



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาคุษฎีบัณฑิต (เกษตรเขตร้อน)

ปริญญา

เกษตรเขตร้อน

เกษตร

สาขา

คณะ

เรื่อง การผลิตไข่แดงเทียมสำหรับขนมทองหยอด

The Production of Simulated Egg Yolk for Kanom Thong Yoad

นามผู้วิจัย นางสาวพรดารา เขตต์ทองคำ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัญญณี อุตัยพัฒนาชีพ, D.Sc.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สิริพันธุ์ จุลกรังคะ, M.S.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ประภา ศรีพิจิตต์, D.Agr.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การผลิตไข่แดงเทียมสำหรับขนมทองหยอด

The Production of Simulated Egg Yolk for Kanom Thong Yoad

โดย

นางสาวพรดารา เขตต์ทองคำ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เกษตรเขตร้อน)

พ.ศ. 2558

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรคارا เขตต์ทองคำ 2558: การผลิตไข่แดงเทียมสำหรับขนมทองหยอด ปริญาปรัชญาคุณวุฒิปบัณฑิต
(เกษตรเขตร้อน) สาขาเกษตรเขตร้อน คณะเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ, D.Sc. 128 หน้า

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลของ โซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมซัลเฟต (CMC) การจีเนน และนมผง ต่อการผลิตไข่แดงเทียมสำหรับขนมทองหยอด 2) การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมี กายภาพและทางประสาทสัมผัสระหว่างขนมทองหยอดตำรับพื้นฐานและตำรับไข่แดงเทียม 3) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัส และจุลินทรีย์ ของขนมทองหยอดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของทองหยอดโดยวิธี Analysis of variance และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษาพบว่าไข่แดงเทียมสำหรับการผลิตทองหยอด สามารถผลิตได้จากไข่ขาวสด 75 กรัม ไข่ขาวผง 3 กรัม โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง น้ำ โซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมซัลเฟต (CMC) การจีเนน นมผง น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และสีผสมอาหารสีเหลืองไข่ ร้อยละ 2.6, 64, 1.3, 1.3, 3.9, 13 และ 2.6 ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมด ตามลำดับและการปรับปริมาณเลซิดินเป็นร้อยละ 13 และ 19 ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมด ช่วยให้ไขมันชั้นคงตัวดีขึ้น ทองหยอดที่ได้จากตำรับพื้นฐาน ตำรับไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลซิดินร้อยละ 13 และ 19 มีปริมาณคอเลสเตอรอลเท่ากับ 15.29 ± 0.34 , 1.76 ± 0.10 และ 1.80 ± 0.11 มก./100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนร้อยละ 13.73 ± 1.30 , 10.61 ± 1.01 และ 8.83 ± 0.90 ตามลำดับค่าความแข็ง เท่ากับ 2511.85 ± 10.76 , 1420.76 ± 9.59 และ 1287.06 ± 11.45 กรัม ตามลำดับ การทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 100 คน พบว่าทองหยอดจากไข่แดงเทียมที่มีเลซิดินร้อยละ 19 ได้คะแนนคุณลักษณะด้าน สีเหลืองไข่ กลิ่น ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม มากที่สุด และแตกต่างจากทองหยอดตำรับพื้นฐานและที่มีเลซิดินร้อยละ 13 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การศึกษาอายุการเก็บของทองหยอดตำรับพื้นฐานและทองหยอดที่มีเลซิดินร้อยละ 19 ที่อุณหภูมิ 30°C . และ 4°C . พบว่า ตำรับพื้นฐานเก็บรักษาได้ไม่เกิน 3 วัน และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ ส่วนตำรับทองหยอดไข่แดงเทียมที่มีเลซิดินร้อยละ 19 เก็บได้นาน 7 วัน เมื่อวิเคราะห์ด้วยปริมาณจุลินทรีย์ และไม่เกิน 4 วันเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส ส่วนที่อุณหภูมิ 4°C . สามารถเก็บได้นาน 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30°C . และ 4°C . คุณภาพของทองหยอดตำรับพื้นฐาน ค่าสี L^* ค่าความแข็ง การปรากฏ การกินตัว การรวมตัว ความเหนียวเป็นกาว และพลังในการเคี้ยว ลดลงมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณกรดที่ได้จากการไฮโดรไลส และค่า TBA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่า a_w ที่อุณหภูมิ 30°C . เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนที่อุณหภูมิ 4°C . มีค่าลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทองหยอดไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลซิดินร้อยละ 19 ที่อุณหภูมิ 30°C . ค่า L^* และ b^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทุกคุณลักษณะของเนื้อสัมผัสวิเคราะห์ด้วยเครื่อง LLOYD รุ่น TA 500 รวมทั้ง a_w TBA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่อุณหภูมิ 4°C . พบว่าทองหยอดไข่แดงเทียมมีค่าการรวมตัว ความเหนียวเป็นกาว ความยืดหยุ่น และ TBA เท่านั้นที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขนมทองหยอดจากไข่แดงเทียมที่พัฒนาโดยมีปริมาณเลซิดินร้อยละ 19 ผสมแป้งทองหยอดร้อยละ 32 ของน้ำหนักไข่แดงเทียม สามารถผลิตทองหยอดที่มีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า รวมทั้งสามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลได้ถึงร้อยละ 88 จากตำรับพื้นฐาน

Porndara Ketthongkam 2015: The Production of Simulated Egg Yolk for Kanom Thong Yoad.
Doctor of Philosophy (Tropical Agriculture), Major Field: Tropical Agriculture, Faculty of
Agriculture. Thesis Advisor: Assistant Professor Anchane Utaipatanacheep, D.Sc. 128 pages.

The objectives of this study were to 1) study the effects sodium carboxymethyl cellulose (CMC), Carrageenan and milk powder on simulated egg yolk production, 2) compare the chemical and physical properties, and sensory quality of Kanom Thong Yoad prepared from basic recipe and simulated egg yolk recipe, 3) study the chemical, physical, microbial and sensory shelf-life changes of Kanom Thong Yoad during storage at room temperature (30°C) and chilled temperature (4°C). The data were analyzed by the analysis of variance and the difference tests using Duncan's New Multiple Range test (DMRT)

The result was found that simulated egg yolk for Thong Yoad could be produced from 75 g. fresh egg white, 3 g. egg white powder combined with soy protein isolate, water, CMC, carrageenan, milk powder, sunflower seed oil, and egg-yellow pigment at levels of 2.6, 64, 1.3, 1.3, 3.9, 13 and 2.6 % of egg white, respectively. The lecithin was adjusted into 2 levels, 13% and 19% of egg white for emulsion stability. Kanom Thong Yoad produced from basic recipe and simulated egg yolk with 13% and 19% of lecithin composed of cholesterol as following : 15.29±0.35, 1.76±0.10 and 1.8±0.11 mg/100g., respectively. Protein contents were 13.73±1.30, 10.61±1.01, and 8.83±0.90%, respectively and the hardness values were 2511.85±10.76, 1420.76±9.59, and 1287.06±11.45 g, respectively. The results of acceptance tests from 100 customers showed that Thong Yoad from simulated egg yolk with 19% of lecithin had the highest score for color, odor, firmness, and over all acceptance with the statistical significant difference from the other two products ($p \leq 0.05$). The shelf-life studies of the basic formula and the Kanom Thong Yoad produced by the simulated egg yolk containing 19% lecithin indicated that the former's shelf-life at 30°C and 4°C were 3 days and 4 weeks, respectively. While the shelf-life of the latter at 30°C was 7 days as determined by total plate count and only 4 days when assessed by sensory evaluation. At 4°C, this experimental product could be kept for 8 weeks. After keeping the basal samples at both 30°C and 4°C, the values of L*, hardness, fracturability, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness were significantly decreased ($p \leq 0.05$). Total acid from titration and TBA were significantly increased ($p \leq 0.05$), while the a_w at 30°C was significantly increased ($p \leq 0.05$), but that at 4°C was not significantly decreased ($p > 0.05$). For the shelf-life of the sample product from simulated egg yolk with 19% of lecithin at 30°C showed that L* and b* values were significantly decreased ($p \leq 0.05$). All the texture characteristics detected by means of LLOYD TA 500, including a_w and TBA were significantly increased ($p \leq 0.05$). The result was also shown that at 4°C, this experimental product provided the significantly increase values of cohesiveness, gumminess, resilience and TBA ($p \leq 0.05$). Kanom Thong Yoad made from the simulated egg yolk with 19% of lecithin which was developed in this study combined with 32% of Thong Yoad flour could provide the longer shelf-life, the higher score of acceptance and the lower cholesterol content (88%) than the basic recipe.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์สิริพันธุ์ จุลกะรังคะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม กรรมการร่วม ดร. ศิริพร เรียบร้อย ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร. วันดี ไทยพานิช ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ซึ่งได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็น ตรวจสอบแก้ไข และให้คำปรึกษาอย่างดียิ่ง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หน่วยปฏิบัติการวิเคราะห์อาหาร หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตในการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ผล ขอขอบคุณผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในงานวิจัยครั้งนี้ สุดท้ายขอกราบขอบคุณคุณพ่อพนัส เขตต์ทองคำ และครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านและให้กำลังใจตลอดมา

พรดารา เขตต์ทองคำ

มกราคม 2558

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	33
อุปกรณ์	33
วิธีการ	35
ผลและวิจารณ์	40
สรุปและข้อเสนอแนะ	99
สรุป	99
ข้อเสนอแนะ	101
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	102
ภาคผนวก	110
ภาคผนวก ก แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	111
ภาคผนวก ข ตารางแสดงผลการศึกษาอายุการเก็บรักษา	118
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	128

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพของโปรตีนไข่ขาว	16
2	คุณสมบัติของโปรตีนในการทำให้เกิดอิมัลชันและการรักษาความคงตัวของอิมัลชัน	19
3	ส่วนประกอบของไข่แดงเทียมปราศจากคอเลสเตอรอล	36
4	ทองหยอดตำรับพื้นฐาน	37
5	แสดงส่วนผสมของไข่แดงเทียม	41
6	ลักษณะส่วนผสมของไข่แดงเทียมที่ทำการปรับปริมาณ CMC การเจี๊ยนและนมผง (ปริมาณแตกต่างกัน)	43
7	แสดงลักษณะทองหยอดที่ทำการเพิ่มปริมาณเลซิดินในระดับต่าง ๆ	45
8	แสดงปริมาณส่วนผสมของไข่แดงเทียมที่พัฒนาโดยมีเลซิดิน 3 ระดับ	46
9	ลักษณะปรากฏของทองหยอดไข่แดงเทียมที่ทำจากแป้งทองหยอดและปริมาณเลซิดินที่แตกต่างกัน	47
10	ความหนืดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทองหยอดทั้ง 4 ตำรับ	48
11	คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดทั้ง 4 ตำรับ	51
12	คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดทั้ง 2 ตำรับที่พัฒนาด้านต่าง ๆ (ครั้งที่ 1)	54
13	คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดทั้ง 2 ตำรับที่พัฒนาด้านต่าง ๆ (ครั้งที่ 2)	57
14	คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และปริมาณคอเลสเตอรอลของทองหยอดทั้ง 3 ตำรับ	60
15	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของทองหยอดทั้ง 3 ตำรับ	62
16	ข้อมูลเกี่ยวกับเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคทองหยอดของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของทองหยอดทั้ง 3 ตำรับ	64
17	คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบทองหยอดทั้ง 3 ตำรับ	65
18	ข้อมูลเกี่ยวกับเกี่ยวกับพฤติกรรมการยอมรับทองหยอดของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับทองหยอดทั้ง 3 ตำรับ	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
19	เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ของทองหยอดตำรับพื้นฐาน และทองหยอดตำรับที่ 2 ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 30 ⁰ C	72
20	คุณภาพทางจุลินทรีย์ ของทองหยอดทั้ง 2 ตำรับ ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บ และทองหยอดตำรับที่ 2 ที่อุณหภูมิ 30 ⁰ C	76
21	คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ของทองหยอดตำรับพื้นฐานและทองหยอดตำรับที่ 2 ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4 ⁰ C	79
22	คุณภาพทางจุลินทรีย์ ของทองหยอดทั้ง 2 ตำรับ ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บ และทองหยอดตำรับที่ 2 ที่อุณหภูมิ 4 ⁰ C	83
23	เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดตำรับพื้นฐานและทองหยอดตำรับที่ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ⁰ C	87
24	เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดตำรับพื้นฐานและทองหยอดตำรับที่ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ⁰ C	94

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ข1 เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ของทองหยอดตำรับพื้นฐาน ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 30 °C	119
ข2 เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ของทองหยอดตำรับที่ 2 ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 30 °C	120
ข3 คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ของทองหยอดตำรับพื้นฐาน ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C	122
ข4 คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ของทองหยอดตำรับที่ 2 ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C	123
ข5 คะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอด ตำรับพื้นฐานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C	124
ข6 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอด ตำรับที่ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C	125
ข7 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอด ตำรับพื้นฐานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C	126
ข8 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอด ตำรับที่ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C	127

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1	โชนการตกผลึกที่ความเข้มข้นของสารละลายของน้ำตาลซูโครส และอุณหภูมิต่าง ๆ ที่บรรยากาศปกติ (ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท)
2	sodium O-(carboxymethyl) cellulose
3	การเปรียบเทียบการแช่แข็งของน้ำบริสุทธิ์ และสารละลายที่มีตัวถูกละลาย 1 ตัว
4	กรรมวิธีการผลิตขนมทองหยอดตำรับพื้นฐาน
5	Radar Chart แสดงค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยคุณภาพทองหยอดทั้ง 3 ตำรับ ที่พัฒนาในด้านต่าง ๆ ครั้งที่ 2
6	ทองหยอดตำรับพื้นฐาน และทองหยอดไข่แดงเทียมตำรับที่ 2 (เลขจีนร้อยละ 19)

การผลิตไข่แดงเทียมสำหรับขนมทองหยอด

The Production of Simulated Egg Yolk for Kanom Thong Yoad

คำนำ

อาหารไทย ขนมไทยเป็นเอกลักษณ์อย่างหนึ่งที่ทั่วโลกยอมรับ และความนิยมของอาหารไทย ขนมไทยได้แผ่ขยายออกไปมากขึ้นทุกวัน รัฐบาลจึงมีนโยบายในการสนับสนุนและผลักดันให้อาหารไทยเป็นที่นิยมแพร่หลายในต่างประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะเผยแพร่ทั้งอาหารสด อาหารสำเร็จรูป วัตถุดิบ เครื่องปรุงรส ตลอดจนสนับสนุนธุรกิจร้านอาหารไทยในต่างประเทศให้มีการขยายตัวอย่างมีคุณภาพ เพื่อเป็นการยกระดับมาตรฐานอาหารไทยในต่างประเทศ และสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อประเทศไทย ไม่เพียงแต่รสชาติและความพิถีพิถันในการปรุงเท่านั้น การตกแต่งอาหารอย่างประณีตวิจิตรให้น่ารับประทานก็เป็นส่วนหนึ่งที่สร้างความประทับใจให้ผู้พบเห็นทั้งชาวต่างชาติและแม่คนไทยด้วยกันเอง และเป็นที่ทราบกันดีว่าขนมไทยที่มีชื่อทอมนานานานิยมใช้ในงานมงคล เช่นงานแต่งงาน งานบุญต่าง ๆ เพราะชื่อที่มีความหมายถึงสิ่งมงคล คือให้มีเงินทองใช้ไม่รู้จักจบ อย่างไม่รู้ใครตามไม่มีผู้ใดปฏิเสธได้ว่าขนมไทยนั้นมีรสชาติที่หวานหอมละมุนละม่อม แต่หลาย ๆ คนไม่ชอบรับประทานขนมไทยเพราะความหวานของขนมบางชนิด และมีคอเลสเตอรอลสูงสำหรับขนมไทยที่ทำมาจากไข่ โดยเฉพาะไข่แดงจะมีปริมาณไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลสูงที่สุดคือ 30 กรัม และ 1,250 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ การพัฒนาไข่แดงเทียมเพื่อใช้ในการผลิตขนมทองหยอดจึงเป็นทางเลือกสำหรับผู้สนใจสุขภาพและผู้ระวังเรื่องเกี่ยวกับคอเลสเตอรอล

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของ โซเดียมคาร์บอเนตซีเมตซีลเซลลูโลส (CMC) การจี้แน่น และนมผงต่อการผลิตไข่แดงเทียมสำหรับขนมทองหยอด
2. ศึกษาการเปรียบเทียบสมบัติทางเคมี กายภาพและทางประสาทสัมผัสระหว่างขนมทองหยอดตำรับพื้นฐานและตำรับไข่แดงเทียม
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้าน เคมี กายภาพ ประสาทสัมผัส และจุลินทรีย์ ของขนมทองหยอดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น

การตรวจเอกสาร

1. ขนมหอยทอด

ขนมหอยทอดเป็นขนมไทยที่ทำให้สุกด้วยการเชื่อม มีส่วนผสมของไข่แดง แป้งข้าวเจ้า และน้ำเชื่อม ถ้าน้ำเชื่อมไม่ใสจะมีผลต่อสีของขนม จึงมีกรรมวิธีการพองน้ำเชื่อมให้ใสโดยใช้ไข่ขาว หรือเปลือกไข่ย่ำกับน้ำตาล จากนั้นเติมน้ำ ตั้งไฟปานกลาง ช้อนฟองทิ้ง รอจนน้ำเชื่อมเดือด กรองด้วยผ้าขาวบางจะได้น้ำเชื่อมที่ใส ทำให้ได้ขนมหอยทอดมีสีเหลืองอมส้มสวย (อรรสู, 2542)

กรรมวิธีการทำขนมหอยทอดเริ่มจาก ตีไข่แดงให้ขึ้นฟู ผสมแป้งข้าวเจ้าให้เข้ากัน หยดลงในน้ำเชื่อมที่กำลังเดือดจนขนมสุก แฉในน้ำเชื่อมใส จะได้หอยทอดที่มีรูปร่างคล้ายหยดน้ำ มีความฉ่ำน้ำเชื่อม ซึ่งวิธีการหอยทอดขนมหอยทอดแต่เดิมใช้น้ำโป่ง น้ำชี และน้ำกลาง ขยี้มแป้งให้ติดน้ำกลาง แล้วรูดแป้งไปทางปลายนิ้วทั้งสาม สะบัดลงในน้ำเชื่อม (วันดี, 2542) หรือการเอียงถ้วยใช้นิ้วปาดไข่จากด้านนอกเข้าหาตัว หรือใช้นิ้วปาดไข่จากด้านใกล้ตัวออกไป แล้วใช้นิ้วหัวแม่มือรูดลงมาเพียงให้ส่วนผสมหยดลงไปน้ำเชื่อม ได้ขนมหอยทอดเป็นรูปหยดน้ำ แต่ปัจจุบันนิยมใช้ปลายช้อนกลางตักไข่ จากนั้นใช้นิ้วหัวแม่มือรูดส่วนผสมลงในกระทะ จะได้ขนมหอยทอดรูปหยดน้ำ กรรมวิธีการผลิตขนมหอยทอดมีขั้นตอนที่สำคัญคือ การตีไข่ให้ขึ้นฟู และปริมาณแป้งที่เหมาะสม ทำให้ส่วนผสมขนมหอยทอดมีความข้นหนืดก่อนทอดและความเข้มข้นน้ำเชื่อมที่เหมาะสม โดยสังเกตจากฟองน้ำเชื่อม ฟองน้ำเชื่อมต้องละเอียดและเดือดพล่าน ถ้าน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นไม่เหมาะสม เมื่อทอดส่วนผสมแล้วจะได้ขนมหอยทอดที่มีรูปร่างไม่สวย ดังนั้นลักษณะที่ดีของขนมหอยทอดคือเป็นทรงกลมคล้ายหยดน้ำ สีเหลืองส้ม ไม่เป็นไต มีรสหวานฉ่ำน้ำเชื่อม เป็นมันวาว และไม่มึนลิ้นคาบไข่

2. ไข่

ไข่ 1 ฟองมีน้ำหนักประมาณ 50-63 กรัม จะประกอบด้วยเปลือกไข่ (shell) ประมาณร้อยละ 9 – 11 เป็นส่วนของไข่ขาว (albumen) ประมาณร้อยละ 60 – 63 และไข่แดง (yolk) ประมาณร้อยละ 28 – 29 ของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง (Sugino and Juneja, 1997)

2.1 องค์ประกอบต่างๆ ของไข่ (สุวรรณ, 2529)

2.1.1 เปลือกไข่ ประมาณร้อยละ 11 ของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตประมาณร้อยละ 94 แคลเซียมฟอสเฟตร้อยละ 1 แมกนีเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 1 และอินทรีย์สารร้อยละ 4 ของน้ำหนักเปลือกแห้ง วัตถุคล้ายผงแป้งที่ผิวไข่บางคนเรียกว่านวลไข่ (bloom) ผิวไข่มีองค์ประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับของเยื่อหุ้มไข่ ถัดผิวไข่เข้าไปเป็นเปลือกแข็งชั้นนอก (spongy layer) เป็นชั้นละเอียดแน่น เริ่มด้วยเปลือกทรงตั้งเรียงรายรอบด้านนอก ถัดเข้าไปเป็นเปลือกละเอียดเรียงกันอย่างไม่เป็นระเบียบ การที่เปลือกไข่มีสีเนื่องจากได้รับเม็ดสีที่เปลี่ยนแปลงมาจากโลหิต อย่างไรก็ตามคุณค่าทางอาหารของไข่เปลือกสีขาวกับสีน้ำตาลหรือสีอื่น ๆ นั้นไม่ต่างกัน

ถัดจากเปลือกชั้นนอกเป็นเปลือกชั้นใน (mammillary layer) ผลึกหินปูนของชั้นนี้เคลือบคลุมรอบนอกของเยื่อหุ้มไข่ มีลักษณะเป็นปุ่ม ๆ ขรุขระตามลักษณะของพื้นเยื่อหุ้มไข่ชั้นนอก รูผิวไข่เป็นรูทะลุถึงกันระหว่างผิวภายนอกของเปลือกกับช่องว่างต่าง ๆ ของเปลือกชั้นใน ไข่ที่ออกมาใหม่ที่มีรูผิวจะมีวัตถุประสงค์เกี่ยวกับเปลือกไข่ เคลือบไข่ไว้ช่วยให้ไข่ระเหยออกจากไข่ได้ยาก ช่องอากาศจะปรากฏขึ้นได้ภายหลังจากไข่ออกพ้นจากตัวแม่ไก่ อุณหภูมิของไข่ที่ออกมาใหม่ ๆ ประมาณ 104 องศาฟาเรนไฮต์ ช่องอากาศนี้จะเกิดจากการหดตัวไม่เท่ากันระหว่างเปลือกกับเนื้อไข่ ช่องอากาศนี้จะปรากฏขึ้นที่ด้านป้านของฟองไข่ จากการแยกกันระหว่างเยื่อหุ้มไข่ 2 ชั้น

2.1.2 เยื่อหุ้มไข่ เป็นสารประกอบในโตรเจนเช่นเดียวกับของเส้นเท้าและขน มีลักษณะเป็นเส้น ๆ ประสานกันคล้ายผ้าที่ถักเป็นผืน (knitlacelike) มี 2 ชั้นหนาประมาณ 0.0024 นิ้ว

2.1.3 ไข่แดง มีอยู่ประมาณร้อยละ 31 ของน้ำหนักไข่ทั้งฟองจำแนกออกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้คือ เยื่อหุ้มไข่แดง (vitelline membrane) ฐานเชื้อลูกไก่ (germinal disc) ขั้วไข่แดง (latebra) กับตัวไข่แดงที่แบ่งออกเป็นชั้น ๆ สีเข้มสลับชั้นสีจาง โปรตีนสำคัญของไข่แดงได้แก่ โอโวไวเทลลิน ซึ่งมีอยู่ประมาณ $\frac{3}{4}$ ของโปรตีนในไข่แดง รองลงมาคือ โอโวไลเวททิน ไข่แดงในไข่แดงส่วนใหญ่คือ กลีเซอรอล เลซิธิน คอเลสเตอรอล สีของไข่แดงส่วนใหญ่คือ แซนโทฟิลล์ (xanthophylls) ซึ่งได้จากพืชสีเขียวกับข้าวโพดเหลืองที่กินเข้าไป ไข่แดงมีวิตามินที่สำคัญต่าง ๆ ทุกอย่างนอกจากวิตามินซี เยื่อหุ้มไข่แดงเป็นโปรตีนคล้ายกับโปรตีนไข่ขาว น้ำผ่านเข้าออกได้ดีพอใช้ ความชื้นของไข่แดงทำให้น้ำจากภายนอกซึมเข้าไปเจือจางได้ ทำให้ไข่แดงขยายตัวขึ้น ไข่ที่เก็บไว้นานวันเวลาต่อยเทลงภาชนะแบน ๆ ไข่แดงจะหนูน้อยลง ไข่ยิ่งเก่า ไข่แดงยิ่งแบนราบลง แร่ธาตุต่าง ๆ ในไข่ล้วนแต่เป็นธาตุที่จำเป็นต่อมนุษย์ทั้งสิ้น ได้แก่ เหล็ก ฟอสฟอรัส กำมะถัน ทองแดง โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม โคบอลต์ และแมงกานีส

2.2 ผลของกรรมวิธีการแปรรูปต่อคุณสมบัติของไข่ในผลิตภัณฑ์อาหาร

2.2.1 การเกิดโฟม (Foaming) โฟมประกอบด้วยเซลล์กระจายอยู่ในตัวทำละลายที่เป็นของเหลวหรือของแข็ง ซึ่งโฟมแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ โฟมเหลว (liquid foam) คือโฟมที่มีก๊าซ หรืออากาศกระจายอยู่ในตัวทำละลายที่เป็นของเหลว โฟมแข็ง (solid foam) คือโฟมที่มีก๊าซ หรืออากาศกระจายอยู่ในตัวทำละลายที่เป็นของแข็ง โฟมโปรตีนไข่เป็นโฟมเหลวซึ่งได้จากการตีไข่ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการตีไข่แดง ทำให้ความหนืดของสารละลายโปรตีนจากไข่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณของไข่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีฟองอากาศมากขึ้น แต่ถ้าตีไข่แดงมากเกินไปความหนืดของสารละลายโปรตีนจากไข่สูงมาก ความเสถียรของโฟมในโปรตีนไข่ลดลง ฟองอากาศด้านบนถูกดันให้สูงขึ้นด้วยฟองอากาศที่เกิดขึ้นที่หลัง ทำให้ฟองอากาศแตกออก ทำให้มีปริมาตรของส่วนผสมไข่ และปริมาณฟองอากาศลดลง และการเติมของแข็ง เช่น เกล็ด น้ำตาลหรือกลีเซอรอล ทำให้โฟมโปรตีนมีความหนืด ความเสถียรของโฟมโปรตีนลดลง เกิดการแตกของโฟมโปรตีน ทำให้มีปริมาณฟองอากาศลดลง (Yang and Baldwin, 1996; Zayas, 1997)

2.2.2 การเสียสภาพธรรมชาติ (denaturation) เป็นการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีน โดยไม่ทำให้พันธะโควาเลนต์ ซึ่งเป็นโครงสร้างในระดับปฐมภูมิ (primary) แตกออก ซึ่งโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนมี 4 แบบได้แก่ โครงสร้างปฐมภูมิ เป็นโมเลกุลโปรตีนแบบสายยาว โครงสร้างแบบทุติยภูมิ (secondary) คือโครงสร้างโพลีเปปไทด์แบบม้วนบิดด้วยพันธะไฮโดรเจน โครงสร้างแบบตติยภูมิ (tertiary) มีโครงสร้างแบบร่างแหสามมิติ และโครงสร้างแบบ ควอเทอนารี (quaternary) เป็นโครงสร้างโปรตีนขนาดใหญ่ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีน หรือการเสียสภาพธรรมชาติ ทำให้คุณสมบัติของโปรตีนเปลี่ยนแปลง เช่น มีการละลายลดลง การสูญเสียปฏิกิริยาแบบเอนไซม์ (enzymatic) โดยปัจจัยที่ทำให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน ได้แก่ การได้รับความร้อน การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่าง (Boye *et al.*, 1997) โดยการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่เรียกว่า การตกตะกอน (aggregation) เป็นการรวมตัวของโปรตีนกับโปรตีน ซึ่งเป็นการเสียสภาพธรรมชาติโดยทั่วไปของโปรตีน การจับตัวเป็นก้อน (coagulation) เป็นสภาพของโปรตีน จากของเหลวเป็นของแข็งหรือกึ่งแข็ง ซึ่งเป็นการจับตัวเป็นก้อนแบบสุ่มอย่างไม่เป็นระเบียบ โดยโปรตีนไข่ขาวและไข่แดงจะเกิดจับตัวเป็นก้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และฟลอคคูเลชัน (flocculation) เป็นปรากฏการณ์การเสียสภาพธรรมชาติของคอลลอยด์ ทำปฏิกิริยากันระหว่างโปรตีนที่จับกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์กับแรงระหว่างขั้วไฟฟ้า (Pomeranz, 1991) ส่วนการเสียสภาพธรรมชาติของไข่จากการแช่เยือกแข็งนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของน้ำเป็นผลึกน้ำแข็ง มีผลทำให้โปรตีนมีความเข้มข้น และมีความหนืด

เพิ่มขึ้น การละลายลดลง เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของอัลบูมิน โดยปัจจัยที่เร่งการเสียสภาพธรรมชาติโปรตีน ได้แก่ อัตราการแช่แข็งแบบช้า การละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิสูง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง และระยะเวลานาน โดยการแช่แข็งอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนน้อยกว่าแช่แข็งอย่างช้า ทว่าไปจะสังเกตการเปลี่ยนแปลงโปรตีนไข่แดงที่อุณหภูมิต่ำกว่า -6 องศาเซลเซียส โดยโปรตีนไข่แดงมีความหนืดเพิ่มขึ้น และเกิดเจลเลชันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน (Xiong, 1997) จากการทดลองของ Telis *et al.* (1997) พบว่าการแช่เยือกแข็งและการละลายมีผลต่อการเกิดเจลของไข่แดงที่อุณหภูมิระหว่าง -10 ถึง -14 องศาเซลเซียส เกิดเจลเลชันไม่แตกต่างกับที่อุณหภูมิ -14 ถึง -24 องศาเซลเซียส การแช่เยือกแข็งไข่แดงที่อุณหภูมิ -8 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 22 ชั่วโมง มีค่า storage และ loss moduli มากขึ้น ทำให้คุณสมบัติของเจลไข่แดงลดลง (gel-like behavior) การแช่เยือกแข็งไข่แดงที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 22 ชั่วโมง เจลไข่แดงมีการจับแบบพันธะโควาเลนต์ของโครงสร้างทางโมเลกุลลดลง สืบเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่า G' ทำให้การจับตัวกันของเจลไข่แดงลดลง เนื่องจากการเกิดผลึกน้ำแข็งและการเพิ่มความเข้มข้นของส่วนที่ไม่แข็งของเจลไข่แดง

3. แป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้าผลิตมาจากข้าวเจ้า (*Oryza sativa* L.) มีหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์อินดิกา (*O. sativa indica*) ปลูกมากในแถบมรสุม ซึ่งมีฝนตกชุกและแสงแดดเพียงพอ และพันธุ์จาปอนิกา (*O. sativa japonica*) ปลูกในพื้นที่เขตอบอุ่น (กล้าณรงค์, 2543)

3.1 กระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้า

ข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลส (amylose) สูงเหมาะใช้ในการผลิตแป้งข้าวเจ้าเพราะจะให้ความกรอบแข็งเมื่อนำไปทอด หรือ เกิดแผ่นฟิล์ม เมื่อนำไปนึ่งแล้วลดอุณหภูมิลง เช่น ก๋วยเตี๋ยวเส้นหมี ข้าวหอมมะลิที่บริโภค ไม่เหมาะใช้ผลิตแป้งข้าวเจ้าเพราะมีปริมาณอะไมโลสต่ำ ในประเทศไทยการผลิตแป้งข้าวเจ้าแบ่งเป็นการผลิตแบบไม่เปียกและโม้แห้ง การโม้แห้งนั้นกระทำโดยตรง นำข้าวมาบดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิล (hammer mill) แล้วร่อนผ่านตะแกรงทำให้แป้งเปียก เจลที่ได้จึงมีลักษณะแข็งกรอบ ส่วนการโม้เปียกกระทำหลังจากที่นำข้าวไปแช่น้ำจนเมล็ดแป้งนุ่ม แล้วจึงบดด้วยโม้หิน ทำอย่างนี้จะทำให้เมล็ดแป้งแตกออกจำนวนมาก แป้งที่ได้จึงดูนุ่มน้ำได้ดี เจลที่ได้จึงมีความเหนียวกว่า (กล้าณรงค์, 2543) ซึ่งเจลแป้งเปียกเหมาะสำหรับทำขนม เนื่องจากแป้งมีคุณภาพดี มีความละเอียด และเกิดเจลได้ดี ทำให้เจลแป้งมีความเหนียวกว่าการโม้แห้ง

3.2 องค์ประกอบของแป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้ามีองค์ประกอบได้แก่ ความชื้น แป้ง โปรตีน ไขมัน เถ้า และอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 12.0, 79.2, 7.0, 0.4, 0.5 และ 0.9 ตามลำดับ ส่วนอะไมโลส ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคส ประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4- glucosidic linkage ที่จับตัวเป็นเส้นตรง แป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 18-27 และมีอะไมโลเพคติน (amylopectin) เป็นโพลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ซึ่งส่วนของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4- glucosidic linkage และส่วนที่เป็นกิ่งเป็นโพลิเมอร์กลูโคสสายสั้นเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,6- glucosidic linkage (กล้าณรงค์, 2543) คุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้าที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารมี 2 ประการคือ (กล้าณรงค์, 2543)

3.2.1 การเกิดเจลาตินเซชัน เม็ดแป้งซึ่งมีโมเลกุลของหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ที่ยึดเกาะด้วยพันธะไฮโดรเจนมีคุณสมบัติชอบน้ำ เมื่อนำเม็ดแป้งข้าวเจ้ามาละลายกับน้ำเย็น เม็ดแป้งข้าวเจ้าจะละลายได้น้อยเนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห (micelles) ทำให้แป้งเมื่ออยู่ในน้ำเย็นจะละลายและพองตัวได้น้อยประมาณร้อยละ 25-30 แต่เมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส พันธะไฮโดรเจนแตกตัว เม็ดแป้งคูลน้ำแล้วพองตัวทำให้น้ำแป้งมีความใสและความหนืดมากขึ้น ทั้งนี้มาจากการที่เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ช้า เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่อยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งน้อยลง ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาตินเซชัน อุณหภูมิที่สารละลายแป้งเริ่มเกิดความหนืด เรียกว่าอุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์ หรืออุณหภูมิที่เริ่มการเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งข้าวเจ้าอยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 61-78 องศาเซลเซียส

Lii *et al.* (1995) ทำการศึกษาการเกิดเจลาติไนซ์เซชันของสตาร์ชจากข้าว 3 ชนิด ได้แก่ Indica, Japonica และ Waxy ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสเท่ากับ 25.6, 14.8 และ 0.99 ตามลำดับ พบว่าสตาร์ชข้าวที่มีอุณหภูมิเจลาติไนซ์สูงสุด ได้แก่ Indica เนื่องจากปริมาณ อะไมโลสสูง ส่วนสตาร์ชข้าวที่มีอุณหภูมิเจลาติไนซ์ต่ำสุด ได้แก่ Waxy เนื่องจากปริมาณ อะไมโลสต่ำ และมีปริมาณอะไมโลเพคตินสูง เช่นเดียวกับ Jane *et al.* (1999) ที่ศึกษาอิทธิพลของความยาวของสายโมเลกุลเชิงกิ่งและอะไมโลสต่อการเกิดเจลาติไนซ์และคุณสมบัติของสตาร์ช พบว่าอุณหภูมิการเจลาติไนซ์เพิ่มขึ้นเมื่อความยาวของสายโมเลกุลเชิงกิ่งเพิ่มขึ้น สตาร์ชโดยทั่วไปมีความยาวของสายโมเลกุลเชิงกิ่งที่วัดเป็นค่า degrees of polymerization (dp) เท่ากับ 18-21 จะมีอุณหภูมิเจลาติไนซ์ต่ำ การเพิ่มปริมาณอะไมโลส หรือไขมัน และฟอสเฟต ทำให้อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) และความหนืดสุดท้ายเพิ่มขึ้น ความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ลดลง

3.2.2 การเกิดรีโทรกราเดชัน (retrogradation) คือเมื่อเม็ดแป้งที่ผ่านอุณหภูมิ เจลาติไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวแล้วแตกออก โมเลกุลอะไมโลส ขนาดเล็กกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อทำให้เย็นตัวโมเลกุลของอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะจัดเรียงตัวใหม่โดยสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เป็นร่างแหสามมิติที่สามารถอุ้มน้ำมีความหนืดคงตัว เกิดเจลเหนียวมีลักษณะคล้ายฟิล์ม เรียกว่าการเกิดรีโทรกราเดชัน แป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 18-27 ทำให้เกิดการรีโทรกราเดชันต่ำ เมื่อลดอุณหภูมิลงการเรียงตัวของโครงสร้างโมเลกุลจะแน่นมากขึ้น ทำให้โมเลกุลน้ำอิสระถูกบีบออกมาจนเซลล์ซึ่งเรียกว่าการเกิด syneresis ทำให้เจลแป้งมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น (กล้าณรงค์, 2543) เมื่ออาหารผ่านการแช่แข็งจะมีการจัดเรียงตัวของโครงสร้างเพิ่มขึ้น ทำให้มีลักษณะแข็ง เนื่องจากมีปริมาณของแข็งสูงขึ้นเพราะปริมาณน้ำที่ถูกบีบออกจากเซลล์หลังคืนรูปจากการแช่แข็ง

Perdon *et al.* (1999) ทำการศึกษาผลของการเกิดรีโทรกราเดชันต่อเนื้อสัมผัสของข้าว Bengal และ Cypress บดสุกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -13, 3, 20 และ 36 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาดำที่ -13 และ 3 องศาเซลเซียส ข้าว Bengal และ Cypress บดสุกจะมีค่า firmness เพิ่มขึ้น แต่มีค่า stickiness ลดลง ขณะที่การเกิด รีโทรกราเดชันของข้าวบดสุก 2 ชนิด ที่วัดการเกิดรีโทรกราเดชันด้วยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -13 และ 3 องศาเซลเซียส แต่ไม่สามารถวัดการเกิดรีโทรกราเดชันได้เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 36 และ 20 องศาเซลเซียส นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่าการเกิดรีโทรกราเดชันกับค่า firmness มีความสัมพันธ์ไปทางเดียวกันในระดับสูง ($R^2 = 0.80$) ส่วนค่าความสัมพันธ์ของค่า stickiness กับการเกิดรีโทรกราเดชัน พบว่าข้าว Bengal บดสุกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -13 และ 3 องศาเซลเซียส และข้าว Cypress บดสุกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 และ 20 องศาเซลเซียส การเกิดรีโทรกราเดชันกับค่า stickiness มีความสัมพันธ์ไปทางเดียวกันในระดับสูง ($R^2 = 0.80$)

4. น้ำตาล

น้ำตาลคือสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน ให้พลังงานกับร่างกาย น้ำตาลสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ น้ำตาลชั้นเดียว (monosaccharide) เช่นกลูโคส ฟรุคโทส เป็นต้น น้ำตาลสองชั้น (disaccharide) เช่น น้ำตาลซูโครส (sucrose) ที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสกับน้ำตาลฟรุคโทส และน้ำตาลหลายชั้น (oligosaccharide) คือน้ำตาลที่ประกอบด้วยสายกลูโคสที่มีขนาดความยาวอยู่ในช่วง 2-10 โมเลกุล (อบเชย, 2544) วัตถุดิบที่ใช้ผลิตน้ำตาลได้แก่ อ้อย เมเปิล ปาล์มชนิดต่าง ๆ และบีทรูท น้ำตาลที่ผลิตในประเทศไทยส่วนใหญ่ทำจากอ้อย น้ำตาลที่นิยมใช้ใน

อุตสาหกรรมลูกกวาดและขนมหวาน ได้แก่ น้ำตาลทราย ประกอบด้วย น้ำตาลอินเวอร์ท ถ้าความชื้น และสารอินทรีย์ที่ไม่ใช่ซูโครส ร้อยละ 0.002, 0.002, 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ คุณสมบัติของน้ำตาลที่สำคัญมีดังนี้ (สิริ, 2544)

4.1 ความหวาน น้ำตาลเป็นสารให้รสหวานตามธรรมชาติ จากการเปรียบเทียบความหวาน ฟรุคโทสเป็นน้ำตาลที่หวานที่สุด รองลงมาได้แก่ ซูโครส และกลูโคส ตามลำดับ โดยทั่วไปในการปรุงอาหารนิยมใช้น้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทราย

4.2 การละลายของน้ำตาล น้ำตาลทั่วไปละลายน้ำได้ร้อยละ 30-80 ปริมาณที่ละลายขึ้นกับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการละลายของน้ำตาลเพิ่มขึ้นโดยน้ำตาลฟรุคโทสเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด รองลงมาคือซูโครส กลูโคส มอลโทส และแล็กโทส ตามลำดับ

4.3 การดูดความชื้น และการเก็บรักษาความชื้นโดยมีผลต่อเนื้อสัมผัส การดูดความชื้น น้ำตาลแต่ละประเภทมีความสามารถในการดูดความชื้นต่างกัน โดยฟรุคโทสดูดความชื้นได้ดีมากที่สุด รองลงมาคือกลูโคส ซูโครส มอลโทส และแล็กโทส ซึ่งมีผลต่อความนุ่ม และความชุ่มชื้นของอาหาร การเก็บรักษาความชื้นเกี่ยวข้องกับการดูดความชื้น การเก็บรักษาความชื้นหมายถึงการที่น้ำตาลสามารถยึดความชื้นไว้ไม่คายออกสู่บรรยากาศ มีประโยชน์ในการช่วยให้ขนมอบไม่แห้งแข็ง

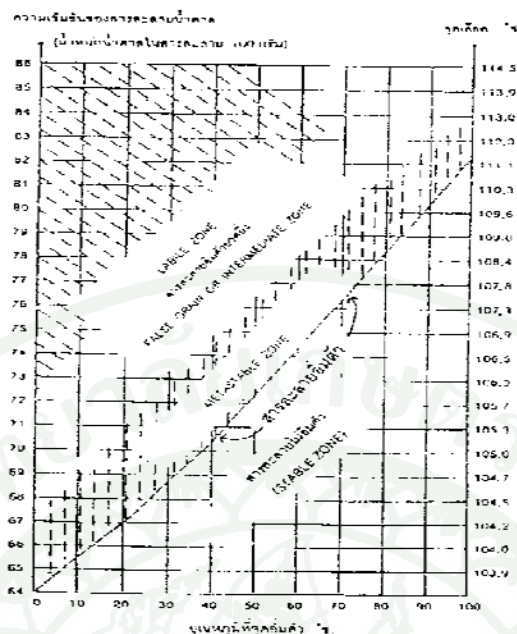
4.4 น้ำเชื่อม เป็นสารละลายชนิดเข้มข้น มีน้ำเป็นตัวทำละลาย และมีน้ำตาลเป็นตัวถูกละลายที่รวมเป็นเนื้อเดียว เนื่องจากน้ำตาลที่ตกผลึกได้ทำให้ความสามารถในการละลายจำกัด น้ำตาลที่มีขนาดผลึกต่างกันจะละลายได้เร็วช้าต่างกันด้วย น้ำตาลที่มีผลึกขนาดเล็กจะละลายได้เร็วกว่าน้ำตาลที่มีผลึกขนาดใหญ่ ทั้งนี้เพราะมีปริมาณพื้นผิวหน้ามากกว่า ในการละลายในน้ำ น้ำตาลจะดูดความร้อนโดยความร้อนยิ่งสูงน้ำตาลจะละลายได้มากขึ้น คุณสมบัติของน้ำเชื่อมมีดังนี้ (ณรงค์และอัญชนีย์, 2528; Pennington, 1990)

4.4.1 ความดันไอของตัวทำละลายจะลดต่ำลง แม้ว่าความดันไอรวมของสารละลายจะสูงขึ้น ในน้ำเชื่อมความดันไอจะขึ้นอยู่กับโอกาสที่โมเลกุลน้ำที่ระเหยไปจากผิวหน้าน้ำเชื่อมสู่บรรยากาศเหนือน้ำเชื่อมนั้น ในภาชนะปิดความดันไอนี้จะถึงขีดสูงสุด ณ อุณหภูมิหนึ่งซึ่งอัตราความเร็วในการระเหยกลายเป็นไอ และในการที่โมเลกุลของน้ำจะคืนกลับลงสู่น้ำเชื่อมนั้นจะเท่ากัน ความดันสูงสุด ณ อุณหภูมิหนึ่งก็คือความดันไอน้ำเชื่อมที่ระเหยได้ช้ากว่า จึงมีแรงดันไอล้ำกว่า

4.4.2 สารละลายน้ำตาลที่มีจุดเดือดเพิ่มสูงขึ้น จะมีจุดเยือกแข็งลดต่ำลง ความสัมพันธ์ของจุดเดือดกับจุดเยือกแข็งของสารละลายน้ำตาลเป็นสัดส่วน หมายความว่าที่ความดันบรรยากาศ 1 โมลของน้ำตาล ในน้ำ 1 กิโลกรัม จุดเดือดเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส และจุดเยือกแข็งลดลง 2 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้นจุดเดือดเพิ่มสูงขึ้นและจุดเยือกแข็งลดต่ำลง เช่นน้ำเชื่อมซูโครสที่ร้อยละ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90.8 มีจุดเดือดเท่ากับ 100.4, 100.6, 101.0, 101.5, 102.5, 103.0, 106.5, 112.0 และ 103.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ยกเว้นว่าถ้าตัวละลายระเหยได้ง่ายกว่าตัวทำละลาย จุดเดือดจะต่ำลง ในการผลิตอาหารแต่ละประเภทจะใช้จุดเดือดและความเข้มข้นของน้ำเชื่อมต่าง ๆ กัน

4.4.3 น้ำเชื่อมมีแรงดันออสโมติกสูงขึ้นมากกว่าน้ำตาลทราย โดยเมื่อสารละลายน้ำตาลทรายมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น แรงดันออสโมติกจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่ออุณหภูมิของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น แรงดันออสโมติกเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย

4.4.4 การเกิดผลึกน้ำตาลมี 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นแรกช่วงก่อนการเกิดนิวคลีโอซันซึ่งเป็นช่วงสั้น ๆ จากนั้นขั้นที่ 2 ได้แก่การเกิดนิวคลีโอซัน (nucleation) มี 2 แบบคือเกิดนิวคลีโอเองได้ ที่ความเข้มข้นของน้ำตาลสูง (homogeneous nucleation) และเกิดจากสารอื่นช่วยให้เกิด นิวคลีโอ (heterogeneous nucleation) เช่น ฟู่, ผลึกเก่า หรือการสั่นสะเทือน เป็นต้น จากภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาล และอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดนิวคลีโอซันโซนต่าง ๆ ได้แก่ ช่วงที่ไม่มีการตกผลึกเรียกว่า stable zone ช่วงที่ไม่สามารถเกิดนิวคลีโอได้เอง แต่ถ้ามีผลึกตกค้าง ผลึกสามารถโตได้เรียกว่า metastable zone จากนั้นเป็นช่วงที่เกิดนิวคลีโอได้ ถ้ามีการคนสารละลายเรียกว่า false grain zone และช่วงที่เกิดนิวคลีโอเองได้เรียกว่า labile zone ขั้นที่ 3 คือการเติบโตของผลึก (crystal growth) ที่ความเข้มข้นของสารละลายสูง อุณหภูมิ และความหนืดต่ำ สารละลายสามารถเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบเกิดผลึก (crystalline) แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำ ความหนืดสูง โมเลกุลไม่สามารถเคลื่อนที่มาจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบเพื่อเกิดเป็นผลึก สารละลายน้ำตาลเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพยาง (rubber) จนเมื่อลดอุณหภูมิจนถึง อุณหภูมิที่เรียกว่า glass transition temperature (TG) สารละลายน้ำตาลเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพแก้ว (glass) ซึ่งเป็นสภาวะไม่เสถียร เมื่อมีปริมาณน้ำ ความชื้น และอุณหภูมิสูงระหว่างการเก็บ มีปริมาณนิวคลีโอปะปน หรือมีปริมาณสารขัดขวางการตกผลึกน้อย เช่นกลูโคสไซรัป น้ำตาลสามารถเปลี่ยนจากสภาวะออสถานเป็นผลึก เรียกว่า devitrification (สิริ, 2544)



ภาพที่ 1 โซนการตกผลึกที่ความเข้มข้นของสารละลายของน้ำตาลซูโครส และอุณหภูมิต่าง ๆ ที่บรรยากาศปกติ (ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท)

ที่มา: Hartel and Shastry (1991)

5. ผลิตภัณฑ์ไข่เทียม

ในปัจจุบันได้มีความต้องการในการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีไข่แดงเป็นส่วนผสมลดลง เนื่องจากปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลในไข่แดง Naber (1991) ได้กล่าวถึงวิธีการลดปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การเจือจางไข่ทั้งฟองด้วยไข่ขาว การกำจัดไขมันและคอเลสเตอรอลออกจากไข่แดง การกำจัดไข่แดงออกจากผลิตภัณฑ์ และการใช้วัตถุดิบชนิดอื่นและน้ำมันพืชมาทดแทนเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากคอเลสเตอรอล ซึ่งการใช้วัตถุดิบอื่น ๆ เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ โปรตีนไข่ขาว โปรตีนนม โปรตีนพืช เป็นต้น โดยมีบริษัทเอกชนต่าง ๆ ที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบไข่ ดังนี้

บริษัท Henningson Food (นิวยอร์ก) ได้ผลิตผลิตภัณฑ์สารทดแทนไข่ทั้งฟอง ซึ่งมีชื่อว่า “Hentex” ซึ่งประกอบไปด้วย ไข่ขาว น้ำมันข้าวโพด และนมผงปราศจากไขมัน

บริษัท Fleischmann (สหรัฐอเมริกา) ได้ผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบไข่ ที่มีชื่อทางการค้าว่า “Egg Beaters” ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากคอเลสเตอรอล โดยการนำโปรตีนจากไข่ขาวเป็นสารทดแทนไข่แดง ซึ่งประกอบด้วย ไข่ขาว น้ำมันข้าวโพด แกลเซียมฟอสเฟต กัมต่าง ๆ (เช่นแทนกัม กัวกัม คาราจีแนน) แคลโรทีน สารอิมัลซิไฟเออร์ (โมโน-และไดกลีเซอไรด์) วิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็น ได้แก่ เหล็ก สังกะสี และวิตามิน บี ดี และอี

บริษัท Sunny Queen Egg (ออสเตรเลีย) ได้ผลิตผลิตภัณฑ์สารทดแทนไข่อย่างง่าย ซึ่งประกอบด้วย ไข่ขาว น้ำมันดอกทานตะวัน หางนมผง สารอิมัลซิไฟเออร์ และเบต้า-แคโรทีน

บริษัท Avoset Food Corporation (สหรัฐอเมริกา) ได้ผลิตผลิตภัณฑ์ไข่ปราศจากคอเลสเตอรอลโดยใช้ส่วนผสมที่ประกอบด้วย ไข่ขาว น้ำ นมผงปราศจากไขมัน สตาร์ช คัดแปร น้ำมันข้าวโพด โพรพิลีน กลีเซอรอล โมโนสเตียเรท (propylene glycerol monostearate) โซเดียมสเตียริล แลคเตท (sodium stearyl lactylate) เบต้า-แคโรทีน วิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ

บริษัท Sandoz Nutrition corporation of Minneapolis ได้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคอเลสเตอรอลต่ำ ซึ่งประกอบด้วยไข่ขาว ไข่ทั้งฟอง หางนมผง คาราจีแนน กรดซิตริก กลิ่นรสไข่ สารให้สีเอนนัทโต (annatto) และเทอร์เมอร์ริก (turmeric)

Gearge and Herbert (1976) ได้ศึกษาการใช้ไข่ขาวผงเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ไข่เทียมที่มีลักษณะเหมือนไข่ดาว ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนไข่แดงและส่วนไข่ขาว โดยส่วนไข่ขาวจะเป็นไข่ขาวสด และส่วนไข่แดงจะประกอบไปด้วย

- ไข่ขาวผง
- น้ำมันพืช ได้แก่ น้ำมันจากเมล็ดฝ้าย น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันงา และน้ำมันถั่วเหลือง
- โปรตีนนม ได้แก่ เคซีน แลคตัลบูมิน และนมผงปราศจากไขมัน
- กัม ได้แก่ กัวกัมร่วมกับกัมอะราบิก และซีเอ็มซี (CMC = Carboxy Methyl Cellulose)
- สารอิมัลซิไฟเออร์
- กลิ่นรสและสี

กรรมวิธีการผลิตทำโดยผสมส่วนผสมแห้งของส่วนของไข่แดงให้เข้ากัน จากนั้นค่อย ๆ เติมน้ำมันทีละน้อยจนส่วนผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน นำมาขึ้นรูป แข็งแรง และทำให้สุกที่อุณหภูมิประมาณ 148 องศาเซลเซียส จะทำให้ส่วนไข่แดงละลายและมีลักษณะเหมือนไข่ดาว

จิตติมา (2545) ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากคอเลสเตอรอล ซึ่งประกอบด้วย ไข่ขาวสด 20 กรัม ไข่ขาวผง 2 กรัม โปรตีนถั่วเหลือง 2 กรัม น้ำ 30 กรัม แป้งถั่วเขียว 2 กรัม ถั่วเขียวบดละเอียด 55 กรัม น้ำมันดอกทานตะวัน 15 กรัม และเลซิทิน 5 กรัม จากนั้นนำไปผลิตเป็นไข่ต้มหลอด ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับว่ามีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับไข่แดงต้มสุก

Seeley *et al.* (1976) ได้ศึกษาการใช้ไข่ขาวเป็นแหล่งโปรตีน ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่ปราศจากคอเลสเตอรอล ได้แก่ ไข่กวน ไข่เจียว เป็นต้น ซึ่งประกอบด้วย ไข่ขาวเหลวร้อยละ 88 ไข่ขาวผงร้อยละ 2-6 นมผงปราศจากไขมันร้อยละ 1-3.5 น้ำร้อยละ 6 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ร้อยละ 0.25 กัมร้อยละ 0.025-1.3 และสารเพิ่มกลิ่นรส เช่น ยีสต์สกัด (yeast extract) ร้อยละ 0.04-1 กรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่ปราศจากคอเลสเตอรอล โดยนำไข่ขาวสดและไข่ขาวผงผสมกับกัมและนมผงปราศจากไขมันเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งประมาณร้อยละ 12.5-16 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 57.2 องศาเซลเซียส นำไปแช่แข็ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่มีส่วนประกอบไข่แดง ไม่มีไขมัน ไม่มีคอเลสเตอรอล และมีพลังงานน้อยกว่าไข่สด เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำให้สุกจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติใกล้เคียงกับไข่จริง

Robert (1978) ได้ศึกษาการใช้เวย์โปรตีนเป็นแหล่งโปรตีนในการผลิตสารทดแทนไข่ ซึ่งประกอบด้วย เวย์โปรตีนที่ได้จากกระบวนการอุตสาหกรรมชั้น ประมาณร้อยละ 30-75 ไขมันที่มีอัตราส่วนของไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะต่อไขมันอิ่มตัว (P/S ratio) 1:1 ถึง 2.8:1 ได้แก่ น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันงา ประมาณร้อยละ 5-65 และสารอิมัลซิไฟเออร์ ได้แก่ เลซิทินร้อยละ 0.2-17.0 กรรมวิธีการผลิตสารทดแทนไข่ โดยการผสมเวย์โปรตีนกับไขมันและสารอิมัลซิไฟเออร์จนเกิดเป็นอิมัลชัน นำอิมัลชันที่ได้มาทำแห้งโดยการสเปรย์ โดยส่วนที่ป้อนเข้าอุณหภูมิประมาณ 135-175 องศาเซลเซียส และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอุณหภูมิประมาณ 65.5-93 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความชื้นร้อยละ 4 ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ไข่กวน คัสตาร์ด มายองเนส ขนมขบเคี้ยว เค้ก

Vassiliou (1992) ได้ศึกษาการใช้นมผงปราศจากไขมันเป็นแหล่งโปรตีน แป้งข้าวโพด เจลาติน สีเหลือง โดยการนำมาให้ความร้อนจนส่วนผสมมีความหนืด ทำให้เย็น จากนั้นนำไปแช่เย็น จะเกิดเป็นเจลที่มีความแน่นแข็ง นำส่วนผสมที่ได้ใส่ในไข่ขาว และแช่ในตู้เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำผลิตภัณฑ์ไข่ที่ได้ทอดในน้ำมันจะได้ลักษณะเหมือนไข่ดาว

Vassiliou (1994) ได้ศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมด้มสุก ประกอบด้วย ไข่ขาว ซึ่งใช้เป็นแหล่งโปรตีน สารให้สี เช่น เบต้าแคโรทีน สารที่ให้ลักษณะเม็ด ได้แก่ นมปราศจากไขมันที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์ น้ำมันพืช สารเพิ่มกลิ่นรส สารอิมัลซิไฟเออร์ ได้แก่ เลซิติน วิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ ที่จำเป็น กรรมวิธีการผลิตไข่แดงเทียมด้มสุก เติมน้ำให้สีลงในไข่ขาวสด และไข่ขาวที่มีการเติมไข่ขาวผง ซึ่งไข่ขาวผงที่เติมมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งในผลิตภัณฑ์ จากนั้นตกตะกอนไข่ขาวด้วยความร้อนโดยมีการคนอย่างต่อเนื่อง บดให้ละเอียด และเติมน้ำให้สีให้เป็นเม็ด ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเหนียวใกล้เคียงกับไข่แดงจริงด้มสุก บดละเอียด จากนั้นขึ้นรูปร่างต่าง ๆ ได้แก่ ทรงกลม แผ่นกลม รูปทรงกระบอก ลูกเต๋า เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารต่าง ๆ เช่น สลัด แยม เป็นต้น

6. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

6.1 ไข่ขาว

ไข่ขาวเป็นสิ่งจำเป็นในการให้ปริมาตรและเนื้อสัมผัสแก่ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เนื่องจากไข่ขาวมีคุณสมบัติในการละลาย การจับตัวเป็นก้อนเมื่อได้รับความร้อน การเกิดฟอง และการเกิดอิมัลชัน ไข่ขาวมีประมาณร้อยละ 58 ของน้ำหนักไข่ อาจแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ก) ไข่ขาวใสชั้นนอกอยู่ระหว่างเยื่อหุ้มไข่กับไข่ขาวส่วนชั้น เว้นแต่ตอนหัวท้ายของฟองไข่ ซึ่งเป็นที่ ๆ ไข่ขาวชั้นยึดติดกับเยื่อหุ้มไข่ชั้นใน ไข่ขาวชั้นนอกมีประมาณร้อยละ 21 ของไข่ขาวทั้งหมด

ข) ไข่ขาวชั้นเป็นชั้นถัดเข้าไปมีประมาณร้อยละ 55 ของไข่ขาวทั้งหมด ไข่ขาวชั้นนี้เป็นส่วนที่ห่อหุ้มไข่ขาวใสชั้นในกับไข่แดง โอโวลิวคอยด์เป็นตัวทำให้ไข่ขาวมีลักษณะชั้น ๆ

ค) ไข่ขาวใสตอนในมีประมาณร้อยละ 21 ของไข่ขาวทั้งหมด ห่อหุ้มเยื่อหุ้มไข่แดง (chalaziferous) ไวโครอบ

ง) ชั้นในสุดหรือชั้นเยื่อหุ้มไข่แดง (chalaziferous) มีอยู่ประมาณร้อยละ 3 ของไข่ขาวทั้งหมด มีลักษณะชั้น แต่บางและเหนียวกว่าไข่ขาวอื่น ๆ

องค์ประกอบของไข่ขาวส่วนใหญ่เป็นโปรตีนที่แตกต่างกันมากกว่า 40 ชนิด มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายของคนเราทุกอย่าง โปรตีนต่าง ๆ ในไข่ขาวได้แก่โอโวมิวซิน โอโวแอลบิวมิน โอโวโคแนลบิวมิน โอโวมิวคอยด์ โอโวไกลบูลิน เฉพาะในไข่ขาวใสไม่มีโอโวมิวซิน ซึ่งโปรตีนแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 1

คุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญของไข่ขาวในอุตสาหกรรมอาหารคือ ความสามารถในการละลายได้ของโปรตีน และเมื่อผ่านการแปรรูปจะทำให้เกิดการสูญเสียสภาพโปรตีน ทำให้โปรตีนเกิดการรวมตัวกันและเกิดเจล ซึ่งจะส่งผลทำให้ความหนืดและปริมาณของแข็งในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น คุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้สามารถนำไข่ขาวไปใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตแฮม ไส้กรอก เส้นก๋วยเตี๋ยว เป็นต้น และคุณสมบัติการเกิดฟองของไข่ขาวจะถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตเค้ก และเมอแรง (meringue) นอกจากนี้คุณสมบัติการสูญเสียสภาพด้วยความร้อน การเกิดอิมัลชัน และการเกิดฟองของไข่ขาวจะช่วยทำให้อิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำมีความคงตัว

6.1.2 คุณสมบัติในการเกิดเจล (gelling)

เจล (gel) หมายถึงโครงสร้างของระบบคอลลอยด์ที่ไม่แสดงการไหล เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยของเหลวและของแข็ง โดยของเหลวทำหน้าที่เป็นตัวกลางและของแข็งที่มีอยู่ในโครงสร้างทำหน้าที่ประสานกันเป็นร่างแห คุณสมบัติการเกิดเจลของไข่ขาว เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพจากสถานะที่เป็นของไหล (sol) ไปเป็นของแข็งหรือกึ่งของแข็ง (gel) เนื่องจากความร้อน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนไข่ เกิดจากการจัดเรียงตัวของโปรตีนอย่างเป็นระเบียบ เจลที่ได้มีลักษณะขุ่น และไม่สามารถผ่นกลับได้ด้วยความร้อน คุณสมบัตินี้ยังช่วยให้ชิ้นของอาหารสามารถรวมตัวกันได้ การเกิดโครงสร้างของเจล ขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างแรงดึงดูด (attractive forces) และแรงผลัก (repulsive forces) ระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ด้วยตัวเอง และระหว่างอนุภาคคอลลอยด์กับสารที่เป็นของเหลว (William and Owen, 1995) พันธะทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการรักษาโครงสร้างของเจล ได้แก่ พันธะไฮโดรเจน พันธะโควาเลนต์ พันธะไอออนิก และแรงดึงดูดไฮโดรโฟบิก ปัจจัยทางเคมีและกายภาพต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเกิดเจล ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่า ionic strength ความเข้มข้นของโปรตีนเป็นต้น (ปาริฉัตร, 2542)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพของโปรตีนไข่ขาว

ชนิดของโปรตีน	สัดส่วน ของ โปรตีน ในไข่ ขาว (%)	จุด ไอโซ อิเล็กทริก ของ โปรตีน	น้ำหนัก โมเลกุล ของ โปรตีน ($\times 10^4$)	อุณหภูมิ ที่ทำให้ โปรตีน สูญเสีย สภาพ	คุณสมบัติเฉพาะ
Ovalbumin	54	4.5	4.5	84.0	เป็นฟอสโฟไกลโคโปรตีนซึ่งมี 4SH และ 2S ในโมเลกุล และเป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent)
Ovotransferin (Conalbumin)	12	6.1	7.6	61.0	ชอบจับกับไอออนของโลหะ เช่น Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} และเป็นสารยับยั้งแบคทีเรีย
Ovomucoid	11	4.1	2.8	79.0	ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน
Ovomucin	3.5	4.5-5.0	-	-	ยับยั้งการทำงานของไวรัสที่ทำให้เกิด การแข็งตัวของเม็ดเลือด ทำให้การขึ้น ฟูของไข่ขาวคงทน
Lysozyme	3.4	10.7	1.4	75.0	เป็นเอนไซม์สามารถย่อยแบคทีเรียบาง ชนิดได้
Ovoglobulins					เป็นสารที่ทำให้เกิดฟอง (foaming agent)
G2	4	5.5	4.9	92.5	
G3	4	5.8	4.9	-	
Ovomacroglobulin	0.5	4.5	-	-	ไกลโคโปรตีนและ immunogenic
Ovoglycoprotein	1	3.9	2.4	-	ไกลโคโปรตีน และควบคุมความหนืด
Flavoprotein	0.8	4	3.2	-	จับตัวกับไรโบฟลาวิน และเป็นไกลโค โปรตีน
Ovoinhibitor	1.5	5.1	4.9	-	ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอส และเป็นไกลโคโปรตีน
Cystain (Ficinpapain inhibition)	0.05	~5.1	1.3	-	ยับยั้งเอนไซม์ SH โปรตีเอส
Avidin	0.5	10	6.8	-	ชอบจับกับไบโอติน และเป็นไกลโค โปรตีน

ที่มา: จิตติมา (2545)

6.1.2.1 อุณหภูมิและความเข้มข้นของโปรตีน

ไข่ขาวจะเริ่มตกตะกอนที่อุณหภูมิประมาณ 62 องศาเซลเซียส จะเกิดเป็นเจลที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมินี้เจลที่เกิดขึ้นจะอ่อนนุ่มเกินไป และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะเกิดเจลที่มีลักษณะค่อนข้างแข็งตานุ่ม และเจลจะแข็งมากขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโปรตีนแต่ละชนิดในไข่ขาวมีการสูญเสียสภาพที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ดังนี้ โอวัลบูมินซึ่งเป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดไข่ขาวจะสูญเสียสภาพที่ 84 องศาเซลเซียส คอนอัลบูมินสูญเสียสภาพที่ 61 องศาเซลเซียส โอโอโมวคอยด์สูญเสียสภาพที่ 79 องศาเซลเซียส และไลโซไซม์จะสูญเสียสภาพที่ 75 องศาเซลเซียส ดังนั้นการให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดการสูญเสียสภาพอย่างสมบูรณ์เป็นผลทำให้เกิดการรวมตัวกันของโปรตีน (Froning, 1988) เมื่อความเข้มข้นของโปรตีนของไข่ขาวลดลง จำเป็นจะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นในการทำให้เกิด

6.1.2.2 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

โดยทั่วไปค่า pH ของไข่ขาวสดจะมีค่าเท่ากับ 7.6-7.9 เมื่อเก็บรักษาไข่ไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน จะทำให้ pH เพิ่มขึ้นเป็น 9.2-9.5 เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษา ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกปล่อยออกมาจากไข่เป็นผลทำให้ค่า pH ของไข่ขาวเพิ่มขึ้น ซึ่งความสดของไข่มีผลต่อความแข็งแรงของเจลลดน้อยลงด้วย และค่า pH ส่งผลต่อความแข็งแรงของเจลและความสามารถในการอุ้มน้ำของเจล พบว่าที่ pH 5 จะทำให้เจลมีความแข็งแรงสูงที่สุด และมีน้ำถูกปล่อยออกมาสูงด้วย เมื่อ pH สูงขึ้น (pH 10) จะทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง และน้ำถูกปล่อยออกมาน้อยลงด้วย (Graham, 1977) นอกจากนี้ pH และอุณหภูมิก็มีผลต่อการเกิดเป็นเจล แต่ลักษณะเนื้อของเจลที่เกิดขึ้นจะนิ่ม ในทางตรงกันข้าม ไข่ขาวที่มีความเข้มข้นของโปรตีนสูงจะสามารถเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำและลักษณะเนื้อของเจลจะแข็งเจลของไข่ขาว โดยที่ pH 5.5 ไข่ขาวจะสามารถเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิต่ำ และที่ pH สูงกว่า 9.0 ไข่ขาวจะเกิดเจลที่อุณหภูมิสูงขึ้น

ผลของ pH ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ความสามารถในการจับกับน้ำ และโครงสร้างโมเลกุลของเจลโปรตีน จะเกี่ยวข้องกับประจุสุทธิของโปรตีนในสารละลายที่จุดไอโซอิเล็กทริก (ประจุสุทธิเป็นศูนย์) โปรตีนจะเกิดการรวมตัวกันเมื่อได้รับความร้อน จะเกิดเป็นโครงสร้างที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ ให้ความแข็งแรงของเจลต่ำ และมีค่าความสามารถในการจับกับน้ำต่ำ ที่ pH สูง ๆ จะเกิดโครงสร้างเจลที่มีความละเอียด มีรูพรุนขนาดเล็กมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน

ทำให้เจลที่ได้มีความแข็งแรงสูง และความสามารถในการจับกับน้ำสูงด้วย สิ่งที่สำคัญต่อการเกิดเจลที่มีโครงสร้างละเอียดและมีคุณสมบัติในการจับกับน้ำที่เหมาะสม คือ ความสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลักรัน พบว่าค่าประจุสุทธิต่ำ จะทำให้เกิดแรงดึงดูดกันมากและโปรตีนก็จะเกิดการรวมตัวกัน ในขณะที่ pH เพิ่มขึ้น ประจุสุทธิก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้แรงผลักรันสมดุลกับแรงดึงดูดที่จะทำให้เกิดเจลอย่างเหมาะสม ค่าความแน่นแข็งและความสามารถในการเกาะติดของเจลไข่ขาว จะมีค่าต่ำที่สุด pH 6 และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ pH ลดลงจนถึง pH 5 หรือ pH เพิ่มขึ้นจนถึง pH 9 (William and Owen, 1995)

6.1.2.2 ค่า Ionic strength

โปรตีนเป็นสารที่มีทั้งประจุบวกและลบในโมเลกุล พบว่าการเติมสารอิเล็กโทรไลต์จะมีผลต่อประจุทางไฟฟ้าของโปรตีน ในสภาวะที่มีเกลือ เช่น NaCl จะทำให้ประจุสุทธิของโมเลกุลโปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้แรงผลักรันทางไฟฟ้าของโมเลกุลโปรตีนลดลง โดยการเติมเกลือในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้ความสามารถในการเกิดเจลของไข่ขาวเพิ่มขึ้น และถ้ามีการเติมเกลือมากเกินไปจะทำให้เกิดผลตรงกันข้าม

6.1.3 คุณสมบัติการเกิดอิมัลชัน

อิมัลชัน (emulsion) คือ ระบบการกระจายของอาหารที่มีลักษณะเป็นเนื้อผสมซึ่งประกอบไปด้วยของเหลว 2 ชนิด ที่ไม่สามารถผสมเข้ากันได้ โดยเฟสหนึ่งจะอยู่ในรูปหยดที่มีขนาดเล็ก ละเอียด โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.1 ไมครอน ดังนั้นในระบบอิมัลชันจะประกอบไปด้วยเฟสกระจาย (dispersed phase) โดยจะอยู่ในรูปของเม็ดหรือหยดเล็ก ๆ ของไขมันหรือน้ำมัน (droplets) และเฟสต่อเนื่อง (continuous phase) (ณรงค์, 2528) ระบบอิมัลชันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามระบบการกระจาย คือ ระบบที่มีหยดของไขมันกระจายตัวอยู่ในส่วนของเหลวที่เป็นน้ำ ซึ่งเรียกระบบนี้ว่า อิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion, o/w) และระบบที่มีหยดของน้ำกระจายตัวอยู่ในส่วนของเหลวที่เป็นน้ำมัน ซึ่งเรียกระบบนี้ว่า อิมัลชันแบบน้ำในน้ำมัน (water-in-oil emulsion, w/o) พบว่าอาหารส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ (o/w emulsion) ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชัน ได้แก่ โปรตีน สารอิมัลซิไฟเออร์

6.1.3.1 โปรตีน

มีโปรตีนหลายชนิดที่นิยมใช้ในอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ เช่น โปรตีนนม โปรตีนไข่ โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช ซึ่งโปรตีนชนิดต่าง ๆ มีความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsion capacity, EC) และการรักษาความคงตัวของอิมัลชัน (emulsion stability, ES) แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของโปรตีนในการทำให้เกิดอิมัลชันและการรักษาความคงตัวของอิมัลชัน

ชนิดของโปรตีน	ประเภท	Emulsion capacity ^a	Emulsion stability ^b (ES) 24 ชั่วโมง	Emulsion stability (ES) 14 วัน
โปรตีนถั่วเหลือง	โปรตีนสกัดจากถั่ว	277	94	88.6
	เหลือง	184	100	100
	แป้งถั่วเหลือง			
ไข่ขาวผง	ไข่ขาวผง	226	11.8	3.3
	ไข่ขาวชิ้นเล็ก ๆ	240	3.5	1.1
	ไข่ขาวเหลว	215	0.0	2.5
ผลิตภัณฑ์นม	เคซีน	336	5.2	41.0
	โปรตีนเวย์ผง	190	100	100

^a EC : ปริมาณน้ำมันเป็นกรัมที่สารอิมัลซิไฟเออร์สามารถทำให้เกิดเป็นอิมัลชันได้

^b ES : ปริมาณน้ำมันที่แยกชั้นออกมาจากอิมัลชันภายหลังจากการเก็บรักษา

ที่มา: ปาริฉัตร (2542)

พบว่าโปรตีนไข่ขาวจะมีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวมากที่สุด ในขณะที่โปรตีนถั่วเหลืองและโปรตีนเวย์ไม่สามารถรักษาความคงตัวของอิมัลชันไว้ แต่ข้อจำกัดของการใช้ไข่ขาวเป็นอิมัลซิไฟเออร์ในอาหารบางชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์อิมัลชันเหลว เมื่อไข่ขาวได้รับความร้อนจะเกิดเป็นเจลของไข่ขาว ดังนั้นจึงใช้โปรตีนนมแทนไข่ขาว เช่น เคซีน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ต้องการคุณสมบัติการเกิดเจล การเกิดฟอง และการเกิดอิมัลชัน เช่น แกล็กไอศกรีม สามารถใช้ประโยชน์จากโปรตีนไข่ขาวได้

6.1.3.1 สารอิมัลซิไฟเออร์

สารอิมัลซิไฟเออร์จะถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อิมัลชันเพื่อลดแรงตึงผิวของเม็ดไขมัน ที่นิยมใช้ได้แก่ เลซิธิน (lecithin)

6.2 โปรตีนจากถั่วเหลือง (soybean protein)

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่สำคัญ ซึ่งไม่เพียงจะมีปริมาณโปรตีนมาก แต่ยังมีคุณภาพสูงอีกด้วย โปรตีนถั่วเหลืองสามารถผลิตได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งจะมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน เช่น แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 56-59 โปรตีนเข้มข้น มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 70-72.6 และโปรตีนไอโซเลทมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 90-97.7 ซึ่งโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมีค่าการละลายของโปรตีนสูง และสามารถใช้เป็นสารที่รวมตัวกับน้ำและไขมันให้เกิดเป็นอิมัลชันและทำให้ไขมันอยู่ตัว ซึ่งมีความสำคัญต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่หลากหลาย คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนถั่วเหลือง สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

6.2.1 คุณสมบัติในการดูดซับน้ำ (hydration Properties) ได้แก่ การพองตัว การละลาย และความหนืด

ก) การพองตัว (swelling) เป็นการดูดซับน้ำเข้าไป ซึ่งจะขึ้นกับ เมล็ดถั่วเหลือง กระบวนการแปรรูป สภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง อุณหภูมิ และค่าความแรงทางประจุ (Kakalis *et al.* 1990; Wagner and Anon. 1990) พบว่าในสถานะที่มีเกลือ หรือการให้ความร้อน จะทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำของโปรตีนถั่วเหลืองลดลง เนื่องจากโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ และการให้ความร้อนที่สูงขึ้นจะช่วยส่งเสริมการเกิดโครงสร้างของเจลซึ่งสามารถเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้จึงทำให้การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น

ข) การละลาย (solubility) ค่าความเป็นกรดสูงหรือต่ำมาก และสารเคมีบางชนิด เช่น ยูเรีย และสารอินทรีย์ ทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพธรรมชาติได้ กระบวนการสูญเสียสภาพธรรมชาตินี้จะมีผลทำให้โครงสร้างตติภูมิ และจตุภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้การละลายของโปรตีนลดลง

ค) ความหนืด (viscosity) คุณสมบัติด้านความหนืดของโปรตีน ถั่วเหลือง จะเกี่ยวข้องกับการละลายและอัตราส่วนของน้ำทั้งหมดต่อน้ำที่ถูกดูดซับไว้ (T/A) เท่ากับ 1 น้ำอิสระจะป้องกันการเกิดแรงเสียดทานภายในระหว่างอนุภาคของแข็ง จะส่งผลทำให้ความหนืดต่ำลง ในทางตรงกันข้าม เมื่อน้ำที่โปรตีนถั่วเหลืองดูดซับไว้มีค่ามากกว่าน้ำอิสระ จะทำให้ความหนืดสูงขึ้น เนื่องจากเกิดแรงเสียดทาน ความหนืดจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีการให้ความร้อนจนกระทั่งโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพ หลังจากโปรตีนสูญเสียสภาพแล้วจะทำให้ความหนืด ค่อย ๆ ลดลงอีกครั้ง เนื่องจากเกิดเป็นเจลที่สามารถเก็บน้ำเอาไว้ได้ (Lopez de Ogara *et al.* 1992) เมื่อความเข้มข้นของโปรตีนเพิ่มขึ้น จะทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย

6.2.2 คุณสมบัติที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีน เช่น ความสามารถในการเกิดเจล ในสภาวะที่มีโปรตีนสูง เมื่อโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ จะเกิดเป็นเจลขึ้น การเกิดเจลจะขึ้นกับความเข้มข้นของโปรตีน พันธะไดซัลไฟด์ พบว่าถ้ามีพันธะไดซัลไฟด์มากจะเกิดเจลที่มีความยืดหยุ่น และแน่นแข็งแรงมาก ค่าความเป็นกรดต่าง และการมีเกลืออยู่ในตัวกลาง กระบวนการเกิดเจล สามารถเกิดได้ 2 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นแรกโปรตีนจะเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติซึ่งจะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น และทำให้โครงสร้างของโปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลง ขั้นตอนนี้เรียกว่า “pregel” ในขั้นต่อมาโมเลกุลของโปรตีนที่สูญเสียสภาพจะเกิดการรวมตัวกันเป็นเจลที่สามารถเก็บน้ำ ไขมัน น้ำตาล กลิ่นรส และสารอื่นๆ ไว้ได้ ซึ่งขั้นตอนนี้ไม่สามารถผันกลับได้เนื่องจากประกอบไปด้วยพันธะเชื่อมข้ามของพันธะไดซัลไฟด์ พันธะไฮโดรเจน และพันธะไฮโดรโฟบิก ระหว่างโปรตีน (Fiora *et al.* 1990)

6.2.3 คุณสมบัติด้าน surface hydrophobicity ได้แก่ ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (emulsion capacity) และความสามารถในการเกิดฟอง (foaming capacity)

ก) ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน โปรตีนถั่วเหลืองมีความสามารถที่จะทำให้เกิดอิมัลชัน และช่วยลดแรงตึงผิว ซึ่งป้องกันการรวมตัวของหยดไขมัน กลไกการเกิดอิมัลชันจะเกิดเนื่องจากมีประจุทางไฟฟ้าสูง และหมู่ไฮโดรโฟบิก-ไลโปฟิลิก ที่มีอยู่ในโปรตีน ซึ่งทำให้เกิดการดูดซับโปรตีนระหว่างผิวหน้าของเฟสไขมันที่กระจายตัวอยู่ และเฟสของเหลวที่เป็นส่วนต่อเนื่อง โดยโปรตีนจะเกิดเป็นฟิล์มรอบ ๆ หยดไขมันซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกั้น คุณสมบัติในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนถั่วเหลืองจะขึ้นกับความเข้มข้นของโปรตีน เมื่อความเข้มข้นของโปรตีนสูงขึ้นจะทำให้หยดไขมันดูดซับโปรตีนมากขึ้น (Wang and Zayas. 1992) ค่าความเป็นกรดต่าง เมื่อโปรตีนมีค่า pH ไม่อยู่ในช่วง pI จะทำให้ความสามารถในการละลายสูงขึ้น และความสามารถในการเกิด

อิมัลชันจะเพิ่มขึ้นด้วย (Petrucelli and Anon. 1994) เมื่อโปรตีนถูกทำให้สูญเสียสภาพจะทำให้ความสามารถในการเกิดอิมัลชันเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการคลายตัว และเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนในระดับตติยภูมิและจตุรภูมิ ด้านไฮโดรโฟบิกจะถูกเปิดออก ส่งผลให้จำนวนพันธะระหว่างโปรตีนกับไขมันเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดอิมัลชันเพิ่มขึ้นด้วย (Nir et al. 1994 ; Burgaud and Dickinson. 1990) การลดพันธะไดซัลไฟด์โดยการเติม dithiothreitol (DTT) และ sodium sulfide จะทำให้หมู่ที่จับไขมันเปิดออก ทำให้ความสามารถในการเกิดอิมัลชันเพิ่มขึ้น (Wang and Zayas. 1992 ; Petrucelli and Anon. 1994) และเกลือโซเดียมคลอไรด์จะทำให้ความสามารถในการเกิดอิมัลชันลดลง

ข) ความสามารถในการเกิดฟอง โปรตีนถั่วเหลืองมีความสามารถในการทำให้เกิดฟอง และทำให้ฟองมีความคงตัว ซึ่งความสามารถในการเกิดฟองของโปรตีนจะขึ้นกับอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิสูงจะทำให้แรงตึงผิวและความหนืดลดลง เพิ่มการกระจายตัวและการดูดซับที่ผิวหน้าระหว่างอากาศกับน้ำ นอกจากนี้ถ้าโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ จะเกิดฟองขึ้น เนื่องจากเกิดการคลายตัวของโปรตีนและมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม ความคงตัวของฟองจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงมาก ๆ เนื่องจากมีความหนืดลดลง ทำให้การกระจายตัวของอากาศเพิ่มขึ้น (Mao and Erbersdobler. 1993) ค่าความเป็นกรดต่าง ที่ pH ของโปรตีนใกล้ค่า pI จะทำให้เกิดฟองสูงขึ้น เนื่องจากไม่เกิดการผลักกันทางประจุไฟฟ้าระหว่างโมเลกุลของโปรตีนที่ผิวหน้าระหว่างอากาศกับน้ำ ทำให้เกิดฟิล์มของโปรตีนที่เหนียวและยืดหยุ่น จำนวนพันธะไดซัลไฟด์ของโปรตีนเมื่อพันธะไดซัลไฟด์ลดลงจะทำให้เกิดฟองของโปรตีนลดลง (Yu and Damodaran. 1991) การมีโพลีแซคคาไรด์ที่มีมวลสูง ๆ จับเป็นสารเชิงซ้อนกับโปรตีน เพื่อปรับปรุงความคงตัวของโปรตีน (Ahmed and Dickinson. 1991)

6.3 เลซิทิน

เลซิทินเป็นสารผสมของฟอสโฟลิปิด (phospholipid) ที่ประกอบด้วยสารโคลีน (choline) เป็นหลัก สารโคลีนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นอะเซทิลโคลีน (acetylcholine) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทชนิดหนึ่งในสมอง ทำให้มีผลต่อความจำ ความสามารถในการคิด และการควบคุมกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังช่วยลดการเกิดไขมันอุดตันในเส้นเลือด ด้วยเหตุนี้เลซิทินจึงได้มีการนำมาทำเป็นอาหารเสริมอยู่ในรูปของของเหลวชั้นหนืดบรรจุอยู่ในแคปซูลนิ่ม นอกจากเลซิทินจะมีประโยชน์ต่อร่างกายแล้ว ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่นอุตสาหกรรมขนมอบ เนย เครื่องดื่ม และ

ไอศกรีมใช้เลซิดินเป็นอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ และนำเลซิดินปราศจากไขมัน (Oil free lecithin) มาใช้ในอุตสาหกรรมยาด้วย

เลซิดิน หมายถึง ฟอสโฟทิดิลโคลีน (Phosphatidylcholine ; PC) ซึ่งเป็นสารประกอบไขมันพวกฟอสโฟลิปิด(Pholipids) ชนิดหนึ่งในทางอุตสาหกรรมและการค้าเลซิดินหมายถึงสารผสมของฟอสโฟลิปิด ที่สกัดได้จากอาหาร เช่น ไข่แดง ถั่วเหลือง ดังนั้นเลซิดินที่จะกล่าวถึงในที่นี้จึงประกอบด้วยฟอสโฟลิปิดชนิดต่าง ๆ ผสมกันร้อยละ 65 โดยมีฟอสโฟทิดิลโคลีนอยู่มากที่สุด ซึ่งสารโคลีนนี้เป็นสาระสำคัญที่มีผลต่อสมองในด้านความจำและการมองเห็น

6.3.1 กรรมวิธีการผลิตเลซิดินในอุตสาหกรรม

ในอดีตได้มีการสกัดแยกเลซิดินออกมาจากไข่แดง ข้าวโพด ถั่วลิสง และเรพสิด แต่ในปัจจุบันเลซิดินเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง คือได้มาจากระยะขั้นตอนการกำจัดกัมโดยการทำให้ degumming น้ำมันถั่วเหลืองดิบ (crude oil) ที่สกัดออกมาจากเมล็ดถั่วเหลืองด้วยตัวทำละลายเฮกเซน จะมีฟอสฟาไต์อยู่ประมาณร้อยละ 2 – 3 เฮกเซนสามารถสกัดฟอสฟาไต์ออกมาจากถั่วเหลืองได้เพียงครึ่งหนึ่งของที่มีอยู่ทั้งหมดเท่านั้น

6.3.2 คุณสมบัติทางกายภาพ

6.3.2.1 เลซิดินธรรมชาติที่ได้จากการทำให้ degumming น้ำมันถั่วเหลืองดิบ นำมากรองและทำให้แห้ง นำไปฟอกสี มีฟอสฟาไต์ประมาณร้อยละ 65 มีลักษณะเป็นพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง มีความหนืดสูง

6.3.2.2 ฟอสโฟทิดิลคอลีนและฟอสโฟทิดิลเอทานอลามีนจะอยู่ในรูปของ Zwitterions มีประจุลบอยู่ที่ออกซิเจนอะตอมของหมู่ฟอสเฟต และมีประจุบวกอยู่ที่ไนโตรเจนอะตอม

6.3.2.3 ฟอสโฟลิปิดที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในเลซิดินธรรมชาติ สามารถจะละลายหรือไม่ละลายในตัวทำละลายใด ๆ ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของ ประจุ และการเปลี่ยนแปลงชนิดของประจุ

6.3.2.4 เลซิดินทั้งที่อยู่ในรูปปราศจากน้ำมัน ยังไม่สามารถนำมาใช้เป็น

surface active agent ได้

6.3.2.5 การที่เลซิดินสามารถทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ได้อย่างดี เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของเลซิดินมีทั้งประจุบวกและประจุลบ การที่เลซิดินมีส่วนประกอบหลักคือ ฟอสฟาติลโคลีน ฟอสฟาติลเอทานอลามีน และฟอสฟาติลโอโนซิทอล จะทำให้รวมตัว กับ polyhydric alcohol ได้อย่างดี

6.3.3 คุณสมบัติทางเคมี

6.3.3.1 เลซิดินชนิดปราศจากน้ำมันจะมีความไวต่อการเกิด oxidative rancidity ได้ต่ำกว่าเลซิดินธรรมชาติ เพราะ เลซิดินที่ได้จาก ธรรมชาติจะมีวิตามินอีปนอยู่ด้วย

6.3.3.2 เลซิดินสามารถแปรสภาพโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี เพื่อให้มีสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ได้ดีขึ้นและเพิ่มการกระจายตัวในน้ำ

6.3.3.3 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของเลซิดินที่สกัดได้จากถั่วเหลืองสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันได้โดยมี นิกเกิล แพลเลเดียม หรือ แพลทินัมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

6.3.3.4 เลซิดินธรรมชาติสามารถนำมาดัดแปรโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งทำได้หลายวิธี ได้แก่

ก) ปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation)

ข) ปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน (sulfonation)

ค) ปฏิกิริยาฮาโลจิเนชัน (halogenation)

ง) ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน (hydrogenation)

6.3.4 คุณค่าทางโภชนาการและความเป็นพิษของเลซิดิน

เลซิดินธรรมชาติเป็นแหล่งของคอลินและกรดไขมันจำเป็นคือ กรดลิโนเลอิกและกรดลิโนเลนิกให้ร่างกาย นอกจากนี้ฟอสฟาไทด์ยังมีหน้าที่สำคัญ คือเป็นองค์ประกอบของเซลล์เมมเบรน ส่วนคอลินเป็นองค์ประกอบในสารส่งถ่ายสัญญาณประสาท และยังช่วยป้องกันโรคตับแข็งได้ สำหรับในไก่คอลินจำเป็นต่อการสร้างไข่เลซิดินยังทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ให้ไขมันหรือคอเลสเตอรอลและน้ำให้รวมตัวกันได้ทำให้ไขมันหรือคอเลสเตอรอลไม่เกาะติดกับผนังเส้นเลือดและเกิดการอุดตันเลซิดินยังอาจช่วยรักษาโรคความผิดปกติทางประสาท และช่วยสลายนิ่วที่เกิดจากสารคอเลสเตอรอลในถุงน้ำดีและป้องกันไม่ให้เกิดนิ่ว

6.3.5 ความเป็นพิษของเลซิดิน

เมื่อเลซิดินเกิดออกซิเดชันและในปฏิกิริยามีโซเดียมไนไตรต์ปนอยู่ด้วยที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิด radical chain oxidation products ซึ่งเป็นพิษต่อเซลล์ และทำให้เกิดลิพเพอร์ออกไซด์ (lipoperoxide) มากในตับ จะทำให้ทำลายโครงสร้างของเซลล์ตับ ทำให้เซลล์ตับตายได้

6.3.6 ประโยชน์ของเลซิดินในอุตสาหกรรมอาหาร

เลซิดินถูกนำมาใช้ในการเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันเป็นส่วนผสมทำให้อิมัลชันมีความคงตัวได้ดี และทำหน้าที่เป็นสารลดความหนืดช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏของอาหาร ในขนมอบ เลซิดินมีผลต่อสมบัติของโปรตีนกลูเตนในแป้งทำให้มีลักษณะเนื้อที่ดี ในเครื่องคั้นชนิดผง ช่วยทำให้ส่วนผสมที่เป็นของแข็งและมีไขมันผสมอยู่มี wettability ทำให้กระจายตัวได้ง่ายและรวดเร็วเมื่อเติมน้ำหรือน้ำนมลงไปในส่วนผสมโดนต์สำเร็จรูปช่วยให้ส่วนผสมเข้ากันกับน้ำได้ง่ายและรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้รวดเร็ว ในส่วนผสมเค้กสำเร็จรูปช่วยให้ส่วนผสมของเค้กเข้ากันกับน้ำนมหรือน้ำได้ง่าย และยังช่วยไม่ให้เค้กยุบตัวลงระหว่างการอบ ในแคนดี้ ช่วยให้ น้ำตาล ไขมันและน้ำผสมเข้ากันดี และป้องกันไม่ให้แคนดี้เยิ้มเหนียวเหนอะหนะมีลักษณะเนื้อหยาบเป็นเม็ด ๆ หรือแตกเป็นร่องในช็อกโกแลต ช่วยลดความหนืดของช็อกโกแลต ทำให้เคลือบผิวได้ง่าย และทนความชื้นในไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อเนียน นุ่มไม่หยาบเป็นเม็ดทราย ในเนยเทียม ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ และยังทำหน้าที่เป็นสารต้านการกระเด็นขณะทอด ในส่วนผสมแพนเค้กสำเร็จรูป ช่วยทำให้ผสมกันได้ง่ายขึ้น และเวลาทอดไม่ติดกระทะ ในเนยขาว ช่วยให้เนยขาวผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับส่วนผสมอื่นในการทำขนมอบได้ง่ายขึ้น

6.3.7 ชนิดของเลซิดินจากถั่วเหลืองที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

6.3.7.1 เลซิดินปราศจากไขมัน (Oil free lecithin) มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองอ่อน เลซิดินชนิดนี้ไม่คงตัวถูกออกซิไดส์ได้ง่าย ใช้เป็นในอิมัลซิไฟเออร์ในอุตสาหกรรมยา

6.3.7.2 เลซิดินธรรมชาติ (Natural lecithin or crude lecithin) มีทั้งในรูปของไหลและพลาสติก นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์มากที่สุด เนื่องจากมีความคงตัวเก็บไว้ได้นานหลายปี

6.3.7.3 ฟอสโฟลิปิดที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (Alcohol insoluble phosphotides) มีลักษณะเป็นพลาสติก สีน้ำตาลอ่อน ไม่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

6.3.7.4 ฟอสโฟลิปิดที่ละลายในแอลกอฮอล์ (Alcohol soluble phosphotides) มีลักษณะเป็นพลาสติก สีน้ำตาลเข้ม นิยมใช้เลซิดินชนิดนี้เพื่อลดความหนืด (viscosity reducing agent)

6.3.7.5 เลซิดินที่ผ่านกระบวนการไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดแลคติก (Hydroxylated lecithin) มีลักษณะอ่อนนุ่มกระจายตัวได้ดีในน้ำ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

6.3.7.6 เลซิดินที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน (Hydrogenated lecithin) มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลอ่อน มีความคงตัวดีมาก เก็บได้นานหลายปี

6.4 น้ำมันเมล็ดทานตะวัน (Sunflowerseed oil)

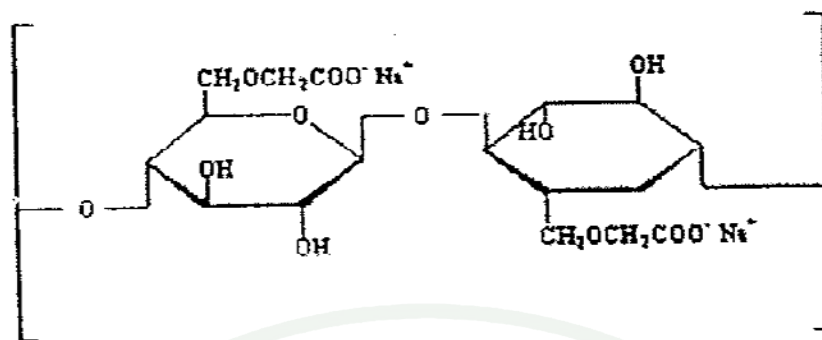
เมล็ดดอกทานตะวัน (*Helianthus annuus*) เป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Compositae มีปริมาณน้ำมันสูง โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 40 เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองและเมล็ดฝ้ายซึ่งมีประมาณร้อยละ 17 จึงจัดเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญ และสามารถผลิตน้ำมันได้ประมาณร้อยละ 12 ของทั้งโลก (Hui, 1996) ซึ่งในน้ำมันเมล็ดทานตะวันมีกรดไขมันอิ่มตัวในระดับที่ต่ำ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยว (monounsaturated fatty acid) เช่น กรดโอเลอิก (oleic acid) ร้อยละ 16.5 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ (polyunsaturated fatty acid) เช่น กรดลิโนเลอิก (linoleid acid) ในร้อยละที่สูง (ร้อยละ 72)

น้ำมันเมล็ดทานตะวันจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่าน้ำมันจากพืชชนิดอื่น ๆ เช่น น้ำมันข้าวโพดร้อยละ 59.8 น้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 50.8 เป็นต้น ซึ่งการมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากจะมีประโยชน์ในด้านการลดปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหาร นอกจากนี้ น้ำมันเมล็ดทานตะวันยังเป็นแหล่งที่ดีของวิตามินอี (α -Tocopherol) มีประมาณ 45 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งวิตามินอี มีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ตามธรรมชาติ ดังนั้นน้ำมันชนิดนี้จึงได้รับความสนใจที่จะนำมาใช้ในการผลิตอาหาร เนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีจุดเกิดควันที่อุณหภูมิสูง ไม่มีกลิ่นรส และมีสีอ่อนใส จึงสามารถใช้ น้ำมันเมล็ดทานตะวันเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้ปรุงอาหารต่าง ๆ เช่น การอบ ทอด และทำน้ำมันสลัด เป็นต้น (Morrison *et al.* 1995)

6.5 สารให้ความคงตัว

สารให้ความคงตัวที่ใช้ส่วนมากเป็นโพลีแซคคาไรด์ แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ สารให้ความคงตัวประเภทเจลาติน ซึ่งได้จากหนังหรือกระดูกสัตว์ สารให้ความคงตัวที่ผลิตจากพืช เช่น คาราจีแนน (caragenan) วุ้น (agar) โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethylcellulose, CMC) และเพคติน (pectin) ส่วนประเภทสุดท้ายคือสารให้ความคงตัวประเภทกัม (gum) เช่น กัวกัม (guar gum) แซนแทนกัม (xanthan gum) อะราบิกกัม (gum Arabic) และโลคัสทีน (locust bean gum) (Marshall and Arbuckle, 1996) สารให้ความคงตัวทุกชนิดมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี เพิ่มความหนืด เพิ่มเนื้อ ทำให้เนื้อสัมผัสคงความเรียบเนียน นอกจากนี้ทำให้การกระจายของสารให้กลิ่นรสดีขึ้น ช่วยให้เซลล์อากาศมีความคงตัว (Madden, 1989) ลดความเคลื่อนที่ของความชื้นของบรรจุภัณฑ์หรืออากาศ และป้องกันการลดลงของปริมาตรขณะเก็บรักษา ปริมาณสารให้ความคงตัวที่ใช้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิด และปัจจัยอื่น ๆ การใช้สารให้ความคงตัวร่วมกันหลายชนิดจะเสริมการทำงานของกันและกันและเพิ่มประสิทธิภาพของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิด (Goff, 2003) โดยทั่วไปนิยมใช้ปริมาณร้อยละ 0-0.5 อย่างไรก็ตามการเติมสารให้ความคงตัวมากเกินไปจะทำให้ลักษณะไม่ดีเห็นวุ้นหนืด เนื้อหนัก และแฉะ (Marshall and Arbuckle, 1996)

6.5.1 โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethylcellulose, CMC) หรือ sodium O-(carboxymethyl) cellulose (ภาพที่ 2) เป็นเซลลูโลสที่ละลายน้ำได้ เกิดจากการทำปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชัน (etherification) เซลลูโลสในด่างด้วยโซเดียมโมโนโครเมต (sodium monochromate) ได้เป็น CMC โดยกลุ่มไฮดรอกซิลถูกแทนที่ด้วยโซเดียมคาร์บอกซีเมทิล (sodium carboxymethyl) ดังปฏิกิริยาที่ 1



ภาพที่ 2 sodium O-(carboxymethyl) cellulose

ที่มา: ปฐมพร (2548)



ปฏิกิริยาที่ 1 ปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชัน (etherification)

ที่มา: ปฐมพร (2548)

CMC มีช่วงความเป็นกรดกว้าง โดยให้ความหนืดสูงที่สุด 7.9 และที่ ความเป็นกรดสูงกว่า 10 ความหนืดลดลง ในขณะที่ต่ำกว่า 4 CMC ละลายได้น้อยและเกิดการแตกตัวได้อ่อนภาคกรดอิสระ ให้ความหนืดเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญ CMC สามารถละลายได้ดีในสารละลายที่ไม่มีประจุและโพลีเมอร์ที่มีประจุลบ กัม โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเกลือ (Ott *et al.* 1954)

ความหนืดของสารละลาย CMC ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยการให้ความร้อนสูงเป็นเวลานานทำให้เกิดการดีโพลีเมอร์ไรส์เซชัน (depolymerization) ทำให้ CMC แตกตัว (Whister and BeMiller. 1993)

ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้ CMC อย่างแพร่หลาย เช่น เป็นอิมัลซิไฟเออร์ และสารคงตัวในผลิตภัณฑ์ขนม ทำหน้าที่ป้องกันการเติบโตของผลึกน้ำแข็งและน้ำตาล ทำให้มีลักษณะสัมผัสที่ดี เรียบเนียน ช่วยในการจับน้ำเพิ่มความชุ่มฉ่ำ และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ลดการแยกชั้นของผลไม้ เป็นต้น

6.5.2 การาจีแนน (Carrageenan)

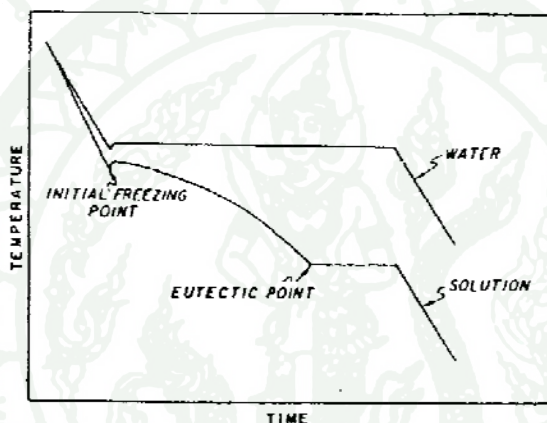
เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่สกัดจากสาหร่ายสีแดงที่พบตามชายฝั่งของประเทศญี่ปุ่น อินโดนีเซียและแคนาดา โมเลกุลของคาราจีแนนประกอบด้วยกาเล็กโทสและ 3,6-แอนไฮโดรกาเล็กโทส ในอัตราส่วน 1.1-1.5:1 และมีหมู่ที่จับพันธะเอสเทอร์กับซัลเฟต (sulfate half-ester group) ที่แต่ละหน่วยของโมโนแซ็กเคอไรด์ขึ้นกับชนิดของสาหร่ายที่นำมาสกัดคาราจีแนนแบ่งเป็นหลายชนิด แต่ที่มีบทบาทสำคัญได้แก่ ไอโอตา (iota) แคปปา (kappa) และแลมดา (lambda) โดยแคปปาและไอโอตาเป็นสารคงตัวชนิดที่มีประจุ ทำหน้าที่ได้ดีในช่วง pH ที่เหมาะสม สามารถจับกับโปรตีนนมได้ดี นอกจากจะเกิดเป็นเจลอ่อน ๆ ในส่วนที่เป็นน้ำของนมแล้วคาราจีแนนยังจับที่บริเวณผิวของเคซีนไมเซลล์อีกด้วย (Thomas, 1992) จึงช่วยเพิ่มความหนืดได้อย่างมาก เจลของแคปปา-คาราจีแนนในระบบของนมมีลักษณะแข็งและเปราะ จึงนิยมใช้กับการผลิตนมชอคโกแลต ส่วนไอโอตา-คาราจีแนนให้เจลที่มีลักษณะอ่อนและข้นกว่า จึงใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวานจากนมที่มีลักษณะเป็นเจล (gelled milk dessert) และครีมข้น สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็งสามารถใช้คาราจีแนนในปริมาณเล็กน้อย คาราจีแนนมีคุณสมบัติการเสริมประสิทธิภาพในการทำงาน (synergism) เมื่อใช้แคปปา-คาราจีแนนร่วมกับ โคลัสบินกัมทำให้ได้น้ำเชื่อมผสมคล้ายเจลาตินและลดการแยกตัวของน้ำ

7. อายุการเก็บรักษา

อายุการเก็บรักษา หมายถึง ระยะเวลาของผลิตภัณฑ์ที่เริ่มจากการผลิตจนผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ผลิตภัณฑ์อาหารมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ส่วนมากใช้ลักษณะคุณภาพการประเมิน ได้แก่ คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส ส่วนทางเคมี ได้แก่ การเกิดการเหม็นหืน และคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส อีกเกณฑ์ที่สำคัญได้แก่การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ในระดับที่ไม่ปลอดภัย เพื่อตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับไม่ยอมรับ หรือหมดอายุแล้ว (รุ่งนภา, 2540)

การยืดอายุการเก็บรักษา ทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่สามารถคงคุณภาพทั้งทางกายภาพ คุณค่าทางสารอาหาร และลดอัตราการเสียของปฏิกิริยาทางชีวเคมี ได้แก่ การแช่เย็น และแช่เยือกแข็ง เป็นการลดอุณหภูมิของอาหารให้อยู่ระหว่าง -1 ถึง 8 และ -18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่านั้นตามลำดับ ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น การแช่เย็นหรือแช่เยือกแข็งมีผลต่อคุณภาพของอาหาร ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของอาหาร กระบวนการแช่แข็ง และสภาวะการเก็บอาหารแช่แข็ง ผลิตภัณฑ์อาหารมีกระบวนการแช่แข็งที่ซับซ้อนกว่าน้ำบริสุทธิ์ การแช่แข็งน้ำ หรือ

สารละลายที่มีตัวถูกละลายเพียง 1 ชนิด พบว่ากราฟของน้ำจะมีอุณหภูมิลดลงจนถึงจุดเยือกแข็ง ดังภาพที่ 3 หลังจากการทำให้ร้อนตัวยิ่งยวด (supercooling) คือ ลดอุณหภูมิของน้ำต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของผลิตภัณฑ์ แต่ยังไม่เกิดผลึกการแช่แข็งในอาหาร ทำให้จุดเยือกแข็งของน้ำที่มีอยู่ในอาหารลดต่ำลง ความร้อนจะถูกกำจัดไปในรูปความร้อนแฝงของน้ำ ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งจนหมด ถ้าความร้อนถูกกำจัดออกจากระบบอุณหภูมิก็ลดลงไปอีก แต่กราฟของอาหารอุณหภูมิจะลดลงถึงจุดเยือกแข็งเช่นเดียวกับน้ำ แต่จุดเยือกแข็งจะต่ำลง เมื่อการแช่แข็งดำเนินต่อไป การแช่แข็งในช่วงแรกเป็นการสร้างผลึกน้ำแข็งของน้ำ ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายที่เหลืออยู่เพิ่มขึ้น ทำให้จุดเยือกแข็งของส่วนที่ยังไม่แข็ง (unfrozen) ลดลง เมื่อกระบวนการแช่แข็งดำเนินต่อไป จุดเยือกแข็งของสารละลายเข้มข้นลดลง จนถึงจุดที่เรียกว่า ยูเทกติก (eutectic point) ของตัว



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบการแช่แข็งของน้ำบริสุทธิ์ และสารละลายที่มีตัวถูกละลาย 1 ตัว

ที่มา: Heldman and Singh (1981)

ถูกละลาย เมื่อกำจัดความร้อนออกไปจะเกิดผลึกของตัวถูกละลาย และผลึกน้ำแข็งขึ้นทำให้อุณหภูมิของระบบลดลง โดยการเกิดผลึกน้ำแข็งเกิดได้ 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกของการแช่แข็งจะเกิดผลึกที่เรียกว่า นิวคลีเอชัน โดยการเกิดนิวคลีไอขนาดเล็กเป็นจุดศูนย์กลางของผลึก โดยขั้นที่สองเป็นการเติบโตของผลึกเป็นผลึกน้ำแข็งซึ่งเกิดหลังจากจำนวนนิวคลีไอมากพอ แต่ถ้าสภาวะในการเก็บรักษาไม่คงที่ โดยอุณหภูมิขึ้นลงผลึกเหล่านี้จะเปลี่ยนรูปโดยมีการตกผลึกใหม่ (recrystallization) ซึ่งมีผลต่อคุณภาพอาหารโดยมีคุณภาพลดลง เนื่องจากมีผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้น (Reid, 1997 : รุ่นงา, 2543)

ศิริลักษณ์ (2533) ทำการศึกษาอายุการเก็บของฝอยทองมาบรรจุลงโถว์เดินซีดีโพลีเอทีลีน (LDPE) โยเดินซีดีโพลีเอทีลีน (HDPE) โพลีโพรพิลีน (PP) กล่องโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) และ

ถาดโพลีโพรพิลีน (PP) หุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหารโพลีไวนิลคลอไรด์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ฝอยทองที่บรรจุลง PP และ HDPE มีอายุการเก็บ 2 วัน และฝอยทองที่บรรจุลง LDPE และกล่อง PVC มีอายุการเก็บ 3 วัน โดยเสื่อมเสียจากมีลักษณะเนื้อสัมผัสแห้ง ส่วนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ฝอยทองที่บรรจุลง LDPE, HDPE และ PP มีอายุการเก็บรักษา 90, 38 และ 36 วันตามลำดับ ส่วนฝอยทองบรรจุกล่อง PVC และถาดโพลี PS หุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหารโพลีไวนิลคลอไรด์ มีอายุการเก็บรักษา 60 และ 30 วัน ตามลำดับ โดยเสื่อมเสียจากมีลักษณะเนื้อสัมผัสแห้ง มยุรี (2537) ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาขนมเทียนพบว่า ขนมเทียนที่พัฒนาได้มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน โดยมีการเสื่อมเสียเกิดจากขนมเทียนมีลักษณะและเยิ้ม มีกลิ่นหมักเพิ่มขึ้นส่วนอุณหภูมิตู้เย็นและแช่แข็ง ขนมเทียนมีอายุการเก็บ 3 เดือนและมากกว่า 3 เดือนตามลำดับโดยศึกษาเวลาที่ใช้การคั่วตัวของขนมเทียนด้วยไมโครเวฟ พบว่าเมื่อใช้เวลาในการคั่วเพิ่มขึ้นขนมลักษณะแห้งไหม้โดยระยะเวลาในการคั่วตัวที่ดีได้แก่ 3 วินาที ขนมเทียนมีลักษณะนุ่ม ยืดหยุ่นได้ดี

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของส่วนผสมต่อคุณภาพของขนมหวานของไทย พบว่า นกสร (2546) ทำการศึกษอิทธิพลของปริมาณแป้ง น้ำตาล และน้ำต่อคุณภาพขนมน้ำดอกไม้มะลิ ซึ่งเป็นขนมไทยประเภทกึ่งเปียกกึ่งแห้งมีลักษณะนุ่มตรงกลาง หรือเรียกว่าขนมชักหน้า โดยศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อน้ำตาล 3 ระดับ (30:70, 40:60 และ 50:50) และปริมาณน้ำ 3 ระดับ (1.2, 1.4 และ 1.6 เท่าของของแห้งผสม) พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าที่แต่ละระดับของปริมาณน้ำ ขนม น้ำดอกไม้มะลิมีเนื้อสัมผัสแข็ง และมีการเกาะตัวเพิ่มขึ้นเนื่องจากเม็ดแป้งสามารถดูดน้ำได้มาก และเกิดเจลได้ดีกว่าที่ปริมาณน้ำตาลมาก และเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นแต่ละระดับของแป้ง พบว่าขนม น้ำดอกไม้มะลิที่มีลักษณะนุ่มน้อย เนื้อสัมผัสนิ่ม คงตัวน้อยซึ่งไม่ได้ลักษณะของขนมน้ำดอกไม้มะลิ สูตรขนมน้ำดอกไม้มะลิที่เหมาะสมคือ ปริมาณแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 18.18 ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 27.27 และ ปริมาณน้ำร้อยละ 54.55

ศิริลักษณ์ (2533) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพ และอายุการเก็บของฝอยทอง พบว่า อายุการเก็บของไข่ที่นำมาผลิตขนมฝอยทองมากกว่า 10 วัน ขนมฝอยทองมีลักษณะเปื่อย เนื่องจาก ปริมาณน้ำในไข่แดงเพิ่มขึ้น เมื่อศึกษาความเข้มข้นน้ำเชื่อมที่ใช้ผลิตฝอยทองเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 50 เป็นร้อยละ 60 และร้อยละ 70 พบว่าขนมฝอยทองมีลักษณะความเหนียวแข็ง เมื่อศึกษาอัตราส่วน ไข่แดงของไข่เป็ดต่อไข่ไก่ (100:0, 80:20, 60:40, 40:60 และ 20:80) พบว่าเมื่อปริมาณไข่เป็ดลดลง

ปริมาณไข่ไก่เพิ่มขึ้น ขนฝอยทองมีลักษณะเหนียวแข็งลดลง เนื่องจากไข่เป็ดมีปริมาณโปรตีนมากกว่าไข่ไก่ และเมื่อศึกษาปริมาณไข่น้ำค้ำเพิ่มจากร้อยละ 5 เป็น 10, 15, 20 และ 25 พบว่าความเหนียวของขนฝอยทองเพิ่มขึ้น และมีลักษณะแบนมากขึ้น โดยสูตร และกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม ได้แก่ ไข่สดมีอายุการเก็บไม่เกิน 10 วัน ความเข้มข้นน้ำเชื่อมที่ใช้ผลิตร้อยละ 60 และอัตราส่วนไข่แดงของไข่เป็ดต่อไข่ไก่เท่ากับ 20:80 และปริมาณไข่น้ำค้ำร้อยละ 15 ของปริมาณไข่แดง โดยขนฝอยทองที่ผลิตได้มีคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

จิตติมา (2545) ศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากคอเลสเตอรอล พบว่าสูตรของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ให้ลักษณะที่ดี ประกอบด้วยไข่ขาวสด 20 กรัม ไข่ขาวผง 2 กรัม น้ำ 30 กรัม แป้งถั่วเขียว 2 กรัม ถั่วเขียวบดละเอียด 55 กรัม น้ำมันดอกทานตะวัน 15 กรัม และเลซิดิน 5 กรัม โดยผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมที่ผลิตได้มีความชื้นร้อยละ 47.03 โปรตีนร้อยละ 16.32 และไขมันร้อยละ 35.66 และมีลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความเรียบเนียน ความรู้สึกเมื่อกัดคำแรก ความชุ่มน้ำ เนื้อสัมผัส ความมันของเนื้อ และความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับไข่แดงต้มสุก ไข่แดงเทียมสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน ในภาวะการบรรจุแบบบรรยากาศปกติ และ 20 วันในภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ จากนั้นนำไข่แดงเทียมมาใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตไข่ต้มห่อ และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ผลที่ได้อยู่ในระดับเฉยๆ ถึงชอบ ไข่ต้มห่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ในสภาวะการบรรจุบรรยากาศปกติได้นาน 5 วัน และเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศได้นาน 10 วัน ต้นทุนการผลิตไข่ต้มห่อขนาดบรรจุ 170 กรัม มีต้นทุนเท่ากับ 5.86 บาท

เกสรินทร์ (2546) ศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาขนทองหยอดให้ได้มาตรฐานการผลิตที่เหมาะสม พบว่าอัตราส่วนไข่แดงต่อแป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมคือ 78:22 จากนั้นนำอัตราส่วนไข่แดงต่อแป้งข้าวเจ้ามาศึกษากรรมวิธีการผลิตขนทองหยอดใช้เวลาในการตีไข่แดง 200 กรัม 5 นาที และมีอายุการเก็บรักษาเมื่อบรรจุในถาดโฟมชนิดโพลีเอทิลีนหุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหารชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และตู้เย็น (7 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บได้ 3 วัน และ 3 สัปดาห์ ตามลำดับ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

1.1 สำหรับการผลิตไข่แดงเทียม

1.1.1 ไข่ขาวสด (ไข่เป็ด)

1.1.2 ไข่ขาวผง จาก Bangkok Agro-Industrial Products Public Co., Ltd.

1.1.3 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Soy Protein Isolate)

1.1.4 สีเหลืองไข่ สีส้มอาหาร ตราวินเนอร์

1.1.5 น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน ตรามรกต

1.1.6 เลซิดิน ใช้เลซิดินที่มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด สีน้ำตาลแดง ไม่ผ่านการฟอกสี จากบริษัท นิวทริชั่น เอสซี จำกัด

1.1.7 โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethylcellulose, CMC) จากบริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด

1.1.8 แคลป์คาราจีแนน (Carrageenan) จากบริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด

1.1.9 นมผงขาดมันเนย ของ Miss Icecream

1.2 สำหรับการผลิตขนมทองหยอด

1.2.1 แป้งข้าวเจ้า (แป้งทองหยอดสำเร็จรูป) ตราแม่บัว

1.2.1 น้ำตาลทรายขาว ตรา มิตรผล

1.2.3 สารปรุงแต่งกลิ่นมะลิ ตราวินเนอร์

2. อุปกรณ์

2.1 ในการเตรียมไข่แดงเทียม

2.1.1 เครื่องผสมพร้อมอ่างผสมและหัวตีตะกร้อ (K5SS, Kichen Aid, ประเทศญี่ปุ่น)

2.1.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบดิจิตอล (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง) KD-200, Tanita ประเทศญี่ปุ่น

2.1.3 นาฬิกาจับเวลา

2.2 การผลิตขนมทองหยอด

2.2.1 พร้อมอ่างผสมและหัวตีตะกร้อ (K5SS, Kichen Aid, ประเทศญี่ปุ่น)

2.1.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบดิจิตอล (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง) KD-200, Tanita
ประเทศญี่ปุ่น

2.2.3 นาฬิกาจับเวลา

2.2.4 เทอร์โมมิเตอร์

2.2.5 เครื่องรีแฟคโตมิเตอร์ (Hand Refractometer) รุ่น ATC บริษัท

ATAGO ประเทศญี่ปุ่น

2.2.6 กระดาษทองเหลือง เบอร์ 13

2.2.7 อุปกรณ์ในการทำครัว

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียม

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1 เครื่องวัดสี (Colour Meter : Spectrophotometer) ยี่ห้อ Minalta รุ่น CM-3500d ประเทศญี่ปุ่น

3.1.2 เครื่องวัด Water Activity (Thermoconstanter) รุ่น TH 200 บริษัท Novarsina Ltd. ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

3.1.3 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ยี่ห้อ LLOYD รุ่น TA 500 บริษัท Intro Enterprise Co., Ltd ประเทศอังกฤษ

3.1.4 เครื่องวัดค่าความหนืด (Brookfield) รุ่น DV III บริษัท Brookfield Engineering Brookfield Laboratories, inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.5 เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.1 อุปกรณ์วิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ชุดหาปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ ความชื้น และเถ้า

3.2.2 อุปกรณ์วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล ตามวิธีการของ A.O.A.C. (1995)

3.2.3 ชุดตรวจสอบปริมาณ Cholesterol สำเร็จรูปจากบริษัท Human, Germany

3.3 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

3.3.1 อุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

3.3.2 อุปกรณ์การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.3.3 ตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์อุณหภูมิต่ำ ยี่ห้อ Astell Hearson ประเทศอังกฤษ

3.3.4 เครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Autoclave Steam Sterilizer) ยี่ห้อ Tuttnauer รุ่น 3850 M บริษัทไซแอนติฟิคโปรโมชัน จำกัด

3.4 การประเมินทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค

3.4.1 อุปกรณ์การทดสอบ

3.4.2 แบบสอบถาม และแบบทดสอบ

3.5 อุปกรณ์การศึกษาอายุการเก็บรักษา

3.5.1 ตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.6.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.6.2 เครื่องคิดเลข

วิธีการ

1. การผลิตไข่แดงเทียมสำหรับขนมทองหยอด

จากตำรับไข่แดงเทียมของจิตติมา (2545) (ตารางที่ 3) นำมาพัฒนาให้มีคุณลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติที่เหมาะสมในการผลิตขนมทองหยอด ทำการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ความหนืด สี การขึ้นฟูและการขึ้นรูปของขนมทองหยอด โดยใช้ CMC 4 ระดับคือร้อยละ 0.6, 1.3, 2.0 และ 2.7 คาราจีแนน 4 ระดับคือร้อยละ 0.6, 1.3, 2.0 และ 2.7 นมผง 4 ระดับคือร้อยละ 1.3, 2.6, 3.9 และ 5.2 ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมด

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) (อนันต์ชัย, 2542) ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้

1.1 ความหนืดโดยใช้ Brookfield DV III ใช้หัววัดค่าชนิด Small sample หัวเข็มเบอร์ 27 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยมีความเร็วรอบเท่ากับ 12 รอบต่อนาที และค่า Shear rate เท่ากับ 4.08 ค่าความหนืดที่ได้มีหน่วยเป็นเซนติพอยด์ (Centipoise : cp)

1.2 ค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

1.3 การตีขึ้นฟูและการขึ้นรูปของขนมทองหยอด

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบไข่แดงเทียมปราศจากคอเลสเตอรอล

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
ไข่ขาวสด	20
ไข่ขาวผง	2
โปรตีนถั่วเหลือง	2
น้ำ	30
แป้งถั่วเขียว	2
ถั่วเขียวคุด	55
น้ำมันดอกทานตะวัน	15
เลซิติน	5
สีเหลืองไข่	0.1 ^a

^a คิดปริมาณร้อยละของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

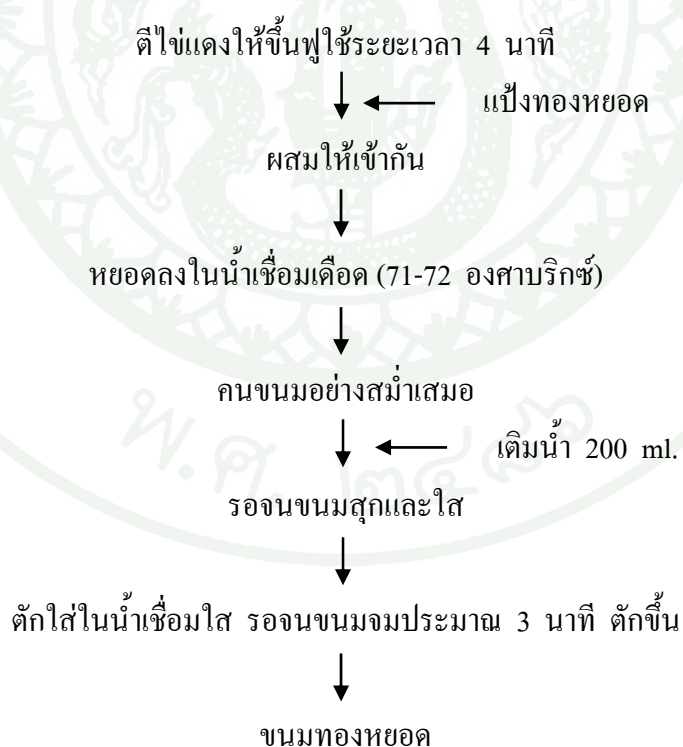
ที่มา: จิตติมา (2545)

2. การผลิตขนมทองหยอดด้วยไข่แดงเทียม

นำไข่แดงเทียมที่ได้จากการพัฒนาในข้อ 1 มาผลิตเป็นขนมทองหยอดโดยใช้ตำรับขนมทองหยอดของพรดารา (2547) มีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 4 และขั้นตอนการผลิตในภาพที่ 4 เริ่มจากการเตรียมน้ำเชื่อมเข้มข้นในอัตราส่วนน้ำตาลทราย : น้ำ เท่ากับ 1:1 เคี่ยวจนกระทั่งได้น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น 71-72 องศาบริกซ์ เดิมกลั่นมะลิ และเตรียมน้ำเชื่อมใส โดยใช้ น้ำตาลทราย : น้ำ อัตราส่วน 1:1.5 เคี่ยวจนกระทั่งได้น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น 48 องศาบริกซ์ เดิมกลั่นมะลิ นำไข่แดงเทียมมาตีให้ขึ้นฟูด้วยความเร็วระดับ 10 เป็นเวลา 4 นาที ค่อยๆ ผสมแป้งทองหยอด คนเบาๆ ให้แป้งกระจายตัวทั่วๆ นำไปตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพได้แก่ความหนืดและสีของส่วนผสมก่อนการขึ้นรูปขนมทองหยอด และทดสอบส่วนผสมโดยหยอดลงในน้ำเชื่อมข้นที่เดือดจนเป็นฟองฟู คอยเติมน้ำเพื่อรักษาความเข้มข้นของน้ำเชื่อม เพื่อให้ได้ทองหยอดที่เป็นรูปหยดน้ำมีหางเล็กน้อยตามลักษณะที่ควรเป็น รอจนขนมสุก 5 นาที ดักขึ้นไปลอยในน้ำเชื่อมใสที่เตรียมไว้รอจนขนมจม หรือประมาณ 3 นาที เพื่อให้ความหวานลดลงและไม่เป็นผลึกน้ำตาล ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของขนมทองหยอดที่ได้ คุณภาพที่ตรวจสอบได้แก่ วัดค่าสี L*, a* และ b*

ตารางที่ 4 ทองหยอดคำรับพื้นฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ
ไข่แดงของไข่เป็ด	220	100
แป้งทองหยอดสำเร็จรูป	60	27 (ของ น.น.ไข่แดง)
น้ำเชื่อมข้น		
น้ำตาลทรายขาว	1,000	49.88
น้ำเปล่า	1,000	49.88
กลี้นมะลิ	5	0.24
น้ำเชื่อมใส		
น้ำตาลทรายขาว	1,000	49.88
น้ำเปล่า	1,500	49.88
กลี้นมะลิ	5	0.24



ภาพที่ 4 กรรมวิธีการผลิตขนมทองหยอดคำรับพื้นฐาน

ด้วยเครื่อง Spectrophotometer วัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง (Lloyd TA 500) หัววัดแบบหัวกด เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร แรงกด 50 นิวตัน ด้วยความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อนาที ความสูงของตัวอย่าง 20 มิลลิเมตร โดยมีระยะทางที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูปร้อยละ 50 ใช้โปรแกรม TPA วิเคราะห์และบันทึกค่า สำหรับคุณภาพทางเคมีทำการวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid) ทดสอบการยอมรับด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิม 30 คน ด้วย 7 points-hedonic scale (เพ็ญขวัญ, 2536)

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า ปริมาณน้ำตาล และคอเลสเตอรอล (A.O.A.C., 1995) ของขนมทองหยอดที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด เปรียบเทียบกับตำรับพื้นฐาน

3. การศึกษาอายุการเก็บรักษาขนมทองหยอดไข่แดงเทียม

นำขนมทองหยอดจากไข่แดงเทียมที่ผู้บริโภครู้จักและแสดงความชอบมากที่สุด เปรียบเทียบกับทองหยอดตำรับพื้นฐาน มาบรรจุในถาดโพลีเอทิลีน (PE) หุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหารชนิดพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) จำนวนถาดละ 30 เม็ด นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) โดยตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส สุ่มตัวอย่างที่บรรจุในถาดโพลีเอทิลีน (PE) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตรวจสอบทุกวัน และที่อุณหภูมิตู้เย็นนำมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 นาที เพื่อให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากับอุณหภูมิห้อง ตรวจสอบทุก 1 สัปดาห์

3.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดสี ค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส และค่า water activity ด้วยเครื่องวัด water activity

3.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณ Thiobarbituric acid number (TBA) ปริมาณกรด ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

3.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์ รา ซาโมเนลล่า และโคลิฟอร์มตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

3.4 ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ ด้วยวิธี 9 points-hedonic scale (เพ็ญขวัญ, 2536) จาก 1 ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 ชอบมากที่สุด กำหนดคุณลักษณะทางประสาท

สัมผัสที่ทดสอบได้แก่ สีเหลืองส้ม ความมันวาว กลิ่นมะลิ กลิ่นไข่ กลิ่นหืน รสหวาน ความฉ่ำ น้ำเชื่อม ความนุ่ม ความแน่นเนื้อ รสหวานตกค้างในปาก กลิ่นไข่ตกค้างในปาก และการยอมรับโดยรวม ใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คน โดยวางแผนการชิมแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) (อนันต์ชัย, 2542)

สถิติที่ใช้

วิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของทองหยอดคุณภาพทางกายภาพ โดยวิธี Analysis of variance และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) (สุรพล, 2528) เมื่อตัวอย่างมากกว่า 2 ตัวอย่าง

ผลและวิจารณ์

ในการพัฒนาไข่แดงเทียมสำหรับการผลิตขนมทองหยอดมีผลการทดลองตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การใช้ CMC คาราจีแนน และนมผง ในการผลิตไข่แดงเทียม

จากการผลิตไข่แดงเทียมตามคำรับของ จิตติมา (2545) พบว่า ไข่แดงเทียมที่ได้มีลักษณะแห้ง จับตัวกันเป็นก้อน มีสีเหลืองเข้มลักษณะใกล้เคียงกับไข่แดงต้มสุก มีกลิ่นคาวของโปรตีนเล็กน้อย และไข่แดงเทียมที่ได้ไม่สามารถนำมาวัดค่าความหนืดด้วยเครื่องวัดค่าความหนืดได้เนื่องจากมีลักษณะไม่เป็นของไหล จึงได้ปรับปริมาณของส่วนผสมเพื่อให้สามารถนำมาทำทองหยอดได้ และเมื่อทำการเพิ่มปริมาณน้ำจาก 30 กรัม เป็น 50 กรัม ไข่ขาวสดจาก 20 กรัม เป็น 75 กรัม เพิ่มไข่ขาวผงจาก 2 กรัม เป็น 3 กรัม ตัดแบ่งถ้วยเขียวและถ้วยขาวออกไป ลดปริมาณน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันจาก 15 กรัม เป็น 10 กรัม (ตารางที่ 5) ส่วนผสมมีน้ำมาก มีผลให้เกิดลักษณะเหลวใส เมื่อตีส่วนผสมด้วยเครื่องตีจะไม่ค่อยจับอากาศ ในทางตรงกันข้ามถ้าเติมส่วนผสมที่เป็นของเหลวดังกล่าวในปริมาณน้อย ส่วนผสมที่ได้จะมีลักษณะแห้ง มีความชุ่มน้ำน้อยลงเมื่อนำไปตีแล้วไม่เกิดโฟม ซึ่งการเกิดโฟมเป็นคุณลักษณะที่สำคัญในการทำทองหยอด ส่วนการเติมของแห้ง เช่น ไข่ขาวผง โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและนมผงในปริมาณมากจะทำให้ส่วนผสมที่ได้มีความชุ่มน้ำน้อยกว่าการเติมส่วนผสมดังกล่าวในปริมาณน้อย เนื่องจากส่วนผสมเหล่านี้จะไปเพิ่มปริมาณของแข็งให้แก่ส่วนผสม จึงทำให้ส่วนผสมที่ได้มีความชุ่มน้ำลดลงเมื่อเติมในปริมาณสูงขึ้น โดยเฉพาะโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะดูดซับน้ำได้มากขึ้นเมื่อปริมาณน้ำที่ดูดซับไว้มีมากกว่าน้ำอิสระ จะทำให้ความหนืดสูงขึ้น เนื่องจากเกิดแรงเสียดทาน เมื่อความเข้มข้นของโปรตีนเพิ่มขึ้นจะทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนการเติมน้ำ ไข่ขาวสด และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันในปริมาณสูงจะทำให้ความเข้มข้นของโปรตีนในส่วนผสมลดลงทำให้มีโปรตีนที่จะดูดซับไขมันน้อยลง ทำให้มีไขมันแยกตัวออกมาจากผลิตภัณฑ์ การเติมไข่ขาวผงลงไปในส่วนผสมในปริมาณสูงจะเป็นการช่วยเพิ่มโปรตีนให้แก่ส่วนผสมทำให้มีปริมาณโปรตีนที่จะดูดซับไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อโปรตีนถูกทำให้เสียสภาพจะทำให้เกิดการคลายตัว หมู่ที่จับกับไขมันจะถูกเปิดออก ส่งผลให้จำนวนพันธะระหว่างโปรตีนกับไขมันเพิ่มขึ้นทำให้เกิดเป็นอิมัลชันเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนการใช้ส่วนผสมอาหารสีเหลืองไข่ถ้าใช้ปริมาณน้อยสีของส่วนผสมจะซีดไม่ใกล้เคียงกับไข่แดงจริง ถ้าใช้ปริมาณมากสีจะเข้มเกินกว่าไข่แดงจริง ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำไข่แดงเทียมมาตีให้เกิดโฟมแล้วนำไปหยอดเป็นลักษณะคล้ายหยคน้ำ จึงได้มีการเพิ่มส่วน

ตารางที่ 5 แสดงส่วนผสมของไข่แดงเทียม

ส่วนผสม	ส่วนผสมไข่แดงเทียมที่ได้จากการปรับเพิ่มลด		
	*ตำรับพื้นฐาน	ส่วนผสม	
	ปริมาณ (กรัม)	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ (ของน้ำหนักไข่ขาว ทั้งหมด)
ไข่ขาวสด	20	75	96.2
ไข่ขาวผง	2	3	3.8
โปรตีนสกัดจากถั่ว	2	2	2.6
เกลือ			
น้ำ	30	50	64
แป้งถั่วเขียว	2	-	-
ถั่วเขียวบด	55	-	-
น้ำมันดอกทานตะวัน	15	10	13
เลซิติน	5	5	6.4
สีเหลืองส้ม	0.1 ^a	2	2.6
นมผง	-	1, 2, 3 และ 4	1.3, 2.6, 3.9 และ 5.2
CMC	-	0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0	0.6, 1.3, 2.0 และ 2.7
Carrageenan	-	0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0	0.6, 1.3, 2.0 และ 2.7

^a คิดปริมาณร้อยละของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

* จิตติมา (2545)

ของของเหลว และลดส่วนของของแข็งลง แต่เนื่องจากส่วนผสมดังกล่าวเมื่อตีจนเป็นโฟมแล้ว ลักษณะของโฟมไม่ข้นหนืดเมื่อพักไว้จะแตกง่ายไม่คงตัว ถึงแม้ไข่ขาวสดจะมีคุณสมบัติในการเกิดฟองแต่เมื่อได้รับความร้อนหรืออุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดเป็นเจลของไข่ขาว ดังนั้นเพื่อให้เกิดอิมัลชันและความหนืดที่เหมาะสม จึงได้เพิ่มปริมาณส่วนผสม CMC มาช่วยในเรื่องการอุ้มน้ำ ใช้แคปไซคาราจีแนนช่วยในเรื่องการจับกับโปรตีน และใช้นมผงในการเพิ่มปริมาณโปรตีน โดยใช้ปริมาณ CMC 4 ระดับ คือร้อยละ 0.6, 1.3, 2.0 และ 2.7 ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมด แคปไซคาราจีแนน 4 ระดับ

คือร้อยละ 0.6, 1.3, 2.0 และ 2.7 ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมด และนมผง 4 ระดับ คือร้อยละ 1.3, 2.6, 3.9 และ 5.2 ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมด (ตารางที่ 5)

การใช้ CMC คาราจีแนน และนมผงในการผลิตไข่แดงเทียมเพื่อช่วยในเรื่องของการอุ้มน้ำ เพิ่มความหนืด เพิ่มเนื้อ ทำให้เนื้อสัมผัสคงความเรียบเนียน ช่วยให้เซลล์ของอากาศมีความคงตัว (Madden, 1989) แต่มีข้อจำกัดในการใช้คือเมื่อใช้ในปริมาณมากขึ้นทำให้ส่วนผสมมีกลิ่นคล้ายยางไม้ การใช้คาราจีแนนในส่วนผสมสามารถจับกับโปรตีนนมได้เป็นอย่างดีจึงช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลในส่วนผสม (Thomas, 1992) แต่การใช้ในปริมาณมากเกินไปก็ทำให้ส่วนผสมที่ได้มีกลิ่นคล้ายยางไม้เช่นเดียวกัน ถ้าใช้ในระดับต่ำทำให้ส่วนผสมที่ได้ไม่เป็นเจลเวลาดีจะทำให้โฟมมีความแข็งแรงต่ำ ปริมาณสารให้ความคงตัวที่ใช้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิด และปัจจัยอื่น ๆ การใช้สารให้ความคงตัวร่วมกันหลายชนิดจะเสริมการทำงานของกันและกันและเพิ่มประสิทธิภาพของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิด (Goff, 2003) โดยทั่วไปนิยมใช้ปริมาณร้อยละ 0-0.5 อย่างไรก็ตามการเติมสารให้ความคงตัวมากเกินไปจะทำให้ลักษณะไม่ดีเหนียวหนืด เนื้อหนัก และ (Marshall and Arbuckle, 1996) การใช้ปริมาณนมผงที่เหมาะสมโปรตีนจากนมผงจะช่วยเพิ่มความหนืดและป้องกันการแยกตัวจากน้ำหรือไม่ทำให้แยกชั้น เมื่อมีโปรตีนละลายมากขึ้นจะมีความหนืดสูงหรือมีความแข็งแรงมากขึ้น

การทดลองได้ปรับกรรมวิธีการทำ โดยเติมแคลปีการาจีแนน 4 ระดับ ดังกล่าวและ CMC 4 ระดับดังกล่าวลงในน้ำเนื่องจากเป็นเซลล์โลสที่ละลายน้ำได้ โดยปล่อยให้ไข่อุ้มน้ำประมาณ 5 นาที ตีไข่ขาวด้วยความเร็วสูงสุดให้ขึ้นฟูใช้เวลา 5 นาที ใส่เจลของคาราจีแนนและ CMC ตีให้เข้ากัน เติมน้ำตาลผง โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง นมผง ตีต่ออีก 2 นาที เติมน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน สีเหลืองส้ม เลซิติน ตีต่อ 3 นาที จะได้ไข่แดงเทียม ลักษณะของไข่แดงเทียมที่ได้คล้ายกับไข่แดงของไข่เป็ดที่ดีขึ้นฟู แต่ลักษณะของฟองอากาศจะใหญ่กว่าของไข่แดงจริงเล็กน้อย สีส้มเข้ม ขึ้นหนืด มีกลิ่นความมากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อปริมาณ CMC และคาราจีแนนเพิ่มขึ้น

จากผลการทดลองดังตารางที่ 6 สรุปได้ว่าจะใช้ CMC คาราจีแนน และนมผง ที่ร้อยละ 1.3, 1.3 และ 3.9 ตามลำดับ มาทำการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากส่วนผสมที่ได้มีคุณลักษณะใกล้เคียงไข่แดงจริงมากที่สุด สีเหลืองส้ม มีกลิ่นอ่อนปานกลาง เมื่อนำไปดีจะได้โฟมที่อ่อนนุ่ม ชุ่ม น้ำปานกลาง ส่วนผสมค่อนข้างขึ้นหนืดไม่แห้งและเหลวจนเกินไป ไข่ได้ดี แต่ลักษณะการขึ้นฟูของส่วนผสม พบว่า โฟมที่ได้มีลักษณะไม่คงตัว ฟองอากาศที่ได้จะแตกตัวทำ

ตารางที่ 6 ลักษณะส่วนผสมของไข่แดงเทียมที่ทำการปรับเติม CMC คาราจีแนน และ นมผง (ปริมาณแตกต่างกัน)

ปริมาณ นมผง (%)	ปริมาณ CMC (%)	ปริมาณ คาราจีแนน (%)	ลักษณะของส่วนผสม
1.3	0.6	0.6	สีเหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้อ่อน ๆ เป็นโฟมอ่อน ๆ ค่อนข้างชุ่มน้ำมาก ส่วนผสมที่ได้ค่อนข้างเหลวและหนืด เล็กน้อย ไหลค่อนข้างเร็ว
	1.3	1.3	สีเหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้อ่อนปานกลาง เป็นโฟม อ่อนนุ่ม ชุ่มน้ำค่อนข้างมาก ลักษณะข้นหนืด ไหลได้ ช้า
	2.0	2.0	สีเหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้แรง เป็นโฟมแข็ง ชุ่มน้ำ ค่อนข้างมาก ส่วนผสมที่ได้มีลักษณะข้นหนืดมาก ไม่ ค่อยไหล ค่อนข้างเป็นก้อน
	2.7	2.7	สีเหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้แรงมาก เป็นโฟมแข็ง ชุ่ม น้ำมาก ส่วนผสมที่ได้มีลักษณะข้นหนืดมาก ไม่ไหล เป็นก้อน
2.6	0.6	0.6	สีเหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้อ่อน ๆ เป็นโฟมอ่อน ๆ ชุ่มน้ำปานกลาง ส่วนผสมที่ได้ค่อนข้างเหลวและหนืด เล็กน้อย ไหลได้เร็วปานกลาง
	1.3	1.3	สีเหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้อ่อนปานกลาง เป็นโฟม อ่อนนุ่ม ชุ่มน้ำปานกลาง มีลักษณะข้นหนืด ไหลได้ช้า
	2.0	2.0	สีเหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้แรง เป็นโฟมแข็ง ชุ่มน้ำ ปานกลาง มีลักษณะข้นหนืดมาก ไม่ค่อยไหล ค่อนข้าง เป็นก้อน
	2.7	2.7	สีเหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้แรง เป็นโฟมแข็ง ชุ่มน้ำ มาก มีลักษณะข้นหนืดมาก ไม่ไหล เป็นก้อน

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ปริมาณ นมผง (%)	ปริมาณ CMC (%)	ปริมาณ การจีแนน (%)	ลักษณะของส่วนผสม
3.9			สีเหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้อ่อน ๆ เป็นโฟมอ่อน ๆ ชุ่มน้ำค่อนข้างน้อย ส่วนผสมที่ได้เหลวและหนืดเล็กน้อย ไหลได้เร็วปานกลาง
	1.3	1.3	สีเหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้อ่อนปานกลาง เป็นโฟมอ่อนนุ่ม ชุ่มน้ำปานกลาง ส่วนผสมค่อนข้างข้นหนืด ไม่แห้งและเหลวจนเกินไป ไหลได้ดี
	2.0	2.0	เหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้แรง เป็นโฟมแข็ง ชุ่มน้ำค่อนข้างมาก มีลักษณะข้นหนืดมาก ไม่ค่อยไหล ค่อนข้างเป็นก้อน
	2.7	2.7	เหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้แรงมาก เป็นโฟมแข็ง ชุ่มน้ำค่อนข้างมาก มีลักษณะข้นหนืดมาก เป็นก้อน ไม่ไหล
5.2			สีเหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้อ่อน ๆ เป็นโฟมอ่อน ชุ่มน้ำค่อนข้างน้อย ส่วนผสมที่ได้แห้งและหนืดเล็กน้อย ไหลน้อย
	1.3	1.3	สีเหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้อ่อนปานกลาง เป็นโฟมอ่อน ชุ่มน้ำน้อย ส่วนผสมที่ได้แห้งและหนืด ค่อนข้างมาก ไม่ค่อยไหล
	2.0	2.0	เหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้แรง เป็นโฟมแข็ง ชุ่มน้ำค่อนข้างมาก มีลักษณะข้นหนืดมาก ไม่ไหล ค่อนข้างเป็นก้อน
	2.7	2.7	เหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายยางไม้แรง เป็นโฟมแข็ง ชุ่มน้ำมาก มีลักษณะข้นหนืดมาก ไม่ไหล เป็นก้อน

ให้ส่วนผสมมีลักษณะเหลว จึงทำการพัฒนาต่อไป นอกจากนั้น พบว่า ไข่แดงเทียมที่ปรับปริมาณของ CMC การจีแนน และนมผงทุกระดับในส่วนผสมของขนมทองหยอดเมื่อนำขนมที่สุกแล้วใส่ลงในน้ำเชื่อมใส (48° Brix) ขนมทองหยอดที่ขึ้นฟูดีในการต้มในน้ำเชื่อมเข้มข้นเดือด กลับยวบตัวลง

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขณะอยู่ในความร้อน อากาศที่อยู่ในโพนมีการขยายตัวทำให้ขนมขึ้นฟูดีแต่เมื่อนำมาใส่ในน้ำเชื่อมใสอุณหภูมิห้องจึงทำให้ยุบตัวและอาจเกิดจากความไม่คงตัวของอิมัลชันทำให้มีการสูญเสียฟองอากาศในอิมัลชันด้วย

2. การปรับปริมาณเลซิตินในการพัฒนาไข่แดงเทียมสำหรับขนมทองหยอด

เนื่องจากผลที่ได้ในข้อ 1 คือโพนมีลักษณะไม่คงตัว ส่วนผสมคั้นรูปเป็นของเหลวทองหยอดยุบตัว จึงปรับเพิ่มปริมาณของเลซิติน (จากร้อยละ 6.4) เป็น 4 ระดับ คือร้อยละ 13, 19, 25 และ 31 ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมด เนื่องจากกระทรวงสาธารณสุข (2522) ไม่ได้จำกัดปริมาณเลซิตินในอาหาร นอกจากนี้เลซิตินยังมีประโยชน์ต่อร่างกายและมีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิฟายเออร์ด้วย การทดลองพบว่า เมื่อตีขึ้นโพน ลักษณะส่วนผสมที่ได้มีความคงตัวเมื่อตั้งทิ้งไว้ ยกเว้นโพนที่ได้จากส่วนผสมที่มีเลซิตินร้อยละ 31 ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมดจะยุบตัว นำไข่แดงเทียมที่ได้มาหยอดลงในน้ำเชื่อมเข้มข้น พบว่า ทองหยอดที่มีเลซิตินในระดับร้อยละ 13, 19 และ 25 ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมด สามารถได้ทองหยอดที่มีลักษณะที่ดี คือ คงรูปไม่ยุบตัว ยกเว้นทองหยอดที่มาจากส่วนผสมของเลซิตินร้อยละ 31 ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมด ที่มีลักษณะไม่คงตัวของรูปทรง เนื้อแน่น และยุบตัวเล็กน้อย (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 แสดงลักษณะทองหยอดที่ทำการเพิ่มปริมาณเลซิตินในระดับต่าง ๆ

ปริมาณเลซิติน (%ของน้ำหนักไข่ ขาวทั้งหมด)	ลักษณะของทองหยอด		
	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	การขึ้นรูป
13	นุ่ม นิ่ม	ลื่น เป็นมันวาว	ค่อนข้างคงรูปไม่ยุบตัว
19	นุ่ม นิ่มปานกลาง	ลื่น เป็นมันวาว	คงรูปร่างสวยงามไม่ยุบตัว
25	แน่นเล็กน้อย ลื่น	เป็นมันวาว	คงรูปร่างสวยงามไม่ยุบตัว
31	ค่อนข้างแน่น แข็ง	ลื่น เป็นมันวาว	เริ่มไม่ค่อยคงตัวเสียรูปทรงเล็กน้อย

การใช้เลซิตินมากขึ้น ทำให้ผิวของน้ำถูกปกคลุมด้วยสารอิมัลซิไฟเออร์มากขึ้น ความตึงผิวจะลดลงตามลำดับ ในที่สุดผิวของน้ำจะถูกปกคลุมด้วยสารอิมัลซิไฟเออร์โดยสิ้นเชิง โดยมีความหนาเพียง 1 โมเลกุลเท่านั้น การใช้เลซิตินมากกว่าจุดนี้จะไม่มีผลต่อการลดความตึงผิวของน้ำมากนัก

เนื่องจากปริมาณส่วนเกินได้ถูกผลักให้เข้าไปอยู่ใต้ผิวสัมผัสของส่วนที่เป็นน้ำ แทนที่จะเรียงตัวกันที่หน้าสัมผัส ผลที่ตามมาคือโมเลกุลของเลซิดินส่วนนี้ได้รับความกดดันมาก โดยเฉพาะส่วนที่ไม่ชอบน้ำจึงรวมตัวกันเป็นกลุ่ม หันส่วนที่ไม่ชอบน้ำไปรวมตัวกันไว้และหันส่วนที่ชอบน้ำออกมาทางด้านนอก (ณรงค์, 2538) แทนที่จะหันโมเลกุลส่วนที่ชอบน้ำไปทางน้ำและส่วนที่ชอบน้ำมันไปทางน้ำมัน กล่าวคือการเปลี่ยนแปลงระบบอิมัลชันจะเกิดขึ้นที่สัดส่วนปริมาตรต่ำลงถ้าใช้สารอิมัลซิไฟเออร์มากขึ้น

ดังนั้นจะนำการใช้ปริมาณเลซิดินที่ร้อยละ 13, 19 และ 25 ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมด มาพัฒนาในลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมทองหยอดต่อไป เนื่องจากเนื้อสัมผัสที่ได้ค่อนข้างนุ่ม เมื่อบริโภคและเปรียบเทียบกับทองหยอดตำรับพื้นฐาน (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณส่วนผสมของไข่แดงเทียมที่พัฒนาโดยมีเลซิดิน 3 ระดับ

ส่วนผสม	ปริมาณ (%ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมด)
ไข่ขาวสด	96.2
ไข่ขาวผง	3.8
โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	2.6
นมผง	3.9
น้ำ	64
CMC	1.3
Carrageenan	1.3
น้ำมันดอกทานตะวัน	13
เลซิดิน	13, 19 และ 25
สีเหลืองส้ม	2.6

3. การปรับปริมาณแป้งทองหยอดในการผลิตทองหยอดจากไข่แดงเทียม

จากผลการทดลองในข้อ 2 นำมาปรับปริมาณแป้งทองหยอดจากร้อยละ 27 ของน้ำหนักไข่แดง เพิ่มเป็น 2 ระดับ คือร้อยละ 32 และ 37 ของน้ำหนักไข่แดงเทียม ตามลำดับ โดยมีปริมาณเลซิดินในไข่แดงเทียม 3 ระดับ คือร้อยละ 13, 19 และ 25 ตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 9 สิ่งทดลอง ผลการทดลองพบว่า ลักษณะปรากฏของทองหยอดที่ใช้แป้งร้อยละ 32 และ 37 มีความคงตัว

ของรูปทรงดี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 15 มิลลิเมตร ในขณะที่การใช้แป้งทองหยอดในระดับร้อยละ 27 (ซึ่งเป็นปริมาณของแป้งทองหยอดในตำรับพื้นฐาน ของน้ำหนักไข่แดงเทียมที่ใช้เลขดินทั้ง 3 ระดับ มีลักษณะไม่คงตัวของรูปทรงเมื่อตั้งทิ้งไว้จะยุบตัว (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ลักษณะปรากฏของทองหยอดไข่แดงเทียมที่ทำจากแป้งทองหยอดและปริมาณเลขดินที่แตกต่างกัน

ปริมาณเลขดิน	ปริมาณแป้ง (% ของน้ำหนักของไข่แดงเทียม)		
	27	32	37
ร้อยละ 13	นุ่มมาก ฉ่ำน้ำเชื่อมมาก ไม่ค่อยคงตัว	นุ่มพอดี ฉ่ำน้ำเชื่อม รูปร่างสวยงาม	ค่อนข้างแข็ง ไม่มันวาว ไม่ค่อยฉ่ำน้ำเชื่อม
ร้อยละ 19	นุ่มมาก ฉ่ำน้ำเชื่อมมาก ไม่ค่อยคงตัว	นุ่มพอดี ฉ่ำน้ำเชื่อม รูปร่างสวยงาม	ค่อนข้างแข็ง ไม่มันวาว ไม่ค่อยฉ่ำน้ำเชื่อม
ร้อยละ 25	นุ่มมาก ฉ่ำน้ำเชื่อมมาก ไม่ค่อยคงตัว	นุ่มเล็กน้อย ฉ่ำน้ำเชื่อม รูปร่างสวยงาม	ค่อนข้างแข็ง ไม่มันวาว ไม่ค่อยฉ่ำน้ำเชื่อม

การใช้แป้งทองหยอดในปริมาณที่แตกต่างกันมีผลต่อลักษณะปรากฏของทองหยอด แป้งเมื่อได้รับความร้อนอย่างเพียงพอ ทำให้เม็ดยังทั้งหมดแตกออก อะไมโลสจะหลุดออกมาจากเม็ดแป้งทั้งหมดแล้วทำให้เกิดเจลที่เรียกว่าเจลไดโนซ์เซชัน เมื่อแป้งมีปริมาณน้อยน้ำจะถูกดูดซับเข้าไปในเม็ดแป้งเต็มที่ ทำให้อะไมโลสหลุดออกจากเม็ดแป้งและเกิดการพองตัวเป็นเจลเต็มที่ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีลักษณะนุ่ม ในขณะที่แป้งที่มีปริมาณมากและน้ำน้อยเม็ดแป้งจะดูดน้ำทั้งหมดเข้าไปในเม็ดแป้งและมีอะไมโลสหลุดออกมาน้อยมากหรือไม่มีเลยจนทำให้ไม่เกิดลักษณะเจล นั่นคือผลิตภัณฑ์นั้นจะกรอบร่วน ด้วยเหตุนี้ปริมาณแป้งที่เหมาะสมในการผลิตขนมทองหยอดไข่แดงเทียมจึงเป็นร้อยละ 32 ของน้ำหนักไข่แดงเทียม

4. คุณภาพทางกายภาพของทองหยอดจากไข่แดงเทียม

4.1 การวัดค่าความหนืดและขนาดของทองหยอด

นำทองหยอดดำรับพื้นฐาน (ไข่แดงจริง) และทองหยอดไข่แดงเทียม 3 ดำรับ คือ ดำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) ดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) และดำรับที่ 3 (เลชิตินร้อยละ 25) มาทำการตรวจสอบความหนืดของส่วนผสมก่อนหยอด พบว่าค่าความหนืดที่วัดด้วยเครื่องวัดค่าความหนืด (Bookfield) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 10) ซึ่งค่าความหนืดนี้บ่งบอกถึงการตีไข่ให้ขึ้นฟูทำให้เกิดโฟมโปรตีนไข่ เป็นฟองอากาศที่กระจายในสารละลายไข่ในรูปคอลลอยด์ (colloidal) ที่มีสารละลายอัลบูมินล้อมรอบอยู่ ปริมาตร และปริมาณฟองอากาศของโฟมโปรตีนขึ้นกับความเสถียรของโฟมโปรตีน เมื่อสารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความเสถียรของโฟมโปรตีนลดลง เนื่องจากไม่สามารถทำให้เกิดแผ่นฟิล์มบาง ๆ อุ้มอากาศไว้ได้ ทำให้ปริมาณฟองอากาศลดลง (Yang and Baldwin, 1995) การใช้ปริมาณเลชิติน

ตารางที่ 10 ความหนืดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทองหยอดทั้ง 4 ดำรับ

ดำรับที่	ค่าความหนืด ^{ns} (เซ็นติพอยต์)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ^{ns} (มิลลิเมตร)
ดำรับพื้นฐาน	89.20±1.85	15.10±1.10
ดำรับที่ 1	86.00±1.61	15.20±1.05
ดำรับที่ 2	84.40±1.35	15.50±1.09
ดำรับที่ 3	87.30±1.72	15.00±1.34

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ดำรับที่ 1 เลชิตินร้อยละ 13

ดำรับที่ 2 เลชิตินร้อยละ 19

ดำรับที่ 3 เลชิตินร้อยละ 25

ที่แตกต่างกัน มีผลต่อความหนืดนี้ด้วย ส่วนผสมทองหยอดดำรับพื้นฐานมีความหนืดมากที่สุด สาเหตุมาจากไข่แดงจริงประกอบด้วยน้ำ ร้อยละ 48 ในขณะที่ทองหยอดจากไข่แดงเทียมมีปริมาณน้ำ ร้อยละ 64 ประกอบกับในส่วนผสมทองหยอดทั้งดำรับพื้นฐานและดำรับไข่แดงเทียมประกอบด้วย แป้งทองหยอด จึงทำให้ดำรับพื้นฐานมีความเข้มข้น ของแป้งสูงส่งผลให้มีความหนืดมากที่สุด ส่วนขนาดของทองหยอดดำรับพื้นฐาน ดำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) ดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) และดำรับที่ 3 (เลชิตินร้อยละ 25) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 15.10 ± 1.10 , 15.20 ± 1.05 , 15.50 ± 1.09 และ 15.00 ± 1.34 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

4.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำทองหยอดทั้ง 4 ตำรับมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในห้องปฏิบัติการกับผู้ทดสอบชิม 30 คน เพื่อต้องการคัดเลือกตำรับนำมาพัฒนาต่อ โดยกำหนดคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบได้แก่ สีเหลืองส้ม ความมันวาว กลิ่นมะลิ กลิ่นไข่ รสหวาน ความฉ่ำน้ำเชื่อม ความนุ่ม ความแน่นเนื้อ กลิ่นไข่ตกค้างในปาก รสหวานตกค้างในปาก และความชอบโดยรวม (ตารางที่ 11) พบว่า

4.2.1 สีเหลืองส้ม ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยทองหยอดตำรับพื้นฐาน ตำรับที่ 1 (เลขิณร้อยละ 13) ตำรับที่ 2 (เลขิณร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลขิณร้อยละ 25) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.96 ± 2.78 , 6.03 ± 2.81 , 5.80 ± 2.89 และ 5.90 ± 3.05 ตามลำดับ แสดงว่าทองหยอดจากไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลขิณแตกต่างกันมีสีใกล้เคียงกับทองหยอดจากไข่แดงจริง ทำให้ผลการทดสอบออกมาไม่แตกต่างกัน

4.2.2 ความมันวาว ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบอยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยทองหยอดตำรับพื้นฐาน ตำรับที่ 1 (เลขิณร้อยละ 13) ตำรับที่ 2 (เลขิณร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลขิณร้อยละ 25) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 ± 3.03 , 5.40 ± 3.72 , 5.40 ± 2.92 และ 5.50 ± 2.88 ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยด้วย DMRT พบว่าตำรับพื้นฐานแตกต่างจากตำรับที่ 1 (เลขิณร้อยละ 13) ตำรับที่ 2 (เลขิณร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลขิณร้อยละ 25) ส่วนตำรับที่ 1 (เลขิณร้อยละ 13) ตำรับที่ 2 (เลขิณร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลขิณร้อยละ 25) ไม่แตกต่างกัน เพราะทั้ง 3 ตำรับที่พัฒนาเป็นไข่แดงเทียมประกอบด้วยน้ำมันดอกทานตะวันเป็นไขมันซึ่งแตกต่างไข่แดงจริง ทำให้เกิดความมันวาว โดยมีเลขิณเป็นตัวอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้ไขมันกระจายอยู่ทั่ว ประกอบกับมีการเจี้นซึ่งให้เจลใส เนื้อเนียนเรียบจึงทำให้มีผลต่อการหักเหของแสงและส่งผลการมองเห็น

4.2.3 กลิ่นมะลิ ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบอยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยทองหยอดตำรับพื้นฐาน ตำรับที่ 1 (เลขิณร้อยละ 13)

ตำรับที่ 2 (เลขตินร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลขตินร้อยละ 25) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ± 3.39 , 5.16 ± 3.78 , 5.20 ± 3.88 และ 5.66 ± 3.66 ตามลำดับ เมื่อนำไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าตำรับพื้นฐานแตกต่างจากตำรับที่ 2 (เลขตินร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลขตินร้อยละ 25) ส่วนตำรับที่ 2 (เลขตินร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลขตินร้อยละ 25) ไม่แตกต่างกัน และตำรับที่ 1 (เลขตินร้อยละ 13) กับตำรับพื้นฐานไม่ต่างกัน โดยตำรับพื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย ๆ เป็นเพราะว่าทองหยอดตำรับพื้นฐานมีกลิ่นควาไซ้ที่แรงกว่าตำรับจากไซ้แดงเทียม ทำให้กลิ่นมะลิและกลิ่นของแป้งทองหยอดสามารถกลบได้แต่ไม่มากจึงทำให้ตำรับพื้นฐานมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย ๆ ตำรับที่ 1 (เลขตินร้อยละ 13) ตำรับที่ 2 (เลขตินร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลขตินร้อยละ 25) มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย

4.2.4 กลิ่นไซ้ ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยทองหยอดตำรับพื้นฐาน ตำรับที่ 1 (เลขตินร้อยละ 13) ตำรับที่ 2 (เลขตินร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลขตินร้อยละ 25) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.20 ± 2.37 , 5.76 ± 2.73 , 5.76 ± 2.84 และ 5.56 ± 2.88 ตามลำดับ เมื่อนำไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าตำรับที่ 1 (เลขตินร้อยละ 13) ตำรับที่ 2 (เลขตินร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลขตินร้อยละ 25) ไม่แตกต่างกัน ส่วนตำรับพื้นฐานกับตำรับที่ 3 (เลขตินร้อยละ 25) ไม่แตกต่างกัน โดยที่ตำรับพื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าตำรับอื่น ๆ ซึ่งหมายความว่ากลิ่นมะลิและกลิ่นแป้งทองหยอดมีกลิ่นที่แรงกว่ากลิ่นควาของไซ้ทำให้สามารถกลบกลิ่นได้บางส่วน ส่วนตำรับที่ 1 (เลขตินร้อยละ 13) ตำรับที่ 2 (เลขตินร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลขตินร้อยละ 25) ถึงแม้จะมีไซ้ขาวเป็นส่วนประกอบแต่กลิ่นควาของไซ้ขาวไม่แรงเท่าไซ้แดงและยังมีกลิ่นของส่วนผสมอื่น ๆ ปนอยู่ด้วยจึงทำให้คะแนนตำรับดังกล่าวสูงกว่าตำรับพื้นฐาน

4.2.5 รสหวาน ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อย และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยทองหยอดตำรับพื้นฐาน ตำรับที่ 1 (เลขตินร้อยละ 13) ตำรับที่ 2 (เลขตินร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลขตินร้อยละ 25) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.83 ± 3.40 , 5.63 ± 2.89 , 5.66 ± 2.50 และ 5.60 ± 3.43 ตามลำดับ เนื่องจากการทำน้ำเชื่อมสำหรับทำทองหยอดได้มีการควบคุมค่าความหวานของน้ำเชื่อมสำหรับต้มทองหยอด (น้ำเชื่อมข้น) ให้อยู่ในระดับ 72°Brix และน้ำเชื่อมสำหรับแช่ทองหยอดหลังจากการต้มที่ระดับ 48°Brix จึงทำให้รสหวานของทุกตำรับใกล้เคียงกัน จึงทำให้ผู้บริโภครสหวานไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 11 คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดทั้ง 4 คำรับ

N=30

คุณลักษณะ	คำรับพื้นฐาน	คำรับที่ 1	คำรับที่ 2	คำรับที่ 3
สีเหลืองส้ม ^{ns}	5.96±2.78	6.03±2.81	5.80±2.89	5.90±3.05
ความมันวาว*	4.46±3.03 ^b	5.40±3.72 ^a	5.40±2.92 ^a	5.50±2.88 ^a
กลิ่นมะลิ*	4.66±3.39 ^c	5.16±3.78 ^b	5.20±3.88 ^b	5.66±3.66 ^a
กลิ่นไข่*	5.20±2.37 ^b	5.76±2.73 ^a	5.76±2.84 ^a	5.56±2.88 ^a
รสหวาน ^{ns}	5.83±3.40	5.63±2.89	5.66±2.50	5.60±3.43
ความฉ่ำน้ำเชื่อม*	5.83±2.43 ^a	3.50±2.88 ^b	3.56±2.76 ^b	3.73±2.81 ^b
ความนุ่ม*	6.13±3.62 ^a	5.20±2.82 ^b	5.53±3.12 ^b	3.23±3.78 ^c
ความแน่นเนื้อ*	5.06±2.70 ^b	5.70±2.81 ^a	5.43±2.20 ^{ab}	3.73±2.82 ^c
กลิ่นไข่ตกค้างในปาก*	4.56±3.95 ^a	3.80±2.92 ^b	4.13±2.98 ^{ab}	4.50±3.65 ^a
รสหวานตกค้างในปาก ^{ns}	4.53±2.95	4.83±2.11	4.73±2.73	4.60±2.67
ความชอบโดยรวม*	5.53±4.63 ^a	5.56±3.95 ^a	5.56±4.91 ^a	3.20 ±3.86 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันอยู่ในแนวนอนเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำรับที่ 1 เลขคตินร้อยละ 13

คำรับที่ 2 เลขคตินร้อยละ 19

คำรับที่ 3 เลขคตินร้อยละ 25

4.2.6 ความฉ่ำน้ำเชื่อม พบว่าคำรับพื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ย 5.83±2.43 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย แตกต่างจากคำรับที่ 1, 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคำรับที่ 1 (เลขคตินร้อยละ 13) คำรับที่ 2 (เลขคตินร้อยละ 19) และคำรับที่ 3 (เลขคตินร้อยละ 25) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.50±2.88, 3.56±2.76 และ 3.73±2.81 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบเล็กน้อย สาเหตุที่คำรับที่ 1 (เลขคตินร้อยละ 13) คำรับที่ 2 (เลขคตินร้อยละ 19) และคำรับที่ 3 (เลขคตินร้อยละ 25) ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบเล็กน้อย เพราะในส่วนผสมมี CMC ซึ่ง CMC มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความหนืดแต่ไม่เกิดเจล ส่วนคาราจีแนนสามารถจับกับโปรตีนได้ดี และช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลในผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี และในส่วนผสมมีไอโซเลทชอยโปรตีน ซึ่งมีคุณสมบัติในการเกิดเจลได้ดีมากทำให้ทองหยอดมีเนื้อค่อนข้างแน่นจึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำเชื่อมได้น้อย

เลซิดินช่วยให้อาหารที่มีไขมันเป็นส่วนผสมทำให้ อิมัลชันมีความคงตัวได้ดี และทำหน้าที่เป็นสารลดความหนืดช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏของอาหาร

4.2.7 ความนุ่ม พบว่าตำรับพื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ย 6.13 ± 3.62 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ตำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) ตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ไม่แตกต่างกันมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.20 ± 2.82 , 5.53 ± 3.12 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย และตำรับที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.23 อยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบเล็กน้อย เมื่อนำไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สาเหตุที่ตำรับที่ 3 (เลซิดินร้อยละ 25) มีคะแนนน้อย เหตุผลเดียวกับปัจจัยคุณลักษณะด้านความฉ่ำน้ำเชื่อม อีกเหตุผลหนึ่งคือ ตำรับที่ 3 (เลซิดินร้อยละ 25) ใช้เลซิดินในปริมาณมากกว่าตำรับอื่น ๆ ทำให้อิมัลชันมีความคงตัวดีจึงทำให้มีเนื้อสัมผัสแข็งกว่าตำรับอื่น

4.2.8 ความแน่นเนื้อ พบว่าตำรับพื้นฐาน ตำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) ตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.06 ± 2.70 , 5.70 ± 2.81 และ 5.43 ± 2.20 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย และตำรับที่ 3 (เลซิดินร้อยละ 25) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.73 ± 2.82 อยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบเล็กน้อย เมื่อนำไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สาเหตุที่ตำรับที่ 3 (เลซิดินร้อยละ 25) มีคะแนนน้อย เหตุผลเดียวกับปัจจัยคุณลักษณะด้านความฉ่ำน้ำเชื่อม

4.2.9 กลิ่นไข่ตลก้างในปาก พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตำรับพื้นฐาน ตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลซิดินร้อยละ 25) ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบอยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ± 3.95 , 4.13 ± 2.98 และ 4.50 ± 3.65 ตามลำดับ ส่วนตำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 ± 2.92 อยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบเล็กน้อย เมื่อนำไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าตำรับที่พื้นฐาน ตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลซิดินร้อยละ 25) ไม่แตกต่างกัน ส่วนตำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) และตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ไม่แตกต่างกัน เหตุผลเช่นเดียวกับลักษณะคุณภาพด้านกลิ่นไข่

4.2.10 รสหวานตลก้างในปาก ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบอยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยทองหยอดตำรับพื้นฐาน ตำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) ตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) และตำรับที่ 3 (เลซิดินร้อยละ 25) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 ± 2.95 ,

4.83±2.11, 4.73±2.73 และ 4.60±2.67 ตามลำดับ เหตุผลเดียวกับปัจจัยคุณลักษณะด้านความหวาน ซึ่งได้กล่าวไว้แล้ว

4.2.11 ความชอบโดยรวม พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตำรับพื้นฐาน ตำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) และตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.53±4.63, 5.56±3.95 และ 5.56±4.91 ตามลำดับ ส่วนตำรับที่ 3 (เลซิดินร้อยละ 25) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.20±3.86 อยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบเล็กน้อย เมื่อนำไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าตำรับพื้นฐาน ตำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) และตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ไม่แตกต่างกัน สาเหตุที่ตำรับที่ 3 (เลซิดินร้อยละ 25) มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบเล็กน้อยเนื่องจากมีลักษณะเนื้อที่แน่น รูปทรงแตกต่างจากตำรับอื่นเล็กน้อย คือยุบตัวเป็นจุด ๆ สาเหตุเนื่องมาจากปริมาณเลซิดินในตำรับที่ 3 (เลซิดินร้อยละ 25) มีมากกว่าตำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) และตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ดังที่กล่าวมาแล้วว่าเลซิดินจะแทรกตัวอยู่ที่รอยต่อระหว่างชั้นน้ำกับน้ำมัน โดยมีส่วนที่ชอบน้ำละลายอยู่ในน้ำและส่วนที่ไม่ชอบน้ำละลายอยู่ในน้ำมัน ดังนั้นโมเลกุลของเลซิดินจึงทำหน้าที่เป็นตัวกั้นอยู่ระหว่างผิวของหยดน้ำกับน้ำมัน ป้องกันไม่ให้น้ำมันมารวมตัวกัน ทำให้อิมัลชันมีความคงตัวได้ดี แต่เมื่อมีมากเกินไปจึงทำให้ทองหยอดมีเนื้อสัมผัสที่แน่นด้วย ซึ่งก็ไม่ใช่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ดังนั้นจากการทดลองขั้นตอนนี้จึงตัดตำรับที่ 3 ซึ่งมีปริมาณเลซิดินร้อยละ 25 ออกไม่นำมาทดลองขั้นพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป เหตุผลในเรื่องของความนุ่ม ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม

4.3 การเปรียบเทียบผลของเลซิดินต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดย RPT

นำทองหยอดตำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) และตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Ratio Profile Test (RPT) ครั้งที่ 1 กับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คน เพื่อพัฒนาคุณลักษณะด้านต่าง ๆ โดยกำหนดคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบได้แก่ สี เหลืองส้ม ความมันวาว กลิ่นมะลิ กลิ่นไข่ รสหวาน ความฉ่ำน้ำเชื่อม ความนุ่ม ความแน่นเนื้อ รสหวานตกค้างและกลิ่นไข่ตกค้างในปาก (ตารางที่ 12) ผลการทดลองมีดังนี้

4.3.1 สีเหลืองไข่ ตำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) อยู่ในเกณฑ์สีเหลืองอ่อน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.02±2.91 และตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์สีเหลืองส้มปานกลาง

โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.41 ± 2.62 เมื่อนำค่าเฉลี่ยไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยพบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยทุกตัวรับมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 12 คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดทั้ง 2 ตัวรับ ที่พัฒนาในด้านต่าง ๆ (ครั้งที่ 1)

N=10

ปัจจัย	Product Ideal (I)	ตัวอย่าง				
		ตัวรับที่ 1			ตัวรับที่ 2	
		I/I	S	S/I	S	S/I
สีเหลืองไข่*	7.98 ± 3.18	1	3.02 ± 2.91	0.38	6.41 ± 2.62	0.80
ความมันวาว ^{ns}	10.20 ± 3.41	1	8.17 ± 3.10	0.80	9.29 ± 3.29	0.90
กลิ่นมะลิ ^{ns}	7.14 ± 2.59	1	8.11 ± 2.29	1.14	5.79 ± 2.75	0.81
กลิ่นไข่ ^{ns}	5.67 ± 3.89	1	4.80 ± 2.29	0.85	5.77 ± 2.05	1.02
รสหวาน*	9.21 ± 2.77	1	7.15 ± 2.32	0.78	10.50 ± 2.25	1.14
ความฉ่ำน้ำเชื่อม ^{ns}	10.30 ± 2.36	1	9.11 ± 2.51	0.88	10.40 ± 2.90	1.01
ความนุ่ม ^{ns}	9.23 ± 2.11	1	9.53 ± 2.06	1.03	10.04 ± 2.68	1.08
ความแน่นเนื้อ ^{ns}	7.82 ± 3.30	1	7.04 ± 3.11	0.90	7.53 ± 2.75	0.96
รสหวานตกค้างในปาก ^{ns}	6.78 ± 3.36	1	8.18 ± 2.78	1.21	8.18 ± 2.83	1.19
กลิ่นไข่ตกค้างในปาก ^{ns}	6.33 ± 3.55	1	5.75 ± 2.20	0.91	6.30 ± 2.57	1.0

หมายเหตุ * หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตัวรับที่ 1 เลขติดร้อยละ 13

ตัวรับที่ 2 เลขติดร้อยละ 19

หมายเหตุ คะแนน 0 - 4.9 หมายถึง น้อย/อ่อน

คะแนน 5 - 9.9 หมายถึง ปานกลาง

คะแนน 10 - 15 หมายถึง มาก/แรง/เข้ม

หมายเหตุ ความหมายของคะแนน S/I

= 1.0 แสดงว่าไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงสำหรับลักษณะนั้น ๆ

> 1.0 แสดงว่าจำเป็นต้องลดความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้น ๆ

< 1.0 แสดงว่าจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้น ๆ

4.3.2 ความมันวาว ดำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์มันวาวปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.17 ± 3.10 และ 9.29 ± 3.29 ตามลำดับ เมื่อนำค่าเฉลี่ยไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ดำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ไม่แตกต่างกัน

4.3.3 กลิ่นมะลิ ดำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์กลิ่นมะลิปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.11 ± 2.29 และ 5.79 ± 2.75 ตามลำดับ แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.3.4 กลิ่นไข่ ดำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) อยู่ในเกณฑ์กลิ่นไข่น้อย โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ± 2.29 และดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์กลิ่นไข่น้อยปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.77 ± 2.05 เมื่อนำค่าเฉลี่ยไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ดำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ไม่แตกต่างกัน

4.3.5 รสหวาน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยดำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) อยู่ในเกณฑ์รสหวานปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.15 ± 2.32 ดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์รสหวานมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.5 ± 2.25

4.3.6 ความฉ่ำน้ำเชื่อม ดำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) อยู่ในเกณฑ์ฉ่ำน้ำเชื่อมปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.11 ± 2.51 และดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์ฉ่ำน้ำเชื่อมมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.4 ± 2.90 เมื่อนำค่าเฉลี่ยไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ดำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ไม่แตกต่างกัน

4.3.7 ความนุ่ม ดำรับที่ 1 (เลซิดินร้อยละ 13) อยู่ในเกณฑ์นุ่มปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.53 ± 2.06 และดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์นุ่มมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.04 ± 2.68 เมื่อนำค่าเฉลี่ยไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3.8 ความแน่นเนื้อ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยดำรับที่ 1 (เลขติดร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลขติดร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.04 ± 3.11 และ 7.53 ± 2.75

4.3.9 รสหวานตกค้างในปาก ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยดำรับที่ 1 (เลขติดร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลขติดร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.18 ± 2.78 และ 8.18 ± 2.83 ตามลำดับ

4.3.10 กลิ่นไขตกค้างในปาก ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยดำรับที่ 1 (เลขติดร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลขติดร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.75 ± 2.20 และ 6.30 ± 2.57 ตามลำดับ

จากตารางที่ 12 สรุปว่า ดำรับที่ 1 (เลขติดร้อยละ 13) ปรับเพิ่มด้านสีเหลืองไข่ ความมันวาว ความหวาน ความฉ่ำน้ำเชื่อม โดยการใช้เวลาในการแช่น้ำเชื่อมใสให้น้อยลงเป็นเวลา 2 นาที เพื่อป้องกันสีตก น้ำเชื่อมใสซึ่งมีความหวานน้อยกว่าน้ำเชื่อมข้นซึมเข้าไปในทองหยอดได้น้อย ทำให้ความหวานไม่น้อยเกินไป และความมันวาวของทองหยอดคงมีอยู่มาก และเมื่อปรับลดกลิ่นมะลิลงจะช่วยให้อ่อนนุ่ม และกลิ่นไขตกค้างในปาก มีกลิ่นเพิ่มขึ้น ปรับลดด้านกลิ่นมะลิ และรสหวานตกค้างในปาก ดำรับที่ 2 (เลขติดร้อยละ 19) ปรับเพิ่มสีเหลืองส้ม ความมันวาว และกลิ่นมะลิ ปรับลดด้านรสหวาน และรสหวานตกค้างในปาก ปรับลักษณะเดียวกับดำรับที่ 1 (เลขติดร้อยละ 13)

จากแนวทางการพัฒนาดำรับทองหยอดในครั้งที่ 1 จึงนำมาพัฒนาต่อในครั้งที่ 2 พบว่า (ตารางที่ 13) เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ มาทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้เชี่ยวชาญ และนำไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยพบว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทุกปัจจัยคุณภาพ โดยสีเหลืองไข่ทุกดำรับอยู่ในเกณฑ์สีเหลืองไข่เข้ม ดำรับที่ 1 (เลขติดร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลขติดร้อยละ 19) มีคะแนนเท่ากับ 8.64 ± 3.11 และ 8.50 ± 3.09 ตามลำดับ ความมันวาวอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง โดยดำรับที่ 1 (เลขติดร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลขติดร้อยละ 19) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.99 ± 3.53 และ 9.62 ± 3.06 ตามลำดับ กลิ่นมะลิทั้ง 2 ดำรับอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง โดยดำรับที่ 1 (เลขติดร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลขติดร้อยละ 19) มีคะแนนเท่ากับ 5.63 ± 2.86 และ 5.69 ± 2.88 ตามลำดับ กลิ่นไขทั้ง 2 ดำรับอยู่ในเกณฑ์ ปานกลาง โดยดำรับที่ 1 (เลขติดร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลขติดร้อยละ 19) มีคะแนนเท่ากับ 6.10 ± 2.99 และ 6.61 ± 2.66 ตามลำดับ

รสหวานดำรับที่ 1 (เลขชิตินร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลขชิตินร้อยละ 19) มีคะแนนเท่ากับ 10.78 ± 3.97 และ 9.97 ± 2.95 ตามลำดับ ความฉ่ำน้ำเชื่อมดำรับที่ 1 (เลขชิตินร้อยละ 13) และดำรับที่ 2

ตารางที่ 13 คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ ที่พัฒนาในด้านต่าง ๆ (ครั้งที่ 2)

N=10

ปัจจัย	Product Ideal (I)		ตัวอย่าง			
			ดำรับที่ 1		ดำรับที่ 2	
	I/I		S	S/I	S	S/I
สีเหลืองไข่ ^{ns}	8.46 ± 3.41	1	8.64 ± 3.11	1.02	8.50 ± 3.09	1.00
ความมันวาว ^{ns}	9.68 ± 3.67	1	9.99 ± 3.53	1.03	9.62 ± 3.06	0.99
กลิ่นมะลิ ^{ns}	5.65 ± 2.91	1	5.63 ± 2.86	1.00	5.69 ± 2.88	1.01
กลิ่นไข่ ^{ns}	6.26 ± 2.44	1	6.10 ± 2.99	0.97	6.61 ± 2.66	1.06
รสหวาน ^{ns}	9.88 ± 3.50	1	10.78 ± 3.97	1.09	9.97 ± 2.95	1.01
ความฉ่ำน้ำเชื่อม ^{ns}	10.36 ± 3.51	1	9.68 ± 3.23	0.93	9.77 ± 3.97	0.94
ความนุ่ม ^{ns}	11.55 ± 2.17	1	11.03 ± 2.34	0.95	11.04 ± 2.76	0.96
ความแน่นเนื้อ ^{ns}	7.90 ± 3.86	1	8.27 ± 3.98	1.05	8.08 ± 3.45	1.02
รสหวานตกค้างในปาก ^{ns}	6.30 ± 3.01	1	6.43 ± 2.93	1.02	6.69 ± 2.93	1.06
กลิ่นรสไข่ตกค้างในปาก ^{ns}	5.28 ± 2.07	1	5.36 ± 2.43	1.02	5.45 ± 2.67	1.03

หมายเหตุ * หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ดำรับที่ 1 เลขชิตินร้อยละ 13

ดำรับที่ 2 เลขชิตินร้อยละ 19

หมายเหตุ คะแนน 0 - 4.9 หมายถึง น้อย/อ่อน

คะแนน 5 - 9.9 หมายถึง ปานกลาง

คะแนน 10 - 15 หมายถึง มาก/แรง/เข้ม

หมายเหตุ ความหมายของคะแนน S/I

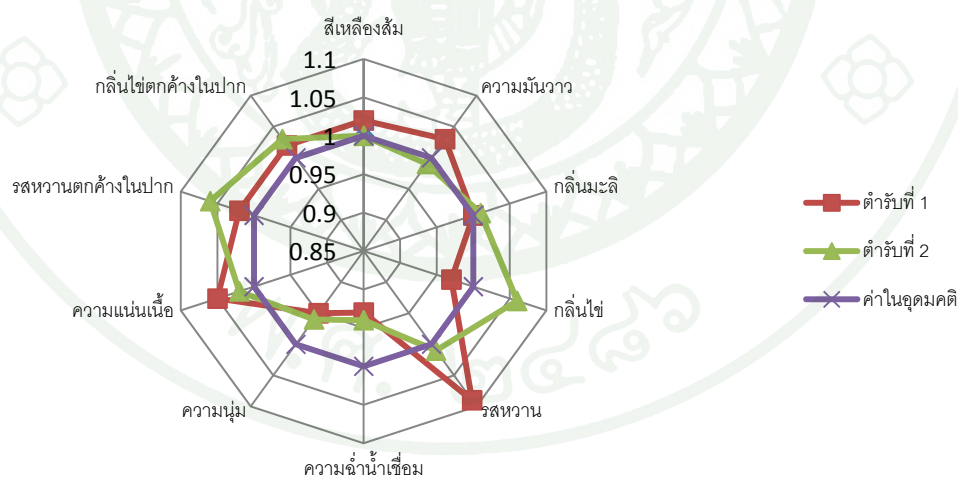
= 1.0 แสดงว่าไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงสำหรับลักษณะนั้น ๆ

> 1.0 แสดงว่าจำเป็นต้องลดความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้น ๆ

< 1.0 แสดงว่าจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มหรือความแรงของลักษณะนั้น ๆ

(เลขิตินร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง โดยมีคะแนนเท่ากับ 9.68 ± 3.23 และ 9.77 ± 3.97 ตามลำดับ ความนุ่มตำรับที่ 1 (เลขิตินร้อยละ 13) และตำรับที่ 2 (เลขิตินร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์มาก โดยมีคะแนนเท่ากับ 11.03 ± 2.34 และ 11.04 ± 2.76 ตามลำดับ ความแน่นเนื้อตำรับที่ 1 (เลขิตินร้อยละ 13) และตำรับที่ 2 (เลขิตินร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง โดยมีคะแนนเท่ากับ 8.27 ± 3.98 และ 8.08 ± 3.45 ตามลำดับ รสหวานตกค้างในปากตำรับที่ 1 (เลขิตินร้อยละ 13) และตำรับที่ 2 (เลขิตินร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.43 ± 2.93 และ 6.69 ± 2.93 ตามลำดับ กลิ่นรสไข่ตกค้างในปากตำรับที่ 1 (เลขิตินร้อยละ 13) และตำรับที่ 2 (เลขิตินร้อยละ 19) อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง โดยมีคะแนนเท่ากับ 5.36 ± 2.43 และ 5.45 ± 2.67 ตามลำดับ

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้เชี่ยวชาญข้างต้นนำค่าสัดส่วน (S/I) ของผู้ทดสอบแต่ละคนมารวมกันเพื่อหาค่าเฉลี่ย (Ratio Mean) และนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาสร้างเป็นแผนภูมิรูปเรด้า เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ว่าต้องไปทางใด ผลของค่าต่าง ๆ ที่แสดงในตารางที่ 13 แล้วนั้นสรุปว่าทุกปัจจัยคุณภาพมีค่า S/I ใกล้เคียงค่า 1.0 ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงหรือปรับค่าของปัจจัยต่าง ๆ จากนั้น นำค่าที่ได้มาแสดงเป็นแผนภูมิรูปเรด้า (Radar Chart) ได้ลักษณะของกราฟดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 Radar Chart แสดงค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยคุณภาพของทอด 2 ตำรับ ที่พัฒนา
ด้านต่าง ๆ

4.4 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และปริมาณคอเลสเตอรอล

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมีและปริมาณคอเลสเตอรอล ของทองหยอด (ตารางที่ 14) ซึ่งทองหยอดตำรับพื้นฐานประกอบด้วย ไข่แดงของไข่เป็ดร้อยละ 100 และแป้งทองหยอดร้อยละ 27 ทองหยอดจากไข่แดงเทียมตำรับที่ 1 ประกอบด้วย ไข่ขาวสดร้อยละ 96.2 ไข่ขาวผง 3 กรัม โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองร้อยละ 2.6 นมผงร้อยละ 3.9 น้ำ ร้อยละ 64 CMC ร้อยละ 13 คาราจีแนนร้อยละ 1.3 น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันร้อยละ 13 เลซิตินร้อยละ 13 สีเหลืองไข่ ร้อยละ 2.6 ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมด และแป้งทองหยอดร้อยละ 32 ตำรับที่ 2 ประกอบด้วย ไข่ขาวสดร้อยละ 96.2 ไข่ขาวผง 3 กรัม โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองร้อยละ 2.6 นมผงร้อยละ 3.8 น้ำ ร้อยละ 64 CMC ร้อยละ 1.3 คาราจีแนนร้อยละ 1.3 น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันร้อยละ 13 เลซิติน ร้อยละ 19 สีเหลืองไข่ร้อยละ 2.6 ของน้ำหนักไข่ขาวทั้งหมด และแป้งทองหยอดร้อยละ 32

4.4.1 ค่าสี พบว่าทองหยอดตำรับพื้นฐานมีค่าความสว่าง L^* เท่ากับ 31.69 ± 1.76 ค่า a^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีสีแดงเท่ากับ 4.49 ± 1.26 และค่า b^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีสีเหลืองไข่อ่อนเท่ากับ 25.59 ± 1.21 ตำรับที่ 1 (เลซิตินร้อยละ 13) มีค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 38.20 ± 1.16 ค่า a^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีสีแดงเท่ากับ 8.12 ± 1.06 และค่า b^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีสีเหลืองไข่ เท่ากับ 34.75 ± 1.01 ตำรับที่ 2 (เลซิตินร้อยละ 19) มีค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 35.17 ± 1.27 ค่า a^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีสีแดงเท่ากับ 6.44 ± 1.07 และค่า b^* มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีสีเหลืองไข่ เท่ากับ 28.77 ± 1.30 ซึ่งตำรับที่ 1 (เลซิตินร้อยละ 13) และตำรับที่ 2 (เลซิตินร้อยละ 19) มีสีเข้มกว่า ตำรับพื้นฐาน เป็นเพราะว่าสีของไข่แดงจริงเป็นสีที่เกิดจากแคโรทีนอยเมื่อตีให้ขึ้นฟูและถูกความร้อนอาจทำให้สีและความสว่างจางลง ในขณะที่ไข่แดงเทียมทั้ง 2 ตำรับ ใช้สีสังเคราะห์ซึ่งมีความคงทนต่อความร้อน แสงและการเปลี่ยนแปลงค่า pH มากกว่าสีธรรมชาติ ลักษณะของทองหยอดไข่แดงเทียมเป็นเจลใส ลื่น จึงทำให้มีค่าความสว่าง และสีมากกว่าตำรับพื้นฐาน

4.4.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส ตำรับพื้นฐานมีความแข็งมากกว่าเปราะหรือแตกหักง่ายกว่า มีความเหนียวหนะมากกว่า ลักษณะเป็นกึ่งของแข็งขณะบดเคี้ยวมากกว่า ทองหยอดไข่แดงเทียมทั้ง 2 ตำรับ ในขณะที่ลักษณะเนื้อสัมผัสของทองหยอดไข่แดงเทียมทั้งสองตำรับมีความใกล้เคียงกัน คือตำรับที่ 2 เลซิตินร้อยละ 19 มีความหยุ่นมากกว่า ต้องใช้พลังในการบดเคี้ยวเพื่อให้ขาดกว่าทองหยอดตำรับพื้นฐาน

4.4.3 วอเตอร์แอกติวิตี (a_w) พบว่าทั้ง 3 ตำรับไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยตำรับพื้นฐาน ตำรับที่ 1 (เลซิตินร้อยละ 13) และตำรับที่ 2 (เลซิตินร้อยละ 19) มีค่าเท่ากับ 0.96 ± 0.03 ,

ตารางที่ 14 คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และปริมาณคอเลสเตอรอลของทองหยอดทั้ง 3
ตำรับ

คุณภาพ	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2
ค่าสี L*	31.69±1.76 ^c	38.20±1.16 ^a	35.17±1.27 ^b
a*	4.49±1.26 ^c	8.12±1.06 ^a	6.44±1.07 ^b
b*	25.59±1.21 ^c	34.75±1.01 ^a	28.77±1.30 ^b
ลักษณะเนื้อสัมผัส			
Hardness* (g)	2511.85±10.76 ^a	1420.76±9.59 ^b	1287.06±11.45 ^b
Fracturability* (g)	875.65±5.76 ^a	337.04±6.59 ^b	288.34±5.99 ^b
Adhesiveness* (g)	1.60±0.65 ^a	-81.05±1.45 ^b	-94.97±1.92 ^b
Springiness*(mm.)	0.26±0.42 ^c	0.75±0.93 ^b	0.87±0.43 ^a
Cohesiveness*	0.14±0.05 ^b	0.19±0.02 ^a	0.21±0.11 ^a
Gumminess*(g)	434.77±9.90 ^a	171.14±9.93 ^b	143.04±8.22 ^b
Chewiness*	114.51±4.17 ^a	43.46±5.03 ^b	34.00±3.87 ^b
Resilience*	0.052±0.05 ^a	0.02±0.01 ^b	0.01±0.01 ^b
วอเตอร์แอคทีวิตี (a _w) ^{ns}	0.96±0.03	0.93±0.02	0.92±0.01
ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix)*	57.80±3.33 ^a	47.20±4.21 ^c	54.80±3.61 ^b
โปรตีน* (%)	13.73±1.30 ^a	10.61±1.01 ^b	8.83±0.90 ^c
ไขมัน* (%)	44.53±2.34 ^a	43.79±2.33 ^c	44.34±2.32 ^b
คาร์โบไฮเดรต* (%)	54.11±2.99 ^b	52.63±3.12 ^b	63.30±3.88 ^a
เส้นใยหยาบ ^{ns} (%)	0.94±0.14	0.83±0.12	0.72±0.13
เถ้า ^{ns} (%)	0.51±0.13	0.77±0.20	0.36±0.14
ความชื้น ^{ns} (%)	23.88±1.11	32.61±2.01	25.33±1.30
ปริมาณคอเลสเตอรอล* (mg./100 g.)	15.29±0.34 ^a	1.76±0.10 ^c	1.80±0.11 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันอยู่ในแนวนอนเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

* หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

^{ns} หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตำรับที่ 1 เลขตินร้อยละ 13 ตำรับที่ 2 เลขตินร้อยละ 19

0.93±0.02 และ 0.92±0.01 ตามลำดับ กิจกรรมของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งที่ a_w ต่ำกว่า 0.6 เชื้อราส่วนใหญ่ถูกยับยั้งการเจริญที่ a_w ต่ำกว่า 0.7 ส่วนยีสต์และแบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกยับยั้งการเจริญที่ a_w ต่ำกว่า 0.8 และ 0.9 ตามลำดับ หมายถึงการเสื่อมเสียของอาหารที่มีค่า a_w สูง มีแนวโน้มที่จะเสื่อมเสียโดยแบคทีเรีย เนื่องจากแบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่ายีสต์และรา ถ้าควบคุมให้อาหารมีค่า a_w ต่ำลง เชื้อราหรือยีสต์จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรีย ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w ต่ำจากการเติมน้ำตาล อาจเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากยีสต์กลุ่มทนความดันออสโมติกสูง (วิไล, 2547)

4.4.4 ของแข็งที่ละลายน้ำได้ หมายถึงปริมาณของสารประกอบชนิดต่าง ๆ ที่ละลายได้อย่างสมบูรณ์ในตัวทำละลายที่มีอยู่ในอาหารซึ่งส่วนใหญ่คือน้ำ (นิธิยา, 2554) ในที่นี้เป็นน้ำเชื่อม ซึ่งมีเพียงน้ำตาลซูโครสเป็นส่วนประกอบเพียงอย่างเดียว พบว่าทั้ง 3 ดำรับแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยดำรับพื้นฐานมีค่ามากที่สุด รองลงมาดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) และดำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) จึงทำให้ทั้ง 3 ดำรับมีรสหวานที่แตกต่างกัน

4.4.5 ปริมาณสารอาหาร ทองหยอดดำรับพื้นฐานมีโปรตีนมากกว่าทองหยอดไข่แดงเทียมทั้ง 2 ดำรับ การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารนั้น องค์ประกอบของทองหยอดไข่แดงเทียมบางส่วนมาจากเส้นใยเซลลูโลส และกัมทำให้ผลวิเคราะห์ออกมาไม่น้อยกว่าดำรับพื้นฐาน ทองหยอดดำรับพื้นฐาน และทองหยอดไข่แดงเทียมทั้ง 2 ดำรับมีปริมาณไขมันใกล้เคียงกัน โดยทองหยอดไข่แดงเทียมดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) มีมากกว่าดำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) เนื่องจากดำรับที่ 2 มีปริมาณเลชิตินมากกว่า ซึ่งเลชิตินเป็นสารผสมของฟอสโฟลิปิด คาร์โบไฮเดรตดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือดำรับพื้นฐาน ซึ่งการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดคือส่วนที่เหลือโดยผลต่าง ได้จากการคำนวณค่าร้อยละของปริมาณความชื้น ไขมัน/ลิปิด โปรตีน และเถ้า เส้นใยหยาบดำรับพื้นฐานมีค่ามากที่สุด คือร้อยละ 0.94±0.14 รองลงมาคือดำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) คือร้อยละ 0.83±0.12 เถ้าดำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) มีปริมาณมากที่สุด คือร้อยละ 0.77±0.20 รองลงมาคือดำรับพื้นฐาน คือร้อยละ 0.51±0.13 ความชื้นดำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) มีค่ามากที่สุด คือร้อยละ 32.61±2.01 รองลงมาคือดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) คือร้อยละ 25.33±1.30 และปริมาณคอเลสเตอรอล ดำรับพื้นฐานมีปริมาณมากที่สุด คือ 15.29±0.34 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมาคือดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) และดำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) คือมีค่า 1.80±0.11 และ 1.76±0.10 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณคอเลสเตอรอลที่ปรากฏในทองหยอดดำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) และดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) นั้น อาจะมาจากนมผงที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตไข่แดงเทียม

และอีกปัจจัยหนึ่งอาจจะมีไข่มุกที่ติดมากับการแยกไข่มุกขาวสดที่ไม่ดีพอ จึงทำให้ตรวจพบปริมาณคอเลสเตอรอลดังกล่าว

4.5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อทองหยอดที่พัฒนา

4.5.1 ข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค

จากการนำทองหยอดที่ผ่านการพัฒนาตำรับ ได้แก่ทองหยอดตำรับพื้นฐานตำรับที่ 1 (เลขดีนร้อยละ 13) และตำรับที่ 2 (เลขดีนร้อยละ 19) มาทดสอบกับผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ได้ผลดังตารางที่ 15 การแบ่งกลุ่มผู้บริโภคตามลักษณะประชากรศาสตร์ของผู้ทดสอบ ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 75 เพศชายร้อยละ 25 ผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 75 มีอายุระหว่าง 21-25 ปี รองลงมาร้อยละ 12 มีอายุระหว่าง 26-30 ปี ระดับการศึกษาร้อยละ 72 อยู่ในระดับปริญญาตรี รองลงมาร้อยละ 19 อยู่ในระดับมัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า ผู้ทดสอบร้อยละ 59 ไม่มีอาชีพ เนื่องจากอยู่ระหว่างการศึกษารองลงมาร้อยละ 19 มี

ตารางที่ 15 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับทองหยอดทั้ง 3 ตำรับ

ลักษณะประชากรศาสตร์		ความถี่ (ร้อยละ)
เพศ	ชาย	25
	หญิง	75
อายุ	21-25 ปี	75
	26-30 ปี	12
	31-35 ปี	6
	36-40 ปี	2
	มากกว่า 40 ปี	5
การศึกษาสูงสุดที่ได้รับ	ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	1
	มัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า	19
	ปวส/ปวท/อนุปริญญา	4
	ปริญญาตรี	72
	สูงกว่าปริญญาตรี	4

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ลักษณะประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
อาชีพ	
นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา	59
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	19
พนักงานบริษัทเอกชน	7
ธุรกิจส่วนตัว	4
อื่น ๆ ไปรกระบุ เช่น ลูกจ้างชั่วคราว เจ้าหน้าที่ โรงเรียน รับจ้าง แม่บ้าน	11
รายได้ต่อเดือน	
น้อยกว่า 2,000 บาท	6
2,000 – 5,000 บาท	26
5,001 – 10,000 บาท	44
10,001 – 15,000 บาท	13
15,001 – 20,000 บาท	8
มากกว่า 20,000 บาท	3

อาชีพรับราชการ รายได้ส่วนใหญ่ร้อยละ 44 อยู่ในระดับ 5,001-10,000 บาท/เดือน รองลงมาร้อยละ 13 อยู่ในระดับ 10,001-15,000 บาท/เดือน

ในด้านข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคทองหยอด ได้ผลดังตารางที่ 16 พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 57 รับประทานทองหยอดน้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ รองลงมาร้อยละ 18 รับประทาน 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ ร้อยละ 13 รับประทานนาน ๆ ครั้ง หรือแล้วแต่โอกาส โดยมีปริมาณที่รับประทานทองหยอด/ครั้ง ร้อยละ 61 รับประทานครั้งละ 1-5 ชิ้น รับประทานครั้งละ 6-10 ชิ้น เนื่องจากทองหยอดเป็นขนมที่มีความหวานค่อนข้างมากจึงทำให้การบริโภค/ครั้งไม่มากนัก โดยเมื่อรับประทานครั้งเดียวไม่หมดร้อยละ 80 จะเก็บขนมไว้ในตู้เย็น มีเพียงร้อยละ 20 ที่รับประทานครั้งเดียวหมด สถานที่ในการเลือกซื้อทองหยอดของผู้บริโภคร้อยละ 77 ซื้อที่ตลาดสด รองลงมาร้อยละ 40 ซื้อที่ร้านขายขนมที่มีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับ

ตารางที่ 16 ข้อมูลเกี่ยวกับเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภคของทอหงหยอดของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับทอหงหยอดทั้ง 3 คำรับ

ข้อมูลการสำรวจ		ความถี่(ร้อยละ)
ความบ่อยครั้งของ	มากกว่า 3 – 4 ครั้ง/สัปดาห์	11
การรับประทาน	3 – 4 ครั้ง/สัปดาห์	1
	1 – 2 ครั้ง/สัปดาห์	18
	น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	57
	อื่นๆ โปรกระบุ เช่น เดือนละครั้ง น้อยกว่า 1 ครั้ง/เดือน นานๆ ครั้ง 3-4 เดือนครั้ง 1-2 เดือนครั้ง แล้วแต่โอกาส	13
สถานที่ในการเลือกซื้อ	ตลาดสด	77
	ร้านขายขนมที่มีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับ	40
	(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) ซุปเปอร์มาร์เก็ต (เช่น ท็อปส์, โฮมเฟรชมาร์ท, ฟู๊ดแลนด์)	5
	ซุปเปอร์สโตร์ (เช่น โลตัส, คาร์ฟูร์, บิ๊กซี)	7
จำนวนที่รับประทาน/ครั้ง	1 – 5 ชิ้น	61
	6 – 10 ชิ้น	23
	11 – 15 ชิ้น	4
	มากกว่า 15 ชิ้น	12
ลักษณะการรับประทาน	รับประทานครั้งเดียวหมด	20
	รับประทานครั้งเดียวไม่หมด เก็บที่เหลือไว้ในตู้เย็น	80

4.5.2 การเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทอหงหยอดคำรับพื้นฐาน คำรับที่ 1 (เลขิตินร้อยละ 13) และคำรับที่ 2 (เลขิตินร้อยละ 19)

ข้อมูลเกี่ยวกับทอหงหยอดทั้ง 3 คำรับที่ได้รับการพัฒนาแล้วมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ โดยกำหนดคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบได้แก่ สีเหลืองส้ม กลิ่น รสหวาน ความนุ่ม ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน พบว่า(ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของทองหยอดทั้ง 3 คำรับ

N=100

ปัจจัยคุณภาพ	คำรับพื้นฐาน	คำรับที่ 1	คำรับที่ 2
สีเหลืองไข่*	6.52±2.88 ^b	7.00±2.54 ^a	6.71±2.44 ^{ab}
กลิ่น*	5.77±2.69 ^b	6.42±3.43 ^a	6.55±2.65 ^a
รสหวาน ^{ns}	6.57±3.91	6.45±3.12	6.61±3.26
ความนุ่ม ^{ns}	7.52±3.92	7.13±4.01	7.19±3.19
ความแน่นเนื้อ*	6.59±2.64 ^a	5.24±3.01 ^b	6.84±3.02 ^a
ความชอบโดยรวม*	7.28±3.88 ^a	5.54±2.33 ^b	7.46±3.61 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันอยู่ในแนวนอนเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำรับที่ 1 เลขคตินร้อยละ 13

คำรับที่ 2 เลขคตินร้อยละ 19

1) สีเหลืองไข่ คำรับพื้นฐาน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.52±2.88 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย คำรับที่ 1 (เลขคตินร้อยละ 13) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.00±2.54 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง และคำรับที่ 2 (เลขคตินร้อยละ 19) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.71±2.44 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย เมื่อนำค่าเฉลี่ยไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สรุปได้ว่าผู้บริโภคชอบทองหยอดที่มีสีเหลืองไข่ สังเกตได้จากการให้คะแนนความชอบ คำรับที่ 1 (เลขคตินร้อยละ 13) และคำรับที่ 2 (เลขคตินร้อยละ 19) มีคะแนนมากกว่าคำรับพื้นฐาน ซึ่งคำรับพื้นฐานจะมีสีออกไปทางสีเหลืองไข่อ่อน ทำให้ดูสีไม่ค่อยสดใส

2) กลิ่น คำรับพื้นฐาน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.77±2.69 อยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ คำรับที่ 1 (เลขคตินร้อยละ 13) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.42±3.43 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย และ คำรับที่ 2 (เลขคตินร้อยละ 19) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.55±2.65 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย เมื่อนำค่าเฉลี่ยไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สรุปได้ว่า ทองหยอดคำรับพื้นฐานผู้บริโภคให้คะแนนความชอบน้อยที่สุดเนื่องจากกลิ่นคาวของไข่ กลิ่นแป้งทองหยอดและกลิ่นมะลิจากกลบไม่ค่อยหอม จึงทำให้มีคะแนนน้อยกว่าคำรับอื่น ส่วน

ตำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) และตำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) กลิ่นคาวน้อยเพราะถูกกลบด้วยกลิ่นแป้งทองหยอด และกลิ่นมะลิจึงทำให้มีคะแนนมากกว่าตำรับพื้นฐาน

3) รสหวาน ตำรับพื้นฐาน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.57 ± 3.91 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย ตำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.45 ± 3.12 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย และตำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.61 ± 3.26 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย เมื่อนำค่าเฉลี่ยไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สรุปได้ว่าส่วนประกอบของไข่แดงเทียมไม่มีผลต่อความหวานของทองหยอด จึงทำให้ความหวานของตำรับที่ใช้ไข่แดงเทียมทั้ง 2 ตำรับไม่แตกต่างจากตำรับพื้นฐาน

4) ความนุ่ม ตำรับพื้นฐาน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.52 ± 3.92 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ตำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.13 ± 4.01 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง และตำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.19 ± 3.19 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง เมื่อนำค่าเฉลี่ยไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สรุปได้ว่าส่วนประกอบของไข่แดงเทียมที่พอเหมาะทำให้ทองหยอดที่ได้มีความนุ่มไม่แตกต่างจากทองหยอดตำรับพื้นฐาน จึงทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนความนุ่มใกล้เคียงกัน

5) ความแน่นเนื้อ ตำรับพื้นฐาน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.59 ± 2.64 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย ตำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.24 ± 3.01 อยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ และตำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.84 ± 3.02 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย เมื่อนำค่าเฉลี่ยไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สรุปได้ว่าปริมาณเลชิตินของไข่แดงเทียมตำรับที่ 1 ซึ่งมีน้อยกว่าตำรับที่ 2 ทำให้มีความแน่นเนื้อมากกว่า ในขณะที่ตำรับที่ 2 มีคะแนนความชอบใกล้เคียงทองหยอดตำรับพื้นฐาน จึงสรุปได้ว่าปริมาณที่เหมาะสมในการทำไข่แดงเทียมสำหรับทองหยอดคือร้อยละ 19

6) ความชอบโดยรวม ตำรับพื้นฐาน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.28 ± 3.88 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ตำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.54 ± 2.33 อยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ และตำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.46 ± 3.61 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง เมื่อนำค่าเฉลี่ยไปตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สรุปได้ว่าผู้บริโภคชอบทองหยอดที่มีลักษณะเนื้อไม่แน่น นุ่ม ซึ่งตำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) จะมีเนื้อแน่นกว่าตำรับพื้นฐานและตำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19)

การยอมรับทองหยอดทั้ง 3 คำรับ (ตารางที่ 18) พบว่าคำรับที่ 2 (เลขิตินร้อยละ 19) ผู้ทดสอบร้อยละ 78 ให้การยอมรับมากที่สุดเนื่องจากคำรับที่ 2 มีปริมาณเลขิตินมากกว่าคำรับที่ 1 (เลขิตินร้อยละ 13) ทำให้มีความคงตัวมากกว่าและเนื้อสัมผัสไม่นุ่มมากเท่าคำรับที่ 1 (เลขิตินร้อยละ 13) รองลงมาร้อยละ 67 ของผู้ทดสอบชิมยอมรับคำรับพื้นฐาน ส่วนคำรับที่ 1 (เลขิตินร้อยละ 13) พบว่า ผู้ทดสอบชิมไม่ยอมรับมากที่สุดคือร้อยละ 39 รองลงมาคือคำรับพื้นฐานร้อยละ 33 คำรับพื้นฐานได้รับการยอมรับน้อยกว่าคำรับที่ 2 ด้วยเหตุผลที่ว่ามีความลิ้นแฉกแรงกว่า ส่วนการตัดสินใจซื้อ พบว่า คำรับที่ 2 (เลขิตินร้อยละ 19) ผู้ทดสอบร้อยละ 58 เลือกซื้อ รองลงมาคำรับพื้นฐานเลือกซื้อ

ตารางที่ 18 ข้อมูลเกี่ยวกับเกี่ยวกับพฤติกรรมการยอมรับทองหยอดของผู้ทดสอบชิมกลุ่ม
ตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับของทองหยอดทั้ง 3 คำรับ

ข้อมูลการสำรวจ			ความถี่ (ร้อยละ)
การยอมรับ	คำรับพื้นฐาน	ยอมรับ	67
		ไม่ยอมรับ	33
	คำรับที่ 1	ยอมรับ	61
		ไม่ยอมรับ	39
	คำรับที่ 2	ยอมรับ	78
		ไม่ยอมรับ	22
การซื้อผลิตภัณฑ์	คำรับพื้นฐาน	ซื้อ	54
		ไม่แน่ใจ	19
		ไม่ซื้อ	27
	คำรับที่ 1	ซื้อ	41
		ไม่แน่ใจ	26
		ไม่ซื้อ	33
	คำรับที่ 2	ซื้อ	58
		ไม่แน่ใจ	25
		ไม่ซื้อ	17

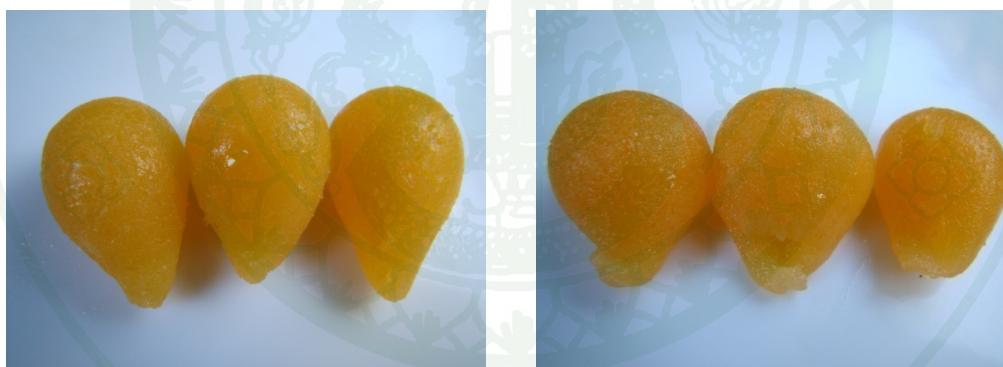
หมายเหตุ คำรับที่ 1 เลขิตินร้อยละ 13

คำรับที่ 2 เลขิตินร้อยละ 19

ร้อยละ 54 แต่มีผู้ทดสอบร้อยละ 25-26 ที่ไม่แน่ใจว่าจะซื้อหรือไม่ซื้อ คำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) และคำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) เหตุผลเพราะไม่ชอบเนื้อสัมผัสของทองหยอดซึ่งมีความลื่นหยุ่น และมีกลิ่นที่ผู้ทดสอบไม่สามารถตอบได้ว่าเป็นกลิ่นของอะไร ส่วนคำรับพื้นฐานร้อยละ 27 ไม่ซื้อเพราะมีกลิ่นเหม็นคาว และไม่ชอบรสหวาน

5. การศึกษาอายุการเก็บทองหยอด

นำทองหยอดคำรับพื้นฐาน และคำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพด้านการยอมรับโดยรวมมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง ส่วนคำรับที่ 1 (เลชิตินร้อยละ 13) อยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ (ตารางที่ 17) และจากตารางที่ 18 ผู้ทดสอบให้การยอมรับคำรับพื้นฐานและคำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ร้อยละ 67 และ 78 ตามลำดับ และแบบสอบถามเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อผู้ทดลองร้อยละ 54 และ 58 ตัดสินใจซื้อคำรับพื้นฐาน และคำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงนำคำรับพื้นฐานและคำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) มาศึกษาอายุการเก็บต่อไป (ภาพที่ 6)



ก. ทองหยอดคำรับพื้นฐาน

ข. ทองหยอดคำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19)

ภาพที่ 6 ทองหยอดคำรับพื้นฐาน และทองหยอดไข่แดงเทียมคำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19)

5.1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ของทองหยอดคำรับพื้นฐาน และคำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ที่นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C

จากตารางที่ 19 ทองหยอดดำรับพื้นฐาน และดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C และนำมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัคค่าสี L^* , a^* และ b^* ค่าเนื้อสัมผัสและค่า water activity คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณ Thiobarbituric Acid Number (TBA) และปริมาณกรด พบว่า

5.1.1 ค่าสี ดำรับพื้นฐาน ค่า L^* (ความสว่าง) ลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 1) ค่า a^* (ค่าสีแดง) และค่า b^* (ค่าสีเหลือง) ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่า pH จะต่ำลงประจวบโมเลกุลโปรตีนของทองหยอดดำรับพื้นฐานจะเปลี่ยนไป การเกิดพันธะกับน้ำจะน้อยลง ทำให้น้ำอิสระมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันโมเลกุลโปรตีนก็หันมาจับตัวกันมากขึ้น (ณรงค์, 2538) ส่งผลให้การวัดค่าสีมีค่าน้อยลง ซึ่งแตกต่างจากทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ค่าสี ค่า L^* (ความสว่าง) และค่า b^* (ค่าสีเหลือง) ลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 2) ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อเก็บรักษานานขึ้นความชื้นระเหยไปบางส่วนทำให้การสะท้อนแสงลดลง ส่งผลให้การวัดค่าสีมีค่าน้อยลง ส่วนค่า a^* (ค่าสีแดง) เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 2) เนื่องจากอากาศและความชื้นภายในระเหยทำให้ทองหยอดไข่แดงเทียมหดตัวจึงทำให้เม็ดสีใกล้ชิดกันมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบทองหยอดทั้ง 2 ดำรับในแต่ละวัน พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยวันที่ 0, 1, 3 และ 4 ทองหยอดดำรับพื้นฐานมีค่าสี L^* เท่ากับ 28.30 ± 1.34 , 20.65 ± 2.01 , 16.11 ± 1.56 และ 15.95 ± 2.65 ตามลำดับ ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ค่าสี L^* เท่ากับ 35.17 ± 1.67 , 25.16 ± 1.89 , 19.45 ± 2.09 และ 19.40 ± 1.99 ตามลำดับ ในขณะที่วันที่ 2 ทองหยอดดำรับพื้นฐานและทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) คือมีค่า L^* เท่ากับ 18.94 ± 2.31 และ 20.87 ± 2.54 ตามลำดับ ค่าสี a^* ของทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ ในวันที่ 0, 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทองหยอดดำรับพื้นฐานมีค่า a^* เท่ากับ 8.47 ± 2.54 , 5.78 ± 2.79 , 5.74 ± 2.11 และ 5.65 ± 1.90 ตามลำดับ ทองหยอดดำรับที่ 2 ค่า a^* เท่ากับ 6.44 ± 1.45 , 7.20 ± 2.30 , 7.30 ± 2.12 และ 7.53 ± 2.09 ตามลำดับ ในขณะที่วันที่ 1 ทองหยอดดำรับพื้นฐานและทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 7.97 ± 1.21 และ 7.20 ± 2.30 ตามลำดับ ค่าสี b^* วันที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 ทองหยอดดำรับพื้นฐานมีค่าเท่ากับ 21.15 ± 2.31 , 18.62 ± 2.33 , 18.36 ± 2.90 , 17.14 ± 2.55 และ 16.96 ± 1.45 ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ค่าเท่ากับ 28.77 ± 2.43 , 22.56 ± 1.56 , 21.63 ± 2.91 , 21.50 ± 1.89 และ 21.35 ± 2.77 ตามลำดับ

5.1.2 เนื้อสัมผัส ทองหยอดดำรับพื้นฐานเมื่อเก็บนานขึ้น ค่าความแข็ง (Hardness) หมายถึงแรงที่ทำให้อาหารเกิดการผิครูป ซึ่งวัดได้จากแรงสูงสุดของการกดครั้งแรก การเปราะแตก (Fracturability) การคืนตัวกลับ (Springiness) ความเหนียว (Gumminess) หมายถึงพลังที่ใช้บดอาหารถึงแข็งจนกระทั่งพร้อมกลืน ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง Hardness และ Cohesiveness พลังในการเคี้ยว (Chewiness) หมายถึงพลังที่ใช้บดอาหารแข็งจนกระทั่งพร้อมกลืน ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง Hardness, Cohesiveness และ Springiness และความยืดหยุ่น (Resilience) ค่าการรวมตัว (Cohesiveness) หมายถึงแรงที่ยึดเหนี่ยวภายในวัสดุ เป็นแรงที่ใช้กดครั้งที่ 2 หากรด้วยแรงที่ใช้กดครั้งแรก ค่าดังกล่าวมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 1) ส่วนการเกาะติด (Adhesiveness) หมายถึงแรงที่ทำให้วัสดุหลุดออกจากสิ่งที่เกาะติด เป็นพื้นที่ใต้กราฟมีค่าติดลบหลังจากที่ถอนแรงกดครั้งแรก เป็นแรงที่หน่วงหัววัดก่อนถอนขึ้นไปยังตำแหน่งเดิม มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตทองหยอดมีการตีโฟม โฟมจะเกิดการแตกตัวง่ายเมื่อมีการระเหยของของเหลว มีการสัมผัสกับฝุ่นละออง หรือมีการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้โฟมแตกตัวได้ง่าย สารอิมัลซิไฟเออร์ที่กั้นระหว่างชั้นของเหลวกับฟองอากาศเกิดบางลง ทำให้โฟมไม่อยู่ตัว ส่งผลทำให้ลักษณะของทองหยอดดำรับพื้นฐานค่อนข้างไม่อยู่รูปทรงเดิม ซึ่งตรงข้ามกับทองหยอดดำรับที่ 2 (เลขคตินร้อยละ 19) เมื่อเก็บนานขึ้น ค่าความแข็ง (Hardness) การเปราะแตก (Fracturability) การเกาะติด (Adhesiveness) ค่าการรวมตัว (Cohesiveness) ความเหนียว (Gumminess) พลังในการเคี้ยว (Chewiness) และความยืดหยุ่น (Resilience) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 2) ส่วนการคืนตัวกลับ (Springiness) หมายถึงอัตราการคืนสู่สภาพเดิมของวัสดุที่ผิครูปเมื่อปล่อยแรงกระทำ เป็นการวัดค่าโครงสร้างของอาหารแตกไปเท่าไรในการกดครั้งแรก หรือวัดความเหนียวของอาหารจากผลต่างของเวลาในการกดครั้งแรกถึงเวลาก่อนเริ่มกดครั้งที่สอง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตทองหยอดมีการตีโฟม โครงสร้างส่วนใหญ่ของทองหยอดไข่แดงเทียมเป็นเส้นใยเซลลูโลส และคาราจีแนน เมื่อมีการระเหยและไหลซึมของของเหลว ทำให้ฟองอากาศเกิดการยุบตัว ส่งผลให้ลักษณะของทองหยอดไข่แดงเทียมยุบตัวลงเล็กน้อย และค่อนข้างเหนียว เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็ง (Hardness) ทั้ง 2 ดำรับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือในวันที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 ของทองหยอดดำรับพื้นฐานมีค่าลดลง คือเท่ากับ 220.39 ± 5.76 , 190.09 ± 6.12 , 164.60 ± 6.23 , 163.48 ± 5.87 และ 162.66 ± 5.89 ตามลำดับ ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลขคตินร้อยละ 19) มีค่าเพิ่มขึ้น คือเท่ากับ 1287.34 ± 11.21 , 1288.35 ± 12.32 , 1290.46 ± 12.21 , 1292.91 ± 11.67 และ 1296.91 ± 12.32 ตามลำดับ ความเหนียว (Gumminess) ทั้ง 2 ดำรับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือในวันที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 ของทองหยอดดำรับพื้นฐานมีค่าลดลง คือเท่ากับ 105.76 ± 4.23 , 99.25 ± 3.95 , 96.63 ± 4.65 , 93.90 ± 6.90 และ 92.36 ± 6.99

ตามลำดับ ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลขดินร่อยละ 19) มีค่าเพิ่มขึ้น คือเท่ากับ 126.53 ± 5.93 , 127.30 ± 4.22 , 129.04 ± 5.32 , 134.73 ± 6.09 และ 136.36 ± 7.33 ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงค่า Hardness ของทองหยอดในระหว่างการเก็บรักษา ขึ้นกับปัจจัยด้านปริมาณน้ำและสภาวะโปรตีนภายในทองหยอด ซึ่งถือเป็นปัจจัยด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สำคัญที่สุด สามารถส่งผลต่อการบริโภคค่าที่มากขึ้นแสดงถึงความแข็งที่มากขึ้น ซึ่งดำรับพื้นฐานเมื่อเก็บนานขึ้นค่าความแข็งจะลดลง ตรงกันข้ามกับทองหยอดดำรับที่ 2 (เลขดินร่อยละ 19)

5.1.3 ค่า a_w ของทองหยอดดำรับพื้นฐาน เมื่อเก็บรักษานานขึ้นทำให้ค่า a_w เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ ข1) โดยมีค่า a_w วันที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 0.93 ± 0.02 , 0.93 ± 0.01 , 0.969 ± 0.011 , 0.974 ± 0.044 และ 0.985 ± 0.008 ตามลำดับในขณะที่ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลขดินร่อยละ 19) ค่า a_w จะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ใน 0-4 วันแรก และจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องหลังจากนั้น โดยวันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 มีค่าเท่ากับ 0.92 ± 0.02 , 0.92 ± 0.02 , 0.93 ± 0.01 , 0.93 ± 0.04 , 0.93 ± 0.03 , 0.94 ± 0.02 , 0.95 ± 0.02 , 0.96 ± 0.02 และ 0.98 ± 0.03 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ พบว่า ในวันที่ 0 และวันที่ 1 ค่า a_w แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนในวันที่ 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อค่า a_w ใกล้เคียงกับ 1.0 มากยิ่งขึ้นแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มจะเสียได้ง่าย เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี

5.1.4 ปริมาณกรดที่ได้จากการไตเตรต พบว่า ทองหยอดดำรับพื้นฐาน เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 1) วันที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 0.0169 ± 0.0003 , 0.0189 ± 0.0002 , 0.0190 ± 0.0003 , 0.0212 ± 0.0002 และ 0.0212 ± 0.0002 ตามลำดับ ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 (เลขดินร่อยละ 19) ปริมาณกรดที่ได้จากการไตเตรต พบว่า คงที่อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 2) วันที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 0.0191 ± 0.0002 , 0.0191 ± 0.0001 , 0.0191 ± 0.0003 , 0.0191 ± 0.0003 และ 0.0191 ± 0.0003 เมื่อเปรียบเทียบทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ ทองหยอดดำรับพื้นฐานวันที่ 0, 3 และ 4 แตกต่างจากทองหยอดดำรับที่ 2 (เลขดินร่อยละ 19) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าทองหยอดดำรับพื้นฐานมีความเป็นกรดอ่อนในวันแรก ๆ และค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นในวันต่อมาซึ่งค่าความเป็นกรด ดังแสดงให้เห็นถึงผลกระทบต่อปฏิกิริยาเคมีในอาหาร

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ของทองหยอดตำรับพื้นฐาน และตำรับที่ 2 ที่ศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 30°C

คุณภาพ	เวลา (วัน)					
	0		1		2	
	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2
ค่าสี L*	28.30±1.34*	35.17±1.67*	20.65±2.01*	25.16±1.89*	18.94±2.31 ^{ns}	20.87±2.54 ^{ns}
a*	35.17±1.67*	6.44±1.45*	7.97±1.21 ^{ns}	7.20±2.30 ^{ns}	5.78±2.79*	7.20±1.65*
b*	21.15±2.31*	28.77±2.43*	18.62±2.33*	22.56±1.56*	18.36±2.90*	21.63±2.91*
ลักษณะเนื้อสัมผัส						
Hardness (g)	220.39±5.76*	1287.34±11.21*	190.09±6.12*	1288.35±12.32*	164.60±6.23*	1290.46±12.21*
Fracturability (g)	275.69±6.96*	203.71±7.21*	231.10±6.99*	218.43±7.94*	107.47±5.84*	221.56±5.11*
Adhesiveness (g)	-30.73±3.99*	-94.97±4.11*	-33.52±5.23*	-81.64±5.76*	-36.49±4.09*	-79.05±5.32*
Springiness(mm.)	0.77±0.20*	0.87±0.15*	0.61±0.11*	0.88±0.23*	0.90±0.19 ^{ns}	0.89±0.21 ^{ns}
Cohesiveness	0.57±0.20*	0.21±0.12*	0.57±0.21*	0.36±0.28*	0.57±0.19*	0.36±0.11*
Gumminess (g)	105.76±4.23*	126.53±5.93*	99.25±3.95*	127.30±4.22*	96.63±4.65*	129.04±5.32*
Chewiness	119.97±5.21*	34.00±2.3*	92.16±3.56*	113.98±4.61*	75.60±5.65*	114.88±4.69*
Resilience	0.27±0.05 ^{ns}	0.01±0.01 ^{ns}	0.25±0.02 ^{ns}	0.02±0.01 ^{ns}	0.25±0.03 ^{ns}	0.06±0.01 ^{ns}
วอเตอร์แอกติวิตี (a _w)	0.93±0.02 ^{ns}	0.92±0.02 ^{ns}	0.93±0.01 ^{ns}	0.92±0.02 ^{ns}	0.969±0.001*	0.93±0.01*
ปริมาณกรดที่ได้จากการไฮโดรไลซิส (%)	0.0169±0.0003*	0.0191±0.0002*	0.0189±0.0002 ^{ns}	0.0191±0.0001 ^{ns}	0.0190±0.0003 ^{ns}	0.0191±0.0003 ^{ns}
TBA (มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์/กิโลกรัม)	0.0039±0.0001 ^{ns}	0.0038±0.0001 ^{ns}	0.0046±0.0002*	0.0038±0.0001*	0.0048±0.0002 ^{ns}	0.0046±0.0002 ^{ns}

หมายเหตุ เครื่องหมาย * ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), เครื่องหมาย ^{ns} ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$), ทองหยอดตำรับพื้นฐานไข่แดงจริง ทองหยอดตำรับที่ 2 ไข่แดงเทียม (เลขดินรื้อยละ 19)

ตารางที่ 19 (ต่อ)

คุณภาพ	เวลา (วัน)					
	3		4		5	6
	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 2
ค่าสี L*	16.11±1.56*	19.45±2.09*	15.95±2.65*	19.40±1.99*	19.30±1.87	19.30±3.56
a*	5.74±2.11*	7.30±2.12*	5.65±1.90*	7.53±2.09*	7.55±2.33	7.58±2.56
b*	17.14±2.55*	21.50±1.89*	16.96±1.45*	21.35±2.77*	20.79±2.66	20.23±2.51
ลักษณะเนื้อสัมผัส						
Hardness (g)	163.48±5.87*	1292.91±11.67*	162.66±5.89*	1296.91±12.32*	1307.82±12.12	1318.45±11.98
Fracturability (g)	107.44±5.09*	226.90±6.99*	106.78±4.76*	231.74±5.55*	236.01±6.91	238.57±6.98
Adhesiveness (g)	-35.61±2.98*	-78.90±3.89*	-35.35±3.67*	-78.50±4.55*	-68.35±2.33	-68.10±3.65
Springiness(mm.)	0.56±0.05*	0.89±0.08*	0.46±0.05*	0.90±0.06*	0.90±0.09	0.91±0.02
Cohesiveness	0.24±0.02*	0.38±0.04*	0.23±0.04*	0.41±0.06*	0.43±0.08	0.50±0.03
Gumminess (g)	93.90±6.90*	134.73±6.09*	92.36±6.99*	136.36±7.33*	140.10±5.43	143.04±5.67
Chewiness	72.07±6.98*	114.50±7.09*	71.89±5.94*	115.05±7.88*	116.13±6.32	116.72±7.45
Resilience	0.052±0.004*	0.19±0.02*	0.051±0.009*	0.30±0.04*	0.40±0.06	0.44±0.03
วอเตอร์แอคติวิตี (a_w)	0.974±0.044*	0.93±0.04*	0.985±0.008*	0.93±0.03*	0.94±0.02	0.95±0.02
ปริมาณกรดที่ได้จากการไฮโดรไลซิส (%)	0.0212±0.0002*	0.0191±0.0003*	0.0212±0.0002*	0.0191±0.0003*	0.0191±0.0002	0.0191±0.0002
TBA (มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์/กิโลกรัม)	0.0051±0.0002 ^{ns}	0.0055±0.0001 ^{ns}	0.0052±0.0001 ^{ns}	0.0059±0.0002 ^{ns}	0.0061±0.0001	0.0070±0.0002

หมายเหตุ เครื่องหมาย * ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), เครื่องหมาย ^{ns} ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$), ทองหยอดตำรับพื้นฐานไข่แดงจริง ทองหยอดตำรับที่ 2 ไข่แดงเทียม (เลซิดินร้อยละ 19)

ตารางที่ 19 (ต่อ)

คุณภาพ	เวลา (วัน)	
	7	8
	ค่ารับที่ 2	ค่ารับที่ 2
ค่าสี L*	19.20±4.33	18.87±2.45
a*	7.60±3.21	7.70±2.14
b*	20.10±2.65	20.05±2.88
ลักษณะเนื้อสัมผัส		
Hardness (g)	1324.38±11.67	1331.44±11.87
Fracturability (g)	240.11±5.78	288.34±4.79
Adhesiveness (g)	-57.88±4.67	-31.64±3.54
Springiness(mm.)	0.93±0.01	0.93±0.02
Cohesiveness	0.52±0.04	0.55±0.02
Gumminess (g)	143.34±6.32	147.82±5.76
Chewiness	116.54±6.77	117.87±7.88
Resilience	0.47±0.05	0.51±0.02
วอเตอร์แอคติวิตี (a_w)	0.96±0.02	0.98±0.03
ปริมาณกรดที่ได้จากการไตรเอตร (%)	0.0191±0.0002	0.0191±0.0001
TBA (มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์/กิโลกรัม)	0.0081±0.0002	0.0087±0.0002

หมายเหตุ เครื่องหมาย * ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), เครื่องหมาย ^{ns} ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ทองหยอดตำรับพื้นฐานไข่แดงจริง

ทองหยอดตำรับที่ 2 ไข่แดงเทียม (เลซิดินร้อยละ 19)

5.1.5 ค่า Thiobarbituric Acid Number (TBA) การศึกษาระดับของ TBA เป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงการเกิด lipid oxidation ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาการหืนในผลิตภัณฑ์ ซึ่งก่อให้เกิดคุณลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ต่อผู้บริโภค และมีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ โดย TBA เป็นการวัดปริมาณ malonaldehyde (MDA) ซึ่งเป็นผลผลิตหนึ่งที่ได้จากการเสื่อมสภาพ (degradation product) ของ lipid hydroperoxides ที่เกิดจากกระบวนการออกซิเดชันของกรด

ไขมันไม่อิ่มตัว พบว่า ทองหยอดทั้ง 2 ดำรับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 1 และ 2) เมื่อนำค่า TBA มาเปรียบเทียบกับ วันที่ 1 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยทองหยอดดำรับพื้นฐาน และทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) มีค่า TBA เท่ากับ 0.0046 ± 0.0002 mg. MDA/Kg. และ 0.0038 ± 0.0001 mg. MDA/Kg. ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่า TBA ที่เพิ่มมากขึ้นนี้อาจเนื่องมาจากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันบางชนิดเป็นสารคงตัว จึงไม่เกิดปฏิกิริยาต่อและไม่สลายตัว (นิธิยา, 2545) สามารถบอกได้ว่ามีแนวโน้มเกิดการหืนมากขึ้นมาก ทั้งในด้านสิ่งที่เกิดขึ้นและความเร็ว ปริมาณกรดที่เพิ่มมากขึ้นนี้สามารถบอกได้ว่ามีแนวโน้มเน่าเสียมากขึ้น

5.1.6 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์

คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์ รา โคลิฟอร์ม และซาโมเนลล่า ของทองหยอดดำรับพื้นฐานและทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C

จากตารางที่ 20 พบว่า ดำรับพื้นฐานมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 1.8×10^5 CFU/g (ml) ภายในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาซึ่งเป็นปริมาณที่เกินมาตรฐานกำหนดของคณะกรรมการตรวจสอบอาหารทางจุลชีววิทยาระหว่างประเทศ (ICMSF) ซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 5×10^4 CFU/g (บุษกร, 2547) จึงไม่นำทองหยอดดำรับพื้นฐานมาทดสอบชิมในวันที่ 4 ส่วนปริมาณยีสต์ รา ในวันที่ 4 มีค่าเท่ากับ $\text{Yeast} = 8.0 \times 10^2$, $\text{Mold} = 4.0 \times 10^3$ (มาตรฐานกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข กำหนดไว้น้อยกว่า 1×10^4 และ น้อยกว่า 500 ตามลำดับ) (บุษกร, 2547) ในขณะที่ ดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 8.2×10^5 CFU/g (ml) และมีปริมาณยีสต์ รา เกินมาตรฐานกำหนด ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน โดยมีค่าเท่ากับ $\text{Yeast} = 3.3 \times 10^3$, $\text{Mold} = 3.0 \times 10^3$ ส่วนปริมาณ โคลิฟอร์ม และซาโมเนลล่า พบน้อยกว่ามาตรฐานของ ICMSF กำหนด โดยกำหนดไว้เท่ากับ 10 CFU/g (บุษกร, 2547) และไม่พบ ตามลำดับ สาเหตุที่ทองหยอดดำรับพื้นฐานเน่าเสียเร็วกว่าทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) เพราะทองหยอดดำรับพื้นฐาน เมื่อเก็บรักษานานขึ้นทำให้โปรตีนของไข่แดงเกิดการเปลี่ยนแปลงแรงเกาะติดของน้ำจะน้อยลง น้ำเกาะติดจะเปลี่ยนเป็นน้ำอิสระ (ณรงค์, 2538) จึงเหมาะกับการที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต สังเกตได้ว่าผลจากวัตถุเจือปนในอาหารได้แก่ การาจีนแนม CMC เลซิดิน และสีผสมอาหาร ที่

ตารางที่ 20 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ของทองหยอดตำรับพื้นฐานและตำรับที่ 2 ที่ศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 30 °C

คุณภาพทาง จุลินทรีย์	เวลา (วัน)														
	0		1		2		3		4		5	6	7	8	
	ตำรับ พื้นฐาน	ตำรับ ที่ 2	ตำรับ พื้นฐาน	ตำรับ ที่ 2	ตำรับ พื้นฐาน	ตำรับ ที่ 2	ตำรับ พื้นฐาน	ตำรับ ที่ 2	ตำรับ พื้นฐาน	ตำรับ ที่ 2	ตำรับ พื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 2
TPC CFU/g (ml)	10	10	10	20	1.1x10 ³	30	1.3x10 ⁴	40	1.8x10 ⁵	50	-	1.8x10 ²	2.3x10 ³	2.4x10 ⁴	8.2x10 ⁵
Yeast&Mold CFU/g (ml)	<10	<10	<10	<10	Y=20	<10	M= 3.0x10 ²	<10	Y= 8.0x10 ² M= 4.0x10 ³	Y=30	-	Y=30	M= 2.5x10 ²	Y= 3.0x10 ² M= 2.5x10 ²	Y= 3.3x10 ³ M= 3.0x10 ³
MPN Coliforms/g	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	-	<3	<3	<3	<3
MPN <i>E.coli</i> /g	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	-	<3	<3	<3	<3
Salmonellae/ 25g	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	-	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ < 10 CFU/กรัม : ไม่พบโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

ใช้ในทองหยอดไข่แดงเทียมเป็นอุปสรรคในการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารออกไป ค่าที่วัดได้วันแรกของการเก็บรักษาทองหยอดดำรับพื้นฐานและดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม เท่ากับ 0.93 ± 0.02 และ 0.92 ± 0.02 ตามลำดับ

5.2 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี และทางจุลินทรีย์ของทองหยอดดำรับพื้นฐาน และดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม ที่นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C

จากตารางที่ 21 ทองหยอดดำรับพื้นฐานและทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C และนำมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L^* , a^* และ b^* ค่าเนื้อสัมผัสและค่า water activity คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณ Thiobarbituric Acid Number (TBA) และปริมาณกรด พบว่า

5.2.1 ค่าสี ทองหยอดดำรับพื้นฐาน ค่า L^* (ความสว่าง) ลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 3) ค่า a^* (ค่าสีแดง) และค่า b^* (ค่าสีเหลือง) ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ค่าสี ค่า L^* (ความสว่าง) และค่า b^* (ค่าสีเหลือง) ลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 4) ส่วนค่า a^* (ค่าสีแดง) เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 4) เมื่อเปรียบเทียบทองหยอดทั้ง 2 ดำรับในแต่ละสัปดาห์ พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เหตุผลดังกล่าวมาแล้วข้างต้น โดยสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ทองหยอดดำรับพื้นฐานมีค่าสี L^* เท่ากับ 28.30 ± 5.67 , 19.47 ± 5.77 , 19.45 ± 6.89 , 18.73 ± 4.65 , 17.99 ± 3.55 และ 17.47 ± 3.45 ตามลำดับ ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม มีค่าสี L^* เท่ากับ 35.17 ± 6.98 , 34.34 ± 4.77 , 34.12 ± 5.32 , 33.88 ± 5.33 , 33.70 ± 5.66 และ 33.30 ± 4.54 ตามลำดับ ค่าสี a^* ของทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ ในสัปดาห์ที่ 0, 1 และ 2 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทองหยอดดำรับพื้นฐานมีค่า a^* เท่ากับ 8.47 ± 3.54 , 8.33 ± 5.67 และ 8.13 ± 4.34 ตามลำดับ ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม มีค่า a^* เท่ากับ 6.01 ± 3.65 , 6.02 ± 5.55 และ 6.10 ± 5.87 ตามลำดับ ในขณะที่สัปดาห์ที่ 3, 4 และ 5 ทองหยอดดำรับพื้นฐาน และทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยทองหยอดดำรับพื้นฐานมีค่าเท่ากับ 6.82 ± 3.43 , 6.6 ± 5.67 และ 6.58 ± 2.34 ตามลำดับ ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดิน

ร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม มีค่าเท่ากับ 6.11 ± 3.54 , 6.21 ± 4.23 และ 6.39 ± 3.98 ตามลำดับ ค่า t ของทองหยอดทั้ง 2 ดำรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ทองหยอดดำรับพื้นฐานมีค่าเท่ากับ 21.15 ± 4.23 , 19.60 ± 5.54 , 17.86 ± 4.59 , 17.08 ± 3.43 , 16.69 ± 3.54 และ 16.98 ± 4.99 ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม มีค่าเท่ากับ 28.77 ± 5.67 , 28.50 ± 5.79 , 28.22 ± 5.98 , 28.15 ± 4.56 , 28.04 ± 3.65 และ 27.97 ± 3.43 ตามลำดับ

5.2.2 เนื้อสัมผัส ทองหยอดดำรับพื้นฐานเมื่อเก็บนานขึ้น ค่าความแข็ง (Hardness) การเปราะแตก (Fracturability) การคืนตัวกลับ (Springiness) ความเหนียว (Gumminess) พลังในการเคี้ยว (Chewiness) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 3) ซึ่งตรงข้ามกับทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) เมื่อเก็บนานขึ้น ค่าความแข็ง (Hardness) การเปราะแตก (Fracturability) การคืนตัวกลับ (Springiness) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 4) ค่าการรวมตัว (Cohesiveness) ความเหนียว (Gumminess) และความยืดหยุ่น (Resilience) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็ง (Hardness) ทั้ง 2 ดำรับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ของทองหยอดดำรับพื้นฐานมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง คือเท่ากับ 220.39 ± 6.98 , 154.51 ± 6.60 , 140.25 ± 5.56 , 132.42 ± 5.76 , 109.15 ± 6.98 และ 102.94 ± 5.22 ตามลำดับ ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง คือเท่ากับ 1287.34 ± 10.99 , 1290.01 ± 12.21 , 1293.17 ± 12.09 , 1294.10 ± 12.98 , 1295.77 ± 11.94 และ 1296.86 ± 12.99 ตามลำดับ ความเหนียว (Gumminess) ทั้ง 2 ดำรับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ของทองหยอดดำรับพื้นฐานมีค่าลดลง คือเท่ากับ 105.76 ± 4.99 , 82.24 ± 2.22 , 75.61 ± 5.82 , 73.29 ± 4.34 , 61.85 ± 5.43 และ 59.75 ± 3.23 ตามลำดับ ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) มีค่าเพิ่มขึ้น คือเท่ากับ 143.04 ± 8.12 , 144.60 ± 3.54 , 145.28 ± 3.54 , 155.05 ± 5.65 , 157.30 ± 6.76 และ 158.76 ± 4.78 ตามลำดับ เหตุผลดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

5.2.3 ค่า a_w ของทองหยอดดำรับพื้นฐาน และทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) เมื่อเก็บรักษานานขึ้นทำให้ค่า a_w ค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 3 และ 4) โดยมีค่า a_w สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 0.93 ± 0.04 , 0.93 ± 0.03 , 0.93 ± 0.02 , 0.93 ± 0.03 , 0.97 ± 0.04 และ 0.98 ± 0.21 ตามลำดับ ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) มีค่า a_w สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 0.92 ± 0.02 , 0.92 ± 0.01 , 0.93 ± 0.01 , 0.93 ± 0.04 ,

ตารางที่ 21 คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ของทองหยอดตำรับพื้นฐานและตำรับที่ 2 ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4°C

คุณภาพ	เวลา (สัปดาห์)					
	0		1		2	
	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2
ค่าสี L*	28.30±5.67*	35.17±6.98*	19.47±5.77*	34.34±4.77*	19.45±6.89*	34.12±5.32*
a*	8.47±3.54*	6.01±3.65*	8.33±5.67*	6.02±5.55*	8.13±4.34*	6.10±5.87*
b*	21.15±4.23*	28.77±5.67*	19.60±5.54*	28.50±5.79*	17.86±4.59*	28.22±5.98*
ลักษณะเนื้อสัมผัส						
Hardness (g)	220.39±6.98*	1287.34±10.99*	154.51±6.60*	1290.01±12.21*	140.25±5.56*	1293.17±12.09*
Fracturability (g)	275.69±5.69*	288.34±5.87*	152.03±6.98*	290.44±7.98*	146.90±4.85*	293.68±6.98*
Adhesiveness (g)	-30.73±3.21*	-94.97±4.56*	-35.00±3.56*	-94.50±5.67*	-36.10±3.21*	-94.13±6.98*
Springiness (mm.)	0.77±0.02*	0.87±0.04*	0.74±0.08*	0.88±0.06*	0.71±0.07*	0.88±0.06*
Cohesiveness	0.57±0.04*	0.21±0.05*	0.56±0.06*	0.25±0.01*	0.54±0.03*	0.27±0.04*
Gumminess (g)	105.76±4.99*	143.04±8.12*	82.24±2.22*	144.60±3.54*	75.61±5.82*	145.28±3.54*
Chewiness	119.97±3.54*	34.00±5.43*	68.70±6.45*	35.11±4.33*	65.82±5.97*	35.30±5.98*
Resilience	0.27±0.03*	0.01±0.01*	0.26±0.02*	0.02±0.01*	0.24±0.02*	0.04±0.01*
วอเตอร์แอกติวิตี (a_w)	0.93±0.04 ^{ns}	0.92±0.02 ^{ns}	0.93±0.03 ^{ns}	0.92±0.01 ^{ns}	0.93±0.02 ^{ns}	0.93±0.01 ^{ns}
ปริมาณกรดที่ได้จากการไฮโดรไลซิส (%)	0.0169±0.0001 ^{ns}	0.0191±0.0002 ^{ns}	0.0189±0.0003 ^{ns}	0.0191±0.0002 ^{ns}	0.0191±0.0002 ^{ns}	0.0191±0.0001 ^{ns}
TBA (มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์/กิโลกรัม)	0.0039±0.0001 ^{ns}	0.0038±0.0002 ^{ns}	0.0040±0.0001 ^{ns}	0.0038±0.0002 ^{ns}	0.0071±0.0002*	0.0040±0.0001*

หมายเหตุ เครื่องหมาย * ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), เครื่องหมาย ^{ns} ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$), ทองหยอดตำรับพื้นฐานไข่แดงจริง ทองหยอดตำรับที่ 2 ไข่แดงเทียม (เลซิดินร้อยละ 19)

ตารางที่ 21 (ต่อ)

คุณภาพ	เวลา (สัปดาห์)						
	3		4		5		6
	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 2
ค่าสี L*	18.73±4.65*	33.88±5.33*	17.99±3.55*	33.70±5.66*	17.47±3.45*	33.30±4.54*	33.01±5.34
a*	6.82±3.43 ^{ns}	6.11±3.54 ^{ns}	6.6±5.67 ^{ns}	6.21±4.23 ^{ns}	6.58±2.34 ^{ns}	6.39±3.98 ^{ns}	6.44±4.87
b*	17.08±3.43*	28.15±4.56*	16.69±3.54*	28.04±3.65*	16.98±4.99*	27.97±3.43*	28.90±4.32
ลักษณะเนื้อสัมผัส							
Hardness (g)	132.42±5.76*	1294.10±12.98*	109.15±6.98*	1295.77±11.94*	102.94±5.22*	1296.86±12.99*	1297.91±11.98
Fracturability (g)	108.23±6.78*	295.06±8.54*	89.96±7.55*	297.88±6.57*	38.97±3.56*	298.19±4.54*	299.02±5.66
Adhesiveness (g)	-36.84±5.65*	-93.88±6.54*	-37.46±4.55*	-93.61±5.66*	-38.12±2.43*	-93.20±4.14*	-93.03±3.22
Springiness (mm.)	0.64±0.03*	0.89±0.04*	0.63±0.05*	0.90±0.02*	0.56±0.14*	0.90±0.21*	0.92±0.23
Cohesiveness	0.47±0.03*	0.29±0.01*	0.44±0.04*	0.30±0.02*	0.42±0.11*	0.32±0.12*	0.33±0.12
Gumminess (g)	73.29±4.34*	155.05±5.65*	61.85±5.43*	157.30±6.76*	59.75±3.23*	158.76±4.78*	158.91±4.65
Chewiness	62.58±4.34*	36.65±5.65*	58.27±6.41*	36.91±4.34*	55.49±3.34*	37.80±4.33*	38.95±3.66
Resilience	0.25±0.02*	0.10±0.01*	0.23±0.02 ^{ns}	0.21±0.03 ^{ns}	0.22±0.04 ^{ns}	0.25±0.05 ^{ns}	0.31±0.12
วอเตอร์แอคทิวิตี (a _w)	0.93±0.03 ^{ns}	0.93±0.04 ^{ns}	0.97±0.04*	0.94±0.02*	0.98±0.21*	0.94±0.19*	0.96±0.16
ปริมาณกรดที่ได้จากการไฮโดรไลซิส (%)	0.0191±0.0001 ^{ns}	0.0191±0.0001 ^{ns}	0.0192±0.0001 ^{ns}	0.0191±0.0001 ^{ns}	0.0192±0.0001 ^{ns}	0.0191±0.0001 ^{ns}	0.0191±0.0001
TBA (มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์/กิโลกรัม)	0.0078±0.0002*	0.0041±0.0001*	0.0085±0.0002*	0.0041±0.0001*	0.0086±0.0003*	0.0043±0.0005*	0.0044±0.0002

หมายเหตุ เครื่องหมาย * ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$). เครื่องหมาย ^{ns} ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$), ทองหยอดตำรับพื้นฐานไข่แดงจริง ทองหยอดตำรับที่ 2 ไข่แดงเทียม (เลซิดินร้อยละ 19)

0.94 ± 0.02 , 0.94 ± 0.19 และ 0.96 ± 0.16 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทองหยอดทั้ง 2 คำรับ พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2 และ 3 มีค่า a_w แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อ ค่า a_w ใกล้เคียงกับ 1.0 มาก ยิ่งขึ้นแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มจะเสียได้ง่าย เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี

5.2.4 ปริมาณกรดที่ได้จากการไฮดรอลิซ พบว่า ทองหยอดคำรับพื้นฐานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 3) สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 0.0169 ± 0.0001 , 0.0189 ± 0.0003 , 0.0191 ± 0.0002 , 0.0191 ± 0.0001 , 0.0192 ± 0.0001 และ 0.0192 ± 0.0001 ตามลำดับ ส่วนทองหยอดคำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ปริมาณกรดที่ได้จากการไฮดรอลิซ พบว่า คงที่อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 4) สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 0.0191 ± 0.0002 , 0.0191 ± 0.0002 , 0.0191 ± 0.0001 , 0.0191 ± 0.0001 , 0.0191 ± 0.0001 และ 0.0191 ± 0.0001 เมื่อเปรียบเทียบทองหยอดทั้ง 2 คำรับ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 - 5 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5.2.5 ค่า Thiobarbituric Acid Number (TBA) พบว่า ทองหยอดทั้ง 2 คำรับ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 3 และ 4) เมื่อนำค่า TBA มาเปรียบเทียบกัน สัปดาห์ที่ 2, 3, 4 และ 5 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยทองหยอดคำรับพื้นฐาน มีค่า TBA เท่ากับ 0.0071 ± 0.0002 , 0.0078 ± 0.0002 , 0.0085 ± 0.0002 และ 0.0086 ± 0.0003 ตามลำดับ ทองหยอดคำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) มีค่า TBA เท่ากับ 0.0040 ± 0.0001 , 0.0041 ± 0.0001 , 0.0041 ± 0.0001 และ 0.0043 ± 0.0005 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่า TBA ที่เพิ่มมากขึ้นนี้สามารถบอกได้ว่ามีแนวโน้มเกิดการหืนมากขึ้น

5.2.6 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์

จากตารางที่ 22 พบว่า คำรับพื้นฐานมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 2.3×10^5 CFU/g (ml) ภายในสัปดาห์ที่ 5 ซึ่งเป็นปริมาณที่เกินมาตรฐานกำหนดของคณะกรรมการตรวจสอบอาหารทางจุลชีววิทยาระหว่างประเทศ (ICMSF) ซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 5×10^4 CFU/g (บุญกร, 2547) ในขณะที่ทองหยอดคำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) มีปริมาณเท่ากับ 1.8×10^3 CFU/g ของการเก็บรักษา จึงไม่นำทองหยอดคำรับพื้นฐานมาทดสอบชิมในสัปดาห์ที่ 5 ส่วนปริมาณปริมาณยีสต์ รา ในสัปดาห์ที่ 5 มีค่าเท่ากับ $Yeast = 1.9 \times 10^4$ (มาตรฐานกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้น้อย

กว่า 1×10^4 และ น้อยกว่า 500 ตามลำดับ) (บุษกร, 2547) ในขณะที่ ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิดินร้อยละ 19) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด ในสัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 5.6×10^5 CFU/g(ml) และมีปริมาณยีสต์ รา เกินมาตรฐานกำหนด ในสัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน โดยมีค่าเท่ากับ $Yeast = 3.0 \times 10^3$ ส่วนปริมาณ โคลิฟอร์ม และ ซาโมเนลล่า พบ น้อยกว่ามาตรฐานกำหนดของ ICMSF กำหนดโดยกำหนดไว้เท่ากับ 10 CFU/g (บุษกร, 2547) และ ไม่พบ ตามลำดับ สาเหตุที่ทองหยอดดำรับพื้นฐานเน่าเสียเร็วกว่าทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิดินร้อยละ 19) เพราะทองหยอดดำรับพื้นฐานเมื่อเก็บรักษานานขึ้นทำให้โปรตีนของไข่แดงเกิดการเปลี่ยนแปลง แร่เคาะติดของน้ำจะน้อยลง น้ำเคาะติดจะเปลี่ยนเป็นน้ำอิสระ (ณรงค์, 2538) จึงเหมาะกับการที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ในขณะที่ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม ค่า a_w ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง เมื่อเก็บรักษานาน โดยค่า a_w ที่วัดได้สัปดาห์ที่ 0-5 ของทองหยอดดำรับพื้นฐานเท่ากับ 0.93 ± 0.04 , 0.93 ± 0.03 , 0.93 ± 0.02 , 0.93 ± 0.03 , 0.97 ± 0.04 และ 0.98 ± 0.21 ตามลำดับ ดำรับที่ 2 (เลชิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม สัปดาห์ที่ 0-6 เท่ากับ 0.92 ± 0.02 , 0.92 ± 0.01 , 0.93 ± 0.01 , 0.93 ± 0.04 , 0.94 ± 0.02 , 0.94 ± 0.19 และ 0.96 ± 0.16 ตามลำดับ 6.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดดำรับพื้นฐานและทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C

5.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของทองหยอดดำรับพื้นฐานและดำรับที่ 2 (เลชิดินร้อยละ 19) ที่นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C

จากตารางที่ 23 พบว่า

5.3.1 สีเหลืองไข่ ทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 5 และ 6) เมื่อเก็บนานขึ้น ทองหยอดดำรับพื้นฐานในวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.39 ± 3.54 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย และในวันที่ 3 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 4.50 ± 2.33 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบเล็กน้อย ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 วันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.57 ± 3.44 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย และในวันที่ 7 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 3.98 ± 1.78 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบปานกลางถึงเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่า pH จะต่ำลงประจุบนโมเลกุลโปรตีนของทองหยอดดำรับพื้นฐานจะเปลี่ยนไป การเกิดพันธะกับน้ำจะน้อยลง ทำให้น้ำอิสระมาก ขึ้นในขณะเดียวกันโมเลกุลโปรตีนก็หันมาจับตัวกัน

ตารางที่ 22 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ของทองหยอดทั้ง 2 ตำรับ ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

คุณภาพทาง จุลินทรีย์	เวลา(สัปดาห์)													
	0		1		2		3		4		5		6	
	ตำรับ พื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับ พื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับ พื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับ พื้นฐาน	ตำรับ ที่ 2	ตำรับ พื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับ พื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับ พื้นฐาน	ตำรับที่ 2
TPC CFU/g (ml)	10	10	20	20	65	30	1.8x10 ²	40	2.8x10 ⁴	55	2.3x10 ⁵	1.8x10 ³	-	5.6x10 ⁵
Yeast&Mold CFU/g (ml)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	Y=20	<10	Y= 1.5x10 ³	Y=30	Y= 1.9x10 ⁴	Y= 1.9x10 ²	-	Y= 3.0x10 ³
MPN Coliforms/g	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	-	<3
MPN <i>E.coli</i> /g	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	-	<3
Salmonellae/25 g	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	-	ไม่พบ

หมายเหตุ < 10 CFU/กรัม : ไม่พบโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

มากขึ้น (ณรงค์, 2538) ส่งผลให้การมองเห็นสีมีค่าน้อยลง สำหรับทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม เป็นสีได้จากสีสังเคราะห์ เมื่อสัมผัสอากาศหรือแสงอาจจะทำให้เปลี่ยนแปลงไป อีกสาเหตุหนึ่งคือเมื่อเก็บนานขึ้นความชื้นภายในทองหยอดอาจจะระเหยไปบางส่วน ทำให้ทองหยอดดำรับที่ 2 ยุบตัวลงทำให้สีใกล้เคียงมากขึ้น ส่งผลให้ทองหยอดมีสีเข้มขึ้น เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า วันที่ 0 และ 1 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และวันที่ 2 และ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

5.3.2 ความมันวาว ทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 5 และ 6) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.63 ± 3.54 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง และในวันที่ 3 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 4.48 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดดำรับพื้นฐานเมื่อเก็บนานขึ้นความชื้นภายในทองหยอดระเหยไปบางส่วนทำให้เกิดการตกผลึกของน้ำตาล ทำให้การเท่ากับ 4.48 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดดำรับพื้นฐานเมื่อเก็บนานขึ้นความชื้นภายในทองหยอดระเหยไปบางส่วนทำให้เกิดการตกผลึกของน้ำตาล ทำให้การสะท้อนแสงลดลง สำหรับทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียมเมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.98 ± 3.65 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง และในวันที่ 7 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.11 ± 1.67 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม เมื่อเก็บนานขึ้นความชื้นภายในทองหยอดอาจจะระเหยไปบางส่วน ทำให้ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม ยุบตัวลงและผิวสัมผัสไม่เรียบ จึงมีผลต่อการสะท้อนของแสง เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า วันที่ 0 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และวันที่ 1, 2 และ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

5.3.3 กลิ่นมะลิ ทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 5 และ 6) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.51 ± 2.44 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย และในวันที่ 3 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 4.28 ± 2.12 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดดำรับพื้นฐานเมื่อเก็บนานขึ้นความชื้นภายในทองหยอดระเหยไปบางส่วนทำให้ กลิ่นมะลิซึ่งมีน้ำเป็นตัวทำละลายจึงสลายตาม สำหรับทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม เมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.81 ± 3.21 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง และในวันที่ 7 มีคะแนนการ

ยอมรับเท่ากับ 4.31 ± 2.14 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบปานกลาง ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม เมื่อเก็บนานขึ้นความชื้นภายในทองหยอดระเหยไปบางส่วนทำให้ กลิ่นไข่ซึ่งมีน้ำเป็นตัวทำละลายจึงสลายตามเมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกับ พบว่า วันที่ 0, 1, 2 และ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5.3.4 กลิ่นไข่ ทองหยอดดำรับพื้นฐานมีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 5) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.50 ± 3.22 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในวันที่ 3 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.51 ± 2.44 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง ทองหยอดดำรับที่ 2 มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 6) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.13 ± 2.45 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ และในวันที่ 7 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 3.21 ± 1.33 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบปานกลาง ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดดำรับพื้นฐานเมื่อเก็บนานขึ้นความชื้นภายในทองหยอดระเหยไปบางส่วนทำให้ กลิ่นไข่ซึ่งมีน้ำเป็นตัวทำละลายจึงสลายตาม ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม ผลิตจากสารเคมีบางชนิดมีกลิ่นแรง เช่น คาราจีแนน CMC Soy protein เมื่อเก็บไว้นานกลิ่นมะลิ กลิ่นแป้งทองหยอดที่เป็นส่วนผสมจางลงทำให้กลิ่นสารเคมีดังกล่าวแรงขึ้น เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกับ พบว่า วันที่ 0, 1, 2 และ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5.3.5 กลิ่นหืน ทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 5 และ 6) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยทองหยอดดำรับพื้นฐานวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.02 ± 2.32 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย และในวันที่ 3 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 2.58 ± 1.22 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบมาก ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดดำรับพื้นฐานเมื่อเก็บรักษานานขึ้นไขมันในไข่แดงเทียมทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศจึงทำให้เกิดกลิ่นหืน (ณรงค์, 2538) ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม ในวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.94 ± 3.21 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมากถึงชอบมากที่สุด และในวันที่ 7 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 3.38 ± 1.55 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบปานกลาง ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม เมื่อเก็บนานขึ้นไขมันที่เป็นส่วนประกอบอยู่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอากาศเช่นกันเมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกับ พบว่า วันที่ 0, 1, 2 และ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5.3.6 รสหวาน ทองหยอดทั้ง 2 คำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 5 และ 6) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.98 ± 2.34 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง และในวันที่ 3 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.91 ± 1.28 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดคำรับพื้นฐานเมื่อเก็บนานขึ้น ความชื้นระเหยไปทำให้รสหวานเพิ่มมากขึ้น ทองหยอดคำรับที่ 2 (เลซิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม วันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.07 ± 3.66 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย และในวันที่ 7 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 4.45 ± 1.55 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเมื่อเก็บนานขึ้นความชื้นภายในทองหยอดไหลออกมาพร้อมน้ำตาลและระเหยไปบางส่วน ทำให้ความหวานเปลี่ยนแปลง เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 คำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า วันที่ 0 และ 1 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนวันที่ 2 และ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

5.3.7 ความฉ่ำน้ำเชื่อม ทองหยอดคำรับพื้นฐานมีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 5) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.61 ± 3.22 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย และในวันที่ 3 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.12 ± 2.19 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดคำรับพื้นฐานเมื่อเก็บนานขึ้น ความชื้นระเหยไปทำให้แห้งมากขึ้น ส่วนทองหยอดคำรับที่ 2 (เลซิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางผนวกที่ 6) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.68 ± 4.21 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย และในวันที่ 7 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 3.50 ± 1.12 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบปานกลาง ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเมื่อเก็บนานขึ้นความชื้นทำให้โปรตีนของไข่แดงเทียมเกิดการเปลี่ยนแปลง แรงเกาะติดของน้ำจะน้อยลง น้ำเกาะติดจะเปลี่ยนเป็นน้ำอิสระ (ณรงค์, 2538) ทำให้ความฉ่ำน้ำเชื่อมลดลง ทำให้ทองหยอดคำรับที่ 2 (เลซิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม ยุบตัวลง เนื้อสัมผัสแน่นและแข็งขึ้น เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 คำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า วันที่ 0, 1 และ 2 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนวันที่ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

5.3.8 ความนุ่ม ทองหยอดคำรับพื้นฐานมีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางผนวกที่ 5) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.76 ± 4.32 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง และในวันที่ 3 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.18 ± 2.43 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดคำรับพื้นฐานเมื่อเก็บนานขึ้น ประจุบน

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดตำรับพื้นฐานและตำรับที่ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C

N=10

ปัจจัยคุณภาพ	เวลา (วัน)					
	0		1		2	
	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2
สีเหลืองไข่	6.39±3.54 ^{ns}	6.57±3.44 ^{ns}	6.09±3.56 ^{ns}	6.19±2.54 ^{ns}	5.51±2.78*	6.21±3.11*
ความมันวาว	7.63±3.54 ^{ns}	7.98±3.65 ^{ns}	5.78±4.54*	7.19±3.55*	5.76±3.48*	7.21±3.65*
กลิ่นมะลิ	6.51±2.44*	7.81±3.21*	5.03±2.33*	7.53±4.55*	5.01±3.22*	6.43±3.43*
กลิ่นไข่	8.50±3.22*	5.13±2.45*	8.34±4.55*	4.93±2.44*	8.45±5.12*	4.79±2.11*
กลิ่นหืน	6.02±2.32*	8.94±3.21*	5.23±2.33*	7.59±4.22*	4.90±2.32*	6.88±2.12*
รสหวาน	6.98±2.34 ^{ns}	6.07±3.66 ^{ns}	6.67±2.33 ^{ns}	6.53±3.22 ^{ns}	6.10±3.21*	5.79±2.32*
ความฉ่ำน้ำเชื่อม	6.61±3.22 ^{ns}	6.68±4.21 ^{ns}	6.39±3.55 ^{ns}	6.22±4.22 ^{ns}	6.32±3.21 ^{ns}	5.97±3.76 ^{ns}
ความนุ่ม	7.76±4.32*	6.83±3.87*	6.67±3.21 ^{ns}	6.61±3.22 ^{ns}	6.50±2.12*	6.04±2.56*
ความแน่นเนื้อ	8.51±3.45 ^{ns}	8.67±4.32 ^{ns}	7.89±3.21*	8.52±4.56*	7.66±4.21*	8.61±4.33*
รสหวานตกค้าง	5.86±2.33*	6.46±4.32*	5.62±4.11*	6.69±4.22*	5.45±4.38*	6.72±3.43*
กลิ่นไข่ตกค้าง	8.66±4.32*	5.54±2.11*	8.56±2.43*	5.63±4.33*	8.23±3.23*	5.72±2.16*
การยอมรับโดยรวม	8.29±3.44 ^{ns}	8.28±4.23 ^{ns}	7.41±3.32 ^{ns}	7.43±3.48 ^{ns}	6.67±3.14*	7.32±3.51*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันอยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของแต่ละวัน, ^{ns} หมายถึงแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$), ทองหยอดตำรับพื้นฐานไข่แดงจริง ทองหยอดตำรับที่ 2 ไข่แดงเทียม (เลขคิณร้อยละ 19)

ตารางที่ 23 (ต่อ)

N=10

ปัจจัยคุณภาพ	เวลา (วัน)					
	3	4	5	6	7	
	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 2
สีเหลืองไข่	4.50±2.33*	5.57±3.85*	5.31±2.56	4.65±2.45	4.30±3.24	3.98±1.78
ความมันวาว	4.48±2.11*	7.12±2.31*	6.64±2.11	6.34±2.33	5.10±2.12	5.11±1.67
กลิ่นมะลิ	4.28±2.12*	6.32±2.15*	5.54±1.67	5.12±2.31	4.64±2.11	4.31±2.14
กลิ่นไข่	7.51±2.44*	4.50±2.41*	4.31±1.55	4.20±1.43	3.45±1.45	3.21±1.33
กลิ่นหืน	2.58±1.22*	6.34±2.32*	5.82±2.34	5.54±3.21	5.08±1.23	3.38±1.55
รสหวาน	5.91±1.28*	5.50±2.45*	5.32±2.65	5.01±2.11	4.98±1.22	4.45±1.55
ความฉ่ำน้ำเชื่อม	6.12±2.19*	5.69±2.87*	4.68±1.67	4.21±1.89	3.67±2.11	3.50±1.12
ความนุ่ม	6.18±2.43*	5.90±2.34*	5.51±1.23	5.32±2.11	4.98±1.45	4.73±1.87
ความแน่นเนื้อ	7.59±2.45*	8.21±3.21*	8.43±3.56	7.87±2.87	7.05±2.88	6.62±2.65
รสหวานตกค้าง	5.43±1.23*	6.32±2.43*	5.54±1.32	5.65±3.43	5.78±2.54	5.77±1.44
กลิ่นไข่ตกค้าง	7.73±3.22*	5.32±2.12*	5.23±2.56	5.65±2.76	5.44±2.89	5.22±1.78
การยอมรับโดยรวม	5.31±2.32*	6.43±2.54*	6.21±1.45	6.02±2.45	5.09±1.87	4.43±1.97

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันอยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของแต่ละวัน, ^{ns} หมายถึงแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$), ทองหยอดตำรับพื้นฐานไข่แดงจริง ทองหยอดตำรับที่ 2 ไข่แดงเทียม (เลขติดร้อยละ 19)

โมเลกุลโปรตีนของทองหยอดดำรับพื้นฐานจะเปลี่ยนไป การเกิดพันธะกับน้ำจะน้อยลง ทำให้น้ำอิสระมาก ขึ้นในขณะเดียวกันโมเลกุลโปรตีนก็หันมาจับตัวกันมากขึ้น (ณรงค์, 2538) และเจลแบ่งเกิตรีโทรเกรเดชั่น จึงทำให้ความนุ่มลดลง ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 6) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.83 ± 3.87 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย และในวันที่ 7 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 4.73 ± 1.87 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบเล็กน้อย สาเหตุในแนวเดียวกับที่เกิดขึ้นกับดำรับพื้นฐาน เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า วันที่ 1 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนวันที่ 0, 2 และ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

5.3.9 ความแน่นเนื้อ ทองหยอดดำรับพื้นฐานมีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 5) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.51 ± 3.45 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในวันที่ 3 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.59 ± 2.45 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง สาเหตุดังกล่าวมาแล้วในด้านความนุ่ม ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางผนวกที่ 6) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.67 ± 4.32 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในวันที่ 7 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.62 ± 2.65 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบ (เล็กน้อย สาเหตุจากการเติมของแข็ง เช่นเคซีนหรือน้ำตาลลงในส่วนผสม ทำให้โฟมโปรตีนมีความหนืด ความเสถียรของโฟมโปรตีนลดลง เกิดการแตกของโฟมโปรตีน ทำให้มีปริมาณฟองอากาศลดลง (Yang and Baldwin, 1996; Zayas, 1997) ทำให้ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียมยุบตัวลง เนื้อสัมผัสแน่นและแข็งขึ้น เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า วันที่ 0 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนวันที่ 1, 2 และ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

5.3.10 รสหวานตกค้าง ทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 5 และ 6) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยทองหยอดดำรับพื้นฐาน วันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.86 ± 2.33 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ และในวันที่ 3 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.43 ± 1.23 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดดำรับพื้นฐานมีความหวานซึ่งผู้ประเมินอาจจะไม่ค่อยชอบไม่ว่าจะเก็บนานหรือผลิตใหม่ ๆ ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม วันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.46 ± 4.32 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์

ชอบเล็กน้อย และในวันที่ 7 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.77 ± 1.44 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ ถึงไม่ชอบเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเมื่อเก็บนานขึ้นความชื้นภายในทองหยอดไหลออกมาพร้อมน้ำตาลและระเหยไปบางส่วน ทำให้ความหวานเปลี่ยนแปลง เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกันพบว่า วันที่ 0, 1, 2 และ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5.3.11 กลิ่นไข่ตักข้าง ทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 5 และ 6) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยทองหยอดดำรับพื้นฐานวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.66 ± 4.32 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในวันที่ 3 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.73 ± 3.22 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดดำรับพื้นฐานผลิตจากไข่ค่อนข้างใหม่ ในส่วนผสมมีแป้งทองหยอดซึ่งมีกลิ่นหอม และมีการใส่กลิ่นมะลิกลบกลิ่นคาวของไข่จึงทำให้เมื่อเก็บรักษาประมาณ 3 วันจึงทำให้กลิ่นดังกล่าวนี้สามารถกลบกลิ่นไข่ไว้ได้ ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม วันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.54 ± 2.11 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ และในวันที่ 7 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.22 ± 1.78 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม ผลิตจากสารเคมีบางชนิดมีกลิ่นแรง เช่น คาราจีแนน CMC Soy protein เมื่อเก็บไว้นานผู้ทดสอบจึงรับกลิ่นรสของไข่ได้น้อย เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกันพบว่า วันที่ 0, 1, 2 และ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5.3.12 การยอมรับโดยรวม ทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 5 และ 6) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยวันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.29 ± 3.44 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในวันที่ 3 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.31 ± 2.32 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดดำรับพื้นฐานเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่า pH จะต่ำลง ประจุบนโมเลกุลโปรตีนของทองหยอดดำรับพื้นฐานจะเปลี่ยนไป การเกิดพันธะกับน้ำจะน้อยลง ทำให้น้ำอิสระมาก ขึ้นในขณะเดียวกันโมเลกุลโปรตีนก็หันมาจับตัวกันมากขึ้น (ณรงค์, 2538) ส่งผลให้การมองเห็นสีน้อยลง ด้านกลิ่นหืนไขมันในไข่แดงเทียมทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศจึงทำให้เกิดกลิ่นหืนขึ้นด้านกลิ่นหืนเมื่อเก็บรักษานานขึ้นไขมันในไข่แดงเทียมทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศจึงทำให้เกิดกลิ่นหืนขึ้น (ณรงค์, 2538) ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม วันที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.28 ± 4.23 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในวันที่ 7 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 4.43 ± 1.97 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอดดำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม เมื่อผลิตใหม่มีลักษณะ

ใกล้เคียงกับทองหยอดดำรับพื้นฐานมากและกลิ่นไขค่อนข้างน้อยกว่าจึงได้คะแนนการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก แต่เมื่อเก็บนานขึ้นลักษณะต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไปจึงทำให้ได้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบเล็กน้อย เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่าวันที่ 0 และ 1 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนวันที่ 2 และ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

สรุปการศึกษาอายุการเก็บทองหยอดดำรับพื้นฐาน ที่อุณหภูมิ 30°C สามารถเก็บรักษานาน 3 วัน โดยวันที่ 4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด ลักษณะของทองหยอดสีจางลง แห้งลง เป็นผลมาจากแสงและอากาศ เนื้อสัมผัสค่อนข้างยุ่ยไม่คงรูปทั้งนี้เนื่องจาก โฟมเกิดการแตกตัวง่ายเมื่อมีการระเหยของของเหลว มีการสัมผัสกับฝุ่นละออง หรือมีการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้โฟมแตกตัวได้ง่าย สารอิมัลซิไฟเออร์ที่กั้นระหว่างชั้นของเหลวกับฟองอากาศเกิดบางลงทำให้โฟมไม่อยู่ตัว ส่งผลทำให้ลักษณะของทองหยอดดำรับพื้นฐานค่อนข้างไม่อยู่รูปทรงเดิม กลิ่นรสเปลี่ยนแปลงกล่าวคือ กลิ่นมะลิจางลง ส่งผลให้กลิ่นไขเด่นขึ้น ในขณะที่ทองหยอดดำรับที่ 2 (เลขคืนร้อยละ 19) ทองหยอดไขแดงเทียม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C สามารถเก็บรักษาได้นาน 7 วัน โดยวันที่ 8 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด ลักษณะของทองหยอดไขแดงเทียมจะจัดขึ้น มีน้ำเชื่อมไหลซึมออกมามาก โฟมแตกรูปร่างของทองหยอดเหี่ยวและยุบลง ส่งผลให้มีเนื้อสัมผัสที่เหนียว แน่นขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากส่วนผสมส่วนใหญ่เป็นคาราจีแนนและเส้นใยเซลลูโลส เมื่อความชื้นลดลงจึงทำให้แน่นและเหนียวขึ้นดังกล่าว

5.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดดำรับพื้นฐานและทองหยอดดำรับที่ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C

จากตารางที่ 24 พบว่า

5.4.1 สีเหลืองไข ดำรับพื้นฐานมีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 7) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยสัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.63 ± 3.57 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย และในสัปดาห์ที่ 4 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.50 ± 3.56 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 8) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยสัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.80 ± 2.45 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในสัปดาห์ที่ 5 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.70 ± 3.44 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์

ชอบเล็กน้อย เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การที่จะเห็นภาพของวัตถุชนิดหนึ่งได้นั้นขึ้นอยู่กับภาพที่ปรากฏที่ retina ในตาของเรา ภาพที่ปรากฏนั้นเกิดจากแสงที่สะท้อนมาจากวัตถุนั้น ดังนั้นการที่ภาพจะปรากฏได้อย่างน้อยต้องมีแสงสว่างเพียงพอ ถ้ามีแสงสว่างมากกว่านั้นจะทำให้ภาพสดใสขึ้น การสะท้อนแสงที่เข้าตามีหลายลักษณะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของผิวอาหาร และลักษณะการสะท้อนแสง ในกรณีนี้ผิวของทองหยอดดำรับพื้นฐานขรุขระเล็กน้อย การสะท้อนแสงจะมีลักษณะกระจายไปทุกทิศทุกทาง ทำให้ดูเหมือนว่าทองหยอดดำรับพื้นฐานมีสีขุ่นมัว ผิวของทองหยอดดำรับที่ 2 (เลขคิณร้อยละ 19) เรียบมันการสะท้อนแสงจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ทำให้มองเห็นสีสดใส (ณรงค์ และอัญชนีย์, 2538)

5.4.2 ความมันวาว ทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 7 และ 8) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยทองหยอดดำรับพื้นฐาน สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.12 ± 3.23 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง และในสัปดาห์ที่ 4 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.55 ± 2.11 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 (เลขคิณร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.97 ± 3.45 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในสัปดาห์ที่ 5 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.91 ± 2.34 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า สัปดาห์ที่ 0 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สาเหตุคงได้กล่าวมาแล้วในเรื่องของสีเหลืองไข่

5.4.3 กลิ่นมะลิ ทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 7 และ 8) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยทองหยอดดำรับพื้นฐาน สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.24 ± 2.11 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย และในสัปดาห์ที่ 4 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.43 ± 2.54 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 (เลขคิณร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.71 ± 3.69 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในสัปดาห์ที่ 5 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.93 ± 2.12 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5.4.4 กลิ่นไข่ ทองหยอดทั้ง 2 คำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 7 และ 8) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยทองหยอดคำรับพื้นฐานสัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.43 ± 3.45 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในสัปดาห์ที่ 4 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.23 ± 3.21 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก ส่วนทองหยอดคำรับที่ 2 (เลซีตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.63 ± 2.78 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ และในสัปดาห์ที่ 5 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 4.67 ± 1.78 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบเล็กน้อย เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 คำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กลิ่นมีผลมากในการทดสอบทางประสาทสัมผัส อาหารที่จะให้กลิ่นได้จะต้องมีสารที่มีคุณสมบัติที่จะระเหยได้ โดยกลิ่นระเหยไปกระทบกับประสาทรับกลิ่นในจมูก เกิดการกระตุ้นและเกิดความรู้สึก ผู้บริโภคมีความพอใจต่อความเข้มของกลิ่นแตกต่างกัน

5.4.5 กลิ่นหีน ทองหยอดทั้ง 2 คำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางผนวกที่ 7 และ 8) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยทองหยอดคำรับพื้นฐานสัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.50 ± 2.32 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ และในสัปดาห์ที่ 4 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 2.71 ± 1.21 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบมาก ส่วนทองหยอดคำรับที่ 2 (เลซีตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.99 ± 2.31 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง และในสัปดาห์ที่ 5 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 3.58 ± 1.34 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบปานกลาง เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 คำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

5.4.6 รสหวาน ทองหยอดทั้ง 2 คำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางผนวกที่ 7 และ 8) เมื่อเก็บนานขึ้น ทองหยอดคำรับพื้นฐานสัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.43 ± 3.78 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในสัปดาห์ที่ 3 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.90 ± 3.21 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลางถึงชอบมาก ส่วนทองหยอดคำรับที่ 2 เลซีตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.43 ± 3.21 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในสัปดาห์ที่ 5 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.77 ± 2.11 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 คำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า สัปดาห์ที่ 0 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดตำรับพื้นฐานและตำรับที่ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C

N=10

ปัจจัยคุณภาพ	เวลา (สัปดาห์)					
	0		1		2	
	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2	ตำรับพื้นฐาน	ตำรับที่ 2
สีเหลืองส้ม	6.63±3.57*	8.80±2.45*	6.16±3.98*	8.52±3.21*	5.95±2.45*	8.02±3.43*
ความมันวาว	7.12±3.23 ^{ns}	8.97±3.45 ^{ns}	6.41±3.21*	8.66±3.45*	5.79±5.60*	8.45±4.32*
กลิ่นมะลิ	6.24±2.11*	8.71±3.69*	5.58±3.24*	7.70±3.54*	6.23±4.32*	7.50±2.34*
กลิ่นไข่	8.43±3.45*	5.63±2.78*	8.35±3.89*	5.59±2.36*	8.19±3.90*	4.77±1.23*
กลิ่นหืน	5.50±2.32*	6.99±2.31*	5.08±2.45*	6.89±3.67*	5.16±2.78*	6.78±2.13*
รสหวาน	8.43±3.78 ^{ns}	8.43±3.21 ^{ns}	8.09±3.21*	7.85±2.78*	8.92±2.65*	7.87±2.67*
ความฉ่ำน้ำเชื่อม	6.82±2.43*	5.68±2.13*	7.28±3.21*	5.44±1.23*	7.15±2.89*	5.31±1.32*
ความนุ่ม	7.08±2.99*	8.18±3.45*	6.21±2.11*	8.06±3.54*	5.30±1.23*	8.79±3.54*
ความแน่นเนื้อ	8.17±3.21*	6.79±3.24*	9.88±4.54*	6.75±2.78*	9.44±3.96*	6.78±2.33*
รสหวานตกค้าง	7.30±2.45*	7.06±3.21*	6.78±2.67*	7.76±2.90*	6.67±1.65*	6.91±2.43*
กลิ่นรสไข่ตกค้าง	6.59±2.34*	5.53±2.43*	6.84±3.98*	7.19±3.95*	7.21±3.08*	6.05±2.01*
การยอมรับโดยรวม	8.66±4.76*	7.86±3.45*	8.27±2.37*	7.87±2.76*	8.37±3.77*	6.69±2.77*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันอยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของแต่ละสัปดาห์ ^{ns} หมายถึงแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$), ทองหยอดตำรับพื้นฐานไข่แดงจริง ทองหยอดตำรับที่ 2 ไข่แดงเทียม (เลซิดินร้อยละ 19)

ตารางที่ 24 (ต่อ)

N=10

ปัจจัยคุณภาพ	เวลา (สัปดาห์)				
	3		4		5
	ดำรับพื้นฐาน	ดำรับที่ 2	ดำรับพื้นฐาน	ดำรับที่ 2	ดำรับที่ 2
สีเหลืองส้ม	5.78±2.32*	8.54±3.43*	5.50±3.56*	8.13±4.12*	6.70±3.44
ความมันวาว	6.65±2.13*	8.34±2.32*	6.55±2.11*	8.20±2.56*	7.91±2.34
กลิ่นมะลิ	6.50±2.99*	7.34±3.42*	6.43±2.54*	7.13±3.98*	6.93±2.12
กลิ่นไข่	8.29±2.33*	5.72±2.45*	8.23±3.21*	5.34±1.78*	4.67±1.78
กลิ่นหืน	4.39±2.12*	5.81±1.32*	2.71±1.21*	5.60±1.23*	3.58±1.34
รสหวาน	7.90±3.21*	7.15±2.78*	5.78±2.11*	7.16±2.78*	5.77±2.11
ความฉ่ำน้ำเชื่อม	6.32±2.11*	5.09±1.23*	6.23±2.45*	5.45±1.23*	4.56±1.22
ความนุ่ม	5.25±2.78*	7.32±3.24*	5.45±1.39*	6.93±2.90*	6.78±1.34
ความแน่นเนื้อ	9.16±2.11*	6.45±2.45*	8.56±3.66*	5.84±3.22*	5.97±1.33
รสหวานตกค้าง	6.32±2.23*	6.77±2.44*	5.34±1.67*	6.34±2.11*	6.12±2.15
กลิ่นรสไข่ตกค้าง	7.73±2.14*	5.34±2.11*	8.22±2.11*	4.65±1.22*	4.32±1.23
การยอมรับโดยรวม	8.08±3.22*	6.08±1.23*	6.43±2.81*	5.45±1.29*	5.43±1.89

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันอยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของแต่ละสัปดาห์ ^{ns} หมายถึงแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$), ทองหยอดดำรับพื้นฐานไข่แดงจริง ทองหยอดดำรับที่ 2 ไข่แดงเทียม (เลขคี่นร้อยละ 19)

5.4.7 ความฉ่ำน้ำเชื่อม ทองหยอดทั้ง 2 คำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 7 และ 8) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยทองหยอดคำรับพื้นฐาน สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.82 ± 2.43 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อยถึงปานกลางและใน สัปดาห์ที่ 4 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.23 ± 2.45 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย ส่วนทองหยอด คำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.68 ± 2.13 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย และในสัปดาห์ที่ 5 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 4.56 ± 1.22 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบเล็กน้อย เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 คำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

5.4.8 ความนุ่ม ทองหยอดทั้ง 2 คำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 7 และ 8) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยสัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.08 ± 2.99 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง และในสัปดาห์ที่ 4 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.45 ± 1.39 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ ส่วนทองหยอดคำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.18 ± 3.45 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในสัปดาห์ที่ 5 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.78 ± 1.34 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 คำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

5.4.9 ความแน่นเนื้อ ทองหยอดคำรับพื้นฐานมีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 7) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยสัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.17 ± 3.21 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในสัปดาห์ที่ 4 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.56 ± 3.66 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก ส่วนทองหยอดคำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 8) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยสัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.79 ± 3.24 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย และใน สัปดาห์ที่ 5 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.97 ± 1.33 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 คำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

5.4.10 รสหวานตกค้าง ทองหยอดทั้ง 2 คำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ 7 และ 8) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยทองหยอดคำรับพื้นฐาน สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.30 ± 2.45 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง และในสัปดาห์ที่ 4 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.34 ± 1.67 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทองหยอด

ดำรับพื้นฐานมีความหวานซึ่งผู้ประเมินอาจจะไม่ค่อยชอบไม่ว่าจะเก็บนานหรือผลิตใหม่ ๆ ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.06 ± 3.21 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง และในสัปดาห์ที่ 5 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.12 ± 2.15 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเมื่อเก็บนานขึ้นความชื้นภายในทองหยอดไหลออกมาพร้อมน้ำตาลและระเหยไปบางส่วน ทำให้ความหวานเปลี่ยนแปลง เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5.4.11 กลิ่นไข่ตลก้าง ทองหยอดดำรับพื้นฐานมีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 7) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยสัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.59 ± 2.34 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย และในสัปดาห์ที่ 4 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.22 ± 2.11 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 8) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยสัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.53 ± 2.43 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ และในสัปดาห์ที่ 5 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 4.32 ± 1.23 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ไม่ชอบเล็กน้อย เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กลิ่นรสนี้ทำให้เกิดความรู้สึกทางจิตของผู้บริโภค กล่าวคือเมื่อได้รับการกระตุ้นความรู้สึกจะถูกส่งผ่านส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไปยังสมอง ในขณะที่เดียวกันก็รับรู้ในเรื่องปริมาณของสาร โดยมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางฟิสิกส์หรือทางเคมีของสิ่งที่มากระตุ้น ทำให้เกิดความรู้สึกที่แตกต่างกันออกไป ความรู้สึกที่เกิดขึ้นมาพร้อม ๆ กันอีกอย่างหนึ่งคือความชอบหรือไม่ชอบ ในกรณีนี้ความเข้มข้นของกลิ่นรสมีความสำคัญมาก เพราะผู้บริโภคมีความพอใจต่อความเข้มข้นของกลิ่นรสต่างกัน (ณรงค์ และอัญชนีย์, 2538)

5.4.12 การยอมรับโดยรวม ทองหยอดทั้ง 2 ดำรับ มีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางผนวกที่ 7 และ 8) เมื่อเก็บนานขึ้น โดยทองหยอดดำรับพื้นฐาน สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 8.66 ± 4.76 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบมาก และในสัปดาห์ที่ 4 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.43 ± 2.81 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบเล็กน้อย ส่วนทองหยอดดำรับที่ 2 (เลชิตินร้อยละ 19) ทองหยอดไข่แดงเทียม สัปดาห์ที่ 0 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 7.86 ± 3.45 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ชอบปานกลาง และในสัปดาห์ที่ 5 มีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.43 ± 1.89 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ เฉย ๆ เมื่อนำทองหยอดทั้ง 2 ดำรับมาเปรียบเทียบกัน พบว่า สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สรุปการศึกษาอายุการเก็บทองหยอดตำรับพื้นฐาน ที่อุณหภูมิ 4°C สามารถเก็บรักษาได้นาน 4 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่ 5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด ทองหยอดทั้งตำรับพื้นฐานและตำรับที่ 2 (เลขดินรื้อยะ 19) ในขณะที่ทองหยอดตำรับที่ 2 (เลขดินรื้อยะ 19) สามารถเก็บรักษาได้นาน 5 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่ 6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินค่ามาตรฐาน ทั้ง 2 ตำรับ มีลักษณะทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสไปในแนวเดียวกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การใช้ CMC และการจี้แนเพื่อช่วยในเรื่องของการอุ้มน้ำ เพิ่มความหนืด เพิ่มเนื้อ ทำให้เนื้อสัมผัสคงความเรียบเนียน ช่วยให้เซลล์ของอากาศมีความคงตัว แต่มีข้อจำกัดในการใช้คือ เมื่อใช้ในปริมาณมากขึ้นทำให้ส่วนผสมมีกลิ่นคล้ายยางไม้ การใช้การจี้แนในส่วนผสมสามารถจับกับโปรตีนนมได้เป็นอย่างดีจึงช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงของเจลในส่วนผสม แต่การใช้ในปริมาณมากเกินไปก็ทำให้ส่วนผสมที่ได้มีกลิ่นคล้ายยางไม้เช่นเดียวกัน ถ้าใช้ในระดับต่ำทำให้ส่วนผสมที่ได้ไม่เป็นเจลเวลาดีจะทำให้โฟมมีความแข็งแรงต่ำ การเติม CMC และการจี้แนมากเกินไปจะทำให้ลักษณะไม่ดีเหนียวหนืด เนื้อหนัก และแฉะ การใช้ปริมาณผสมที่พอเหมาะโปรตีนจากนมผงจะช่วยเพิ่มความหนืดและป้องกันการแยกตัวจากน้ำหรือไม่ทำให้แยกชั้น เมื่อมีโปรตีนละลายมากขึ้นจะมีความหนืดสูงหรือมีความแข็งแรงมากขึ้น ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไปจะทำให้ทองหยอดไข่แดงเทียมแห้งและชันมาก การใช้ปริมาณเลชิตินถ้าน้อยเกินไป ทำให้อิมัลชันมีความคงตัวน้อย เพราะเลชิตินสามารถจับโมเลกุลของน้ำปลายข้างหนึ่งประจุบวก อีกปลายหนึ่งจับกับน้ำมัน ทำให้เกิดความคงตัวของอิมัลชัน หากมีน้อยไม่เพียงพอทำให้โฟมแตกและยุบตัวลง ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้มากเกินไปส่วนผสมไข่แดงเทียมจะหนืดมากและไหลช้า ดำรับพื้นฐาน มีค่าความหนืดค่อนข้างมากกว่า ดำรับไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลชิตินร้อยละ 13 และ 19

2. ทองหยอดดำรับพื้นฐาน และทองหยอดไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลชิตินร้อยละ 13 และ 19 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 15.2 มิลลิเมตร องค์ประกอบทางเคมี ดำรับพื้นฐาน มีค่า a_w ของแข็งที่ละลายน้ำได้ โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ สูงกว่าทองหยอดไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลชิตินร้อยละ 13 และ 19 การลดปริมาณคอเลสเทอรอลซึ่งเป็นสาเหตุหลักในการผลิตไข่แดงเทียม ทองหยอดไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลชิตินร้อยละ 13 และ 19 ทั้ง 2 ดำรับมีน้อยกว่าทองหยอดดำรับพื้นฐาน ดำรับพื้นฐานมีค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองน้อยกว่าทองหยอดไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลชิตินร้อยละ 13 และ 19 เนื้อสัมผัสของทองหยอดดำรับพื้นฐานแข็งกว่า ในขณะที่ทองหยอดไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลชิตินร้อยละ 13 และ 19 มีลักษณะหยุ่นและเมื่อเคี้ยวแล้วคืนกลับรูปร่างเดิมได้ดีกว่าทองหยอดดำรับพื้นฐาน การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบชิมให้ทองหยอดไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลชิตินร้อยละ 19 มีคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะด้านสีเหลืองไข่ ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับดำรับพื้นฐาน การยอมรับโดยรวมของทองหยอดไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลชิตินร้อยละ 13 อยู่ในเกณฑ์เฉยๆ ดำรับข้อมูลการยอมรับทองหยอดทั้ง 3 ดำรับ ผู้ทดสอบชิมยอมรับดำรับ

พื้นฐาน และทองหยอดไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลซิดินร้อยละ 19 และสอบถามการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ผู้ทดสอบชิมซื้อตำรับพื้นฐาน และทองหยอดไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลซิดินร้อยละ 19 มีค่าร้อยละมากกว่าทองหยอดไข่แดงเทียมที่มีปริมาณเลซิดินร้อยละ 13

3. ทองหยอดตำรับพื้นฐานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C และ 4°C ลักษณะเนื้อสัมผัสลดลง คือความแข็ง ความเหนียว พลังในการเคี้ยว และความยืดหยุ่น มีค่าลดลง ในขณะที่ทองหยอดตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) มีความแข็ง ความเหนียว พลังในการเคี้ยว ความยืดหยุ่น การคืนตัวกลับ มีค่าเพิ่มขึ้น ทองหยอดตำรับพื้นฐาน ความสว่าง สีแดง สีเหลือง ลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ทองหยอดตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ค่าความสว่าง และสีเหลือง ลดลง สีแดงมีค่าเพิ่มขึ้น ทองหยอดตำรับพื้นฐาน และทองหยอดตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ทั้ง 2 ตำรับ มีค่า a_w ปริมาณกรดที่ได้จากการไทเตรต และค่า TBA เพิ่มขึ้น โดยทองหยอดตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) เพิ่มขึ้นช้ากว่าตำรับพื้นฐาน ทองหยอดตำรับพื้นฐาน ที่อุณหภูมิ 30°C สามารถเก็บรักษาได้นาน 3 วัน โดยวันที่ 4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม ไม่เกินค่ามาตรฐาน ไม่พบซาโมเนลล่า เมื่อเปรียบเทียบกับทองหยอดตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) สามารถเก็บรักษาได้นาน 7 วัน โดยวันที่ 8 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม ไม่เกินค่ามาตรฐาน ไม่พบซาโมเนลล่า อายุการเก็บทองหยอดตำรับพื้นฐาน ที่อุณหภูมิ 4°C สามารถเก็บรักษาได้นาน 4 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่ 5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม ไม่เกินค่ามาตรฐาน ไม่พบซาโมเนลล่า เมื่อเปรียบเทียบกับทองหยอดตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) สามารถเก็บรักษาได้นาน 5 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่ 6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม ไม่เกินค่ามาตรฐาน ไม่พบซาโมเนลล่า การยอมรับทางประสาทสัมผัสขนมทองหยอดตำรับพื้นฐาน และทองหยอดตำรับที่ 2 (เลซิดินร้อยละ 19) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C และ 4°C ปัจจัยคุณภาพ ได้แก่ สีเหลืองไข่ ความมันวาว กลิ่นมะลิ กลิ่นไข่ กลิ่นหืน รสหวาน ความฉ่ำน้ำเชื่อม ความนุ่ม ความแน่นเนื้อ รสหวานตกค้าง กลิ่นรสไข่ ตกค้าง และการยอมรับโดยรวม มีคะแนนลดลง

ข้อเสนอแนะ

1. การเลือกไข่เป้งทองหยอดควรเลือกเป้งที่ผลิตใหม่ ๆ จะมีกลิ่นหอมมากกว่าเป้งทองหยอดที่ผลิตมานาน กลิ่นของเป้งทองหยอดนี้จะช่วยกลบกลิ่นคาวของไข่ และกลิ่นที่เกิดจากการใส่ CMC และการจีแนบได้ ซึ่งกลิ่นจากเป้งทองหยอดนี้มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค
2. การเลือกไข่ขาวสำหรับผลิตไข่แดงเทียม ควรเลือกไข่ใหม่ เพราะไข่ใหม่จะมีไข่ขาวชนิดข้น (thick white) มาก เมื่อตีให้ขึ้นฟู โฟมที่เกิดจะอยู่ตัวดี ถึงแม้จะตีค่อนข้างยากเพราะมีความหนืดสูง การเกิดโฟมที่อยู่ตัวดีนี้มีผลต่อรูปทรงของทองหยอดที่ดี
3. การผลิตไข่แดงเทียม การตีไข่ขาวให้ขึ้นฟู ไม่ควรใส่น้ำลงไปไข่ขาวโดยตรง จะทำให้โฟมไม่ค่อยอยู่ตัว เพราะความเข้มข้นหรือความหนืดของโปรตีนลดลง ควรใส่น้ำผสมกับส่วนผสมอื่นก่อนเช่น ใส่วัสดุ CMC หรือ การจีแนบ แล้วจึงใส่น้ำผสมกับไข่ขาว
4. การผลิตไข่แดงเทียม การตีไข่ขาวไม่ควรตีด้วยความเร็วสูง ๆ และนานเกินไป การตีด้วยความเร็วสูง ทำให้อากาศเข้าไปรวมตัวอย่างรวดเร็ว แต่ความเร็วของการตกตะกอนโปรตีนไม่เป็นไปตามสัดส่วน ทำให้ได้ฟองอากาศน้อย และถ้าตีนานเกินไปฟองอากาศจะเล็กลง โปรตีนที่จับอยู่รอบ ๆ ฟองอากาศจะบางลง แต่การตกตะกอนโปรตีนยังคงดำเนินต่อไป จะส่งผลให้ฟองแข็งกระด้างและแตกออก ทำให้เมื่อนำไปทำทองหยอดจะได้ทองหยอดที่มีลักษณะเนื้อแน่น
5. สาเหตุของการเน่าเสียของทองหยอดเนื่องจาก ออกซิเจนสามารถผ่านเข้าออกพลาสติกถาดโฟม PE และฟิล์มถนอมอาหาร PVC ที่ใช้เป็นบรรจุในงานวิจัยได้ ทำให้จุลินทรีย์สามารถใช้ในการเจริญเติบโต เพื่อให้ยีสต์อายุการเก็บรักษาทองหยอดควรเก็บรักษาทองหยอดในภาชนะบรรจุชนิดที่อากาศไม่สามารถผ่านเข้าออกได้
6. ไข่แดงเทียมที่พัฒนามานี้เหมาะสำหรับการผลิตขนมทองหยอด ดังนั้นในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะต่างไปจากขนมทองหยอดควรมีการปรับปรุงส่วนผสมเพื่อให้มีคุณลักษณะเหมาะสม

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีแป้ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกศรินทร์ มงคลวรรณ. 2546. การพัฒนาขนมทองหยอดให้ได้มาตรฐานการผลิตที่เหมาะสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตติมา อารักษ์วิชานันท์. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่แดงเทียมปราศจากโคเลสเตอรอล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร. บริษัทฟอร์แมทพรินต์ติ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ.

ณรงค์ นิยมวิทย์ และ อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. 2528. วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย สุวรรณสิขณน์. 2552. การประเมินคุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส ใน การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. น. 349-367.

นิธิยา รัตนานนท์. 2545. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2554. หลักการวิเคราะห์อาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

เนื่อทอง วนานุวัช. 2549. น้ำมัน ไขมัน และผลิตภัณฑ์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุษกร อุดรภิชาดิ. 2547. จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

ปฐมพร เจ้าเจริญ. 2548. ผลของการใช้แป้งบุกเป็นสารคงตัวในไอศกรีม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปาริฉัตร หงสประภาส. 2542. **เคมีกายภาพของอาหาร : คอลลอยด์ อิมัลชัน และเจล.**

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

พรดารา เขตต์ทองคำ. 2547. **ขนมไทย.** (เอกสารประกอบการสอน). มหาวิทยาลัยราชภัฏ

สวนดุสิต, กรุงเทพฯ.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2536. **การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

กรุงเทพฯ.

มยุรี เจียมหมิน. 2537. **ปัจจัยที่มีผลต่อความเหนียวนุ่มของแป้งขนมเทียน.** วิทยานิพนธ์ปริญญา

โท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์. 2535. **วิศวกรรมการแปรรูปอาหาร การถนอมอาหาร.** สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์, และคณาจารย์ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. 2552. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใน**

อุตสาหกรรมเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุ่งนภา วิสิษฐุการ. 2540. **การประเมินอายุการเก็บของอาหาร.** (เอกสารประกอบการสอน).

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิไล รังสาดทอง. 2547. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 4. บริษัท เท็กซ์ แอนด์

เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

วันดี ณ สงขลา. 2542. **สารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคกลาง เล่ม 6.** สยามเพรสแมเนจเม้นท์,

กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ เชาวนัชานาญ. 2533. **ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาขนม**

ฝอยทอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- ศิริ ชัยเสรี. 2544. **Confectionery Technology**. (เอกสารประกอบการสอน). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. **ไข่และเนื้อไก่**. โรงพิมพ์อมรรการพิมพ์. กรุงเทพฯ.
- อบเชย วงษ์ทอง และชนิษฐา พูนผลกุล. 2544. **หลักการประกอบอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อรรสู นพพรรค. 2542. **ขนมไทย**. วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, กรุงเทพฯ.
- อนันต์ชัย เจริญธรรม. 2542. **หลักการวางแผนการตลาด**. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- A.O.A.C. 1995. **Official Method of Analysis**. 15 th ed.,vol. 2, Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Ahmed, M. and Dickinson, E. 1991. "Foaming of aqueous solutions of protine-propylene glycol alginate." **Food Hydrocolloid**. 4 : 395-402.
- Burgaud, I. and Dickinson, E. 1990. "Emulsifying effects of food macromolecules in presence of ethanol." **J. Food Sci**. 55 : 875-876.
- Boye, J.I., C.Y. Ma and V.R. Harwalkar. 1997. thermal Denaturation and Coagulation of Protien, pp. 25-56 *In* S. Damodaran and A. Paraf, Eds. **Food Protein and their Applications**. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Carnie, G.A.R., 1964. Evaluation of a new polysaccharide gum. Aust. **J. Pharm**. 45(19):580-583.

Fiora, F.A., Pilosof, A.M.R. and Bartholomai, G.B. 1990. "Physicochemical properties of soybean proteins related to flow, viscoelastic, mechanical and water-holding characteristics of gels." **J. Food Sci.** 55-136.

Froning, G.W. 1988. "Nutritional and functional properties of egg proteins." *In* **Developments in food proteins-6**. UK : Elsevier Applied Science.

Garg, V. and Mendiratta, S.K. 2006. "Studies on tenderization and preparation of enroded pork chunks in microwave oven." *In* **Meat Science** **74**. 718-726.

George, M.G. and Herbert, M. 1976. **Low-cholesterol egg product and process**. U.S. patent no. 3941892, March 1976.

Goff, H.D. 2003. Ice cream, pp. 1063-1082. In P.F. Fox and P.L.H. McSweeney, eds. **Advance Dairy Chemistry volume 1 : Proteins**. Kluwer/Plenum Publishers, New York.

Graham, H.D. 1997. "Egg protein." **Food colloids**. USA : AVI Publishing Company, INC. Houston Medical School. "Cholesterol."
<http://www.med.uth.tmc.edu/ptnt/00000389.htm>: University of Texas. 1994.

Heldman, D.R. and R.P. Singh. 1981. **Food Process Engineering**. AVI Publishing Co, Westport, Connecticut.

Hui, Y.H. 1996. "Sunflower oil." **Bailey's industrial oil & fat product vol. 2 : oils and Oil Seeds**. 5th ed. USA : John Wiley & Sons, Inc.

Jane, J., Y.Y. Chen, L.F. Lee, A.E. McPherson, K.S. Wong, M. Radosavljevic and T. Kasemsuwan. 1999. **Cereal Chem.** 76(5) : 629-637.

- Jeanes, A.R., J.E. Pittsley and F.R. Samtis. 1961. Polysaccharide B-1459 : A new hydrocolloid polyelectrolyte produced from glucose by bacterial fermentation, **J. Appl. Polym. Sci.** 5 : 519-526.
- Kakalis, L.T., Baianu, I.C. and Kumosinaki, T.F. 1990. "Oxygen-17 and proton nuclear magnetic relaxation measurements of soy protein hydration and protein-protein interactions in solution." **J. Agric. Food Chem.** 38 : 639-647.
- Launay, B., Doublier, J.L. and Culvelier, G., 1986. Functional properties of food macromolecule, 1-78. In J.R. Mitchell and D.A. Ledward (eds.). **Elsevier Applied Science Publisher**, London.
- Lii, C.Y., Y.Y. Shao and K.H. Tseng. 1999. Gelation Mechanism and Rheological Properties of Rice Starch. **Cereal Chem.** 72(4) : 393-400.
- Lopez de Ogara, M.C., Delgado de Layno, A.M. Pilosof, M. and Macchi, R.A. 1992. "Functional properties of soy protein isolates as affected by heat treatment during isoelectric precipitation." **J. Am. Oil. Chem. Sci.** 69 : 184-187.
- Madden, J.K. 1989. Ice cream, pp. 185-196. In A.J. Wilson (ed.). **Foams : Physics, Chemistry and Structure**. Springer, Berlin.
- Marshall, R.T. and W.S. Arbuckle. 1996. **Ice Cream**. 5th ed. Chapman & Hall, New York. 483 p.
- Mao, L., Lee, K. and Erbersdobler, H.F. 1993. "Effects of heat treatment on lysine in soya protein." **J. Sci. Food Agric.** 62 : 307-309.
- Meilgaard, M., G.V. Civille and B.T. Darr. 1999. **Sensory Evaluation Techniques**. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

- Morrison, W.H., Hamilton, R.J. and Kalu, C. 1995. "Sunflowerseed oil" in
Developments in oils and fats. UK : Chapman & Hall.
- Naber, E.C. 1991. "Cholesterol content of eggs : can and should it be changed?." **Fat and cholesterol reduced foods : technologies and strategies. USA. : Gult Publishing Company.**
- Nir, I., Feldman, Y., Aserin, A. and Garti, N. 1994. "Surface properties and Emulsification behavior of denatured soy proteins. **J. Food Sci.** 59 : 606-610.
- Pennington, N.L. and W.C. Baker. 1990. **Sagar a User's Guide to sucrose.** Van Nostrand Reinhold, New York.
- Perdon, A.A., T.J. Seebenmorgen, R.W. Buescher and E.E. Gbur. 1999. Starch Retrogradaton and texture of cooked milled rice during storage. **J of Food Science.** 64(5) : 828-832.
- Petrucelli, S. and Anon, M.C. 1994. Ralationaship between the method of obtention and the structural and functional properties of soy protein isolates. II. Surface properties." **J. Agric. Food chem.** 42 : 2170-2176.
- Pettitt, D.J., 1982. Xanthan gum, pp.127-49, in M. Glicksman (ed.). **Food Hydrocolloid, vol. 1,** CRC Press, Boca Raton, Fl.
- Roberts, W.L. 1978. **Egg Replacer composition and Method of Production. U.S. Patent no. 4103038.** July 1978.
- Seeley, R.D., Hartmann, H.J. and Sidoti, D.R. 1976. **Cholesterol Free Egg Product. U.S. patent no. 3987212,** October 1976.

- Sugino, H., Nitoda, T. and Juneja, L.R. 1997. "General chemical composition of hen eggs." **Hen eggs: their basic and applied science**. USA. : CRC Press, Inc.
- Telis, V.R.N. and T.G. Kieckbusch. 1997. Viscoelasticity of Frozen/Thawed egg yolk. **J of Food Science**. 26(3) : 548-554.
- Urlacher, B. and B. Dalbe. 1992. Xanthan gum, pp. 206-226. In A. Imerson (ed.). **Thickening and Gelling Agents for Food**. Blackie A & P, Glasgow.
- Vassiliou, E. 1992. **Simulated Raw Egg and Methods of Making and Packaging**. U.S. patent no. 5151293, September 1992.
- _____. 1994. **Simulated Egg-yolk Compositions, Products, and Methods of Making**. U.S. patent no. 5340601, August 1994.
- Wagner, J.R. and Anon, M.C. 1990. "Influence of denaturation, hydrophobicity and sulfhydryl content on solubility and water absorbing capacity of soy protein isolates." **J. Food Sci.** 55 : 765-770.
- Wang, C.R. and Zayas, J.F. 1992. "Emulsifying capacity and emulsion stability of soy Proteins compared with corn germ protein flour." **J. food Sci.** 57 : 726-731.
- Whistler, R.J. and J.N. BeMiller. 1993. Locust bean gums, exudates gums, xanthan gum and sodium carboxymethylcellulose. pp. 181-575. In H. Maier, K.S. Kang, D.J. Pettitt, R.L. Feddersen and S.N. Thorp (eds.). **Industrial Gum Polysaccharides and their Derivatives**. Academic Press, Inc. California.
- Whitcomb, P.J. and C.W. Macosko. 1978. Rheology of xanthan gum solutions. **J. Rheol.** 22(5) : 496-505.

- William, J.S. and Owen, J.C. 1995. "Functional properties of egg in food." Chap. 16 in **Egg Science and Technology**. 4 th ed. New York : The Haworth Press, Inc.
- Yang, S.C. and R.E, Baldwin. 1995. Functional Properties of Eggs in Foods, pp. 405-451. In W.J. Stdelman and O.J. Cotterill, Eds. **Egg Science and Tecnology**. Imprint of the Haworth Press, Inc., New York.
- Yu, M.A. and Damodaran, S. 1991. "Kinetics of protein foam destabilization : Evaluation of a method using bovine serum albumin." **J. Agric. Food Chem.** 39 : 1555-1562.
- Xiong, Y.L. 1997. Protein Denature and Functionality, pp. 111-137. In M.C. Erickson and Y.C. Hung, eds. **Quality in Frozen Food**. Chapman & Hall, New York.
- Zayas, J.F. 1997. **Functionality of Protein in Food**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.





ภาคผนวก ก
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.....ผลิตภัณฑ์ ทองหยอด วันที่..... ครั้งที่....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่จัดไว้ให้จากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบแต่ละปัจจัยคุณภาพ ตามระดับคะแนนที่กำหนดให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่างทุกครั้ง

ระดับคะแนนความชอบ

- 1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบปานกลาง 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย
4 = เฉย ๆ 5 = ชอบเล็กน้อย 6 = ชอบปานกลาง
7 = ชอบมาก

	รหัส	รหัส	รหัส	รหัส
	_____	_____	_____	_____
สีเหลืองส้ม				
ความมันวาว				
กลิ่นมะลิ				
กลิ่นไข่				
รสหวาน				
ความฉ่ำน้ำเชื่อม				
ความนุ่ม				
ความแน่นเนื้อ				
กลิ่นไข่ตักข้างในปาก				
รสหวานตักข้างในปาก				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ขอบคุณ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.....ผลิตภัณฑ์ ทองหยอด วันที่..... ครั้งที่....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่จัดไว้ให้จากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบแต่ละปัจจัยคุณภาพ ตามระดับคะแนนที่กำหนดให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่างทุกครั้ง

ระดับคะแนนความชอบ

- | | | |
|---------------------|---------------|-------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 2 = ไม่ชอบมาก | 3 = ไม่ชอบปานกลาง |
| 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย | 5 = เฉย ๆ | 6 = ชอบเล็กน้อย |
| 7 = ชอบปานกลาง | 8 = ชอบมาก | 9 = ชอบมากที่สุด |

	รหัส	รหัส
	_____	_____
สีเหลืองส้ม		
ความมันวาว		
กลิ่นมะลิ		
กลิ่นไข่		
กลิ่นหืน		
รสหวาน		
ความฉ่ำน้ำเชื่อม		
ความนุ่ม		
ความแน่นเนื้อ		
กลิ่นไข่ตัก้างในปาก		
รสหวานตัก้างในปาก		

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ขอบคุณ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา โดยวิธีการให้คะแนนความเข้ม

ชื่อผู้ทดสอบ.....ผลิตภัณฑ์ ทองหยอด วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่จัดไว้ให้ และทำเครื่องหมาย (I) ลงบนเส้นของแต่ละปัจจัยคุณภาพตามตำแหน่งที่ท่านรู้สึกได้จากการชิมตัวอย่าง พร้อมทั้งใส่รหัสตัวอย่างกำกับเครื่องหมาย (I)

ลักษณะปรากฏ

1. สีเหลืองส้ม

เหลือง

ส้ม

2. ความมันวาว

น้อย

มาก

กลืน

3. กลิ่นมะลิ

อ่อน

แรง

4. กลิ่นไข่

อ่อน

แรง

5. กลิ่นหืน

อ่อน

แรง

รสชาติ

6. รสหวาน

น้อย

มาก

เนื้อสัมผัส

7. ความฉ่ำน้ำเชื่อม

น้อย มาก

8. ความนุ่ม

น้อย มาก

9. ความแน่นเนื้อ

น้อย มาก

ความรู้สึกลูกค้ำ

10. รสหวานตกค้ำ

น้อย มาก

11. กลิ่นรสไข่ตกค้ำ

อ่อน แรง

12. การยอมรับโดยรวม

น้อย มาก

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ขอบคุณค่ะ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา โดยวิธีการให้คะแนนความเข้ม

ชื่อผู้ทดสอบ.....ผลิตภัณฑ์ ทองหยอด วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่จัดไว้ให้ และทำเครื่องหมาย (1) ลงบนเส้นของแต่ละปัจจัยคุณภาพตามตำแหน่งที่ท่านรู้สึกได้จากการชิมตัวอย่าง พร้อมทั้งใส่รหัสของแต่ละผลิตภัณฑ์บนเครื่องหมาย (1) และเขียนเครื่องหมาย (1) บนเส้นส่วนที่เป็นความรู้สึกของท่านที่ต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์

ลักษณะปรากฏ

13. สีเหลืองส้ม

เหลือง

ส้ม

14. ความมันวาว

น้อย

มาก

กลิ้ง

15. กลิ้งมะลิ

น้อย

มาก

16. กลิ้งไข่

น้อย

มาก

รสชาติ

17. รสหวาน

น้อย

มาก

เนื้อสัมผัส

18. ความฉ่ำน้ำเชื่อม

น้อย

มาก

19. ความนุ่ม

น้อย

มาก

20. ความแน่นเนื้อ

น้อย

มาก

ความรู้สึกลึกตกล้าง

21. รสหวานตกล้าง

น้อย

มาก

22. กลิ่นรสไข่ตกล้าง

น้อย

มาก

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอบคุณค่ะ



ตารางผนวกที่ 1 เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ของทองหยอดคำรับพื้นฐาน ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 30°C

คุณภาพ	เวลา (วัน)				
	0	1	2	3	4
ค่าสี L*	28.30±1.34 ^a	20.65±2.01 ^{ab}	18.94±2.31 ^c	16.11±1.56 ^c	15.95±2.65 ^c
a* ^{ns}	8.47±2.45	7.97±1.21	5.78±2.79	5.74±2.11	5.65±1.90
b* ^{ns}	21.15±2.31	18.62±2.33	18.36±2.90	17.14±2.55	16.96±1.45
ลักษณะเนื้อสัมผัส					
Hardness* (g)	220.39±5.76	190.09±6.12 ^b	164.60±6.23 ^c	163.48±5.87 ^c	162.66±5.89 ^c
Fracturability* (g)	275.69±6.96 ^a	231.10±6.99 ^b	107.47±5.84 ^c	107.44±5.09 ^c	106.78±4.76 ^c
Adhesiveness ^{ns} (g)	-30.73±3.99	-33.52±5.23	-36.49±4.09	-35.61±2.98	-35.35±3.67
Springiness* (mm.)	0.77±0.20 ^a	0.61±0.11 ^a	0.90±0.19 ^b	0.56±0.05 ^c	0.46±0.05 ^c
Cohesiveness*	0.57±0.20 ^a	0.57±0.21 ^a	0.57±0.19 ^a	0.24±0.02 ^b	0.23±0.04 ^b
Gumminess* (g)	105.76±4.23 ^a	99.25±3.95 ^{ab}	96.63±4.65 ^{ab}	93.90±6.90 ^{ab}	92.36±6.99 ^b
Chewiness*	119.97±5.21 ^a	92.16±3.56 ^b	75.60±5.65 ^c	72.07±6.98 ^c	71.89±5.94 ^c
Resilience*	0.27±0.05 ^a	0.25±0.02 ^a	0.25±0.03 ^a	0.052±0.004 ^b	0.051±0.009 ^b
วอเตอร์แอคติวิตี (a _w)*	0.930±0.02 ^d	0.930±0.01 ^d	0.969±0.011 ^a	0.974±0.044 ^a	0.985±0.008 ^a
ปริมาณกรดที่ได้จากการไตรเอสเตอร์* (%)	0.0169±0.0003 ^c	0.0189±0.0002 ^b	0.0190±0.0003 ^b	0.0212±0.0002 ^a	0.0212±0.0002 ^a
TBA* (มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์/กิโลกรัม)	0.0039±0.0001 ^c	0.0046±0.0002 ^b	0.0048±0.0002 ^{ab}	0.0051±0.0002 ^a	0.0052±0.0001 ^a

หมายเหตุ * ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns} ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 2 เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ของทองหยอดดำรับที่ 2 ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 30°C

คุณภาพ	เวลา (วัน)				
	0	1	2	3	4
ค่าสี L*	35.17±1.67 ^a	25.16±1.89 ^{ab}	20.87±2.54 ^{bc}	19.45±2.09 ^c	19.40±1.99 ^c
a* ^{ns}	6.44±1.45	7.20±2.30	7.20±1.65	7.30±2.12	7.53±2.09
b*	28.77±2.43 ^a	22.56±1.56 ^{ab}	21.63±2.91 ^b	21.50±1.89 ^b	21.35±2.77 ^b
ลักษณะเนื้อสัมผัส					
Hardness* (g)	1287.34±11.20 ^c	1288.35±12.32 ^c	1290.46±12.21 ^c	1292.91±11.67 ^{cb}	1296.91±12.32 ^{cb}
Fracturability* (g)	203.71±7.21 ^d	218.43±7.94 ^{cd}	221.56±5.11 ^c	226.90±6.99 ^{bc}	231.74±5.55 ^{bc}
Adhesiveness* (g)	-94.97±4.11 ^a	-81.64±5.76 ^b	-79.05±5.32 ^{bc}	-78.90±3.89 ^{bc}	-78.50±4.55 ^c
Springiness ^{ns} (mm.)	0.87±0.15	0.88±0.23	0.89±0.21	0.89±0.08	0.90±0.06
Cohesiveness*	0.21±0.12 ^d	0.36±0.28 ^{cd}	0.36±0.11 ^{cd}	0.38±0.04 ^{cd}	0.41±0.06 ^{cd}
Gumminess* (g)	126.53±5.93 ^d	127.30±4.22 ^{bc}	129.04±5.32 ^{bc}	134.73±6.09 ^{bc}	136.36±7.33 ^{bc}
Chewiness*	34.00±2.3 ^b	113.98±4.61 ^a	114.88±4.69 ^a	114.50±7.09 ^a	115.05±7.88 ^a
Resilience*	0.01±0.001 ⁱ	0.02±0.01 ^h	0.06±0.01 ^g	0.19±0.02 ^f	0.30±0.04 ^c
วอเตอร์แอกติวิตี (a _w)*	0.92±0.02 ^b	0.92±0.02 ^b	0.93±0.01 ^a	0.93±0.04 ^a	0.93±0.03 ^a
ปริมาณกรดที่ได้จากการไฮโดรไลซิส ^{ns} (%)	0.0191±0.0002	0.0191±0.0001	0.0191±0.0003	0.0191±0.0003	0.0191±0.0003
TBA* (มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์/กิโลกรัม)	0.0038±0.0001 ^g	0.0038±0.0001 ^g	0.0046±0.0002 ^f	0.0055±0.0001 ^c	0.0059±0.0002 ^{cb}

หมายเหตุ * ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns} ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

คุณภาพ	เวลา (วัน)			
	5	6	7	8
ค่าสี L*	19.30±1.87 ^c	19.30±3.56 ^c	19.20±4.33 ^c	18.87±2.45 ^c
a* ^{ns}	7.55±2.33	7.58±2.56	7.60±3.21	7.70±2.14
b*	20.79±2.66 ^b	20.23±2.51 ^b	20.10±2.65 ^b	20.05±2.88 ^b
ลักษณะเนื้อสัมผัส				
Hardness* (g)	1307.82±12.12 ^{abc}	1318.45±11.98 ^{ab}	1324.38±11.67 ^a	1331.44±11.87 ^a
Fracturability* (g)	236.01±6.91 ^b	238.57±6.98 ^b	240.11±5.78 ^b	288.34±4.79 ^{ab}
Adhesiveness* (g)	-68.35±2.33 ^d	-68.10±3.65 ^d	-57.88±4.67 ^c	-31.64±3.54 ^f
Springiness ^{ns} (mm.)	0.90±0.09	0.91±0.02	0.93±0.01	0.93±0.02
Cohesiveness*	0.43±0.08 ^{abc}	0.50±0.03 ^{ab}	0.52±0.04 ^{ab}	0.55±0.02 ^a
Gumminess* (g)	140.10±5.43 ^{ab}	143.04±5.67 ^a	143.34±6.32 ^a	147.82±5.76 ^a
Chewiness ₁	116.13±6.32 ^a	116.72±7.45 ^a	116.54±6.77 ^a	117.87±7.88 ^a
Resilience ₂	0.40±0.06 ^c	0.44±0.03 ^{cd}	0.47±0.05 ^{ab}	0.51±0.02 ^a
วอเตอร์แอกติวิตี (a _w)*	0.94±0.02 ^a	0.95±0.02 ^a	0.96±0.02 ^a	0.98±0.03 ^a
ปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต ^{ns} (%)	0.0191±0.0002	0.0191±0.0002	0.0191±0.0002	0.0191±0.0001
TBA* (มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์/กิโลกรัม)	0.0061±0.0001 ^d	0.0070±0.0002 ^c	0.0081±0.0002 ^b	0.0087±0.0002 ^a

หมายเหตุ * ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns} ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 3 คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ของทองหยอดตำรับพื้นฐาน ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4°C

คุณภาพ	เวลา (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	5
ค่าสี L*	28.30±5.67 ^a	19.47±5.77 ^{ab}	19.45±6.89 ^{ab}	18.73±4.65 ^{ab}	17.99±3.55 ^{ab}	17.47±3.45 ^b
a* ^{ns}	8.47±3.54	8.33±5.67	8.13±4.34	6.82±3.43	6.60±5.67	6.58±2.34
b* ^{ns}	21.15±4.23	19.60±5.54	17.86±4.59	17.08±3.43	16.69±3.54	16.98±4.99
ลักษณะเนื้อสัมผัส						
Hardness* (g)	220.39±6.98 ^a	154.51±6.60 ^b	140.25±5.56 ^c	132.42±5.76 ^c	109.15±6.98 ^d	102.94±5.22 ^d
Fracturability* (g)	275.69±5.69 ^a	152.03±6.98 ^b	146.90±4.85 ^b	108.23±6.78 ^c	89.96±7.55 ^d	38.97±3.56 ^c
Adhesiveness* (g)	-30.73±3.21 ^a	-35.00±3.56 ^{ab}	-36.10±3.21 ^{ab}	-36.84±5.65 ^{ab}	-37.46±4.55 ^{ab}	-38.12±2.43 ^{ab}
Springiness*(mm.)	0.77±0.02 ^a	0.74±0.08 ^{ab}	0.71±0.07 ^{ab}	0.64±0.03 ^b	0.63±0.05 ^b	0.56±0.14 ^b
Cohesiveness*	0.57±0.04 ^a	0.56±0.06 ^{ab}	0.54±0.03 ^{ab}	0.47±0.03 ^c	0.44±0.04 ^c	0.42±0.11 ^c
Gumminess*(g)	105.76±4.99 ^a	82.24±2.22 ^{ab}	75.61±5.82 ^{bc}	73.29±4.34 ^c	61.85±5.43 ^d	59.75±3.23 ^d
Chewiness*	119.97±3.54 ^a	68.70±6.45 ^a	65.82±5.97 ^{ab}	62.58±4.34 ^b	58.27±6.41 ^b	55.49±3.34 ^b
Resilience ^{ns}	0.27±0.03	0.26±0.02	0.24±0.02	0.25±0.02	0.23±0.02	0.22±0.04
วอเตอร์แอคทีวิตี (a _w) ^{ns}	0.93±0.04	0.93±0.03	0.93±0.02	0.936±0.03	0.976±0.04	0.980±0.21
ปริมาณกรดที่ได้จากการไฮโดรไลซิส (%)	0.0169±0.0001	0.0189±0.0003	0.0191±0.0002	0.0191±0.0001	0.0192±0.0001	0.0192±0.0001
TBA*(มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์/กิโลกรัม)	0.0039±0.0001 ^d	0.0040±0.0001 ^d	0.0071±0.0002 ^c	0.0078±0.0002 ^b	0.0085±0.0002 ^a	0.0086±0.0003 ^a

หมายเหตุ * ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns} ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 4 เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ของทองหยอดคำรับที่ 2 ที่นำมาศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

คุณภาพ	เวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
ค่าสี L* ^{ns}	35.17±6.98	34.34±4.77	34.12±5.32	33.88±5.33	33.70±5.66	33.30±4.54	33.01±5.34
a* ^{ns}	6.01±3.65	6.02±5.55	6.10±5.87	6.11±3.54	6.21±4.23	6.39±3.98	6.44±4.87
b* ^{ns}	28.77±5.67	28.50±5.79	28.22±5.98	28.15±4.56	28.04±3.65	27.97±3.43	28.90±4.32
ลักษณะเนื้อสัมผัส							
Hardness ^{ns} (g)	1287.34±10.99	1290.01±12.21	1293.17±12.09	1294.10±12.98	1295.77±11.94	1296.86±12.99	1297.91±11.98
Fracturability ^{ns} (g)	288.34±5.87	290.44±7.98	293.68±6.98	295.06±8.54	297.88±6.57	298.19±4.54	299.02±5.66
Adhesiveness ^{ns} (g)	-94.97±4.56	-94.50±5.67	-94.13±6.98	-93.88±6.54	-93.61±5.66	-93.20±4.14	-93.03±3.22
Springiness ^{ns} (mm.)	0.87±0.04	0.88±0.06	0.88±0.06	0.89±0.04	0.90±0.02	0.90±0.21	0.92±0.23
Cohesiveness*	0.21±0.05 ^c	0.25±0.01 ^b	0.27±0.04 ^b	0.29±0.01 ^a	0.30±0.02 ^a	0.32±0.12 ^a	0.33±0.12 ^a
Gumminess* (g)	143.04±8.12 ^b	144.60±3.54 ^b	145.28±3.54 ^b	155.05±5.65 ^b	157.30±6.76 ^b	158.76±4.78 ^a	158.91±4.65 ^a
Chewiness ^{ns}	34.00±5.43	35.11±4.33	35.30±5.98	36.65±5.65	36.91±4.34	37.80±4.33	38.95±3.66
Resilience*	0.01±0.01 ^d	0.02±0.01 ^{cd}	0.04±0.01 ^c	0.10±0.01 ^b	0.21±0.03 ^a	0.25±0.05 ^a	0.31±0.12 ^a
วอเตอร์แอกติวิตี (a _w) ^{ns}	0.92±0.02	0.92±0.01	0.93±0.01	0.93±0.04	0.94±0.02	0.94±0.19	0.96±0.16
ปริมาณกรดที่ได้จากการไฮโดรไลซิส (%)	0.0191±0.0002	0.0191±0.0002	0.0191±0.0001	0.0191±0.0001	0.0191±0.0001	0.0191±0.0001	0.0191±0.0001
TBA* (มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์/กิโลกรัม)	0.0038±0.0002 ^d	0.0038±0.0002 ^{bc}	0.0040±0.0001 ^{bc}	0.0041±0.0001 ^{bc}	0.0041±0.0001 ^{bc}	0.0043±0.0005 ^{ab}	0.0044±0.0002 ^a

หมายเหตุ * ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns} ที่อยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 5 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอด
ตำรับพื้นฐานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C

ปัจจัยคุณภาพ	ตำรับพื้นฐาน			
	เวลา (วัน)			
	0	1	2	3
สีเหลืองส้ม *	6.39±3.54 ^a	6.09±3.56 ^a	5.51±3.11 ^{ab}	4.50±2.33 ^b
ความมันวาว *	7.63±3.54 ^a	5.78±4.54 ^b	5.76±3.65 ^b	4.48±2.11 ^b
กลิ่นมะลิ *	6.51±2.44 ^a	5.03±2.33 ^{ab}	5.01±3.22 ^{ab}	4.28±2.12 ^b
กลิ่นไข่ *	8.50±3.22 ^a	8.34±4.55 ^{ab}	8.45±5.12 ^a	7.51±2.44 ^b
กลิ่นหืน *	6.02±2.32 ^a	5.23±2.33 ^a	4.90±2.32 ^a	2.58±1.22 ^b
รสหวาน ^{ns}	6.98±2.34	6.67±2.33	6.10±3.21	5.91±1.28
ความฉ่ำน้ำเชื่อม ^{ns}	6.61±3.22	6.39±3.55	6.32±3.21	6.12±2.19
ความนุ่ม *	7.76±4.32 ^a	6.67±3.21 ^{ab}	6.50±2.12 ^{ab}	6.18±2.43 ^b
ความแน่นเนื้อ ^{ns}	8.51±3.45	7.89±3.21	7.66±4.21	7.59±2.45
รสหวานตกค้าง ^{ns}	5.86±2.33	5.62±4.11	5.45±4.38	5.43±1.23
กลิ่นรสไข่ตกค้าง ^{ns}	8.66±4.32	8.56±2.43	8.23±3.23	7.73±3.22
การยอมรับโดยรวม *	8.29±3.44 ^a	7.41±3.32 ^{ab}	6.67±3.14 ^b	5.31±2.32 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันอยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) ของแต่ละวัน

^{ns} หมายถึงแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางผนวกที่ 6 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดตำรับที่ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C

ปัจจัยคุณภาพ	ตำรับที่ 2							
	เวลา (วัน)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
สีเหลืองส้ม*	6.57±3.44 ^a	6.19±2.54 ^a	6.21±3.11 ^{ab}	5.57±3.85 ^b	5.31±2.56 ^b	4.65±2.45 ^c	4.30±3.24 ^c	3.98±1.78 ^d
ความมันวาว*	7.98±3.65 ^a	7.19±3.55 ^a	7.21±3.65 ^a	7.12±2.31 ^a	6.64±2.11 ^{ab}	6.34±2.33 ^b	5.10±2.12 ^c	5.11±1.67 ^c
กลิ่นมะลิ*	7.81±3.21 ^a	7.53±4.55 ^a	6.43±3.43 ^b	6.32±2.15 ^b	5.54±1.67 ^c	5.12±2.31 ^c	4.64±2.11 ^{cd}	4.31±2.14 ^d
กลิ่นไข่ ^{ns}	5.13±2.45	4.93±2.44	4.79±2.11	4.50±2.41	4.31±1.55	4.20±1.43	3.45±1.45	3.21±1.33
กลิ่นหืน*	8.94±3.21 ^a	7.59±4.22 ^a	6.88±2.12 ^a	6.34±2.32 ^{ab}	5.82±2.34 ^b	5.54±3.21 ^b	5.08±1.23 ^b	3.38±1.55 ^c
รสหวาน ^{ns}	6.07±3.66	6.53±3.22	5.79±2.32	5.50±2.45	5.32±2.65	5.01±2.11	4.98±1.22	4.45±1.55
ความฉ่ำน้ำเชื่อม*	6.68±4.21 ^a	6.22±4.22 ^a	5.97±3.76 ^{ab}	5.69±2.87 ^b	4.68±1.67 ^c	4.21±1.89 ^c	3.67±2.11 ^d	3.50±1.12 ^d
ความนุ่ม ^{ns}	6.83±3.87	6.61±3.22	6.04±2.56	5.90±2.34	5.51±1.23	5.32±2.11	4.98±1.45	4.73±1.87
ความแน่นเนื้อ*	8.67±4.32 ^a	8.52±4.56 ^a	8.61±4.33 ^a	8.21±3.21 ^a	8.43±3.56 ^a	7.87±2.87 ^{ab}	7.05±2.88 ^b	6.62±2.65 ^b
รสหวานตกค้าง ^{ns}	6.46±4.32	6.69±4.22	6.72±3.43	6.32±2.13	5.54±1.32	5.65±3.43	5.78±2.54	5.77±1.44
กลิ่นรสไข่ตกค้าง ^{ns}	5.54±2.11	5.63±4.33	5.72±2.16	5.32±2.12	5.23±2.56	5.65±2.76	5.44±2.89	5.22±1.78
การยอมรับโดยรวม*	8.28 ^a ±4.23	7.43 ^a ±3.48	7.32±3.51 ^a	6.43±2.54 ^b	6.21±1.45 ^b	6.02±2.45 ^b	5.09±1.87 ^{bc}	4.43±1.97 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันอยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของแต่ละวัน, ^{ns} หมายถึงแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 7 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอด
 ดำรับพื้นฐานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C

ปัจจัยคุณภาพ	ดำรับพื้นฐาน				
	เวลา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
สีเหลืองส้ม ^{ns}	6.63±3.57	6.16±3.98	5.95±2.45	5.78±2.32	5.50±3.56
ความมันวาว ^{ns}	7.12±3.23	6.41±3.21	5.79±5.60	6.65±2.13	6.55±2.11
กลิ่นมะลิ ^{ns}	6.24±2.11	5.58±3.24	6.23±4.32	6.50±2.99	6.43±2.54
กลิ่นไข่ ^{ns}	8.43±3.45	8.35±3.89	8.19±3.90	8.29±2.33	8.23±3.21
กลิ่นหืน*	5.50±2.32 ^a	5.08±2.45 ^a	5.16±2.78 ^a	4.39±2.12 ^{ab}	2.71±1.21 ^b
รสหวาน*	8.43±3.78 ^a	8.09±3.21 ^a	8.92±2.65 ^a	7.90±3.21 ^a	5.78±2.11 ^a
ความฉ่ำน้ำเชื่อม ^{ns}	6.82±2.43	7.28±3.21	7.15±2.89	6.32±2.11	6.23±2.45
ความนุ่ม*	7.08±2.99 ^a	6.21±2.11 ^{ab}	5.30±1.23 ^b	5.25±2.78 ^b	5.45±1.39 ^b
ความแน่นเนื้อ*	8.17±3.21 ^b	9.88±4.54 ^a	9.44±3.96 ^{ab}	9.16±2.11 ^{ab}	8.56±3.66 ^b
รสหวานตกค้าง ^{ns}	7.30±2.45	6.78±2.67	6.67±1.65	6.32±2.23	5.34±1.67
กลิ่นรสไข่ตกค้าง ^{ns}	6.59±2.34	6.84±3.98	7.21±3.08	7.73±2.14	8.22±2.11
การยอมรับโดยรวม*	8.66±4.76 ^a	8.27±2.37 ^a	8.37±3.77 ^{ab}	8.08±3.22 ^b	6.43±2.81 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันอยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 (p≤0.05) ของแต่ละสัปดาห์

^{ns} หมายถึงแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางผนวกที่ 8 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองหยอดดำรับที่ 2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C

ปัจจัยคุณภาพ	ดำรับที่ 2					
	เวลา (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	5
สีเหลืองส้ม*	8.80±2.45 ^a	8.52±3.21 ^a	8.02±3.43 ^a	8.54±3.43 ^a	8.13±4.12 ^{ab}	6.70±3.44 ^c
ความมันวาว ^{ns}	8.97±3.45	8.66±3.45	8.45±4.32	8.34±2.32	8.20±2.56	7.91±2.34
กลิ่นมะลิ ^{ns}	8.71±3.69	7.70±3.54	7.50±2.34	7.34±3.42	7.13±3.98	6.93±2.12
กลิ่นไข่ ^{ns}	5.63±2.78	5.59±2.36	4.77±1.23	5.72±2.45	5.34±1.78	4.67±1.78
กลิ่นหืน*	6.99±2.31 ^a	6.89±3.67 ^a	6.78±2.13 ^a	5.81±1.32 ^{ab}	5.60±1.23 ^{ab}	3.58±1.34 ^b
รสหวาน*	8.43±3.21 ^a	7.85±2.78 ^{ab}	7.87±2.67 ^{ab}	7.15±2.78 ^{ab}	7.16±2.78 ^{ab}	5.77±2.11 ^b
ความฉ่ำน้ำเชื่อม ^{ns}	5.68±2.13	5.44±1.23	5.31±1.32	5.09±1.23	5.45±1.23	4.56±1.22
ความนุ่ม*	8.18± 3.45 ^a	8.06±3.54 ^a	8.79±3.54 ^a	7.32±3.24 ^b	6.93±2.90 ^b	6.78±1.34 ^b
ความแน่นเนื้อ ^{ns}	6.79±3.24	6.75±2.78	6.78±2.33	6.45±2.45	5.84±3.22	5.97±1.33
รสหวานตกค้าง ^{ns}	7.06±3.21	7.76±2.90	6.91±2.43	6.77±2.44	6.34±2.11	6.12±2.15
กลิ่นรสไข่ตกค้าง*	5.53±2.43 ^b	7.19±3.95 ^a	6.05±2.01 ^{ab}	5.34±2.11 ^b	4.65±1.22 ^c	4.32±1.23 ^c
การยอมรับโดยรวม*	7.86±3.45 ^a	7.87±2.76 ^{ab}	6.69±2.77 ^b	6.08±1.23 ^b	5.45±1.29 ^c	5.43±1.89 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันอยู่ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของแต่ละสัปดาห์, ^{ns} หมายถึงแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นางสาวพรคณา เขตต์ทองคำ
เกิดวันที่ 12 มกราคม 2515
สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา คศ.บ. คหกรรมศาสตร์ (อาหารและโภชนาการ) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
 คศ.ม. คหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -
ทุนการศึกษาที่ได้รับ ทุนพัฒนานุคคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต