โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ที่มีปัญหาการกลืน

ชื่อนิสิต นางสาววรันธร นาคสัมฤทธิ์

นายลัทธนันท์ ศรีอรุณ

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

ปีการศึกษา 2561

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงงานทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงงานทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)

are the senior project authors' files submitted through the faculty.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ที่มีปัญหาการกลืน

โดย

นางสาว วรันธร นาคสัมฤทธิ์ 5832566323

นาย ลัทธนันท์ ศรีอรุณ 5832564023

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐธิดา โชติช่วง

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ประจำปีการศึกษา 2561

Development of semi solid food product for patients with difficulty swallowing

Warunthorn Naksamrit

Lattanan Sriaroon

Project Advisor

Assist. Prof. Nattida Chotechuang, Ph.D.

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2018

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืน

โดย นางสาววรันธร นาคสัมฤทธิ์

นายลัทธนันท์ ศรีอรุณ

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐธิดา โชติช่วง

ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

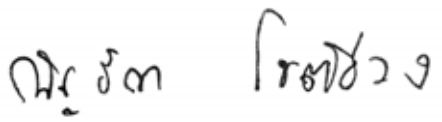
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ประจำปีการศึกษา 2561

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร



.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐธิดา โชติช่วง)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืน
โดย นางสาววรันธร นาคสัมฤทธิ์
นายลัทธนันท์ ศรีอรุณ
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐธิดา โชติช่วง
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

ผู้ที่มีภาวะการกลืนลำบากมักประสบปัญหาในด้านร่างกายจากภาวะทุพโภชนาการอันเนื่องมาจากการสำลักการเคี้ยวและการกลืนอาหารที่ยากลำบาก ทำให้เกิดการหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารและน้ำ ซึ่งผู้ป่วยที่มีปัญหาการบดเคี้ยวและการกลืนมักพบมากในกลุ่มผู้สูงอายุอันเนื่องมาจากการเสื่อมสภาพการทำงานของอวัยวะต่างๆในร่างกายและผลกระทบจากโรคต่างๆ นอกจากนี้โรคไตเรื้อรังและเบาหวานยังเป็นโรคที่พบมากในกลุ่มผู้สูงอายุอีกด้วย ซึ่งผู้ป่วยกลุ่มนี้มีข้อจำกัดในการบริโภคอาหารอันเนื่องมาจากความผิดปกติในการทำงานของไตและระบบเมตาบอลิซึมในร่างกาย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่มีสารอาหารเหมาะสมสำหรับกลุ่มผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังและเบาหวาน รวมทั้งให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่มีปัญหาการกลืน งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกคือการออกแบบ nutrition profile ให้เหมาะสมกับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังและเบาหวาน ซึ่งประกอบด้วยโปรตีน 6.01 กรัม คาร์โบไฮเดรต 16 กรัม ไขมัน 8 กรัม ใยอาหาร 8.91 กรัม โซเดียม 0.2 กรัม โพแทสเซียม 0.6 กรัม และฟอสฟอรัส 0.2 กรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค 261 กรัม จากนั้นหาสูตรของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่มีเนื้อสัมผัสเหมาะสมโดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมซึ่งใช้อาหารพระราชทานนูทริ เจลลี่ โดยทำการแปรสัดส่วนของสารก่อให้เกิดเจล(คาราจีแนน)ต่อสารเพิ่มความข้นหนืด(กัวกัม)เป็น 7:1, 5:3, 3:5 และ 1:7 และวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) จากผลการทดลองพบว่าค่าเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับอาหารพระราชทานนูทริ เจลลี่มากที่สุดคือสูตรคาราจีแนนต่อกัวร์กัมเป็น 5:3 โดยมีค่า hardness และค่า adhesiveness ไม่มีความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)ในขั้นตอนที่สอง ได้ทำการศึกษารสชาติที่ผู้บริโภคยอมรับ โดยนำอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่ได้จากขั้นตอนแรกมาทำการแปรสัดส่วนสารให้ความหวาน 3 สูตรคือ sucralose ต่อ maltitol เป็น 1:0, 0.5:0.5 และ 0:1 มาทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 7-point hedonic scale พบว่าอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส, สี และลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสูตรที่ใช้สัดส่วน sucralose ต่อ maltitol เป็น 1:0 ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และในขั้นตอนสุดท้าย ได้นำอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสูตรที่เหมาะสมที่สุดไปผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแบบสเตอริไลส์ที่ 118 °C 30 นาที พบว่าค่า F_0 เท่ากับ 4.1 และทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์หลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ พบว่าค่าวิเคราะห์เนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตัวอย่างควบคุม ($p > 0.05$) , มีค่า pH เท่ากับ 6.37 , ค่าสีในระบบ L* เท่ากับ 79.34, A* เท่ากับ 4.12 และ B* เท่ากับ 12.26, และวิเคราะห์องค์ประกอบอาหาร (proximate analysis) มีค่าโปรตีน 6.71 กรัม คาร์โบไฮเดรต 24.74 กรัม ไขมัน 7.70 กรัม โซเดียม 0.09 กรัม โพแทสเซียม 0.30 กรัม ฟอสฟอรัส 0.11 กรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค 261 กรัม ตามลำดับ

Project Title	Development of semi solid food product for patients with difficulty swallowing
Student	Warunthorn Naksamrit
	Lattanan Sriaroon
Study Program	Bachelor of Science in Food Technology
Advisor	Assist. Prof. Nattida Chotechuang, Ph.D.
Academic	2018

ABSTRACT

People with dysphagia often experience physical problems due to choking or difficult swallowing when they eat food or drink water which will lead to malnutrition. Dysphagia can occur at any age, but it's more common in the elderly because of deterioration of the functions of various organs in the body and the effects of various diseases. In addition, chronic kidney disease and diabetes are often found in the elderly.This group of patients has a limitation in food intake due to abnormalities in the kidneys and metabolism in the body. The objective of this research is to develop semi-solid food that have suitable nutrition profile for chronic kidney disease and diabetes patients as well as providing an appropriate food texture for those with swallowing problems. This research is divided into 3 steps. The first step is to design nutrition profiles that suitable for chronic kidney disease and diabetes in one serving size (261 grams) which consists of 6.01 grams of protein, 16 grams of carbohydrates, 8 grams of fat, 8.91 grams of fiber, 0.2 gram of sodium, 0.6 gram of potassium and 0.2 gram of phosphorus. Then, varying the proportion of gelling agent (carrageenan) to thickening agent (guar gum) to 7:1, 5:3, 3:5 and 1:7 and analyze the textures using Texture Profile Analysis (TPA) method compare to the control sample (Nutri Jelly) to find the most appropriate texture. It is found that the proportion of carrageenan to guar gum to 5:3 has the most appropriate texture due to hardness and adhesiveness are no significant difference when compare to the control sample ($p > 0.05$). The second step is sensory analysis on different proportion of sucralose to maltitol to 1:0, 0.5:0.5 and 0:1 evaluated on 7-point hedonic scale. It is found that there are no significant difference in flavor, color and appearance between each proportion of sucralose to maltitol ($p > 0.05$). However, proportion of sucralose to maltitol to 1: 0 has highest hedonic scores of taste and overall acceptability ($p \leq 0.05$). And in the final step, the appropriate formular is sterilized at 118 °C for 30 minutes in horizontal stream retort. The sterilization value is 4.1. Texture analyses show that there are no significant difference in hardness and adhesiveness when compare to the control sample ($p > 0.05$). The pH is 6.37.The color in L^* A^* B^* is 79.34, 4.12 and 12.26. The food composition analyses show that there are 6.71 grams of protein, 24.74 grams of carbohydrates, 7.70 grams of fat , 0.09 gram of sodium, 0.30 gram of potassium and 0.11 gram of phosphorus.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรีของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ โดยได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2557 ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐธิดา โชติช่วง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐธิดา โชติช่วง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย Senior Project อาจารย์ได้ปลูกฝังแนวคิด สร้างแรงบันดาลใจ ชี้แนะแนวทางการทางานวิจัยที่เป็นระบบโดยเริ่มตั้งแต่การเขียนโครงร่างงานวิจัย ค้นคว้าข้อมูล การทดลองที่ตอบวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ในงานวิจัย การแก้ไขปัญหาต่างๆ ระหว่างการทดลอง และการเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ รวมถึงการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์แก่การทำวิจัย ทำให้คณะผู้วิจัยทำงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารในการให้คำแนะนำ คำถาม คำสอนที่เป็นองค์ประกอบของงานวิจัยผ่านวิชา Senior Project และการนำเสนองานวิจัยโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร โดยเฉพาะคุณสราวุฒิ แถลงกิจ ที่คอยชี้แนะเทคนิคในการใช้เครื่องมือต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ Processing และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์แก่การดำเนินงาน รวมถึงการอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือต่างๆ

ขอขอบคุณบริษัท **เฟิร์มเมนนิช (ประเทศไทย) จำกัด** ที่ให้การสนับสนุนด้านกลิ่นรสในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ทำให้งานวิจัยมีกลิ่นรสที่คณะผู้วิจัยต้องการ

ขอขอบคุณคุณวรวุฒิ กุลแก้ว และ**มูลนิธิทันตนวัตกรรม ในพระบรมราชูปถัมภ์** ที่ให้การสนับสนุนตัวอย่างอ้างอิงที่ใช้ในการวิจัยผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ที่มีปัญหาการกลืน และความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เจลลี่โภชนา

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ และคุณแม่ และทุกคนในครอบครัวที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และเป็นกำลังใจที่สำคัญตลอดระยะเวลา 4 ปีที่ศึกษาในหลักสูตรเทคโนโลยีทางอาหาร และ 1 ปีที่ทำงานวิจัย Senior Project นี้

คณะผู้วิจัย

นางสาววรันธร นาคสัมฤทธิ์

นายลัทธนันท์ ศรีอรุณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
ส่วนเนื้อหา	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการทดลอง	16
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ผล	24
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	40
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	45
ภาคผนวก ข	46
ภาคผนวก ค	48
ภาคผนวก ง	49
ภาคผนวก จ	50
ภาคผนวก ฉ	93

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ระยะต่างๆ ของโรคไต	3
1.2	คำแนะนำเรื่องอาหารในโรคไตเสื่อมเรื้อรัง	4
2.1	ระยะของโรคไตเรื้อรัง ตามอัตราการกรองของไต (GFR)	10
2.2	สารอาหารหลักที่ควรได้รับในผู้ป่วยโรคไตจากเบาหวาน	13
2.3	ปริมาณสารอาหารและแหล่งที่มาของสารอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคไตจากเบาหวาน ทั้งชนิด 1 และ 2	14
2.4	ปริมาณสารอาหารที่ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังควรได้รับ	15
3.1	ข้อมูลโภชนาการของอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคไตและเบาหวาน	17
3.2	ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ป่วยโรคไตเนื่องจากเบาหวานขนาด 1 หน่วยบริโภค (186 กรัม)	18
3.3	การแปรปริมาณสารให้ความหวานทั้ง 3 สูตร	19
3.4	ส่วนผสมในการพัฒนาน้ำซอสราสเบอร์รี่ รับประทานคู่กับผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว ขนาด 1 หน่วยรับประทาน (261 กรัม)	21
4.1	การออกแบบพลังงานและสารอาหารในผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผู้ป่วยโรคไตเนื่องจากเบาหวาน ขนาด 1 หน่วย บริโภค (261 กรัม)	25
4.2	ผลวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส (TPA) ของตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่มีการแปรอัตราส่วนกัวร์กัมและคาราจีแนนทั้ง 4 สูตรเทียบกับ control	26
4.3	ผลวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส (TPA) ของตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสูตรที่ 1 และ 2 หลังการฆ่าเชื้อในเครื่อง autoclave เปรียบเทียบกับ control	28
4.4	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของสารให้ความหวานแต่ละชนิดในด้านต่างๆ	29
4.5	ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว	30
4.6	ผลวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส (TPA) ของตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวโดยกระบวนการสเตอริไลส์ในเครื่อง autoclave และเครื่องรีทอร์ท เปรียบเทียบกับ control	31
4.7	ค่าสี L^* A^* B^* และค่าการเปลี่ยนแปลงสี ΔE ของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการสเตอริไลส์	32
4.8	ค่าเนื้อสัมผัส (TPA)ภายหลังผ่านการสเตอริไลส์เป็นระยะเวลา 15 วัน	34
4.9	ค่าสี L^* A^* B^* และค่าการเปลี่ยนแปลงสี ΔE ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน	35
4.10	ค่า pH และปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน	36
4.11	ค่าสี L^* A^* B^* และค่าการเปลี่ยนแปลงสี ΔE ของซอสราสเบอร์รี่ระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน	27
4.12	ค่าความหนืด (cP) , pH และปริมาณน้ำอิสระในซอสราสเบอร์รี่ระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน	37
4.13	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวราดซอสราสเบอร์รี่ต่อปริมาณ 100 กรัมอาหาร	39
4.14	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวราดซอสราสเบอร์รี่ต่อปริมาณ 1 หน่วยบริโภค 261 กรัม	39

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	“กฎร้อยละ 50” ของโรคเบาหวานในประเทศไทย	2
1.2	ความแพร่หลายของภาวะแทรกซ้อนในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ได้รับการดูแลรักษา	3
2.1	กราฟการไหลของของไหลหนืดข้นระดับ Nectar-like โดยใช้ Thickening powder	7
2.2	กราฟการไหลของของไหลหนืดข้นระดับ pudding-like โดยใช้ Thickening powder	7
2.3	ระยะของโรคไตเรื้อรัง ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 1	10
4.1	ตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสูตรที่ 1(ซ้าย) และสูตรที่ 2(ขวา) หลังผ่านการฆ่าเชื้อโดยเครื่อง autoclave ที่อุณหภูมิ 118°C ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว 15 นาที	28
4.2	ตำแหน่งของ thermocouple	30
4.3	ตำแหน่งของ thermocouple ในรีทอร์ท	30
4.4	สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการสเตอริไลส์(ซ้าย) และหลังการสเตอริไลส์(ขวา)	32

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบัน มีผู้ป่วยประสบปัญหาด้านการกลืนลำบากเป็นจำนวนมาก เมื่อเกิดภาวะกลืนลำบาก ต้องให้การรักษาอย่างทันท่วงที เพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อน ในด้านร่างกาย ผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืนอาจหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารและดื่มน้ำ อันเนื่องจากภาวะกลืนลำบาก ทำให้ร่างกายขาดสารอาหารและน้ำ เกิดภาวะทุพโภชนาการ ทำให้ร่างกายอ่อนแอและง่ายต่อการติดเชื้อ อันเนื่องมาจากภูมิต้านทานลดลง ในด้านสังคมและจิตใจ ผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการกลืน มักมีความกังวลในการรับประทานอาหารร่วมกับผู้อื่น ทำให้ออกห่างจากสังคม นำไปสู่ความเศร้า หดหู่ ซึ่งจะทำให้คุณภาพชีวิตแย่ลง และความอยากอาหารลดลง ยิ่งทำให้สุขภาพทรุดโทรมลงไปอีก[1]

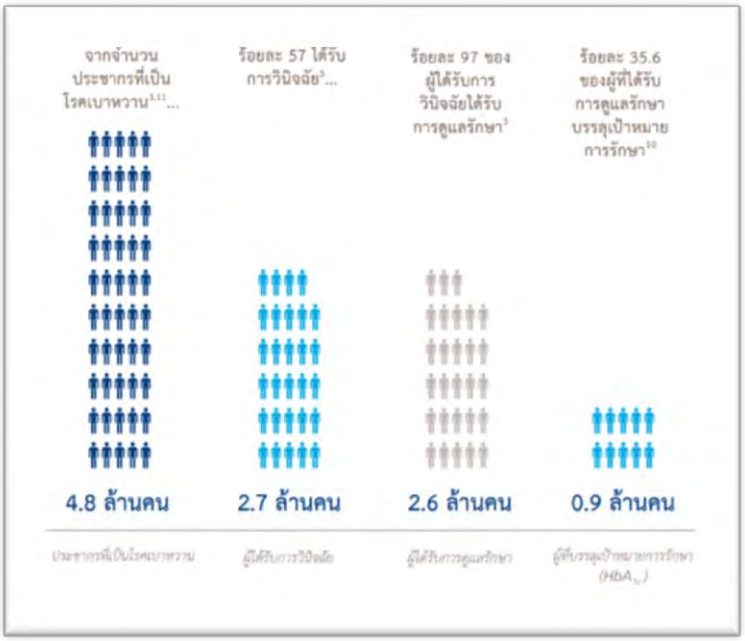
สาเหตุของภาวะกลืนลำบาก สามารถเกิดจาก ความบกพร่องของระบบประสาท เช่นโรคอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้ออย่างเรื้อรัง หรือเนื้องอกที่ก้านสมอง, อุบัติเหตุของเส้นเลือดในสมอง เช่น เส้นเลือดในสมองอุดตัน หรือเส้นเลือดในสมองแตก ผลทำให้บริเวณสมองหรือเส้นประสาทที่ควบคุมอวัยวะในการกลืนขาดเลือดไปเลี้ยง ทำให้เกิดภาวะกลืนลำบาก, ผลจากการผ่าตัด เช่น ภาวะกลืนลำบากที่เกิดจากการผ่าตัดเอากล่องเสียงออก การใส่ท่อหายใจเป็นระยะเวลานาน ทำให้กลไกการกลืนผิดปกติไป, ภาวะโรคต่างๆ เช่น ในผู้ป่วยพาร์กินสัน มีความแพร่หลายของโรคร้อยละ 52-82, โรคอัลไซเมอร์ ร้อยละ57-84, โรคหลอดเลือดสมอง ร้อยละ 37-78, โรคมะเร็งศีรษะและลำคอ ตลอดจนผู้ป่วยที่ได้รับผลกระทบจากการทำเคมีบำบัด ร้อยละ 44-50 และร้อยละ 15-40 เกิดจากการเสื่อมของระบบการทำงานต่างๆของร่างกาย รวมทั้งการกลืน พบในผู้สูงอายุ[2]

ดังนั้น ผู้ป่วยกลืนลำบากจึงต้องได้รับการตรวจและการกำกับดูแลภาวะโภชนาการอยู่เสมอ เพื่อให้แน่ใจว่าผู้ป่วยได้รับสารอาหารและน้ำอย่างเพียงพอ

การดูแลภาวะโภชนาการของผู้ป่วย สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการปรับอาหารให้เหมาะสมกับความสามารถในการกลืนของผู้ป่วย อาหารสำหรับผู้ป่วยที่มีภาวะกลืนลำบาก ควรเป็นอาหารที่มีการดัดแปลงเนื้ออาหาร โดยปั่นละเอียดและหนืดข้นเหมือนอาหารเด็ก หรืออาหารที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว คล้ายแป้งเปียก และต้องเลือกอาหารที่ปลอดภัย ไม่ก่อให้เกิดการไอและสำลัก[3]

นอกจากนี้ในการจัดอาหารให้แก่ผู้ป่วยกลืนลำบากนั้น ควรคำนึงถึงความชอบ ของผู้ป่วย โรคประจำตัว เช่น โรคเบาหวาน โรคไต ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ รวมถึงการแพ้อาหารร่วมด้วย เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถรับประทานอาหารได้อย่างปลอดภัย มีความสุข และมีคุณภาพชีวิตที่ดี

มากกว่าร้อยละ 70 ของการเสียชีวิตทั้งหมดในประเทศไทย มีสาเหตุมาจากโรคไม่ติดต่อเรื้อรังซึ่งรวมถึงโรคเบาหวาน ในปี พ.ศ.2559 พบว่ามีการเสียชีวิตที่สัมพันธ์กับโรคเบาหวานเป็นจำนวนประมาณ 76,000 ราย หรือมากกว่า 200 รายใน แต่ละวัน ข้อมูลจากการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดย การตรวจร่างกายครั้งที่ 5 (NHES V) พบความแพร่หลายของโรคเบาหวานในประเทศไทยในผู้ที่มีอายุ ตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป จากเดิมร้อยละ 6.9 ในปี พ.ศ.2552 เพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 8.9 ในปี พ.ศ.2557 ซึ่งคาดว่ามีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ คาดว่าคนไทยที่เป็นผู้ใหญ่จำนวน 7.5 ล้านคน ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวานในปัจจุบัน มีแนวโน้มที่จะเป็นโรคเบาหวานในอนาคตถึง ร้อยละ 70 ในประเทศไทยมีเพียงร้อยละ 57 ของผู้ที่เป็นโรคเบาหวานที่ได้รับการวินิจฉัย ซึ่งส่วนใหญ่ของผู้ที่ได้รับการวินิจฉัยจะได้รับการรักษามีเพียงร้อยละ 35.6 ของผู้ที่ได้รับการรักษาบรรลุเป้าหมายการรักษา[4]

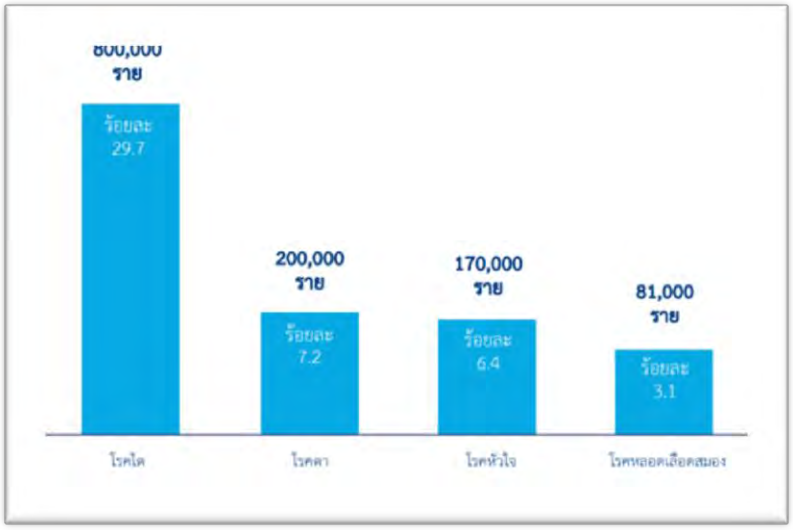


รูปที่ 1.1 “กฎร้อยละ 50” ของโรคเบาหวานในประเทศไทย[4]

ในปัจจุบันมีคนไทย 2-9 ล้านคนที่เป็นโรคไต ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในระยะที่ 2 และ 3 ซึ่งมีผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ได้รับการรักษาเกือบร้อยละ 30 เป็นโรคไตเรื้อรัง คิดเป็นจำนวนถึง 800,00 ราย มีเพียงร้อยละ 1.9 ของประชากรไทยที่ทราบว่าตนเองเป็นโรคไต ซึ่งปัจจัยหลักของการเกิดโรคไต ได้แก่ อายุที่มากขึ้น โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ประวัติการใช้ยาแผนโบราณ และนิ่วในไต มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าโรคเบาหวานที่ควบคุมไม่ดีจะเร่งการดำเนินโรคไตได้ในทุกระยะของโรค โดยร้อยละ 57 ของผู้ป่วยไทยที่เป็นโรคเบาหวาน และมีโรคไตร่วมด้วย มีการดำเนินไปสู่โรคไตตั้งแต่ระยะ 3 ถึงระยะสุดท้าย ซึ่งทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายเพื่อการดูแลรักษารวมถึงหัตถการที่มีค่าใช้จ่ายสูง เช่น การล้างไตเป็นประจำ[4]

ตารางที่ 1.1 ระยะต่างๆ ของโรคไต[5]

ระยะ	ลักษณะแสดง	GFR (มล/นาที/1.73 ม^2)
1	ไตเสื่อมแต่ GFR ยังปกติ	≥ 90
2	ไตเสื่อมและ GFR เริ่มลดลง	60-89
3	ไตเสื่อมและ GFR เสียปานกลาง	30-59
4	ไตเสื่อมและ GFR เสียมาก	15-29
5	ไตวาย	< 15 (ต้องล้างไต)



รูปที่ 1.2 ความแพร่หลายของภาวะแทรกซ้อนในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ได้รับการดูแลรักษา[4]

โรคไตระยะที่ 3 หรือ 4 การทำงานของไตจะลดเหลือเพียงร้อยละ 20-50 จะมี creatinine ประมาณ 2-5 มก/ดล, ซีดเล็กน้อย และมีการคั่งของ Na, K, Mg, P และน้ำ การให้อาหารที่ถูกต้องจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะถ้าไตเสื่อมจนถึงขั้นเรื้อรังจะมีอาการเบื่ออาหาร และมีการทำลายกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ทำให้ผอม กล้ามเนื้อน้อย ในเด็กจะเจริญเติบโตช้า การสร้างอัลบูมินจะน้อยลง การให้อาหารที่เหมาะสมจะหยุดยั้งการเสื่อมของโรคไต และชะลอการล้างไตได้ ดังตารางที่ 1.2 จะเห็นได้ว่า ในแต่ละขั้นตอนจะมีการควบคุมสารอาหารแตกต่างกันไป แล้วแต่กระบวนการที่จะต้องดำเนินการ เพื่อให้ร่างกายอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม ถ้าการทำงานของไตน้อยกว่าร้อยละ 10 ค่า creatinine จะมากกว่า 7 มก/ดล การควบคุมอาหารจะไม่เพียงพอที่จะควบคุมอาการของโรคได้ จึงจำเป็นต้องล้างไต ซึ่งทำให้สามารถให้อาหารได้มากขึ้น[5]

ตารางที่ 1.2 แสดงคำแนะนำเรื่องอาหารในโรคไตเสื่อมเรื้อรัง[5]

สารอาหาร	ก่อนล้างไต	ฟอกเลือด	ล้างไตทางช่องท้อง	รอเปลี่ยนไต	หลังเปลี่ยนไต
พลังงาน	30-35 K Cal/kg IBW	30-35 K Cal/kg IBW	20-35 K Cal/kg IBW	30-35 K Cal/kg IBW	30-35 K Cal/kg IBW
โปรตีน	0.6-1 g/kg IBW	1.1-1.4 g/kg IBW	1.2-1.5 g/kg IBW	1.5-2 g/kg IBW	1.3-2 g/kg IBW
Na	1-3 g/day	2-3 g/day	2-4 g/day	ขึ้นกับปริมาณน้ำหนักของแต่ละคน	2-4 g/day
K	ขึ้นกับผลตรวจเลือด	90-70 mEq/kg	ไม่ควบคุมปรับตามค่าตรวจเลือด	ปรับตามค่าตรวจเลือด	ไม่ควบคุม
P	8-12 mg/kg IBW	< 17 mg/kg IBW	< 17 mg/kg IBW	< 17 mg/kg IBW	ไม่ควบคุม
สารน้ำ	แล้วแต่บุคคล	500-750 มล+ปัสสาวะที่ออกมา ถ้าไม่มีปัสสาวะให้ 1000 มล/วัน	ไม่คุม	แล้วแต่บุคคล	ไม่คุม

โครงการนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมของรูปแบบอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว ความหนืดและลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมต่อการกลืนของผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืน และข้อจำกัดอื่นๆของร่างกาย เช่น โรคเบาหวาน โรคไต เป็นต้น ตลอดจนรูปแบบของอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่เหมาะสมต่อการนำไปฆ่าเชื้อโดยวิธีสเตอริไลส์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องได้ 6-12 เดือน

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ออกแบบสารอาหารที่เหมาะสมต่อผู้ป่วยโรคไตเนื่องจากเบาหวาน
2. ศึกษาผลของปริมาณกัวกัมและคาราจีแนนที่มีผลต่อการเกิดเจลที่มีเนื้อสัมผัสเหมาะสมต่อผู้มีปัญหาด้านการกลืน
3. ศึกษาชนิดของสารให้ความหวานต่อความชอบโดยรวมของผู้บริโภค
4. ศึกษาผลของการสเตอริไลส์ต่อลักษณะทางกายภาพ และเคมีของอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว

ขอบเขต/กรอบแนวคิดของการวิจัย

1. การศึกษาหาความเหมาะสมของรูปแบบอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว ความหนืดและลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมต่อการกลืนของผู้ป่วยที่เป็นโรคไตจากเบาหวาน ที่มีภาวะกลืนลำบาก
2. ออกแบบปริมาณสารอาหารต่างๆ ที่ถูกตามหลักโภชนาการ
3. การศึกษาหารูปแบบของอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่เหมาะสมต่อการนำไปฆ่าเชื้อโดยวิธีสเตอริไลส์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องได้ 6-12 เดือน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องได้ระยะเวลา 6-12 เดือน
2. ได้อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่มีสารอาหารเหมาะสม ซึ่งช่วยป้องกันภาวะทุพโภชนาการแก่ผู้ป่วยที่เป็นโรคไตจากเบาหวาน ที่มีภาวะกลืนลำบาก
3. เพิ่มความสะดวกในการจัดเตรียมอาหาร สามารถรับประทานอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวได้ที่บ้าน

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 การออกแบบอาหารสำหรับผู้มีปัญหาด้านการกลืน

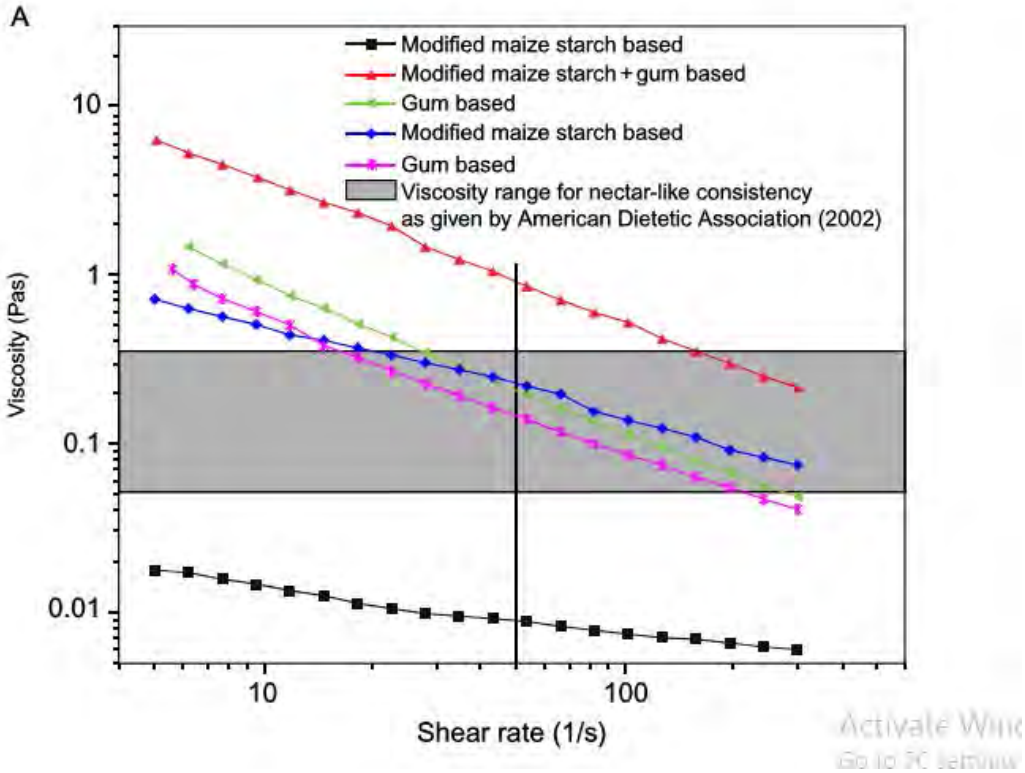
Food Bolus Rheology

คือการศึกษาพฤติกรรมเชิงกลของอาหารในการตอบสนองต่อแรงที่มากระทำ โดยการตอบสนองที่เกิดขึ้น อยู่ในรูปของการไหล และการเสียรูปของ food bolus โดยการศึกษาลักษณะของก้อน bolus นั้นสัมพันธ์กับกระบวนการกลืนอาหาร

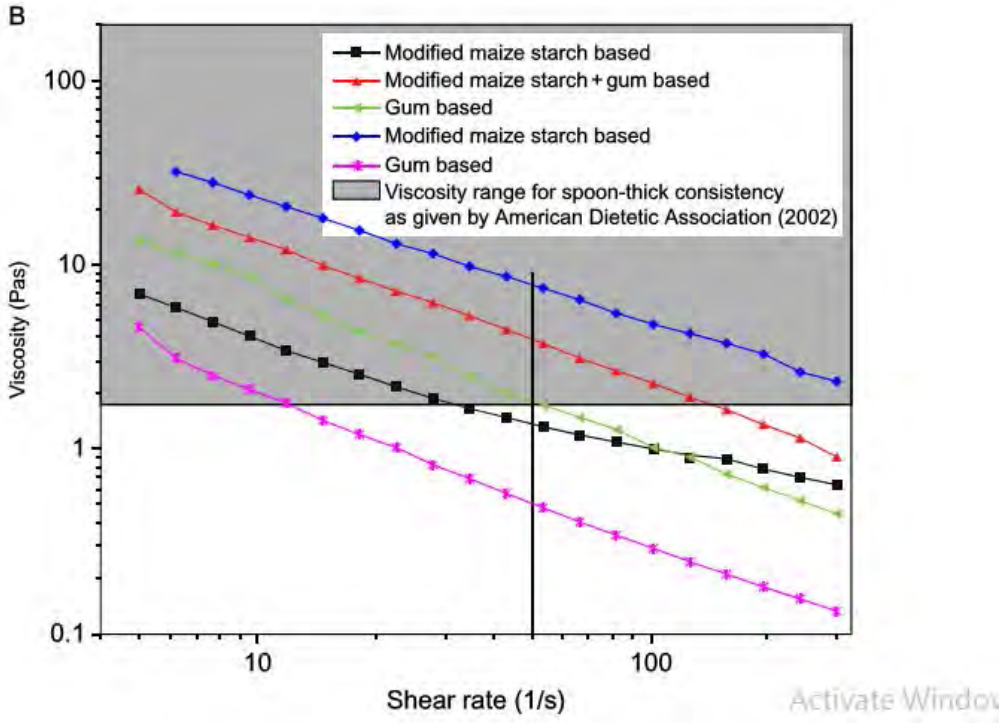
Food bolus เป็นก้อนอาหารที่คลุกเคล้ากับเอนไซม์อะไมเลสในช่องปาก ทำให้มีลักษณะกึ่งของแข็ง มีลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร เช่น hardness, gumminess, springiness, creaminess, crispness, brittleness, chewiness, adhesiveness และ cohesiveness ซึ่งลักษณะเหล่านี้ เกี่ยวข้องกับประสาทสัมผัสของคน

The National Dysphagia Diet Task Force (2002) ได้แบ่งระดับความหนืดของ Thickened Liquids โดยการวัดแรงเฉือนความหนืด ที่อุณหภูมิมาตรฐาน 25 องศาเซลเซียส ที่อัตราแรงเฉือน 50 s^{-1} เป็น 4 ระดับ

1.) ระดับ Thin สำหรับความหนืดต่ำกว่า 50 mPa*s
2.) ระดับน้ำเชื่อม (Nectar-like) สำหรับความหนืดอยู่ในช่วง 51-350 mPa*s
3.) ระดับน้ำผึ้ง (Honey-like) สำหรับความหนืดอยู่ในช่วง 351-1750 mPa*s
4.) ระดับพุดดิ้ง หรือ Spoon-thick สำหรับความหนืดมากกว่า 1750 mPa*s [6]



รูปที่ 2.1 แสดงกราฟการไหลของของไหลหนืดข้นระดับ Nectar-like โดยใช้ Thickening powder[6]



รูปที่ 2.2 แสดงกราฟการไหลของของไหลหนืดข้นระดับ pudding-like โดยใช้ Thickening powder[6]

2.2 วัตถุดิบ

2.2.1 คาราจีแนน(Carrageenan)

เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเล มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ไอริชมอส (Iris moss) แหล่งกำเนิดมาจากทวีปยุโรปตอนเหนือ สันนิษฐานว่าชื่อคาราจีแนนนี้อาจมาจากคำใน ภาษาไอริชว่า carraigin ซึ่งหมายถึง หินก้อนเล็กๆ และเข้าใจว่าประเทศไอร์แลนด์เป็นประเทศแรกที่ผลิตคาราจีแนนได้ โดยใช้สารละลายด่างสกัดออกจากสาหร่ายทะเลสีแดง Rhodophyceae เพราะ เดิมจะใช้สาหร่ายนี้ในการทำพุดดิ้งจากนมในแคว้นเบรอตาญ (Bretagne) ของประเทศฝรั่งเศสก็มีผลิตภัณฑ์เจลจากนมที่ชื่อว่า บล็องม้องจ์ (blancmange) ซึ่งเตรียมจากสาหร่ายทะเลเช่นเดียวกัน[7]

คาราจีแนนแคปป้าละลายได้ดีในน้ำอุ่น อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส สามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนในนมให้เจลลี่ หลอมได้เมื่อถูกความร้อน เจลนี้จะมีลักษณะเปราะและเกิดการแยกน้ำ (syneresis)ได้ง่าย ดังนั้นจึงมักใช้ร่วมกับตัวอื่น (เช่น โลคัสบีนกัม) เพื่อแก้ปัญหานี้ ส่วนชนิดไอโอต้า จะละลายในน้ำอุ่น 55 องศาเซลเซียส เกิดปฏิกิริยากับโปรตีนในนมให้เจลลี่ที่มีความยืดหยุ่น (elastic gel) โดยไม่มีการแยกจากชั้นน้ำ แต่เจลที่ได้ไม่ทนความร้อนเช่นกัน สำหรับชนิดแลมบ์ด้านั้นสามารถละลายได้ในน้ำเย็น และใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดเท่านั้น หากทำปฏิกิริยากับโปรตีนในนมจะได้เจลที่เละ ในทางปฏิบัติแล้วจะไม่ใช้คาราจีแนนชนิดใดชนิดหนึ่งแต่จะผสมกันอื่นๆในอัตราส่วนต่างๆกันตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแตกต่างกันไปมาก[7]

2.2.2 กัวร์กัม (Guar gum)

กัมชนิดนี้มีลักษณะเป็นแป้งสีขาวออกเทา สกัดได้จากส่วนเอนโดสเปิร์มของเมล็ด *Cyamopsis tetragonolobus* ซึ่งเป็นพืชล้มลุกในตระกูลถั่ว มีปลูกมากในประเทศอินเดียและปากีสถาน ปัจจุบันแพร่หลายไปในทวีปอเมริกาเหนือ และปลูกกันมากที่เท็กซัส แคลิฟอร์เนียและอาริโซนา การสกัดทำโดยแช่เมล็ดถั่วในน้ำร้อน ลอกเปลือกออก โม่แล้วกรอง ตกตะกอนกัมด้วยไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ บีบซับตะกอนที่ได้ให้แห้ง ล้างซ้ำ และอบแห้ง บดให้ได้ขนาดที่ต้องการ ส่วนประกอบของกัมนี้เป็นกาแลคโตแมนแนน ซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลสายตรงเป็นโพลิเมอร์ของ ดี-แมนโนส และทุกๆ 2 หน่วย จะมีกิ่งเป็น ดี-กาแลกโตส 1 หน่วย มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 300,000 มีส่วนคล้ายโลคัสบีนกัม ซึ่งมีอัตราส่วนของ กาแลคโตสต่อแมนโนสเป็น 1:4 เพราะจุดประสงค์หลักในการพัฒนากัมชนิดนี้ก็เพื่อจะนาไปใช้ทดแทนโลคัสบีนกัม[8]

กัมชนิดนี้ละลายได้ในน้ำเย็นและไม่ทำให้เกิดเจลโดยลำพังแต่จะเกิดได้เมื่อมีคาราจีแนนปนอยู่ด้วย นิยมใช้เป็นสารที่ทำให้คงตัวในเครื่องดื่มที่มีโกโก้เป็นส่วนผสม[8]

2.2.3 อินูลิน (Inulin)

อินูลินคือคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ จัดเป็นเส้นใยอาหารประเภทที่ละลายได้ในน้ำ ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารและไม่ให้พลังงาน แต่ถูกย่อยได้ด้วยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ มีสมบัติเป็นพรีไบโอติกซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ โมเลกุลของอินูลินเป็นเฮเทอโรพอลิแซ็ก-คาไรด์ ซึ่งมีโมเลกุลของน้ำตาลมากกว่า 1 ชนิดมาเชื่อมต่อกัน โดยเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลฟรักโทส 10-60 โมเลกุล จึงอาจเรียกว่า ฟรักแทน แต่มีโมเลกุลที่ปลายสุดด้านหนึ่งเป็นน้ำตาลกลูโคส อินูลินเป็นเส้นใยอาหารที่พืชเก็บสะสมไว้ เป็นอาหารพบในพืช ผักและผลไม้หลายชนิด เหมือนการสะสมสตาร์ช พบได้ในหัวกระเทียม หอมหัวใหญ่ หน่อไม้ฝรั่ง กล้วย ดอกอาร์ติโชค แก่นตะวัน และหัวชิคอรี เป็นต้น[9]

2.3 โรคไตจากเบาหวาน (Diabetic Kidney Disease)

ผู้ป่วยโรคเบาหวาน มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมากจากการเพิ่มขึ้นของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ซึ่งโรคเบาหวาน (ทั้งชนิดที่ 1 และ 2) มีผลกระทบสำคัญในการพัฒนาไปเป็นโรคไตจากเบาหวาน (Diabetic Kidney Disease, DKD) ดำเนินไปสู่โรคไตเรื้อรัง (chronic kidney disease, CDK) และนำไปสู่ ระยะไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย (end – stage renal disease, ESRD) [10]

ภาวะแทรกซ้อนทางไตที่เกิดจากโรคเบาหวานโดยตรง เกิดจากสาเหตุหลักคือ ภาวะระดับน้ำตาลในเลือดสูง และภาวะความดันโลหิตที่สูง ทำให้เกิดอันตรายกับหลอดเลือดในไต การทำงานของไตมากขึ้นสุดท้ายแล้วการทำงานของไตจะลดลงเป็นลำดับ เป็นผลให้เกิดภาวะ microalbuminuria และ macroalbuminuria จนเกิดภาวะไตวาย (ESRD) และต้องได้รับการบำบัดไต นอกจากนี้ เบาหวานยังเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด และไขมันในเลือดสูงร่วมด้วย [11]

2.3.1) การตรวจวัดและประเมินค่าโรคไตจากเบาหวานในระดับคลินิก

การคัดกรองและวินิฉัยโรค ทำได้โดยการตรวจวัดอัตราการกรองของไต โดยการตรวจวัดค่า glomerular filtration rate (GFR) < 60 mL/min/1.73 m^2 และการตรวจวัดระดับโปรตีนแอลบูมินในปัสสาวะ > 30 mg/g ของซีรั่มครีเอตินิน [10]

2.3.2) การวินิจฉัยโรคไตจากเบาหวาน

The National Kidney Foundation’s Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (KDOQI) guideline ได้วินิจฉัยระยะของโรคไตเรื้อรัง ตามอัตราการกรองของไต (GFR) ซึ่งวิเคราะห์จากระดับของซีรั่มครีเอตินิน

ตารางที่ 2.1 แสดงระยะของโรคไตเรื้อรัง ตามอัตราการกรองของไต (GFR)

Stage	GFR (ml/min/1.73 m^2)
2	60-89
3	30-59
4	15-29
5	< 15 หรือการฟอกไต

หมายเหตุ: ดัดแปลงจาก Nutrition Guideline Renal ของ Alberta Health Service[16]

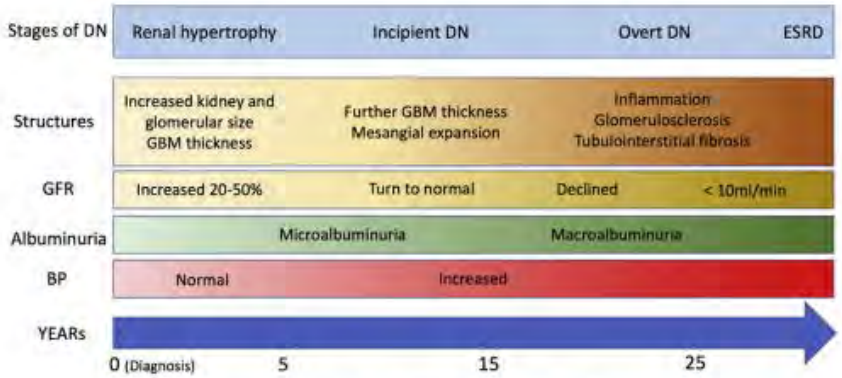


Figure 1 Nature history and renal changes in type 1 diabetes mellitus. Type 2 diabetes mellitus may not follow this time course. DN, diabetic nephropathy; ESRD, end-stage renal disease; GBM, glomerular basement membrane; GFR, glomerular filtration rate; BP, blood pressure.

รูปที่ 2.3 แสดงระยะของโรคไตเรื้อรัง ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 1[10]

2.3.3) การควบคุมอาหารและการดูแลผู้ป่วยโรคไตจากเบาหวาน

เป้าหมายของการลดการเกิด และลดระยะขั้นของการดำเนินภาวะแทรกซ้อนทางไตของผู้ป่วยเบาหวาน จึงให้ความสำคัญหลัก โดยการควบคุมปริมาณสารอาหาร และการรับประทานอาหารที่เป็นประโยชน์ การควบคุมปริมาณโปรตีนที่ต่ำเกินไป อาจก่อให้ภาวะทุพโภชนาการจากการขาดโปรตีนได้ ซึ่งในทางตรงข้าม การได้รับปริมาณโปรตีนที่มากเกินไป จะส่งผลให้เกิดปริมาณโปรตีนแอลบูมินที่รั่วในปัสสาวะเพิ่มขึ้น การทำงานของไตเสื่อมลง อัตราการตายเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการได้รับปริมาณไขมันมากเกิน 30% ของปริมาณที่ได้รับทั้งหมด ทำให้เกิดภาวะโรคไขมันให้เลือดสูง (hyperlipidemia) และเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular disease) ดังนั้น หลักในการควบคุมปริมาณสารอาหารที่ได้รับ จึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการบำบัดในโรคไตเรื้อรัง[10]

2.3.3.1) การควบคุมปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ธัญพืช กากใย ผัก และผลไม้สด เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่มีประโยชน์ต่อผู้ป่วยโรคไตจากเบาหวาน แต่อย่างไรก็ตาม จำนวนบริโภค และการเลือกชนิดของอาหาร ต้องควบคุมให้มีปริมาณโพแทสเซียม และฟอสฟอรัสต่ำ ในผู้ป่วยไตเรื้อรัง และควบคุมปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Glycemic load) และค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic index) ให้มีปริมาณต่ำ[10] ซึ่งสัมพันธ์กับค่าระดับน้ำตาลในเลือด ดังนี้

การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

จากงานวิจัยของ Molitch et al. ได้ศึกษาผลของการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ในการป้องกันการเกิดโรค และการชะลอการดำเนินของโรคไตจากเบาหวาน พบว่าการควบคุมระดับน้ำตาลสะสม (HbA1c) อยู่ที่ร้อยละ 7 (53 mmol/mol) ช่วยลดการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่หลอดเลือดขนาดเล็ก (microvascular complication) ในผู้ป่วยเบาหวานทั้งชนิด 1 และ 2 ในทางกลับกัน การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดที่ให้อยู่ในระดับต่ำเกินไป จะเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ (hypoglycemia) และเพิ่มอัตราการตาย อย่างไรก็ตาม การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยไตจากเบาหวาน ช่วยป้องกันการเกิดภาวะ microalbuminuria และลดการดำเนินไปเป็นภาวะ macroalbuminuria[11]

การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน ควรจะมีวินิจฉัยเป็นรายบุคคล เนื่องจากผู้ป่วยอาจมีภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ, มีภาวะแทรกซ้อนในไต, มีภาวะแทรกซ้อนจากโรคหลอดเลือดหัวใจ และมีช่วงอายุที่ต่างกัน ส่งผลให้การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดต่างกัน จาก The National Kidney Foundation's Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (KDOQI) guideline ได้ให้คำแนะนำให้มีการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน ทั้งชนิด 1 และ 2 ให้มีค่าระดับน้ำตาลสะสม (HbA1c) อยู่ที่ร้อยละ 7 หรือต่ำกว่า แต่สำหรับผู้ป่วยที่มีภาวะโรคแทรกซ้อนหลายโรค, ผู้ป่วยที่อยู่ในระยะสุดท้ายของช่วงชีวิต หรือผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงของภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ ค่าระดับน้ำตาลสะสม (HbA1c) สามารถมากกว่าร้อยละ 7 ได้ [13]

2.3.3.2) การควบคุมปริมาณไขมัน

คำแนะนำการบริโภคไขมัน สำหรับผู้ป่วยโรคไตจากเบาหวาน ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการบริโภคกรดไขมัน omega-3 และ omega-9 มีผลต่อการช่วยลดภาวะโปรตีนแอลบูมินรั่วในปัสสาวะ รวมทั้งควรลดการบริโภคกรดไขมันที่อิ่มตัว และอาหารที่ประกอบด้วยไขมันทรานส์[10]

โรคไขมันในเลือดสูง เป็นโรคที่พบบ่อยในผู้ป่วยไตจากเบาหวาน ผู้ป่วยที่มีภาวะ albuminuria โอกาสเพิ่มความเสี่ยงในการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของอัตราการตายในกลุ่มประชากร เป้าหมายของการรักษาระดับไขมันในเลือด คือมีระดับ LDL < 100 mg/L และสำหรับผู้ป่วยไตเรื้อรังคือมีระดับ LDL < 70 mg/dL จาก KDOQI guideline ได้แนะนำให้ผู้ป่วยโรคไตจากเบาหวาน ได้รับ

การรักษาด้วยยากลุ่ม statin เพื่อที่จะลดระดับของ low – density lipoprotein cholesterol (LDL-C) ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงของการเป็นโรคหลอดเลือดแดงแข็ง (artherosclerotic cardiovascular disease, ASCVD)[13]

2.3.3.3) การควบคุมปริมาณโซเดียม

จาก KDOQI guideline ได้ให้คำแนะนำในการจำกัดปริมาณบริโภคโซเดียม 1.5-2.3 g/วัน ในขณะเดียวกัน The American Dietary Guideliness Advisory Committee (ADA) ในปี 2010 ให้คำแนะนำในการจำกัดปริมาณโซเดียม < 1.5 g/วัน ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงในการเป็นโรคไตเรื้อรัง และผู้ป่วยเบาหวานที่มีความดันโลหิตสูง การลดปริมาณโซเดียมในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ส่งผลต่อการลดความดันโลหิต และชะลอการเสื่อมของไต และลดภาวะโปรตีนในปัสสาวะ (proteinuria)[14] การลดปริมาณโซเดียมทำได้โดยการหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารฟาสต์ฟู้ต และ processed food product [10]

2.3.3.4) การควบคุมปริมาณโปรตีน

จาก NKF-KDOQI guideline ได้ให้คำแนะนำสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน และโรคไต โดยสามารถรับปริมาณโปรตีนได้ 0.8 g/kg/d สำหรับผู้ป่วยเบาหวาน และมีอัตราการกรองของไต (GFR) < 30 mL/min/1.73 m^2 และมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องสารอาหาร

ทั้ง NKF-KDOQI guideline และ KDIGO guideline ได้แนะนำให้หลีกเลี่ยงการบริโภคโปรตีนสูง คิดเป็นมากกว่าร้อยละ 20 ของพลังงาน (kcal) ที่ได้รับจากโปรตีน หรือ ได้บริโภคปริมาณโปรตีน > 1.3 g/kg/d สำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง[10]

ตารางที่ 2.2 แสดงสารอาหารหลักที่ควรได้รับในผู้ป่วยโรคไตจากเบาหวาน[10]

Table 3. Macronutrient Recommendations in DKD

Organization	Lower Ranges of Dietary Protein Intake	Higher Ranges of Dietary Protein Intake	Carbohydrate	Fatty Acids	Sodium
KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease[22]	0.8 g protein/kg/d in adults with diabetes and GFR < 30 mL/min/1.73 m^2 with appropriate education	Avoid protein intake > 1.3 g/kg/d in adults with CKD at risk for progression; specific comment for DKD not provided	Specific recommendation not provided	Specific recommendation not provided	Lower salt intake to <2 g of sodium per day (5 g of sodium chloride), unless contraindicated
KDOQI 2007 Clinical Practice Guidelines and Clinical Practice Recommendations for Diabetes and Chronic Kidney Disease[4]	Recommended dietary allowance of 0.8 g/kg body weight per day for people with DKD and CKD stages 1-4	Avoid high-protein diets, defined as ≥20% of total daily calories	Specific recommendation not provided	Increase intake of omega-3 and omega-9 fatty acids	Reduction of intake to 2.3 g/d as recommended by the DASH diet
ADA Standards of Medical Care in Diabetes—2014[20] and Nutrition Therapy Recommendations for the Management of Adults With Diabetes[136]	Maintain usual level of dietary protein intake[136]; approximated by reported studies surveying diet intake in people with diabetes to be approximately 16%-18% of total calories[20]	Specific comment not provided	Specific recommendation for DKD not provided For diabetes, include carbohydrates from vegetables, fruits, whole grains, legumes, and dairy products over intake from carbohydrates containing added sugar, fat, and sodium; avoid beverages, products with high-fructose corn syrup, and sucrose	Total fat: individualized Omega-3: same recommendation as for general public Cholesterol, saturated, *trans* fats: same as for general public Mono- and polyunsaturated fats: integrated to comment regarding potential benefits of a Mediterranean diet pattern	Specific recommendation for DKD not provided For individuals with diabetes, reduce sodium to <2,300 mg/d as recommended for the general public

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณสารอาหารและแหล่งที่มาของสารอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคไตจากเบาหวาน ทั้งชนิด 1 และ 2[10]

Table 4. Approaches to Incorporating Diet Patterns for Diet Management of DKD for Type 1 and Type 2 Diabetes

Nutrient	Concept	How?	What?	Quantity
Protein	Explore/sample plant proteins	Incorporate vegan protein sources into meal plan; de-emphasize intake of fatty animal protein sources such as marbled red meats, poultry products with skin, shellfish Dairy products: emphasize nonfat and low-fat versions in diet, sample nondairy milk products	Protein sources: dried beans and peas; legumes; nuts and seeds; soy, quinoa Dairy products: nonfat yogurts, milks, lower-fat cheese selections; include almond, rice, soy milk	Amount to maintain optimal glycemic control, as tolerated; maintain or obtain optimal nutritional status
Carbohydrates: complex	Explore/sample	Include high-fiber, whole-grain products; de-emphasize refined white flour–based products	Whole/mixed-grain breads, pastas, cereals; wild, brown rice types	Within carbohydrate counting/diabetes management plan, as tolerated
Carbohydrates: fruits and vegetables	High-fiber fruits/ vegetables	Include as part of meals snacks and different formats such as smoothies	Fresh fruits and vegetables of choice, fresh cooked vegetables ideal, precooked choices available without seasonings	6-8 servings per day as appropriate for meal plan and carbohydrate counting
Fat	Omega-9 and omega-3 fatty acids as a component of fat source	Enrich diet with olive oil, fish oil, and vegetarian sources of omega-3 fatty acids; de-emphasize saturated fat sources and generic vegetable oils that are enriched in omega-6 fatty acids	Include olive oil/canola oil–based margarines and fats, choose omega-3–enriched whole-grain breads and cereals when available	Within meal plan for calories and palatability
Sodium	Maximize approaches to lower sodium and salt intake	Reduce free salt use; use fresh-cooked foods, purchase unseasoned options of foods, put sauces/ flavorings on side	Use sodium-free fresh and dried herbs, spices, and herbal blends, when available	1,500-3,000 mg daily; transition toward lower range of intake
Weight management	If overweight, work on weight reduction	Decrease calories, increase calorie utilization through a regular exercise program, avoid excessively high-protein diets (ie, >20% kcal from protein)	Balanced proportions of protein, carbohydrate, and fat within individualized approach to maintain euglycemia	Based on individually determined ideal/healthy body weight, gradual weight loss toward goal to allow for altered eating pattern, ongoing modifications in diet as weight goal approached and glycemia management is modified

Note: Inclusion of vegan protein sources, complex carbohydrates, and increased intake of fruits and vegetables may increase serum levels of potassium and phosphorus in later stages of eGFR (ie, GFR < 30 mL/min/1.73 m^2). Serum levels of these minerals will need to be monitored in those individuals.

ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณสารอาหารที่ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังควรได้รับ [15]

Table 1. Recommended Dietary and Nutrient Intake for Different Stages of Kidney Disease in Adults

	Normal kidney function (eGFR >60*) and no proteinuria, but at higher CKD risk, eg, diabetes, hypertension, or solitary kidney†	Mild to moderate CKD (eGFR 30 to <60*) without substantial proteinuria (<0.3 g/d)‡	Advanced CKD (eGFR <30*) or any CKD with substantial proteinuria (>0.3 g/d) ‡	Transitioning to dialysis therapy with good RKF including incremental dialysis preparation‡	Prevalent dialysis therapy, or any CKD stage with existing or imminent PEW§
Dietary protein g/kg/d based on IBW†	<1.0 g/kg/d, increase proportion of plant-based proteins	<1.0 g/kg/d (consider 0.6-0.8 if eGFR <45 mL/min/1.73 m^2 and fast progression)	0.6-0.8 g/kg/d including 50% HBV, or <0.6 g/kg/d with addition of EAA/KA	0.6-0.8 g/kg/d on nondialysis days (eg, incremental dialysis) and >1.0 g/kg/d on dialysis days	1.2-1.4 g/kg/d, may require >1.5 g/kg/d if hypercatabolic
Dietary sodium, g/d[7]	<4 g/d (<3 g/d for HTN)‖	<4 g/d, avoid <1.5 g/d if hyponatremia likely	<3 g/d, avoid <1.5 g/d given high likelihood of hyponatremia	<3 g/d	<3 g/d
Dietary potassium, g/d	Same as recommended for the general population (4.7 g/d)	Same as the general population unless frequent or severe hyperkalemia excursions likely	<3 g/d if hyperkalemia occurs frequently while maintaining high fiber intake	<3 g/d if hyperkalemia occurs frequently while maintaining high fiber intake	<3 g/day,§ target high fiber intake (see below under fibers)
Dietary phosphorus (mg/d)¶	<1,000, minimize added inorganic P in preservatives and processed foods	<800, minimize added inorganic P, encourage more vegetarian food (see later)	<800, minimize added inorganic P, more vegetarian food (see later)	<800, minimize added inorganic P Consider P binder therapy	<800, minimize added inorganic P Add P binders as needed
Dietary calcium, mg/d	1,000-1,300 mg/d (to be adjusted for age)	800-1,000 mg/d	800-1,000 mg/d	≤800-1,000 mg/d	<800 mg/d
Fibers, alkali, and vegetarian foods	25-30 g/d, target higher proportion (>50%) of plant-based foods such as DASH diet	25-30 g/d or more, higher proportion (>50%) of plant-based foods	25-30 g/d or higher, consider >70% vegetarian foods	25-30 g/d or higher	25-30 g/d or higher, suggest avoiding strict vegan dieting
Energy,# cal/kg/d	30-35 cal/kg/d,** adjust to target weight reduction if BMI > 25 kg/m^2	30-35 cal/kg/d, increase proportion with low-protein diet	30-35 cal/kg/d, increase proportion with low-protein diet	30-35 cal/kg/d	30-35 cal/kg/d, target higher if PEW exists or imminent
Fats	Mostly monounsaturated and polyunsaturated lipids including omega-3-fatty acids	Mostly monounsaturated and polyunsaturated lipids including omega-3-fatty acids, increase proportion with low-protein diet	Mostly monounsaturated and polyunsaturated lipid including omega-3-fatty acids, increase proportion with low-protein diet	Mostly monounsaturated and polyunsaturated lipid including omega-3-fatty acids	Mostly monounsaturated and polyunsaturated lipid including omega-3-fatty acids
Vitamin D	Nutritional D (ergo- or cholecalciferol) as needed	Nutritional D or calcifediol, consider adding 1α-OH D analogues in progressive sHPT	Nutritional D or calcifediol, add 1α-OH D analogues in progressive or symptomatic sHPT	1α-OH D analogues to control sHPT	1α-OH D analogues to control sHPT, add calcimimetics as needed
Other vitamins and trace elements	Recommend daily multivitamin intake	Avoid aluminum-based medications, monitor iron indices, and ensure iron therapy as needed	Avoid aluminum and magnesium-based agents Treat iron deficiency	Avoid aluminum and magnesium-based agents Treat iron deficiency	Avoid aluminum and magnesium-based agents Treat iron deficiency
Management of weight and cardiovascular risks	Lipid and weight reduction strategies target BMI in the 18.5-25 kg/m^2 range, recommend regular exercise training	Avoid excessive weight loss, consider careful exercise training, follow conventional lipid targets	Identify unintentional weight loss and intervene with higher energy and protein	Identify unintentional weight loss and intervene with higher energy and protein	Avoid weight loss or BMI < 23 kg/m^2 unless required for imminent kidney transplantation or other life-saving interventions
Fluid management	No fluid restriction, adequate hydration >1.5 L/d (if risk of hyponatremia is minimal)	<1.5 L/d if edematous state or hyponatremia, consider adding diuretics	<1.5 L/d,†† consider loop diuretics and titrate the dose or sliding scale dosing‡‡	<1.5 L/d,†† consider more frequent high-dose loop diuretics	<1 L/d, avoid excessive ultrafiltration on dialysis

Activate

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนผสมที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ที่มีปัญหาการกลืนได้แก่ สารที่ทำให้เกิดเจล 2 ชนิดคือ คาราจีแนน (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด) และกัวร์กัม (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด), อินูลิน (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด), น้ำมันคาโนลาตรา Naturel (บริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)), สารให้ความหวาน 2 ชนิดคือซูคราโลส (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด) และมอลทิทอล (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด), นมสดขาดมันเนยตราเมจิ (บริษัท ซีพี-เมจิ จำกัด) , กลิ่นวานิลลาสังเคราะห์ตราวินเนอร์ (บริษัท อาร์ แอนด์ บี ฟู้ด ซัพพลาย จำกัด) และ ราสเบอร์รี่แช่แข็ง ตราซูจอน (บริษัท ทิปป์ โฮลดิงส์ (เนลสัน) จำกัด ประเทศนิวซีแลนด์)

3.2 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การออกแบบสารอาหารในผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ป่วยโรคไตเนื่องจากเบาหวาน

ออกแบบสารอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ที่มีปัญหาการกลืน โดยมีสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยโรคไตเนื่องจากเบาหวานขนาด 1 หน่วยบริโภค (261 กรัม) ประกอบไปด้วยส่วนพุดดิ้งที่มีลักษณะเป็นอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว (186 กรัม) และส่วนซอสราสเบอร์รี่ (75 กรัม) แสดงดังตารางที่ 3.2 โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลโภชนาการของอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคไต และเบาหวานแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลโภชนาการของอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคไตและเบาหวาน[15]

สารอาหาร	สารอาหาร/วัน
พลังงาน	30-35 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม
โปรตีน	0.6-0.8 กรัม/กิโลกรัม
คาร์โบไฮเดรต	55-60% ของพลังงาน
ไขมัน	ไม่เกิน 25-30% ของพลังงาน
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า 10% ของพลังงาน
คอเลสเตอรอล	น้อยกว่า 200 มิลลิกรัม
ใยอาหาร	25 กรัม
โซเดียม	1,500-2,300 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	2,000-4,000 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	800 มิลลิกรัม

3.2.2 การออกแบบปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลเพื่อให้เกิดเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ที่มีปัญหาการกลืน(ส่วนพุดดิ้ง)

ทำการแปรปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลซึ่งมีอิทธิพลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ที่มีปัญหาการกลืน โดยมีอัตราส่วนกัวร์กัม: คาราจีแนน เป็น 7:1, 5:3, 3:5 และ 1:7 พร้อมส่วนผสมอื่นๆ รวมทั้งหมด 4 สูตร แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ป่วยโรคไตเนื่องจากเบาหวานขนาด 1 หน่วยบริโภค (186 กรัม)

ส่วนผสม	**สูตรที่ 1**	**สูตรที่ 2**	**สูตรที่ 3**	**สูตรที่ 4**
อัตราส่วน คาราจีแนน : กัวร์กัม	7:1	5:3	3:5	1:7
กัวร์กัม (กรัม)	1.40	1.00	0.60	0.20
คาราจีแนน (กรัม)	0.20	0.60	1.00	1.40
นมขาดมันเนย (กรัม)	170	170	170	170
น้ำมันคาโนลา (กรัม)	8	8	8	8
อินูลิน (กรัม)	6	6	6	6
กลิ่นวานิลลาสังเคราะห์ (มิลลิลิตร)	0.02	0.02	0.02	0.02
สารให้ความหวาน (กรัม)	0.02	0.02	0.02	0.02

3.2.3 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ที่มีปัญหาการกลืน

1. แยกละลายกัวร์กัม และคาราจีแนน(ปริมาณสัดส่วนตามสูตรที่แสดงดังตารางที่ 3.2.2) ในนมสดขาดมันเนยตราเมจิ อย่างละ 75 มิลลิลิตรในบีกเกอร์ pyrex ขนาด 250 ml 2 บีกเกอร์
2. ให้ความร้อนพร้อมกวนสารละลายอย่างต่อเนื่องจนอุณหภูมิของสารละลายสูงถึง 72 °C 3 นาที เพื่อให้กัวร์กัม และคาราจีแนนละลายได้อย่างสมบูรณ์ในน้ำนม
3. ใส่ inulin 6 กรัม และสารให้ความหวาน 0.02 กรัมลงในบีกเกอร์ที่มีส่วนผสมของคาราจีแนน
4. ใส่น้ำมันคาโนลา 8 กรัม ลงในบีกเกอร์ที่มีส่วนผสมของกัวร์กัม
5. เมื่อกวนส่วนผสมทั้งหมดในบีกเกอร์จนละลายอย่างสมบูรณ์แล้ว นำสารละลายทั้งสองบีกเกอร์มาผสมกัน และกวนผสมสารละลายทั้งหมดให้เข้ากัน
6. ใส่กลิ่นวานิลลาสังเคราะห์ 0.02 มิลลิลิตร และนำไปโฮโมจีไนซ์ที่ 6200 rpm 10 นาที
7. ทำการบรรจุขณะร้อนในขวดแก้วที่อุณหภูมิ 85 °C

3.2.4 การศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่มีเนื้อสัมผัสเหมาะสมต่อผู้ที่มีปัญหาการกลืน

3.2.4.1. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

การวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสเพื่อศึกษาผลของการแปรปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลทั้ง 4 สูตรที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และเพื่อศึกษาหาสูตรที่มีเนื้อสัมผัสเหมาะสมต่อผู้ที่มีปัญหาการกลืนมากที่สุด

ตัดตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวทั้ง 4 สูตร โดยใช้แม่พิมพ์รูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 นิ้ว สูง 0.1 นิ้ว นำไปวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA)โดยใช้เครื่อง Texture Profile Analyzer รุ่น TA.XT2i (ภาคผนวก ข1) เปรียบเทียบค่าเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมกับตัวอย่างควบคุมคือเจลลี่โภชนา จากมูลนิธิทันตนวัตกรรม ในพระบรมราชูปถัมภ์ วิเคราะห์เนื้อสัมผัส 3 ซ้ำ วัดซ้ำ 3 ครั้งสำหรับ 1 ซ้ำของการทดลองในแต่ละสูตร วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ CRD ในการวิเคราะห์สมบัติทางเนื้อสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $p \leq 0.05$ ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics version 22 และเลือกสูตรที่มีเนื้อสัมผัสเหมาะสมที่สุดจากการวิเคราะห์ทางสถิติ

3.2.4.2 การทดสอบสภาวะการสเตอริไลส์โดยการศึกษานำร่องในเครื่อง autoclave

นำตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสูตรที่มีเนื้อสัมผัสเหมาะสมที่สุดไปศึกษานำร่องการสเตอริไลส์ในเครื่อง autoclave ที่อุณหภูมิ 118°C 15 นาที เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพ หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องก่อนการนำไปวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA)

3.2.4.3 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

เตรียมตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสูตรที่ดีที่สุดตามวิธีในข้อ 3.2.3 ทำการแปรปริมาณสารให้ความหวาน 3 สูตรโดยมีอัตราส่วนซูคราโลส:มอลทิทอลดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การแปรปริมาณสารให้ความหวานทั้ง 3 สูตร

สูตร	อัตราส่วนซูคราโลส:มอลทิทอล
1	1:0
2	0:1
3	0.5:0.5

เสิร์ฟตัวอย่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 นิ้ว สูง 0.1 นิ้ว ที่มีอุณหภูมิ 25 ± 2 °C ให้แก่กลุ่มผู้ทดสอบคือ นิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 42 คน อายุ 20-23 ปี ประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้ Hedonic scale 7 จุด (ภาคผนวก จ)

วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ RCBD ในการทดสอบสมบัติทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $p \leq 0.05$ ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics version 22 และเลือกสัดส่วนการแปรปริมาณสารให้ความหวานที่ดีที่สุดจากสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้บริโภคมากที่สุด

3.2.5 การศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการสเตอริไลส์

เตรียมตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสูตรที่มีเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมที่สุดจากข้อ 3.2.4.2 และมีรสชาติที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดจากข้อ 3.2.4.3 (สูตรที่ดีที่สุด) นำมาฆ่าเชื้อด้วยวิธีการสเตอริไลส์โดยเครื่องรีทอร์ทที่อุณหภูมิ 118°C เพื่อศึกษาการแทรกผ่านความร้อน หาค่า F_0 ของกระบวนการ และคำนวณเวลาในการดำเนินกระบวนการ (process time) ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าการฆ่าเชื้อ (Sterilizing value หรือ lethality)ที่ต้องการโดยใช้โปรแกรม ValSuite Pro รุ่น 5.2.0.15 จากนั้นเก็บตัวอย่างที่ผ่านการสเตอริไลส์ที่อุณหภูมิห้องและศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมีภายหลังผ่านการสเตอริไลส์เป็นระยะเวลา 15 วัน

3.2.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพภายหลังการสเตอริไลส์

3.2.6.1 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

ตัดตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวโดยใช้แม่พิมพ์รูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 นิ้ว สูง 0.1 นิ้ว นำไปวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA)โดยใช้เครื่อง Texture Profile Analyzer รุ่น TA.XT2i (ภาคผนวก ข1)

3.2.6.2 การวิเคราะห์สี

วัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter รุ่น CR-400 (ภาคผนวก ก.1) และนำมาคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ดังสูตร $\Delta E = \sqrt{(L^*_1 - L^*_2)^2+(a^*_1-a^*_2)^2+(b^*_1-b^*_2)^2}$

3.2.7 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีภายหลังการสเตอริไลส์

3.2.7.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

กวนอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวให้เป็นเนื้อเดียวกัน และวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง Mettler – Toledo pH meter รุ่น FE20/FG

3.2.7.2 การวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ

กวนอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวให้เป็นเนื้อเดียวกัน และวัดค่า water activity ด้วยเครื่อง AquaLab water activity Meter รุ่น Series3 TE

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมีภายหลังการสเตอริไลส์ โดยวัดค่าการเปลี่ยนแปลงทุกวันที่ 0,2,4,6,11 และ 15 ทำการวัดค่าการทดลอง 3 ซ้ำ และวัดค่าซ้ำ 3 ครั้งสำหรับ 1 ซ้ำของการทดลองในแต่ละ batch วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ CRD ในการวิเคราะห์สมบัติทางเนื้อสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $p \leq 0.05$ ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics version 22

3.3 การพัฒนาน้ำซอสราสเบอร์รี่

น้ำซอสราสเบอร์รี่มีความหนืดที่เหมาะสมอยู่ในระดับ Honey-like คือ 351-1750 cP (The National Dysphagia Diet (NDD), 2002.) โดยมีส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ส่วนผสมในการพัฒนาน้ำซอสราสเบอร์รี่ ขนาด 1 หน่วยรับประทาน (75 กรัม)รับประทานคู่กับผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว

ส่วนผสม	ปริมาณ(กรัม)
ราสเบอร์รี่แช่แข็ง	74.760
กัวร์กัม	0.225
ซูคราโลส	0.020

3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างซอสราสเบอร์รี่

1. ละลายราสเบอร์รี่แช่แข็ง 74.760 กรัม
2. ปั่นราสเบอร์รี่โดยใช้เครื่องปั่น ที่ความเร็วระดับสูงสุด เป็นเวลา 6 นาที
3. เทน้ำราสเบอร์รี่ปั่นลงในบีกเกอร์ pyrex ขนาด 150 มิลลิลิตร

4. ใส่ซูคราโลส 0.02 กรัมลงในน้ำราสเบอร์รี่ปั่น
5. ใส่กัวร์กัม 0.225 กรัมลงไปพร้อมให้ความร้อน และกวนส่วนผสมให้เข้ากันตลอดเวลา จนกระทั่งอุณหภูมิส่วนผสมถึง 72 °C 3 นาที
6. ใส่ส่วนผสมลงในขวดแก้ว และนำไป autoclave ที่อุณหภูมิ 116°C 30 นาที
7. เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อรอนำไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพภายหลังการเก็บรักษา 15 วัน

3.3.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ

3.3.2.1 การวิเคราะห์ความหนืด

วัดค่าความหนืดของซอสราสเบอร์รี่ที่มีอุณหภูมิ 25 ± 2 °C ด้วยเครื่อง Viscometer (FUNGILAB, Spain) ใช้หัววัด TR5 ความเร็วรอบ 100 rpm ค่าทอร์ค 30-40% รายงานค่าความหนืดที่เวลา 60 วินาที (ภาคผนวก ก2)

3.3.2.2 การวิเคราะห์สี

วัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter รุ่น CR-400 (ภาคผนวก ก.1) และนำมาคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ดังสูตร $\Delta E = \sqrt{(L^*_1 - L^*_2)^2+(a^*_1-a^*_2)^2+(b^*_1-b^*_2)^2}$

3.3.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีภายหลังการสเตอริไลส์

3.3.3.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง Mettler –Toledo pH meter รุ่น FE20/FG

3.3.3.2 การวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ

วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่อง AquaLab water activity Meter รุ่น Series3 TE

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมีภายหลังการสเตอริไลส์ โดยวัดค่าการเปลี่ยนแปลงทุกวันที่ 0,3,6,9,12 และ 15 ทำการวัดค่าการทดลอง 3 ซ้ำ และวัดค่าซ้ำ 3 ครั้งสำหรับ 1 ซ้ำของการทดลองในแต่ละ batch วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ CRD ในการวิเคราะห์สมบัติทางเนื้อสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $p \leq 0.05$ ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics version 22

3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวราดซอสราสเบอร์รี่

นำตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวผ่านการสเตอริไลส์ที่พัฒนาได้จากข้อ 3.2.5 และซอสราสเบอร์รี่ที่พัฒนาได้จากข้อ 3.3.1 ส่งตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีรายการตรวจวิเคราะห์ดังนี้

3.4.1 วิเคราะห์ปริมาณพลังงานทั้งหมด (AOAC, 1993)

3.4.2 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2016)

3.4.3 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2016)

3.3.4 วิเคราะห์ปริมาณเถ้า (ASEAN Manual of Food Analysis, 2011)

3.4.5 วิเคราะห์ปริมาณ moisture (ASEAN Manual of Food Analysis, 2011)

3.4.5 วิเคราะห์ใยอาหารทั้งหมดโดยการย่อยตัวอย่างด้วยเอนไซม์ (AOAC, 2000)

3.4.6 วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (AOAC, 1993)

3.4.7 วิเคราะห์ปริมาณโซเดียม (AOAC, 2016)

3.4.8 วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม (AOAC, 2016)

3.4.9 วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส (AOAC, 2016)

บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผล

4.1 การออกแบบสารอาหารในผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ป่วยโรคไตเนื่องจากเบาหวาน

ออกแบบสารอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ที่มีปัญหาการกลืน โดยมีสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยโรคไตเนื่องจากเบาหวานขนาด 1 หน่วยบริโภค (261 กรัม) ประกอบไปด้วยส่วนพุดดิ้งที่มีลักษณะเป็นอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว (186 กรัม) และส่วนซอสราสเบอร์รี่ (75 กรัม) แสดงดังตารางที่ 4.1 โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลโภชนาการของอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคไต และเบาหวานแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลโภชนาการของอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคไตและเบาหวาน[15]

สารอาหาร	สารอาหาร/วัน
พลังงาน	30-35 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม
โปรตีน	0.6-0.8 กรัม/กิโลกรัม
คาร์โบไฮเดรต	55-60% ของพลังงาน
ไขมัน	ไม่เกิน 25-30% ของพลังงาน
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า 10% ของพลังงาน
คอเลสเตอรอล	น้อยกว่า 200 มิลลิกรัม
ใยอาหาร	25 กรัม
โซเดียม	1,500-2,300 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	2,000-4,000 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	800 มิลลิกรัม

ตารางที่ 4.1 การออกแบบพลังงานและสารอาหารในผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผู้ป่วยโรคไตเนื่องจากเบาหวาน ขนาด 1 หน่วย บริโภค (261 กรัม)

สารอาหาร	ปริมาณ(กรัม)
พลังงานทั้งหมด	160.04
โปรตีน	6.01
คาร์โบไฮเดรต	16
ไขมันรวม	8
ไขมันอิ่มตัว	<1
ไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว	5.71
ไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง	2.22
คอเลสเตอรอล	0
ใยอาหาร	8.91
โซเดียม	0.2
โพแทสเซียม	0.6
ฟอสฟอรัส	0.2

4.2 การออกแบบปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลเพื่อให้เกิดเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ที่มีปัญหาการกลืน

κ-คาราจีแนนมีสมบัติในการก่อให้เกิดเจลชนิด thermoriversible gel กับส่วนที่เป็นน้ำในระบบได้ อีกทั้งยังทำอันตรกิริยากับพื้นผิวของ casein micelle ในน้ำนม โครงสร้างมีลักษณะขดเป็นเกลียวแบบ helix จับกับอนุภาค K^+ Ca^{2+} แบบเกาะกลุ่มทำให้เกิดเจลที่แข็งแรงและเปราะ

กัวร์กัมเป็น thickening agent ก่อให้เกิดความหนืดในอาหาร ช่วยควบคุมหรือลดการเกิด syneresis มีการใช้กัวร์กัมในอุตสาหกรรมซุป หรือซอสที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโดยวิธีการสเตอริไลส์ ความหนืดที่ลดลงระหว่างการให้ความร้อนขณะสเตอริไลส์ จะช่วยให้เกิดการพาความร้อนได้ทั่วถึงในบรรจุภัณฑ์ ช่วยในการแทรกผ่านความร้อนได้ดี ทำให้ลดเวลาในการฆ่าเชื้อโดยวิธีสเตอริไลส์ งานวิจัยนี้จึงมีการใช้ κ-คาราจีแนน เพื่อให้เกิดโครงสร้างเจล และใช้กัวร์กัมเพื่อให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความหนืด เป็นการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส เนื่องจากผู้ที่มีภาวะกลืนลำบากหากกลืนอาหารที่มีลักษณะเหลวหรือลื่นมากเกินไป อาหารจะผ่านจากระยะช่องปากเข้าสู่ระยะคอยหอยอย่างรวดเร็วก่อนที่จะเกิดการกลืนจึงเกิดการสำลักได้ แต่อาหารที่มีความข้นหนืดมากกว่าปกติจะช่วยชะลอไม่ให้อาหารเข้าสู่ระยะคอหอยก่อนเกิดการกลืน[17]

สำหรับการศึกษาปริมาณการแปรอัตราส่วนกัวร์กัม:คาราจีแนนในตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ที่มีปัญหาการกลืน ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสเปรียบเทียบกับ control คือเจลลี่โภชนา จากมูลนิธิทันตนวัตกรรม ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีลักษณะเป็นเจลคล้ายวุ้นแต่มีความนุ่มและเนียนกว่า เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถเคี้ยวและกลืนได้โดยไม่สำลักหรือติดคอ และผ่านการเห็นชอบจากแพทย์ ทันตแพทย์และพยาบาลที่มีประสบการณ์การดูแลผู้ป่วยมะเร็งช่องปาก ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวทั้ง 4 สูตรเปรียบเทียบกับ control แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส (TPA) ของตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่มีการแปรอัตราส่วนกัวร์กัมและคาราจีแนนทั้ง 4 สูตรเทียบกับ control

สูตร	Hardness (g.force)	Adhesiveness (g.sec)	Springiness
1	299.79±8.58 ^{c}	-262.91±15.64 ^{a}	0.82±0.00 ^{a}
2	339.12±20.45 ^{c}	-152.84±10.32 ^{a}	0.93±0.01 ^{ab}
3	957.48±124.95 ^{b}	-612.56±103.34 ^{b}	0.92±0.02 ^{b}
4	1249.70±191.07 ^{a}	-518.63±245.66 ^{b}	0.96±0.01 ^{a}
control	188.90±9.42 ^{c}	-217.89±26.71 ^{a}	0.85±0.02 ^{c}

สูตร	Cohesiveness	Gumminess (g.force)	Chewiness(g.force)
1	0.54±0.01 ^{b}	163.23±4.25 ^{cd}	133.67±3.56 ^{cd}
2	0.63±0.01 ^{a}	216.13±16.41 ^{c}	201.31±16.69 ^{c}
3	0.69±0.03 ^{a}	655.58±68.30 ^{b}	605.27±74.44 ^{b}
4	0.67±0.08 ^{a}	846.14±178.03 ^{a}	808.71±170.25 ^{a}
control	0.24±0.01 ^{c}	45.92±1.59 ^{d}	38.94±2.46 ^{d}

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

a,b,c..ที่แตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สูตร 1, 2, 3 และ 4 มีสัดส่วนของส่วนผสมตามที่ระบุในตารางที่ 3.2

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.2 พบว่าการเพิ่มสัดส่วนคาราจีแนนมีผลโดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของค่า Hardness (แรงที่เทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก) Guminess (ลักษณะอาหารกึ่งแข็งที่แตกตัวออกจนพร้อมที่จะกลืนได้) และ Chewiness (พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว) เนื่องจากโครงสร้างของ κ-คาราจีแนนมีลักษณะขดเป็นเกลียวแบบ helix เจลที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะแข็งแรง แต่แตกเปราะโดยสูตรที่ 4 ซึ่งมีอัตราส่วนของ

คาราจีแนนมากที่สุด (กัวร์กัม:คาราจีแนนเป็น 1:7) มีค่า Hardness, Guminess และ Chewiness มากที่สุด รองลงมาคือสูตรที่ 3, 2 และสูตรที่ 1, มีอัตราส่วนของคาราจีแนนน้อยที่สุด (กัวร์กัม:คาราจีแนนเป็น 7:1) มีค่า Hardness Guminess และ Chewiness น้อยที่สุด การเพิ่มสัดส่วนกัวร์กัมมีผลโดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของค่า Adhesiveness (ความหนืบ) ซึ่งทำให้อาหารมีลักษณะหนืบ สามารถช่วยชะลอไม่ให้อาหารเข้าสู่ระยะคอหอยก่อนเกิดการกลืน โดยสูตร 1, 2 มีอัตราส่วนของกัวร์กัมมากที่สุด (กัวร์กัม:คาราจีแนนเป็น 7:1) มีค่า Adhesiveness มากที่สุด และสูตร 3, 4 (กัวร์กัม:คาราจีแนนเป็น 1:7) มีค่า Adhesiveness น้อยที่สุด ค่า cohesiveness ของสูตร 2, 3, 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบเนื้อสัมผัสของทั้ง 4 สูตรกับ control พบว่าสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกับ control มากที่สุด โดยมีค่า Hardness และ Cohesiveness ไม่แตกต่างจาก control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จึงนำสูตร 1 และ 2 มาศึกษานำร่องในเครื่อง autoclave เพื่อจำลองสภาวะการฆ่าเชื้อโดยกรรมวิธีการสเตอริไลส์ และวิเคราะห์เนื้อสัมผัสหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ

4.3 การทดสอบสภาวะการสเตอริไลส์โดยการศึกษานำร่องในเครื่อง autoclave

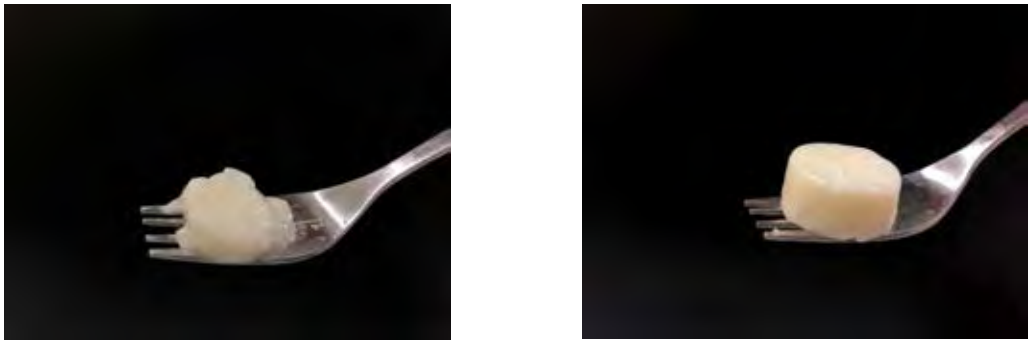
เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.3 พบว่าตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวหลังผ่านการฆ่าเชื้อใน autoclave ทั้งสองสูตรมีค่า Hardness, Adhesiveness, Springiness, Cohesiveness, Gumminess และ Chewiness ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฆ่าเชื้อ (ตารางที่ 4.2) อันเนื่องมาจากการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อสูงถึง 118°C ร่วมกับความดันสูง 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เมื่อเปรียบเทียบกับ control พบว่าสูตรที่ 1 และ2 มีค่า Hardness Springiness Gumminess Chewiness แตกต่างจาก control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่า Adhesiveness ของสูตรที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างจาก control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่า Cohesiveness ของสูตร 2 ไม่แตกต่างจาก control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.3 ผลวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส (TPA) ของตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสูตรที่ 1 และ 2 หลังการฆ่าเชื้อในเครื่อง autoclave เปรียบเทียบกับ control

สูตร	Hardness (g.force)	Adhesiveness (g.sec)	Springiness
1	38.61±5.32 [c]	-123.45±41.82 [a]	0.02±0.01 [c]
2	301.74±43.28 [a]	-221.24±66.10 [a]	0.91±0.02 [a]
control	188.90±9.42 [b]	-217.89±26.71 [a]	0.85±0.02 [b]

สูตร	Cohesiveness	Gumminess (g.force)	Chewiness (g.force)
1	0.19±0.03 [b]	7.47±1.09 [c]	0.19±0.16 [c]
2	0.39±0.03 [a]	116.59±16.52 [a]	106.38±17.29 [a]
control	0.24±0.01 [b]	45.92±1.59 [b]	38.94±2.46 [b]

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ
a,b,c..ที่แตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
สูตร 1, 2 มีสัดส่วนของส่วนผสมตามที่ระบุในตารางที่ 3.2



สูตรที่ 1 สูตรที่ 2

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสูตรที่ 1(ซ้าย) และสูตรที่ 2(ขวา) หลังผ่านการฆ่าเชื้อโดยเครื่อง autoclave ที่อุณหภูมิ 118°C ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว 15 นาที

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.1 พบว่าสูตรที่ 1 มีเนื้อสัมผัสเป็นโครงสร้างเจลที่อ่อนแอ เมื่อตักด้วยส้อมแล้วความสามารถในการคงตัวอยู่ได้น้อยกว่าสูตรที่ 2 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส และลักษณะทางกายภาพแล้ว สูตรที่ 2 จึงเป็นสูตรที่ดีที่สุดในการพัฒนาอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการกลืน

4.4 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.4 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของสารให้ความหวานแต่ละชนิดในด้านต่างๆ

คุณลักษณะ	ชนิดสารให้ความหวาน		
	ซูคราโลส	มอลทิทอล	ซูคราโลส และ มอลทิทอล
ลักษณะปรากฏ	5.52±0.89 [a]	5.50±0.94 [a]	5.64±0.93 [a]
สี	5.43±0.89 [a]	5.36±0.96 [a]	5.31±1.07 [a]
กลิ่น	4.98±1.30 [a]	4.90±1.12 [a]	4.81±1.17 [a]
รสชาติ	5.26±0.89 [a]	4.33±1.24 [c]	4.81±1.27 [b]
ความชอบโดยรวม	5.29±0.86 [a]	4.45±1.23 [b]	4.83±1.17 [b]

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส 42 คน
a,b,c..ที่แตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
สารให้ความหวานชนิดผสม (ซูคราโลส และ มอลทิทอล) มีปริมาณซูคราโลสและมอลทิทอลอย่างละเท่ากัน

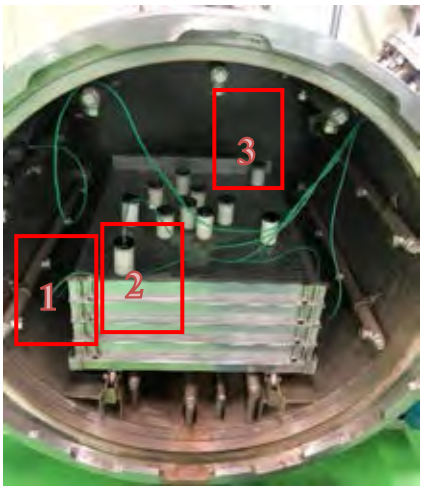
จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่ได้มีการแปรชนิดของสารให้ความหวาน ซึ่งมีสารให้ความหวานชนิดซูคราโลส มอลทิทอล และชนิดผสม โดยจะมีการใส่ในปริมาณที่เท่ากันคือ 0.02 กรัม ซึ่งชนิดผสมจะมีการใส่ปริมาณซูคราโลสและมอลทิทอลอย่างละ 0.01 กรัม การประเมินนี้มีผู้ประเมินจำนวน 42 คน ซึ่งมีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่าในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ของสารให้ความหวานชนิดซูคราโลส มอลทิทอล และชนิดผสม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และด้านรสชาติ ความชอบโดยรวม ของสารให้ความหวานชนิดซูคราโลส มอลทิทอล และชนิดผสม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งทั้งด้าน รสชาติ และ ความชอบโดยรวม ของสารให้ความหวานชนิดซูคราโลสมีคะแนนสูงที่สุด และการที่ใช้สารให้ความหวานเป็นการให้รสชาติของอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวเนื่องจากงานวิจัยของ S.L. Okkels ซึ่งมีผลการวิจัยว่าผู้สูงอายุที่มีปัญหาการกลืนจะมีความชอบอาหารที่มีรสชาติหวานมากที่สุด[18]

4.5 การศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการสเตอริไลส์

ตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสูตรที่ 2 (สูตรที่ดีที่สุด) เตรียมจากหัวข้อ 3.2.2 ถูกนำมาผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโดยการสเตอริไลส์ในเครื่องรีทอร์ทที่อุณหภูมิ 118°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการสเตอริไลส์น้ำนม ความร้อนสูงของระบบสเตอริไลส์จะสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้นมเน่าเสียได้ จึงสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้นาน 6-12 เดือนที่อุณหภูมิห้อง[19]

จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนและการหาเวลาในการฆ่าเชื้อ เนื่องจาก κ-คาราจีแนนมีสมบัติในการก่อให้เกิดเจลชนิด thermoriversible เมื่อให้ความร้อนสูงเกิน 70°C เจลจะเปลี่ยนกลับมาอยู่ในรูปของสารละลายเหลว รูปแบบการนำความร้อนของผลิตภัณฑ์จึงเป็นแบบ convection จึงต้องวางตำแหน่ง thermocouple ไว้ 1/3 ของบรรจุภัณฑ์[19] แสดงดังรูปที่ 4.2 เพื่อวัดอุณหภูมิกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์อาหารระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อ และวางตัวอย่างอาหารที่ภายในมี thermocouple บรรจุไว้ในบริเวณ 3 ตำแหน่งในเครื่องรีทอร์ท แสดงดังรูปที่ 4.3 (กรอบสี่เหลี่ยมสีแดง)

รูปที่ 4.2 ตำแหน่งของ thermocouple



รูปที่ 4.3 ตำแหน่งของ thermocouple ในรีทอร์ท

จากการทำ heat penetration data profile แสดงดังภาคผนวก ค ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์คือ 4.10 (เลือกตำแหน่งที่ความร้อนแทรกผ่านช้าที่สุดในเครื่องรีทอร์ท) แสดงดังตารางที่ 4.5 เวลาที่ใช้ในกระบวนการเพื่อให้ได้ค่าการฆ่าเชื้อที่ต้องการคือ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 118°C

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว

ตำแหน่ง Thermocouple ในเครื่องรีทอร์ท	**F_0**
Thermocouple ตำแหน่งที่ 1	5.00
Thermocouple ตำแหน่งที่ 2	4.30
Thermocouple ตำแหน่งที่ 3	4.10

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส (TPA) ของตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลส์โดยเครื่องรีทอร์ทกับ control พบว่ามีค่า Hardness และ Adhesiveness ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และค่า Springiness Cohesiveness Gumminess และ Chewiness มีความแตกต่างจาก control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ผลวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส (TPA) ของตัวอย่างอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวโดยกระบวนการสเตอริไลส์ในเครื่อง autoclave และเครื่องรีทอร์ท เปรียบเทียบกับ control

กระบวนการ	Hardness (g.force)	Adhesiveness (g.sec)	Springiness
Autoclave	301.74±43.28 [a]	-221.24±66.10 [a]	0.91±0.02 [a]
Sterilize	206.71±9.96 [b]	-259.25±7.01 [a]	0.89±0.01 [a]
control	0.24±0.01 [b]	45.92±1.59 [a]	38.94±2.46 [b]

กระบวนการ	Cohesiveness	Gumminess (g.force)	Chewiness(g.force)
Autoclave	0.39±0.03 [b]	116.59±16.52 [a]	106.38±17.29 [a]
Sterilize	0.52±0.11 [a]	106.56±27.06 [a]	94.51±24.60 [a]
control	0.24±0.01 [c]	45.92±1.59 [b]	38.94±2.46 [b]

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ
a,b,c..ที่แตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การฆ่าเชื้อโดยวิธีการสเตอริไลส์ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี กลิ่น สี รส และคุณค่าทางโภชนการของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว นอกจากนี้ยังส่งผลต่อเนื่องไปถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีกายภาพระหว่างการเก็บรักษาได้อีกด้วย เนื่องจากในผลิตภัณฑ์มีนมเป็นองค์ประกอบถึง 91.49% การใช้ความร้อนสูงและความดันในการฆ่าเชื้อจึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสดังนี้ โปรตีนเกิดการคลายตัวและสูญเสียสภาพ (50-85%) เกิดการรวมตัวเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ **K** –casein ณ พื้นผิวของ casein micelle เกิดการเพิ่มขนาดของ casein micelle ใหญ่ขึ้น และเกิดการแตกของ micelle บางส่วน นอกจากนี้สัดส่วนของ Ca^{2+} Mg^{2+} มีจำนวนลดลงเนื่องจากมีบางส่วนสูญเสียไปกับการตกตะกอนไปกับ phosphate ระหว่างกระบวนการให้ความร้อน[20] ดังนั้นโครงสร้างของเจลจึงแข็งแรงน้อยลง เนื่องจากขดเกลียว helix ของคาราจีแนนจับกับ Ca^{2+} Mg^{2+} ได้น้อยลง นอกจากนี้เกิดการ depolymerisation ของโครงสร้างกัวร์กัม ทำให้ความหนืดลดลง เช่น การสเตอริไลส์ที่ 120°C ทำให้ความหนืดลดลง 10%[17] ค่า Hardness และ Adhesiveness หลังกระบวนการรีทอร์ท จึงมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบ

กับก่อนการสเตอริไลส์ (ตารางที่ 4.2) หรือการฆ่าเชื้อโดยเครื่อง autoclave ที่ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อน้อยกว่า (ตารางที่ 4.6)

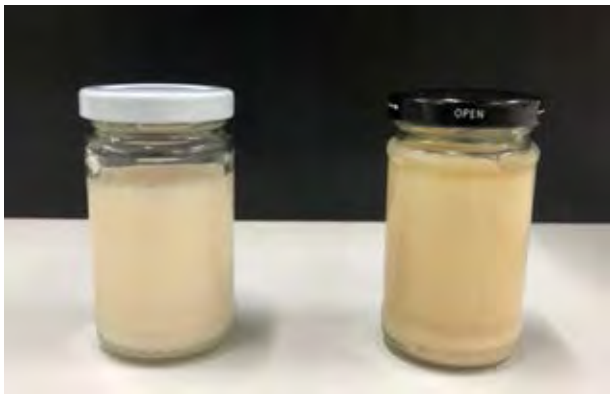
เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.7 ค่าสี L^* A^* B^* และ ΔE ก่อนและหลังการสเตอริไลส์ มีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสีของผลิตภัณฑ์ก่อนการสเตอริไลส์ มีลักษณะเป็นขาวสีน้ำนม และหลังสเตอริไลส์มีลักษณะเป็นสีครีม (รูปที่ 4.4) การเปลี่ยนแปลงของสีสามารถเห็นได้อย่างชัดเจน เนื่องจากค่า ΔEของตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 13.70 เมื่อค่า ΔE ของตัวอย่างที่นำมาเปรียบเทียบกันมีค่ามากกว่า 5 ตาของมนุษย์จะสามารถแยกความแตกต่างของสีของทั้งสองตัวอย่างนั้นได้ [21] การเปลี่ยนแปลงของสีหลังการสเตอริไลส์ มีปัจจัยหลักมาจากการใช้ความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อ ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี 2 ชนิด คือ Maillard reaction และ isomeriztion โดยปฏิกิริยา Maillard reaction เกิดจากน้ำนมสด เมื่อถูกความร้อน โปรตีนในนมจะเกิดการรวมตัวกันระหว่าง ระหว่างหมู่ amino acid (ส่วนมากเป็น lysine) กับหมู่ reducing sugar (lactose) เป็นสารประกอบที่เรียกว่า Amadori's product ทำให้สีเปลี่ยนแปลงและเกิดกลิ่น cooked-flavor ส่วนปฏิกิริยา isomeriztion เกิดจากการรวมตัวกันของน้ำตาลแลคตสเป็นสารประกอบแลคทูโลส[22]

ตารางที่ 4.7 ค่าสี L^* A^* B^* และค่าการเปลี่ยนแปลงสี ΔE ของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการสเตอริไลส์

กระบวนการ	L^*	A^*	B^*	ΔE
ก่อนการสเตอริไลส์	86.28±0.36844 [a]	0.37±0.12 [a]	1.09±0.22 [a]	13.70±0.46 [a]
หลังการสเตอริไลส์	79.34±0.27 [b]	4.12±0.07 [b]	12.26±0.28 [b]	0.00±0.00 [b]

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

a,b,c..ที่แตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.4 สีของผลิตภัณฑ์ก่อนการสเตอริไลส์(ซ้าย) และหลังการสเตอริไลส์(ขวา)

4.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพภายหลังการสเตอริไลส์

4.6.1 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสภายหลังผ่านการสเตอริไลส์เป็นระยะเวลา 15 วัน

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.8 เนื้อสัมผัสด้าน Hardness พบว่าไม่มีแนวโน้มแบบเชิงเส้นในการแข็งตัวขึ้นหรืออ่อนลงของเนื้อเจล ค่า Hardness วันที่ 0 11 และ 15 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ว่าเมื่อเปรียบเทียบค่า Hardness วันที่ 0 กับวันที่ 2 4 และ 6 พบว่ามีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาเนื้อสัมผัสด้าน Adhesiveness Springiness ของวันที่ 0 กับวันที่ 2-15 พบว่าพบว่ามีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาเนื้อสัมผัสด้าน Cohesiveness และ Gumminess ของวันที่ 0-15 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาเกิดจากหลายปัจจัย ปัจจัยแรกคือการ syneresis ของเจลระหว่างการเก็บรักษา การขับน้ำออกจากเจลส่งผลให้เจลมีลักษณะแข็งขึ้น ค่า Hardness จึงมากขึ้น ปัจจัยที่สองคือตำแน่งการได้รับความร้อนต่างกันในกระบวนการฆ่าเชื้อโดยเครื่องรีทอร์ท โดยบริเวณที่ใกล้กับช่องปล่อยไอน้ำในเครื่องรีทอร์ท จะได้รับความร้อนมากกว่า (ตำแหน่งที่ 1 รูปที่ 4.3) ดังนั้นการวางตำแหน่งในเครื่องรีทอร์ทต่างกันจึงทำให้เกิดความแตกต่างของเนื้อสัมผัสในแต่ละตัวอย่างอาหารในรีทอร์ท ปัจจัยที่สามคือการที่กัวร์กัมทำปฏิกิริยากับโปรตีน โดยเมื่อโปรตีนได้รับความร้อน เกิดการเสียสภาพ ค่าการละลายของโปรตีนจะต่ำลง ทำให้เกิดการแยกชั้นของกัวร์กัมและโปรตีนบางส่วนเป็น 2 เฟส เมื่อตัดตัวอย่างที่มีกัวร์กัมแยกชั้นกับโปรตีนในน้ำนม และผ่านการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ทำให้ได้ค่าเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันแม้ว่าจะเป็นตัวอย่างในขวดเดียวกัน[17]

ตารางที่ 4.8 ค่าเนื้อสัมผัส (TPA)ภายหลังผ่านการสเตอริไลส์เป็นระยะเวลา 15 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Hardness (g.force)	Adhesiveness (g.sec)	Springiness
0	206.71±9.96 ^{c}	-259.25±7.01 ^{e}	0.89±0.01 ^{c}
2	240.10±246.96 ^{ab}	-213.86±1.46 ^{bc}	0.90±0.01 ^{b}
4	241.38±12.59 ^{ab}	-238.87±16.07 ^{d}	0.90±0.00 ^{b}
6	263.15±26.76 ^{a}	-221.29±10.51 ^{bcd}	0.91±0.01 ^{ab}
11	220.13±2.21 ^{bc}	-206.12±9.40 ^{b}	0.90±0.01 ^{b}
13	222.80±21.62 ^{ab}	-190.30±10.99 ^{a}	0.91±0.01 ^{a}
15	229.78±15.39 ^{bc}	-229.22±11.01 ^{cd}	0.90±0.00 ^{b}

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Cohesiveness	Gumminess (g.force)	Chewiness(g.force)
0	0.52±0.11 ^{ab}	106.56±27.06 ^{a}	94.51±24.60 ^{b}
2	0.49±0.02 ^{ab}	120.66±17.42 ^{a}	110.06±17.36 ^{ab}
4	0.49±0.04 ^{ab}	120.03±17.11 ^{a}	108.57±15.50 ^{ab}
6	0.53±0.05 ^{ab}	142.54±28.57 ^{a}	130.72±27.71 ^{a}
11	0.57±0.03 ^{a}	126.33±5.67 ^{a}	114.00±5.84 ^{ab}
13	0.50±0.00 ^{ab}	110.56±11.76 ^{a}	101.18±11.53 ^{ab}
15	0.46±0.02 ^{b}	107.47±12.81 ^{a}	97.24±11.86 ^{ab}

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

a,b,c..ที่แตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.6.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.9 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ΔE วันที่ 0 กับวันที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบ ΔE วันที่ 0 กับวันที่ 4-15 พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงของสีมีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 โดยทั่วไปถ้าค่า ΔE ของตัวอย่างที่นำมาเปรียบเทียบกันมีค่ามากกว่า 5 ตาของมนุษย์จะสามารถแยกความ

แตกต่างของสีของทั้งสองตัวอย่างนั้นได้ [21] การเปลี่ยนแปลงของสีอาจมีสาเหตุมาจากการที่ผลิตภัณฑ์มีไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบถึง 4% พร้อมกับบรรจุภัณฑ์แบบแก้วที่เป็นแบบโปร่งแสง จึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เนื่องจากแสงกระตุ้นให้คาร์บอนที่ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ซึ่งไม่แข็งแรง ที่ตำแหน่งพันธะคู่สูญเสียไฮโดรเจนอะตอม ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระไฮโดรคาร์บอน ซึ่งอะตอมอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเป็น unpair electron ซึ่งว่องไวต่อปฏิกิริยา จะกระตุ้นโมเลกุลกรดไขมันที่เหลือให้เกิดปฏิกิริยาต่อไป[24] นอกจากนี้อาจเกิดจากการเกิดปฏิกิริยา Maillard ของกรดอะมิโน และผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันทุติยภูมิ เช่น carbonyls ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา[23]

ตารางที่ 4.9 ค่าสี L^* A^* B^* และค่าการเปลี่ยนแปลงสี ΔE ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา(วัน)	L^*	A^*	B^*	ΔE
0	79.34±0.27 ^{a}	4.12±0.07 ^{b}	12.26±0.28 ^{d}	0.00±0.00 ^{e}
2	79.27±0.79 ^{a}	4.51±0.21 ^{ab}	12.81±0.35 ^{cd}	1.37±0.41 ^{de}
4	77.09±0.35 ^{b}	4.55±0.02 ^{ab}	12.73±0.14 ^{cd}	2.51±0.32 ^{cd}
6	77.52±0.52 ^{ab}	4.84±0.07 ^{a}	13.54±0.25 ^{bc}	2.47±0.39 ^{cd}
11	72.42±1.46 ^{c}	4.30±0.50 ^{b}	12.71±0.91 ^{cd}	7.11±1.54 ^{b}
13	76.53±0.25 ^{b}	4.88±0.39 ^{a}	14.13±0.84 ^{b}	3.74±0.34 ^{c}
15	70.93±2.36 ^{c}	1.07±0.30 ^{c}	16.37±0.86 ^{a}	9.98±2.06 ^{a}

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

a,b,c..ที่แตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.7 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีหลังการสเตอริไลส์

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.10 พบว่า pH ของวันที่ 0 2 4 และ 11 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบ pH ของวันที่ 0 กับวันที่ 6 13 และ15 พบว่ามีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่า pH มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาที่เก็บรักษา

นอกจากนี้ปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์วันที่ 0 2 4 6 และ 11 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำอิสระของวันที่ 0 กับวันที่ 6 13 และ15 พบว่ามีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาที่เก็บรักษา อาจเนื่องมาจากการเกิด syneresis เมื่อตัดชิ้นเจลมาวัดปริมาณน้ำอิสระ โครงสร้างเจลจึงมีปริมาณน้ำลดลง

ตารางที่ 4.10 ค่า pH และปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา(วัน)	pH	Aw
0	6.37±0.01 [a]	0.99±0.00 [a]
2	6.35±0.01 [ab]	0.99±0.00 [a]
4	6.37±0.01 [a]	0.99±0.00 [a]
6	6.34±0.01 [bc]	0.99±0.007 [b]
11	6.37±0.01 [a]	0.97±0.00 [a]
13	6.32±0.01 [c]	0.98±0.00 [c]
15	6.32±0.02 [c]	0.98±0.00 [cd]

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ
a,b,c..ที่แตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.8 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของซอสราสเบอร์รี่หลังการสเตอริไลส์

4.8.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของซอสราสเบอร์รี่ระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.11 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ΔE วันที่ 0 เปรียบเทียบกับวันที่ 3-15 พบว่ามีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยทั่วไปถ้าค่า ΔE ของตัวอย่างที่นำมาเปรียบเทียบกันมีค่ามากกว่า 5 ตาของมนุษย์จะสามารถแยกความแตกต่างของสีของทั้งสองตัวอย่างนั้นได้ [21]

ตารางที่ 4.11 ค่าสี L^* A^* B^* และค่าการเปลี่ยนแปลงสี ΔE ของซอสราสเบอร์รี่ระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	L*	A*	B^*	ΔE
0	28.15±0.11^{d}	21.78±0.40^{b}	9.69±0.16^{a}	0.00±0.00^{d}
3	29.77±0.39^{b}	23.23±0.55^{a}	9.92±0.24^{a}	2.33±0.46^{b}
6	30.27±0.17^{a}	22.84±0.78^{a}	9.66±0.30^{a}	2.56±0.60^{b}
9	28.73±0.10^{c}	21.79±0.43^{b}	9.14±0.40^{b}	1.38±0.38^{b}
12	28.80±0.06^{c}	18.97±0.06^{c}	8.16±0.08^{c}	3.27±0.46^{a}
15	28.33±0.15^{d}	18.71±0.29^{c}	8.26±0.18^{c}	3.40±0.58^{c}

4.8.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของซอสราสเบอร์รี่ระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.12 พบว่าค่าความหนืดวันที่ 0 3 9 และ15 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบความหนืดวันที่ 6 12 กับวันที่ 0 พบว่ามีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเปลี่ยนแปลงของความหนืดอาจมีผลมาจาก pH ที่ลดลงระหว่างการเก็บรักษา ทำให้เกิดโอลิโกแซ็กคาไรด์และไดแซ็กคาไรด์ถูกย่อยเป็นน้ำตาลที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลงที่พันธะไกลโคไซด์ ด้วยสภาวะที่เป็นกรดสูง

ตารางที่ 4.12 ค่าความหนืด (cP) , pH และปริมาณน้ำอิสระในซอสราสเบอร์รี่ระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา(วัน)	**ความหนืด(cP)**	**pH**	**Aw**
0	1427.89±4.74^{a}	3.10±0.07^{a}	0.98±0.00^{a}
3	1406.86±8.77^{ab}	2.99±0.01^{b}	0.98±0.00^{a}
6	1386.32±20.19^{b}	2.98±0.04^{b}	0.99±0.00^{a}
9	1398.97±9.10^{ab}	2.96±0.02^{b}	0.99±0.00^{a}
12	1388.48±27.22^{b}	2.86±0.014^{c}	1.00±0.01^{a}
15	1425.66±29.55^{a}	2.86±0.01^{c}	1.00±0.02^{a}

4.9 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีของซอสราสเบอร์รี่หลังการสเตอริไลส์

4.9.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ pH

จากตารางที่ 4.12 ค่า pH ของวันที่ 0 เปรียบเทียบกับวันที่ 3-15 มีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

4.9.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำอิสระ

จากตารางที่ 4.12 ปริมาณน้ำอิสระของวันที่ 0-15 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.10 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวราดซอสราสเบอร์รี่

จากตารางที่ 3.1 ซึ่งเป็นโภชนาการปริมาณสารอาหารที่ต้องการต่อวันของผู้ป่วยไตเนื่องจากเบาหวาน อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวราดซอสราสเบอร์รี่ เป็นประเภทอาหารว่างระหว่างมื้อ จึงควรมีปริมาณสารอาหารและพลังงานน้อยกว่า 1/3 ของปริมาณสารอาหารและพลังงานที่ผู้ป่วยโรคไตจากเบาหวานได้รับต่อวัน เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.13 และ 4.14 พบว่าผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับที่เหมาะสม คือมีปริมาณน้อยกว่า 1/3 ของปริมาณสารอาหารที่ต้องการต่อวันเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลโภชนาการผู้ป่วยโรคไตเนื่องจากเบาหวาน (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวราดซอสราสเบอร์รี่ต่อปริมาณ 100 กรัมอาหาร

รายการทดสอบ	**ผลการวิเคราะห์/100 อาหาร**
Total calories	74.75 kcal
Total carbohydrate	9.48 กรัม
Moisture	84.28 กรัม
Ash	0.72 กรัม
Total fat	2.95 กรัม
Protein (Nx6.25)	2.57 กรัม
Sodium(Na)	33.77 มิลลิกรัม
Potassium(K)	115.80 มิลลิกรัม
Phosphorus(P)	42.85 มิลลิกรัม

หมายเหตุ ส่งตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวราดซอสราสเบอร์รี่ต่อปริมาณ 1 หน่วยบริโภค 261 กรัม

รายการทดสอบ	**ผลการวิเคราะห์/261 กรัมอาหาร**
Total calories	195.1 กิโลแคลอลี่
Total carbohydrate	24.74 กรัม
Moisture	219.97 กรัม
Ash	1.88 กรัม
Total fat	7.70 กรัม
Protein (Nx6.25)	2.57 กรัม
Sodium(Na)	0.09 กรัม
Potassium(K)	0.30 กรัม
Phosphorus(P)	0.11 กรัม

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืนโดยโดยแปรอัตราส่วนกัวร์กัม: คาราจีแนน เป็น 7:1, 5:3, 3:5 และ 1:7 พบว่าสูตรที่มีการแปรอัตราส่วนกัวร์กัม: คาราจีแนน เป็น 5:3 มีลักษณะเนื้อสัมผัสหลังผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไลส์ในเครื่องรีทอร์ทด้าน Hardness คือ 206.71 g.force และ Adhesiveness คือ -259.25 g.sec ซึ่งไม่แตกต่าง จาก control คือเจลลี่โภชนา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด

จากจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่ได้มีการแปรชนิดของสารให้ความหวาน ซึ่งมีสารให้ความหวานชนิดซูคราโลส มอลทิทอล และแบบผสมอัตราส่วน 1:1 พบว่า พบว่าในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ของสารให้ความหวานชนิด ซูคราโลส มอลทิทอล และชนิดผสม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และด้าน รสชาติ ความชอบโดยรวม ของสารให้ความหวานชนิดซูคราโลส มอลทิทอล และชนิดผสม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งทั้งด้าน รสชาติ และ ความชอบโดยรวม ของสารให้ความหวานชนิดซูคราโลสมีคะแนนสูงที่สุด

จากการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อโดยวิธีการสเตอริไลส์ พบว่า ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์คือ 4.10 และเวลาที่ใช้ในกระบวนการเพื่อให้ได้ค่าการฆ่าเชื้อที่ต้องการคือ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 118°C

จากการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวหลังการสเตอริไลส์เป็นระยะเวลา 15 วัน ค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้าน Hardness วันที่ 0 กับวันที่ 2 4 และ 6 พบว่ามีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาเนื้อสัมผัสด้าน Adhesiveness Springiness ของวันที่ 0 กับวันที่ 2-15 พบว่าพบว่ามีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) พบว่า ด้าน Cohesiveness และ Gumminess ของวันที่ 0 -15 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสี พบว่าค่า ΔE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 และสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีด้วยตาเปล่าได้ในวันที่ 15 จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ pH และปริมาณน้ำอิสระ พบว่าค่า pH และ Aw มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาที่เก็บรักษา

จากการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของซอสราสเบอร์รี่ระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน การศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดพบว่า ค่าความหนืดวันที่ 0 3 9 และ15 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบความหนืดวันที่ 6 12 กับวันที่ 0 พบว่ามีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสี พบว่าค่า ΔE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 แต่เนื่องจากค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ΔE มีค่าน้อยกว่า 5 จึงไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงด้วยตาได้ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้าน pH พบว่า pH ของวันที่ 0 เปรียบเทียบกับวันที่ 3-15 มีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) และมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

จากการศึกษา ปริมาณน้ำอิสระของวันที่ 0- 15 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวราดซอสราสเบอร์รี่ พบว่าผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับที่เหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลโภชนาการผู้ป่วยโรคไตเนื่องจากเบาหวาน

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์อาหารมีระยะเวลาในการศึกษา 6- 12 เดือน ซึ่งเป็นอายุผลิตภัณฑ์ของอาหารที่ผ่านการสเตอริไลส์
2. การประเมินทางประสาทสัมผัสในกลุ่มผู้ป่วยโรคไตจากเบาวหวาน ที่มีภาวะการกลืนลำบาก

เอกสารอ้างอิง

1. Nestlé Health Science. (2017). ภาวะกลืนลำบาก ดูแลอย่างไร. ค้นเมื่อ 20 เมษายน 2561, จาก https://www.nestlehealthscience-th.com/health-management/aging/Dysphagia_info
2. Gallegos, C., Brito-de la Fuente, E., Clavé, P., Costa, A. and Assegehegn, G. (2017). Nutritional Aspects of Dysphagia Management. Advances in Food and Nutrition Research. (81) : 271-275.
3. ศศุภางศ์ มุสิกบุญเลิศ. (2557). การรักษาผู้ป่วยกลืนลำบาก. ใน งานโภชนาการ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 30, หน้า16-19. ปี 2557. ขอนแก่น : คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
4. ชัชลิต รัตรสาร. (2560). สถานการณ์ปัจจุบัน และความร่วมมือเพื่อ ปฏิรูปการดูแลรักษาโรคเบาหวานในประเทศไทย. ค้นเมื่อ 20 กันยายน 2561, จาก https://www.novonordisk.com/content/dam/Denmark/HQ/sustainablebusiness/performance.
5. จุฬาภรณ์ รุ่งพิสุทธิพงษ์. โภชนบำบัดในโรคไตและตับ. ค้นเมื่อ 19 กันยายน 2561, จาก https://med.mahidol.ac.th/med/sites/default/files/public/pdf/medicinebook1/nutrition%20in%20liver%20and%20kidney%20disease.pdf
6. Gallegos, C., Brito-de la Fuente, E., Clavé, P., Costa, A. and Assegehegn, G. (2017). Nutritional Aspects of Dysphagia Management. Advances in Food and Nutrition Research. (81) : 290-302.
7. Dickinson, E. ed. Food Polymers, Gels and Colloids. Cambridge: The Royal Society of Chemistry Thomas Graham House; 1995.
8. Fritz, D. Chewing Gum Technology. In E. B. Jackson (ed.), Sugar Confectionery Manufacture. 2nd ed., pp. 259-286. Glasgow: Blackie Academic and Professional; 1995.
9. อาณดี นิติธรรมยง. ใยอาหารชนิดใหม่....คุณรู้จักหรือยัง. ค้นเมื่อ 3 กุมภาพันธ์ 2562, จาก http://www.inmu.mahidol.ac.th/th/knowledge/view.php?id=190
10. Tuttle, K.R., Bakris, G.L., Bilous, R.W., Chiang, J.L., Boer, I.H.D., Goldstein-Fuchs, J., Hirsch, I.B., Kalantar-Zadeh, K., Narva, A.S., Navaneethan, S.D., Neumiller, J.J., Patel, U.D., Ratner, R.E., Whaley-Connell, A.T., and Molitch, M.E. (2014). Diabetic Kidney Disease: A Report From an ADA Consensus Conference. American Journal of Kidney Diseases. 64 (4): 510-522.
11. Molitch, M.E., Adler, A.I., Flyvbjerg, A., Nelson, R.G., So, W., Wanner, C., Kasiske, B.L., Wheeler, D.C., Zeeuw, D.D., and Mogensen, C.E. (2015). Diabetic kidney disease: a clinical update from Kidney Disease: Improving Global Outcomes. Kidney International. 87 (1): 22-23
12. National Kidney Foundation. K/DOQI Clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification. Am J Kidney Dis. 2002 Feb; 39 (2 Suppl 1):S1-266

13. Lin, Y., Chang, Y., Yang, S., Wu, K., and Chu, T. Update of pathophysiology and management of diabetic kidney disease. Journal of the Formosan Medical Association. 117 (8): 664-668.
14. Jain, N., and Reilly, R.F. (2014). Effects of dietary interventions on incidence and progression of CKD. Nature Reviews Nephrology. 10: 712.
15. Wang, A.Y., Kalantar-Zadeh, K., Fouque, D., Wee, P.T., Kovesdy, C.P., Price, S.R., and Kopple, J.D. (2018). Precision Medicine for Nutritional Management in End-Stage Kidney Disease and Transition to Dialysis. Seminars in Nephrology. 38 (4): 383-394.
16. Alberta Health Service. (2013). Nutrition Guideline Renal. ค้นเมื่อ 20 กันยายน 2561, จาก https://www.albertahealthservices.ca/assets/Infofor/hp/if-hp-ed-cdm-ns-5-5-1-renal.pdf
17. Alan Imeson. (1997). Thickening and Gelling Agents for Food. (2nd ed.). Hong Kong: Best-set Typesetter Ltd.
18. Okkels SL, Saxosen M, Bügel S, Olsen A, Klausen TW, Beck AM. Acceptance of texture-modified in-between-meals among old adults with dysphagia. Clinical Nutrition ESPEN 2018; 25 : 126-132.
19. สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2557). คู่มือสำหรับผู้ควบคุมการผลิตอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดปรับกรด (Retort Supervisor). (1st ed). ประเทศไทย: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์สงเคราะห์องค์การทหารผ่านศึก.
20. Rosenberg M.(2002). Liquid Milk Products: UHT Sterilized Milks. (3rd).USA: Elsevier Ltd.
21. Mokrzycki, W.S. and Tatol, M. (2012). Colour difference ΔE - a survey. Machine Graphic and Vision International Journal 20: 383-411.
22. วันทนีย์ ขำเลิศ และ กิตติมา โสนะมิตร์ และนิภาภรณ์ ลักษณ์สมยา. (2551). ฟูโรซีน: ดัชนีชี้บ่งคุณลักษณะของนมพาสเจอร์ไรซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.
23. Rannou, C., Queveau, D., Beaumal, V., David-Briand, E., Le Borgne C., Meynier, A., et al. 2015. Effect of spray-drying and storage conditions on the physical and functional properties of standard and n-3 enriched egg yolk powders. Journal of Food Engineering, 154, 58–68.
24. ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์. (2550). Lipid oxidation / ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด. ค้นเมื่อ 9 กรกฎาคม 2562, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0395/lipid-oxidation-ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ก1. ค่า pH ของอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวและน้ำซอส

อุปกรณ์

1. เครื่องวัด pH (METTLER TOLEDO)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำหัว probe ลงไปในตัวอย่างที่วัด
2. กดปุ่ม Read เพื่อวัดค่า pH ของตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ครั้ง

ก2. ปริมาณน้ำอิสระของอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวและน้ำซอส

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Aqualab water activity analyzer)

วิธีการวิเคราะห์

1. ตักตัวอย่างใส่ถาดที่ใช้สำหรับเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระไม่ให้เลยขีดด้านข้างของถาด
2. นำถาดไปวางที่ฐานสำหรับวางถาดของเครื่องวัดปริมาณน้ำ
3. ดันฐานเข้าไปแล้วหมุนปุ่มไปที่ Read เพื่อวัดปริมาณน้ำอิสระของตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ครั้ง

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ข1. ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) (Stable Micro system, รุ่น TA.XT2i, UK)
2. หัววัด P/100 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร

วิธีการวิเคราะห์

1. Calibrate force โดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 1,000 กรัม
2. ประกอบหัววัดเข้ากับเครื่องวัดเนื้อสัมผัส
3. Calibrate height โดยตั้งระยะหัววัดให้ห่างจากแท่นวางตัวอย่าง 20 มิลลิเมตร
4. เลือกรูปแบบการวิเคราะห์แบบ Texture Profile Analysis(TPA) และตั้งค่ารายละเอียดดังต่อไปนี้

   Mode : Measure for compression

   Option : Texture Profile Analysis (TPA)

   Pre-test speed : 5.0 mm/sec

   Test-speed : 1.0 mm/sec

   Post-test speed : 1.0 mm/sec

   Distance : 30% strain

   Trigger-type : Auto - 5g
5. วางอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวบนแท่นตัวอย่างครั้งละ 1 ชิ้น โดยให้หัววัดอยู่ตรงกลางของตัวอย่างจากนั้นกด Start เพื่อเริ่มวัดค่า

ข2. สีของอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวและน้ำซอส

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี (Konica Minolta : CR-400 , Japan)

วิธีการวิเคราะห์

1. Calibrate เครื่องวัดสี
2. เลือกหัววัดที่เหมาะกับลักษณะของอาหาร
3. ทำการวัดสีตัวอย่างละ 3 ครั้ง

ข3. ความหนืดของน้ำซอส

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดความหนืด (Fungilab, Spain)
2. หัววัด R5

วิธีการวิเคราะห์

1. ประกอบหัววัดเข้ากับตัวเครื่องวัดความหนืด
2. ตั้งค่าหน่วยวัดต่างๆ ให้ตรงกับตามที่ต้องการ
3. ตั้งค่าหัววัดให้ตรงกับที่ใช้ และความเร็วรอบที่ใช้วัด
4. กดปุ่ม On เพื่อเริ่มการวัด
5. จับเวลา 1 นาที แล้วบันทึกค่าที่วัดได้ ตัวอย่างละ 3 ครั้ง

ภาคผนวก ค

ผลการสเตอริไลส์

Operator:	Master		
Process:	Sterilize		
Product:	Semi solid food		
Vessel:	Glass		
Session Start:	5/24/2019 3:47:47 PM	Session Stop:	5/24/2019 4:36:43 PM
Session Name:	NP24.5.62 semi solid food		
Session Text:	N/A		

Validation Solutions

Lethality Overview

Input parameter

Start Date :	5/24/2019
Ref. Temperature:	121.11 °C
Min. Temperature :	91.11 °C
Z-Value:	10 °C
D-Value:	1

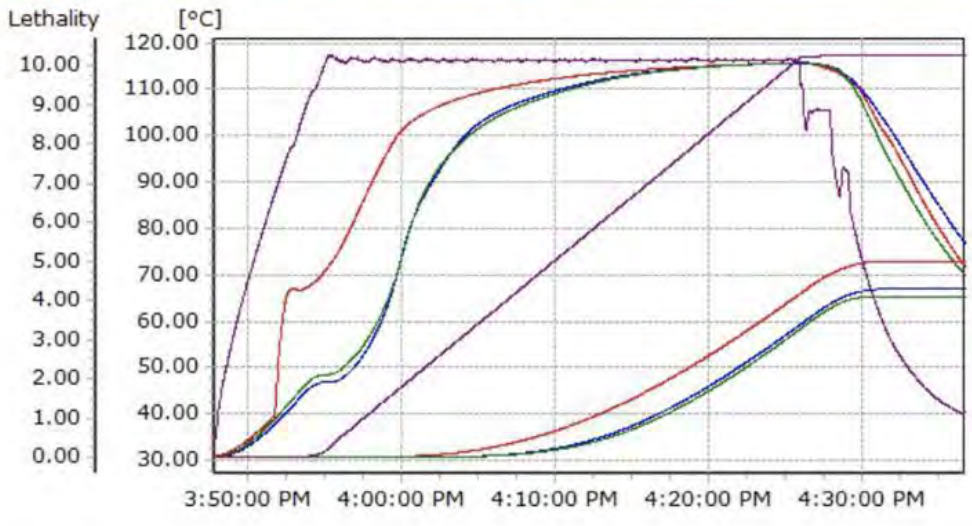
Sensor lethality overview

Name	Description	Start Time	End Time	Max. Value
TA - 440818 - Ch 1 (F0) Lethality 1	E-Val Pro Lethality	3:47:47 PM	4:36:43 PM	5.00
TA - 440815 - Ch 2 (F0) Lethality 1	E-Val Pro Lethality	3:47:47 PM	4:36:43 PM	4.30
TA - 440819 - Ch 3 (F0) Lethality 1	E-Val Pro Lethality	3:47:47 PM	4:36:43 PM	4.10
TA - 440811 - Ch 4 (F0) Lethality 1	E-Val Pro Lethality	3:47:47 PM	4:36:43 PM	10.26

Operator:	Master		
Process:	Sterilize		
Product:	Semi solid food		
Vessel:	Glass		
Session Start:	5/24/2019 3:47:47 PM	Session Stop:	5/24/2019 4:36:43 PM
Session Name:	NP24.5.62 semi solid food		
Session Text:	N/A		

Validation Solutions

Graph



ภาคผนวก ง

Sensory Evaluation

ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวกลิ่นวนิลลา

วันที่ _____

ชื่อผู้ทดสอบ_____ เพศ_____ อายุ_____

แบบประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวกลิ่นวนิลลา

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบชิม**ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวกลิ่นวนิลลา** 3 ตัวอย่าง โดยชิมทีละตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน ดังนี้

7 = ชอบมากที่สุด
6 = ชอบปานกลาง
5 = ชอบเล็กน้อย
4 = เฉยๆ
3 = ไม่ชอบเล็กน้อย
2 = ไม่ชอบปานกลาง
1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	**รหัสตัวอย่าง**		
กลิ่น			
ลักษณะปรากฏ			
สี			
รสชาติ			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

_____

_____

_____

_____

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

โดยโปรแกรม IBM SPSS Version 22 Statistic

1. อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว

1.1 Texture Profile Analysis (TPA)

1.1.1 การแปรอัตราส่วนกัวร์กัมต่อคาราจีแนนทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

1.1.1.1 Hardness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hardness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2630562.22[a]	4	657640.556	62.391	.000
Intercept	5526707.685	1	5526707.685	524.322	.000
สูตร	2630562.225	4	657640.556	62.391	.000
Error	105406.735	10	10540.673		
Total	8262676.645	15			
Corrected Total	2735968.960	14			

a. R Squared = .961 (Adjusted R Squared = .946)

Post Hoc Tests

สูตร

Homogeneous Subsets

Hardness

Duncan[a,b]

สูตร	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
0	3	188.8990000		
1	3	299.7880000		
2	3	339.1195000		
3	3		957.4813333	
4	3			1249.704667
Sig.		.118	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 10540.673.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.1.2 Adhesiveness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Adhesiveness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	483721.341[a]	4	120930.335	8.387	.003
Intercept	1868782.017	1	1868782.017	129.611	.000
สูตร	483721.341	4	120930.335	8.387	.003
Error	144183.978	10	14418.398		
Total	2496687.335	15			
Corrected Total	627905.319	14			

a. R Squared = .770 (Adjusted R Squared = .679)

Post Hoc Tests

สูตร

Homogeneous Subsets

Adhesiveness

Duncan[a,b]

สูตร	N	Subset 1	Subset 2
3	3	-612.563000	
4	3	-518.629333	
1	3		-262.913000
0	3		-217.884000
2	3		-152.844000
Sig.		.361	.309

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 14418.398.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.1.3 Springiness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Springiness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.041[a]	4	.010	43.141	.000
Intercept	12.009	1	12.009	50468.179	.000
สูตร	.041	4	.010	43.141	.000
Error	.002	10	.000		
Total	12.052	15			
Corrected Total	.043	14			

a. R Squared = .945 (Adjusted R Squared = .923)

Post Hoc Tests

สูตร

Homogeneous Subsets

Springiness

Duncan[a,b]

สูตร	N	Subset 1	2	3	4
1	3	.81897506			
0	3		.84732512		
3	3			.92108491	
2	3			.93070400	.93070400
4	3				.95565665
Sig.		1.000	1.000	.463	.076

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.1.4 Cohesiveness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cohesiveness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.409[a]	4	.102	61.553	.000
Intercept	4.670	1	4.670	2810.217	.000
สูตร	.409	4	.102	61.553	.000
Error	.017	10	.002		
Total	5.096	15			
Corrected Total	.426	14			

a. R Squared = .961 (Adjusted R Squared = .945)

Post Hoc Tests

สูตร

Homogeneous Subsets

Cohesiveness

Duncan[a,b]

สูตร	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
0	3	.24348910		
1	3		.54484273	
2	3			.63636150
4	3			.67502318
3	3			.69013257
Sig.		1.000	1.000	.154

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .002.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.1.5 Gumminess

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Gumminess

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1435598.32[a]	4	358899.580	48.964	.000
Intercept	2228036.446	1	2228036.446	303.968	.000
สูตร	1435598.318	4	358899.580	48.964	.000
Error	73298.475	10	7329.847		
Total	3736933.239	15			
Corrected Total	1508896.793	14			

a. R Squared = .951 (Adjusted R Squared = .932)

Post Hoc Tests

สูตร

Homogeneous Subsets

Gumminess

Duncan[a,b]

สูตร	N	Subset			
		1	2	3	4
0	3	45.92535839			
1	3	163.2334544	163.2334544		
2	3		216.1341500		
3	3			655.5835583	
4	3				846.1403644
Sig.		.124	.467	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 7329.847.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.1.6 Chewiness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Chewiness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1322863.48[a]	4	330715.871	47.483	.000
Intercept	1917967.725	1	1917967.725	275.373	.000
สูตร	1322863.484	4	330715.871	47.483	.000
Error	69649.707	10	6964.971		
Total	3310480.917	15			
Corrected Total	1392513.192	14			

a. R Squared = .950 (Adjusted R Squared = .930)

Post Hoc Tests

สูตร

Homogeneous Subsets

Chewiness

Duncan[a,b]

สูตร	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4
0	3	38.93881413			
1	3	133.6745846	133.6745846		
2	3		201.3138931		
3	3			605.2679194	
4	3				808.7121899
Sig.		.195	.344	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 6964.971.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.2 การศึกษานำร่องสภาวะการ sterilize เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

1.1.2.1 Hardness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hardness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	104557.797[a]	2	52278.898	78.793	.000
Intercept	280097.095	1	280097.095	422.155	.000
สูตร	104557.797	2	52278.898	78.793	.000
Error	3980.959	6	663.493		
Total	388635.850	9			
Corrected Total	108538.756	8			

a. R Squared = .963 (Adjusted R Squared = .951)

Post Hoc Tests

สูตร

Homogeneous Subsets

Hardness

Duncan[a,b]

สูตร	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1	3	38.60633333		
0	3		188.8990000	
2	3			301.7366667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 663.493.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.2.2 Adhesiveness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Adhesiveness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18491.523[a]	2	9245.761	4.061	.077
Intercept	316487.255	1	316487.255	138.995	.000
สูตร	18491.523	2	9245.761	4.061	.077
Error	13661.797	6	2276.966		
Total	348640.575	9			
Corrected Total	32153.320	8			

a. R Squared = .575 (Adjusted R Squared = .433)

Post Hoc Tests

สูตร

Homogeneous Subsets

Adhesiveness

Duncan[a,b]

สูตร	N	Subset 1
2	3	-221.238000
0	3	-217.884000
1	3	-123.450000
Sig.		.052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square (Error) = 2276.966.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.2.3 Springiness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Springiness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.470[a]	2	.735	2123.332	.000
Intercept	3.174	1	3.174	9166.094	.000
สูตร	1.470	2	.735	2123.332	.000
Error	.002	6	.000		
Total	4.646	9			
Corrected Total	1.472	8			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)

Post Hoc Tests

สูตร

Homogeneous Subsets

Springiness

Duncan[a,b]

สูตร	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1	3	.02338224		
0	3		.84732512	
2	3			.91076169
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.2.4 Cohesiveness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cohesiveness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.060[a]	2	.030	42.648	.000
Intercept	.678	1	.678	959.017	.000
สูตร	.060	2	.030	42.648	.000
Error	.004	6	.001		
Total	.742	9			
Corrected Total	.065	8			

a. R Squared = .934 (Adjusted R Squared = .912)

Post Hoc Tests

สูตร

Homogeneous Subsets

Cohesiveness

Duncan[a,b]

สูตร	N	Subset 1	Subset 2
1	3	.19334645	
0	3	.24348910	
2	3		.38653130
Sig.		.060	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.2.5 Gumminess

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: gumminess

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18381.134[a]	2	9190.567	99.659	.000
Intercept	28895.766	1	28895.766	313.333	.000
สูตร	18381.134	2	9190.567	99.659	.000
Error	553.324	6	92.221		
Total	47830.224	9			
Corrected Total	18934.457	8			

a. R Squared = .971 (Adjusted R Squared = .961)

Post Hoc Tests

สูตร

Homogeneous Subsets

gumminess

Duncan[a,b]

สูตร	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1	3	7.46867744		
0	3		45.92535839	
2	3			116.5935117
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 92.221.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.2.6 Chewiness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: chewiness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	17326.963[a]	2	8663.482	85.233	.000
Intercept	21174.032	1	21174.032	208.314	.000
สูตร	17326.963	2	8663.482	85.233	.000
Error	609.870	6	101.645		
Total	39110.865	9			
Corrected Total	17936.833	8			

a. R Squared = .966 (Adjusted R Squared = .955)

Post Hoc Tests

สูตร

Homogeneous Subsets

chewiness

Duncan[a,b]

สูตร	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1	3	.19092446		
0	3		38.93881413	
2	3			106.3832568
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 101.645.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1.1.3.1 ลักษณะปรากฏ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ลักษณะปรากฏ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	94.270[a]	43	2.192	16.582	.000
Intercept	3888.889	1	3888.889	29414.348	.000
trt	.492	2	.246	1.861	.162
block	93.778	41	2.287	17.300	.000
Error	10.841	82	.132		
Total	3994.000	126			
Corrected Total	105.111	125			

a. R Squared = .897 (Adjusted R Squared = .843)

Post Hoc Tests

trt

Homogeneous Subsets

ลักษณะปรากฏ

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1
2	42	5.5000
1	42	5.5238
3	42	5.6429
Sig.		.092

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .132.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 42.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.3.2 สี

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: สี

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	102.175[a]	43	2.376	12.962	.000
Intercept	3626.794	1	3626.794	19784.600	.000
trt	.302	2	.151	.823	.443
block	101.873	41	2.485	13.554	.000
Error	15.032	82	.183		
Total	3744.000	126			
Corrected Total	117.206	125			

a. R Squared = .872 (Adjusted R Squared = .804)

Post Hoc Tests

trt

Homogeneous Subsets

สี

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1
3	42	5.3095
2	42	5.3571
1	42	5.4286
Sig.		.234

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .183.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 42.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.3.3 กลิ่น

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: กลิ่น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	138.913[a]	43	3.231	6.837	.000
Intercept	3021.341	1	3021.341	6394.203	.000
trt	.587	2	.294	.621	.540
block	138.325	41	3.374	7.140	.000
Error	38.746	82	.473		
Total	3199.000	126			
Corrected Total	177.659	125			

a. R Squared = .782 (Adjusted R Squared = .668)

Post Hoc Tests

trt

Homogeneous Subsets

กลิ่น

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1
3	42	4.8095
2	42	4.9048
1	42	4.9762
Sig.		.300

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .473.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 42.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.3.4 รสชาติ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: รสชาติ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	108.151[a]	43	2.515	2.951	.000
Intercept	2904.960	1	2904.960	3408.364	.000
trt	18.111	2	9.056	10.625	.000
block	90.040	41	2.196	2.577	.000
Error	69.889	82	.852		
Total	3083.000	126			
Corrected Total	178.040	125			

a. R Squared = .607 (Adjusted R Squared = .402)

Post Hoc Tests

trt

Homogeneous Subsets

รสชาติ

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
2	42	4.3333		
3	42		4.8095	
1	42			5.2619
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .852.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 42.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.3.5 ความชอบโดยรวม

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ความชอบโดยรวม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	91.381[a]	43	2.125	2.419	.000
Intercept	2972.571	1	2972.571	3383.191	.000
trt	14.619	2	7.310	8.319	.001
block	76.762	41	1.872	2.131	.002
Error	72.048	82	.879		
Total	3136.000	126			
Corrected Total	163.429	125			

a. R Squared = .559 (Adjusted R Squared = .328)

Post Hoc Tests

trt

Homogeneous Subsets

ความชอบโดยรวม

Duncan[a,b]

trt	N	Subset 1	Subset 2
2	42	4.4524	
3	42	4.8333	
1	42		5.2857
Sig.		.066	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .879.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 42.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.4 เนื้อสัมผัส(TPA)ก่อนและหลังการสเตอริไลส์เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

1.1.4.1 Hardness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hardness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	22080.023[a]	2	11040.011	16.068	.004
Intercept	486287.506	1	486287.506	707.741	.000
กระบวนการ	22080.023	2	11040.011	16.068	.004
Error	4122.588	6	687.098		
Total	512490.116	9			
Corrected Total	26202.610	8			

a. R Squared = .843 (Adjusted R Squared = .790)

Post Hoc Tests

กระบวนการ

Homogeneous Subsets

Hardness

Duncan[a,b]

กระบวนการ	N	Subset 1	Subset 2
0	3	188.8990000	
2	3	206.7075098	
1	3		301.7366667
Sig.		.437	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 687.098.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.4.2 Adhesiveness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Adhesiveness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3167.200[a]	2	1583.600	.926	.446
Intercept	487722.508	1	487722.508	285.173	.000
กระบวนการ	3167.200	2	1583.600	.926	.446
Error	10261.627	6	1710.271		
Total	501151.336	9			
Corrected Total	13428.827	8			

a. R Squared = .236 (Adjusted R Squared = -.019)

Post Hoc Tests

กระบวนการ

Homogeneous Subsets

Adhesiveness

Duncan[a,b]

กระบวนการ	N	Subset 1
2	3	-259.249325
1	3	-221.238000
0	3	-217.884000
Sig.		.281

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 1710.271.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.4.3 Springiness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Springiness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.006[a]	2	.003	8.402	.018
Intercept	7.001	1	7.001	19007.871	.000
กระบวนการ	.006	2	.003	8.402	.018
Error	.002	6	.000		
Total	7.009	9			
Corrected Total	.008	8			

a. R Squared = .737 (Adjusted R Squared = .649)

Post Hoc Tests

กระบวนการ

Homogeneous Subsets

Springiness

Duncan[a,b]

กระบวนการ	N	Subset 1	Subset 2
0	3	.84732512	
2	3		.88776827
1	3		.91076169
Sig.		1.000	.193

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.4.4 Cohesiveness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cohesiveness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.111[a]	2	.056	13.479	.006
Intercept	1.312	1	1.312	318.263	.000
กระบวนการ	.111	2	.056	13.479	.006
Error	.025	6	.004		
Total	1.448	9			
Corrected Total	.136	8			

a. R Squared = .818 (Adjusted R Squared = .757)

Post Hoc Tests

กระบวนการ

Homogeneous Subsets

Cohesiveness

Duncan[a,b]

กระบวนการ	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
0	3	.24348910		
1	3		.38653130	
2	3			.51560900
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .004.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.4.5 Gumminess

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: gumminess

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8771.241[a]	2	4385.621	13.054	.007
Intercept	72403.557	1	72403.557	215.509	.000
กระบวนการ	8771.241	2	4385.621	13.054	.007
Error	2015.790	6	335.965		
Total	83190.588	9			
Corrected Total	10787.031	8			

a. R Squared = .813 (Adjusted R Squared = .751)

Post Hoc Tests

กระบวนการ

Homogeneous Subsets

gumminess

Duncan[a,b]

กระบวนการ	N	Subset 1	Subset 2
0	3	45.92535839	
2	3		106.5602207
1	3		116.5935117
Sig.		1.000	.528

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 335.965.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.4.6 Chewiness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: chewiness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7777.492[a]	2	3888.746	12.820	.007
Intercept	57517.270	1	57517.270	189.614	.000
กระบวนการ	7777.492	2	3888.746	12.820	.007
Error	1820.031	6	303.339		
Total	67114.792	9			
Corrected Total	9597.523	8			

a. R Squared = .810 (Adjusted R Squared = .747)

Post Hoc Tests

กระบวนการ

Homogeneous Subsets

chewiness

Duncan[a,b]

กระบวนการ	N	Subset 1	Subset 2
0	3	38.93881413	
2	3		94.50551233
1	3		106.3832568
Sig.		1.000	.436

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 303.339.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.5 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน

1.1.5.1 Hardness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hardness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6119.691[a]	6	1019.948	3.389	.028
Intercept	1163666.514	1	1163666.514	3866.149	.000
Day	6119.691	6	1019.948	3.389	.028
Error	4213.839	14	300.989		
Total	1174000.044	21			
Corrected Total	10333.530	20			

a. R Squared = .592 (Adjusted R Squared = .417)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

Hardness

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
0	3	206.707510		
11	3	220.135571	220.135571	
15	3	229.775923	229.775923	
2	3		240.099190	240.099190
4	3		241.384637	241.384637
13	3		246.542000	246.542000
6	3			263.148198
Sig.		.144	.112	.155

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 300.989.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.5.2 Adhesiveness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Adhesiveness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	12014.718[a]	6	2002.453	18.680	.000
Intercept	1024627.969	1	1024627.969	9558.239	.000
Day	12014.718	6	2002.453	18.680	.000
Error	1500.778	14	107.198		
Total	1038143.465	21			
Corrected Total	13515.496	20			

a. R Squared = .889 (Adjusted R Squared = .841)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

Adhesiveness

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	2	3	4	5
0	3	-259.249325				
4	3		-238.873707			
15	3		-229.217821	-229.217821		
6	3		-221.288754	-221.288754	-221.288754	
2	3			-213.857304	-213.857304	
11	3				-206.121835	
13	3					-177.612000
Sig.		1.000	.067	.106	.110	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 107.198.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.1.5.3 Springiness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Springness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.002[a]	6	.000	6.655	.002
Intercept	17.200	1	17.200	349181.620	.000
Day	.002	6	.000	6.655	.002
Error	.001	14	4.926E-5		
Total	17.202	21			
Corrected Total	.003	20			

a. R Squared = .740 (Adjusted R Squared = .629)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

Springness

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
0	3	.887768		
11	3		.900818	
15	3		.903219	
4	3		.903699	
2	3		.905460	
6	3		.912164	.912164
13	3			.921875
Sig.		1.000	.093	.112

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 4.926E-5.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

1.1.5.4 Cohesiveness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cohesiveness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.022[a]	6	.004	1.365	.295
Intercept	5.473	1	5.473	2051.813	.000
Day	.022	6	.004	1.365	.295
Error	.037	14	.003		
Total	5.533	21			
Corrected Total	.059	20			

a. R Squared = .369 (Adjusted R Squared = .099)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

Cohesiveness

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	Subset 2
15	3	.465476	
2	3	.490096	.490096
4	3	.494038	.494038
13	3	.501457	.501457
0	3	.515609	.515609
6	3	.534071	.534071
11	3		.572967
Sig.		.166	.099

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .003.

1.1.5.5 Gumminess

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Gumminess

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2676.280[a]	6	446.047	1.259	.336
Intercept	307668.101	1	307668.101	868.574	.000
Day	2676.280	6	446.047	1.259	.336
Error	4959.109	14	354.222		
Total	315303.491	21			
Corrected Total	7635.389	20			

a. R Squared = .351 (Adjusted R Squared = .072)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

Gumminess

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1
0	3	106.560221
15	3	107.472026
4	3	120.030310
2	3	120.663618
13	3	123.686364
11	3	126.335370
6	3	142.537307
Sig.		.056

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square (Error) = 354.222.

1.1.5.6 Chewiness

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Chewiness

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2599.895[a]	6	433.316	1.365	.294
Intercept	253541.849	1	253541.849	798.508	.000
Day	2599.895	6	433.316	1.365	.294
Error	4445.273	14	317.520		
Total	260587.017	21			
Corrected Total	7045.168	20			

a. R Squared = .369 (Adjusted R Squared = .099)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

Chewiness

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	Subset 2
0	3	94.505512	
15	3	97.236182	97.236182
4	3	108.569906	108.569906
2	3	110.058236	110.058236
11	3	113.999412	113.999412
13	3	114.068908	114.068908
6	3		130.715694
Sig.		.246	.057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 317.520.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

1.2 สี

1.2.1 ก่อน การสเตอริไลส์ เปรียบเทียบกับหลัง การสเตอริไลส์

1.2.1.1 L*

Group Statistics

	Process	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
L	before	3	86.2844	.36403	.21017
	after	3	79.3400	.27099	.15645

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
L	Equal variances assumed	.497	.520	26.504	4	.000	6.94444	.26201	6.21699	7.67190
	Equal variances not assumed			26.504	3.696	.000	6.94444	.26201	6.19276	7.69613

1.2.1.2 a*

Group Statistics

	Process	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
A	before	3	.3667	.11893	.06866
	after	3	-4.1233	.06642	.03835

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
A	Equal variances assumed	2.197	.212	-47.767	4	.000	-3.75667	.07865	-3.97502	-3.53831
	Equal variances not assumed			-47.767	3.137	.000	-3.75667	.07865	-4.00089	-3.51245

Group Statistics

	Process	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
B	before	3	1.0878	.21793	.12582
	after	3	12.2567	.28109	.16229

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
B	Equal variances assumed	.387	.568	-54.390	4	.000	-11.16889	.20535	-11.73903	-10.59875
	Equal variances not assumed			-54.390	3.766	.000	-11.16889	.20535	-11.75326	-10.58452

1.2.1.4 ΔE

Group Statistics

	Process	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
deltaE	before	3	13.7021	.46237	.26695
	after	3	.0000	.00000	.00000

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
deltaE	Equal variances assumed	9.355	.038	51.328	4	.000	13.70211	.26695	12.96094	14.44329
	Equal variances not assumed			51.328	2.000	.000	13.70211	.26695	12.55351	14.85071

1.2.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีระหว่างเก็บรักษา 15 วัน

1.2.2.1 L*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: L

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	191.942[a]	6	31.990	25.244	.000
Intercept	121802.180	1	121802.180	96116.095	.000
Day	191.942	6	31.990	25.244	.000
Error	17.741	14	1.267		
Total	122011.863	21			
Corrected Total	209.683	20			

a. R Squared = .915 (Adjusted R Squared = .879)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

L

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
15	3	70.93000		
11	3	72.42333		
13	3		76.52889	
4	3		77.09444	
6	3		77.51778	77.51778
2	3			79.27444
0	3			79.34000
Sig.		.127	.325	.080

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 1.267.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.2.2.2 a*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: A

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	32.154[a]	6	5.359	69.049	.000
Intercept	342.781	1	342.781	4416.582	.000
Day	32.154	6	5.359	69.049	.000
Error	1.087	14	.078		
Total	376.021	21			
Corrected Total	33.241	20			

a. R Squared = .967 (Adjusted R Squared = .953)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

A

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
15	3	1.07222		
0	3		4.12333	
11	3		4.29889	
2	3		4.51444	4.51444
4	3		4.54667	4.54667
6	3			4.84444
13	3			4.88111
Sig.		1.000	.107	.158

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .078.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

1.2.2.3 b*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: B

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	35.664[a]	6	5.944	16.240	.000
Intercept	3831.391	1	3831.391	10467.903	.000
Day	35.664	6	5.944	16.240	.000
Error	5.124	14	.366		
Total	3872.179	21			
Corrected Total	40.788	20			

a. R Squared = .874 (Adjusted R Squared = .821)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

B

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	2	3	4
0	3	12.25667			
11	3	12.71000	12.71000		
4	3	12.72556	12.72556		
2	3	12.81333	12.81333		
6	3		13.54444	13.54444	
13	3			14.12889	
15	3				16.37222
Sig.		.316	.140	.256	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .366.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.2.2.4 ΔE

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: deltaE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	218.791[a]	6	36.465	35.564	.000
Intercept	316.691	1	316.691	308.860	.000
Day	218.791	6	36.465	35.564	.000
Error	14.355	14	1.025		
Total	549.837	21			
Corrected Total	233.146	20			

a. R Squared = .938 (Adjusted R Squared = .912)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

deltaE

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	2	3	4	5
0	3	.00000				
2	3	1.37408	1.37408			
6	3		2.46624	2.46624		
4	3		2.50577	2.50577		
13	3			3.74336		
11	3				7.11039	
15	3					9.98370
Sig.		.119	.214	.164	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 1.025.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.3 pH

1.3.1 เก็บรักษา 15 วัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.008[a]	6	.001	7.175	.001
Intercept	846.349	1	846.349	4636521.779	.000
Day	.008	6	.001	7.175	.001
Error	.003	14	.000		
Total	846.360	21			
Corrected Total	.010	20			

a. R Squared = .755 (Adjusted R Squared = .649)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

pH

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
13	3	6.32000		
15	3	6.32444		
6	3	6.33889	6.33889	
2	3		6.35222	6.35222
11	3			6.36556
0	3			6.36889
4	3			6.36889
Sig.		.126	.247	.184

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

1.4 ปริมาณน้ำอิสระ

1.4.1 เก็บรักษา 15 วัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Aw

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.001[a]	6	.000	32.320	.000
Intercept	20.423	1	20.423	3020354.364	.000
Day	.001	6	.000	32.320	.000
Error	9.467E-5	14	6.762E-6		
Total	20.425	21			
Corrected Total	.001	20			

a. R Squared = .933 (Adjusted R Squared = .904)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

Aw

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	2	3	4
11	3	.97478			
15	3	.97833	.97833		
13	3		.97956		
6	3			.98767	
0	3				.99322
4	3				.99467
2	3				.99500
Sig.		.116	.574	1.000	.440

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 6.762E-6.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

2. น้ำซอสราสเบอร์รี่

2.1 ความหนืด

2.1.1 เก็บรักษา 15 วัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: viscosity

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4828.041[a]	5	965.608	2.629	.079
Intercept	35567583.68	1	35567583.68	96823.832	.000
Day	4828.041	5	965.608	2.629	.079
Error	4408.119	12	367.343		
Total	35576819.84	18			
Corrected Total	9236.161	17			

a. R Squared = .523 (Adjusted R Squared = .324)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

viscosity

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	Subset 2
6	3	1386.32222	
12	3	1388.47778	
9	3	1398.96667	1398.96667
3	3	1406.85556	1406.85556
15	3		1425.65556
0	3		1427.88889
Sig.		.247	.112

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 367.343.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

2.2 สี

2.2.1 เก็บรักษา 15 วัน

2.2.1.1 L*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: L

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10.478[a]	5	2.096	54.568	.000
Intercept	15146.314	1	15146.314	394384.551	.000
Day	10.478	5	2.096	54.568	.000
Error	.461	12	.038		
Total	15157.254	18			
Corrected Total	10.939	17			

a. R Squared = .958 (Adjusted R Squared = .940)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

L

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	2	3	4
0	3	28.14666667			
15	3	28.33000000			
9	3		28.73000000		
12	3		28.80222222		
3	3			29.76888889	
6	3				30.27000000
Sig.		.274	.660	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .038.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

2.2.1.2 a*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: A

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	55.908[a]	5	11.182	50.047	.000
Intercept	8105.191	1	8105.191	36276.961	.000
Day	55.908	5	11.182	50.047	.000
Error	2.681	12	.223		
Total	8163.781	18			
Corrected Total	58.589	17			

a. R Squared = .954 (Adjusted R Squared = .935)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

A

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
15	3	18.71111111		
12	3	18.97444444		
0	3		21.77777778	
9	3		21.78555555	
6	3			22.84111111
3	3			23.23000000
Sig.		.508	.984	.334

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .223.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

2.2.1.3 b*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: B

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8.744[a]	5	1.749	29.687	.000
Intercept	1503.713	1	1503.713	25525.114	.000
Day	8.744	5	1.749	29.687	.000
Error	.707	12	.059		
Total	1513.164	18			
Corrected Total	9.451	17			

a. R Squared = .925 (Adjusted R Squared = .894)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

B

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
12	3	8.15888889		
15	3	8.26444444		
9	3		9.14222222	
6	3			9.66111111
0	3			9.69444444
3	3			9.91888889
Sig.		.604	1.000	.239

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .059.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

2.2.1.4 ΔE

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: DeltaE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18.175[a]	5	3.635	31.591	.000
Intercept	48.618	1	48.618	422.535	.000
Day	18.175	5	3.635	31.591	.000
Error	1.381	12	.115		
Total	68.174	18			
Corrected Total	19.556	17			

a. R Squared = .929 (Adjusted R Squared = .900)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

DeltaE

Duncan[a,b]

Day	N	Subset			
		1	2	3	4
0	3	.00000000			
15	3		.72815268		
6	3			1.72872816	
9	3			2.06236927	
3	3			2.33469169	
12	3				3.00690923
Sig.		1.000	1.000	.059	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .115.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

2.3 pH

2.3.1 เก็บรักษา 15 วัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.118[a]	5	.024	19.692	.000
Intercept	157.571	1	157.571	130972.051	.000
Day	.118	5	.024	19.692	.000
Error	.014	12	.001		
Total	157.704	18			
Corrected Total	.133	17			

a. R Squared = .891 (Adjusted R Squared = .846)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

pH

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
15	3	2.86000		
12	3	2.86333		
9	3		2.96333	
6	3		2.98111	
3	3		2.98667	
0	3			3.09778
Sig.		.908	.449	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = 0.05.

2.4 ปริมาณน้ำอิสระ

2.4.1 เก็บรักษา 15 วัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Aw

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.001[a]	5	.000	1.325	.318
Intercept	17.676	1	17.676	210910.666	.000
Day	.001	5	.000	1.325	.318
Error	.001	12	8.381E-5		
Total	17.678	18			
Corrected Total	.002	17			

a. R Squared = .356 (Adjusted R Squared = .087)

Post Hoc Tests

Day

Homogeneous Subsets

Aw

Duncan[a,b]

Day	N	Subset 1
0	3	.98311
3	3	.98511
6	3	.99022
9	3	.99244
12	3	.99633
15	3	.99856
Sig.		.086

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 8.381E-5.

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวราดซอสราสเบอร์รี่

ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ชั้น 16 อาคารนวมหามกุฎ ถนนพญาไท
ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

เลขที่รายงาน : C 0564/19
วันที่รายงาน : 14 มิถุนายน 2562
รหัสตัวอย่าง : 192496
หน้าที่ 1 ของจำนวน 1 หน้า

เริ่มรายงาน

รายงานการทดสอบ

ชื่อผู้ขอรับบริการ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ผู้ขอรับบริการ : -
ชื่อตัวอย่าง/ รายละเอียดตัวอย่าง : อาหารสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการกลืน / ของเหลวข้นหน้าตาสีแดง และสีครีม
บรรจุในขวดแก้วปิดสนิท จำนวน 2 ขวด น้ำหนักรวม 490 กรัม
ผู้สุ่มตัวอย่าง : ผู้ส่งตัวอย่างเป็นผู้สุ่มตัวอย่าง
วันที่รับตัวอย่าง : 23 พฤษภาคม 2562
วันที่เริ่มทดสอบ : 27 พฤษภาคม 2562

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผล	วิธีทดสอบ
Total calories	74.75 kcal/100g	Method of Analysis for Nutrition Labeling. Virginia : AOAC International ; 1993, p. 106.
Total carbohydrate	9.48 g/100g	Method of Analysis for Nutrition Labeling. Virginia : AOAC International ; 1993, p. 8.
Moisture	84.28 g/100g	ASEAN Manual of Food Analysis (2011) p.1-2
Ash	0.72 g/100g	ASEAN Manual of Food Analysis (2011) p.38-39
Total fat	2.95 g/100g	In-house method based on AOAC (2016) 922.06
Protein (N x 6.25)	2.57 g/100g	In-house method T 058 based on AOAC (2016) 991.20
Sodium (Na)	33.77 mg/100g	In house method based on AOAC (2016), 975.03
Potassium (K)	115.80 mg/100g	
Phosphorus (P)	42.85 mg/100g	In-house method T 083 based on AOAC (2016), 975.03, 984.27

หมายเหตุ : -

สิ้นสุดรายงาน

อนุมัติ โดย

ลงชื่อ _____
(นางวิไล ประยูรหงษ์)
ผู้จัดการด้านวิชาการ
ห้องปฏิบัติการเคมี

ลงชื่อ _____
(นางสาวบุหบา วงศ์ลา)
รองผู้อำนวยการ (แทน)

ลงชื่อ _____
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริวัฒน์ ก๊กผล)
ผู้อำนวยการ

ผลการทดสอบนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานการทดสอบนี้ไปประกาศโฆษณาและต้องไม่ถูกทำสำเนา (ยกเว้นทำทั้งฉบับ)
โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ

F-QM-003/003

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาววรันธร นาคสัมฤทธิ์
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ
วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา 2562
โทรศัพท์ 092-2649999
Email warunthorn.29@gmail.com

ชื่อ-สกุล นายลัทธนันท์ ศรีอรุณ
ตำแหน่ง ผู้วิจัยร่วม
วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา 2562
โทรศัพท์ 094-8585951
Email lattanan.nol@gmail.com