บทที่ 5

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ ทางเคมี และคุณสมบัติของแป้งจากปลายข้าวเจ้า

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมีของแป้งจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวขาวตาแห้ง 17 และข้าวกข.25 ดังผลในตารางที่ 1 พบว่าแป้งจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์มีคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวเจ้า (มอก. 638-2529) คือมีความชื้นไม่เกิน 13.0% เถ้าไม่เกิน 0.50% และมีค่า pH อยู่ในช่วง 5.0-7.0 นอกจากนี้แป้งจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ ยังเป็นแหล่งของสารให้พลังงานและโปรตีน โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ คาร์โบไฮเดรท โปรตีน และไขมัน

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์อะมิโลสในแป้งจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ ในตารางที่2 พบว่าแป้งจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณอะมิโลสแตกต่างกัน โดยปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอะมิโลส 16.63% จัดอยู่ในประเภทข้าวอะมิโลสต่ำ คือ ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสน้อยกว่า 19% ปลายข้าวขาวตาแห้ง 17 มีปริมาณอะมิโลส 28.40% จัดอยู่ในประเภทข้าวอะมิโลสปานกลางค่อนข้างสูง คือ ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลส 25-29% และข้าวกข.25 มีปริมาณอะมิโลส 32.87% จัดอยู่ใน ประเภทข้าว อะมิโลสสูง คือ ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลส 29-34% (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2530) นอกจากปริมาณ อะมิโลสแล้ว ยังสามารถใช้ gelatinization temperature ในการแบ่งประเภทของข้าวด้วย โดยปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปลายข้าวขาวตาแห้ง 17 ซึ่งมี gelatinization temperature ที่อุณหภูมิ 67.5 °C และ 69.3 °C จัดอยู่ในประเภท low gelatinization temperature rice คือ ข้าวที่มี gelatinization temperature น้อยกว่า 69 °C ข้าวกข.25 ซึ่งมี gelatinization temperature ที่อุณหภูมิ 72.0 °C จัดอยู่ในประเภท medium gelatinization temperature rice คือ ข้าวที่มี gelatinization temperature อยู่ระหว่าง 70-74 °C (งามชื่น ดงเสรี, 2530) เนื่องจากการเกิด gelatinization ของแป้งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของน้ำแป้งในด้านความข้นหนืดซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อย่างมาก ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกใช้อุณหภูมิการให้ความร้อนเบื้องต้น ในช่วง 65 - 75 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิช่วงต่ำกว่า gelatinization temperature ช่วง gelatinization temperature และช่วงสูงกว่า

gelatinization temperature ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ และคงอุณหภูมิไว้เป็นเวลา 3 นาที (Lin และคณะ, 1988)

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์กราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ ดังในรูปที่ 6 และตารางที่3 ผลการทดลองพบว่าปริมาณอะมิโลสมีผลต่อ pasting temperature และ ค่า breakdown โดยแป้งจากปลายข้าวกข.25 ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสสูงที่สุด คือ 32.87% จะมี pasting temperature สูงสุดคือ 72.0 °C และมีค่า breakdown ต่ำสุดคือ 80 B.U. แป้งจากปลายข้าวขาวตาแห้ง 17 ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสรองลงมาคือ 28.4% มี pasting temperature และมีค่า breakdown รองลงมา คือ 69.3 °C และ 105 B.U. ตามลำดับ ส่วนแป้งจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสต่ำที่สุด คือ 16.63% จะมี pasting temperature ต่ำสุดคือ 67.5 °C และมีค่า breakdown สูงสุดคือ 355 B.U. ผลของปริมาณอะมิโลสที่มีต่อ pasting temperature และ ค่า breakdown เนื่องจากจากการศึกษาลักษณะการพองตัวของเม็ดแป้งจากธัญพืชชนิดต่างๆ โดย Tester และ Morrison (1990) พบว่าอะมิโลสเป็นองค์ประกอบที่พบมากบริเวณ crystalline region ของเม็ดแป้ง ซึ่งบริเวณ crystalline region นี้ เป็นบริเวณที่มีพันธะไฮโดรเจนมากทำให้โมเลกุลที่อยู่ในบริเวณนี้แข็งแรง แสดงว่าอะมิโลสเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของเม็ดแป้ง ดังนั้นแป้งที่มีปริมาณ อะมิโลสสูงจึงต้องใช้อุณหภูมิสูงในการทำลายพันธะไฮโดรเจน เพื่อให้เม็ดแป้งพองตัวค่า pasting temperature จึงสูง นอกจากนี้การที่เม็ดแป้งมีความแข็งแรงมากมีผลทำให้เสถียรภาพของเม็ดแป้งขณะพองตัวสูงค่า breakdown จึงมีค่าน้อย (Leach, 1965) จากผลการทดลองนอกจากปริมาณอะมิโลสจะมีผลต่อค่า pasting temperature และค่า breakdown แล้ว ยังมีผลต่อค่า setback ด้วย โดยแป้งจากปลายข้าวกข.25 ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสสูงที่สุด จะมีค่า setback สูงสุดคือ 432 B.U. แป้งจากปลายข้าวขาวตาแห้ง 17 ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสรองลงมา มีค่า setback รองลงมา คือ 395 B.U. ส่วนแป้งจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสต่ำที่สุด มีค่า setback ต่ำสุดคือ 340 B.U. ผลของปริมาณอะมิโลสต่อค่า setback เนื่องจาก setback เกิดขึ้นจากการจับตัวกันเองของโมเลกุลอะมิโลสขณะที่ลดอุณหภูมิของน้ำแป้งลง ดังนั้นเม็ดแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงโอกาสที่อะมิโลสจะจับตัวกันจึงมีมาก ความหนืดจึงเพิ่มขึ้นได้มาก (Leach, 1965)

เมื่อพิจารณาค่า peak viscosity พบว่า แป้งจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่านี้สูงที่สุด คือ 975 B.U. รองลงมาคือ แป้งจากปลายข้าวขาวตาแห้ง 17 มีค่า 755 B.U. และแป้งจากปลายข้าวกข.25 มีค่านี้ต่ำสุดคือ 680 B.U. โดยปริมาณโปรตีนในแป้งจะมีผลต่อค่า peak viscosity จากการศึกษาของ Juliano, Onate และ Mundo (1965) พบว่าโปรตีนจะขัดขวางการพองตัวของเม็ดแป้ง โดยจากการ

ศึกษาลักษณะของเม็ดแป้งและโปรตีนในเม็ดแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน พบว่า ลักษณะการขัดขวางการพองตัวของเม็ดแป้งเกิดจากการที่โปรตีนจะหุ้มอยู่รอบๆเม็ดแป้งทำให้น้ำซึมผ่านเข้าสู่เม็ดแป้งได้น้อยลง การพองตัวของเม็ดแป้งที่มีโปรตีนสูงจึงเกิดได้น้อยกว่าแป้งที่มีโปรตีนต่ำ นอกจากนี้โปรตีนที่หุ้มอยู่รอบๆเม็ดแป้งยังไปจำกัดขนาดเม็ดแป้งที่จะพองตัวได้ ดังนั้นข้าวที่มีปริมาณโปรตีนต่ำจึงมีค่า peak viscosity ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง คือแป้งจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนต่ำสุด คือ 5.96% จึงมีค่า peak viscosity สูงสุด

2 <u>การศึกษาหาสูตรและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า</u>

2.1 หาอัตราส่วนของ แป้ง ต่อ น้ำ และอุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้นที่เหมาะสม ในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าแต่ละพันธุ์

2.1.1 นำแป้งจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ มาแปรอัตราส่วน แป้ง : น้ำ เป็น 1:10 1:15 และ1:20 โดยน้ำหนัก และให้ความร้อนเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 65°C 70°C และ75°C ตามลำดับ เป็นเวลา 3 นาที

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของน้ำแป้งจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวขาวตาแห้ง 17 และข้าวกข. 25 ดังในตารางที่ 4 5 และ6 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนแป้ง : น้ำ และอุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้น มีผลต่อค่าเฉลี่ย ค่า pH ค่าความหนืด และค่าTSS อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลต่อค่า pH เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยของอัตราส่วนแป้ง:น้ำพบว่าเมื่อใช้อัตราส่วนแป้ง:น้ำเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย คือประมาณ 0.6% และเมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยของอุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้นพบว่า อุณหภูมิในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น ประมาณ 3 % ซึ่งจะเห็นได้ว่าอิทธิพลหลักส่วนใหญ่จะมาจากอุณหภูมิเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแป้งจะละลายได้ดีขึ้น และแม้ว่า pHจะเปลี่ยนแปลงไปแต่เปลี่ยนแปลงในช่วงแคบ และยังอยู่ในช่วง pH เป็นกลาง ซึ่งจากการทดลองของ Guerra และคณะ (1981) และการทดลองของ Lin และคณะ (1988) พบว่าเครื่องดื่มประเภทนมข้าวเจ้า (imitation rice milk) ที่ดีควรมี pH อยู่ในช่วง 6.2 -7.2 ผลต่อค่าความหนืดของน้ำแป้งจากปลายข้าวทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยของอัตราส่วนแป้ง:น้ำ พบว่าเมื่อปริมาณแป้งเท่าเดิม แต่ใช้น้ำเพิ่มขึ้น คืออัตราส่วนแป้ง:น้ำ เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความหนืดลดลง เนื่องจากน้ำแป้งมีความเข้มข้นลดลง และเมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยของอุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้นพบว่า อุณหภูมิในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากการให้ความร้อนแก่น้ำแป้งจะมีผลไปทำลายพันธะ

ไฮโดรเจนที่อยู่ระหว่างโมเลกุลในเม็ดแป้งในส่วนของ amorphous region โมเลกุลในเม็ดแป้งจะขยายตัวออก น้ำเข้าไปสร้างพันธะกับแป้งได้ เม็ดแป้งจะพองตัวขึ้น มีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อให้ความร้อนต่อไปที่อุณหภูมิสูงขึ้น ความร้อนจะไปทำลายพันธะไฮโดรเจนที่อยู่ระหว่างโมเลกุลในเม็ดแป้งในส่วนของ crystalline region ซึ่งในบริเวณนี้เป็นส่วนที่มีพันธะไฮโดรเจนอยู่หนาแน่น เมื่อพันธะไฮโดรเจนถูกทำลายมากขึ้นน้ำจะเข้าไปสร้างพันธะกับแป้งได้มากขึ้น แป้งพองตัวมากขึ้น ความหนืดจึงสูงขึ้น (Sterling, 1978) ผลต่อค่า TSS ของน้ำแป้งจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ จะมีผลสอดคล้องต่อค่าความหนืด คือเมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยของอัตราส่วนแป้ง:น้ำ พบว่าเมื่อปริมาณแป้งเท่าเดิม แต่ใช้น้ำเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า TSS ลดลง เนื่องจากน้ำแป้งมีความเข้มข้นลดลง และเมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยของอุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้นพบว่า อุณหภูมิในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า TSS เพิ่มขึ้น เนื่องจากเม็ดแป้งละลายน้ำที่อุณหภูมิปกติได้น้อย จะดูดน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนอุณหภูมิสูงขึ้นโมเลกุลของแป้งจะมีการสั่นอย่างรุนแรง บางส่วนของ intermolecular bond จะถูกทำลาย เกิดพันธะไฮโดรเจน กับโมเลกุลของน้ำที่อยู่รอบๆ ตัวมันเองทำให้แป้งละลายได้ดีขึ้น (Sterling, 1978) ดังนั้นค่า TSS จึงเพิ่มขึ้น เมื่อให้ความร้อนอุณหภูมิสูงขึ้น

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำแป้งจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ ในตารางที่ 7 8 และ9 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนแป้ง : น้ำ และอุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้น มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยการยอมรับต่อเนื้อสัมผัสด้านความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ใช้อัตราส่วนแป้ง : น้ำ 1:15 และ 1:10 (โดยน้ำหนัก) อุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้นที่ 65°C มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับสูงที่สุด และรองลงมาตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น โดยเมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยของอัตราส่วนแป้ง:น้ำ พบว่าเมื่ออัตราส่วนแป้ง:น้ำ เพิ่มขึ้น จาก1:10 เป็น 1:15 คือน้ำแป้งมีความเข้มข้นลดลง มีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มข้นเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออัตราส่วนแป้ง:น้ำ เพิ่มขึ้นจาก1:15 เป็น 1:20 มีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มข้นลดลง เนื่องจากน้ำแป้ง เจือจางมากเกินไป มีเนื้อแป้งน้อยซึ่งสอดคล้องกับผลทางกายภาพด้านความหนืดและTSS และเมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยของอุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้นพบว่า อุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้นเพิ่มขึ้นจาก65°C เป็น70°C และ75°C มีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มข้นลดลง เนื่องจากผู้ทดสอบให้เหตุผลว่าไม่ชอบให้น้ำแป้งมีความหนืดมาก ไม่เหมาะกับลักษณะในการเป็นเครื่องดื่ม ซึ่งสอดคล้องกับผลทางกายภาพด้านความหนืด เนื่องจากตัวอย่างที่ได้รับอุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้นเพิ่มขึ้น ความหนืดจะเพิ่มขึ้นดังนั้นใน

การทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกใช้อุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้นที่ 65°C และเนื่องจากตัวอย่างที่ใช้อัตราส่วนแป้ง : น้ำ 1:15 และ 1:10 (โดยน้ำหนัก) ซึ่งได้รับคะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านความเข้มข้นสูงที่สุด และรองลงมาตามลำดับ มีคะแนนการยอมรับอยู่ในช่วง ความเข้มข้นมาก หรือเจือจางมากเกินไปแต่ยังเป็นที่ยอมรับ (5-7) ซึ่งเป็นคะแนนที่ยังไม่ดี ดังนั้นเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่ดีมีคะแนนการยอมรับดีขึ้นใกล้เคียงกับที่ผู้ทดสอบต้องการมากที่สุด การทดลองในขั้นต่อไปจึงทำการทดลองโดยแปรอัตราส่วน แป้ง:น้ำ เป็น 1:10 1:11 1: 12 1:13 1:14 และ1:15 (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ และใช้ให้ความร้อนเบื้องต้นที่ 65°C เป็นเวลา 3 นาที

2.1.2 การทดลองโดยใช้อัตราส่วน แป้ง:น้ำ เป็น 1:10 1:11 1:12 1:13 1:14 และ 1:15 (โดยน้ำหนัก) และใช้อุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้นที่ 65°C เป็นเวลา 3 นาที

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของน้ำแป้งจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ ในตารางที่ 10 11 และ12 พบว่าอัตราส่วนแป้ง : น้ำมีผลต่อค่าเฉลี่ย ค่า pH ค่าความหนืด และค่าTSS อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วนแป้ง : น้ำเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแคบๆประมาณ 0.5% และยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ผลต่อค่าความหนืด และค่าTSSพบว่าเมื่อใช้อัตราส่วนแป้ง : น้ำเพิ่มขึ้น น้ำแป้งที่ได้จะมีค่าความหนืด และค่า TSS ลดลง เนื่องจากน้ำแป้งมีเนื้อแป้งน้อยลง คือมีความเข้มข้นลดลง

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านความเข้มข้นของน้ำแป้งจากปลายข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ดังในตารางที่ 13 14 และ15 พบว่าอัตราส่วนแป้ง : น้ำ มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยน้ำแป้งจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำแป้งจากปลายข้าวขาวตาแห้ง 17 ตัวอย่างที่ใช้อัตราส่วนแป้ง : น้ำ 1:14 (โดยน้ำหนัก) ได้รับคะแนนเฉลี่ยการยอมรับสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น คือ 8.27±0.80 และ 8.57±0.50 ตามลำดับ และน้ำแป้งจากปลายข้าว กข. 25 ตัวอย่างที่ใช้อัตราส่วนแป้ง : น้ำ 1:13 (โดยน้ำหนัก) มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น คือ 8.50±0.50 ซึ่งผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่ามีความเข้มข้นดี คะแนนการยอมรับที่ได้จะอยู่ในช่วงมีความเข้มข้นดีพอเหมาะกับผลิตภัณฑ์ เป็นที่ยอมรับ (8-10) การที่น้ำแป้งจากปลายข้าว กข. 25 ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดที่อัตราส่วนแป้ง : น้ำ ต่างจากข้าวอีก 2 พันธุ์ เนื่องจากแป้งจากปลายข้าว กข. 25 มีปริมาณอะมิโลสสูงกว่า เมื่อให้ความร้อนเบื้องต้นที่อุณหภูมิ และเวลาเท่ากัน อัตราส่วนแป้ง : น้ำ เดียวกัน น้ำแป้งจากปลายข้าว กข. 25 จะพองตัวได้น้อยที่สุด มีผลให้น้ำแป้งมีความหนืดต่ำสุด เนื่องจากอะมิโลสเป็นองค์ประกอบที่

พบมากบริเวณ crystalline region ของเม็ดแป้ง ซึ่งบริเวณนี้เป็นบริเวณที่เกิด electrostatic interaction มากระหว่างพันธะ ∝-1,4 ของเม็ดแป้ง ซึ่งแสดงว่าปริมาณอะมิโลสเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของเม็ดแป้ง ดังนั้นแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงกว่าจึงมีความแข็งแรงของเม็ดแป้งมากกว่า น้ำจึงเข้าไปในเม็ดแป้งได้ยากกว่า การพองตัวจึงเกิดได้น้อยกว่า (Fennema, 1996) น้ำแป้งจากปลายข้าว กข. 25 จึงใช้อัตราส่วนแป้ง : น้ำ 1:13 คือ ใช้ปริมาณแป้งมากกว่า เพื่อให้ได้น้ำแป้งที่เนื้อสัมผัสด้านความเข้มข้นใกล้เคียงกับน้ำแป้งจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำแป้งจากปลายข้าวขาวตาแห้ง 17 ที่ใช้อัตราส่วนแป้ง : น้ำ 1:14 ซึ่งสอดคล้องกับผลทางด้านความหนืด คือ น้ำแป้งจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำแป้งจากปลายข้าวขาวตาแห้ง 17 อัตราส่วนแป้ง : น้ำ 1:14 ให้ความร้อนเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 65°C 3นาที มีค่าความหนืด = 6.58 ± 0.12 cps. และ6.93 ± 0.00 cps. ตามลำดับ น้ำแป้งจากปลายข้าว กข. 25 อัตราส่วนแป้ง:น้ำ 1:13 มีค่าความหนืด = 6.40 ± 0.03 cps. ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Somchai Prabphavat (1989) พบว่าอัตราส่วนแป้ง:น้ำที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากข้าวเจ้าพันธุ์นางมลเอส 4 คือ 1:13 และเมื่อผ่านการให้ความร้อนเบื้องต้นได้ความหนืดประมาณ 6.75 cps. ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ขั้นต่อไปจะทำการทดลองโดยใช้อัตราส่วน แป้ง:น้ำ เป็น 1:14 (โดยน้ำหนัก) สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวขาวตาแห้ง 17 และ1:13 (โดยน้ำหนัก) สำหรับ ข้าวกข. 25

2.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการโฮโมจีไนส์ และพาสเจอร์ไรส์ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า

2.2.1 ศึกษาความดันที่เหมาะสมในการโฮโมจีไนส์ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า

การทดลองเลือกใช้ความดันที่ 1- 4 bar เนื่องจากเครื่อง Homogenizer (Microfluidics Corporation : model H5000) ที่ใช้ในการทดลองนี้มีความดันสูงสุดที่ 4 bar และต่ำสุดที่ 1 bar สามารถปรับความดันได้ทีละ 1 bar จากการทดลองเบื้องต้นได้ศึกษาการโฮโมจีไนส์ที่ความดัน 1-4 bar ความดันละ 1-8 รอบ พบว่าที่ทุกความดันเมื่อผ่าน Homogenizer ตั้งแต่ 4 รอบขึ้นไปมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้นออกสีเทาๆ ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงใช้เพียง 3 รอบ จากการที่เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านเครื่อง Homogenizer จำนวนรอบมากขึ้นมีผลทำให้มีสีคล้ำขึ้นเนื่องมาจากเครื่อง Homogenizer ประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นวาวล์ต่างๆที่ทำจากโลหะ การที่ของเหลวเคลื่อนที่ผ่านวาวล์ด้วยความเร็วและความดันสูงมีโอกาสเกิดการขัดสีกับโลหะทำให้เกิดสีคล้ำขึ้นได้ (Farrall, 1976)

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนืดของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า ในตารางที่ 16 พบว่าตัวอย่างเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าที่ไม่ผ่านการโฮโมจิไนส์ มีค่าความหนืดแตกต่างจากตัวอย่างที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ ที่สภาวะความดันต่างๆมีความหนืดไม่แตกต่างกัน เนื่องจากตัวอย่างเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าที่ไม่ผ่านการโฮโมจิไนส์ จะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ความหนืดไม่สม่ำเสมอซึ่งเห็นได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งสูงมาก เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ ดังผลการทดลองในตารางที่ 15

ผลด้านความคงตัว (colloidal stability) พบว่าตัวอย่างเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าที่ไม่ผ่านการโฮโมจิไนส์ จะไม่เป็นเนื้อเดียวกันและไม่คงตัวแยกเป็นชั้นของน้ำมัน และน้ำแป้งอย่างชัดเจน และตัวอย่างที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ โดยใช้ความดันสูงขึ้น มีความเป็นเนื้อเดียวกันและมีความคงตัวดีขึ้น เนื่องจากการโฮโมจิไนส์ จะมีผลทำให้เม็ดไขมัน (fat globule) มีขนาดเล็กลงมากขึ้น (Farrall, 1976) จากการที่เม็ดไขมันซึ่งเป็นส่วนของ dispersed phase (ส่วนที่กระจายตัว) มีขนาดเล็กลงเป็นผลให้การกระจายตัวไปในส่วนของ continuous phase (ส่วนที่อยู่นิ่ง) ดีขึ้น ทำให้อิมัลชันอยู่ตัวได้ดีขึ้น (Emery, 1953) การทดลองได้เก็บตัวอย่างสังเกตการเปลี่ยนแปลงด้านความคงตัวต่อไปอีกเป็นเวลา 14 วัน (ไม่ได้แสดงผล) พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ที่ความดัน 4 bar และ 1 bar ความดันละ 1 รอบ และตัวอย่างที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ที่ความดัน 4 bar และ 2 bar ความดันละ 1 รอบ ผ่านไป 14 วันยังไม่เกิดการแยกชั้นเป็นชั้นของน้ำมัน และตกตะกอนลงมาอย่างชัดเจน มีเพียงลักษณะเป็นครีมลอยขึ้นมาเล็กน้อย แสดงว่าตัวอย่างมีความคงตัวดี ตัวอย่างที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ที่ความดัน 3 bar และ 1 bar ความดันละ 1 รอบ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 14 วัน ยังไม่เกิดการแยกชั้นเป็นชั้นของน้ำมันมีเพียงลักษณะเป็นครีมลอยขึ้นมาเล็กน้อย แต่มีตะกอนตกลงมาปานกลาง ตัวอย่างที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ที่ความดัน 3 bar 3 รอบ ตัวอย่างที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ที่ความดัน 4 bar 3 รอบ และตัวอย่างที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ที่ความดัน 3 bar และ 2 bar ความดันละ 1 รอบ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 14 วัน ยังไม่เกิดการแยกชั้นเป็นชั้นของน้ำมันมีเพียงลักษณะเป็นครีมลอยขึ้นมาเล็กน้อย แต่มีตะกอนตกลงมาแยกเป็นชั้นอย่างชัดเจน ส่วนตัวอย่างที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ที่ความดัน 1 bar 3 รอบ และ ตัวอย่างที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ที่ความดัน 2 bar 3 รอบ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 14 วัน เกิดการแยกเป็นชั้นของน้ำมัน น้ำ และตะกอนแป้งอย่างชัดเจน แสดงว่าตัวอย่างมีความคงตัวไม่ดี จากผลการทดลองเห็นได้ว่าการโฮโมจิไนส์โดยใช้ความดัน 2 ระดับโดย โฮโมจิไนส์ที่ความดันสูงในครั้งแรก และลดความดันให้ต่ำลงในการโฮโมจิไนส์ครั้งที่ 2 ตัวอย่างจะมีความคงตัวดีกว่าการใช้ความดันเพียงระดับเดียว หรือความดัน 2 ระดับแต่เป็นระดับที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากการ

ใช้ความดันสูงในการโฮโมจิไนส์ครั้งแรกจะลดขนาดเม็ดไขมันให้มีขนาดเล็กลงซึ่งมีโอกาสทำให้เม็ดไขมันจับตัวกันเป็นกลุ่มมีรูปร่างคล้ายพวงองุ่นซึ่งเรียกว่า "fat cluster" การโฮโมจิไนส์ครั้งที่ 2 โดยลดความดันให้ต่ำลง ความดันต่ำนี้จะมีผลทำให้ fat cluster นั้นถูกแยกออก มีผลทำให้เม็ดไขมันเล็กๆ กระจายตัวใน continuous phase ได้ดีขึ้น อิมัลชันที่ได้จึงมีความคงตัวดี ส่วนการโฮโมจิไนส์โดยใช้ความดันเพียงระดับเดียวเม็ดไขมันมีโอกาสเกิด fat cluster ได้มาก เวลาผ่านไปเม็ดไขมันมีขนาดใหญ่ขึ้นการกระจายตัวในส่วนของ continuous phase จะด้อยลง ความคงตัวจึงด้อยกว่าการโฮโมจิไนส์โดยใช้ความดัน 2 ระดับ โดยใช้ความดันสูงในครั้งแรก และลดความดันให้ต่ำในครั้งที่ 2 (Emery, 1953)

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านเนื้อสัมผัสของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า พบว่าสภาวะความดันในการโฮโมจิไนส์ มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ที่ความดัน 4 bar และ 1 bar ความดันละ 1 รอบ ได้รับคะแนนเฉลี่ยการยอมรับสูงสุด เนื่องจากตัวอย่างมีความเป็นเนื้อเดียวกันดีเนื้อสัมผัสจึงดีด้วย สอดคล้องกับผลทางกายภาพและทางด้านความคงตัว การทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกใช้สภาวะในการโฮโมจิไนส์ที่ความดัน 4 bar และ 1 bar ความดันละ 1 รอบ

2.2.2 ศึกษาอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรส์ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า

การทดลองเลือกใช้การพาสเจอร์ไรส์แบบ LTST (Low Temperature Short Time) คือ พาสเจอร์ไรส์ที่ 63 °C เนื่องจากโดยทั่วไปการพาสเจอร์ไรส์นมจะทำที่อุณหภูมิ 63 °C 30 นาที และที่อุณหภูมิ 65 °C เนื่องจากจากการทดลองขั้นต้นพบว่าอุณหภูมิที่สูงกว่า 65 °C จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทำให้การยอมรับลดลง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนืดของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า ในตารางที่ 18 และ20 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิ และเวลาในการพาสเจอร์ไรส์ ไม่มีผลต่อค่าความหนืดอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่อิทธิพลของเวลาในการพาสเจอร์ไรส์มีผลต่อค่าความหนืดอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเวลาในการพาสเจอร์ไรส์เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ตัวอย่างมีความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากเวลาในการให้ความร้อนนานขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งคือ ความร้อนจะไปทำลายพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลแป้งในส่วนของ amorphous region น้ำสามารถเข้าไปทำพันธะกับเม็ดแป้งได้ เม็ดแป้งจะพองตัวขึ้น เมื่อให้ความร้อน

เป็นเวลานานขึ้นความร้อนจะไปทำลายทำลายพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลแป้งในส่วนของ crystalline region เม็ดแป้งพองตัวได้มากขึ้น ความหนืดจึงเพิ่มขึ้น (Fennema, 1996)

ผลการทดสอบทางจุลินทรีย์โดยการตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในตารางที่ 18 พบว่าการใช้อุณหภูมิ 63°C และ 65°C เป็นเวลา 10-30 นาที มีผลทำให้เครื่องดื่มมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 50,000 โคโลนี/มิลลิลิตร ซึ่งเป็นมาตรฐานของผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ (Frazier, 1974) ดังนั้นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 63°C และ 65°C เป็นเวลา 10-30 นาที จึงเพียงพอต่อการพาสเจอร์ไรส์ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส ในตารางที่ 18 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิ และเวลาในการพาสเจอร์ไรส์ มีผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่พาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 63°C และ 65°C เป็นเวลา 10 และ 15 นาที มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสสูงสุดไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนการยอมรับอยู่ในช่วงชอบมาก(8 คะแนน) การที่อุณหภูมิ และเวลาในการพาสเจอร์ไรส์ เพิ่มขึ้นมีผลทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงเนื่องจาก ตัวอย่างมีความหนืดเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาของ Guerra และคณะ (1981) และการศึกษาของ Lin และคณะ (1988) พบว่าเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากข้าวเจ้าควรมี ความหนืดประมาณ 15-20 cps. ดังนั้นจากผลการทดลองในตารางที่ 19 เห็นได้ว่าเมื่อเวลาในการพาสเจอร์ไรส์เพิ่มขึ้นมากกว่า 20 นาทีมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดสูงเกินกว่าระดับที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์จึงไม่เลือกใช้ จากผลการทดลองเลือกใช้อุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์ ที่ 65°C เป็นเวลา 15 นาที เนื่องจากได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสสูงสุด และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าการพาสเจอร์ไรส์ ที่ 63°C เป็นเวลา 10 และ15 นาที และที่ 65°C เป็นเวลา 10 นาที ซึ่งมีผลทางด้านความหนืด และทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่ามีปริมาณสูงกว่าซึ่งจะมีผลต่ออายุการเก็บจึงไม่เลือกใช้

ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า โดยในขั้นตอนการผลิตได้เติมน้ำตาลทรายในน้ำแป้ง ก่อนที่จะนำน้ำแป้งไปให้ความร้อนเบื้องต้น ซึ่งแตกต่างจากขั้นตอนการผลิต rice milk ของ Somchai Prabhavat (1989) เนื่องจาก จากการศึกษาของ Osman (1967) พบว่าน้ำตาลที่ความเข้มข้นสูง(ประมาณ 50%) จะมีผลไปลดการพองตัวของเม็ดแป้งในระหว่างการเกิด gelatinization โดยน้ำตาลจะแย่งน้ำจากแป้ง เนื่องจากน้ำตาลมีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่มากจึงดูดซับน้ำ

ได้ ดังนั้นปริมาณน้ำที่ทำให้เม็ดแป้งพองตัวจึงถูกจำกัดทำให้แป้งสุกยากขึ้น สังเกตจาก gelatinization temperature range จะกว้างขึ้น น้ำตาลที่ความเข้มข้นต่ำจะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งน้อยมาก โดยที่น้ำตาลเข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก จะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งเพียงเล็กน้อย เนื่องจากมีปริมาณน้ำในสารละลายมากเกินกว่าที่แป้งต้องการในการเกิด gelatinization (Osman, 1967) ในงานวิจัยนี้ใช้น้ำตาลทรายในช่วง 2-3% โดยน้ำหนักเท่านั้นจึงไม่น่าจะมีผลต่อการพองตัวของแป้ง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองเบื้องต้น พบว่าการเติมน้ำตาลทรายก่อนการให้ความร้อนเบื้องต้นที่ 65 °C 3 นาที หรือเติมหลังการให้ความร้อนเบื้องต้นในช่วงก่อนนำไปโฮโมจิไนส์ ให้ผลทางด้านความหนืด และทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่เติมน้ำตาลก่อนนำไปให้ความร้อนเบื้องต้นมีความหนืด 16.58±0.06 cps. และตัวอย่างที่เติมหลังการให้ความร้อนเบื้องต้นมีความหนืด 16.63±0.06 cps. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Triangle test ใช้ผู้ทดสอบแบบ semi-trained จำนวน 15 คน พบว่ามีผู้เลือกตัวอย่างที่แตกต่างได้ถูกต้องน้อยกว่า 9 คน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างที่ตรวจพบได้ระหว่างตัวอย่างทั้ง 2 ดังนั้นในงานวิจัยนี้ขั้นตอนการผลิตจึงเติมน้ำตาลในน้ำแป้ง ก่อนที่จะนำน้ำแป้งไปให้ความร้อนเบื้องต้น เนื่องจากสะดวกในการผลิตมากกว่าและสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่า

2.3 หาปริมาณน้ำตาลทราย และน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์

นำอัตราส่วนแป้ง:น้ำที่เหมาะสมสำหรับแป้งจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวขาวตาแห้ง 17 คือ 1:14 และ 1:13 (โดยน้ำหนัก) สำหรับข้าวกข.25 มาแปรปริมาณน้ำตาลทราย เป็น 2.0 2.5 และ3.0% (โดยน้ำหนัก) และปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองเป็น 2.0 3.0 และ 4.0% (โดยน้ำหนัก) โฮโมจิไนส์ที่ความดัน 4 bar และ 1 bar ความดันละ 1 รอบ พาสเจอร์ไรส์ ที่ 65°C เป็นเวลา 15 นาที

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ ในตารางที่ 21 23 และ25 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณน้ำตาลทราย และน้ำมันถั่วเหลือง ไม่มีผลต่อค่า pH อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และมี ค่าpH อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ แต่อิทธิพลร่วมดังกล่าวมีผลต่อ ค่าความหนืด และค่าTSS อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในด้านความหนืดเมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของน้ำตาลทรายพบว่าเมื่อใช้ปริมาณน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำตาลทรายเป็นน้ำตาลซูโครส สามารถละลายน้ำ ทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น (Mathlouthi และ Kasprzyk, 1984) และเมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของน้ำมันถั่วเหลืองพบว่าเมื่อใช้ปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากน้ำมันถั่วเหลือง เป็นสารโพลิเมอร์ที่มีความหนืด (Friberg, 1976) เมื่อนำเครื่องดื่มมาผ่าน

การโฮโมจิไนส์ จะทำให้เม็ดไขมันมีขนาดเล็กลงกระจายตัวใน continuous phase ได้ดีขึ้น ดังนั้นการใช้น้ำมันถั่วเหลืองในปริมาณมากขึ้นมีผลทำให้มีปริมาณเม็ดไขมันกระจายตัวใน continuous phase มากขึ้นความหนืดจึงเพิ่มขึ้น ผลต่อค่า TSS เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำตาลทราย พบว่าเมื่อใช้ปริมาณน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า TSS เพิ่มขึ้นเนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลทรายละลายมากขึ้น และเมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำมันถั่วเหลือง พบว่าเมื่อใช้ปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นมีผลต่อค่า TSS น้อยมาก เพียง 0.1 Brix เนื่องจากน้ำมันถั่วเหลืองจัดเป็นสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายในน้ำ (Friberg, 1976)

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความหวานของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำตาลทราย ดังในตารางที่ 33 34 และ35 พบว่าตัวอย่างของ เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ คือข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวขาวตาแห้ง 17 และข้าวกข .25 ที่ใช้ปริมาณน้ำตาลทราย 2.5% มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น คือ 8.49±0.38 8.58±0.41 และ 8.61±0.38 ตามลำดับ คะแนนการยอมรับที่ได้จะอยู่ในช่วงมีความหวานอร่อยพอเหมาะเป็นที่ยอมรับ (8-10) ซึ่งผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่ามีความหวานกำลังดี ไม่หวานมาก หรือน้อยไป ด้านความมันของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองดังในตารางที่ 36 37 และ38 พบว่าตัวอย่างของ เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ คือข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวขาวตาแห้ง 17 และ ข้าวกข.25 ที่ใช้ปริมาณน้ำมันถั่วเหลือง 3% มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น คือ 8.21±0.38 8.54±0.66 และ 8.53±0.63 ตามลำดับ คะแนนการยอมรับที่ได้จะอยู่ในช่วงมีความมันอร่อยเป็นที่ยอมรับ(8-10) ซึ่งผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่ามีความมันกำลังดี ถ้าเพิ่มปริมาณน้ำมันเป็น 4 %จะรู้สึกเลี่ยน และมีลักษณะbody ของไขมันมาก และที่ปริมาณน้ำมัน 2% ตัวอย่างจะมีความมันน้อยเกินไป ด้านความข้นของผลิตภัณฑ์ พบว่าตัวอย่างของ เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ ที่ใช้ปริมาณน้ำตาลทราย 2.5% และน้ำมันถั่วเหลือง 3% มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นเมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของน้ำตาลทราย คือ 6.74± 1.86 7.30±1.11 และ 7.34±1.12 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของน้ำมันถั่วเหลือง คือ 8.29± 0.43 7.38±0.97 และ 7.46±0.99 ซึ่งคะแนนความข้นนี้จะสัมพันธ์กับความหนืดด้วยโดย เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ ที่ใช้ปริมาณน้ำตาลทราย 2.5% และน้ำมันถั่วเหลือง 3% มีค่าความหนืด 10.27±0.18 cps. 10.18±0.07 cps. และ 10.18±0.16 cps. ตามลำดับ ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่ามีความข้นกำลังดี ด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าตัวอย่างของ เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ ที่ใช้ปริมาณน้ำตาลทราย 2.5% และน้ำมันถั่วเหลือง 3%

มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น คือ 8.57±0.46 8.33±0.56 และ 8.50±0.38 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนความชอบรวมนี้จะสัมพันธ์กับคะแนนความชอบทางด้านความหวาน ความมัน และความข้นด้วย ดังนั้นขั้นต่อไปจะทำการทดลองโดยใช้ปริมาณน้ำตาลทราย 2.5% และน้ำมันถั่วเหลือง 3% สำหรับข้าวทั้ง 3 พันธุ์

2.4 คัดเลือกพันธุ์ข้าวเจ้าที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า

นำเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า 3 พันธุ์ ได้แก่ ปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปลายข้าวขาวตาแห้ง 17 และปลายข้าวกข. 25 โดยใช้อัตราส่วนแป้ง:น้ำ = 1:14 (โดยน้ำหนัก) สำหรับแป้งจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวขาวตาแห้ง 17 และ 1:13 (โดยน้ำหนัก) สำหรับข้าวกข.25 เติมน้ำตาลทราย 2.5% และน้ำมันถั่วเหลือง 3.0% (โดยน้ำหนัก) โฮโมจิไนส์ที่ความดัน 4 bar และ 1 bar ความดันละ 1 รอบ พาสเจอร์ไรส์ ที่ 65°C เป็นเวลา 15 นาที ทำให้เย็น บรรจุขวด ปิดฝา และเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4-6°C ประเมินผลดังนี้

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีในตารางที่ 39 พบว่าเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าเฉลี่ยของค่า pH ค่าความหนืด และค่า TSS ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากอัตราส่วนแป้ง:น้ำ ที่ใช้สำหรับแป้งจากปลายข้าวเจ้าพันธุ์ กข.25ไม่เท่ากัน และ แป้งจากปลายข้าวแต่ละพันธุ์มีปริมาณอะมิโลส ไม่เท่ากัน gelatinization temperature แตกต่างกันมีผลให้การละลาย และการพองตัวของแป้งแตกต่างกัน โดยแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ และเวลาเท่ากัน จะสามารถละลายน้ำ และพองตัวได้น้อยกว่าแป้งที่มีอะมิโลสต่ำ (Fennema, 1996) มีผลทำให้เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าเฉลี่ยของค่า pH ความหนืด และ TSS แตกต่างกัน

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในตารางที่ 40 ด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ พบว่าเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้คะแนนความชอบสูงสุด คือ 8.13±0.99 ส่วนเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวขาวตาแห้ง 17 และข้าวกข.25 ได้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ 6.53±1.68 และ 6.13±1.55 ตามลำดับ ซึ่งผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าตัวอย่างที่ผลิตจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีกลิ่นหอมของผลิตภัณฑ์ในขณะบริโภค ส่วนตัวอย่างที่ผลิตจากข้าวขาวตาแห้ง 17 และข้าวกข.25 จะมีกลิ่นแป้งอับๆ ไม่หอม กลิ่นหอมของข้าวเกิดจาก ข้าวมีสาร 2-acetyl-1-pyrroline ซึ่งข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จะมีสารนี้มากกว่าข้าว

พันธุ์อื่นจึงมีกลิ่นหอมมากกว่า (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2530) ด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าตัวอย่างของ เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้คะแนนความชอบสูงสุด คือ 8.07±0.70 ส่วนตัวอย่างที่ผลิตจาก ข้าวขาวตาแห้ง 17 และข้าวกข.25 ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ 7.07±1.16 และ 6.73±1.55 ตามลำดับ ซึ่งผู้ทดสอบให้เหตุผลว่าในด้านเนื้อสัมผัสนี้แยกความแตกต่างได้ค่อนข้างยาก แต่ตัวอย่างที่ผลิตจาก ข้าวขาวตาแห้ง 17 และข้าวกข.25 จะมีลักษณะเป็นแป้งมากกว่าเล็กน้อย เนื่องจากเม็ดแป้งมีปริมาณอะมิโลสสูงกว่าและเกิดการพองตัวได้น้อยกว่าแป้งจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลทางด้านกายภาพประกอบจะเห็นได้ว่าให้ผล ที่สอดคล้องกันเนื่องจากเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าทั้ง 3 พันธุ์ มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ใกล้เคียงกัน ในด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าตัวอย่างของ เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุด คือ 8.33±0.62 ส่วนตัวอย่างที่ผลิตจาก ข้าวขาวตาแห้ง 17 และข้าวกข.25 ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ 6.47±0.99 และ 6.60±1.12 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบในด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสด้วยแล้วสรุปได้ว่าให้ผลที่สอดคล้องกัน และเมื่อพิจารณาด้านปริมาณการเพาะปลูกและความนิยมในการบริโภคประกอบด้วย พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่มีปริมาณการเพาะปลูกมากที่สุดถึง 15% ของพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งหมด และเป็นข้าวที่นิยมบริโภคมากที่สุด (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2530) ทำให้การจัดหาไม่ลำบาก ดังนั้นขั้นต่อไปจะทำการทดลองโดยเลือกใช้ ปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นวัตถุดิบในการผลิต

3. <u>ศึกษาปริมาณของ โซเดียมเคซีนเนต ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ</u>

นำเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวสูตรที่ผลิตจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากการทดลองข้อ 2.4 มาแปรปริมาณโซเดียมเคซีนเนตเป็น 4 ระดับ คือ 2.0% 2.5% 3.0% และ3.5% (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าที่ไม่เติมโซเดียมเคซีนเนต

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีในตารางที่ 41 พบว่าปริมาณโซเดียมเคซีนเนตไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของค่า pH และไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ไม่เติมโซเดียมเคซีนเนต อย่างมีนัยสำคัญ และอยู่ในช่วง pH เป็นกลางเหมาะสมต่อการทำงาน และการละลายของโซเดียมเคซีนเนต (Fennema, 1996) ผลต่อความหนืด และTSS พบว่าปริมาณโซเดียมเคซีนเนตมีผลต่อ ค่าความหนืด และTSS อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อใช้ปริมาณโซเดียมเคซีนเนตเพิ่มขึ้น ค่าความหนืด และ

ค่า TSS จะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากโซเดียมเคซีนเนต ละลายน้ำได้ดี และมีผลเปลี่ยนแปลงความหนืด (Fennema, 1996)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าในตารางที่ 43 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณโซเดียมเคซีนเนตเพิ่มขึ้นจะมีผลให้เครื่องดื่มมีปริมาณโปรตีนเพิ่มมากขึ้น โดยตัวอย่างที่ไม่ได้เติมโซเดียมเคซีนเนต จะมีปริมาณโปรตีนต่ำมากเพียง 0.01% เนื่องจากแป้งจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ105 มีโปรตีนต่ำเพียง 6.22% และใช้ในปริมาณน้อยเพียง 8% เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ และจากข้อแนะนำของ United Nation Protein Advisory Group (PAG, 1972) กำหนดว่าผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม(imitation milk) ที่ดี ควรมีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่า 2.5% (w/w) ดังนั้นการเติมโซเดียมเคซีนเนตในเครื่องดื่มตั้งแต่ 3% ขึ้นไปจะทำให้ได้เครื่องดื่มเลียนแบบนมที่มีปริมาณโปรตีนมากกว่า 2.5% (w/w) นอกจากนี้โปรตีนที่มีอยู่ในปลายข้าวเจ้าจัดเป็นโปรตีนชนิดไม่สมบูรณ์ เนื่องจากขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นคือ lysine (สมชาย ประภาวัต, 2523) การเติมโซเดียมเคซีนเนต ซึ่งเป็นโปรตีนที่ได้จากน้ำนมวัวและมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วน มีchemical score สูงกว่า 100 เมื่อเทียบกับมาตรฐานของ FAO/WHO ปี 1973 จะทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้ามี lysine ในปริมาณที่ดีขึ้น

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในตารางที่ 44 ด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ พบว่าเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าที่ใช้ปริมาณโซเดียมเคซีนเนต 2.5% และ 3.0% ได้คะแนนความชอบสูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ 8.67 ± 0.52 และ8.17± 0.70 ตามลำดับ ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่า กลิ่นรสของตัวอย่างแต่ละตัวอย่างไม่แตกต่างกันมาก แต่ตัวอย่างที่ใช้ปริมาณโซเดียมเคซีนเนตเพิ่มขึ้นจะมีกลิ่นรสดีขึ้น แต่ที่ระดับ 3.5% คะแนนการยอมรับจะลดลงเนื่องจากผู้ทดสอบให้เหตุผลว่ามีกลิ่นรสคล้ายกับ กลิ่นนมที่ overcook ซึ่งไปกลบกลิ่นรสของข้าว ด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าตัวอย่างเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวที่ใช้ปริมาณโซเดียมเคซีนเนต 2.5% 3.0% และ 3.5% ได้คะแนนความชอบสูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ 8.53 ± 0.40 8.20± 0.70 และ8.13± 0.64 ตามลำดับ ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่า เนื้อสัมผัสของตัวอย่างแต่ละตัวอย่างไม่ค่อยแตกต่างกัน แต่ตัวอย่างที่ใช้โซเดียมเคซีนเนตจะให้เนื้อสัมผัส (mouth feel) ดีขึ้น เนื้อสัมผัสมี creamy มากขึ้น ในด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าตัวอย่างของ เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวที่ใช้ปริมาณโซเดียมเคซีนเนต 2.5% และ 3.0% ได้คะแนนความชอบสูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ 8.67 ± 0.31 และ8.27± 0.59 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนความชอบรวมนี้มีผลสอดคล้องกับคะแนนความชอบกลิ่นรส และเนื้อสัมผัส

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยด้านประสาทสัมผัส พบว่าตัวอย่างที่เติมโซเดียมเคซีนเนต 2.5% และ 3.0% ได้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทั้ง 3 ค่าสูงที่สุดไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณโปรตีนที่มีในตัวอย่างร่วมด้วยแล้ว ตัวอย่างที่เติมโซเดียมเคซีนเนต 3.0% จะทำให้เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวที่ได้มีปริมาณโปรตีน 2.79% ซึ่งเหมาะสมตามคำแนะนำของ PAG (1972) จึงเลือกเติมโซเดียมเคซีนเนต 3.0% ในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า

4. ศึกษาปรับปรุงลักษณะปรากฏด้านความคงตัวของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า โดยใช้สาร emulsifiers และ stabilizers

4.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีส่วนที่ลอยแยกชั้น และ ตะกอน

นำตัวอย่างเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าที่เติมโซเดียมเคซีนเนต 3.0% ไป centrifuge โดยใช้ความเร็ว 7,000 rpm. และนำส่วนที่ลอยแยกชั้น และตะกอนมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของส่วนที่ลอยแยกชั้น ในตารางที่ 45 พบว่าส่วนใหญ่ประกอบด้วยไขมัน 75.28% และโปรตีน 15.23% จึงทดลองใช้สาร emulsifiers พวก mono-diglycerides of fatty acids เนื่องจากสารนี้มีคุณสมบัติเสริมการทำงานของโซเดียมเคซีนเนต และนิยมใช้กันมากในผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมที่มีการเสริมโปรตีนโดยเติมโซเดียมเคซีนเนต (Graham, 1977) ตะกอนส่วนใหญ่ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรท 63.06% และโปรตีน 25.12% จึงทดลองใช้สาร stabilizers ที่มีองค์ประกอบหลักเป็น carrageenan เนื่องจาก carrageenan เป็น strongly charged anionic polyelectrolyte มีคุณสมบัติในการทำปฏิกิริยากับอนุภาคของโมเลกุลอื่นๆ เกิดเป็นสารประกอบที่อยู่ตัวได้ (Glicksman, 1969)

4.2 ศึกษาชนิด และปริมาณสาร emulsifiers และ stabilizers ที่เหมาะสมในการปรับปรุงลักษณะปรากฏด้านความคงตัวของผลิตภัณฑ์

นำตัวอย่างเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าที่เติมโซเดียมเคซีนเนต 3.0% มาปรับปรุงลักษณะปรากฏด้านความคงตัวโดยการเติมสาร emulsifiers และ stabilizers (ซึ่งทำให้ละลายแล้ว) ใน

ช่วงก่อนนำไปโฮโมจิไนส์ โดยที่ใช้ในการทดลองนี้มี 2 ชนิด ได้แก่ RECODAN-RS VEG® และRECODAN-CM VEG® ศึกษาเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่เติม

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ในตารางที่ 46 และ48 พบว่าปริมาณ RECODAN-RS VEG® และRECODAN-CM VEG® ต่างกันไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของค่า pH และไม่แตกต่างจากที่ไม่เติมอย่างมีนัยสำคัญ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อความหนืด และTSS อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อใช้ปริมาณ สาร 2 ชนิดนี้เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความหนืด และ ค่า TSS เพิ่มขึ้น เนื่องจากสาร emulsifiers และ stabilizers ทั้ง 2 ชนิดนี้มีส่วนประกอบของสารประเภท hydrocolloid ประเภท gum มีโครงสร้างเป็น long chain polymer ซึ่งเป็น complex polysaccharide ที่สามารถละลายน้ำ หรือกระจายตัวได้ในน้ำ และสามารถให้คุณสมบัติที่เป็น thickening หรือ viscosity building ได้ โดยเฉพาะ guar gum ซึ่งมีคุณสมบัติดูดน้ำ และอยู่ในสภาพคอลลอยด์ที่มีความหนืด มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืด และTSSเพิ่มขึ้น (Graham, 1977)

ผลการวิเคราะห์ความคงตัวของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้าโดย วิธีการ centrifuge โดยใช้ความเร็ว 7,000 rpm. เป็นเวลา 5 นาที และวิธีการตั้งทิ้งไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4-6°C สังเกตบันทึกผลเปรียบเทียบเป็นเวลา 7 วัน

การทดลองโดยใช้ RECODAN-RS VEG® และ RECODAN-CM VEG® ภายหลังการ centrifuge ดังผลในตารางที่ 50 และ52 พบว่าการใช้ RECODAN-RS VEG® ปริมาณเพิ่มขึ้น มีผลไปลดปริมาณของส่วนที่ลอยแยกชั้น และตะกอนให้น้อยลง ส่วนการใช้ RECODAN-CM VEG® ปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลไปลดปริมาณส่วนที่ลอยแยกชั้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณตะกอน ผลกการตั้งทิ้งไว้สังเกตผลเปรียบเทียบเป็นเวลา 7 วัน ในตารางที่ 51 และ53 พบว่าการใช้สาร 2 ชนิดนี้ปริมาณ เพิ่มขึ้น มีผลทำให้เครื่องดื่มเกิดการแยกชั้น และตกตะกอนช้าลง ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดีขึ้น เนื่องจากผลการวิเคราะห์ในข้อ 4.1 พบว่าส่วนที่ลอยแยกชั้นประกอบด้วย ไขมัน และโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ การที่สาร 2 ชนิดนี้ ประกอบด้วย mono-diglycerides of fatty acids ซึ่งมีคุณสมบัติ ไปเพิ่ม functional activity ของ โซเดียมเคซีนเนต โดยโซเดียมเคซีนเนต และ mono-diglycerides จะไปจับกันเป็นสารประกอบเชิงซ้อน มีผลทำให้ฟิล์มรอบๆเม็ดไขมันมีความแข็งแรงขึ้น ลดอัตราการเกิด globule coalescence (เม็ดไขมัน 2 เม็ด มารวมกันทำให้เม็ดไขมันมีขนาดใหญ่ขึ้น) ซึ่งมีผลให้ลดการแยกตัวของไขมันออกจากผลิตภัณฑ์ (Kako, 1984) นอกจากนี้ carrageenan ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น strongly charged anionic polyelectrolyte สามารถทำปฏิกิริยากับอนุภาคของโมเลกุลอื่น เกิดเป็นสารประกอบที่อยู่ตัว ทำให้สามารถจับกับไขมัน ทำให้ไขมันอยู่ตัว (Graham, 1977) sodium alginate

และ guar gum ยังมีคุณสมบัติไปเพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยลดการแยกตัวของไขมัน เนื่องจากความแตกต่างของค่า specific gravity ระหว่างน้ำ กับ ไขมัน (Glicksman, 1969) RECODAN-RS VEG® มีผลไปลดปริมาณตะกอน และทำให้เครื่องดื่มตกตะกอนช้าลง เนื่องจากผลการวิเคราะห์ในข้อ 4.1 พบว่าตะกอนส่วนใหญ่ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรท และโปรตีน จากคุณสมบัติของ carrageenan และ sodium alginate ซึ่งเป็นสาร polyelectrolyte ทำให้สามารถ stabilize คาร์โบไฮเดรท และโปรตีน โดย carrageenan จะทำปฏิกิริยากับ โซเดียมเคซีนเนตเกิดเป็น thioxotropic gel อย่างอ่อน ทำให้เพิ่มคุณสมบัติในการไหล และแขวนลอย แป้งจึงเกิดการกระจายตัวในเครื่องดื่มได้อย่างสม่ำเสมอ (การเกิด thioxotropic gel เป็นการจับตัวระหว่างประจุลบ ของหมู่ซัลเฟตอิสระของ carrageenan กับประจุบวกของเคซีนเนตในสภาพ pH ที่เป็นกลาง) (FMC Corporation and North Carolina State University, 1992)

จากการทดลองดังในตารางที่ 49 - 52 เห็นได้ว่า RECODAN-RS VEG® ที่ปริมาณการใช้เท่ากัน จะมีประสิทธิภาพการทำงานดีกว่า RECODAN-CM VEG® ในการลดปริมาณการแยกชั้น การตกตะกอน และทำให้เครื่องดื่มมีความคงตัวได้นานขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก carrageenan ที่มีอยู่ใน RECODAN-CM VEG® อาจมีปริมาณในสูตรน้อยกว่า หรืออาจมี% carrageenan แต่ละชนิดไม่เท่ากับที่มีใน RECODAN-RS VEG® นอกจากนี้ RECODAN-RS VEG® ยังมีส่วนประกอบของ sodium alginate ในสูตร ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น polyelectrolyte เสริมการทำงานของ carrageenan ในการทำปฏิกิริยากับ ไขมัน คาร์โบไฮเดรท และโปรตีน ทำให้การแยกชั้นของไขมันลดลง และช้าลง และมีผลทำให้ปริมาณตะกอนลดลง และตกตะกอนช้าลง (Graham, 1977) ในการทดลองนี้เลือกใช้ RECODAN-RS VEG® ที่ปริมาณ 0.18% ในการปรับปรุงลักษณะปรากฏด้านความคงตัวของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสามารถทำให้ เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้ามีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน และไม่แยกชั้นเมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน และยังคงตัวดีเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน

5. <u>ศึกษาคุณสมบัติในด้านต่างๆผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า</u>

นำเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวที่ผลิตโดยใช้แป้งจากปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 อัตราส่วนแป้ง:น้ำ = 1:14 (โดยน้ำหนัก) เติมโซเดียมเคซีนเนต 3.0% น้ำตาลทราย 2.5% น้ำมันถั่วเหลือง 3.0% และ RECODAN-RS VEG® 0.18% (โดยน้ำหนัก) โฮโมจิไนส์ที่ความดัน 4 bar และ 1 bar ความดันละ 1 รอบ พาสเจอร์ไรส์ ที่ 65°C เป็นเวลา 15 นาที ทำให้เย็น บรรจุขวด ปิดฝา และเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4-6°C มาศึกษาในด้านต่างๆ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวในตารางที่ 54 พบว่ามี pH = 6.97 ± 0.01 %TAA= 0.018 ค่าความหนืด = 15.01 ± 0.03 ค่าTSS = 9.00 ซึ่งเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Guerra และคณะ (1981) และการศึกษาของ Lin และคณะ (1988) รวมทั้ง Non-dairy rice drink ที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยบริษัท Don Jose Foods ซึ่งได้ผลว่าเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากข้าวเจ้าควรมี pH ประมาณ 6.2-7.2 ความหนืดประมาณ 15-20 cps. และ ค่า TSS ประมาณ 9-12 °Brix ผลิตภัณฑ์มีค่าสีคือ ค่า L = 80.67 ± 0.05 ค่า a = -0.99 ± 0.02 และค่า b = 0.74 ± 0.01 เป็นสีที่ผู้ทดสอบยอมรับและมีคะแนนการยอมรับอยู่ในช่วงชอบมาก

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า ในตารางที่ 55 พบว่าประกอบด้วย โปรตีน 2.79% ไขมัน 2.28% และคาร์โบไฮเดรท 6.84% ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม ตามข้อแนะนำของ PAG (1972) กำหนดว่าผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม ที่ดี ควรมีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่า 2.5% (w/w) ไขมันไม่ต่ำกว่า 2.5% (w/w) และคาร์โบไฮเดรท ไม่ต่ำกว่า 5.00%(w/w) โดยโปรตีนในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวในงานวิจัยนี้จัดว่าสมบูรณ์เนื่องจากมีการเสริมโปรตีนจากนม คือ โซเดียมเคซีนเนต ไขมันในเครื่องดื่มนี้แม้ว่าจะมีปริมาณ < 2.5% แต่ไขมันส่วนใหญ่มาจากน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งเป็นน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (polyunsaturated fatty acid) ถึง 89% โดยมีกรดไขมันชนิดจำเป็น (essential fatty acid) คือ กรดไลโนเลอิค (linoleic acid) 60% และกรดโอเลอิค (oleic acid) 29% (กุลยา จันทร์อรุณ, 2523) ไขมันในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวในงานวิจัยนี้ จึงจัดว่ามีคุณค่าทางโภชนาการดี

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวในตารางที่ 56 ในด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่ามีคะแนนการยอมรับ ด้านกลิ่นรส = 8.43 ± 0.51 ด้านเนื้อสัมผัส = 8.70 ± 0.32 และด้านความชอบรวม = 8.87 ± 0.62 ซึ่งเป็นคะแนนในช่วงชอบมาก เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะตรงตามความต้องการของผู้ทดสอบ นอกจากนี้การใช้ RECODAN-RS VEG® นอกจากทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดีขึ้นแล้ว ยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสดีขึ้น เนื่องจากมีส่วนประกอบของสารประเภท hydrocolloids ซึ่งมีผลไปเพิ่มความข้นหนืดให้กับผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มี mouth feel ดีขึ้น และลด watery mouth feel (Graham, 1977)

6. ศึกษาชนิดของสารแต่งกลิ่นและปริมาณสีที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์

นำเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้ามาแปรชนิดของสารแต่งกลิ่นที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ ตามที่ระบุโดยบริษัทผู้ผลิต และแปรปริมาณสารแต่งสี ให้เหมาะสมกับกลิ่น ดังนี้

6.1 เลือกชนิดของสารแต่งกลิ่นที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ โดยสารแต่งกลิ่นที่ใช้ได้แก่ Milk ID 9088® (กลิ่นวนิลา) Milk ID 9299® (กลิ่นคาราเมล) Strawberry Lab 16875® (กลิ่นสตรอเบอรี่) และ Chocolate ID 9010® (ช็อกโกแลต) ในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับกลิ่นแต่ละประเภท เปรียบเทียบกับที่ไม่ได้เติมสารแต่งกลิ่น

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในตารางที่ 57 ด้านความชอบด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ พบว่ากลิ่นสตรอเบอรี่ ได้รับคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบสูงที่สุด คือ 8.53 ± 0.52 และอยู่ในช่วงชอบมาก (8 คะแนน) โดยผู้ทดสอบให้เหตุผลว่ามีกลิ่นรสที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรองลงมาและอยู่ในช่วงชอบมาก คือ กลิ่นรสธรรมชาติ(ไม่ได้ปรุงแต่งกลิ่น) คือ 8.07 ± 0.68 ดังนั้นจึงเลือก 2 ตัวอย่างนี้ในการทดลองขั้นต่อไป

6.2 นำกลิ่นที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด จากข้อ 6.1 ซึ่งในการทดลองนี้ คือ กลิ่นสตรอเบอรี่ มาแปรปริมาณสีที่สอดคล้องกัน ในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อเลือกใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ โดยสีที่ใช้คือ สี FD & C Red No.3 ชนิด เหลวเข้มข้น 5% แปรปริมาณในช่วง 0.2-0.5 กรัมต่อผลิตภัณฑ์ 500 มิลลิลิตร

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวัดค่าสี ในตารางที่ 58 พบว่าเมื่อใช้สี FD & C Red No.3 ในปริมาณมากขึ้นมีผลให้ค่า L (ความสว่าง) และค่า b (ค่าสีเหลือง) ลดลง ขึ้นส่วนค่า a (ค่าสีแดง) เพิ่มขึ้น เนื่องจาก สี FD & C Red No.3 ให้สีแดง ทำให้ตัวอย่างมีสีแดงเข้มขึ้น

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ในตารางที่ 58 พบว่าตัวอย่างที่ใช้สี FD & C Red No.3 0.3กรัม ต่อ 500 มล. ได้รับคะแนนความชอบด้านสีสูงที่สุด คือ 8.10 ± 0.43 เนื่องจากตัวอย่างมีสีชมพูอ่อนเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ปริมาณสีน้อยลงหรือเพิ่มขึ้นจากนี้ คะแนนการยอมรับจะลดลงเนื่องจากเครื่องดื่มมีสีอ่อนไป หรือเข้มเกินไป ดังนั้น

จึงเลือกใช้ปริมาณสี FD & C Red No.3 0.3กรัม ต่อ 500 มล. ในการแต่งสีของผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้ารสสตรอเบอรี่

7. ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้ารสธรรมชาติ และรสสตรอเบอรี่ ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 15 นาที และเก็บรักษาในขวดแก้วฝาเกลียวขนาดบรรจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4-6°C ตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุกวันเปรียบเทียบผลเป็นเวลา 7 วัน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้ารสธรรมชาติ และรสสตรอเบอรี่ ในตารางที่ 59 และ61 พบว่าระยะเวลาในการเก็บ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าpH %TAA และค่าความหนืด อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลต่อ pH และ %TAA พบว่าเมื่อเวลาในการเก็บนานขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มี ค่าpH ลดลง และ%TAA เพิ่มขึ้น คือ ผลิตภัณฑ์มีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความร้อนในการพาสเจอร์ไรส์ สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งอาจทำให้มีสปอร์ของจุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ชนิดที่ทนความร้อนได้ดีสามารถรอดชีวิตได้ คือ จุลินทรีย์ ประเภท Lactic acid bacteria และ Thermophillic bacteria จุลินทรีย์พวกนี้จะเจริญเติบโต สามารถผลิตกรดแลคติค และกรดบิวทีริค (Jay, 1978) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ค่าความหนืด ลดลงอาจเนื่องมาจาก จุลินทรีย์มีการนำสารอาหารต่างๆที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำตาล แป้ง โซเดียมเคซีนเนต ไปใช้ในการเจริญเติบโต

ผลการวัดค่าสี ในตารางที่ 63 และ64 พบว่าเมื่อเวลาการเก็บผ่านไป 7 วัน สีของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 รส ไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากอายุการเก็บสั้นจึงยังไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง และสีที่ใช้ในการแต่งสี คือสี FD & C Red No.3 เป็นสีสังเคราะห์ซึ่งมีความคงตัวดี (Walford, 1984) จึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ผลการตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ในตารางที่ 67 จากงานวิจัยพบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บตั้งแต่วันที่ 6 ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 รส จะมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานของนมพาสเจอร์ไรส์ คือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต้องไม่มากกว่า 50,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง (Frazier, 1974) ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บค่อนข้างสั้นเนื่องจากความร้อนในการพาสเจอร์ไรส์

สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ทำให้มีจุลินทรีย์ชนิดที่ทนความร้อนได้ดีสามารถรอดชีวิตได้(Jay, 1978)

ผลการตรวจหาจำนวนยีสต์และราในตารางที่ 68 พบว่าในวันแรกจะไม่พบโคโลนีของยีสตี และรา ในผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้นตัวอย่างจะมีจำนวนยีสต์และราเพิ่มขึ้น เนื่องจากอาจมีสปอร์ของยีสต์ และราปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมในขณะบรรจุขวด และเมื่อสภาวะเหมาะสมเชื้อนี้ก็สามารถเจริญเติบโตขึ้นมาได้ มาตรฐานของจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ประเภทนมพาสเจอร์ไรส์ไม่ได้มีกำหนดไว้ แต่เป็นดัชนีบอกถึงสุขลักษณะที่ดีในการผลิต คือถ้ามีปริมาณสูงโอกาสที่ผลิตภัณฑ์จะเกิดการเสื่อมเสียได้เร็วก็มีมาก (Marriot, 1989)

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในตารางที่ 69 และ70 พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้นจะมีผลทำให้คะแนนการยอมรับด้าน กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 รส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) โดยในด้านกลิ่นรสพบว่าในวันที่ 4 คะแนนการยอมรับจะเริ่มลดลงซึ่งกลิ่นรสที่ผู้ทดสอบรับรสได้คือ มีรสขมเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์ที่สามารถรอดจากการให้ความร้อนแบบพาสเจอร์ไรส์ คือพวก Thermophillic bacteria สามารถย่อยโปรตีนในเครื่องดื่ม เกิดเป็นเปปไทด์หลายชนิด มีผลทำให้เกิดรสขมในผลิตภัณฑ์ (William และ Dennis, 1988) ด้านเนื้อสัมผัสพบว่าในวันที่ 4 คะแนนการยอมรับจะเริ่มลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความหนืดซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์มีความหนืดลดลง ด้านการยอมรับรวมในวันที่ 4 คะแนนการยอมรับจะเริ่มลดลง เช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัส แต่คะแนนการยอมรับทั้ง 3 ด้าน เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 5 วัน ยังอยู่ในช่วง ชอบปานกลาง(7 คะแนน) ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ดี

ดังนั้นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้ารสธรรมชาติ และรสสตรอเบอรี่พาสเจอร์ไรส์ และเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4-6 °C จะมีอายุการเก็บประมาณ 5 วัน เมื่อพิจารณาจากผลทางด้านจุลินทรีย์ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสร่วมกัน