

การพัฒนาโยเกิร์ตซินไบโอติกโดยเยลลี่แก่นตะวัน

Development of Synbiotic Yogurt by Jerusalem Artichoke Jelly

พงศ์สุระ ธัญญเจริญอนุกุล และ อรวัดก์ อุปถัมภานนท์*

Pongsura Thanyacharoen-anukul and Orawan Oupathumpanont *

Received: 15 October 2020, Revised: 31 March 2021, Accepted: 22 June 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาโยเกิร์ตโพรไบโอติก การพัฒนาเยลลี่โพรไบโอติกจากแก่นตะวันและการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปัจจัยที่ทำการศึกษาในการพัฒนาโยเกิร์ตโพรไบโอติกโดยการแปร ปริมาณน้ำตาลซูโครส 3 ระดับ ร้อยละ 6, 8 และ 10 และแปรผันปริมาณหัวเชื้อ 2 ระดับ ร้อยละ 2 และ 4 ในการพัฒนาเยลลี่โพรไบโอติกจากแก่นตะวัน ทำการศึกษา ปริมาณการเจริญ 3 ระดับ ร้อยละ 2.0, 2.5 และ 3.0 และการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาสมบัติซินไบโอติก คุณค่าทางโภชนาการและการยอมรับผลิตภัณฑ์ พบว่า น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 6 และ หัวเชื้อ ร้อยละ 2 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตโพรไบโอติก ส่วนปริมาณการเจริญที่เหมาะสมในการผลิต เยลลี่โพรไบโอติกจากแก่นตะวัน คือ ร้อยละ 3.0 การศึกษาสมบัติซินไบโอติก พบว่า ปริมาณเยลลี่แก่นตะวัน ร้อยละ 35 ของปริมาณโยเกิร์ต เป็นปริมาณที่เหมาะสม สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* TISTR 117 มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ พลังงานทั้งหมด 98.45 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 2.65 กรัม คาร์โบไฮเดรต 15.93 กรัม โปรตีน 2.27 กรัม ใยอาหาร 0.71 กรัม วิตามิน A 27.90 ไมโครกรัม วิตามิน B1 0.050 มิลลิกรัม วิตามิน B2 0.094 มิลลิกรัม แคลเซียม 93.58 มิลลิกรัม และการทดสอบผู้บริโภคนาน 100 คน มีความชอบอยู่ในระดับ ชอบปานกลาง

คำสำคัญ: ซินไบโอติก, เยลลี่แก่นตะวัน, โยเกิร์ต, การยับยั้งเชื้อ

ABSTRACT

The objectives of this study are to develop probiotic yogurt, prebiotic Jerusalem artichoke jelly, and to study the product quality. Sucrose with 3 different level (6%, 8%, and 10%) and 2 levels of culture starter contents (2% and 4%) were studied for development of probiotic yogurt. For the development of prebiotic Jerusalem artichoke jelly, carrageenan content at 3 levels (2.0%, 2.5%, and 3%) were assessed. To study the product quality in anti-bacterial property on *Escherichia coli* TISTR 117, nutritional values, and consumer preference were determined. The results showed that the combination of 6 percent of sucrose and 2 percent of culture starter gave the optimum recipe. The optimum carrageenan was 3 percent. The result also showed that 35 percent of Jerusalem artichoke jelly in yogurt had anti-bacterial property. The product contained total energy of 98.45 calories, 2.65g fat, 15.93g carbohydrate, 2.27g protein, 0.71g dietary fiber, 27.90µg vitamin A, 0.050µg vitamin B1, 0.094µg vitamin B2 and 93.58µg calcium. Finally, preference evaluation from 100 consumers showed the product was liked moderately.

Key words: synbiotic, Jerusalem artichoke jelly, yogurt, anti-bacterial

บทนำ

ปัจจุบันเป้าหมายหลักของการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร คือ การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเพื่อประโยชน์ต่อผู้บริโภค (National food institute, 2019) ดังนั้น การใช้สมบัติน้ำโอบิดิก ถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจในการนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้เหมาะสมกับผู้บริโภคในปัจจุบัน เพื่อให้ผู้บริโภคมีสุขภาพที่ดีขึ้น โดยเฉพาะการเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร ทำให้สามารถลดอาการอักเสบบริเวณลำไส้ รวมถึงยังช่วยลดโอกาสการเกิดภาวะท้องเสียที่มีผลมาจากแบคทีเรียชนิดให้โทษโดยกระบวนการเกิดสมบัติน้ำโอบิดิกนั้นจะเกิดจากการรวมตัวกันของ 2 องค์ประกอบหลัก คือ โพรไบโอติกและพรีไบโอติก ทำให้เกิดสมบัติน้ำโอบิดิกใหม่ที่เรียกว่า น้ำโอบิดิก โดยสมบัติน้ำโอบิดิกจะส่งผลให้ผู้บริโภคได้รับคุณประโยชน์ต่อร่างกายมากยิ่งขึ้น

โพรไบโอติก เป็นสมบัติที่เกิดจากอาหารที่มีแบคทีเรียแลคติกชนิดที่ไม่เป็นโทษต่อร่างกายในจำนวนที่ไม่น้อยกว่า 10^6 CFU/g (Ministry of public health, 2011) ซึ่งการพบแบคทีเรียแลคติกในปริมาณดังกล่าวส่วนใหญ่จะพบได้จากอาหารที่เป็นผลิตภัณฑ์จากน้ำนมหมัก เช่น นมเปรี้ยวและโยเกิร์ต เป็นต้น ทั้งสองอย่างนี้สามารถตรวจพบแบคทีเรียแลคติกในกลุ่มของ *Lactobacillus* sp. และ *Bifidobacterium* sp. หรือพบได้จากผลิตภัณฑ์อาหารหมักดองที่ไม่ผ่านการทำให้สุกเพราะการให้ความร้อนที่สูงจะทำให้แบคทีเรียแลคติกตายลงได้ ดังนั้นการรับประทานอาหารที่เป็นโพรไบโอติกโดยมีแบคทีเรียที่มีชีวิตจะทำให้ระบบขับถ่ายของร่างกายทำงานเป็นปกติ อีกทั้งยังสามารถป้องกันมะเร็งบางชนิดในลำไส้และสามารถเพิ่มโอกาสในการยับยั้งแบคทีเรีย *Escherichia coli* ที่เป็นสาเหตุให้มนุษย์ต้องพบกับการเจ็บป่วย

พรีไบโอติก จัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกเหนือไปจากการได้รับสารอาหารจาก

คุณค่าทางโภชนาการของอาหาร (Functional Food) เช่น สามารถลดระดับคอเลสเตอรอล ช่วยลดการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่เลือด ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรคและช่วยให้ระบบขับถ่ายทำงานเป็นปกติ เป็นต้น (Oupathumpanont, 2015) และสามารถพบพรีไบโอติกจากพืชที่มีสารจำพวก อินนูลิน เช่น แคนตาลิน กล้วย ถั่วเหลือง ถั่วขาวและเมล็ดเจีย เป็นต้น โดยอินนูลินจะทำหน้าที่เป็นอาหารให้กับแบคทีเรียในลำไส้ สามารถเพิ่มจำนวนและเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุกนิช (Sittibush, 2012) ได้ศึกษาผลของพรีไบโอติกต่อการเหลือรอดของเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* และ *Lactobacillus casei* ในไอศกรีมชินไบโอติก พบว่า การเติมอินนูลินในไอศกรีมระดับสูงสุด คือ ปริมาณร้อยละ 4 สามารถเพิ่มการเหลือรอดของจุลินทรีย์ *Lactobacillus acidophilus* และ *Lactobacillus casei*

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำทั้ง 2 องค์ประกอบ คือ พรีไบโอติกจากแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตและพรีไบโอติกจากอินนูลินในแคนตาลิน ที่สามารถพบสารอินนูลินมากถึง ร้อยละ 14-19 (Tanjor, 2012) ซึ่งเป็นสารประกอบอาหารที่ให้ประโยชน์ทางโภชนาการและจัดอยู่ในกลุ่มของอาหารที่มีส่วนช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพที่ดีต่อร่างกาย (Functional Food) เช่น สามารถลดระดับการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่เลือด สามารถลดระดับคอเลสเตอรอล สามารถลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ และสามารถควบคุมปริมาณพลังงานเข้าสู่ร่างกาย เป็นต้น (Welch et al., 2008) มาพัฒนาร่วมกันให้เกิดเป็นสมบัติใหม่ คือ สมบัติชินไบโอติกเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประทานผลิตภัณฑ์ที่ดีมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรคในลำไส้และสามารถให้ประโยชน์ที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดทั่วไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาโยเกิร์ตโพรไบโอติก

การพัฒนาโยเกิร์ตโพรไบโอติก ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณน้ำตาลซูโครสและปริมาณหัวเชื้อ โดยแปรปริมาณน้ำตาลซูโครสเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 6, 8 และ 10 แปรผันปริมาณหัวเชื้อเป็น 2 ระดับ คือ ร้อยละ 2 และ 4 ของปริมาณนมสดพาสเจอร์ไรส์ คัดแปลงสูตรจากงานวิจัยของมธว (Anawachkul, 2008) วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จะได้สูตรทั้งหมด 6 สูตร ตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอน

ผสมนมสดพาสเจอร์ไรส์ นมผง ร้อยละ 5 ของน้ำหนักนมสดและน้ำตาลซูโครสตามที่กำหนด นำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งให้อุณหภูมิลดลงถึง 43 องศาเซลเซียส เติมหหัวเชื้อโยเกิร์ตตามที่กำหนด บ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนมที่หมักไว้มีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.0 - 4.5 สุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์ค่า pH ทุก 2 ชั่วโมง และเก็บที่อุณหภูมิ 3 - 5 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 24 ชั่วโมง

นำไปวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น CFE20126 และวิเคราะห์ค่าความหนืด ด้วยเครื่อง Rotational Viscometer รุ่น NDJ-5S / JEDTO วิเคราะห์ค่าทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ค่า pH ด้วยเครื่อง pH Meter และวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง Hand Refractometer ตรา Yieryi รุ่น Master-3M และวิเคราะห์ค่าทางจุลินทรีย์ ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียแลคติก ด้วยวิธี Plate Count

คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตโพรไบโอติก โดยพิจารณาสูตรที่มีเชื้อแบคทีเรียแลคติกมากกว่า 10^6 CFU/g ขึ้นไป

2. การพัฒนาเยลลี่ฟรีไบโอติกจากแก่นตะวัน

การพัฒนาเยลลี่ฟรีไบโอติกจากแก่นตะวัน ปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ ปริมาณการเจียน โดยแปรผันปริมาณ การเจียนเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2.0, 2.5 และ 3.0 ของปริมาณน้ำผสมแก่นตะวัน คัดแปลงสูตรจากงานวิจัยของกุสุมา (Na Ayutthaya, 2016) วางแผนการทดลองแบบ CRD จะได้สูตรทั้งหมด 3 สูตร ตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอน

ทำความสะอาดแก่นตะวัน ปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก บดรวมในอัตราส่วน น้ำ : แก่นตะวัน (1.0 : 1.0 โดยน้ำหนัก) เติมน้ำให้ความหวานพาลาทิน ร้อยละ 12 และการเจียนตามปริมาณที่กำหนดนำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที บรรจุใส่พิมพ์ ทั้งให้เย็น ตัดชิ้นขนาด 0.5×0.5 เซนติเมตร นำมาบรรจุในกล่อง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 - 5 องศาเซลเซียส

นำไปวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น CFE20126 วิเคราะห์ความแข็งและเหนียว ด้วยเครื่อง Texture Analysis รุ่น TAXT Plus โดยใช้หัวรีซี 0.5 เซนติเมตร ระยะกด 10 เซนติเมตร และวิเคราะห์ค่าทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง Hand Refractometer ตรา Yieryi รุ่น Master-3M

ทดสอบความชอบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของเยลลี่ฟรีไบโอติกจากแก่นตะวัน ทั้ง 3 สูตรกับผู้ทดสอบจำนวน 50 คน อายุ 15 ปี ขึ้นไป ด้วยวิธี Central Location Test ในพื้นที่เขตรังสิต จังหวัดปทุมธานี โดยใช้แบบสอบถามร่วมกับตัวอย่าง และให้คะแนนความชอบแบบ 9 Point Hedonic Scale ต่อคุณลักษณะด้านสี กลิ่นโดยรวม ความแข็ง ความเหนียวและความชอบโดยรวม และคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ฟรีไบโอติกจากแก่นตะวัน

โดยพิจารณาจากผลคะแนนความชอบของผู้ทดสอบ ด้านความแข็ง ความเหนียวและความชอบโดยรวม

3. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาสมบัติขึ้นไบโอติก คุณค่าทางโภชนาการและการยอมรับผลิตภัณฑ์ ดังนี้

3.1 สมบัติขึ้นไบโอติก

การศึกษาสมบัติขึ้นไบโอติก ปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ ปริมาณเยลลี่ฟรีไบโอติกเสริมแก่นตะวัน โดยแปรผันเป็น 3 ระดับ คือ ปริมาณเยลลี่ฟรีไบโอติกเสริมแก่นตะวัน ร้อยละ 35, 40 และ 45 ของปริมาณโยเกิร์ตโพรไบโอติก วางแผนการทดลองแบบ CRD จะได้สูตรทั้งหมด 3 สูตร แล้วนำไปวิเคราะห์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia Coli* TISTR 117 ด้วยวิธี Agar Well Diffusion ตามวิธีการของ Jahangirian *et al.* (2013)

นำทั้ง 3 สูตร ไปทดสอบความชอบต่อคุณลักษณะประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบจำนวน 50 คน อายุ 15 ปี ขึ้นไป ด้วยวิธี Central Location Test ในพื้นที่เขตรังสิต จังหวัดปทุมธานี โดยใช้แบบสอบถามร่วมกับตัวอย่างและให้คะแนนความชอบแบบ 9 Point Hedonic Scale ต่อคุณลักษณะด้านกลิ่นโดยรวม รสชาติโดยรวม เนื้อสัมผัสโดยรวม ความเหมาะสมของปริมาณเยลลี่ต่อโยเกิร์ตและความชอบโดยรวม

คัดเลือกสูตรที่เหมาะสม โดยพิจารณาการออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* TISTR 117 และผลคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบ ด้านความชอบโดยรวมและความเหมาะสมของปริมาณเยลลี่ต่อโยเกิร์ต

3.2 คุณค่าทางโภชนาการ

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ โดยนำไปวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี (AOAC, 2000) วิตามินบี 1 ตามวิธีของ Junaid *et al.* (2008) วิตามินบี 2 ตามวิธี

ของ Junaid *et al.* (2008) แคลเซียม ตามวิธี (AOAC, 2016) โปรตีน ตามวิธี (AOAC, 2016) ไขมัน ตามวิธี (AOAC, 2016) เยื่อใย ตามวิธี (AOAC, 2016) ธาตุเหล็ก ตามวิธี (AOAC, 2016) โซเดียม ตามวิธี (AOAC, 2016) และเถ้า ตามวิธี (AOAC, 2016)

3.3 การยอมรับผลิตภัณฑ์

การศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเยลลี่แค้นตะวัน กับผู้บริโภคนาน 100 คน อายุ 15 ปี ขึ้นไป ด้วยวิธี Central Location Test ในพื้นที่เขตรังสิต จังหวัดปทุมธานี โดยใช้แบบสอบถามร่วมกับตัวอย่างและให้คะแนนความชอบแบบ 9 Point Hedonic Scale ต่อคุณลักษณะด้านกลิ่นโดยรวม รสชาติโดยรวม เนื้อ

สัมผัสโดยรวม ความชอบโดยรวมและความสนใจต่อผลิตภัณฑ์ คัดแปลงวิธีการจากงานวิจัยของ Sribureeruk (2010)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. การพัฒนาโยเกิร์ตโพรไบโอติก

การพัฒนาโยเกิร์ตโพรไบโอติก โดยศึกษาปริมาณน้ำตาลและหัวเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตโพรไบโอติก ได้ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 1 และ 2 ดังนี้

การวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ ได้ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงใน Table 1 ดังนี้

Table 1 Physical properties of yogurt

Formula	Starter (%)	Sucrose (%)	L*	a*	b*	Viscosity (cP)
1	2	6	89.15 ^a ±0.37	-2.25 ^{ab} ±0.02	8.17 ^b ±0.02	2922 ^a ±70.95
2	4	6	88.55 ^b ±0.08	-2.26 ^b ±0.01	7.30 ^d ±0.09	2859 ^{ab} ±130.00
3	2	8	89.12 ^a ±0.22	-2.34 ^c ±0.02	8.26 ^a ±0.02	2899 ^{ab} ±80.00
4	4	8	88.39 ^b ±0.58	-2.34 ^c ±0.01	8.31 ^a ±0.02	2746 ^{ab} ±120.55
5	2	10	88.64 ^{ab} ±0.06	-2.35 ^c ±0.02	7.63 ^c ±0.03	2772 ^{ab} ±135.77
6	4	10	86.43 ^c ±0.07	-2.22 ^a ±0.02	5.27 ^c ±0.02	2689 ^b ±127.67

Characters that differ vertical represent statistically significant differences ($p < 0.05$)

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่าโยเกิร์ตทั้ง 6 สูตร มีค่า L* อยู่ระหว่าง 86.43 - 89.15 โดยความสว่างของโยเกิร์ตส่วนใหญ่เกิดจากโปรตีนเคซีนในนมที่มีลักษณะเป็นสีขาว (Chaiprasop, 2003) ส่วน ค่า a* มีค่าอยู่ระหว่าง -2.35 - -2.22 เป็นค่าติดลบทำให้มีโทนสีออกไปทางเฉดสีเขียว โดยโทนสีที่เกิดขึ้นนี้มาจากไรโบฟลาวินหรือวิตามินบี 2 ในนํ้านม (Yongsamit, 1997) และ ค่า b* มีค่าอยู่ระหว่าง 5.27 - 8.31 ได้ค่าเป็นบวกทำให้มีโทนสีออกไปทางเฉดสี

เหลือง โดยเฉดสีเหลืองที่พบมีผลมาจากวิตามินเอที่อยู่ในรูปของเบต้าแคโรทีนในนมเช่นเดียวกัน และจากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าค่า L*, a* และ b* ของโยเกิร์ตทุกสูตรมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากในกระบวนการหมักโยเกิร์ตแบคทีเรียแลคติกจะใช้น้ำตาลแลคโตสเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกและสารชนิดอื่นๆ เช่น Hydrogen Peroxide และ Diacetyl เป็นต้น สารเหล่านี้จะมีผลต่อสี รสและกลิ่นที่เป็นแบบเฉพาะของโยเกิร์ต (Pornchaloempong, 2020) เมื่อปริมาณ

หัวเชื้อโยเกิร์ตเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีแบคทีเรียแลคติกมีจำนวนมากขึ้นเช่นกัน โดยปริมาณโยเกิร์ต 1 กรัมจากตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้สามารถตรวจพบแบคทีเรียแลคติกถึง 10^7 CFU/g จึงทำให้ค่า L^* , a^* และ b^* มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าความหนืดของโยเกิร์ตมีค่าอยู่ระหว่าง 2689 - 2922 cP มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ ทั้งนี้เนื่องจากการสลายตัวของน้ำตาลซูโครสเมื่อถูกความร้อนจากอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มและกรดอินทรีย์ที่แบคทีเรียในโยเกิร์ตผลิตออกมาในระหว่างการหมัก ได้แก่ กรดแลคติก กรดแอซีติกและกรดโพรพิโอนิก ทำให้โมเลกุลของน้ำตาลซูโครสแตกตัวออกมาเป็นกลูโคสและฟรุก

โตส (Siriphok, 1994) เมื่อโมเลกุลของซูโครสแตกตัวออกมาจึงทำให้แบคทีเรียแลคติกสามารถใช้กลูโคสร่วมกับแลคโตสในการเจริญเติบโต (Wattanasin, 2002) และผลิตกรดได้มากขึ้นจึงทำให้โครงสร้างร่างแหของตะกอนโปรตีนสูญเสียความแข็งแรงเพราะกรดที่สูงขึ้นและส่งผลให้ความข้นหนืดของโยเกิร์ตลดลง (Rey *et al.*, 1996) ด้วยเหตุนี้โยเกิร์ตในท้องตลาด จึงมีการเพิ่มสารให้ความคงตัว (Stabilizer) เพื่อรักษาโครงสร้างของโยเกิร์ตให้แข็งแรง สามารถลดการแยกชั้นและทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะที่เนียนยิ่งขึ้น (Vongsawasdi, 2019)

การวิเคราะห์ค่าทางเคมี ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงใน Figure 1 และ 2 ดังนี้

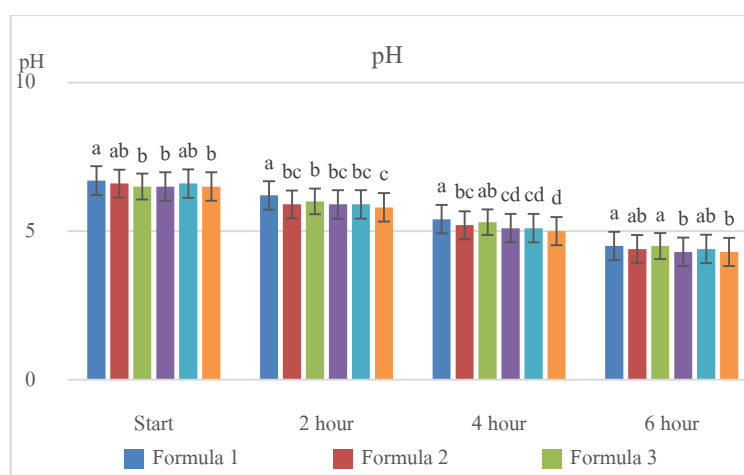


Figure 1 pH change of yogurt (start - 6 hour)

การวิเคราะห์ค่า pH พบว่า ทุกๆ 2 ชั่วโมง ค่า pH ของโยเกิร์ตทั้ง 6 สูตร มีแนวโน้มลดลงจนกระทั่งในชั่วโมงที่ 6 ทุกสูตรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.3 - 4.5 สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้มาตรฐานจะต้องมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.0 - 4.5 (Waeohongsa, 1997) โดยค่า pH ที่ลดลงในแต่ละชั่วโมง เป็นผลมาจาก

ในระหว่างกระบวนการหมักโยเกิร์ต ที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส แบคทีเรียแลคติกจะใช้น้ำตาลแลคโตสในนมผลิตกรดแลคติกและกรดอินทรีย์ชนิดอื่นๆ จึงทำให้ค่า pH ในแต่ละชั่วโมงของโยเกิร์ตมีทิศทางที่ลดลงตามลำดับ (Food network solution, 2020)

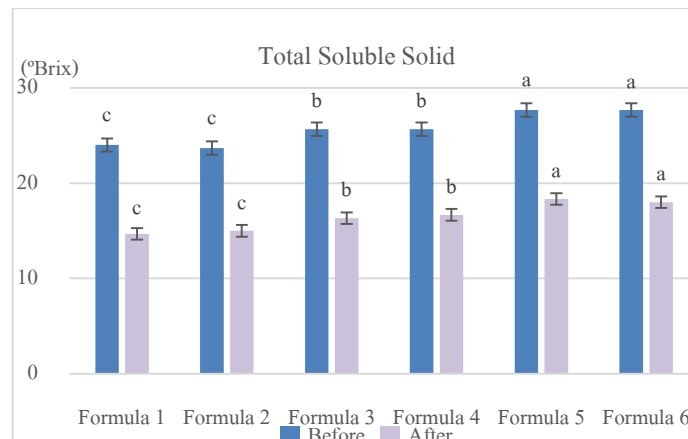


Figure 2 Total soluble solid before and after fermentation

การวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}\text{Brix}$) พบว่า หลังจากการบ่มชั่วโมงที่ 6 ค่าปริกซ์ในโยเกิร์ตมีแนวโน้มลดลงตามระดับการแปรผันน้ำตาลซูโครส โดยค่าปริกซ์ที่ลดลงนั้นมีผลมาจากการแตกตัวของน้ำตาลซูโครสเมื่อถูกความร้อนจากอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มและกรดอินทรีย์ที่แบคทีเรียในโยเกิร์ตผลิตออกมา ได้แก่ กรดแลคติก กรดแอซิดิกและกรดโพรพิโอนิก ทำให้โมเลกุลของ

น้ำตาลซูโครสแตกตัวออกมาเป็นกลูโคสและฟรุกโตส (Sinthawalai, 1982) เมื่อโมเลกุลของซูโครสแตกตัวออกมาจึงทำให้แบคทีเรียแลคติกสามารถใช้อุทกโคสร่วมกับแลคโตสในการเจริญเติบโตต่อไปได้ (Siriphok, 1994) และ (Wattanasin, 2002) เป็นผลทำให้ค่าปริกซ์ของโยเกิร์ตหลังการบ่มในชั่วโมงที่ 6 ลดลง

การวิเคราะห์ค่าทางจุลินทรีย์ ได้ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงใน Table 2 ดังนี้

Table 2 The quantity of lactic acid bacteria in yogurt

Formula	Starter (%)	Sucrose (%)	Lactic acid bacteria* (CFU/g)
1	2	6	9.8×10^{7a}
2	4	6	5.1×10^{7c}
3	2	8	1.6×10^{7f}
4	4	8	5.7×10^{7b}
5	2	10	4.6×10^{7d}
6	4	10	4.1×10^{7e}

* Characters that differ vertical represent statistically significant differences ($p < 0.05$)

การวิเคราะห์ค่าจุลินทรีย์ พบว่า ปริมาณแบคทีเรียแลคติกของโยเกิร์ตทั้ง 6 สูตร ในชั่วโมงที่ 6 มีสมบัติเป็นโพรไบโอติก โดยพบปริมาณแบคทีเรียแลคติกมากกว่า 10^6 CFU/g สอดคล้องกับข้อกำหนด

ของกระทรวงสาธารณสุขเกี่ยวกับอาหารโพรไบติก ต้องตรวจพบปริมาณแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายไม่น้อยกว่า 10^6 CFU/g (Ministry of public health, 2011) ดังนั้นจึงเลือก สูตรที่ 1 เป็นสูตรที่

เหมาะสม เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลซูโครสและหัวเชื้อโยเกิร์ตน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 6 และ 2 โดยพบปริมาณแบคทีเรียแลคติก 9.8×10^7 CFU/g สอดคล้องกับการใช้น้ำตาลซูโครสและหัวเชื้อที่เหมาะสม คือ น้ำตาลซูโครสอยู่ในช่วงร้อยละ 5 - 10 และหัวเชื้ออยู่ในช่วงร้อยละ 2 - 5 สามารถทำให้แบคทีเรียแลคติกเจริญเติบโตได้ดีและได้โยเกิร์ตที่มีลักษณะตรงตามมาตรฐาน คือ มีสีขาว ได้กลิ่นหอมมันหนาก มีลักษณะข้นหนืดและเนื้อสัมผัสเนียน (Rungsardthong, 2000)

2. การพัฒนาเยลลี่ฟรีไบโอติกจากแก่นตะวัน

การพัฒนาเยลลี่ฟรีไบโอติกจากแก่นตะวัน โดยศึกษาปริมาณคาราจีแนนที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ฟรีไบโอติกจากแก่นตะวัน ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงใน Table 3 ดังนี้

การวิเคราะห์ค่าทางกายภาพและทางเคมี ได้ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงใน Table 3 ดังนี้

Table 3 Physical and chemical properties of jerusalem artichoke jelly

Properties	Carrageenan (2.0%)	Carrageenan (2.5%)	Carrageenan (3.0%)
L*	69.17 ^a ±0.06	64.87 ^b ±0.04	63.28 ^c ±0.06
a*	0.01 ^b ±0.01	0.68 ^a ±0.01	0.65 ^a ±0.03
b*	11.22 ^c ±0.01	12.91 ^b ±0.03	13.78 ^a ±0.05
Hardness* (N)	5.31 ^c ±0.19	7.15 ^b ±0.38	10.11 ^a ±0.60
Gumminessns (N)	0.32±0.64	0.38±0.25	0.46±0.12
Total soluble solid ^{ns} (°Brix)	19.67±0.58	19.33±0.58	19.33±0.58

Characters that differ vertical represent statistically significant differences ($p<0.05$)

ns = represent not statistically significant ($p>0.05$)

การวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ พบว่า เยลลี่แก่นตะวันทั้ง 3 สูตร มีค่า L* อยู่ระหว่าง 63.28 - 69.17 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณคาราจีแนน ทั้งนี้เนื่องจากคาราจีแนน มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง (Buadee, 2010) เมื่อใส่คาราจีแนนมากขึ้นจึงทำให้ความสว่างของเยลลี่ลดลง อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลของค่า b* มีค่าอยู่ระหว่าง 11.22 - 13.78 ได้ค่าเป็นบวกทำให้มีเจดสีไปทางสีเหลือง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และมีแนวโน้มสูงขึ้นตามลำดับเมื่อมีการเพิ่มปริมาณคาราจีแนน โดยเจดสีเหลืองที่เกิดขึ้นมีผลมาจากสีของคาราจีแนนที่มี

ลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน (Buadee, 2010) ค่า a* มีค่าอยู่ระหว่าง 0.01 - 0.68 ได้ค่าเป็นบวก ทำให้มีสีออกไปทางเจดสีแดง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนค่าความแข็งและความเหนียวของเยลลี่แก่นตะวันทั้ง 3 สูตร พบว่า ค่าความแข็ง (Hardness) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยความแข็งของเยลลี่มีทิศทางสูงขึ้นตามลำดับการเพิ่มปริมาณคาราจีแนน สอดคล้องกับงานวิจัยของกุสุมา (Na Ayutthaya, 2016) ได้ศึกษา การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชเพื่อสุขภาพ พบว่า เมื่อเพิ่มระดับคาราจีแนนลงในเยลลี่ธัญพืชจะส่งผลให้เยลลี่มีความแข็งเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เพราะขณะที่คาราจีแนนละลายในน้ำ

อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะเกิดโครงสร้างการเกาะตัวของอิสระและเมื่อเย็นลงจะเกิดเป็นร่างแห 3 มิติ (Polymer Network) ทำให้เกิดการแข็งตัวของเจลที่สูงขึ้น (Nopcharoonsri, 2011) แต่ทั้งนี้ก็ไม่ควรเพิ่มการจีแนในปริมาณที่สูงจนเกินไปเพราะการใส่คาราจีแนที่สูงกว่าร้อยละ 3.5 อาจทำให้เยลลี่เกิดการแตกเปราะได้ง่าย (Sirisee, 2010) ส่วนค่าความเหนียว (Gumminess) ของเยลลี่แค้นตะวันทั้ง 3 สูตร กลับพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยลักษณะของเยลลี่แค้นตะวันทุกสูตรจะมีความเหนียวเพียงเล็กน้อยซึ่งมีสาเหตุมาจากลักษณะเฉพาะของแค้นตะวันที่เป็นกากใยอาหารไม่ละลายในน้ำเข้าไป

ขบวนการเกิดโครงสร้างเกลียว (Helix) ขณะก่อตัวรวมเป็นเจลทำให้เยลลี่ที่ได้มีความเหนียวน้อยลง (Ansuree, 2012)

การวิเคราะห์ค่าทางเคมี พบว่า การวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ Brix) ของเยลลี่แค้นตะวันทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากการแปรผันระดับสารทดแทนความหวานของเยลลี่แค้นตะวันมีปริมาณเท่ากันทั้ง 3 สูตร ผลของค่าปริกซ์ จึงไม่แตกต่างกัน

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเยลลี่แค้นตะวัน ได้ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงใน Table 4 ดังนี้

Table 4 The liking score (n = 50) of jerusalem artichoke jelly

Sensory Attribute	Carrageenan (2.0%)	Carrageenan (2.5%)	Carrageenan (3.0%)
Color ^{ns}	6.26±1.53	6.62±1.28	6.62±1.59
Flavor ^{ns}	6.20±1.49	6.46±1.52	6.52±1.78
Hardness	5.86 ^b ±1.37	6.40 ^{ab} ±1.51	6.74 ^a ±1.37
Gumminess	5.50 ^b ±1.49	6.04 ^{ab} ±1.48	6.28 ^a ±1.84
Overall liking	6.22 ^b ±1.18	6.50 ^b ±1.44	7.10 ^a ±1.36

Characters that differ level represent statistically significant differences ($p<0.05$)

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเยลลี่แค้นตะวัน พบว่า คุณลักษณะสี (Color) และกลิ่น (Flavor) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากปริมาณแค้นตะวันและสารทดแทนความหวานที่ใช้ผลิตเยลลี่ มีปริมาณเท่ากัน ทำให้ผลคะแนนจากผู้ทดสอบจึงไม่แตกต่างกัน ส่วนความชอบด้านความแข็ง (Hardness) ความเหนียว (Gumminess) และความชอบโดยรวม (Overall liking) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยคะแนนด้านความแข็ง ความเหนียวและความชอบโดยรวม มีทิศทางที่สูงขึ้นตามลำดับการแปรปริมาณ

คาราจีแน จึงทำให้เยลลี่แค้นตะวันที่เติมคาราจีแนร้อยละ 3.0 มีผลคะแนนความชอบมากที่สุดสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ดีของเยลลี่จะต้องมีเนื้อสัมผัสที่แข็งและเหนียวอย่างพอเหมาะเพื่อให้ผู้บริโภคได้เพลิดเพลินต่อการรับประทาน (Supimaros, 2000) ดังนั้นจึงเลือกสูตรเยลลี่แค้นตะวันที่เติมคาราจีแนร้อยละ 3.0 เป็นสูตรที่เหมาะสม เนื่องจากได้รับคะแนนความชอบด้านความแข็ง ความเหนียวและความชอบโดยรวมสูงสุด ดังแสดงใน Table 4

3. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

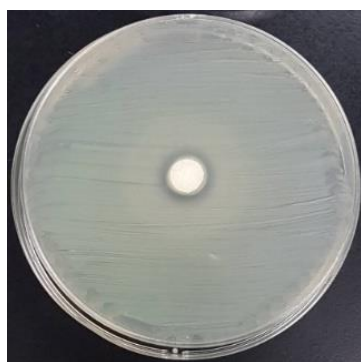
การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยศึกษา
สมบัติขึ้นไบโอติก คุณค่าโภชนาการและการยอมรับ

ผลิตภัณฑ์ ได้ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงใน Table 5
และ Figure 3 ดังนี้

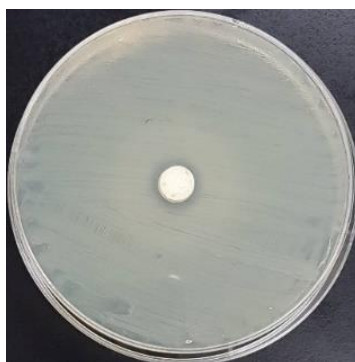
3.1 สมบัติขึ้นไบโอติก ได้ผลการวิเคราะห์
ดังแสดงใน Table 5 ดังนี้

Table 5 Clear zone of synbiotic quality in yogurt with jerusalem artichoke jelly

Formula	Clear zone (mm.)
35%	11.67
40%	10.33
45%	10.67



35%



40%



45%

Figure 3 Clear zone of synbiotic quality in yogurt with jerusalem artichoke jelly

การทดสอบการเกิดรัศมียับยั้งเชื้อ (Clear Zone)
พบว่า โยเกิร์ตเคลือบแผ่นตะวันมีรัศมียับยั้งเชื้อ (Clear
Zone) โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 10.33 - 11.67
มิลลิเมตร ทุกสูตรมีสมบัติขึ้นไบโอติก เนื่องจากทั้ง 3
สูตร มีส่วนประกอบของสมบัติโปรไบโอติกและพ
รีไบโอติกอยู่และสามารถตรวจพบรัศมียับยั้งเชื้อมี
ฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรค *Escherichia coli*
TISTR 117 ทั้งนี้เพราะเมื่อโปรไบโอติกรวมตัวกับ

พรีไบโอติกในปริมาณ 8-20 กรัม (Gilliland, 2001) และ
(Thitapoka, 2009) จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับ
แบคทีเรียแลคติกในการกำจัดแบคทีเรียที่ก่อโรคใน
ลำไส้ได้มากขึ้น (Ben *et al.*, 2004) และ (Bounnik *et*
al., 2006)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสปริมาณเยล
ลี่แผ่นตะวันในโยเกิร์ตขึ้นไบโอติก ได้ผลการ
วิเคราะห์ ดังแสดงใน Table 6 ดังนี้

Table 6 The liking score (n = 50) of synbiotic yogurt with jerusalem artichoke jelly

Sensory Attribute	jelly (35%)	jelly (40%)	jelly (45%)
Flavor ^{ns}	6.50±1.42	6.68±1.45	6.26±1.43
Tast ^{ns}	6.92±1.16	6.92±1.14	6.46±1.57
Texture	6.42 ^{ab} ±1.37	6.70 ^a ±1.07	6.08 ^b ±1.47
Quantity of jerusalem artichoke jelly	6.60 ^a ±1.23	6.86 ^a ±1.21	6.02 ^b ±1.56
Overall liking	6.98 ^a ±1.06	7.02 ^a ±0.98	6.28 ^b ±1.62

Characters that differ level represent statistically significant differences ($p < 0.05$)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสปริมาณเยลลี่แก่ตะวันในโยเกิร์ตซินไบโอติก พบว่า ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ให้คะแนนกลิ่น (Flavor) และรสชาติ (Tast) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส (Texture) สัดส่วนที่เหมาะสมของปริมาณเยลลี่แก่ตะวันต่อโยเกิร์ต (Quantity of jerusalem artichoke jelly) และความชอบโดยรวม (Overall liking) พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้คะแนนความชอบโยเกิร์ตโพรไบโอติกที่ใส่ปริมาณเยลลี่แก่ตะวัน ร้อยละ 35 และ 40 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงใน Table 6 ดังนั้นจึงเลือกปริมาณเยลลี่แก่ตะวันร้อยละ 35 ของปริมาณโยเกิร์ตโพรไบโอติก เป็นปริมาณที่เหมาะสม เนื่องจากผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงสุดและมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรค *Escherichia coli* TISTR 117 อีกทั้งยังมีปริมาณบรรจุใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตตามท้องตลาดส่วนมะพร้าวและรสสตอว์เบอร์รี่ (Cp-meji, 2020; Dutchie, 2020)

3.2 คุณค่าทางโภชนาการ

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ในปริมาณ 100 กรัม พบว่า ปริมาณเยลลี่แก่ตะวัน ร้อยละ 35 ของปริมาณโยเกิร์ตให้พลังงาน ทั้งหมด 98.45 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด

2.65 กรัม คอเลสเตอรอล 8.07 มิลลิกรัม คาร์โบไฮเดรต 15.93 กรัม โปรตีน 2.27 กรัม ใยอาหาร 0.71 กรัม น้ำตาล 12.34 กรัม โซเดียม 46.52 กรัม วิตามิน A 27.90 ไมโครกรัม วิตามิน B1 0.050 มิลลิกรัม วิตามิน B2 0.094 มิลลิกรัม แคลเซียม 93.58 มิลลิกรัม เหล็ก 0.87 มิลลิกรัม เกลือ 1.16 กรัม และความชื้น 77.54 เมื่อนำผลการวิเคราะห์ไปเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตทั่วไป ทำให้พบว่าการรับประทานโยเกิร์ตเยลลี่แก่ตะวันในปริมาณ 100 กรัม ที่เท่ากัน สามารถให้ประโยชน์ได้มากกว่าการรับประทานโยเกิร์ตทั่วไป ได้แก่ ได้รับวิตามิน A และใยอาหารที่สูงกว่า อีกทั้งยังให้พลังงานคอเลสเตอรอล ไขมันอิ่มตัวและน้ำตาลที่น้อยกว่า และยังสามารถยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรคลำไส้ ที่เป็นต้นเหตุของอาการท้องเสียและการอักเสบในบริเวณลำไส้ (U.S Department of Agriculture, 2020)

3.3 การยอมรับผลิตภัณฑ์

การศึกษากการยอมรับผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคจำนวน 100 คน ชอบผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเยลลี่แก่ตะวันอยู่ที่ระดับชอบปานกลาง การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ พบว่า ก่อนได้รับข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 80 และเมื่อได้รับข้อมูลของคุณประโยชน์จากการบริโภคผลิตภัณฑ์สมบัติซินไบโอติก ทำให้ผู้บริโภค

เกิดการตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 100 โดยมีจำนวนการตัดสินใจซื้อเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับจากก่อนได้รับข้อมูล ร้อยละ 20 สอดคล้องกับกระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค คือ เมื่อได้รับรู้ถึงข้อแตกต่างของข้อมูลจากสิ่งที่ต้องการซื้อ ผู้บริโภคส่วนใหญ่จะตัดสินใจซื้อสิ่งที่ตนเองพึงพอใจมากที่สุดหรือมีความเหมาะสมที่สุด (Manopramote, 2015) ดังนั้น เมื่อผู้บริโภคได้ทราบถึงคุณประโยชน์จากการรับประทาน ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพและให้ประโยชน์มากกว่าผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาดที่ยังไม่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรครตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์

สรุป

ปริมาณน้ำตาลและหัวเชื้อผสมที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตโพรไบโอติก คือ ปริมาณน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 6 และหัวเชื้อโยเกิร์ต ร้อยละ 2 มีปริมาณแบคทีเรียแลคติก เท่ากับ 9.8×10^7 CFU/g ค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 89.15, -2.25 และ 8.17 ตามลำดับ ค่าความหนืด เท่ากับ 2922 cP ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ 14.67 °Brix และค่า pH 4.5 ปริมาณการจืดที่เหมาะสมในการผลิตเซลล์แกนตะวัน คือ ปริมาณการจืด ร้อยละ 3.0 มีความแข็ง เท่ากับ 10.11 N ความเหนียว เท่ากับ 0.46 N ค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 63.28, 0.65 และ 13.78 ตามลำดับ และค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 19.33 °Brix การทดสอบสมบัติขึ้นโพรไบโอติก พบว่า ปริมาณเซลล์แกนตะวัน ร้อยละ 35 ของปริมาณโยเกิร์ต เป็นสูตรที่เหมาะสม สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย *Escherichia coli* TISTR 117 มีวงรัศมียับยั้งเชื้อ (Clear Zone) เส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 11.67 มิลลิเมตร และผู้บริโภคจำนวน 100 คน ชอบผลิตภัณฑ์อยู่ทั้งระดับ ชอบปานกลาง และมีความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 100

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ห้องปฏิบัติการกลางเซ็นทรัลแล็บ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สมุนไพร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยและห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีสมุนไพรและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนตรวจวิเคราะห์คุณภาพงานวิจัยให้เกิดความสมบูรณ์และแม่นยำ

เอกสารอ้างอิง

- Anawachkul, M. 2008. The study of GABA content and development enriched yogurt from germinated red rice (*Munpoo rice*). Master Thesis of Science in Agro-Industry, Naresuan University. (in Thai)
- Ansuee, P. 2012. The study development of a jerusalem artichoke root digger. Master Thesis of Engineering in Agricultural and Food Engineering, Khon Kaen University. (in Thai)
- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th ed. Maryland, United States of America.
- AOAC. 2016. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 20th ed. Maryland, United States of America.
- Ben, X.M., Zhou, X.Y., Zhao, W.H., Yu, W.L., Pan, W., Zhang, W.L., Wu, S.M., Beusekom,

- C.M. and van, A. 2004. Growth and development of term infants fed with milk with long-chain polyunsaturated fatty acid supplement. **Chinese Medical Journal** 117(8): 1268-1270.
- Bounnik, Y., Raskine, L., Simoneau, G., Paineau, D. and Bornet, F. 2006. The capacity of short-chain fructo-oligosaccharides to stimulate faecal bifidobacteria: a dose-response relationship study in healthy humans. **Nutrition Journal** 5: 8.
- Buadee, P. 2010. Effect of K-carrageenan on properties of LDPE/LLDPE/Thermoplastic starch film. Master Thesis of Science in Polymer Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Chaiprasop, O. 2003. **Dairy Technology**. 2nd ed. Faculty of science, Ramkhamhaeng University, Bangkok. (in Thai)
- Cp-meji. 2020. **Coconut jelly yogurt**. Available Source: <https://www.cpmeiji.com/th/product/view/Meiji-Yoghurt-with-Coconut-Jelly-135g>, April 28, 2020. (in Thai)
- Dutchie. 2020. **Product of yogurt**. Available Source: <http://www.dutchmill.co.th/product.aspx?id=13>, April 28, 2020.
- Food network solution. 2020. **Lactic acid bacterial**. Available Source: <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0782/lactic-acid-bacteria>, April 14, 2020. (in Thai)
- Gilliland, S.E. 2001. Probiotics and Prebiotics, pp. 327-343. In Marth, E.H. and Steele, J.L., eds. **Applied Dairy Microbiology**. Marcel Dekker, New York.
- Jahangirian, H., Haron, M.J., Shah, M.H., Abdollahi, Y., Rezayi, M. and Vafaei, N. 2013. Well diffusion method for evaluation of antibacterial activity of copper phenyl fatty hydroxamate synthesized from canola and palm kernel oils. Digest. **Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures** 8(3): 1263-1270.
- Junaid, A., Mohammed, S.M., Saeed, A.K. and Abdul, Q.K. 2008. HPLC analysis of water soluble vitamins (B1, B2, B3, B5, B6) in invitro and ex vitro germinated chickpea. **African Journal of Biotechnology** 7(14): 2310-2314.
- Manopramote, W. 2015. Factors affecting to goods purchasing decision via social media (Instagram) of people in Bangkok. Master Thesis of Business, Bangkok University. (in Thai)
- Ministry of public health. 2011. **Use of Probiotic Microorganisms in Foods**. Ministry of public health, Thailand. (in Thai)
- Na Ayutthaya, K. 2016. The product development of healthy cereal jelly. **Journal of Food Technology Siam University** 11(1): 13-20. (in Thai)
- National food institute. 2019. **Process of development food and beverage**. Available Source: <https://www.industry.go.th/industry/index.php/th/knowledge/item>, January 6, 2019. (in Thai)
- Nopcharoonsri, H. 2011. The effects of interaction between modified starches and kappa-carrageenan on ice cream recrystallization in milk ice cream. Master Thesis of Science in Food Technology, Suranaree University of Technology. (in Thai)

- Oupathumpanont, O. 2015. **Research Report on Development of Vermicelli by Using Jerusalem Artichoke**. Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai)
- Pornchaloempong, P. 2020. **Lactic acid bacteria**. Available Source: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0782/lactic-acid-bacteria>, April 14, 2020. (in Thai)
- Rey, F., Ferreira, M.A., Facal, P. and Machado, A.A.S.C. 1996. Effect of concentration pH and ionic strength on the viscosity of solutions of a soil fulvic acid. **Canadian Journal of Chemistry** 74(3): 295-299.
- Rungsardthong, W. 2000. **Food Processing Technology**. 1st ed. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. (in Thai)
- Sinthawalai, S. 1982. **Physical quality of sugar**. Available Source: <https://sites.google.com/site/xyyphuchsersthkic/khunsmbati-kayphaph-khxng-natal-thray>, April 15, 2020. (in Thai)
- Siriphok, S. 1994. **Fermentation Technology**. 1st ed. Sersormsukkrutep, Bangkok. (in Thai)
- Sirisee, U. 2010. **Research Report on Department of Food Science and Technology**. Rajamangala University of Technology Tawan-ok.
- Sitthibush, S. 2012. The effect of prebiotic and sugar levels on the survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* in symbiotic ice cream. Master Thesis of Science in Food Science and Technology, Chiang Mai University. (in Thai)
- Sribureeruk, P. 2010. Characteristics and Acceptance of Set Type Homemade Yoghurt. Master Thesis of Science Home Economics, Kasetsart University. (in Thai)
- Supimaros, S. 2000. **Technology of Confectionery and Chocolate Production**. 1st ed. Chulalongkorn University, Bangkok. (in Thai)
- Tanjor, S. 2012. inulin and Fructooligosaccharides in different varieties of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). **KKU Science Journal** 17(11): 25-34. (in Thai)
- Thitapoka, S. 2009. Prebiotic. **KKU Science Journal** 37(4): 366-375. (in Thai)
- U.S Department of Agriculture. 2020. **Yogurt**. Available Source: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/fooddetails/497051/nutrients>, April 18, 2020.
- Vongsawasdi, P. 2019. **Yogurt**. Available Source: <https://digital.lib.kmutt.ac.th/magazine/issue7/articles/article3.html>, September 18, 2019. (in Thai)
- Waeohongsa, C. 1997. Effects of antibacterial substances in aloe vera gel to the growth of lactic acid Bacteria in yoghurt. Master Thesis of Science in Agro-Industrial Product Development, Kasetsart University. (in Thai)
- Wattanasin, S. 2002. **Food Microbiology**. 1st ed. Printing House, Bangkok. (in Thai)
- Welch, R.W., Kelly, M.T., Gallagher, A.M., Wallace, J.M. and Livingstonet, M.B.E. 2008. The effects of inulin-type fructans on satiety and energy intake: human studies. **Agro Food Industry Hi-Tech** 5(5): 4-6.
- Yongsamit, B. 1997. **Microbiology, Fermentation, Vitamins and Pigments**. 1st ed. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)