การพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค

Development of Kumys Fermented Milk from Cow's Milk

กันยวิชญ์ กันจินะ, เอื้องพลอย ใจลังกา, วุฒิชัย ลัดเครือ, จรัสศรี แก้วฝั้น

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค โดยศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ในการหมัก 3 สูตร ได้แก่ KM1 (จุลินทรีย์จากโยเกิร์ตที่มีเชื้อมีชีวิตร่วมกับ Saccharomyces cerevisiae) KM2 (Lactobacillus helveticus ร่วมกับ Saccharomyces cerevisiae) และ KM3 (หัวเชื้อคูมิสสำเร็จรูป)

ผลการศึกษาพบว่า ชนิดของหัวเชื้อจุลินทรีย์มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยสูตร KM3 ให้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยรวมดีที่สุด มีปริมาณเอทานอลสูงที่สุดที่ 14% ค่าความเป็นกรดที่ 0.55% และมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรตที่ 2.40 ± 0.10, 1.26 ± 0.28, 0.66 ± 0.02, 76.42 ± 0.15 และ 19.26 ± 0.25 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาคุณภาพโดยรวมทั้งด้านองค์ประกอบทางเคมีและการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าสูตร KM3 มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตนมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค เนื่องจากสามารถสร้างลักษณะเฉพาะของคูมิสได้ดี ทั้งด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า การใช้หัวเชื้อคูมิสสำเร็จรูปที่ประกอบด้วย Lactobacillus helveticus และ Kluyveromyces marxianus มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตนมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค เนื่องจากให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะทางเคมีและประสาทสัมผัสที่ดี ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในระดับสูง และมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรมและเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: คูมิส, น้ำนมโค, ผลิตภัณฑ์หมักแอลกอฮอล์

1. บทนำ

อุตสาหกรรมโคนมของประเทศไทยมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจภาคการเกษตรและความมั่นคงทางอาหารของประเทศ โดยน้ำนมโคเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน แลคโตส วิตามิน และแร่ธาตุ ซึ่งสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นมหลากหลายชนิด เพื่อเพิ่มมูลค่าและยืดอายุการเก็บรักษา หนึ่งในแนวทางที่ได้รับความสนใจคือการผลิตนมหมัก (fermented milk) ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ

คูมิส (Kumys หรือ Kumis) เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักแบบผสมระหว่างแบคทีเรียกรดแลกติกและยีสต์ (lactic-alcoholic fermented milk) มีต้นกำเนิดจากภูมิภาคเอเชียกลาง โดยดั้งเดิมผลิตจากน้ำนมม้า จุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่มทำงานร่วมกันในการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสให้เกิดกรดแลกติก เอทานอลในปริมาณต่ำ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเฉพาะคือ มีรสเปรี้ยวอมหวาน มีกลิ่นหมักอ่อน ๆ และมีฟองละเอียด นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติด้านโภชนาการและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ จึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในฐานะผลิตภัณฑ์นมหมักมูลค่าสูง

ในประเทศไทย แม้ว่าจะมีการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมักหลากหลายชนิด แต่การพัฒนาผลิตภัณฑ์คูมิสจากน้ำนมโคยังมีรายงานค่อนข้างจำกัด ทั้งที่ประเทศไทยมีศักยภาพด้านการผลิตน้ำนมโคและมีโครงสร้างพื้นฐานของอุตสาหกรรมโคนมที่เข้มแข็ง การประยุกต์ใช้น้ำนมโคแทนน้ำนมม้าจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีเอกลักษณ์ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับอุตสาหกรรมนม และขยายทางเลือกของผลิตภัณฑ์นมหมักในประเทศ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์คูมิสจำเป็นต้องคำนึงถึงคุณลักษณะด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัส รวมทั้งต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดด้านกฎหมายอาหารของประเทศไทย โดยประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556 เรื่อง นมเปรี้ยว กำหนดให้นมเปรี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักนมด้วยจุลินทรีย์ที่เหมาะสม โดยต้องมีจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตในปริมาณไม่น้อยกว่า 10^7 โคโลนีต่อกรัมหรือมิลลิลิตรของผลิตภัณฑ์จนถึงวันสิ้นอายุการบริโภค และต้องมีส่วนประกอบของนมตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพและสามารถต่อยอดสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ได้

ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เชียงใหม่ กองผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ จึงดำเนินการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค เพื่อพัฒนากระบวนการผลิต ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และการยอมรับของผู้บริโภค ตลอดจนสร้างองค์ความรู้สำหรับการเพิ่มมูลค่าน้ำนมโคและสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมหมักรูปแบบใหม่ของประเทศไทย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตนมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค

2.2 เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค

2.3 เพื่อประเมินการยอมรับของผู้บริโภคและศักยภาพของผลิตภัณฑ์ในการพัฒนาเชิงพาณิชย์

3. ทบทวนวรรณกรรม

3.1 น้ำนมโค

น้ำนมโคเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นมทั่วโลก เนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมีที่สมดุล ประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 87 โปรตีนร้อยละ 3.2–3.5 ไขมันร้อยละ 3.5–4.5 แลคโตสร้อยละ 4.6–4.9 และแร่ธาตุประมาณร้อยละ 0.7 โดยองค์ประกอบดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักและส่งผลโดยตรงต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์นมหมัก (Walstra et al., 2006) แลคโตสเป็นคาร์โบไฮเดรตหลักในน้ำนมโคและเป็นแหล่งพลังงานสำคัญของแบคทีเรียกรดแลกติก (Lactic Acid Bacteria; LAB) และยีสต์ที่ใช้ในการผลิตคูมิส โดยจุลินทรีย์จะเปลี่ยนแลคโตสผ่านกระบวนการเมแทบอลิซึมให้เป็นกรดแลกติก เอทานอล คาร์บอนไดออกไซด์ และสารประกอบให้กลิ่นรสหลายชนิด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยว กลิ่นเฉพาะตัว และเกิดฟองละเอียดอันเป็นลักษณะเด่นของคูมิส (Tamime & Robinson, 2007)

โปรตีนในน้ำนมโคประกอบด้วยเคซีนประมาณร้อยละ 80 และเวย์โปรตีนประมาณร้อยละ 20 ของโปรตีนทั้งหมด เคซีนมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดโครงสร้างและความหนืดของผลิตภัณฑ์ ขณะที่เวย์โปรตีนมีคุณค่าทางชีวภาพสูง เนื่องจากประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน และสามารถถูกย่อยสลายระหว่างการหมักให้เกิดเปปไทด์ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive peptides) ซึ่งมีรายงานว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านจุล

ชีพ และอาจช่วยลดความดันโลหิตผ่านการยับยั้งเอนไซม์ angiotensin-converting enzyme (ACE) (Korhonen & Pihlanto, 2006)

แม้ว่าคูมิสดั้งเดิมจะผลิตจากน้ำนมม้า แต่น้ำนมโคได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในการผลิตคูมิสเชิงอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถจัดหาวัตถุดิบได้ง่าย มีองค์ประกอบทางโภชนาการสม่ำเสมอ และเหมาะสมต่อการควบคุมกระบวนการผลิต งานวิจัยหลายฉบับรายงานว่าการผลิตคูมิสจากน้ำนมโคสามารถให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ดั้งเดิม หากมีการเลือกใช้สายพันธุ์จุลินทรีย์และสภาวะการหมักที่เหมาะสม (Shiby & Mishra, 2013)

นอกจากนี้ กระบวนการหมักยังช่วยลดปริมาณแลคโตสในผลิตภัณฑ์ ทำให้ผู้บริโภคที่มีภาวะย่อยแลคโตสบกพร่องสามารถบริโภคได้ดีขึ้น อีกทั้งยังเพิ่มความสามารถในการดูดซึมแคลเซียม ฟอสฟอรัส และสารอาหารบางชนิด รวมถึงส่งเสริมการสร้างสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ส่งผลให้นมหมักได้รับการยอมรับว่าเป็นอาหารเชิงหน้าที่ (functional food) ที่มีศักยภาพในการส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภค (Marco et al., 2017)

3.2 การหมักแบบ Lactic–Alcoholic Fermentation

คูมิสเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการหมักร่วม (mixed fermentation) ระหว่างแบคทีเรียกรดแลกติกและยีสต์ ซึ่งเรียกว่า lactic–alcoholic fermentation โดยเป็นกระบวนการที่แตกต่างจากการผลิตโยเกิร์ตทั่วไป เนื่องจากนอกจากจะเกิดกรดแลกติกแล้ว ยังเกิดเอทานอลและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณต่ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติซับซ้อนและมีความซ่าตามธรรมชาติ
ในระยะแรกของการหมัก แบคทีเรียกรดแลกติกจะย่อยแลคโตสให้เป็นกรดแลกติก ส่งผลให้ค่า pH ลดลงจากประมาณ 6.6 เหลือประมาณ 4.2–4.6 การลดลงของค่า pH ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค เพิ่มความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ และทำให้โปรตีนเคซีนเกิดการรวมตัวเป็นโครงสร้างเจล ส่งผลต่อความหนืดและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Tamime & Robinson, 2007)

ในขณะเดียวกัน ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลที่สามารถใช้ได้ เช่น กลูโคสและกาแลคโตส ให้เป็นเอทานอลและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้คูมิสมีแอลกอฮอล์ตามธรรมชาติประมาณ 0.5–2.5% (v/v) และเกิดฟองละเอียด ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ การทำงานร่วมกันของแบคทีเรียกรดแลกติกและยีสต์ก่อให้เกิดความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัย (symbiotic relationship) โดยแบคทีเรียช่วยสร้างสภาวะกรดที่เหมาะสม ขณะที่ยีสต์ผลิตวิตามินและสารกระตุ้นการเจริญที่ส่งเสริมการเติบโตของแบคทีเรีย ส่งผลให้กระบวนการหมักมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Liu et al., 2023)

คุณภาพของคูมิสขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของหัวเชื้อ อัตราส่วนระหว่างแบคทีเรียและยีสต์ อุณหภูมิการหมัก ระยะเวลาการหมัก และองค์ประกอบของน้ำนม โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 25–30 °C เป็นเวลา 16–24 ชั่วโมง ก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิต่ำเพื่อพัฒนากลิ่นรสและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Zhang et al., 2021)

การหมักแบบ lactic–alcoholic fermentation ยังส่งผลให้เกิดสารประกอบระเหยหลายชนิด เช่น acetaldehyde, diacetyl, acetoin, ethanol และ ethyl acetate ซึ่งเป็นสารสำคัญที่กำหนดกลิ่นรสเฉพาะของคูมิส นอกจากนี้ยังมีการสร้างกรดอินทรีย์ เปปไทด์ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและศักยภาพในการส่งเสริมสุขภาพของผลิตภัณฑ์ (Chen et al., 2020)

3.3 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตคูมิส

คูมิสเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีลักษณะเฉพาะแตกต่างจากโยเกิร์ตและนมเปรี้ยวทั่วไป เนื่องจากอาศัยการทำงานร่วมกันของแบคทีเรียกรดแลกติก (Lactic Acid Bacteria; LAB) และยีสต์ (Yeast) ในกระบวนการหมักแบบ lactic–alcoholic fermentation โดยจุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่มมีความสัมพันธ์แบบเกื้อกูล (symbiotic relationship) ส่งผลให้เกิดการสร้างกรดแลกติก เอทานอล ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสารประกอบให้กลิ่นรสหลายชนิด ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์คูมิส

แบคทีเรียกรดแลกติกที่พบเป็นองค์ประกอบหลักของคูมิส ได้แก่ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lacticaseibacillus casei*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactobacillus helveticus*, *Lacticaseibacillus paracasei* และ *Lactococcus lactis* โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้ทำหน้าที่ย่อยแลคโตสให้เป็นกรดแลกติก ส่งผลให้ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือประมาณ 4.0–4.5 ซึ่งช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค เพิ่มความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ และทำให้เกิดการรวมตัวของเคซีนจนเกิดลักษณะเนื้อสัมผัสเฉพาะของนมหมัก

ยีสต์ที่พบในคูมิสส่วนใหญ่ ได้แก่ *Kluyveromyces marxianus* และ *Saccharomyces cerevisiae* โดย *K. marxianus* มีความสำคัญเป็นพิเศษ เนื่องจากสามารถสร้างเอนไซม์ β-galactosidase เพื่อย่อยแลคโตสให้เป็นกลูโคสและกาแลกโทส ก่อนนำไปใช้ในการสร้างเอทานอลและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ขณะที่ *S. cerevisiae* มีบทบาทสำคัญในการผลิตเอทานอล สารประกอบเอสเทอร์ และสารระเหยที่ช่วยเสริมกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

การทำงานร่วมกันของแบคทีเรียกรดแลกติกและยีสต์ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนสารเมแทบอไลต์ระหว่างกัน เช่น กรดอะมิโน วิตามิน และสารกระตุ้นการเจริญ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการหมักสูงขึ้น รวมทั้งช่วยเพิ่มความหลากหลายของสารประกอบให้กลิ่นรส เช่น acetaldehyde, diacetyl, acetoin และ ethyl acetate ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของคูมิส

นอกจากบทบาทด้านการหมักแล้ว จุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ที่พบในคูมิสยังจัดเป็นจุลินทรีย์โพรไบโอติก ซึ่งมีรายงานว่าสามารถสร้างกรดอินทรีย์ สารต้านจุลชีพ และสารชีวโมเลกุลที่ช่วยปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน และลดการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค จึงทำให้คูมิสได้รับความสนใจในฐานะผลิตภัณฑ์อาหารเชิงหน้าที่ (functional fermented dairy product) มากขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา

3.4 คุณลักษณะและคุณค่าทางโภชนาการของคูมิส

คูมิสเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวนวล เนื้อสัมผัสค่อนข้างเหลว มีรสเปรี้ยวอมหวาน กลิ่นหมักเฉพาะตัว และมีฟองละเอียดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมัก โดยมีปริมาณเอทานอลตามธรรมชาติประมาณ 0.5–2.5% (v/v) ขึ้นอยู่กับชนิดของหัวเชื้อ ระยะเวลาการหมัก และองค์ประกอบของน้ำนม

กระบวนการหมักทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีหลายประการ เช่น การลดปริมาณแลคโตส การเพิ่มกรดแลกติก การสร้างวิตามินบางชนิด และการเกิดเปปไทด์ออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากการย่อยโปรตีน ส่งผลให้คูมิสมีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำนมก่อนการหมัก รวมทั้งช่วยเพิ่มความสามารถในการย่อยและการดูดซึมสารอาหารของผู้บริโภค

งานวิจัยในช่วงหลายปีที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าคูมิสเป็นแหล่งของจุลินทรีย์โพรไบโอติก กรดไขมันสายสั้น เปปไทด์ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งอาจมีบทบาทในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ลดการอักเสบ ควบคุมระดับไขมันในเลือด ปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติดังกล่าวยังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของจุลินทรีย์และกระบวนการผลิตที่ใช้

การหมักยังช่วยลดปริมาณแลคโตสในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแลคโตสถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลกติกและเอทานอล ทำให้คูมิสอาจเหมาะสมกับผู้บริโภคที่มีภาวะย่อยแลคโตสบกพร่องบางส่วนมากกว่าน้ำนมสด ทั้งนี้ยังคงเป็นแหล่งของโปรตีนคุณภาพสูง แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินหลายชนิด จึงได้รับการยอมรับว่าเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

3.5 ข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556 เรื่อง นมเปรี้ยว

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556 เรื่อง นมเปรี้ยว กำหนดให้นมเปรี้ยวหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำนมหรือผลิตภัณฑ์นมมาหมักด้วยจุลินทรีย์ที่เหมาะสม โดยจุลินทรีย์ต้องยังมีชีวิตอยู่ในผลิตภัณฑ์ไม่น้อยกว่า 1×10^7 โคโลนีต่อกรัมหรือมิลลิลิตร ตลอดอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้สามารถเติมน้ำตาล สารให้ความหวาน วัตถุเจือปนอาหาร หรือส่วนประกอบอาหารอื่นได้ตามที่กฎหมายกำหนด และต้องมีองค์ประกอบของนมเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ภาคผนวกของประกาศดังกล่าวได้ระบุผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดต่าง ๆ รวมถึง Kumys (Kumis) ซึ่งกำหนดให้เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่ได้จากการหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลกติกและยีสต์ โดยจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นลักษณะเฉพาะ ได้แก่ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *Kluyveromyces marxianus* การกำหนดดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าคูมิสได้รับการยอมรับในมาตรฐานผลิตภัณฑ์นมหมักของประเทศไทย และสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบให้มีคุณภาพและสอดคล้องกับข้อกำหนดด้านความปลอดภัยอาหาร

ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโคควรคำนึงถึงการคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ กระบวนการผลิต คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัส รวมถึงข้อกำหนดตามกฎหมายอาหารของประเทศไทย เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ มาตรฐาน และสามารถต่อยอดสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการผลิตนมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค โดยอาศัยกระบวนการหมักร่วม (Lactic–Alcoholic Fermentation) ระหว่างแบคทีเรียกรดแลกติกและยีสต์ (เชื้อจุลินทรีย์จากโยเกิร์ต ที่มีเชื้อจุลินทรีย์มีชีวิต และ Saccharomyces cerevisiae) แบ่งสิ่งทดลองออกเป็น 3 สูตร ตามจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการหมัก แสดงรายละเอียดดังตารางที่1

ตารางที่1 สูตรการทดลองและชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักนมเปรียวคูมิส

สิ่งทดลอง	ประเภทของนม	เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้
1	นมโคเต็มมันเนย	ใช้เชื้อจุลินทรีย์จากโยเกิร์ต ที่มีเชื้อจุลินทรีย์มีชีวิต และ Saccharomyces cerevisiae
2	นมโคเต็มมันเนย	ใช้เชื้อจุลินทรีย์จาก Lactobacillus helveticus และ Saccharomyces cerevisiae
3	นมโคเต็มมันเนย	ใช้เชื้อจุลินทรีย์จาก ผง Kumiz สำเร็จจรูป

โดยมีกระบวนการผลิตนมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโคคือ

4.1 การเตรียมวัตถุดิบ (Raw Material Preparation)

นำน้ำนมโคสดที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น สี และความเป็นกรด–ด่าง มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยกรองผ่านผ้าขาวบางหรือแผ่นกรองเพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอมก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต

4.2 การพาสเจอไรซ์น้ำนม (Pasteurization)

นำน้ำนมโคให้ความร้อนที่อุณหภูมิ **72–75 °C เป็นเวลา 15–20 วินาที** เพื่อทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ปนเปื้อน ลดการแข่งขันของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัย ทั้งยังช่วยให้เวย์โปรตีนเกิดการเสียสภาพบางส่วน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสดีขึ้น

4.3 การลดอุณหภูมิ (Cooling)

หลังการพาสเจอไรซ์ ลดอุณหภูมิของน้ำนมลงอย่างรวดเร็วให้อยู่ที่ **36 °C** ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นหัวเชื้อ เพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพของน้ำนมและเตรียมพร้อมสำหรับการเติมหัวเชื้อ

4.4 การเติมหัวเชื้อ (Inoculation)

เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สำหรับการผลิตคูมิสในอัตรา **4% (v/v)** ของปริมาตรน้ำนม โดยหัวเชื้อประกอบด้วยแบคทีเรียกรดแลกติกและยีสต์ที่เหมาะสมสำหรับการหมักแบบแลกติก–แอลกอฮอล์ จากนั้นคนให้หัวเชื้อกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งผลิตภัณฑ์ ภายใต้สภาวะที่ถูกสุขลักษณะเพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากภายนอก

4.5 การหมัก (Fermentation)

บรรจุน้ำนมที่เติมหัวเชื้อแล้วลงในภาชนะหมักที่มีระบบ **Airlock** เพื่อให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสามารถระบายออกได้ ขณะเดียวกันป้องกันอากาศและจุลินทรีย์จากภายนอกเข้าสู่ภาชนะ หมักที่อุณหภูมิ **36 °C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง** ในระหว่างการหมัก แบคทีเรียกรดแลกติกจะเปลี่ยนแลคโตสเป็นกรดแลกติก ทำให้ค่า pH ลดลง ส่วนยีสต์จะสร้างเอทานอลและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยว กลิ่นเฉพาะ และเกิดฟองละเอียดซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของคูมิส

4.6 การปรับปรุงเนื้อสัมผัส (Churning/Agitation)

เมื่อสิ้นสุดการหมัก นำผลิตภัณฑ์มากวนหรือคนอย่างแรง (Churning/Agitation) เพื่อให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอ ลดการแยกชั้นของไขมันและโปรตีน ทำให้เนื้อสัมผัสเนียนละเอียด พร้อมทั้งช่วยให้สารประกอบระเหยที่ให้กลิ่นรสกระจายตัวได้ดี ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหอมและรสชาติสม่ำเสมอ

4.7 การยุติกระบวนการหมัก (Termination)

หลังจากปรับปรุงเนื้อสัมผัสแล้ว ลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลงทันทีจนถึง **4 °C** เพื่อยุติหรือชะลอการทำงานของจุลินทรีย์ ลดอัตราการสร้างกรดและเอทานอล รักษาคุณภาพ สี กลิ่น รสชาติ และความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ก่อนนำไปบรรจุและเก็บรักษาภายใต้ระบบลูกโซ่ความเย็น (Cold Chain)

4.8 การบรรจุและการเก็บรักษา (Packaging and Storage)

บรรจุนมเปรี้ยวคูมิสลงในภาชนะที่สะอาด ผ่านการฆ่าเชื้อและปิดผนึกอย่างเหมาะสม จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 °C ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เพื่อคงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งรักษาปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวของกระทรวงสาธารณสุข

5. การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิส

5.1 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter; Consort รุ่น C5010, Consort bvba ประเทศเบลเยียม) โดยสอบเทียบเครื่องด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่ pH 4.00 และ 7.00 ก่อนการวิเคราะห์ ตัวอย่างถูกคนให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนจุ่มหัววัดลงในตัวอย่าง อ่านค่าหลังจากตัวเลขคงที่ และรายงานผลเป็นค่า pH

5.2 การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity; TTA)

วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดตามวิธีมาตรฐาน AOAC International (2019) โดยชั่งตัวอย่าง 10 กรัม เติมน้ำกลั่นปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาตรที่เหมาะสม เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ แล้วไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนและคงอยู่ประมาณ 30 วินาที คำนวณผลเป็นร้อยละกรดแลกติก (% Lactic acid)

5.3 การวิเคราะห์ปริมาณเอทานอล (Ethanol Content)

วิเคราะห์ปริมาณเอทานอลของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสภายหลังการกลั่นตัวอย่างด้วยเครื่องกลั่นแบบ Kjeldahl Distillation จากนั้นตรวจวัดปริมาณเอทานอลด้วยเครื่อง Alcohol Meter หรือเครื่อง Gas Chromatography ชนิด Flame Ionization Detector (GC-FID) ตามวิธีมาตรฐาน AOAC และรายงานผลเป็นร้อยละโดยปริมาตร (% v/v)

5.4 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl ตามวิธีมาตรฐาน AOAC โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม ย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร่วมกับสารเร่งปฏิกิริยา จากนั้นกลั่นและไทเทรตไนโตรเจนด้วยกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน คำนวณปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และแปลงเป็นปริมาณโปรตีน

5.5 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วยเครื่องวิเคาระห์ไขมันอัตโนมัติ (Soxtec) ตามมาตรฐาน AOAC โดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัม นำไปอบพร้อมถ้วยที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นจะสกัดไขมันด้วยตัวทำละลายอินทรีย์โดยใช้หลักการละลายและการดึงไขมันออกจากตัวอย่างที่เป็นของแข็ง แล้วนำไปอบแห้งและชั่งน้ำหนักส่วนที่สกัดได้

5.6 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

วิเคราะห์ปริมาณเถ้าตามวิธีมาตรฐาน AOAC โดยชั่งตัวอย่างลงในถ้วยเผาที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนัก จากนั้นเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550°C จนได้เถ้าสีขาวหรือสีเทาอ่อนและมีน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ก่อนชั่งน้ำหนัก และคำนวณผลเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่าง

5.7 การวิเคราะห์หาความชื้น

การหาค่าคามชื้นทำโดยการอบด้วยตู้อบลมร้น (AOAC, 2000) โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ลงในกระป๋องอลูมิเนียมที่อบแล้ว แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณภูมิ 105°C จนกว่าน้ำนักจะคงที่ จากนั้นนำมาพักในโถดูดคามชื้นจนเย็น แล้ชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อหาค่าความชื้นที่สูญเสียไป

5.8 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ประเมินการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึก (Untrained Panelists) จำนวนไม่น้อยกว่า 30 คน ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความซ่า และความชอบโดยรวม ให้คะแนนตั้งแต่ 1 = ไม่ชอบอย่างยิ่ง ถึง 9 = ชอบอย่างยิ่ง

ทั้งนี้ตัวอย่างแต่ละชนิดจะได้รับการสุ่มลำดับการเสิร์ฟและกำหนดรหัสตัวอย่างแบบสุ่ม เพื่อป้องกันอคติในการประเมิน

5.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยแต่ละการทดลองดำเนินการอย่างน้อย 3 ซ้ำ (triplicate) สำหรับข้อมูลด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ได้แก่ ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ปริมาณเอทานอล โปรตีน ไขมัน เถ้า วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

สำหรับข้อมูลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยกำหนดให้ผู้ทดสอบแต่ละคนเป็นบล็อก วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

6. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

6.1 ผลการศึกษาความเป็นกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโคที่ผลิตด้วยหัวเชื้อแตกต่างกันทั้ง 3 สูตร แสดงดังตารางที่2

ตารางที่2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้(Titratable Acidity) ของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิส

	Titratable Acidity(%)
KM1	0.70±0.01
KM2	0.54±0.01
KM3	0.55±0.02

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยนเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ (n=3)

พบว่าผลิตภัณฑ์สูตร KM1 มีค่าความเป็นกรดทั้งหมดเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 0.70 ± 0.01% กรดแลกติก รองลงมาคือสูตร KM3 มีค่า 0.55 ± 0.02% และสูตร KM2 มีค่าต่ำที่สุด คือ 0.54 ± 0.01%

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชนิดของหัวเชื้อมีผลต่อการสร้างกรดแลกติกในผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน โดยสูตร KM1 ซึ่งใช้จุลินทรีย์จากโยเกิร์ตร่วมกับ *Saccharomyces cerevisiae* สามารถสร้างกรดแลกติกได้สูงที่สุด สะท้อนถึงประสิทธิภาพของแบคทีเรียกรดแลกติกในการเปลี่ยนแลคโตสเป็นกรดแลกติกผ่านกระบวนการหมัก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นกรดสูงกว่าสูตรอื่น

สำหรับสูตร KM2 ซึ่งใช้ *Lactobacillus helveticus* ร่วมกับ *Saccharomyces cerevisiae* มีค่าความเป็นกรดต่ำกว่า KM1 เล็กน้อย ขณะที่สูตร KM3 ซึ่งใช้หัวเชื้อคูมิสสำเร็จรูปที่ประกอบด้วย *Lactobacillus helveticus* และ *Kluyveromyces marxianus* มีค่าความเป็นกรดใกล้เคียงกับ KM2 สะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างของการใช้แลคโตสและการสร้างผลิตผลระหว่างแบคทีเรียกรดแลกติกและยีสต์ในแต่ละระบบการหมัก ค่าความเป็นกรดที่อยู่ในช่วง 0.54–0.70% กรดแลกติก ถือว่าเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์นมหมัก เนื่องจาก

ช่วยสร้างรสเปรี้ยวตามธรรมชาติ ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ และส่งเสริมการเกิดโครงสร้างของโปรตีนที่เหมาะสม ส่งผลดีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

6.2 ผลการศึกษาปริมาณเอทานอล (Alcohol Content)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเอทานอลของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค แสดงดังตารางที่3

ตารางที่3 ปริมาณเอทานอลของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค

	% Alcohol
KM1	11%
KM2	13%
KM3	14%

พบว่าสูตร KM3 มีปริมาณเอทานอลสูงที่สุด (14%) รองลงมาคือ KM2 (13%) และ KM1 (11%) แสดงให้เห็นว่าชนิดของหัวเชื้อมีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการหมักแบบ Lactic–Alcoholic Fermentation

สูตร KM3 ซึ่งใช้ *Lactobacillus helveticus* ร่วมกับ *Kluyveromyces marxianus* ให้ปริมาณเอทานอลสูงที่สุด เนื่องจาก *K. marxianus* สามารถใช้แลคโตสเป็นแหล่งคาร์บอนได้โดยตรง จึงมีประสิทธิภาพในการสร้างเอทานอลจากน้ำนมสูงกว่ายีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* นอกจากนี้ การทำงานร่วมกันของแบคทีเรียกรดแลกติกและยีสต์ยังช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการหมัก

ในทางตรงกันข้าม สูตร KM1 ซึ่งใช้จุลินทรีย์จากโยเกิร์ตร่วมกับ *Saccharomyces cerevisiae* ให้ปริมาณเอทานอลต่ำที่สุด เนื่องจากจุลินทรีย์จากโยเกิร์ตมีบทบาทหลักในการสร้างกรดแลกติก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นกรดสูงกว่าและมีการสร้างเอทานอลในระดับต่ำกว่าอีกสองสูตร
ผลการทดลองสะท้อนให้เห็นว่าชนิดของยีสต์ที่ใช้ร่วมกับแบคทีเรียกรดแลกติกมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างเอทานอลและลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์นมหมัก

6.3 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี (Proximate Composition)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโคที่ผลิตด้วยหัวเชื้อทั้ง 3 สูตร แสดงดังตารางที่4

ตารางที่4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค

สูตร	% Protein	% Fat	% Ash	% Moisture	% Carbohydrates
KM1	2.61 ± 0.07^{ab}	2.63 ± 0.15^{a}	0.76 ± 0.02^{a}	88.93 ± 0.38^{a}	5.07 ± 0.46^{c}
KM2	2.81 ± 0.22^{a}	2.50 ± 0.09^{a}	0.73 ± 0.02^{a}	88.09 ± 0.03^{b}	5.87 ± 0.33^{b}
KM3	2.40 ± 0.10^{b}	1.26 ± 0.28^{b}	0.66 ± 0.02^{b}	76.42 ± 0.15^{c}	19.26 ± 0.25^{a}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยนเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ (n=3)

จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าชนิดของหัวเชื้อมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในหลายองค์ประกอบ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างของกระบวนการเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์แต่ละชนิดระหว่างการหมัก

6.3.1 ปริมาณโปรตีน (Protein) สูตร KM2 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด (2.81 ± 0.22%) รองลงมาคือ KM1 (2.61 ± 0.07%) และ KM3 (2.40 ± 0.10%) โดย *Lactobacillus helveticus* มีระบบเอนไซม์โปรตีเอสที่ช่วยย่อยโปรตีนให้เป็นเปปไทด์และกรดอะมิโน โดยยังคงปริมาณไนโตรเจนรวมไว้ในระดับสูง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าสูตรอื่น

6.3.2 ปริมาณไขมัน (Fat) สูตร KM1 และ KM2 มีปริมาณไขมันใกล้เคียงกันคือ(2.63 ± 0.0.12%), (2.2.50 ± 0.09%) ขณะที่สูตร KM3 มีปริมาณไขมันต่ำที่สุดคือ (1.26 ± 0.28%) ซึ่งอาจเกิดจากการย่อยสลายไขมันโดยเอนไซม์ไลเปสของจุลินทรีย์ระหว่างการหมัก ทำให้กรดไขมันบางส่วนถูกนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมและการเจริญของยีสต์

6.3.3 ปริมาณเถ้า (Ash) สูตร KM1 และ KM2 มีปริมาณเถ้าใกล้เคียงกันคือ (0.76 ± 0.0.02%), (0.73 ± 0.02%) ส่วน KM3 มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย (0.66 ± 0.02) สะท้อนถึงความแตกต่างในการใช้แร่ธาตุของจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมัก อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างดังกล่าวมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย

6.3.4 ปริมาณความชื้น (Moisture) สูตร KM1 มีความชื้นสูงที่สุด รองลงมาคือ KM2 และ KM3 คือ (88.93 ± 0.38%), (88.09 ± 0.03%) และ (76.42 ± 0.15%) ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชนิดของหัวเชื้อมีผลต่อองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์และความเข้มข้นของของแข็งภายหลังการหมัก โดยความชื้นที่ลดลงมีแนวโน้มทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสเข้มข้นมากขึ้น

6.3.5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) สูตร KM3 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด รองลงมาคือ KM2 และ KM1 ค่าที่ได้คือ (19.26 ± 0.25%), (5.87 ± 0.33%) และ คือ (5.07 ± 0.46%) ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างของการใช้และการเปลี่ยนแปลงสารอาหารของจุลินทรีย์ในแต่ละระบบการหมัก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน

6.4 ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)

ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale แสดงดังตารางที่5

ตารางที่5 ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค

คุณลักษณะ (Attributes)	KM1	KM2	KM3
ลักษณะปรากฏ (Appearance)	6.33± 1.45^{b}	6.47 ± 1.22^{b}	7.10 ± 1.49^{a}
สี (Color)^{ns}	7.03 ± 1.33	7.17 ± 1.23	7.13 ± 1.25
กลิ่น (Odor)	6.10 ± 1.81^{b}	6.13 ± 1.57^{b}	7.10 ± 1.45^{a}
รสชาติ (Taste)	5.53 ± 1.93^{b}	5.77 ± 1.96^{b}	6.93 ± 1.91^{a}
เนื้อสัมผัส (Texture)	6.23 ± 1.41^{b}	6.70 ± 1.42^{b}	7.43 ± 1.43^{a}
ความชอบโดยรวม (Overall Liking)	5.80 ± 1.54^{b}	6.20 ± 1.65^{b}	7.20 ± 1.83^{a}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยนเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ (n=3)

พบว่าชนิดของหัวเชื้อมีผลต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่คะแนนด้านสีไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

ผลิตภัณฑ์สูตร KM3 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ (7.10 ± 1.49) กลิ่น (7.10 ± 1.45) รสชาติ (6.93 ± 1.91) เนื้อสัมผัส (7.43 ± 1.43) และความชอบโดยรวม (7.20 ± 1.83) แตกต่างจากสูตร KM1 และ KM2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนคะแนนด้านสีของทั้งสามสูตรอยู่ในช่วง 7.03–7.17 คะแนน และไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้หัวเชื้อคูมิสสำเร็จรูปที่ประกอบด้วย *Lactobacillus helveticus* และ *Kluyveromyces marxianus* สามารถพัฒนาคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าสูตรอื่น เนื่องจากจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดทำงานร่วมกันในการสร้างกรดอินทรีย์ เอทานอล คาร์บอนไดออกไซด์ และสารประกอบระเหยที่ช่วยเสริมกลิ่นรส รวมทั้งส่งผลต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด

7. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตนมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งประเมินการยอมรับของผู้บริโภคและศักยภาพของผลิตภัณฑ์ในการพัฒนาเชิงพาณิชย์ โดยใช้กระบวนการหมักร่วมระหว่างแบคทีเรียกรดแลกติกและยีสต์ (Lactic–Alcoholic Fermentation) เปรียบเทียบหัวเชื้อจุลินทรีย์ 3 สูตร ได้แก่ KM1 (จุลินทรีย์จากโยเกิร์ตที่มีเชื้อมีชีวิตร่วมกับ *Saccharomyces cerevisiae*) KM2 (*Lactobacillus helveticus* ร่วมกับ *Saccharomyces cerevisiae*) และ KM3 (หัวเชื้อคูมิสสำเร็จรูปที่ประกอบด้วย *Lactobacillus helveticus* และ *Kluyveromyces marxianus*)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า สูตร KM2 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด ขณะที่สูตร KM3 มีปริมาณไขมัน เถ้า และความชื้นต่ำที่สุด แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด

ด้านความเป็นกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ พบว่าสูตร KM1 มีค่าความเป็นกรดสูงที่สุด (0.70 ± 0.01% กรดแลกติก) รองลงมาคือ KM3 (0.55 ± 0.02%) และ KM2 (0.54 ± 0.01%) แสดงให้เห็นว่าหัวเชื้อที่ใช้ในสูตร KM1 มีประสิทธิภาพในการผลิตกรดแลกติกสูงกว่าสูตรอื่น ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะความเป็นกรดเด่นชัด และเหมาะสมต่อการสร้างคุณลักษณะพื้นฐานของผลิตภัณฑ์นมหมัก

ด้านปริมาณเอทานอล พบว่าสูตร KM3 ให้ปริมาณเอทานอลสูงที่สุด (14%) รองลงมาคือ KM2 (13%) และ KM1 (11%) แสดงให้เห็นว่าหัวเชื้อที่มี *Kluyveromyces marxianus* มีศักยภาพในการสร้างเอทานอลสูงกว่าสูตรที่ใช้ *Saccharomyces cerevisiae*

ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่า ผลิตภัณฑ์สูตร KM3 ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ขณะที่คะแนนด้านสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการใช้หัวเชื้อคูมิสสำเร็จรูปซึ่งประกอบด้วย *Lactobacillus helveticus* และ *Kluyveromyces marxianus* สามารถพัฒนาคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าสูตรอื่น ทั้งในด้านกลิ่นเฉพาะตัว รสชาติที่สมดุล และเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคยอมรับมากกว่า

โดยสรุป สูตร KM3 ซึ่งใช้หัวเชื้อคูมิสสำเร็จรูปที่ประกอบด้วย *Lactobacillus helveticus* และ *Kluyveromyces marxianus* มีศักยภาพเหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคูมิสจากน้ำนมโค เนื่องจากได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด และมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเชิงพาณิชย์

8. ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาการเก็บรักษา อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ ต้นทุนการผลิต และการยอมรับของผู้บริโภคในวงกว้าง เพื่อประเมินศักยภาพในการพัฒนาและใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ต่อไป

9. เอกสารอ้างอิง

AOAC International. 2019. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 21st ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

Chen, Y., Liu, W., Xue, J., Yang, J. and Chen, H. 2020. Changes in volatile compounds and microbial communities during koumiss fermentation. *LWT–Food Science and Technology* 130: 109698.

Korhonen, H. and Pihlanto, A. 2006. Bioactive peptides: Production and functionality. *International Dairy Journal* 16(9): 945–960.

Liu, W., Zhang, Y., Zhao, X., Wang, J. and Chen, H. 2023. Microbial diversity and metabolic characteristics of traditional koumiss: A review. *Foods* 12(5): 1024.

Marco, M.L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C.J., Cotter, P.D., Foligné, B., Gänzle, M., Kort, R., Pasin, G., Pihlanto, A., Smid, E.J., Hutkins, R. and Sanders, M.E. 2017. Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology* 44: 94–102.

Shiby, V.K. and Mishra, H.N. 2013. Fermented milks and milk products as functional foods: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53(5): 482–496.

Tamime, A.Y. and Robinson, R.K. 2007. *Tamime and Robinson's Yoghurt: Science and Technology*. 3rd ed. Woodhead Publishing, Cambridge, UK.

Walstra, P., Wouters, J.T.M. and Geurts, T.J. 2006. *Dairy Science and Technology*. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Zhang, X., Sun, Z., Zhang, J., Wang, Y. and Guo, X. 2021. Effects of fermentation conditions on physicochemical characteristics and microbial communities of koumiss. *Journal of Dairy Science* 104(8): 8574–8586.

กระทรวงสาธารณสุข. 2556. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556 เรื่อง นมเปรี้ยว**. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 130 ตอนพิเศษ 87 ง.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2560. **หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Good Manufacturing Practices: GMP)**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2564. **หลักการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP)**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.