrations of 2 and 3% combined with propylene glycol at the concentrations of 2, 3 and 4% were compared with control (no added glycerol and propylene glycol). It was found that a combination of 3% glycerol and 2% propylene glycol was optimized for a_w reduction of thin noodle. It was due to the starch slurry got the highest value of onset temperature (T_o), peak temperature (T_p), conclusion temperature (T_c) and enthalpy of gelatinization (ΔH) which were 76.02±0.14°C, 79.40±0.51°C, 83.09±0.09°C และ 14.88±3.42 J/g, respectively, and the thin noodle had the lowest moisture content and a_w which were 27.22±0.26% and 0.920±0.003, respectively.

Keywords: Noodle/ Thin noodle/ Water activity

บทนำ

ผู้ประกอบการห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยวนิดย์ สวรรคโลก มีการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กประมาณ 3 ตัน/วัน ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กดังกล่าวมีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้นคือ 5 วัน ทำให้เกิดปัญหาระหว่างการขนส่งเนื่องจากระยะทางไกลทำให้ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเกิดการเน่าเสีย และมีการส่งกลับคืนโรงงานประมาณร้อยละ 10 คิดเป็นมูลค่าความเสียหายประมาณ 6,000 บาท/วัน (ราคาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กกิโลกรัมละ 20 บาท) เนื่องจากมีจุลินทรีย์เจริญเติบโตจนถูกตำสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า การเสื่อมเสียดังกล่าวนอกจากจะสร้าง

*Corresponding author. E-mail: tsupavititpatana@yahoo.com

ความสูญเสียให้กับผู้ประกอบการแล้วยังอาจเป็นสาเหตุของโรคทางเดินอาหาร (food poisoning) (Ghaffar, et al., 2009) ซึ่งปริมาณน้ำภายในก้วยเตี๋ยวเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (water activity, a_w) มีความสำคัญต่อการเสื่อมเสียของอาหารมากกว่าปริมาณความชื้นและมีความสัมพันธ์กับการเสื่อมเสีย เนื่องจากปฏิกิริยาเคมี เอนไซม์ และลักษณะทางกายภาพ (Maltini, et al., 2003) การลดค่า a_w ในก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ จากผลการวิจัยของ Gliemmo, et al. (2006) กล่าวว่าการใช้สารลด a_w หลายชนิดร่วมกันมีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้สารลด a_w เพียงชนิดเดียว สอดคล้องกับการรายงานของ Li, et al. (2011) ซึ่งพบว่า การใช้กลีเซอรอล (glycerol) ร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอล (propylene glycol) ร้อยละ 2 ช่วยลดปริมาณ a_w ในก้วยเตี๋ยวสดจาก 0.979 เหลือเพียง 0.900 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลที่เหมาะสมสำหรับการลดค่า a_w ของก้วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

วิธีการ

ทำการผลิตก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กตามกรรมวิธีของห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยวนิตย์ สวรรคโลก ซึ่งใช้เป็นตัวอย่างควบคุม เนื่องจากไม่มีการเติมกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอน เทียบกับสูตรที่มีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 2 ระดับ คือ ร้อยละ 2 และ 3 และโพรพิลีนไกลคอล 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2, 3 และ 4 จากนั้นตรวจสอบคุณภาพของน้ำแป้งและคุณภาพก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กดังนี้

ตรวจสอบสมบัติทางความร้อนของน้ำแป้ง

นำน้ำแป้งมาตรวจสอบสมบัติทางความร้อน (thermal properties) ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) ตามวิธีของ Hormdok and Noomhorm (2007)

ตรวจสอบคุณภาพก้วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

ตรวจสอบค่า a_w ตามวิธีของ Li, et al. (2011)

ตรวจสอบปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC (2006)

ผลและอภิปราย

สมบัติทางความร้อนของน้ำแป้ง

เมื่อนำน้ำแป้งตัวอย่างควบคุมและน้ำแป้งที่แปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลมาตรวจสอบสมบัติทางความร้อน พบว่าน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 และโพรพิลีนไกลคอนร้อยละ 2 มีอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดเจล (T_o) อุณหภูมิการเกิดเจล (T_p) และอุณหภูมิสิ้นสุดการเกิดเจล (T_c) สูงที่สุดคือ 76.02±0.14 องศาเซลเซียส 79.40±0.51 องศาเซลเซียส และ 83.09±0.09 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สำหรับค่าเอนทัลปีสำหรับการเกิดเจล (ΔH) ของน้ำแป้งตัวอย่างดังกล่าวอยู่ในกลุ่มที่มีค่าสูงที่สุดโดยมีค่า 14.88±3.42 จูล/กรัม และมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 2 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 4 น้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 3 (ตารางที่ 1) ดังนั้นน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 จึงอาจช่วยลดค่า a_w ของก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กได้ เนื่องจากปริมาณของกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลดังกล่าวเป็นปริมาณที่เหมาะสมในการรวมตัวกับอะไมโลสเป็นเกลียวทำให้ขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ชและลด a_w ในเม็ดสตาร์ชลงส่งผลให้ชะลอการเกิดเจลาติไนซ์ทำให้น้ำแป้งมีค่า T_o T_p T_c และ ΔH สูง (Kaur, et al., 2005; Singh and Singh, 2003)

ตารางที่ 1 ค่าสมบัติทางความร้อน (thermal property) ของน้ำแป้งตัวอย่างควบคุมและน้ำแป้งที่แปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล

กลีเซอรอล (ร้อยละ)	โพรพิลีนไกลคอล (ร้อยละ)	T_o(°C)	T_p(°C)	T_c(°C)	ΔH (J/g)
ตัวอย่างควบคุม		74.74±0.47^{b}	77.78±0.52^{b}	80.93±0.75^{b}	9.88±6.20^{bc}
2	2	74.70±0.24^{b}	77.78±0.27^{b}	80.98±0.56^{b}	7.80±1.55^{c}
2	3	74.57±0.26^{b}	77.97±0.26^{b}	81.64±0.30^{b}	7.58±1.55^{c}
2	4	75.05±0.49^{b}	78.29±0.43^{b}	81.94±0.62^{b}	13.08±3.13^{ab}
3	2	76.02±0.14^{a}	79.40±0.51^{a}	83.09±0.09^{a}	14.88±3.42^{a}
3	3	75.21±0.79^{b}	78.35±0.72^{b}	81.91±0.93^{b}	11.08±3.15^{abc}
3	4	75.00±0.44^{b}	78.13±0.44^{b}	81.50±0.62^{b}	9.82±2.19^{bc}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

ก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากน้ำแป้งซึ่งเติมกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าก้วยเตี๋ยวตัวอย่างควบคุมและการเติมกลีเซอรอลในปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 หรือ 3 มีผลให้ค่าปริมาณความชื้นของก้วยเตี๋ยวเพิ่มขึ้นแต่การเติมกลีเซอรอลในปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 4 ทำให้ปริมาณความชื้นของก้วยเตี๋ยวลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กซึ่งผลิตจากน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 และโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้นของก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมและก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งซึ่งมีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล

กลีเซอรอล (ร้อยละ)	โพรพิลีนไกลคอล (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)
ตัวอย่างควบคุม		39.51±0.58[a]
2	2	24.56±0.35[e]
2	3	33.32±0.47[c]
2	4	28.22±0.82[d]
3	2	27.22±0.26[e]
3	3	37.25±0.41[b]
3	4	25.73±0.50[e]

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่า a_w ของก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากน้ำแป้งซึ่งเติมกลีเซอรอลร้อยละ 2 หรือ 3 ร่วมกับการใช้โพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 3 มีค่าสูงกว่าก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่า a_w ของก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากน้ำแป้งซึ่งเติมกลีเซอรอลร้อยละ 2 ร่วมกับการใช้โพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 หรือ 4 และก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 4 และก้วยเตี๋ยวตัวอย่างควบคุมมีค่า a_w ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 มีค่า a_w น้อยกว่าก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุม (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Li, et al. (2011) ซึ่งพบว่าการใช้กลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอล ร้อยละ 2 ช่วยค่า a_w ในก้วยเตี๋ยวเส้นสดได้

ตารางที่ 3 ค่า a_w ของก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กตัวอย่างควบคุมและก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากแป้งซึ่งมีการแปรผันปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอล

กลีเซอรอล (ร้อยละ)	โพรพิลีนไกลคอล (ร้อยละ)	ค่า a_w
ตัวอย่างควบคุม		0.952±0.002[b]
2	2	0.960±0.003[b]
2	3	0.979±0.005[a]
2	4	0.963±0.003[b]
3	2	0.920±0.003[c]
3	3	0.981±0.007[a]
3	4	0.954±0.012[b]

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลของค่าสมบัติทางความร้อนของน้ำแป้งที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 3 และโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 และปริมาณความชื้นค่า a_w ของก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตจากน้ำแป้งดังกล่าวมีผลสอดคล้องกัน คือ น้ำแป้งมีค่า T_o T_p T_c และ ΔH สูงที่สุด ก้วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตได้มีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Kaur, et al. (2005) และ Singh and Singh (2003) ซึ่งกล่าวว่าน้ำแป้งที่มีค่า T_o T_p T_c และ ΔH สูงซึ่งอาจมีผลให้ได้ก้วยเตี๋ยวที่มีค่า a_w ต่ำ

บทสรุป

ปริมาณกลีเซอรอลและโพรพิลีนไกลคอลที่เหมาะสมสำหรับการลดค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กคือ การเติมกลีเซอรอล ร้อยละ 3 ร่วมกับโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 โดยน้ำแป้งตัวอย่างดังกล่าวมีค่า T_o T_p T_c และ ΔH สูงที่สุด และให้ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 27.22±0.26 และ 0.920±0.003 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยวนิดย์ สวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย และสำนักงานประสานการจัดบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สำหรับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

AOAC. (2006). **Official Methods of Analysis of AOAC International** (18th ed.). Arling, VA, USA: AOAC International.

Ghaffar, S., Abdulamir, A.S., Bakar, F.A., Karim, R. and Saari. (2009). **Microbial growth, sensory characteristic and pH as potential spoilage indicators of Chinese yellow wet noodles from commercial processing plants. American Journal of Applied Sciences,** 6(6), 1059-1066.

Gliemmo, M.F., Campos, C.A. and Gerschenson, I.N. (2006). Effect of several humectants and potassium sorbate on the growth of *Zygosaccharomyces bailii* in model aqueous systems resembling low sugar products. **Journal of Food Engineering,** (77), 761-770.

Kaur, L., Singh, J. and Singh, N. (2005). Effect of glycerol monostearate on the physico-chemical, thermal, rheological and noodle making properties of corn and potato starches. **Food Hydrocolloids,** 19, 839-849.

Li, M., Zhu, K., Guo, X., Peng, W. and Zhou, H. (2011). Effect of water activity (a_w) and irradiation on the shelf-life of fresh noodles. **Innovative Food Science and Emerging Technologies,** 12, 526-530.

Maltini, E., Torreggiani, D., Venir, E. and Bertolol, G. (2003). water activity and the preservation of plant food. **Food Chemistry,** 82, 79-86.

Singh, J. and Singh, N. (2003). Studies on the morphological and rheological properties of granular cold water soluble corn and Potato starches. **Food Hydrocolloids,** 17, 63-72.

การยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

The shelf life extension of thin rice noodle

กนกวรรณ แตงกูล, ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา และ ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา
สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการบรรจุก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กในถุงไนลอนที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษา โดยแปรผันสภาวะการบรรจุ 3 สภาวะคือ ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน อุณหภูมิการเก็บรักษา 2 ระดับ คืออุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (8±2 องศาเซลเซียส) จากนั้นสุ่มตัวอย่างทุก 3 วัน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน เพื่อตรวจสอบลักษณะปรากฏ วิเคราะห์ค่า a_w จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมากกว่าสภาวะการบรรจุ โดยการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่บรรจุในสภาวะปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้องมากกว่า 42 วัน สำหรับการบรรจุก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กในสภาวะปิดผนึกสุญญากาศและเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง 30 วัน

คำสำคัญ: ก๋วยเตี๋ยว ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก อายุการเก็บรักษา

Abstract

The objective of this research is to study the packaging conditions of thin rice noodle in nylon pouches that aids the longevity of its shelf life. By varying the packaging conditions into 3 conditions which are sealed with oxygen absorber inserted, vacuum sealing, and vacuum sealing with oxygen absorber inserted. Also,storing at 2 different temperature levels which are at room temperature (30± 2 degree Celsius) and refrigerator temperature (8± 2 degree Celsius). The samples were taken every 3 days for a storage period of 60 days in order to check the appearance, determine the value of a_w and the number of microorganisms, yeast, and mold in the noodles. The research has found that the storage temperature does affect the longevity of shelf life of thin rice noodle rather than the packaging conditions. The noodles that were packaged with method of vacuum sealed with oxygen absorber inserted and stored at refrigerator temperature have longer shelf life than storing them at room temperature by 42 days. And for noodle packaged with method of vacuum sealing and stored at refrigerator temperature have longer shelf life than that stored at room temperature by 30 days.

Keyword: noodle, thin noodle, shelf life extension

บทนำ

ผู้ประกอบการห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยวนิตย์ สวรรคโลก มีการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กประมาณ 3 ตัน/วัน ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กดังกล่าวมีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้นคือ 5 วัน ทำให้เกิดปัญหาระหว่างการขนส่งเนื่องจากระยะทางไกลทำให้ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเกิดการเน่าเสีย และมีการส่งกลับคืนโรงงานประมาณ ร้อยละ 10 คิดเป็นมูลค่าความเสียหายประมาณ 6,000 บาท/วัน (ราคาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กกิโลกรัมละ 20 บาท) เนื่องจากมีจุลินทรีย์เจริญเติบโตจนลูกค้าสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า การเสื่อมเสียดังกล่าวนอกจากจะสร้างความสูญเสียให้กับผู้ประกอบการแล้วยังอาจเป็นสาเหตุของโรคทางเดินอาหาร (food poisoning) (Ghaffar et al., 2009) ซึ่งสภาวะการเก็บรักษาและอุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการยืดอายุก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก จากงานวิจัยRachtanapun and Tangnonthaphat (2011)

ศึกษาผลของชนิดบรรจุภัณฑ์ที่มีต่ออายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวสด โดยแปรผันบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิด คือ การหุ้มด้วยฟิล์ม HDPE (high density polyethylene) ถุง HDPE ถุง PET (polyethylene terephthalate) และถุงไนลอน (nylon) ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าก๋วยเตี๋ยวสดที่บรรจุในถุงไนลอนมีอายุการเก็บนานที่สุด คือ 13 วัน เนื่องจากถุงไนลอนมีสมบัติในการยอมให้ออกซิเจนและไอน้ำซึมผ่านน้อยที่สุด คือ 91.28 กรัม/ตารางเมตร/วัน และ 0.090 กรัม/ตารางเมตร/วัน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาผลของสภาวะการเก็บที่มีต่ออายุการเก็บข้าวกล้องงอกในถุงไนลอนโดยการแปรผันสภาวะการบรรจุ 3 แบบ คือ ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน พบว่าการปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจนเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาข้าวกล้องงอก เนื่องจากข้าวกล้องงอกมีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ สามารถเก็บได้นานกว่า 6 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากการปิดผนึกสุญญากาศเพียงอย่างเดียวมีผลให้อากาศซึมผ่านเข้าไปภายในถุงได้จากการเกิดรูรั่วเนื่องจากเมล็ดข้าวกล้องงอกแทงถุงไนลอน (ปิยวรรณ และคณะ, 2553) แต่การนำถุงไนลอนมาบรรจุก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาอาจไม่เกิดรูรั่วเนื่องจากก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กไม่มีความคมเหมือนเมล็ดข้าวกล้องงอก ดังนั้นสำหรับการศึกษาผลของสภาวะการบรรจุที่มีต่ออายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กจึงมีการศึกษาทั้ง 3 รูปแบบ คือ การปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

ศึกษาสภาวะการบรรจุที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

ผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กตามสูตรและวิธีการผลิตของโรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยวนิตย์ สวรรคโลก ซึ่งมีการเติมสารลดค่า a_w ในสัดส่วนที่เหมาะสมคือ กลีเซอรอลร้อยละ 3 ร่วมกับการใช้โพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 2 จากนั้นนำก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ผลิตได้มาบรรจุในถุงไนลอน แปรผันสภาวะการบรรจุ 3 สภาวะ คือ ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (8±2 องศาเซลเซียส) จากนั้นสุ่มตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมาตรวจสอบคุณภาพทุก 3 วัน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60 วัน ดังนี้

1) ลักษณะปรากฏของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก
2) ค่า a_w ตามวิธีของ Li et al. (2011)
3) ตรวจสอบคุณภาพด้านจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และรา ตามวิธีของ AOAC (2000)

ผลการวิจัย

1. ลักษณะปรากฏของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่บรรจุในถุงไนลอนในสภาวะปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจนซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอยู่ในสภาพปกติ (มีสีขาวขุ่น) จนกระทั่งมีอายุการเก็บรักษา 18 วัน แต่เมื่ออายุการเก็บรักษา 21 วัน พบการเจริญเติบโตของเชื้อราจากการสังเกตด้วยตาเปล่า ส่วนสภาวะการปิดผนึกแบบสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นก๋วยเตี๋ยวมีสภาพปกติจนกระทั่งอายุการเก็บรักษานาน 48 วัน และสังเกตเห็นเชื้อราเจริญเติบโตจากการสังเกตด้วยตาเปล่าเมื่ออายุการเก็บรักษานาน 51 วัน สำหรับก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บในสภาวะสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นยังคงมีสภาพปกติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60 วัน (ตารางที่ 1) ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่พบการเจริญเติบโตของเชื้อราเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจะยุติการตรวจสอบค่า a_w จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และรา

ตารางที่ 1 ลักษณะปรากฏของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีการแปรผันสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษา

อายุการเก็บ (วัน)	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน		ปิดผนึกสุญญากาศ		ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	
	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิตู้เย็น	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิตู้เย็น	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิตู้เย็น
0	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
3	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
6	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
9	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
12	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
15	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
18	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
21	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ	พบเชื้อรา	ปกติ
24	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ	พบเชื้อรา	ปกติ
27	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ	พบเชื้อรา	ปกติ
30	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ	พบเชื้อรา	ปกติ
33	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ	พบเชื้อรา	ปกติ
36	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ	พบเชื้อรา	ปกติ
39	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ	พบเชื้อรา	ปกติ
42	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ	พบเชื้อรา	ปกติ
45	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ	พบเชื้อรา	ปกติ
48	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ	พบเชื้อรา	ปกติ
51	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ
54	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ
57	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ
60	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	พบเชื้อรา	ปกติ

หมายเหตุ ปกติ = ก๋วยเตี๋ยวมีลักษณะสีขาวขุ่น ไม่ปรากฏการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

2. ค่า a_w

ค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บในถุงไนลอนที่มีการปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนและเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด สำหรับก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บภายใต้สภาวะการปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจนทั้งสองอุณหภูมิการเก็บรักษา ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บภายใต้สภาวะการปิดผนึกสุญญากาศและการปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน เก็บที่อุณหภูมิห้อง ยุติการตรวจค่า a_w เมื่ออายุการเก็บรักษา 21 วัน ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บภายใต้สภาวะการปิดผนึกสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น ยุติการตรวจค่า a_w เมื่ออายุการเก็บรักษานาน 51 วัน เนื่องจากสังเกตเห็นเชื้อราด้วยตาเปล่า นอกจากนี้ยังพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นมีการเพิ่มขึ้นของค่า a_w น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่มีการแปรผันสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษา

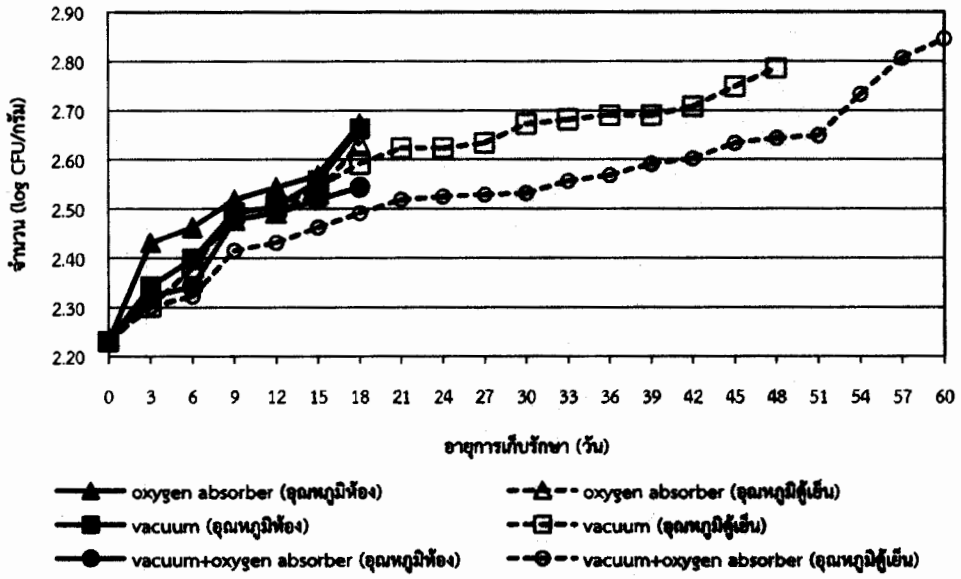
อายุการเก็บ (วัน)	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน		ปิดผนึกสุญญากาศ		ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	
	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิตู้เย็น	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิตู้เย็น	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิตู้เย็น
0	0.921±0.001^{e}	0.921±0.001^{e}	0.921±0.001^{e}	0.921±0.001^{e}	0.921±0.001^{e}	0.921±0.001^{e}
3	0.931±0.001^{d}	0.924±0.000^{e}	0.928±0.000^{d}	0.927±0.000^{g}	0.923±0.000^{de}	0.922±0.000^{n}
6	0.936±0.001^{c}	0.932±0.000^{d}	0.931±0.001^{c}	0.929±0.000^{fg}	0.924±0.000^{d}	0.922±0.000^{mn}
9	0.937±0.000^{c}	0.934±0.001^{c}	0.933±0.001^{b}	0.929±0.000^{f}	0.924±0.000^{d}	0.923±0.000^{m}
12	0.940±0.001^{b}	0.935±0.001^{b}	0.934±0.001^{b}	0.931±0.001^{f}	0.926±0.000^{c}	0.924±0.000^{l}
15	0.941±0.001^{b}	0.936±0.000^{b}	0.935±0.001^{b}	0.933±0.000^{e}	0.930±0.000^{b}	0.927±0.000^{k}
18	0.960±0.002^{a}	0.956±0.009^{a}	0.945±0.001^{a}	0.944±0.001^{d}	0.941±0.006^{a}	0.937±0.000^{j}
21	ND	ND	ND	0.974±0.000^{d}	ND	0.941±0.001^{i}
24	ND	ND	ND	0.974±0.000^{d}	ND	0.945±0.000^{h}
27	ND	ND	ND	0.974±0.001^{cd}	ND	0.947±0.001^{h}
30	ND	ND	ND	0.976±0.000^{c}	ND	0.948±0.001^{gh}
33	ND	ND	ND	0.977±0.001^{c}	ND	0.949±0.001^{ef}
36	ND	ND	ND	0.977±0.001^{c}	ND	0.951±0.000^{fg}
39	ND	ND	ND	0.977±0.001^{c}	ND	0.950±0.000^{d}
42	ND	ND	ND	0.979±0.001^{b}	ND	0.952±0.000^{e}
45	ND	ND	ND	0.982±0.001^{a}	ND	0.952±0.001^{e}
48	ND	ND	ND	0.981±0.001^{a}	ND	0.957±0.001^{d}
51	ND	ND	ND	ND	ND	0.960±0.000^{b}
54	ND	ND	ND	ND	ND	0.960±0.000^{bc}
57	ND	ND	ND	ND	ND	0.962±0.001^{b}
60	ND	ND	ND	ND	ND	0.963±0.001^{a}

หมายเหตุ* อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)
ND = no data เนื่องจากยุติการตรวจเพราะสังเกตเห็นเชื้อราบนเส้นก๋วยเตี๋ยว

1. คุณภาพทางจุลชีววิทยา

3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่แปรผันสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษาทุกตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจนมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์มากที่สุด รองลงมาคือก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บที่อุณหภูมิห้องมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าก๋วยเตี๋ยวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 จำนวนจุลินทรีย์ในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่แปรผันสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษา

3.2 จำนวนยีสต์และรา

จำนวนยีสต์และราในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจนทั้งสองอุณหภูมิการเก็บรักษา ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีจำนวนยีสต์และรา น้อยกว่า 1.48 log CFU/กรัม ทุกตัวอย่างที่ยังคงมีสภาพปกติ คือตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานานถึง 18 วัน ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่บรรจุในสภาวะปิดผนึกสุญญากาศมีจำนวนยีสต์และราอยู่ในช่วงที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดคือต่ำกว่า 2 log CFU/กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548) ในตัวอย่างที่ยังคงมีสภาพปกติคือตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานานถึง 48 วัน ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่บรรจุในสภาวะปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนมีจำนวนยีสต์และราอยู่ในช่วงที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60 วัน

ตารางที่ 3 จำนวนยีสต์และรา (log CFU/กรัม) ในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่แปรผันสภาวะการบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษา

อายุการเก็บ(วัน)	ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน		ปิดผนึกสุญญากาศ		ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน	
	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิตู้เย็น	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิตู้เย็น	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิตู้เย็น
0	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
3	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
6	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
9	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
12	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
15	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
18	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48	<1.48
21	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
24	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
27	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
30	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
33	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
36	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48

39	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
42	ND	ND	ND	<1.48	ND	<1.48
45	ND	ND	ND	1.62	ND	<1.48
48	ND	ND	ND	1.63	ND	1.53
51	ND	ND	ND	ND	ND	1.56
54	ND	ND	ND	ND	ND	1.58
57	ND	ND	ND	ND	ND	1.59
60	ND	ND	ND	ND	ND	1.60

หมายเหตุ ND = no data เนื่องจากยุติการตรวจเพราะสังเกตเห็นเชื้อราบนเส้นก๋วยเตี๋ยว

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการสังเกตลักษณะปรากฏของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่บรรจุในถุงไนลอน พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมากกว่าสภาวะการบรรจุ โดยการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่บรรจุในสภาวะปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้องมากกว่า 42 วัน การบรรจุในสภาวะปิดผนึกสุญญากาศและเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง 30 วัน ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์โดยส่วนใหญ่จะมีการเจริญเติบโตช้าที่อุณหภูมิตู้เย็นและสำหรับสาเหตุที่ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กซึ่งบรรจุในสภาวะการปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นมีอายุการเก็บรักษานานกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ปิดผนึกสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นอาจเนื่องมาจากการปิดผนึกในสภาวะปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนมีผลให้สภาวะภายในถุงไนลอนมีสภาพเป็นสุญญากาศมากกว่าการบรรจุในสภาวะปิดผนึกสุญญากาศเพียงอย่างเดียวจึงไม่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อรา

ค่า a_w ของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากถุงไนลอนยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้ในอัตรา 0.090 กรัม/ตารางเมตร/วัน (Rachtanapun and Tangnonthaphat, 2011) โดยพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่เก็บในถุงไนลอนที่มีการปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนและเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด และมีค่าเพียง 0.963±0.001 เมื่อมีอายุการเก็บรักษา 60 วัน ในขณะที่ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจนมีการเพิ่มขึ้นของค่า a_w เร็วที่สุด รองลงมาคือก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่ปิดผนึกสุญญากาศและปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสภาวะการบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนช่วยควบคุมการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ได้ดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นช่วยลดอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า a_w ได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจึงเป็นเหตุให้ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กมีค่า a_w สูงขึ้นส่งผลให้จุลินทรีย์ ยีสต์และรามีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กทุกตัวอย่างที่ทำการตรวจสอบมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 4.47 log CFU/กรัม ยีสต์และราไม่เกิน 2 log CFU/กรัม ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548) โดยเฉพาะจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่บรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60 วัน

จากการตรวจสอบลักษณะปรากฏ ค่า a_w จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และราในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่บรรจุในถุงไนลอน ปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจน ปิดผนึกสุญญากาศ ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น กล่าวได้ว่าอุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กได้มากกว่าสภาวะการบรรจุ โดยการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่อุณหภูมิตู้เย็นช่วยยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กได้โดยเฉพาะการเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนมีอายุการเก็บรักษานานกว่า 60 วัน ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่บรรจุในสภาวะปิดผนึกสุญญากาศและเก็บรักษาที่

อุณหภูมิตู้เย็นมีอายุการเก็บรักษานาน 48 วัน ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่บรรจุในสภาวะปิดผนึกพร้อมใส่สารดูดซับออกซิเจนทั้งสองอุณหภูมิการเก็บรักษา ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กที่บรรจุในสภาวะปิดผนึกสุญญากาศ ปิดผนึกสุญญากาศร่วมกับการใส่สารดูดซับออกซิเจนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บรักษา 18 วัน

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาผลของการฆ่าเชื้อภาชนะบรรจุด้วยโอโซนหรือรังสียูวีก่อนนำมาบรรจุก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเพื่อช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นในภาชนะบรรจุ สำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก

เอกสารอ้างอิง

ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา ญาดา พรมใจสา และศิรินภา เสาวนิจ. 2553. สภาวะการบรรจุที่เหมาะสมและอายุการเก็บข้าวกล้องงอก. วารสารวิจัยและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมไทย. 1(2): 22-28.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2548. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป. มอก. 832-2548, กรุงเทพฯ.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. Arling, VA, USA: AOAC International.

Ghaffar, S., Abdulamir, A.S., Bakar, F.A., Karim, R. and Saari. 2009. Microbial growth, sensory characteristic and pH as potential spoilage indicators of Chinese yellow wet noodles from commercial processing plants. American Journal of Applied Sciences. 6(6): 1059-1066.

Li, M., Zhu, K., Guo, X., Peng, W. and Zhou, H. 2011. Effect of water activity (aw) and irradiation on the shelf-life of fresh noodles. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 12: 526-530.

Rachtanapun, P. and Tangnonthaphat, T. 2011. Effects of packaging types and storage temperatures on the shelf life of fresh rice noodles under vacuum conditions. Chiang Mai Journal Science. 38(4) : 579-589.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นางสาวกนกวรรณ แดงกูล
วัน เดือน ปีเกิด	10 ตุลาคม 2531
ที่อยู่ปัจจุบัน	25/1 หมู่ 1 ต.ท่ามะเฟือง อ.พิชัย จ.อุตรดิตถ์ 53120

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2549	มัธยมศึกษาปีที่ 6 (สายวิทย์-คณิต) โรงเรียนพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์
พ.ศ.2554	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก
พ.ศ.2556	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก