

ขนมเจลาตินชนิดปราศจากน้ำตาล

นางสาว กนกวรรณ อภิรมย์ชัยกุล
นาย จักรพงษ์ ดำรงวาจาสิทธิ์

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต
คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2549

SUGAR-FREE GELATIN DESSERTS

MISS KANOKWAN APIROMCHAIYAKUL
MR. JAKPONGSE DAMRONGWAJASAT

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT
OF THE REQUIREMENT FOR
THE BACHELOR DEGREE OF SCIENCE IN PHARMACY
FACULTY OF PHARMACY
MAHIDOL UNIVERSITY

2006

โครงการพิเศษ
เรื่อง ขนบเจลาตินชนิดปราศจากน้ำตาล

.....
(นางสาวกนกวรรณ อภิรมย์ชัยกุล)

.....
(นาย จักรพงษ์ ดำรงวาจาสิทธิ์)

.....
(ผศ.วัลลา ตั่งรักษาสิทธิ์)
อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(รศ.วิมล ศรีสุข)
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

ขนมเจลาตินชนิดปราศจากน้ำตาล

กนกวรรณ อภิรมย์ชัยกุล , จักรพงษ์ ดำรงวาจาสิทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา : วัลลา ตังวณิชชาสิทธิ์ *, วิมล ศรีสุข *

* ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

คำสำคัญ : เจลาติน, สารให้ความหวานแทนน้ำตาล

ปัจจุบันการรับประทานขนมเจลาตินเป็นที่นิยมในกลุ่มเด็กและผู้ใหญ่บางกลุ่มมากขึ้น ซึ่งความอร่อยของขนมเจลาตินนั้นมาจากน้ำตาลที่เป็นสารให้ความหวานที่เป็นส่วนประกอบหลัก ร่วมกับการแต่งกลิ่นรสต่างๆเข้าด้วยกัน แต่การรับประทานน้ำตาลเมื่อมีส่วนเหลือตกค้างจะเป็นสาเหตุให้เกิดฟันผุได้ และไม่เหมาะกับบุคคลที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในกระแสเลือด ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาสูตรตำรับขนมเจลาตินชนิดปราศจากน้ำตาลขึ้น เพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค พบว่า ผลิตภัณฑ์เจลาตินที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยเจลาตินในปริมาณ 27 %w/v และใช้เวลาในการแข็งตัวประมาณ 48 ชั่วโมงที่ 4 °C จากการพัฒนาสูตรตำรับพบว่า ได้สูตรผลิตภัณฑ์ขนมเจลาตินทั้งหมด 4 สูตร ซึ่งประกอบด้วยสารให้ความหวาน ดังนี้ สูตรที่ 1 Maltitol 31.5 %w/v + Aspartame 0.4 %w/v , สูตรที่ 2 70% Sorbitol syrup 33 %w/v + Aspartame 0.45 %w/v , สูตรที่ 3 Aspartame 0.15 %w/v + Acesulfame-K 0.15 %w/v + 70% Sorbitol syrup 32 %w/v , และสูตรที่ 4 Aspartame 0.15 %w/v + Acesulfame-K 0.15 %w/v + Maltitol 35 %w/v และมีการใช้สารแต่งรส กลิ่นและสีที่แตกต่างกันในแต่ละสูตร จากการประเมินผลิตภัณฑ์ขนมเจลาตินทั้ง 4 สูตรทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 9-point Hedonic Scale ในผู้ประเมินทั้งหมด 50 คน เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance พบว่า สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด 7.18 (“ชอบปานกลาง” ถึง “ชอบมาก”) แตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) รองลงมาคือ สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.46 (“ชอบเล็กน้อย” ถึง “ชอบปานกลาง”) ซึ่งไม่แตกต่างจากสูตรที่ 2 ที่ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.28 (“ชอบเล็กน้อย” ถึง “ชอบปานกลาง”) ทั้งนี้โดยที่สูตรที่ 2 ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 4 ซึ่งได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย 5.94 (“เฉยๆ” ถึง “ชอบเล็กน้อย”)

Abstract

Sugar-free gelatin desserts

Kanokwan Apiromchaiyakul, Jakpongse Damrongwajasad

Project advisor : Walla Tungrugsasut* , Vimol Srisukh*

*Department of Food Chemistry, Faculty of Pharmacy, Mahidol university

Keyword : gelatin, Intense sweetener

Currently, gelatin desserts are very popular among children and a group of people. Sucrose as well as other flavoring agents are the major contributors to the popularity obtained by gelatin desserts. But consumptions of sucrose may result in dental caries and are restricted in people who wanted to control the plasma glucose level. Therefore, the purpose of this study was to develop sugar-free gelatin desserts as other alternatives for consumers. Gelatin desserts developed contained 27 % w/v gelatin. The gelation required approximately 48 hours at 4 °C. The four formulae developed contained sweeteners as follows; Formula 1 : Maltitol 31.5 %w/v + Aspartame 0.4 %w/v , Formula 2 : 70% Sorbitol syrup 33 %w/v + Aspartame 0.45 %w/v , Formula 3 : Aspartame 0.15 %w/v + Acesulfame-K 0.15 %w/v + 70% Sorbitol syrup 32 %w/v , and Formula 4 : Aspartame 0.15 %w/v + Acesulfame-K 0.15 %w/v + Maltitol 35 %w/v. Different types and concentrations of flavoring agents and coloring agents were used for each formula. Sensory Evaluation of gelatin desserts, using 9-point Hedonic Scale Method, was carried out among 50 panelists. According to Analysis of Variance, it was found that Formula 3 obtained the highest mean score of 7.18 (“Like moderately” to “Like very much”) ($P<0.05$) and was significantly different from other formulae. Formula 1 obtained the mean score of 6.46 (“Like slightly” to “Like moderately”) and was not different from Formula 2 which obtained the mean score of 6.28 (“Like slightly” to “Like moderately”). Formula 2 was not different from Formula 4 which obtained the mean score of 5.94 (“Neither like nor dislike” to “Like slightly”).

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงตามความมุ่งหมายได้ด้วยความช่วยเหลือจาก อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.วัลลา ตังวณิชำสัจจ , รศ.วิมล ศรีสุข ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ทั้งในด้านการค้นคว้าหาข้อมูล , การทดลอง , และการประเมินผลของข้อมูลการวิจัย และได้สละเวลามาชี้แนะและช่วยแนะนำในการแก้ปัญหาในการทดลอง ตลอดจนการเรียบเรียงข้อมูลและตรวจสอบความถูกต้องของรายงานฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ยังได้รับความช่วยเหลืออย่างดีจากเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ได้อำนวยความสะดวกและความช่วยเหลือในระหว่างทำการวิจัย ตลอดจนอาสาสมัครผู้ประเมินผลิตภัณฑ์ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

ทางผู้ทำการวิจัยจึงขอขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้ทำการวิจัย

กนกวรรณ อภิรมย์ชัยกุล

จักร์พงษ์ ดำรงวาจาสิทธิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
สัญลักษณ์และคำย่อ	ช
บทนำ	1
ทบทวนวรรณกรรม	2
วัตถุประสงค์ในการทำการวิจัย	7
วิธีดำเนินการวิจัย	10
ผลการวิจัย	15
วิจารณ์ผลการวิจัย	49
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก	59

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ลักษณะของเจลาตินที่ความเข้มข้นต่างๆ หลังแช่เย็นที่ 4 °C 30 นาที	16
2. ลักษณะของเจลาตินที่ความเข้มข้นต่างๆ หลังแช่เย็นที่ 4 °C 30 นาที	16
3. ลักษณะของเจลาตินที่เวลาต่างๆในการแช่เย็นที่ 4 °C	17
4. ลักษณะของเจลาตินที่เวลาต่างๆในการแช่เย็นที่ 4 °C	18
5. ผลการหาปริมาณสารให้ความหวานชนิดเดียว	19
6. ผลการหาปริมาณสารให้ความหวานแบบcombination ของสาร 2 ชนิด	20
7. ผลการหาปริมาณสารให้ความหวานแบบcombination ของสาร 3 ชนิด	21
8. ผลการพัฒนาสูตรตำรับที่ใช้สารให้ความหวาน Maltitol + Aspartame	22
9. ผลการพัฒนาสูตรตำรับที่ใช้สารให้ความหวาน 70% sorbitol + Aspartame	23
10. ผลการพัฒนาสูตรตำรับที่ใช้สารให้ความหวาน Aspartame + Acesulfame-K + 70% sorbitol	24
11. ผลการพัฒนาสูตรตำรับที่ใช้สารให้ความหวาน Aspartame + Acesulfame-K + Maltitol	25
12. ผลการทดลองหาชนิดของสารแต่งรสเปรี้ยวที่เหมาะสมกับสูตรตำรับ	26
13. ผลการทดลองหาปริมาณสารแต่งรสเปรี้ยวที่เหมาะสม	28
14. ลักษณะของเจลาตินที่ความเข้มข้นต่างๆและรสชาติหลังใส่สารแต่งรสเปรี้ยว	30
15. ลักษณะของเจลาตินที่เวลาในการแช่เย็นต่างๆหลังใส่สารแต่งรสเปรี้ยว	31
16. ปริมาณ Sodium benzoate ที่เหมาะสม (หลังตั้งทิ้งไว้ 5 สัปดาห์)	33
17. แสดงสูตรตำรับขนมเจลาตินที่ได้	35
18. แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของขนมเจลาติน	35
19. ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์สูตรต่างๆ	37
20. ค่าเฉลี่ยคะแนนความเข้มข้นของคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์สูตรต่างๆ	38
21. ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์	44

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1. แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดลอง	9
2. แสดงสารเคมีที่ใช้ในการทำการทดลอง	9
3. แสดงหลอดทดลองที่ได้ขนมเจลาตินเตรียมเพาะเชื้อ	34
4. แสดงขนมเจลาตินที่เตรียมเสร็จจวรอใส่แม่พิมพ์	36
5. แสดงขนมเจลาตินที่เสร็จสมบูรณ์	36

สัญลักษณ์ และ คำย่อ

No.	=	Number
%	=	เปอร์เซ็นต์
w/v	=	น้ำหนักต่อปริมาตร
มก.	=	มิลลิกรัม
กก.	=	กิโลกรัม
ก.	=	กรัม
มล.	=	มิลลิลิตร
°C	=	องศาเซลเซียส
ACE-K	=	Acesulfame-K
LD	=	Lethal dose
g/cm ³	=	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
mg.	=	มิลลิกรัม
Kg.	=	กิโลกรัม
cm ³	=	ตารางเซนติเมตร
ชม.	=	ชั่วโมง
TSA	=	Triptic Soy Agar
RT	=	อุณหภูมิห้อง
g.	=	กรัม
°ซ	=	องศาเซลเซียส

บทนำ

ปัจจุบันการรับประทานขนมเจลาตินเป็นที่นิยมมากขึ้นในกลุ่มเด็กและผู้ใหญ่บางกลุ่มและคนไทยมีการใส่ใจสุขภาพมากขึ้น จึงให้ความสนใจกับอาหารที่รับประทานว่ามีประโยชน์ บำรุงสุขภาพและพยายามหลีกเลี่ยงอาหารที่ไม่ส่งผลดีต่อสุขภาพ เช่น อาหารที่มีรสจัด โดยเฉพาะอาหารรสหวานจัด ซึ่งในผลิตภัณฑ์ขนมเจลาตินนั้นจะมีส่วนประกอบหลัก คือ น้ำตาลทราย เนื่องจากน้ำตาลทรายเป็นตัวช่วยแต่งเติมรสชาติให้อร่อย แต่การบริโภคน้ำตาลทรายในปริมาณที่มากเกินไป จะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ ได้แก่ โรคฟันผุ โรคเบาหวาน โรคอ้วน เป็นต้น และโรคต่างๆดังกล่าวเป็นโรคประจําชีวิตที่นำไปสู่โรคเรื้อรังอื่นๆได้มากมาย ดังนั้นจึงมีความพยายามอย่างมากในการหาสารให้ความหวานต่างๆมาใช้แทนน้ำตาล ซึ่งสารให้ความหวานแทนน้ำตาลเหล่านี้เป็นสารเคมีที่ให้รสหวานแต่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการและไม่ให้พลังงาน มีการผลิตขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผู้ที่มีข้อจำกัดเรื่องสุขภาพ เช่น นำมาใช้ทดแทนน้ำตาลในผู้ป่วยโรคเบาหวาน ซึ่งถือว่าเป็นสารที่มีประโยชน์ทางการแพทย์ นอกจากนี้ยังใช้เป็นเครื่องปรุงรสอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคอ้วนและยังใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหารเพื่อลดต้นทุนการผลิตในกรณีที่สารให้ความหวานนั้นมีความหวานสูงกว่าน้ำตาลทราย สารให้ความหวานแทนน้ำตาลเหล่านี้บางชนิดไม่เหมาะสำหรับเด็ก เพราะวัยเด็กเป็นวัยที่ต้องการพลังงาน การใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลจะทำให้เด็กได้รับพลังงานน้อยเกินไป สำหรับผู้ใหญ่ก็สามารถใช้ได้ตามความจำเป็น ปัจจุบันในท้องตลาดมีสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ปลอดภัยให้เลือกใช้อยู่หลายชนิดทั้งแบบผงและแบบเม็ด แต่ละชนิดมีข้อดี-ข้อเสียแตกต่างกันไป ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำเอาสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ปลอดภัยและนิยมใช้ในอาหาร มาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในขนมเจลาติน แล้วพัฒนาเป็นสูตรตำรับขนมเจลาตินชนิดปราศจากน้ำตาล เพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคที่หลีกเลี่ยงการบริโภคน้ำตาลที่มากเกินไป และยังคงถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของ Healthy Lifestyle ในชีวิตประจำวันอีกด้วย

ทบทวนวรรณกรรม

โรคฟันผุ^{1,2}

โรคฟันผุ เป็นผลมาจากการเกิดคราบจุลินทรีย์ ซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์จำนวนมากมาย โดยมีสารโพลีเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสเป็นตัวยึดเกาะระหว่างจุลินทรีย์กับผิวเคลือบฟัน จุลินทรีย์เหล่านี้จะผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยเศษอาหารที่ค้างอยู่บนคราบฟัน ซึ่งมักเป็นสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ให้กลายเป็นกรด โดยกรดจะทำลายผิวฟันให้ผุกร่อนที่ละน้อย

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในแผ่นคราบจุลินทรีย์จะเป็นพวกแท่งแกรมบวก (Gram positive rod) เช่น แอคติโนไมเซส (Actinomyces), แลคโตแบซิลลัส (Lactobacillus) และพวกกลมแกรมบวก (Gram positive cocci) เช่น สเตรปโตค็อกคัส มิวแทนส์ (*Streptococcus mutans*) , สเตรปโตค็อกคัส ซาลิวาเรียส (*Streptococcus salivarius*) และสเตรปโตค็อกคัส ไมติส (*Streptococcus mitis*) ปัจจุบันจากการศึกษาวิจัยพบว่า *S.mutans* มีบทบาทสำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดแผ่นคราบจุลินทรีย์และโรคฟันผุในระยะแรกๆ

Streptococcus mutans^{3,4}

เป็นเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมบวก อยู่ในสกุล Streptococcus รูปร่างกลมหรือรี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.8-1 ไมโครเมตร หรืออาจมีขนาดต่างๆ กันได้แล้วแต่ภาวะที่เชื้อเจริญ เชื้อเรียงตัวอยู่เป็นคู่ๆ หรือต่อกันเป็นสาย ไม่สร้างสปอร์ ไม่เคลื่อนที่และไม่สร้างรงควัตถุ เจริญได้ไม่ดีบนอาหารเลี้ยงเชื้อธรรมดา แต่จะเจริญได้ดีบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเลือดหรือซีรัมผสมอยู่ด้วย เชื้อพวกก่อโรคเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 37⁰ซ และจะเจริญได้ดียิ่งขึ้นในที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าปกติ เชื้อ *S.mutans* จัดอยู่ในกลุ่ม Alpha hemolytic streptococci ซึ่งเป็นพวกที่สลายเม็ดเลือดแดงได้บางส่วน เชื้อแบคทีเรียกลุ่มนี้ จะพบได้ในช่องปาก เหงือก และฟัน ซึ่งเข้าใจว่า *S.mutans* นี้เป็นสาเหตุสำคัญของโรคฟันผุ โดย *S.mutans* จะใช้ sucrose ในการสร้าง dextran ที่เรียกว่า plaque ซึ่งไม่สามารถหลุดออกได้ด้วยการบ้วนปากด้วยน้ำธรรมดา นอกจากนี้ *S.mutans* ยังสร้างกรดไปทำลาย enamel อีกด้วย ทั้ง plaque และกรดที่เชื้อสร้างขึ้นจากการ ferment น้ำตาล sucrose ก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคฟันผุ

Food Additive (วัตถุเจือปนในอาหาร)

วัตถุเจือปนในอาหารเป็นสารประกอบซึ่งใส่ลงไปในการอาหารด้วยความตั้งใจของผู้ผลิต เพื่อความมุ่งหมายทางด้านเทคโนโลยีอาหาร (Food Technology) มีอยู่ 3 ประการ คือ

1. เพื่อป้องกันมิให้อาหารนั้นเสีย เช่น วัตถุกันเสียกันบูด
2. เพื่อการคงไว้ หรือเพิ่มคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอาหารนั้น เช่น สารที่ทำให้คงตัว สารแขวนตะกอน
3. เพื่อให้อาหารนั้นมีสี กลิ่น รส ที่น่ารับประทานยิ่งขึ้น ได้แก่ การเติมสี กลิ่น รส

Sodium benzoate ^{5,6,7}

มีคุณสมบัติเป็น bacteriostatic, antifungal โดยประสิทธิภาพดีที่สุดที่ pH 2-5 ปริมาณที่ใช้ทาง oral medicine อยู่ในช่วง 0.02-0.5%w/v, ทาง food (drink) อยู่ในช่วง 0.05-0.2%w/v ใช้ preserve อาหารที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น carbonated beverage, fruit juice, cider, sauerkraut, pickle (อาหารหมักดอง) อาหารบางอย่างจะพบอยู่ในธรรมชาติ เช่น cranberries, prunes, plums, cinnamon, cloves

ความปลอดภัยในการใช้บริโภค WHO ให้ใช้ได้ไม่เกิน 5 มก./กก./วัน มี LD50(rat, oral)= 4 ก./กก. Benzoate จะถูก detoxify ในร่างกายโดยจะ conjugate กับ glycine เกิดเป็น hippuric acid แล้วขับออกทางปัสสาวะ สำหรับ benzoate ที่ไม่ถูกขับถ่ายออกมาจะถูก detoxify ด้วยการ conjugate กับ glucuronic acid ได้ Benzoylglucuronic acid

อาการไม่พึงประสงค์ คือ ทำให้เกิด gastric irritation ได้หาก ใช้ในปริมาณที่สูง

Gelatin ⁸

เป็นส่วนผสมของ purified protein ได้จากขบวนการ partial acid hydrolysis (type A) หรือ partial alkaline hydrolysis (type B) ของ collagen สัตว์ประกอบด้วย amino acid เชื่อมต่อกันด้วย amino linkage เป็น linear polymer มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 1,500 - 250,000 นิยมใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด, สารเคลือบฟิล์ม, สารก่อกฟิล์ม, suspending agent, เปลือก capsule

คุณสมบัติ ที่ 1% w/v ของ aqueous solution ที่ 25 °C pH 3.8-6.0 จะได้ gelatin Type A แต่ที่ pH 5.0-7.4 จะได้ Type B ไม่ละลายใน อะซีโตน, 95% ethanol แต่จะละลายใน glycerin,

acid และ alkalis (ยกเว้น strong acids และ strong alkalis) และในน้ำร้อน แต่จะพองตัวในน้ำธรรมดา gelatin ถูกนำไปใช้ทาง pharmaceutical มากมาย โดยปกติแล้ว gelatin ไม่มีพิษหรือระคายเคือง และมีรายงานน้อยมากที่ทำให้เกิดการระคายเคือง

สารให้ความหวานแทนน้ำตาล

ในปัจจุบันสารให้ความหวานแทนน้ำตาลมีหลายชนิด โดยเราสามารถจำแนกวัตถุดิบให้ความหวานแทนน้ำตาลได้เป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ

1. **สารสังเคราะห์ให้ความหวาน (artificial sweeteners)** เป็นวัตถุดิบให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการหรือไม่ให้พลังงาน สารกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะมีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส 200-300 เท่า หรือเรียกว่า เป็นวัตถุดิบให้ความหวานจัด เช่น

Acesulfame-K^{9,10}

หรือ ACE-K มีชื่อทางเคมีว่า Potassium Salt ของ 6-methyl 1-1,2,3-oxathiazin-4 (3H)-one-2,2-dioxide เป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล แต่จะมีรสขมเล็กน้อย มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว, ไม่มีกลิ่น, มีความหวานมากกว่าน้ำตาล 200 เท่า โดยรสหวานของ ACE-K สามารถรับรู้ได้อย่างรวดเร็วหลังรับประทานอาหาร, ละลายได้ดีในน้ำ ละลายได้เล็กน้อยใน ethanol, ACE-K ไม่ถูก metabolite ในร่างกายจึงไม่มีแคลอรี สามารถใช้แทนน้ำตาลในอาหารและเครื่องดื่มแคลอรีต่ำได้ ACE-K คงตัวภายใต้อุณหภูมิสูง และในช่วง pH กว้าง สามารถเก็บได้นานในห้องที่มีอุณหภูมิและความชื้นต่ำ

ประโยชน์ของ ACE-K คือ ใช้เป็นสารให้ความหวานในอาหาร เช่น การทำขนม, ลูกอมรวมทั้ง dairy products เป็นต้น เครื่องดื่ม, ยาสีฟัน, น้ำยาบ้วนปาก, เกสซ์ชัทท์ นอกจากนี้ยังเหมาะที่จะใช้แทนน้ำตาลในผู้ป่วยโรคเบาหวานเพราะไม่มีผลต่อ insulin และระดับน้ำตาลในเลือด FDA อนุญาตให้ใช้ได้ 15 มก./กก./วัน

Aspartame^{11,12,13}

คือ methyl ester ของ L-aspartyl-L-phenylalanine ซึ่งได้มาจาก amino acid phenylalanine กับ aspartic acid มีรูปร่างเป็นผงผลึกสีขาว, ไม่มีกลิ่น, มีรสหวาน, ละลายน้ำได้เล็กน้อย และละลายได้บ้างใน alcohol โดย Aspartame จะใช้เป็นสารให้รสหวานที่มีความหวานเป็น 180-200 เท่าของน้ำตาล sucrose และให้พลังงาน 4 kcal/g

คุณสมบัติของ Aspartame คือ จะคงตัวที่สภาวะแห้ง และเกิดการเสื่อมสลายได้ในสภาวะที่เป็นกรด หรือสัมผัสกับความชื้นเป็นเวลานาน ดังนั้นเพื่อป้องกันการเสื่อมสลายโดยความร้อนควรใช้อุณหภูมิสูงแต่ใช้เวลาสั้นลง และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว

Aspartame จะเกิด metabolism ได้เป็น phenylalanine, aspartic acid, และ methanol ในอัตราส่วนร้อยละ 50, 40 และ 10 ตามลำดับ ดังนั้น ในเด็กควรบริโภควันละไม่เกิน 10 มก./กก.ของน้ำหนักตัว ในผู้ป่วยเบาหวานควรบริโภคไม่เกิน 8 มก./กก.ของน้ำหนักตัว และองค์การอนามัยโลกแนะนำให้บริโภคได้ไม่เกิน 40 มก./กก.ของน้ำหนักตัว และควรหลีกเลี่ยงหรือจำกัดการบริโภคในผู้ป่วย phenylketonuria

2. น้ำตาลแอลกอฮอล์ (Sugar alcohol) หรือ โพลีไฮดริกแอลกอฮอล์ (Polyhydric alcohol) หรือ โพลีออล (Polyols) สารกลุ่มนี้จะมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลซูโครส แต่ก็นิยมใช้ในวงการอาหารมาก เพราะแม้สารกลุ่มนี้บางชนิดจะให้พลังงานเท่ากับน้ำตาล แต่การดูดซึมสารกลุ่มนี้ในร่างกายจะช้ากว่าน้ำตาล ทำให้ส่วนใหญ่ถูกขับถ่ายออกจากร่างกายก่อนที่จะดูดซึมเข้าไปใช้ประโยชน์ในร่างกาย แต่ขณะเดียวกันสารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติอื่นซึ่งช่วยในการทำให้คุณภาพของอาหารดีขึ้น เช่น เพิ่มความหนืดให้กับ อาหาร ช่วยให้อาหารมีการละลายดีขึ้น ช่วยรักษาความชื้นในอาหาร เหล่านี้เป็นต้น สารกลุ่มนี้ เช่น

Sorbitol ^{8,13,14,15}

หรือ D-glucitol เป็นสารในกลุ่ม polyhydric alcohol มีลักษณะคล้ายน้ำตาล เป็นผลึกที่ไม่มีกลิ่น มีสีขาวยหรือไม่มีสี จัดเป็นสารที่ให้รสหวานที่มีความหวานเป็น 0.54 เท่าของน้ำตาล sucrose คุณสมบัติของ Sorbitol คือเป็นสารที่ inert มีความคงตัวในอากาศที่ปราศจากสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) คงตัวในที่เย็น และเป็นสารที่มีคุณลักษณะดูดความร้อน เมื่อสัมผัสบนลิ้นจะให้ความรู้สึกเย็น แต่ไม่ควรบริโภคเกิน 30 กรัมในแต่ละครั้ง เนื่องจากหากรับประทานในปริมาณสูง อาจส่งผลให้เกิดปัญหาท้องเดินและท้องอืด

Sorbitol solution 70 %w/w จัดเป็นสารละลายที่มีความหนืด มีความใส ไม่มีสี และกลิ่น มีค่าการหักเหแสง (refractive index) 1.46 ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) 1.30 จุดเดือด 105 °C

Maltitol ¹⁶

เป็นสารในกลุ่ม polyhydric alcohol ให้ความหวานประมาณ 75% ของน้ำตาลซูโครส นิยมใช้กับลูกอม หมากฝรั่ง และชอคโกแลต

สารแต่งรสเปรี้ยว

Citric acid ⁷

ได้จากผิวและเปลือกของ citrus fruits เช่น ส้ม องุ่น มะนาว แต่ปัจจุบันร้อยละ 99 ของ citric acid ได้จากการหมักเชื้อรา *Aspergillus niger* เป็นผลึกละเอียดสีขาว ไม่มีสี ละลายได้

ง่ายในน้ำ ในรูป anhydrous มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 153 °C ส่วน monohydrate มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 70-75 °C มีการนำมาใช้เป็น flavoring agent ใน fruit juice drinks, nonalcoholic carbonated beverage และใช้เป็น emulsifying and aging agent ใน cheese การเก็บควรเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทป้องกันแสง เก็บในที่แห้งและเย็น ความปลอดภัยถือว่าเป็นสารที่ไม่มีพิษต่อร่างกายแต่หากบริโภคในปริมาณที่มากจะเกิดการกัดกร่อนที่ฟันได้

Tartaric acid ^{7,17}

เป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น pH 2.2 (1.5% W/V aqueous solution) มีความหนาแน่น 1.76 g/cm³ จุดหลอมเหลว 168 – 170 °C

ความสามารถในการละลาย จะละลายได้ดีใน glycerin, ละลายใน 1 ใน 0.75 ส่วนในน้ำ, ละลายใน 1 ใน 0.5 ส่วนของน้ำที่ 100 °C, ละลายใน 1 ใน 2.5 ส่วนของ 95 % ethanol การเก็บควรเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท และเก็บในที่แห้งและเย็น การบริโภคสามารถบริโภคได้มากที่สุดถึง 30 mg/kg body weight

Malic acid ^{8,13}

หรือ D,L-Malicacid ,Hydroxysuccinic acid , Hydroxybutanedioic acid เป็นกรดที่พบในผลไม้จำพวกแอปเปิ้ล เป็นผลึกผงสีขาว ละลายได้ดีมากในน้ำ, ละลายได้ดีใน alcohol

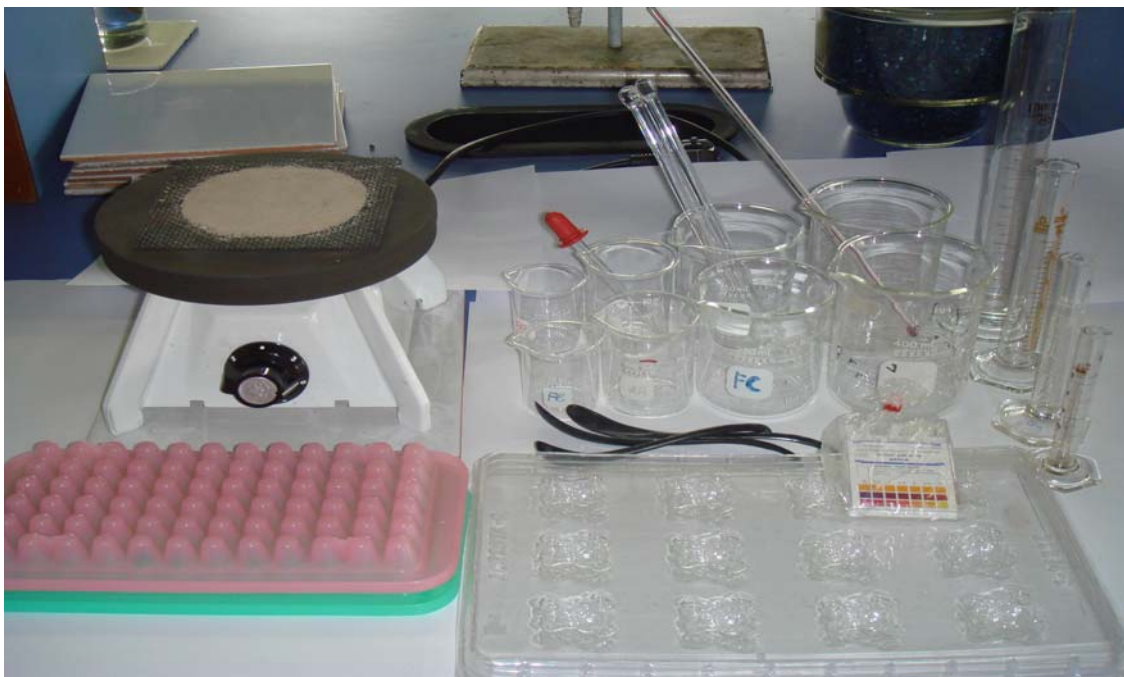
วัสดุในการทำวิจัย

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แมงพิมพ์
2. Beaker, stirring rod
3. Thermometer
4. Hot plate
5. Water bath (KOTTERMANN[®] , Thailand)
6. Dropper
7. Cylinder
8. Analytical balance (Sartorius[®] , United Kingdom)
9. แผ่นกระเบื้อง (10 x 10 cm²)
10. Autoclave (Hirayama , Japan)
11. Hot air oven (วัฒนพัฒนา จำกัด , Thailand)
12. Petri dish
13. ตะเกียงแอลกอฮอล์
14. Loop
15. หลอดทดลองที่มีฝาจุกเกลียว
16. ตู้เย็น
17. flask
18. pH paper
19. TSA (Tryptic Soy Agar)

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. Gelatin 160 Bloom BP. (บริษัทรวมเคมี 1986 จำกัด, Thailand)
2. 70 % sorbitol (liquid) Food grade (บริษัท ยูแอนดีวี จำกัด , Thailand)
3. Acesulfame-K (VITASWEET[®] , Rama Production , Thailand)
4. Aspartame^{BP} (Nutrasweet , Thailand)
5. Maltitol syrup (Hooray[®] บริษัท เพียวเคมี จำกัด , Thailand)
6. Citric acid (บริษัท S.R. Lab Co.,LTD, Thailand)
7. Malic acid (บริษัทรวมเคมี 1989 จำกัด , Thailand)
8. Tartaric acid (บริษัทรวมเคมี 1989 จำกัด , Thailand)
9. Sodium benzoate (May & Baker LTD DAGNHAM , ENGLAND)
10. Soybean casein digest agar (HIMEDIA Laboratories Pvt. Limited, India)
11. น้ำกลั่น
12. กลิ่น Orange crush (บริษัท ฮงฮวด จำกัด , Thailand)
13. กลิ่นสตอเบอรี่ (Triple Three[®] บริษัททรีท็อปเคมีคัลแอนด์ฟู้ดส์ Co., LTD , Thailand)
14. กลิ่นแอปเปิ้ล (Winner[®] ห้างหุ้นส่วนจำกัด เกรทฮิลล์ , Thailand)
15. กลิ่นองุ่น (บริษัทภูรินและภูริชญ์ จำกัด, Thailand)
16. สีส้ม (Winner[®] ห้างหุ้นส่วนจำกัด เกรทฮิลล์ , Thailand)
17. สีแดง (บริษัท เสรีวัฒน์ฟู้ดส์ จำกัด ,Thailand)
18. สีเขียวแอปเปิ้ล (บริษัท เสรีวัฒน์ฟู้ดส์ จำกัด ,Thailand)
19. สีม่วง (บริษัท เสรีวัฒน์ฟู้ดส์ จำกัด ,Thailand)
20. 95% Ethyl Alcohol



รูปที่ 1 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดลอง



รูปที่ 2 แสดงสารเคมีที่ใช้ในการทำการทดลอง

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็นขั้นตอนหลักๆ ได้ ดังนี้

1. การคัดเลือกสารให้ความหวานที่นิยมใช้ทดแทนน้ำตาล
2. การทดลองหาปริมาณความเข้มข้นของเจลาตินที่เหมาะสม
3. การพัฒนาสูตรตำรับขนมเจลาตินโดยใช้สารให้ความหวาน
4. การทดลองหาปริมาณ Preservative ที่เหมาะสม
5. การประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-Point Hedonic Scale
6. การแปลผลการประเมินโดยวิธีทางสถิติ
7. การคำนวณต้นทุนการผลิตของขนมเจลาติน

1. การคัดเลือกสารให้ความหวานที่นิยมใช้ทดแทนน้ำตาล

ทำการคัดเลือกสารให้ความหวานแทนน้ำตาล เพื่อจะได้นำมาใช้ในสูตรขนมเจลาติน ทั้งนี้ เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกสารให้ความหวานที่ใช้ในการทำวิจัย มีดังนี้

- สารให้ความหวานที่มีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการ
- สารให้ความหวานที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน
- สารให้ความหวานที่เข้ามาใหม่

2. การทดลองหาปริมาณความเข้มข้นของเจลาตินที่เหมาะสม

2.1 การเตรียมเจลาติน

- ชั่งเจลาตินมาในปริมาณที่กำหนด
- โปรงเจลาตินลงในน้ำร้อนประมาณ 60-70 °C
- ค่อยๆคนจนเจลาตินละลายหมดจนได้สารละลายใส
- เทใส่แม่พิมพ์นำไปแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C
- แกะออกจากแม่พิมพ์ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

2.2 การหาปริมาณความเข้มข้นของเจลาติน

2.2.1 เตรียมเจลาตินตามข้อ 2.1 ที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 5, 10, 15, ..., 40 % w/v เทใส่แม่พิมพ์ แล้วนำไปแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C ประมาณ 2-3 ชม. จนได้เจลาตินที่แข็งตัวแล้วจึงนำออกมาจากพิมพ์ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อบันทึกผลลักษณะของเจลาตินที่ได้ ลักษณะ

ของเจลลาตินที่ต้องการ คือ เนื้อสัมผัสนุ่มกำลังดีและความรู้สึกหลังเข้าปากคือเคี้ยวแล้วนุ่มกำลังดี จากนั้นจึงเลือกความเข้มข้นของเจลลาตินที่เหมาะสมในช่วงที่แคบลง เพื่อทำการศึกษาต่อไป

2.2.2 จากช่วงความเข้มข้นของเจลลาตินที่เลือกมาในข้อ 2.2.1 นำมาเตรียม เจลลาตินที่ความเข้มข้นต่างๆ ในช่วงความเข้มข้นนั้น เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนมากยิ่งขึ้น โดยทำตามขั้นตอนในข้อ 2.2.1

2.3 การหาเวลาที่เหมาะสมในการแช่เย็นของเจลลาติน

2.3.1 เตรียมเจลลาตินที่ความเข้มข้นที่ได้เลือกแล้ว นำไปแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C ทิ้งไว้ที่เวลา ต่างๆ กันดังนี้ 12 , 24 , 36 ,.... , 72 ชม. แล้วจึงนำออกมาจากพิมพ์ตั้งทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที บันทึกลักษณะของเจลลาตินหลังออกจากตู้เย็น (4°C) ทันทีและ หลังจากตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที ทั้งนี้ ลักษณะของเจลลาตินที่ต้องการ คือ เนื้อ สัมผัสไม่ละลาย คงตัว แข็งกำลังดี จากนั้นจึงเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในช่วงที่แคบลง เพื่อนำมา พัฒนาต่อไป

2.3.2 จากช่วงเวลาที่เลือกไว้แล้ว นำมาหาเวลาที่แน่นอนมากยิ่งขึ้น โดยเตรียม เจลลาตินตามช่วงเวลาที่เลือกเพื่อทดลองหาเวลาที่เหมาะสม โดยบันทึกลักษณะเจลลาตินทุกชั่วโมง จากนั้นจึงเลือกเวลาที่เหมาะสม

3. การพัฒนาสูตรตำรับขนมเจลลาตินโดยใช้สารให้ความหวาน

3.1 การทดลองหาปริมาณสารให้ความหวานโดยใช้สารให้ความหวานเพียงชนิดเดียว เตรียมเจลลาตินที่ความเข้มข้นที่เลือกไว้ ค่อยๆเติมสารให้ความหวานแต่ละชนิดลง ไปในเจลลาติน จนรู้สึกได้รับรสหวาน หาปริมาณสารให้ความหวานแต่ละชนิดที่ให้รสหวานที่ พอเหมาะ แล้วบันทึกรสหวานของขนมเจลลาตินที่ใช้สารให้ความหวานแต่ละชนิด จากนั้นจึงเลือก สารให้ความหวานที่คาดว่าจะสามารถนำไปพัฒนาต่อไปได้

3.2 การหาปริมาณสารให้ความหวานแบบ combination ของสาร 2 ชนิด

เตรียมเจลลาตินที่ความเข้มข้นที่เลือกไว้ เลือกสารให้ความหวานที่คัดเลือกมา จับคู่ สารแต่ละชนิด โดยชั่งสารให้ความหวานแต่ละตัวในปริมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณที่ใช้เดี่ยวๆ บันทึก รสหวานของขนมเจลลาตินที่ใช้สารให้ความหวาน 2 ชนิดในแต่ละคู่ จากนั้นจึงเลือกคู่ของสารให้ ความหวานที่คาดว่าจะสามารถนำไปพัฒนาต่อไปได้

3.3 การหาปริมาณสารให้ความหวานแบบ combination ของสาร 3 ชนิด

เตรียมเจลาตินที่ความเข้มข้นที่เลือกไว้ เลือกสารให้ความหวานที่จะนำมาใช้ทำการทดลอง แล้วบันทึกรสหวานของขนมเจลาตินที่ใช้สารให้ความหวาน 3 ชนิดในแต่ละสูตร จากนั้นจึงเลือกสูตรที่ใช้สารให้ความหวาน 3 ชนิดสูตรที่น่าจะสามารถนำไปพัฒนาต่อไปได้

3.4 การทดลองหาสารแต่งรสเปรี้ยว

3.4.1 การทดลองหาชนิดของสารแต่งรสเปรี้ยวที่เหมาะสม

ในการทดลองจะมีสารแต่งรสเปรี้ยวอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด ดังนี้

1. Citric acid
2. Malic acid
3. Tartaric acid

โดยทำการทดลองเติมสารแต่งรสเปรี้ยวแต่ละชนิดลงในขนมเจลาตินแต่ละสูตรตำรับที่ได้เลือกมา จากนั้นบันทึกชนิดและความเข้ากันได้ของสารแต่งรสเปรี้ยวที่เหมาะสมกับขนมเจลาตินแต่ละสูตรตำรับ

3.4.2 การทดลองหาปริมาณสารแต่งรสเปรี้ยวที่เหมาะสม

ทำการทดลองปรับปริมาณของสารแต่งรสเปรี้ยวในปริมาณที่ต่างกันเพื่อดูความเหมาะสมกับแต่ละสูตรตำรับ บันทึกผลรสชาติที่ได้ จากนั้นจึงเลือกปริมาณของสารแต่งรสเปรี้ยวที่เหมาะสม

3.4.3 การปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของเจลาตินหลังการแต่งรสเปรี้ยว

เนื่องจากสารแต่งรสเปรี้ยวไปมีผลทำให้เนื้อของขนมเจลาตินมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปคือ เนื้อของขนมเจลาตินอ่อนตัวลง ทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของเจลาตินให้เพิ่มขึ้นอีกโดยทำการทดลองหาความเข้มข้นของเจลาตินตามข้อ 2.2 โดยเพิ่มการใส่สารให้ความหวานและสารแต่งรสเปรี้ยวลงไปด้วย บันทึกผลการทดลอง แล้วเลือกความเข้มข้นใหม่ของเจลาตินที่ได้

3.4.4 การปรับเปลี่ยนเวลาในการแช่เย็นหลังการแต่งรสเปรี้ยว

หลังจากได้ความเข้มข้นใหม่ของเจลาตินแล้ว ทำให้ต้องหาเวลาในการแช่เย็นที่เหมาะสมกับความเข้มข้นใหม่ โดยทำการทดลองหาเวลาในการแช่เย็นตามข้อ 2.3 โดยเพิ่มการใส่สารให้ความหวานและสารแต่งรสเปรี้ยวลงไปด้วย บันทึกผลการทดลอง แล้วเลือกเวลาใหม่ที่

3.5 การคัดเลือกและหาปริมาณที่เหมาะสมของสารแต่งกลิ่นและสารแต่งสี

เลือกสารแต่งกลิ่นที่คาดว่าจะมีกลิ่นเข้ากันได้กับสารแต่งรสเปรี้ยวที่ได้เลือกไว้ และทดลองเติมในสูตรตำรับ คัดเลือกสารแต่งกลิ่นที่เข้ากันได้กับสูตรตำรับ จากนั้นจึงเลือกสารแต่งสีให้เหมาะสมกับสารแต่งกลิ่นที่ได้เลือกไว้ บันทึกผลที่ได้

4. การทดลองหาปริมาณ preservative ที่เหมาะสม

นำส่วนผสมที่ได้ในแต่ละตำรับไปเติม Sodium benzoate ที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆกัน (0.05, 0.10, 0.15, 0.2 %w/v) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบ 1, 2, 3, 4 สัปดาห์แล้ว นำไปเพาะเชื้อใน TSA media และ incubate ที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 24 ชั่วโมง บันทึกผลที่ได้ว่ามีเชื้อแบคทีเรียขึ้นหรือไม่ เลือกความเข้มข้นของ Sodium benzoate ที่ต่ำที่สุดที่สามารถป้องกันการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้

5. การประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมเจลลาตินทางประสาทสัมผัส

โดยการนำผลิตภัณฑ์ขนมเจลลาตินสูตรต่างๆ ที่ได้รับการคัดเลือกแล้ว มาทำการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point Hedonic Scale ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผู้ประเมินแสดงความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งระดับความชอบออกเป็น 9 ระดับ ซึ่งระดับความชอบสูงสุดคือ “ชอบมากที่สุด” มีคะแนนเท่ากับ 9 คะแนนและ “ไม่ชอบมากที่สุด” มีคะแนนเท่ากับ 1 คะแนน และเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของคุณลักษณะต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็น 9 ระดับเช่นกัน โดยใช้รหัสตัวเลข 3 หลักที่กำหนดขึ้นอย่าง random เป็นรหัสแทนผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรตำรับ

โดยทำการประเมินในผู้ประเมินทั้งหมด 50 คน โดยมีข้อกำหนดให้ผู้ประเมินดังนี้ คือ งดรับประทานอาหารที่มีกลิ่นฉุนจัดหรือรสจัด ผู้ทดสอบต้องไม่มีความผิดปกติทางการมองเห็น การดมกลิ่นและการรับรส

การประเมินประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การประเมินคุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดคุณลักษณะที่ใช้ในการประเมิน คือ สี, กลิ่น, รูปร่าง, ความแข็ง, ความเหนียว, รสหวาน, รสเปรี้ยว, และการละลาย ทำการประเมินโดยกำหนดให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมายลงในช่องสี่เหลี่ยมตามความรู้สึกต่อคุณลักษณะแต่ละชนิด ดังรายละเอียดในภาคผนวก คำนวณหาค่าเฉลี่ยของความชอบและความเข้มข้นของคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ดังรายละเอียดในภาคผนวก แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์

6. การแปลผลการประเมินโดยวิธีทางสถิติ

นำผลการประเมินที่ได้มาทำการแปลผลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance

(ANOVA)

ผลการวิจัย

1. ผลการคัดเลือกสารให้ความหวานที่นิยมใช้ทดแทนน้ำตาล

โดยเลือกจากสารที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันและที่มีในท้องตลาดซึ่งสารที่คัดเลือกมาใช้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. Sugar alcohols ได้แก่
 - 70% sorbitol syrup
 - sorbitol powder
 - maltitol
2. Intense sweeteners ได้แก่
 - acesulfame-K (ACE-K)
 - aspartame

2. ผลการหาปริมาณความเข้มข้นของเจลาติน

2.1 ผลการทดลองหาปริมาณความเข้มข้นของเจลาตินที่เหมาะสม

จากการทดลองหาปริมาณความเข้มข้นของเจลาตินที่เหมาะสมนั้น เนื้อสัมผัสต้องนุ่มกำลังดีและความรู้สึกหลังเข้าปากต้องเคี้ยวนุ่มกำลังดีโดยได้ผลของเจลาตินที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังตารางที่ 1 โดยเลือกความเข้มข้นของเจลาตินในช่วง 20- 25 %w/v เพื่อนำไปพัฒนาต่อไป

ตารางที่ 1 ลักษณะของเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่างๆ หลังแช่เย็นที่ 4 °C 30 นาที

% ของเจลลาติน (%w/v)	ลักษณะของเจลลาตินที่ได้	
	เนื้อสัมผัส *	ความรู้สึกหลังเข้าปาก **
5	นิ่มมาก	เคี้ยวแล้วละลายทันที
10	นิ่มค่อนข้างมาก	เคี้ยวแล้วนุ่มมากเกินไป
15	นิ่มเล็กน้อย	เคี้ยวแล้วนุ่มมากเกินไป
20	นิ่มกำลังดี	เคี้ยวแล้วนุ่มมากเกินไป
25	นิ่มกำลังดี	เคี้ยวแล้วนุ่มกำลังดี
30	เริ่มแข็งเกินไป	เริ่มเคี้ยวยาก
35	แข็ง	เคี้ยวไม่ออกแข็งมาก
40	แข็งมาก	เคี้ยวไม่ออกแข็งมาก

* สัมผัสโดยใช้มือจับ , ** โดยการเคี้ยวในปาก

เมื่อได้ช่วงความเข้มข้นของเจลลาตินแล้วที่ต้องการแล้วก็ทำการทดลองหาความเข้มข้นที่แน่นอนในช่วงที่ได้เลือกไว้ได้ผลดังตารางที่ 2 ดังนี้ โดยได้เลือกเอาความเข้มข้นที่ 24 %w/v ของเจลลาติน มาใช้ในการทำตัวรับต่อไป

ตารางที่ 2 ลักษณะของเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่างๆ หลังแช่เย็นที่ 4 °C 30 นาที

% ของเจลลาติน (%w/v)	ลักษณะของเจลลาตินที่ได้	
	เนื้อสัมผัส *	ความรู้สึกหลังเข้าปาก **
20	นิ่มกำลังดี	เคี้ยวแล้วนุ่มมากเกินไป
21	นิ่มกำลังดี	เคี้ยวแล้วนุ่มมากเกินไป
22	นิ่มกำลังดี	เคี้ยวแล้วนุ่มเล็กน้อย
23	นิ่มกำลังดี	เคี้ยวแล้วนุ่มเล็กน้อย
24	นิ่มกำลังดี	เคี้ยวแล้วนุ่มกำลังดี
25	นิ่มกำลังดี	เคี้ยวแล้วนุ่มกำลังดี

* สัมผัสโดยใช้มือจับ , ** โดยการเคี้ยวในปาก

2.2 ผลการทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการแช่เย็นของเจลลิติน

จากการทดลองหาช่วงเวลาในการแช่เย็นที่จะทำให้เจลลิตินคงตัว ได้ผลดังตารางที่ 3 โดยได้เลือกช่วงเวลาในการแช่เย็นที่แคบลงคือ 48-60 ชม. มาใช้ในการหาเวลาที่แน่นอนมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3 ลักษณะของเจลลิตินที่เวลาต่างๆในการแช่เย็นที่ 4 °C

เวลาในการแช่เย็น (ชม.)	ลักษณะของเจลลิตินที่ได้ *	
	หลังออกจากตู้เย็นทันที	หลังตั้งทิ้งไว้ที่ RT 30 นาที
12	คงรูป , แข็งมาก	ละลายหมด
24	คงรูป , แข็งมาก	ละลายเกือบหมด
36	คงรูป , แข็งมาก	ละลายเล็กน้อย
48	คงรูป , แข็งมาก	ละลายเล็กน้อย
60	คงรูป , แข็งมาก	ไม่ละลาย คงตัว แข็งกำลังดี
72	คงรูป , แข็งมาก	ไม่ละลาย คงตัว แข็งกำลังดี

* สัมผัสโดยใช้มือจับ

จากการทดลองหาเวลาที่แน่นอนในช่วงเวลาในการแช่เย็นที่ได้เลือกไว้คือ 48-60 ชม. ได้ผลดังตารางที่ 4 ดังนี้ โดยได้เลือกเอาเวลาที่ 54 ชม. มาใช้ในการพัฒนาสูตรต่อไป

ตารางที่ 4 ลักษณะของเจลลาตินที่เวลาต่างๆในการแช่เย็นที่ 4 °C

เวลาในการแช่เย็น (ชม.)	ลักษณะของเจลลาตินที่ได้ *	
	หลังออกจากตู้เย็นทันที	หลังตั้งทิ้งไว้ที่ RT 30 นาที
49	คงรูป , แข็งมาก	ละลายเล็กน้อย
50	คงรูป , แข็งมาก	ละลายเล็กน้อย
51	คงรูป , แข็งมาก	ละลายเล็กน้อย
52	คงรูป , แข็งมาก	ละลายเล็กน้อย
53	คงรูป , แข็งมาก	ละลายเล็กน้อย
54	คงรูป , แข็งมาก	ไม่ละลาย คงตัว แข็งกำลังดี
55	คงรูป , แข็งมาก	ไม่ละลาย คงตัว แข็งกำลังดี
56	คงรูป , แข็งมาก	ไม่ละลาย คงตัว แข็งกำลังดี
57	คงรูป , แข็งมาก	ไม่ละลาย คงตัว แข็งกำลังดี
58	คงรูป , แข็งมาก	ไม่ละลาย คงตัว แข็งกำลังดี
59	คงรูป , แข็งมาก	ไม่ละลาย คงตัว แข็งกำลังดี
60	คงรูป , แข็งมาก	ไม่ละลาย คงตัว แข็งกำลังดี

* สัมผัสโดยใช้มือจับ

3. ผลการทดลองพัฒนาสูตรตำรับขนมเจลาตินกับสารให้ความหวาน , สารแต่งรสเปรี้ยว, สารแต่งกลิ่น และสารแต่งสีของผลิตภัณฑ์

3.1 ผลการทดลองหาปริมาณสารให้ความหวานโดยใช้สารให้ความหวานชนิดเดียว

จากการทดลองใช้สารให้ความหวานเพียงชนิดเดียวพบว่า สารแต่ละตัวยังให้รสชาติที่จะนำไปพัฒนาต่อไปไม่ได้พอ ผลดังในตารางที่ 5 สำหรับ Sorbitol powder พบว่าละลายได้ยากและรสชาติที่ได้ก็ไม่ดีพอจึงไม่นำมาพัฒนาต่อไป

ตารางที่ 5 ผลการหาปริมาณสารให้ความหวานชนิดเดียว

(ใช้เจลาติน 4.8 กรัม และน้ำ 20 มล. เติมสารให้ความหวานจนรู้สึกหวาน)

ชนิดของ สารให้ความหวาน	ปริมาณที่ใช้ (g)	รสชาติ		หมายเหตุ
		รสหวาน	รสขม	
Sorbitol powder	4.1524	ไม่หวาน ออกกรส ฝาดๆเฝื่อนๆ	-	ละลายยาก
70% sorbitol syrup	1.9342	คล้ายน้ำเชื่อม แต่หวานกว่า	-	-
Maltitol	3.2319	หวานนุ่มลิ้น แต่รส หวานน้อย	-	-
Aspartame	0.0106	หวานช่วงต้น หวานกว่า ACE-K	ขมช่วงปลาย	ต้องละลายใน น้ำร้อน
ACE-K	0.0104	หวานช่วงต้น	ขมคอช่วง ปลาย	ละลายง่ายใน น้ำธรรมดา

3.2 ผลการหาปริมาณสารให้ความหวานแบบ combination ของสาร 2 ชนิด

จากการทดลองพบว่า ตำรับเจลาตินที่ผสม Maltitol + Aspartame และตำรับที่ผสม 70% Sorbitol + Aspartame เหมาะที่จะนำไปพัฒนาต่อไป ดังรายละเอียดในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการหาปริมาณสารให้ความหวานแบบ combination ของสาร 2 ชนิด

(โดยผสมลงใน gelatin 24% และใช้เวลาแช่เย็น 54 ชม.)

ชนิดของ สารให้ความหวาน	ปริมาณที่ใช้ (%w/v)	รสชาติ		หมายเหตุ
		รสหวาน	รสขม	
ACE-K + Aspartame	0.2% + 0.2%	หวานติดลิ้น	ขมตอนท้าย	-
Maltitol + ACE-K	30% + 0.4%	หวานกำลังดี	ขมเล็กน้อย	รู้สึกชาที่ลิ้นเล็กน้อย
Maltitol + Aspartame	30% + 0.4%	หวานกำลังดี	-	*
Maltitol + 70% sorbitol	28% + 25%	หวานน้อยมาก	-	ต้องใช้ปริมาณมาก จึงหวานซึ่งอาจทำ ให้ท้องเสียหรือ ท้องอืดได้
70% sorbitol + ACE-K	29% + 0.3%	หวานกำลังดี	ขมเล็กน้อย	รู้สึกชาที่ลิ้นเล็กน้อย
70% sorbitol + Aspartame	29% + 0.3%	หวานกำลังดี	-	*

* เหมาะในการนำไปพัฒนาต่อ

3.3 ผลการหาปริมาณสารให้ความหวานแบบ combination ของสาร 3 ชนิด

จากการหาปริมาณสารให้ความหวานแบบ combination ของสาร 2 ชนิด พบว่า ACE-K +Aspartame เมื่อนำมาใช้ร่วมกัน พบว่าที่อัตราส่วน 1: 1 จะทำให้สารทั้งสองมีความหวานที่เพิ่มขึ้น แต่ก็ยังมีรสชาติยังไม่ดีพอจึงเติมสารให้ความหวานอื่นเข้าไปร่วมด้วย เป็นการผสมสาร 3 ชนิดได้ผลดังตารางที่ 7 โดยพบว่า ตำรับทั้งสองเหมาะที่จะนำไปพัฒนาต่อไป

ตารางที่ 7 ผลการหาปริมาณสารให้ความหวานแบบcombination ของสาร 3 ชนิด

(โดยผสมลงใน gelatin 24% และใช้เวลาแช่เย็น 54 ชม.)

ชนิดของ สารให้ความหวาน	ปริมาณที่ใช้ (%w/v)	รสชาติ		หมายเหตุ
		รสหวาน	รสขม	
Aspartame + ACE-K + 70% sorbitol	0.1% + 0.1% + 32%	หวานกำลังดี	-	*
Aspartame + ACE-K + Maltitol	0.1% + 0.1%+ 31.5%	หวานกำลังดี	-	*

* เหมาะในการนำไปพัฒนาต่อ

เมื่อได้สูตรตำรับเป็นที่เรียบร้อยแล้ว นำมาพัฒนาสูตรตำรับในแต่ละสูตรตำรับโดยทำการปรับความเข้มข้นของสารให้ความหวานเพื่อให้ได้รสชาติที่ดีมากยิ่งขึ้นได้ผลดังตารางที่ 8, 9, 10, 11, 12 และ 13

ตารางที่ 8 ผลการพัฒนาสูตรตำรับที่ใช้สารให้ความหวาน Maltitol + Aspartame

Maltitol (%w/v)	Aspartame (%w/v)	รสชาติ		หมายเหตุ
		รสหวาน*	รสขม**	
30	0.4	+3	-	-
31	0.4	+3	-	-
32	0.4	+3	-	-
33	0.4	+3	-	-
30	0.45	+4	-	-
30	0.50	+4	+	-
30	0.55	+5	+	-
31.5	0.4	+3	-	***

* +1 = หวานน้อยมาก +2 = หวานน้อย +3 = หวานปานกลาง +4 = หวานมาก
+5 = หวานมากที่สุด

** - = ไม่ขม + = ขม

*** เหมาะในการนำไปพัฒนาต่อ

ตารางที่ 9 ผลการพัฒนาสูตรตำรับที่ใช้สารให้ความหวาน 70% Sorbitol + Aspartame

70% sorbitol (%w/v)	Aspartame (%w/v)	รสชาติ		หมายเหตุ
		รสหวาน*	รสขม**	
29	0.30	+2	-	-
30	0.30	+2	-	-
31	0.30	+2	-	-
32	0.30	+2	-	-
29	0.35	+2	-	-
29	0.40	+2	-	-
29	0.45	+2	-	-
30	0.35	+2	-	-
31	0.40	+2	-	-
32	0.45	+3	-	-
33	0.50	+4	+	-
33	0.45	+3	-	***

* +1 = หวานน้อยมาก +2 = หวานน้อย +3 = หวานปานกลาง +4 = หวานมาก
+5 = หวานมากที่สุด

** - = ไม่ขม + = ขม

*** เหมาะในการนำไปพัฒนาต่อ

ตารางที่ 10 ผลการพัฒนาสูตรตำรับที่ใช้สารให้ความหวาน Aspartame + Acesulfame-K + 70% Sorbitol

Aspartame (%w/v)	ACE-K (%w/v)	70% Sorbitol (%w/v)	รสชาติ		หมายเหตุ
			รสหวาน*	รสขม**	
0.1	0.1	32	+2	-	-
0.1	0.1	33	+2	-	-
0.1	0.1	34	+2	-	-
0.1	0.1	35	+2	-	-
0.15	0.15	32	+3	-	***
0.20	0.20	32	+4	+	-
0.25	0.25	32	+4	+	-

* +1 = หวานน้อยมาก +2 = หวานน้อย +3 = หวานปานกลาง +4 = หวานมาก

+5 = หวานมากที่สุด

** - = ไม่ขม + = ขม

*** เหมาะในการนำไปพัฒนาต่อ

ตารางที่ 11 ผลการพัฒนาสูตรตำรับที่ใช้สารให้ความหวาน Aspartame + Acesulfame-K + Maltitol

Aspartame (%w/v)	ACE-K (%w/v)	Maltitol (%w/v)	รสชาติ		หมายเหตุ
			รสหวาน*	รสขม**	
0.1	0.1	31.5	+2	-	-
0.1	0.1	33	+2	-	-
0.1	0.1	34	+2	-	-
0.1	0.1	35	+2	-	-
0.15	0.15	32	+2	-	-
0.20	0.20	32	+4	+	-
0.25	0.25	32	+5	+	-
0.15	0.15	33	+3	-	-
0.15	0.15	34	+3	-	-
0.15	0.15	35	+3	-	***

* +1 = หวานน้อยมาก +2 = หวานน้อย +3 = หวานปานกลาง +4 = หวานมาก
+5 = หวานมากที่สุด

** - = ไม่ขม + = ขม

*** เหมาะในการนำไปพัฒนาต่อ

3.4 ผลการทดลองหาชนิดของสารแต่งรสเปรี้ยว

เมื่อทดลองแต่ละสูตรตำรับกับสารแต่งรสเปรี้ยว ทั้ง 3 ชนิด พบว่า ความเข้ากันได้ของรสชาติหวานและเปรี้ยว ในแต่ละสูตรตำรับ เป็นดังนี้ สูตรที่ 1 เหมาะกับ Malic acid , สูตรที่ 2 เหมาะกับ Citric acid , สูตรที่ 3 เหมาะกับ Malic acid ,และสูตรที่ 4 เหมาะกับ Tartaric acid ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการทดลองหาชนิดของสารแต่งรสเปรี้ยวที่เหมาะสมกับสูตรตำรับ

สูตรตำรับ (%w/v)	ชนิดของกรด	ความเข้ากันได้ของรสชาติ
1. Gelatin 24 % Maltitol 31.5% Aspartame 0.4%	Citric acid Malic acid Tartaric acid	+ ++ +
2. Gelatin 24% 70% Sorbitol 33% Aspartame 0.45%	Citric acid Malic acid Tartaric acid	++ + +
3. Gelatin 24% Aspartame 0.15% ACE-K 0.15% 70% Sorbitol 32%	Citric acid Malic acid Tartaric acid	+ ++ +
4. Gelatin 24% Aspartame 0.15% ACE-K 0.15% Maltitol 35%	Citric acid Malic acid Tartaric acid	+ + ++

+ = เข้ากันได้ , ++ = เข้ากันได้ดี

3.5 ผลการทดลองหาปริมาณสารแต่งรสเปรี้ยว

จากการทดลองหาปริมาณความเข้มข้นของสารแต่งรสเปรี้ยว โดยใช้ในปริมาณ 0.5%w/v ถึง 2.5%w/v พบว่า ได้ผลดังนี้ สูตรที่ 1 เหมาะกับ Malic acid ที่ความเข้มข้น 2 %w/v, สูตรที่ 2 เหมาะกับ Citric acid ที่ความเข้มข้น 2.3 %w/v , สูตรที่ 3 เหมาะกับ Malic acid ที่ความเข้มข้น 2 %w/v ,และสูตรที่ 4 เหมาะกับ Tartaric acid ที่ความเข้มข้น 2 %w/v โดยที่ปริมาณความเข้มข้นที่เลือกในแต่ละตำรับนี้ จะยังคงให้รสเปรี้ยวและรสหวานที่เหมาะสมอยู่ ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการทดลองหาปริมาณสารแต่งรสเปรี้ยวที่เหมาะสม

สูตรตำรับ (%w/v)	ชนิดของกรด	ปริมาณกรด (%w/v)	รสชาติ	
			รสเปรี้ยว*	รสหวาน**
1. Gelatin 24% Maltitol 31.5% Aspartame 0.4%	Malic acid	0.5	+1	+3
		1	+2	+3
		1.5	+2	+3
		2	+3	+3
		2.5	+4	+3
2. Gelatin 24% 70% sorbitol 33% Aspartame 0.45%	Citric acid	0.5	+1	+3
		1	+2	+3
		1.5	+2	+3
		2	+2	+3
		2.3	+3	+3
3. Gelatin 24% Aspartame 0.15% ACE-K 0.15% 70% sorbitol 32%	Malic acid	0.5	+1	+3
		1	+2	+3
		1.5	+2	+3
		2	+3	+3
		2.5	+4	+3
4. Gelatin 24% Aspartame 0.15% ACE-K 0.15% Maltitol 35%	Tartaric acid	0.5	+1	+3
		1	+2	+3
		1.5	+2	+3
		2	+3	+3
		2.5	+4	+3

* +1 = เปรี้ยวน้อยมาก +2 = เปรี้ยวน้อย +3 = เปรี้ยวปานกลาง +4 = เปรี้ยวมาก

+5 = เปรี้ยวมากที่สุด

** +1 = หวานน้อยมาก +2 = หวานน้อย +3 = หวานปานกลาง +4 = หวานมาก

+5 = หวานมากที่สุด

3.6 ผลการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของเจลาตินหลังการแต่งรสเปรี้ยว

จากการใส่สารแต่งรสเปรี้ยวคือกรดชนิดต่างๆ พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดมากขึ้น มีผลทำให้เนื้อของเจลาตินอ่อนยวบลง เนื่องจากความเป็นกรดมีผลต่อโครงสร้างของเจลาติน โดยที่ยิ่งความเป็นกรดมากจะสามารถทำลายโครงสร้างของเจลาตินได้มาก ดังนั้นจึงต้องมาหาความเข้มข้นของเจลาตินใหม่

โดยการนำสูตรตำรับที่ 2 Gelatin 24 %w/v + 70% Sorbitol 33 %w/v + Aspartame 0.45 %w/v + Citric acid 2.3 %w/v มาทำการทดลอง พบว่าที่ความเข้มข้นของเจลาติน 27 %w/v หลังออกจากตู้เย็นทันทีจะมีลักษณะคงรูปและแข็งเกินไป เมื่อหลังตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที จะมีลักษณะของเจลาตินที่ไม่ละลาย คงตัวและแข็งกำลังดี โดยที่รสชาติก็ยังคงอยู่ในระดับที่ กำลังดี ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ลักษณะของเจลลาตินที่ความเข้มข้นต่างๆและรสชาติหลังใส่สารแต่งรสเปรี้ยว

เจลลาติน (%w/v)	ลักษณะของเจลลาตินที่ได้ *		รสชาติ	
	หลังการนำออกจาก ตู้เย็นทันที	หลังตั้งทิ้งไว้ที่ RT 30 นาที	รสหวาน**	รสเปรี้ยว***
25	คงรูป , แข็งเกินไป	ละลายเล็กน้อย	+3	+3
26	คงรูป , แข็งเกินไป	ละลายเล็กน้อย	+3	+3
27	คงรูป , แข็งเกินไป	ไม่ละลาย คงตัว แข็ง กำลังดี	+3	+3
28	คงรูป , แข็งเกินไป	ไม่ละลาย คงตัว แข็ง กำลังดี	+2	+3
29	คงรูป , แข็งเกินไป	ไม่ละลาย คงตัว แข็ง เกินไป	+2	+3
30	คงรูป , แข็งเกินไป	ไม่ละลาย คงตัว แข็ง เกินไป	+2	+3

* สัมผัสโดยใช้มือจับ

** +1 = เปรี้ยวน้อยมาก +2 = เปรี้ยวน้อย +3 = เปรี้ยวปานกลาง +4 = เปรี้ยวมาก
+5 = เปรี้ยวมากที่สุด

*** +1 = หวานน้อยมาก +2 = หวานน้อย +3 = หวานปานกลาง +4 = หวานมาก
+5 = หวานมากที่สุด

3.7 ผลการปรับเปลี่ยนเวลาในการแช่เย็นหลังการแต่งรสเปรี้ยว

เนื่องจากความเข้มข้นของเจลาตินมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้เวลาในการคงตัวของเจลาตินเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นจึงต้องทำการหาเวลาในการแช่เย็นที่เหมาะสมใหม่ ดังตารางนี้

โดยผสมลงใน gelatin 27 %w/v จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเจลาติน มีผลทำให้ใช้เวลาในการแช่เย็นลดลง ซึ่งที่เวลา 48 ชม. ลักษณะของเจลาตินที่ความเข้มข้น 27 %w/v หลังออกจากตู้เย็นทันที จะมีลักษณะคงรูปและแข็งเกินไป เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาทีจะมีลักษณะของเจลาตินที่คงรูปและแข็งกำลังดี ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ลักษณะของเจลาตินที่เวลาในการแช่เย็นต่างๆหลังใส่สารแต่งรสเปรี้ยว

เวลาในการแช่เย็น (ชม.)	ลักษณะของเจลาตินที่ได้ *	
	หลังออกจากตู้เย็นทันที	หลังตั้งทิ้งไว้ที่ RT 30 นาที
33	คงรูป , แข็งเกินไป	ละลายเล็กน้อย
36	คงรูป , แข็งเกินไป	ละลายเล็กน้อย
39	คงรูป , แข็งเกินไป	ละลายเล็กน้อย
42	คงรูป , แข็งเกินไป	ละลายเล็กน้อย
45	คงรูป , แข็งเกินไป	ละลายเล็กน้อย
48	คงรูป , แข็งเกินไป	คงรูป , แข็งกำลังดี
51	คงรูป , แข็งเกินไป	คงรูป , แข็งกำลังดี
54	คงรูป , แข็งเกินไป	คงรูป , แข็งกำลังดี

* สัมผัสโดยใช้มือจับ

3.8 ผลการคัดเลือกและทดลองหาปริมาณสารแต่งสีและสารแต่งกลิ่นที่เหมาะสม

ผลการคัดเลือกสารแต่งกลิ่นที่ใช้เลือกให้เข้ากับสารแต่งรสเปรี้ยว ดังนี้

สูตรที่ใช้	Citric acid	→	กลิ่น Strawberry
	Malic acid	→	กลิ่น Orange crush
		→	กลิ่น Green Apple
	Tartaric acid	→	กลิ่น องุ่น

ผลการคัดเลือกสารแต่งสีที่ใช้เลือกให้เข้ากับสารแต่งกลิ่น ดังนี้

สูตรที่ใช้	กลิ่น Strawberry	→	สีแดง
	กลิ่น Orange crush	→	สีส้ม
	กลิ่น Green Apple	→	สีเขียวแอปเปิ้ล
	กลิ่น องุ่น	→	สีม่วง

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการคัดเลือกทั้ง 4 สูตร มาเติมสารแต่งสีและกลิ่น โดย เมื่อทำการ calibrate dropper พบว่า 94 หยด เท่ากับ 2 มล. เพราะฉะนั้น 1 หยด เท่ากับ $2/94 = 0.02$ มล.

ปริมาณสีที่เหมาะสม คือ ไม่เกิน 0.05-0.1% ดังนั้น ปริมาณสีที่ใช้ในสูตรตำรับปริมาตร 20 มล. คือ 1 หยดเท่ากับประมาณ 0.02 มล. ซึ่งคิดเป็น 0.10%

ปริมาณกลิ่นที่เหมาะสม คือ ไม่เกิน 0.5-1% ดังนั้น ปริมาณกลิ่นที่ใช้ในสูตรตำรับปริมาตร 20 มล. คือ 10 หยดเท่ากับประมาณ 0.2 มล. ซึ่งคิดเป็น 1.0%

4. ผลการทดลองหาปริมาณ Preservative ที่เหมาะสม

จากการทดลองเติม Sodium benzoate เพื่อใช้เป็น preservative ในสูตรผลิตภัณฑ์และทำการเพาะเชื้อใน TSA media ทุกสัปดาห์นาน 5 สัปดาห์ พบว่าได้ผลดังในตารางที่ 16 และได้คัดเลือกปริมาณ Sodium benzoate ที่ 0.05 %w/v เพื่อนำไปพัฒนาต่อไป

ตารางที่ 16 ปริมาณ Sodium benzoate ที่เหมาะสม (หลังตั้งทิ้งไว้ 5 สัปดาห์)

ปริมาณ Sodium benzoate (%w/v)	ผลการเพาะเชื้อใน TSA media
0.00	ไม่มีเชื้อขึ้น
0.05	ไม่มีเชื้อขึ้น
0.10	ไม่มีเชื้อขึ้น
0.15	ไม่มีเชื้อขึ้น
0.20	ไม่มีเชื้อขึ้น



รูปที่ 3 แสดงหลอดทดลองที่ใส่ขนมเจลาตินเตรียมเพาะเชื้อ

สูตรตำรับขนมเจลลาตินสูตรสุดท้ายจะมีส่วนประกอบดังในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 แสดงสูตรตำรับขนมเจลลาตินที่ได้

	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
Gelatin	27%	27%	27%	27%
Maltitol	31.5%	-	-	35%
70% sorbitol	-	33%	32%	-
Aspartame	0.4%	0.45%	0.15%	0.15%
ACE-K	-	-	0.15%	0.15%
สารแต่งรสเปรี้ยว	Malic acid 2%	Citric acid 2.3%	Malic acid 2%	Tartaric acid 2%
สารแต่งกลิ่น	Orange crush	Strawberry	Green apple	อู่นุ่น 1.00%
	1.00%	1.00%	1.00%	
สารแต่งสี	สีส้ม 0.10%	สีแดง 0.10%	สีเขียว 0.10%	สีม่วง 0.10%
	pH 4-4.5	pH 4	pH 4-4.5	pH 4-4.5

ขนมเจลลาตินมีน้ำหนักเฉลี่ย ดังในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของขนมเจลลาติน

ขนมเจลลาติน สูตรที่	น้ำหนักเฉลี่ย* \pm SD (g)
1	2.1 \pm 0.1
2	1.91 \pm 0.1
3	1.87 \pm 0.1
4	1.96 \pm 0.1

* น้ำหนักเฉลี่ยของขนมเจลลาติน 4 ชิ้น



รูปที่ 4 แสดงขนมเจลลาตินที่เตรียมเสร็จรอใส่แม่พิมพ์



รูปที่ 5 แสดงขนมเจลลาตินที่เสร็จสมบูรณ์

5. ผลการประเมินผลิตภัณฑ์โดยวิธีทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation Test)

จากการประเมินผลิตภัณฑ์โดยวิธีทางประสาทสัมผัส ซึ่งกำหนดรหัส No. 071,511,695 และ 813 สำหรับผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1,2,3 และ 4 ตามลำดับ พบว่าได้ผลดังในตารางที่ 19,20

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์สูตรต่างๆ

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบ			
	No.071	No.511	No.695	No.813
สี	6.52 B	6.42 B	7.58 A	6.60 B
กลิ่น	6.32 AB	6.04 B	7.00 A	5.90 B
รูปร่าง	6.98 A	7.04 A	6.94 A	6.74 A
ความแข็ง	5.02 A	5.20 A	5.20 A	5.16 A
ความเหนียว	4.84 A	4.80 A	5.20 A	4.86 A
รสหวาน	5.82 AB	5.64 AB	6.12 A	5.26 B
รสเปรี้ยว	6.36 AB	6.00 BC	6.80 A	5.38 C
การละลาย	5.40 B	5.14 B	5.88 A	5.22 B

A, B, C Means not sharing letter in common differ significantly ($P < 0.05$)

เฉพาะบรรทัดเดียวกัน

Determined by Duncan's Multiple Range Test.

หมายเหตุ คะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยคะแนนความเข้มของคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์สูตรต่าง ๆ

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ยคะแนนความเข้ม			
	No.071	No.511	No.695	No.813
สี	5.34 B	6.58 A	5.32 B	5.44 B
กลิ่น	5.74 AB	5.24 BC	6.22 A	4.94 C
รูปร่าง	5.70 A	5.66 A	5.70 A	5.70 A
ความแข็ง	6.46 A	6.04 B	6.14 AB	6.14 AB
ความเหนียว	5.56 A	5.50 A	5.34 A	5.68 A
รสหวาน	4.60 A	5.08 A	5.00 A	4.60 A
รสเปรี้ยว	6.00 A	4.92 B	5.86 A	4.44 B
การละลาย	5.70 A	5.64 A	5.26 A	5.56 A

A, B, C Means not sharing letter in common differ significantly ($P < 0.05$)

เฉพาะบรรทัดเดียวกัน

Determined by Duncan's Multiple Range Test.

หมายเหตุ คะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด

6. การแปลผลการประเมินโดยวิธีทางสถิติ

ลักษณะสี

ความชอบสีของขนมเจลาติน

No. 071 ได้ 6.52 คะแนน = “ชอบเล็กน้อย”ถึง”ชอบปานกลาง”

No. 511 ได้ 6.42 คะแนน = “ชอบเล็กน้อย”ถึง”ชอบปานกลาง”

No. 695 ได้ 7.58 คะแนน = “ชอบปานกลาง”ถึง”ชอบมาก”

No. 813 ได้ 6.60 คะแนน = “ชอบเล็กน้อย”ถึง”ชอบปานกลาง”

- คะแนนความชอบสีขนมเจลาติน No. 071 , 511 และ 813 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)
- No. 695 มีคะแนนความชอบสีขนมเจลาตินมากกว่า No. 071 , 511 และ 813 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ระดับความเข้มสีของขนมเจลาติน

No. 071 ได้ 5.34 คะแนน = ลักษณะ”สีเข้มปานกลาง”ถึง”สีเข้มน้อย”

No. 511 ได้ 6.58 คะแนน = ลักษณะ”สีเข้มน้อย”ถึง”สีเข้มปานกลาง”

No. 695 ได้ 5.32 คะแนน = ลักษณะ”สีเข้มปานกลาง”ถึง”สีเข้มน้อย”

No. 813 ได้ 5.44 คะแนน = ลักษณะ”สีปานกลาง”ถึง”สีเข้มน้อย”

- ความเข้มสีของขนมเจลาติน No. 071, 695 และ 813 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)
- No. 511 มีสีของขนมเจลาตินเข้มกว่า No. 071, 695 และ 813 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลักษณะกลิ่น

ความชอบกลิ่นของขนมเจลาติน

No. 071 ได้ 6.32 คะแนน = “ชอบเล็กน้อย”ถึง”ชอบปานกลาง”

No. 511 ได้ 6.04 คะแนน = “ชอบเล็กน้อย”ถึง”ชอบปานกลาง”

No. 695 ได้ 7.00 คะแนน = “ชอบปานกลาง”

No. 813 ได้ 5.90 คะแนน = “เฉยๆ”ถึง”ชอบเล็กน้อย”

- คะแนนความชอบกลิ่นของขนมเจลาติน No. 071, 511 และ 813 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

- No. 695 มีคะแนนความชอบกลิ่นของขนมเจลาตินมากกว่า No. 511 และ 813 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจาก No. 071 ($P > 0.05$)

ระดับความเข้มข้นของกลิ่นของขนมเจลาติน

No. 071 ได้	5.74	คะแนน = มี"กลิ่นปานกลาง"ถึง"กลิ่นแรงน้อย"
No. 511 ได้	5.24	คะแนน = มี"กลิ่นปานกลาง"ถึง"กลิ่นแรงน้อย"
No. 695 ได้	6.22	คะแนน = มี"กลิ่นแรงน้อย"ถึง"กลิ่นแรงปานกลาง"
No. 813 ได้	4.94	คะแนน = มี"กลิ่นอ่อนน้อย"ถึง"กลิ่นปานกลาง"

- No. 695 มีกลิ่นของขนมเจลาตินแรงกว่า No. 511 และ 813 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่าง No. 071 ($P > 0.05$)
- No. 071 มีกลิ่นของขนมเจลาตินไม่แตกต่างจาก No. 511 ส่วน No. 511 มีกลิ่นของขนมเจลาตินไม่แตกต่างจาก No. 813 ($P > 0.05$)

ลักษณะรูปร่าง

ความชอบรูปร่างของขนมเจลาติน

No. 071 ได้	6.98	คะแนน = "ชอบเล็กน้อย"ถึง"ชอบปานกลาง"
No. 511 ได้	7.04	คะแนน = "ชอบเล็กน้อย"ถึง"ชอบมาก"
No. 695 ได้	6.94	คะแนน = "ชอบเล็กน้อย"ถึง"ชอบปานกลาง"
No. 813 ได้	6.94	คะแนน = "ชอบเล็กน้อย"ถึง"ชอบปานกลาง"

- คะแนนความชอบรูปร่างของขนมเจลาติน No. 071, 511, 695 และ 813 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ระดับความเล็ก-ใหญ่ของรูปร่างขนมเจลาติน

No. 071 ได้	5.90	คะแนน = รูปร่างมี"ขนาดปานกลาง"ถึง"ขนาดใหญ่"น้อย
No. 511 ได้	5.66	คะแนน = รูปร่างมี"ขนาดปานกลาง"ถึง"ขนาดใหญ่"น้อย
No. 695 ได้	5.70	คะแนน = รูปร่างมี"ขนาดปานกลาง"ถึง"ขนาดใหญ่"น้อย
No. 813 ได้	5.80	คะแนน = รูปร่างมี"ขนาดปานกลาง"ถึง"ขนาดใหญ่"น้อย

- ขนาดรูปร่างของขนมเจลาติน No. 071, 511, 695 และ 813 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ลักษณะความแข็ง

ความชอบความแข็งของขนมเจลาติน

No. 071 ได้	5.02	คะแนน = “เฉยๆ”ถึง”ชอบเล็กน้อย”
No. 511 ได้	5.20	คะแนน = “เฉยๆ”ถึง”ชอบเล็กน้อย”
No. 695 ได้	5.00	คะแนน = “เฉยๆ”
No. 813 ได้	5.16	คะแนน = “เฉยๆ”ถึง”ชอบเล็กน้อย”

- คะแนนความชอบความแข็งของขนมเจลาติน No. 071, 511, 695 และ 813 ไม่มี
ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ระดับความเข้มของความแข็งของขนมเจลาติน

No. 071 ได้	6.46	คะแนน = “แข็งน้อย”ถึง”แข็งปานกลาง”
No. 511 ได้	6.04	คะแนน = “แข็งน้อย”ถึง”แข็งปานกลาง”
No. 695 ได้	6.14	คะแนน = “แข็งน้อย”ถึง”แข็งปานกลาง”
No. 813 ได้	6.14	คะแนน = “แข็งน้อย”ถึง”แข็งปานกลาง”

- ความแข็งของขนมเจลาติน No. 695, 813 และ 511 ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)
- No. 071 มีความแข็งของขนมเจลาตินมากกว่า No. 511 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจาก No. 695 และ 813 ($P > 0.05$)

ลักษณะความเหนียว

ความชอบความเหนียวของขนมเจลาติน

No. 071 ได้	4.84	คะแนน = “ไม่ชอบเล็กน้อย”ถึง”เฉยๆ”
No. 511 ได้	4.80	คะแนน = “ไม่ชอบเล็กน้อย”ถึง”เฉยๆ”
No. 695 ได้	5.20	คะแนน = “เฉยๆ” ถึง”ชอบเล็กน้อย”
No. 813 ได้	4.86	คะแนน = “ไม่ชอบเล็กน้อย”ถึง”เฉยๆ”

- คะแนนความชอบความเหนียวของขนมเจลาติน No. 071, 511, 695 และ 813 ไม่มี
แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

ระดับความเหนียวของขนมเจลาติน

No. 071 ได้	5.56	คะแนน = “เหนียวปานกลาง”ถึง”เหนียวเล็กน้อย”
No. 511 ได้	5.50	คะแนน = “เหนียวปานกลาง”ถึง”เหนียวเล็กน้อย”
No. 695 ได้	5.34	คะแนน = “เหนียวปานกลาง”ถึง”เหนียวเล็กน้อย”
No. 813 ได้	5.68	คะแนน = “เหนียวปานกลาง”ถึง”เหนียวเล็กน้อย”

- ลักษณะความเหนียวของขนมเจลาติน No. 071, 511, 695 และ 813 ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

ลักษณะรสหวาน

ความชอบรสหวานของขนมเจลาติน

No. 071 ได้	5.82	คะแนน = “เฉยๆ” ถึง “ชอบเล็กน้อย”
No. 511 ได้	5.64	คะแนน = “เฉยๆ” ถึง “ชอบเล็กน้อย”
No. 695 ได้	6.12	คะแนน = “ชอบเล็กน้อย” ถึง “ชอบปานกลาง”
No. 813 ได้	5.26	คะแนน = “เฉยๆ” ถึง “ชอบเล็กน้อย”

- No. 695 มีคะแนนความชอบรสหวานของขนมเจลาตินมากกว่า No. 813 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจาก No. 071 และ No. 511 ($P > 0.05$)
- No. 071 มีคะแนนความชอบรสหวานของขนมเจลาตินไม่แตกต่างจาก No. 511 และ No. 813 ($P > 0.05$)

ระดับความหวานของขนมเจลาติน

No. 071 ได้	4.60	คะแนน = ความหวานอยู่ในระดับ “ไม่หวาน” ถึงระดับ “ปานกลาง”
No. 511 ได้	5.08	คะแนน = ความหวานอยู่ในระดับ “ปานกลาง” ถึง “หวานน้อย”
No. 695 ได้	5.00	คะแนน = ความหวานอยู่ในระดับ “ปานกลาง” ถึง “หวานน้อย”
No. 813 ได้	4.60	คะแนน = ความหวานอยู่ในระดับ “ไม่หวานน้อย” ถึง “ระดับปานกลาง”

- ความเข้มข้นรสหวานของขนมเจลาติน No. 071, 511, 695 และ 813 ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

ลักษณะรสเปรี้ยว

ความชอบรสเปรี้ยวของขนมเจลาติน

No. 071 ได้	6.36	คะแนน = “ชอบเล็กน้อย” ถึง “ชอบปานกลาง”
No. 511 ได้	6.00	คะแนน = “ชอบเล็กน้อย”
No. 695 ได้	6.80	คะแนน = “ชอบเล็กน้อย” ถึง “ชอบปานกลาง”
No. 813 ได้	5.38	คะแนน = “เฉยๆ” ถึง “ชอบเล็กน้อย”

- No. 695 มีคะแนนความชอบรสเปรี้ยวของขนมเจลาตินมากกว่า No. 511 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจาก No. 071 ($P > 0.05$)
- No. 071 มีคะแนนความชอบรสเปรี้ยวของขนมเจลาตินมากกว่า No. 813 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจาก No. 511 ($P > 0.05$)
- No. 511 มีคะแนนความชอบรสเปรี้ยวของขนมเจลาตินไม่แตกต่างจาก No. 813 ($P > 0.05$)

ระดับความเปรี้ยวของขนมเจลาติน

- | | | |
|-------------|------|--|
| No. 071 ได้ | 6.00 | คะแนน = ความเปรี้ยวอยู่ในระดับเปรี้ยวน้อย |
| No. 511 ได้ | 4.95 | คะแนน = ความเปรี้ยวอยู่ในระดับไม่เปรี้ยวน้อยถึงปานกลาง |
| No. 695 ได้ | 5.80 | คะแนน = ความเปรี้ยวอยู่ในระดับปานกลางถึงเปรี้ยวน้อย |
| No. 813 ได้ | 4.44 | คะแนน = ความเปรี้ยวอยู่ในระดับไม่เปรี้ยวน้อยถึงปานกลาง |
- ความเข้มของรสเปรี้ยวของขนมเจลาติน No. 071 ไม่แตกต่างจาก 695 ($P > 0.05$)
 - ความเข้มรสเปรี้ยวของขนมเจลาติน No. 511 ไม่แตกต่างจาก 813 ($P > 0.05$)
 - No. 071 และ 695 มีรสเปรี้ยวของขนมเจลาตินมากกว่า No. 511 และ No. 813 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ลักษณะการละลาย

ความชอบการละลายของขนมเจลาติน

- | | | |
|-------------|------|----------------------------------|
| No. 071 ได้ | 5.40 | คะแนน = “เฉยๆ” ถึง “ชอบเล็กน้อย” |
| No. 511 ได้ | 5.14 | คะแนน = “เฉยๆ” ถึง “ชอบเล็กน้อย” |
| No. 695 ได้ | 5.88 | คะแนน = “เฉยๆ” ถึง “ชอบเล็กน้อย” |
| No. 813 ได้ | 5.22 | คะแนน = “เฉยๆ” ถึง “ชอบเล็กน้อย” |
- No. 695 มีคะแนนความชอบการละลายของขนมเจลาตินมากกว่า No. 071, 511 และ 813 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)
 - คะแนนความชอบการละลายของขนมเจลาติน No. 071, 511 และ 813 ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$)

ระดับความเร็วในการละลายของขนมเจลาติน

- | | | |
|-------------|------|--|
| No. 071 ได้ | 5.70 | คะแนน = ระดับความเร็วในการละลายปานกลางถึงช้าเล็กน้อย |
| No. 511 ได้ | 5.64 | คะแนน = ระดับความเร็วในการละลายปานกลางถึงช้าเล็กน้อย |
| No. 695 ได้ | 5.62 | คะแนน = ระดับความเร็วในการละลายปานกลางถึงช้าเล็กน้อย |

No. 813 ได้ 5.56 คะแนน = ระดับความเร็วในการละลายปานกลางถึงช้าเล็กน้อย
 - ความเร็วในการละลายของขนมเจลาติน No. 071, 511, 695 และ 813 ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$)

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	คะแนนความชอบเฉลี่ย	ระดับความชอบ
No.695	7.18 A	“ชอบปานกลาง”ถึง“ชอบมาก”
No.071	6.46 B	“ชอบเล็กน้อย”ถึง“ชอบปานกลาง”
No.511	6.28 BC	“ชอบเล็กน้อย”ถึง“ชอบปานกลาง”
No.813	5.94 C	“เฉยๆ”ถึง“ชอบเล็กน้อย”

A, B, C Means not sharing letter in common differ significantly ($P < 0.05$)

Determined by Duncan's Multiple Range Test.

หมายเหตุ คะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด

จากการประเมินผลิตภัณฑ์ขนมเจลาตินทั้ง 4 สูตรทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-point Hedonic Scale ในผู้ประเมินทั้งหมด 50 คน เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA (Analysis of Variance) ในการแปลผล (มีการแปลผลในภาคผนวก) สามารถแปลผลได้ดังนี้ พบว่า สูตร No.695 กลิ่นแอปเปิ้ลเขียว ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด 7.18 (“ชอบปานกลาง” ถึง “ชอบมาก”) แตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) รองลงมาคือ สูตร No.071 กลิ่นส้ม ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.46 (“ชอบเล็กน้อย”ถึง“ชอบปานกลาง”) ซึ่งไม่แตกต่างจากสูตร No.511 กลิ่นสตอเบอรี่ ที่ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.28 (“ชอบเล็กน้อย”ถึง“ชอบปานกลาง”) ทั้งนี้โดยที่สูตร No.511 กลิ่นสตอเบอรี่ ไม่แตกต่างจากสูตร No.813 ซึ่งได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย 5.94 (“เฉยๆ” ถึง “ชอบเล็กน้อย”)

7. ผลการคำนวณต้นทุนการผลิตของขนมเจลลาติน

ต้นทุนการผลิต

ตารางแสดงราคาสารเคมีแต่ละชนิด

ชื่อสารเคมี	ราคา (บาท)
Gelatin 160 Bloom BP. 1 kg	390
Maltitol syrup 500 ml	90
70% sorbitol (liquid) food grade 1 kg	36.67
Aspartame BP. 1 kg	2,140
Vitasweet Acesulfame-K 1 kg	1,605
Malic acid food 1 kg	171.20
Citric acid 1 kg	117.70
Tartaric acid USP. 1 kg	123
Orange crush 60 ml	30
สารแต่งกลิ่นอื่นๆ 60 ml	20
สารแต่งสี 60 ml	20

สูตรที่ 1

	ปริมาณที่ใช้	ปริมาณที่ใช้ใน 300 มล. (กรัม)	ราคาต่อ 100 ชิ้น (บาท)
Gelatin	27%	81	31.59
Maltitol	31.5%	124.5 (56.7 มล.)	10.21
70% sorbitol	-	-	-
Aspartame	0.4%	1.2	2.57
ACE-K	-	-	-
สารแต่งรสเปรี้ยว	Malic acid 2%	6	1.03
สารแต่งกลิ่น	Orange crush 1.00%	3	1.00
สารแต่งสี	สีส้ม 0.10%	0.3	0.15
ราคารวม			46.55

สูตรที่ 2

	ปริมาณที่ใช้	ปริมาณที่ใช้ใน 300 มล. (กรัม)	ราคาต่อ 100 ชิ้น (บาท)
Gelatin	27%	81	31.59
Maltitol	-	-	-
70% sorbitol	33%	99	3.63
Aspartame	0.45%	1.35	0.63
ACE-K	-	-	-
สารแต่งรสเปรี้ยว	Citric acid 2.3%	6.9	0.81
สารแต่งกลิ่น	Strawberry 1.00%	3	1.00
สารแต่งสี	สีแดง 0.10%	0.3	0.15
ราคารวม			37.81

สูตรที่ 3

	ปริมาณที่ใช้	ปริมาณที่ใช้ใน 300 มล. (กรัม)	ราคาต่อ 100 ชิ้น (บาท)
Gelatin	27%	81	31.59
Maltitol	-	-	-
70%sorbitol	32%	96	3.52
Aspartame	0.15%	0.45	0.96
ACE-K	0.15%	0.45	0.72
สารแต่งรสเปรี้ยว	Malic acid 2%	6	1.03
สารแต่งกลิ่น	Green apple		
สารแต่งสี	1.00%	3	1
	สีเขียว 0.10%	0.3	0.1
ราคารวม			38.92

สูตรที่ 4

	ปริมาณที่ใช้	ปริมาณที่ใช้ใน 300 มล. (กรัม)	ราคาต่อ 100 ชิ้น (บาท)
Gelatin	27%	81	31.59
Maltitol	35%	105	11.34
70%sorbitol	-	-	-
Aspartame	0.15%	0.45	0.96
ACE-K	0.15%	0.45	0.72
สารแต่งรสเปรี้ยว	Tartaric acid 2%	6	0.74
สารแต่งกลิ่น	องุ่น 1.00%	3	1
สารแต่งสี	สีม่วง 0.10%	0.3	0.1
ราคารวม			46.45

ตารางสรุปต้นทุนการผลิตในแต่ละสูตรตำรับ

สูตรที่	ต้นทุนต่อ 100 ชิ้น (บาท)
1	46.55
2	37.81
3	38.92
4	46.45

จากผลการคำนวณต้นทุนการผลิตของขนมเจลาตินทั้ง 4 สูตรตำรับ พบว่า สูตรที่ 1 มีต้นทุนการผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 46.55 บาท รองลงมาคือ สูตรที่ 3 มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 46.45 บาท ส่วนสูตรที่ 3 มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 38.92 บาท และสูตรที่ 2 ซึ่งมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด เท่ากับ 37.81 บาท

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. การคัดเลือกสารให้ความหวานที่นิยมใช้ทดแทนน้ำตาล

จากการคัดเลือกสารให้ความหวานที่จะใช้ในการทำการทดลองนั้น พบว่าคัดเลือกสารให้ความหวานมา 4 ชนิด ซึ่งมีเหตุผลในการคัดเลือกคือ

Aspartame และ Acesulfame-K เป็น intense sweeteners ที่นิยมใช้กันแพร่หลายในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะในกลุ่มเครื่องดื่มในกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก เนื่องจากมีความหวานสูงกว่าน้ำตาล Sucrose มาก คือ ประมาณ 150-200 เท่า และ 200 เท่าของน้ำตาล Sucrose ตามลำดับ ทำให้สามารถใช้ในปริมาณที่น้อยเพื่อให้ได้ความหวานเท่ากับน้ำตาล Sucrose นอกจากนี้การใช้ในปริมาณน้อย ทำให้สะดวกในการเตรียมในสูตรตำรับขนมเจลาติน และยังอาจเป็นการลดต้นทุนด้วย ในส่วนของแคลอรีนั้น Aspartame จะให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม แต่เนื่องจากมีความหวานมากจึงใช้เติมในอาหารที่มีระดับความเข้มข้นต่ำ จึงทำให้ร่างกายได้แคลอรีน้อยลง ส่วน Acesulfame-K เป็นสารที่ไม่ให้พลังงานแก่ร่างกายเลย จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดปราศจากน้ำตาล

Sorbitol เป็นสารให้ความหวานในกลุ่ม sugar alcohol ซึ่งจะมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลซูโครส ประมาณ 0.5 เท่า และยังให้พลังงานเท่ากับน้ำตาลซูโครส แต่เนื่องจากจะมีการดูดซึมช้ากว่าน้ำตาล ทำให้ส่วนใหญ่ถูกขับถ่ายออกจากร่างกายก่อนที่จะดูดซึมเข้าไปใช้ประโยชน์ในร่างกาย และยังมีความสมบัติช่วยในการทำให้คุณภาพของอาหารดีขึ้น เช่น เพิ่มความหนืดให้กับอาหาร ช่วยให้อาหารมีการละลายดีขึ้น ช่วยรักษาความชื้นในอาหาร อีกด้วย

Maltitol เป็นสารให้ความหวานซึ่งอยู่ในกลุ่ม sugar alcohol เช่นเดียวกับ Sorbitol เป็นสารที่เพิ่งมีการนำเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทย ให้ความหวานประมาณ 0.75 เท่าของน้ำตาลซูโครส และมีรสชาติแบบหวานนุ่ม จึงลองนำมาใช้

2. การทดลองหาปริมาณความเข้มข้นของเจลาตินที่เหมาะสม

ในขั้นตอนการเตรียมเจลาตินนั้นการละลายเจลาติน ต้องใช้ความร้อนไม่เกิน 60-70 °C เนื่องจากหากใช้ความร้อนที่สูงเกินไปจะทำให้เจลาตินที่ละลายแล้วเกิดการเสื่อมสลายไม่สามารถกลับมาแข็งได้อีก และการละลายเจลาตินจนใส่นั้นทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากใช้ปริมาณของ

เจลาตินที่สูงและเจลาตินละลายได้ค่อนข้างช้า อีกทั้งยังเกิดฟองอากาศขึ้นมาก จึงต้องระมัดระวัง แก๊ซโดยการให้ความร้อนไม่เกิน 60-70 °C ในการให้ความร้อนบน water bath หรือคนสารละลาย ให้น้อยที่สุดหรือคนกลับไปกลับมาอย่างช้าๆ ก็สามารถช่วยได้

ในขั้นตอนการหาความเข้มข้นของเจลาตินนั้น เนื่องจากยังไม่ทราบเวลาที่ทำให้เนื้อของเจลาตินคงตัวได้อย่างสมบูรณ์ จึงทำให้การสังเกตเนื้อเจลาตินทำได้ค่อนข้างยาก และเมื่อได้ความเข้มข้นแล้วต้องมาหาเวลาที่จะทำให้เนื้อเจลาตินคงตัวได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก เนื่องจากคิดว่าเวลาที่เนื้อเจลาตินจะนิ่มลงหลังนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้องนั้น น่าจะมาจากการใช้เวลาในการแช่เย็นไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงควรใช้เวลาในการแช่เย็นมากขึ้น เนื่องจากคาดว่ายิ่งใช้เวลาในการแช่เย็นมาก จะสามารถทำให้การแข็งตัวของเจลาตินเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ได้

3. การพัฒนาสูตรตำรับขนมเจลาตินโดยใช้สารให้ความหวาน

การทำการเลือกสารให้ความหวานทำได้ลำบากเพราะใช้ความรู้สึกในการรับรสชาติในการเติมสารให้ความหวานซึ่งคนแต่ละคนรับรสชาติได้ไม่เท่ากัน และในตอนเริ่มต้นทำการทดลองนั้นไม่สามารถทราบได้ถึงช่วงของปริมาณสารให้ความหวานที่จะใช้ จึงทำให้การเริ่มต้นในตอนแรกทำได้ช้าและช่วงของปริมาณสารที่ใช้ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก

ในการผสมสารให้ความหวานมากกว่า 1 ชนิดนั้นทำขึ้นเนื่องจากผู้ทำคาดว่า การเติมสารให้ความหวานเพียงชนิดเดียวยังได้รสชาติที่ไม่ดีพอ จึงได้มีการปรับปรุง และทำให้ได้สูตรตำรับที่มีรสชาติดีมากยิ่งขึ้นซึ่งได้รสชาติดีกว่าที่คาดไว้

ในการเติมสารแต่งรสเปรี้ยว การเลือกกรดแต่ละชนิดทำได้ยากเนื่องจากเมื่อชิมรสชาติแล้วพบว่ารสชาติที่ได้ของตำรับที่เติมกรดต่างกันให้รสชาติที่ใกล้เคียงกัน ทำให้ยากแก่การตัดสินใจเลือก และเมื่อเติมสารแต่งรสเปรี้ยวแล้ว ทำให้เกิดปัญหาเรื่องความเข้มข้นที่เหมาะสมของเจลาตินตามมา เนื่องจากความเป็นกรดมีผลต่อโครงสร้างของเจลาติน โดยที่ยิ่งความเป็นกรดมาก จะสามารถทำลายโครงสร้างของเจลาตินได้มาก ทำให้สังเกตได้ว่าหลังจากใส่กรดแล้วเนื้อเจลาตินมีการอ่อนยวบลง ซึ่งทำให้ต้องมาเริ่มทำการทดลองหาความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการคงตัวของเจลาตินใหม่ จึงต้องใช้เวลาทำการทดลองมากขึ้นอีก

ในการแต่งสีและแต่งกลิ่นนั้น การเติมสารแต่งสีและสารแต่งกลิ่นนั้น ไม่ควรที่จะเข้มข้นไปเพราะจะทำให้ความน่ารับประทานของขนมเจลาตินลดลง และยังคงคำนึงถึงปริมาณที่สามารถใช้ได้ตามที่กำหนดอีกด้วย

4. การทดลองหาปริมาณ preservative ที่เหมาะสม

ในการหาปริมาณ preservative ที่เหมาะสมนั้น พบว่า หลังจากทำการเพาะเชื้อใน TSA media 5 สัปดาห์ ปรากฏว่าไม่มีเชื้อขึ้นเลย ซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่ใช้ความเข้มข้นของเจลาตินสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า Aw ต่ำ จึงเสมือนเป็นการ preserve ผลิตภัณฑ์ไปในตัวด้วย

5. การประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมเจลาตินทางประสาทสัมผัส

ในคุณลักษณะเรื่องสี พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยไม่สัมพันธ์กับความเข้มของสี ทั้งนี้ No. 695 (สูตรที่ 3 กลิ่นแอปเปิ้ล) ซึ่งได้คะแนนความชอบเฉลี่ยสูงที่สุด โดยที่ No.071 (สูตรที่ 1 กลิ่นส้ม) มีคะแนนความเข้มสีเฉลี่ยสูงที่สุด ดังนั้น ความชอบในลักษณะสี อาจจะเป็นที่เฉดสี คือมีความชอบสีเขียวแอปเปิ้ลมากที่สุด โดยไม่เกี่ยวข้องกับความเข้มเลย

ในคุณลักษณะเรื่องกลิ่น พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยสัมพันธ์กับความเข้มของกลิ่น โดยที่ No. 695 (สูตรที่ 3 กลิ่นแอปเปิ้ล) ได้คะแนนความชอบเฉลี่ยสูงที่สุด และคะแนนความเข้มกลิ่นเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจาก No.071 (สูตรที่ 1 กลิ่นส้ม) ทั้งเรื่องความชอบและความเข้ม

ในคุณลักษณะเรื่องรูปร่าง พบว่า ทั้งคะแนนความชอบเฉลี่ยและคะแนนความเข้มเฉลี่ยของรูปร่างในผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันเลย อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรใช้แม่พิมพ์รูปร่างเดียวกัน จึงทำให้ลักษณะและขนาดรูปร่างที่ได้เหมือนกัน

ในคุณลักษณะเรื่องความแข็ง พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรไม่แตกต่างกัน แต่ No.071 (สูตรที่ 1 กลิ่นส้ม) จะมีคะแนนความเข้มของความแข็งมากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจาก No. 695 (สูตรที่ 3 กลิ่นแอปเปิ้ล) และ No. 813 (สูตรที่ 4 กลิ่นองุ่น) ดังนั้นแสดงว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรถึงจะมีความแข็งที่ต่างกันบ้างแต่ก็ไม่ได้มีผลต่อคะแนนความชอบเฉลี่ย โดยที่ ความแข็งที่ต่างกันอาจเนื่องมาจากช่วงระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปประเมินมีความแตกต่างกัน

ในคุณลักษณะเรื่องความเหนียว พบว่า ทั้งคะแนนความชอบเฉลี่ยและคะแนนความเข้มเฉลี่ยของความเหนียวในผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันเลย อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรใช้ความเข้มข้นของเจลาตินที่เท่ากัน ทำให้ความเหนียวใกล้เคียงกัน ความชอบจึงไม่ต่างกัน

ในคุณลักษณะเรื่องรสหวาน พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยไม่สัมพันธ์กับความเข้มของรสหวาน ทั้งนี้ No. 695 (สูตรที่ 3 กลิ่นแอปเปิ้ล) ได้คะแนนความชอบเฉลี่ยสูงที่สุด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรมีคะแนนความเข้มเฉลี่ยของรสหวานที่ไม่แตกต่างกันเลย ดังนั้น ความชอบในคุณลักษณะเรื่องรสหวานน่าจะมาจากรสชาติที่เข้ากันได้ดีระหว่างกลิ่นและรสหวานของแอปเปิ้ล

ในคุณลักษณะเรื่องรสเปรี้ยว พบว่า No. 695 (สูตรที่ 3 กลิ่นแอปเปิ้ล) ได้คะแนนความชอบเฉลี่ยสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจาก No.071 (สูตรที่ 1 กลิ่นส้ม) โดยที่คะแนนความเข้มเฉลี่ยของรสเปรี้ยวของ No. 695 และ 071 มีรสเปรี้ยวที่ไม่แตกต่างกันเลย น่าจะมาจากทั้ง 2 สูตรนี้ใช้สารแต่งรสเปรี้ยวชนิดเดียวกันในความเข้มข้นที่เท่ากัน

ในคุณลักษณะเรื่องการละลาย พบว่า No. 695 (สูตรที่ 3 กลิ่นแอปเปิ้ล) ได้คะแนนความชอบเฉลี่ยสูงที่สุด ถึงแม้ว่าคะแนนความเข้มของความเร็วในการละลายของผลิตภัณฑ์ทุกสูตรจะไม่แตกต่างกันก็ตาม อาจเนื่องมาจากผู้ประเมินส่วนใหญ่มีความชอบโดยรวมต่อ No. 695

จากการประเมินคุณลักษณะเรื่องต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ พบว่า No. 695 (สูตรที่ 3 กลิ่นแอปเปิ้ล) จะได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยโดยรวมของผลิตภัณฑ์สูงที่สุดอยู่ในระดับ “ชอบปานกลาง” ถึง “ชอบมาก” ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้ประเมินส่วนใหญ่มีความชอบต่อผลิตภัณฑ์ No. 695 เกือบทุกคุณลักษณะได้คะแนนมากที่สุด

ในการประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์นั้น ทำในคนจำนวน 50 คน ซึ่งทำให้ผลการประเมินอาจเป็นการประเมินที่เป็นผลมาจากกลุ่มคนจำกัด ควรมีการประเมินเพิ่มเติมในกลุ่มคนที่มีช่วงอายุที่หลากหลาย สำหรับการศึกษานี้ต่อไป

6. การคำนวณต้นทุนการผลิตของขนมเจลลาติน

จากการคำนวณต้นทุนการผลิตของขนมเจลลาตินทั้ง 4 สูตรตำรับ พบว่า สูตรที่ 3 ซึ่งเป็นสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงที่สุดนั้นมีต้นทุนการผลิต (38.92 บาท) ใกล้เคียงกับสูตรที่ 2 ที่มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด (37.81 บาท) ซึ่งมีความแตกต่างกัน คิดเป็น 3.9% ส่วนสูตรที่ 1 มีต้นทุนการผลิตสูงสุด (46.55 บาท) ใกล้เคียงกับสูตรที่ 4 ที่มีต้นทุนการผลิต (46.45 บาท) ซึ่งมีความแตกต่างกัน คิดเป็น 0.2% ดังนั้น จากการประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมเจลลาตินทางประสาทสัมผัสและราคาต้นทุนการผลิตของสูตรที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย Aspartame 0.15 %w/v + Acesulfame-K 0.15 %w/v + 70% Sorbitol syrup 32 %w/v ซึ่งพบว่าในสูตรที่ 3 ได้คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยสูงที่สุด จึงเหมาะที่จะนำไปทำการพัฒนาต่อในระดับอุตสาหกรรมได้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

เนื่องจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาพัฒนาเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเจลาตินชนิดปราศจากน้ำตาลให้เป็นที่ยอมรับและสามารถนำไปพัฒนาในทางอุตสาหกรรมเพื่อผลิตและจำหน่ายในรูปแบบของการค้า เนื่องจากการใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลนั้น ไม่ทำให้เกิดฟันผุและมีผลต่อระดับน้ำตาลในกระแสเลือดน้อย ทั้งนี้บางชนิดไม่มีแคลอรีจึงเหมาะกับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักด้วย และจากการพัฒนาตำรับขนมเจลาตินชนิดปราศจากน้ำตาล พบว่า ได้สูตรตำรับที่ประกอบด้วย Gelatin 27 %w/v และใช้เวลาในการแช่เย็นประมาณ 48 ชม.ที่ 4 °C ซึ่งได้มาทั้งหมด 4 สูตร ที่มีสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่แตกต่างกันดังนี้

สูตรที่ 1 Maltitol 31.5 %w/v + Aspartame 0.4 %w/v ,

สูตรที่ 2 70% Sorbitol syrup 33 %w/v + Aspartame 0.45 %w/v

สูตรที่ 3 Aspartame 0.15 %w/v + Acesulfame-K 0.15 %w/v +70% Sorbitol syrup
32 %w/v

สูตรที่ 4 Aspartame 0.15 %w/v + Acesulfame-K 0.15 %w/v + Maltitol 35 %w/v

จากการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 9-point Hedonic Scale และวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance พบว่า ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีระดับคะแนนความชอบเฉลี่ย”ชอบเล็กน้อย”ถึง”ชอบปานกลาง” โดยที่ผลิตภัณฑ์สูตรที่มีศักยภาพที่จะนำไปพัฒนาเพิ่มเติมต่อไป คือ สูตรที่ 3 ซึ่งได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด 7.18 (“ชอบปานกลาง” ถึง “ชอบมาก”) แตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และมีต้นทุนการผลิตที่ไม่สูงมากนัก

ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยนี้เป็นการวิจัยครั้งแรก ทำให้รูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่กำหนด อาจจะยังไม่ได้เป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด จึงอาจมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อให้ได้รูปแบบที่เหมาะสมแก่ผู้บริโภคมากที่สุด
2. ในการประเมินผลได้ทำในผู้ประเมินเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น ดังนั้นถ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาเพิ่มเติม ควรประเมินในกลุ่มบุคคลทั่วไปที่กว้างขึ้น เพราะผู้บริโภคกลุ่มใหญ่ย่อมมีความชอบที่แตกต่างกัน
3. ควรมีการพัฒนาใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลชนิดอื่นๆเพิ่มขึ้นอีก
4. ในขั้นอุตสาหกรรม ควรมีการศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในสภาวะการเก็บต่างๆ เพื่อหาวิธีการเก็บผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. Volk W , Benjamin D , Kadner, Parson T . Essentials of Medicinal microbiology . J.B. Lippincott company , 1986 : 572-3 .
2. เทอดพงษ์ ตีรรัตน์ , บุญนิตย์ ทวีบุรณ . การทดสอบประสิทธิภาพส่วนสกัดของข่อยต่อเชื้อสเตร็ปโตค็อกคัส มิวแทนส์ และเชื้อสเตร็ปโตค็อกคัส ซาไลอาเรียส . วารสารทันตแพทย์ , 2530 ; 37(3) : 119-24
3. นริกุล สุระพัฒน์, จันทร์เพ็ญ วิวัฒน์, ปรีชา พุทธาภูมิไกร, สุวณี สุขเวชัย, ประมวญ เทพชัยศรี, บรรณานิการ. จุลชีพทางการแพทย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร, 2546.
4. Mckane L, Kandel J, Microbiology: Essentials and Applications. 2nd edition. California: Van Hoffmann Press, 1996.
5. Branch AL, Davidson PM, Salminen S. Food Additives. New York : Marcel Dekker, 1989.
6. Davidson PM, Brannan AI . Antimicrobials in foods. 2nd ed. New York : Marcel Dekker, 1993.
7. Furia TE .Food Additive. 2nd ed : Volume 1 . United States of America : The chemical Rubber Co., 1972.
8. Wade A , Weller PJ, editors. Handbook of Pharmaceutical excipients. 2nd ed. Washington : The Pharmaceutical Press , 1994 : 7-8 , 371-8 .
9. Reynolds JE, Prasad AB, editors. Martindale : the extra pharmacopeia . 31th ed. London : The Pharmaceutical Press , 1996 : 34- 35.
10. Anonymous . Vitasweet [leaflet] . Beijing Vitasweet Corp., Ltd.
11. วิจิตรา ชิมตระกูล , วิชรณีย์ ทองสิมา. แผ่นฟิล์มแก้งวงชนิดรับประทานได้. รายงานโครงการพิเศษ. กรุงเทพฯ: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล , 2541.
12. ภาวินี สุานเจริญกุล, สัณห์ อภัยสวัสดิ์. ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดเคี้ยวอมเพื่อป้องกันฟันผุ. รายงานโครงการพิเศษ. กรุงเทพมหานคร : คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล , 2545.

13. กองเผยแพร่และควบคุมการโฆษณา. วัตถุประสงค์ให้ความหวานแทนน้ำตาล. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา [online].: [1 screen] .Available from :URL <http://www.fda.moph.go.th/prac/document/document.shtml> [Accessed 2006 July 3]
14. Arthur HK, editor. Handbook of Pharmaceutical . 3rd ed. Washington : American Pharmaceutical and Pharmaceutical Press, 2000 .
15. Matz SA. Snack food technology. 3rd ed. New York : Van Nostrand Reinold, 1993 : 38.
16. Knevel Am, DiGangi FE, editors. Jenkins Quantitative Pharmaceutical chemistry. 7th ed. New York : McGraw-Hill, 1977.
17. วัศยามน ชูติวัฑ์, วาที รัตนวิศาลนนท์. การพัฒนาตำรับสมุนไพรป้องกันฟันผุ. รายงานโครงการพิเศษ. กรุงเทพมหานคร : คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2544.
18. Meilgard M, Civille GV, Carr Br . Sensory Evaluation Technique. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press , 1991 : 228 – 9.
19. สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล . สารให้ความหวานแทนน้ำตาล [online] . Available from : URL : <http://www.health.in.th/text/forum2/fake-sugar> [Accessed 2006 Oct 3]
20. กองโภชนาการ กรมอนามัย. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย [online] . Available from : URL : <http://www.nutrition.anamai.moph.go.th/food table/ Htm/ gr-03.html> [Accessed 2006 Sep 30]
21. วณิชยา ทับจีบ, ศรัญญา งามมาศประภัสสร. ผลิตภัณฑ์ชนิดฉีดพ่นในปากจากน้ำมันมะกูดเพื่อใช้ป้องกันฟันผุ. รายงานโครงการพิเศษ . กรุงเทพมหานคร : คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล , 2547.
22. สุदारัตน์ โชคกิจชัย, สมเจตน์ แจ่มประแดง . ผลิตภัณฑ์ชนิดฉีดพ่นในปากจากพริกเพื่อใช้แก้เหงง. รายงานโครงการพิเศษ.กรุงเทพมหานคร : คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล , 2547.
23. กลุ่มงานเภสัชกรรมโรงพยาบาลขอนแก่น.วัตถุประสงค์ให้ความหวานแทนน้ำตาล.แก่นสาสน์. [online].2(3):[1screen]. Available from : URL <http://www.kkh.go.th/pharmacy/kansan.htm#sweet> [Accessed 2006 Jun 26]

24. Robert S. Igoe, Y.H. Hui. product list of food additive. Dictionary of food Ingredients. [online]. 4 :[1screen] . Available from :URL
http://www.bornnet.com/English/food_additive.htm#6 [Accessed 2006 july 3]
25. บริษัท อดินอพ จำกัด. วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาล แคลลอรี่ต่ำ. SWIZSI classic [online].: [1 screen] .Available from :URL
<http://www.adinop.co.th/swizsi/about.php> [Accessed 2006 july 3]
26. Less R, Jack EB, editors. Sugar Confectionary and Chocolate Manufacture .1 st ed.Great Britain Clarke, Doble & Brendon LTD. Plymouth,1973.

ภาคผนวก ก

แบบประเมินผลิตภัณฑ์

โครงการพิเศษ เรื่อง ขนมเจลลาตินชนิดปราศจากน้ำตาล

ชื่อ - สกุล : _____ อายุ _____ ปี เพศ : ชาย หญิง

ก่อนทำการประเมินผลิตภัณฑ์

1. ท่านชอบรับประทานขนมหวานหรือไม่
 ชอบ เฉยๆ ไม่ชอบ

2. ท่านชอบรับประทานขนมเจลลาติน(เช่น jolly bear) หรือไม่
 ชอบ เฉยๆ ไม่ชอบ

3. ท่านเคยรับประทานลูกอมชนิด Sugar-free หรือไม่
 ไม่เคย
 เคย และมีความรู้สึกที่ว่า ชอบ เฉยๆ ไม่ชอบ

แบบประเมินผลิตภัณฑ์

โครงการพิเศษ เรื่อง ขนมเจลลาตินชนิดปราศจากน้ำตาล

ชื่อ - สกุล : _____ อายุ _____ ปี เพศ : ชาย หญิง

รหัสผลิตภัณฑ์ : _____

ข้อกำหนดในการประเมิน คือ งดรับประทานอาหารที่มีกลิ่นฉุนจัดหรือรสจัด ผู้ทดสอบต้องไม่มีความผิดปกติทางการมองเห็น การดมกลิ่นและการรับรส

ขั้นตอนในการปฏิบัติ คือ ให้ผู้ทดสอบพิจารณาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ก่อน (สี , กลิ่น , รูปร่าง และลักษณะของเนื้อเจลลาติน) หลังจากนั้นจึงทำการชิมผลิตภัณฑ์ แล้วทำการประเมินผลิตภัณฑ์ ตามหัวข้อต่างๆดังนี้

1. ให้ทำเครื่องหมาย ในช่องสี่เหลี่ยมตามความคิดเห็นของท่าน

	ความชอบ	ระดับความเข้ม
สี	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ไม่ชอบ ชอบ มากที่สุด มากที่สุด	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> อ่อนมาก เข้มมาก
กลิ่น	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ไม่ชอบ ชอบ มากที่สุด มากที่สุด	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> อ่อนมาก แรงมาก
รูปร่าง	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ไม่ชอบ ชอบ มากที่สุด มากที่สุด	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> เล็กมาก ใหญ่มาก
ความแข็ง	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ไม่ชอบ ชอบ มากที่สุด มากที่สุด	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> นิ่มมาก แข็งมาก
ความเหนียว	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ไม่ชอบ ชอบ มากที่สุด มากที่สุด	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ไม่เหนียว เหนียวมาก
รสหวาน	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ไม่ชอบ ชอบ มากที่สุด มากที่สุด	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ไม่หวาน หวานมาก
รสเปรี้ยว	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ไม่ชอบ ชอบ มากที่สุด มากที่สุด	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ไม่เปรี้ยว เปรี้ยวมาก
การละลาย	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ไม่ชอบ ชอบ มากที่สุด มากที่สุด	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> เร็วมาก ช้ามาก

2. ทำการประเมินความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ โดยทำเครื่องหมาย ในช่องสี่เหลี่ยม

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	เฉย	ชอบ	ชอบ	ชอบ	ชอบ	
มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย		น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	

ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติม :

ภาคผนวก ข

071	6.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	8.00	8.00	5.00
511	7.00	6.00	6.00	7.00	5.00	3.00	8.00	8.00	6.00
695	9.00	7.00	7.00	8.00	8.00	7.00	9.00	7.00	7.00
813	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	3.00	7.00	7.00	6.00

Treatment	Mean
071	6.4600
511	6.2800
695	7.1800
813	5.9400

: Sirichai Statistics Version 6.00 :

10-05-2006

15:28:33

Problem Identification : Procedure : Analysis of Variance I

Table....	Analysis of Variance						
Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01	F-Prob
Block	49	241.0050	4.9185	4.83	1.50	1.76	0.0000
Treatment	3	41.0550	13.6850	13.44	2.68	3.95	0.0000
Ex.Error	47	149.6950	1.0183				
Total	99	431.7550	2.1696				

GRAND MEAN = 6.465

CV = 15.6090

LSD .05 = .399613513285026

LSD .01 = .528176042559047

* *

* DUNCAN' S MULTIPLE-RANGE TEST *

* Problem Identification = *

* Number of Means = 4 *

* Error Degree of Freedom = 147 *

* Standard Error of Mean = .142711830857385 *

* *

NAME	ID	MEAN	Ranked at Probability Level .01
695		7.1800	A
071		6.4600	B
511		6.2800	B
813		5.9400	B

Means not sharing letter in common differ significantly

By Duncan's Multiple Range Test.

NAME	ID	MEAN	Ranked at Probability Level .05
695		7.1800	A
071		6.4600	B
511		6.2800	BC
813		5.9400	C

Means not sharing letter in common differ significantly

By Duncan's Multiple Range Test.

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงปริมาณสารให้ความหวานที่รับประทานได้ใน 1 วัน *

ชนิดของสารให้ความหวาน	ปริมาณที่รับประทานได้ใน 1 วัน (mg/kg/day)
Intense sweeteners	
Acesulfame-K	15
Aspartame	- เด็ก 10 - ผู้ป่วยโรคเบาหวาน 8 - บุคคลทั่วไป 40
Sugar alcohols	
Sorbitol	30 g/day
Maltitol	not specific

* อ้างอิงโดย FDA

ตารางแสดงปริมาณสารให้ความหวานที่มีอยู่ในแต่ละสูตรตำรับ

	ปริมาณสารให้ความหวานต่อชิ้น			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
Maltitol	0.95 g	-	-	1.06 g
70% Sorbitol	-	1 g	1.36 g	-
Aspartame	12 mg	13.6 mg	4.5 mg	4.5 mg
ACE-K	-	-	4.5 mg	4.5 mg

ปริมาณของสารให้ความหวานที่รับประทานได้ต่อวันจะคิดจากปริมาณที่สามารถรับประทานได้ต่อวันที่น้อยที่สุด ยกตัวอย่างเช่น

สูตรตำรับที่ 3 ปริมาณ Aspartame ที่รับประทานได้ใน 1 วัน

เด็ก 10 mg/kg/day

ดังนั้นหากเด็ก น้ำหนักตัว 20 kg สามารถรับประทานได้ $20 \times 10 = 200$ mg/วัน

โดยในสูตรที่ 3 มี Aspartame 4.5 mg/ชิ้น ดังนั้น

จะสามารถรับประทานได้ $200/4.5 = 44$ ชิ้น/วัน

ผู้ป่วยโรคเบาหวาน 8 mg/kg/day

ดังนั้นหากผู้ป่วยโรคเบาหวาน น้ำหนักตัว 75 kg สามารถรับประทานได้ $75 \times 8 = 600$

ชิ้น/วัน

โดยในสูตรที่ 3 มี Aspartame 4.5 mg/ชิ้น ดังนั้น

จะสามารถรับประทานได้ $600/4.5 = 133$ ชิ้น /วัน

บุคคลทั่วไป 40 mg/kg/day

ดังนั้นหากบุคคลทั่วไป น้ำหนักตัว 60 kg สามารถรับประทานได้ $60 \times 40 = 2400$ mg/วัน

โดยในสูตรที่ 3 มี Aspartame 4.5 mg/ชิ้น ดังนั้น

จะสามารถรับประทานได้ $2400/4.5 = 533$ ชิ้น/วัน

สรุปปริมาณ Aspartame และจำนวนชิ้นของขนมเจลาตินที่สามารถรับประทานได้ต่อวัน
ในสูตรตำรับที่ 3

	ปริมาณ Aspartame ที่สามารถ รับประทานได้ใน 1 วัน	จำนวนชิ้นที่สามารถ รับประทานได้(ชิ้น/วัน)
เด็ก	10 mg/kg/day	44
ผู้ป่วยเบาหวาน	8 mg/kg/day	133
บุคคลทั่วไป	40 mg/kg/day	533