บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. คุณภาพทางเคมีของน้ำสับปะรด

ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อควบคุมคุณภาพของสับปะรดที่นำมาวิเคราะห์ ให้มีความสม่ำเสมอ จึงคัดเลือกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ที่มีระดับความสุกเบอร์ 3 (ความสุกตั้งแต่ร้อยละ40 แต่ไม่เกินร้อยละ 60 โดยสังเกตสีเหลืองของผล) จากอำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง เนื่องจากเป็นระยะที่สามารถนำไปรับประทานผลสด และนิยมนำไปแปรรูปในโรงงาน (จารุพันธุ์ ทองแถม,2526) หากเลือกผลสับปะรดที่มีความสุกน้อยเกินไปอาจจะได้น้ำสับปะรดที่มีความเป็นกรดสูงมีรสเปรี้ยวจัดและหากเลือกสับปะรด ที่ระดับความสุกมากเกินไป อาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นผิดปกติที่เกิดจากการหมักโดยจุลินทรีย์ภายในผลสับปะรด (Collins,1960)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย พบว่าน้ำสับปะรดประกอบด้วยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ 14.24 บริกซ์ ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริกร้อยละ 0.37 พีเอช 3.98 โปรตีน 0.63 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และมีค่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์โปรตีเอส1.52 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำสับปะรด

Table 6 The chemical characteristic of pineapple juice.

Chemical characteristic	Amount
Total soluble solid (^{0}Brix)	14.24 $\pm$ 0.94
Acidity as citric acid (%)	0.37 $\pm$ 0.07
pH	3.98 $\pm$ 0.03
Protein (mg/ml)	0.63 $\pm$ 0.05
Protease specific activity (Pu/mg protein)	1.52 $\pm$ 0.29

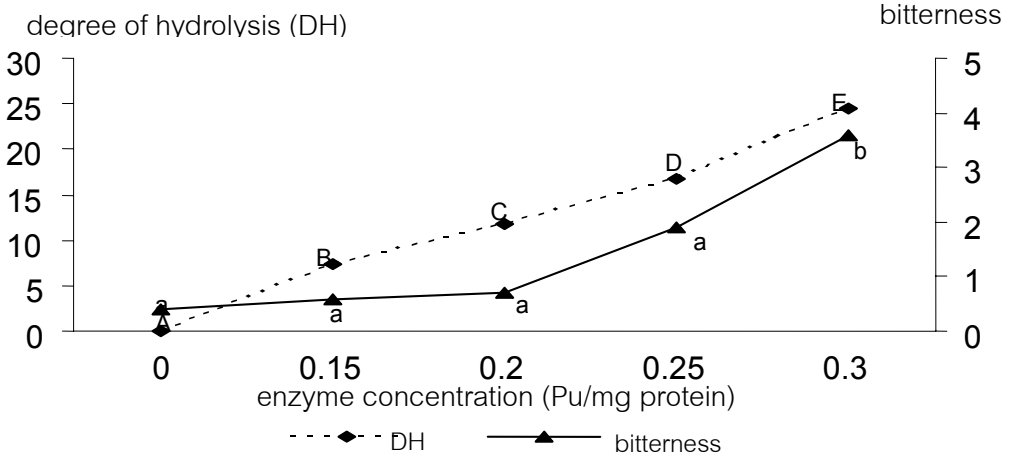
Mean and standard deviations of three replicates.

อมรรัตน์ มุขประเสริฐ(2545) ศึกษาการผลิตน้ำผลไม้อัดก๊าซ โดยใช้น้ำสับปะรดเป็นวัตถุดิบ เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำสับปะรดพบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้15 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริกร้อยละ 0.48 และพีเอช 3.98 มีค่าใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่6 อาจเป็นเพราะน้ำสับปะรดที่นำมาวิเคราะห์มีระดับความสุกใกล้เคียงกันเนื่องจากต้องคัดเลือกสับปะรด ที่มีระยะสุกที่เหมาะแก่การผลิตเป็นเครื่องดื่ม

Dull(1971) รายงานว่าน้ำสับปะรดมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้10.8 - 17.5 ปริมาณกรดซิตริก 0.6-1.62 และโปรตีน ร้อยละ 0.28-0.72 วิจิตต์ วรรณชิต(2529) รายงานว่า สับปะรดแต่ละพันธุ์เมื่อแก่จัดจะมีปริมาณน้ำตาลและกรดต่างกัน โดยจะมีน้ำตาลอยู่ประมาณร้อยละ 8-14 ปริมาณกรดร้อยละ 0.5-1.5 จากผลการวิเคราะห์ค่าทางเคมีของน้ำสับปะรดแสดงดังตารางที่ 6 พบว่าปริมาณกรดและปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีปริมาณน้อยกว่าที่ วิจิตร วรรณชิต(2529) และ Dull(1971)ได้รายงานว่าอาจเนื่องจากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์มีความแตกต่างในปัจจัยด้านต่างๆได้แก่ ระยะสุก สายพันธุ์หรือสภาพอากาศของแหล่งเพาะปลูก Giangiacomoและคณะ(1991) พบว่าสับปะรดที่สายพันธุ์และระยะสุกต่างกันจะมีคุณภาพทางเคมี ได้แก่ กรด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ พีเอช และปริมาณโปรตีเอสแตกต่างกัน จารุพันธุ์ ทองแถม(2526) กล่าวว่าภูมิอากาศจะมีผลต่อคุณภาพทางเคมีของสับปะรด โดยสับปะรดที่สุกในช่วงอากาศหนาวหรือปลูกในระดับสูงซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและแสงแดดน้อยจะมีปริมาณน้ำตาลน้อย แต่จะมีปริมาณกรดสูง นอกจากนี้ Collins(1960) รายงานว่า ปริมาณน้ำตาลของสับปะรดจะลดลงและปริมาณกรดจะเพิ่มมากขึ้น หากเพิ่มจำนวนต้นต่อไร่ในการปลูกสับปะรดเนื่องจากการเบียดบังแสงแดดกันเอง จะเห็นได้ว่านอกจากความแตกต่างในเรื่องสายพันธุ์ และระยะสุกแล้ว สภาพอากาศ แสงแดด และอุณหภูมิ ต่างก็มีผลต่อคุณภาพทางเคมีของสับปะรดเช่นกัน

2. ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมีเลนในน้ำสับปะรดต่อระดับการย่อยโปรตีนและระดับรสขมใน PMPP

ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์โบรมีเลนในน้ำสับปะรด ต่อระดับการย่อยโปรตีนและระดับความขมในตัวอย่างPMPPแสดงดังภาพที่11 จากภาพเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโบรมีเลน จาก 0.15 ถึง 0.25 ยูนิต/มก.โปรตีน พบว่า ระดับการย่อยโปรตีนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ7.3 เป็น 16.78 ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)แต่เมื่อวิเคราะห์คะแนนความขมพบว่า ระดับความขมไม่แตกต่างทางสถิติ($p>0.05$) โดยได้รับคะแนนความขมเล็กน้อย อยู่ในช่วง 0.57-1.9 เท่านั้น แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโบรมีเลนในน้ำสับปะรดเป็น 0.3 ยูนิต/มก.โปรตีน พบว่าทั้งระดับการย่อยโปรตีนและความขมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) โดยมีค่าDH และระดับความขมเป็น24.39$\pm$2.28และ3.6ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Mackellar(1980) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของนมพาสเจอร์ไรส์ เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ พบว่าเมื่อความเข้มข้นของโปรตีเอสที่ผลิตจากจุลินทรีย์มีมากขึ้น ระดับการย่อยโปรตีนและรสขมก็เพิ่มมากขึ้นด้วย

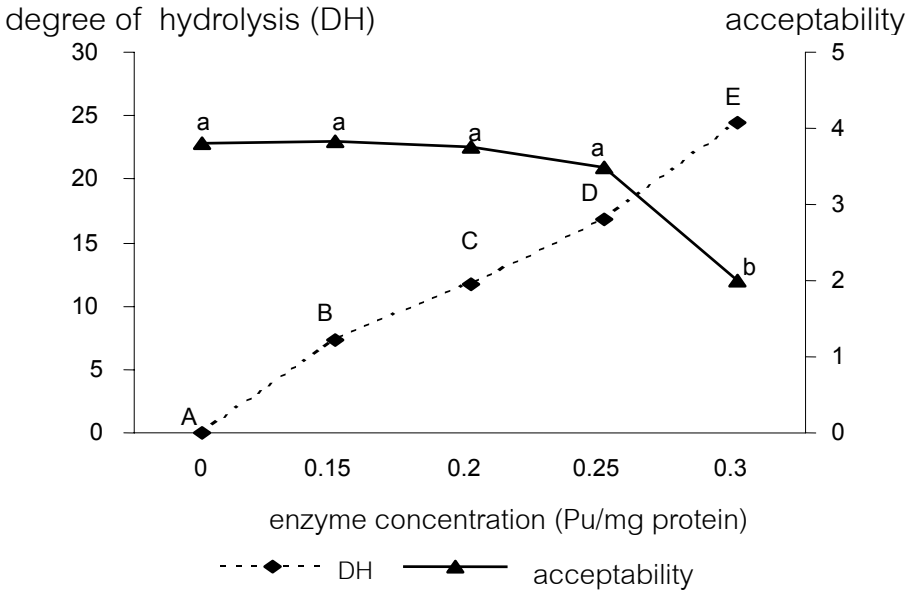


ภาพที่ 11 ผลของความเข้มข้นของโบรมีเลนต่อระดับการย่อยโปรตีนและระดับความขมของ PMPP

Figure11 The effect of bromelain concentration on degree of hydrolysis and the intensity of bitterness of PMPP.

Adler-Nissen(1986) กล่าวว่าชนิดของโปรตีนสามารถบอกแนวโน้มในการเกิดรสขมได้ จากการทดลองครั้งนี้น้ำนมมีเคซีนเป็นโปรตีนหลัก ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดที่มีค่าไฮโดรโฟบิกสูงประมาณ 1,650 cal/mol จึงมีแนวโน้มที่จะให้เปปไทด์ที่มีรสขม ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ Ney(1979 อ้างโดย Saha และ Hayashi, 2001) ซึ่งกล่าวไว้ว่าถ้าค่าไฮโดรโฟบิกของของโปรตีน มีมากกว่า1,400 cal/mol มักจะให้รสขมเมื่อถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลง

นอกจากชนิดของโปรตีนแล้ว ชนิดของเอนไซม์ก็มีส่วนสำคัญในการเกิดรสขมเมื่อมีการย่อยโปรตีน เอนโดโปรตีเอสจะสลายพันธะเปปไทด์ตรงตำแหน่งที่เป็นกรดอะมิโนที่มีค่าไฮโดรโฟบิกสูง จึงเกิดเปปไทด์ที่มีกรดอะมิโนชนิดไฮโดรโฟบิกอยู่ที่ปลายสายเปปไทด์ ซึ่งมักจะให้รสขม (Adler-Nissen,1986) โบรมีเลนที่มีอยู่ในน้ำสับปะรดจัดเป็นเอนโดโปรตีเอส ชนิดหนึ่งซึ่งมีโบรมีเลนชนิด FA2 มากที่สุด ตำแหน่งเฉพาะที่ตัดพันธะเปปไทด์คือ Gly-Phe Phe-Ser และ Tyr-Ile และมี โบรมีเลน SB1 บ้างเล็กน้อย ซึ่งสามารถตัดพันธะเปปไทด์ได้หลายตำแหน่ง (Yamada *et al*.,1975) จากตำแหน่งที่ FA2 ตัดพันธะ จะได้เปปไทด์สายใหม่ที่ส่วนใหญ่จะเป็นกรดอะมิโนชนิดไฮโดรโฟบิกสูงอยู่ที่ปลายสาย โดย Phe Try และ Ile มีค่าไฮโดรโฟบิกสูงประมาณ 2,650 3,000 และ 2,970 ตามลำดับ(Tenford, 1962 อ้างโดย Adler-Nissen, 1986) ทำให้เปปไทด์ที่ได้มีรสขม จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนพบว่า ตัวอย่างPPMP ที่เติมน้ำสับปะรดที่มีโบรมีเลนมากขึ้น ระดับความขมก็มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นด้วย Adler-Nissen(1986) และ Matoba และ Hata(1972) ได้อธิบายว่าโดยปกติโปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่จะมีแรงกระทำระหว่างกรดอะมิโนภายในสายเปปไทด์ (hydrophobic interaction) ทำให้เปปไทด์มีลักษณะเป็นรูปตัวยู (U-shape)ดังนั้นสายโซ่เปปไทด์ที่เป็นไฮโดรโฟบิกจะถูกโอบล้อมอยู่ภายใน ไม่ได้สัมผัสกับต่อมรับรส(taste buds) บริเวณลิ้นโดยตรงจึงไม่รู้สึกขม แต่เมื่อโปรตีนถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลง เปปไทด์ชนิดไฮโดรโฟบิกถูกเปิดออกทำให้สามารถสัมผัสกับต่อมรับรสโดยตรง จึงทำให้รู้สึกว่ารสขมเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 12 ผลของความเข้มข้นของโบรมีเลนต่อระดับการย่อยโปรตีนและระดับการยอมรับของ PMPP

Figure 12 The effect of bromelain concentration on degree of hydrolysis and acceptability of PMPP.

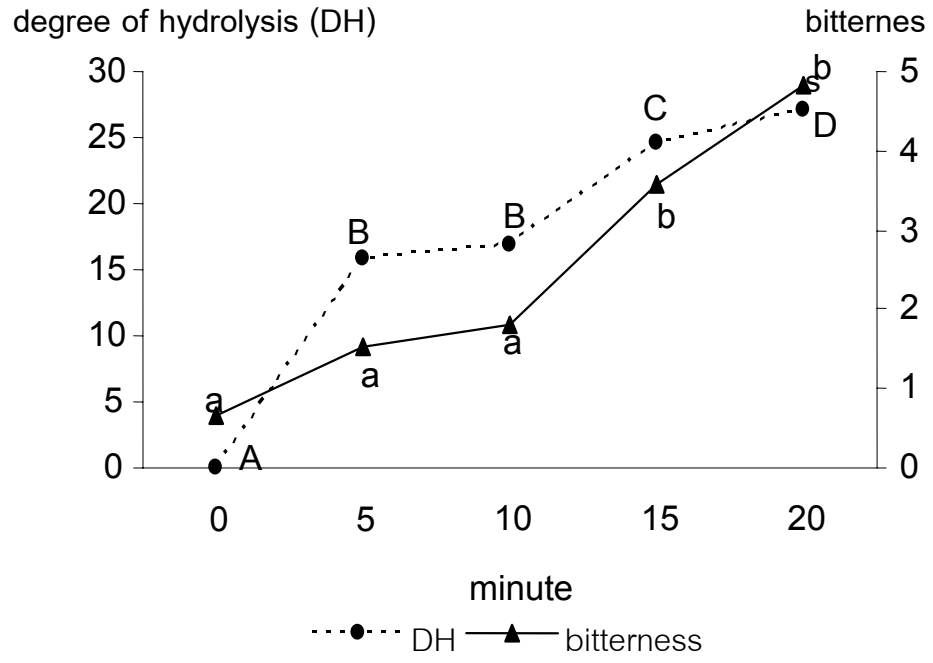
PMPP ที่เติมน้ำสับปะรดที่มีความเข้มข้นของโบรมีเลนเป็น 0.15 0.20 และ 0.25 ยูนิต/มก.โปรตีน ได้รับคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) โดยได้รับคะแนนการยอมรับมากกว่า 3 คะแนน ซึ่งหมายความว่า ตัวอย่าง PMPP ทั้ง 3 ชุดการทดลองเป็นที่ยอมรับ แต่ตัวอย่าง PMPPที่เติมน้ำสับปะรดที่มีโบรมีเลน 0.3 ยูนิต/มก.โปรตีน ได้รับคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$)โดยได้รับคะแนนการยอมรับเพียง 2 คะแนนแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างPMPPที่มีโบรมีเลน 0.3 ยูนิต/มก.โปรตีนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ผลความเข้มข้นของโบรมีเลนต่อระดับการย่อยโปรตีนและระดับการยอมรับของ PMPP แสดงดังภาพที่ 12

แม้ว่าตัวอย่าง PMPPที่มีโบรมีเลน 0.25 ยูนิต/มก.โปรตีน จะได้รับคะแนนความขม และคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากตัวอย่าง PMPP มีโบรมีเลน 0.15 และ 0.20 ยูนิต/มก.โปรตีน แต่ตัวอย่าง PMPP ที่มีโบรมีเลน 0.25 ยูนิต/มก.โปรตีน มีระดับ

การย่อยโปรตีนสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีระดับการย่อยโปรตีนร้อยละ 16.78$\pm$1.3 ขณะที่ตัวอย่าง PMPP ที่มีโบรมีเลน 0.15 และ 0.20 ยูนิต/มก.โปรตีน มีระดับการย่อยโปรตีนเพียง7.3$\pm$2.07และ 11.7$\pm$2.4 ตามลำดับ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าตัวอย่างPMPPที่เติมน้ำสับปะรดที่มีโบรมีเลน 0.25ยูนิต/มก.โปรตีน สามารถให้ระดับการย่อยโปรตีนได้มากกว่าที่ความเข้มข้นของโบรมีเลนเป็น 0.15 และ0.20ยูนิต/มก.โปรตีน ดังนั้นจึงคัดเลือก ความเข้มข้นของโบรมีเลน 0.25 ยูนิต/มก.โปรตีนในน้ำสับปะรด เพื่อศึกษาระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมการย่อยโปรตีนที่เหมาะสมในขั้นต่อไป

3. ผลของระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรม (reaction time) การย่อยโปรตีนของโบรมีเลนต่อระดับการย่อยโปรตีนและระดับรสขมของ PPMP

จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง PMPP ที่เติมน้ำสับปะรดตามที่คัดเลือกจากข้อ 2 โดย บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 , 10, 15 และ 20 นาที พบว่าระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมนั้น มีผลต่อระดับการย่อยโปรตีนและระดับรสขมของ PMPP ภาพที่ 13 แสดงผลของระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมต่อระดับการย่อยโปรตีน และระดับความขมของ PMPP จากผลการทดลองเมื่อเติมน้ำสับปะรดที่มีโบรมีเลนเข้มข้น 0.25 ยูนิต/มก.โปรตีน จะสังเกตได้ว่าสามารถแยกระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมการย่อยโปรตีนเป็น 2 กลุ่มคือ ระยะในการดำเนินกิจกรรมสั้น(short reaction time) ได้แก่ ที่เวลา 5 และ 10 นาที และระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมยาว(long reaction time)ได้แก่ ที่เวลา 15 และ 20 นาที จากผลการทดลองพบว่าตัวอย่าง PMPP ที่มีระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมการย่อยโปรตีน 5 และ 10 นาที มีระดับการย่อยโปรตีนและคะแนนความขมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)โดยมีการย่อยโปรตีนไปร้อยละ 15.87$\pm$0.74 และ 16.96$\pm$0.48 ตามลำดับ และมีคะแนนรสขมเฉลี่ย1.54 และ1.79 ตามลำดับ เช่นเดียวกันที่ระยะเวลา 15 และ 20 นาที ก็ให้ระดับการย่อยโปรตีนและความขมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยให้ระดับการย่อยโปรตีน 4.82 ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบระดับการย่อยโปรตีนและความขมของตัวอย่าง



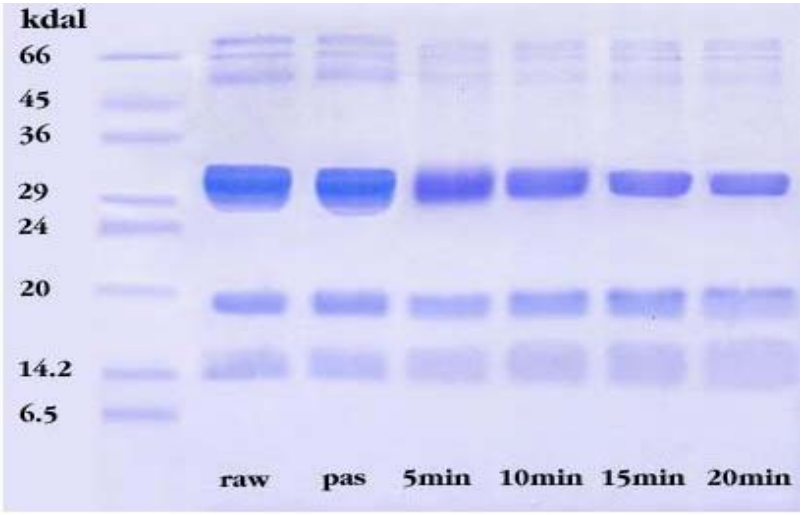
ภาพที่ 13 ผลของระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมต่อระดับการย่อยโปรตีนและ ระดับความขมของPMPPที่เติมน้ำสับปะรดที่มีโบรมีเลน 0.25 ยูนิต/มก.โปรตีน

Figure13 The effect of reaction time on degree of hydrolysis and bitterness of PMPP added pineapple juice with 0.25 Pu/mg protein of bromelain.

PMPP ที่มีระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมสั้น (5 และ 10 นาที) และตัวอย่างPMPPที่มีร้อยละ24.6$\pm$2.04 และ 27.08$\pm$1.04 ตามลำดับ และได้รับคะแนนความขมเฉลี่ย 3.58 และ ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมยาว(15 และ 20 นาที) พบว่าที่ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมยาว ระดับการย่อยโปรตีนและระดับความขมสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Vegarud และ Langsrud (1989) ได้ศึกษาผลของระดับการย่อยโปรตีนต่อระดับความขมของเคซีนพบว่า ระดับความขมของเคซีนจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมการย่อยโปรตีนเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับ Gallangher และคณะ(1989) ผลการศึกษาการย่อย

โปรตีนเคซีนจากโบรมีเลนพบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์เท่ากัน เมื่อระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมมากขึ้นส่งผลให้มีระดับการย่อยเพิ่มมากขึ้นด้วย เมื่อศึกษารูปแบบโปรตีนด้วยเจลอิเล็กโตรโฟรีซีสของตัวอย่าง PMPP ที่มีระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ เปรียบเทียบกับตัวอย่างชุดควบคุม แสดงดังภาพที่14 พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรม แถบโปรตีนเคซีนจะมีขนาดลดลงอย่างชัดเจน ขณะที่ขนาดของแถบโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าเมื่อระยะเวลาที่เอนไซม์ใช้ในการย่อยโปรตีนเพิ่มขึ้น พันธะเปปไทด์ของเคซีนถูกตัดย่อยมากขึ้นทำให้ได้เปปไทด์ที่มีขนาดเล็ก (<14,000) มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ส่วนแถบโปรตีนเคซีนที่ปรากฏก็จะมีขนาดเล็กลง เมื่อนำแถบโปรตีนที่ได้มาทดสอบด้วยเครื่อง Densitometer เพื่อวิเคราะห์ปริมาณเคซีนที่ลดลง พบว่าที่ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรม 5 10 15 และ 20 นาที ปริมาณเคซีนลดลงร้อยละ 24 30 50 และ 64 ตามลำดับ

Gallangher และคณะ(1994) ศึกษารูปแบบโปรตีนเคซีนที่ผ่านการย่อยด้วยโบรมีเลน 1200 GDU/g ในอัตราส่วน เอนไซม์ต่อซับสเตรท 1:500 โดยมีเวลาในการดำเนินกิจกรรมต่างๆกัน พบว่าที่เวลา 20 นาที แถบโปรตีนเคซีนลดลงไปมากเมื่อเทียบกับตัวอย่างชุดควบคุม ขณะที่เวลา 40 นาที แถบของอัลฟา-เอส1และ เบตาเคซีน ไม่ปรากฏ แต่จะเกิดแถบโปรตีนขนาดเล็กซึ่งมีนำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 10,000-17,000 และที่เวลา 60 นาที ความชัดเจนในการแยกแถบโปรตีนจะลดลง สีของพื้นหลังของเจลจะค่อนข้างสม่ำเสมอ เนื่องจากมีเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 10,000 เกิดขึ้นหลายแถบ แม้ว่าจะเพิ่มเวลามากกว่านี้แถบโปรตีนก็จะยังคงที่อยู่เช่นนี้ จะไม่เกิดแถบโปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลต่ำกว่า10,000 ซึ่งเป็นรูปแบบเฉพาะของการย่อยโปรตีนด้วยเอนโดโปรตีเอสชนิดซัลไฟดริล(sulphydryl-protease)



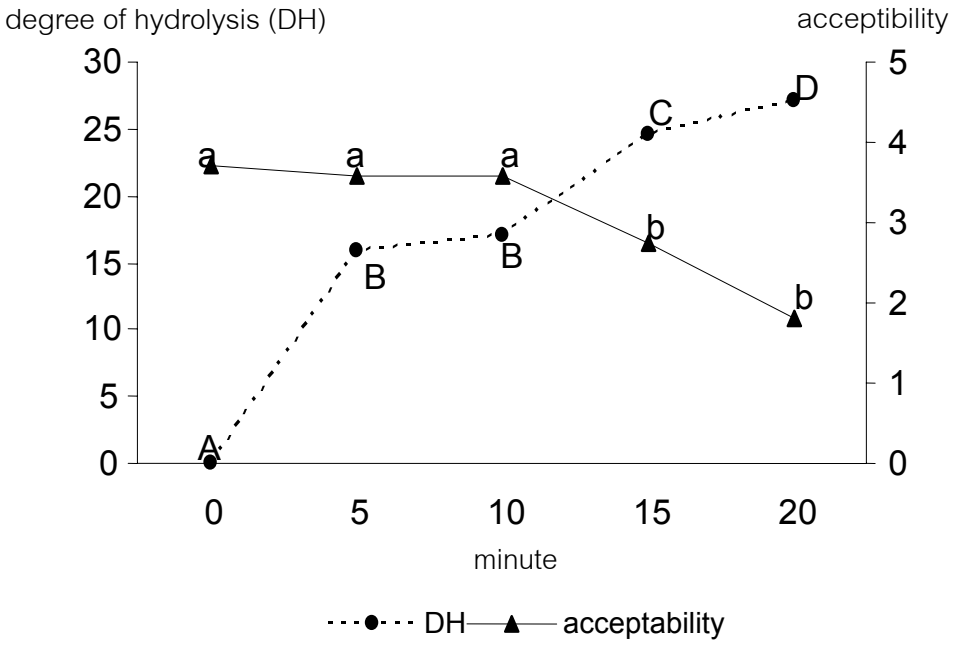
ภาพที่ 14 รูปแบบโปรตีนของ PMPP ที่ถูกย่อยด้วยโบรมีเลนที่มีเวลาในการดำเนินกิจกรรมการย่อยโปรตีนต่างกัน

Figure 14 Electrophoresis profile of PMPP 's proteins which treated with Bromelain at difference reaction time.

ผลของระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมต่อระดับการย่อยโปรตีน และการยอมรับตัวอย่าง PMPP ดังภาพที่15 แสดงให้เห็นว่า ที่15 และ 20 นาที PMPP มีระดับการย่อยโปรตีนมากกว่าที่เวลา 5 และ 10 นาที แต่คะแนนการยอมรับกลับน้อยกว่าที่เวลา 5 และ 10 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) ในขณะที่ระยะเวลา5 และ 10นาทีตัวอย่างPMPPมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยได้รับคะแนนการยอมรับมากกว่า3คะแนน แสดงว่าตัวอย่างPMPPที่ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมสั้นนั้นเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าที่เวลา 15 และ 20 นาที ระดับการย่อยโปรตีนสูงมีผลเพิ่มระดับความขมมากขึ้น ทำให้ได้รับคะแนนการยอมรับลดลงต่ำกว่า3คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรม 5 นาที จะมีให้ค่าระดับการย่อยโปรตีนและการยอมรับไม่แตกต่างจากที่เวลา 10 นาที นอกจากนี้ที่เวลา 5 นาทีจะประหยัดต้นทุนการผลิต เวลา และความเสี่ยงทาง

จุลินทรีย์ มากกว่าที่เวลา 10 นาที ดังนั้นจึงคัดเลือกเวลาในการดำเนินกิจกรรม 5 นาที ในการผลิต PMPP และเพื่อศึกษาในขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป



ภาพที่ 15 ผลของระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมต่อระดับการย่อยโปรตีนและการยอมรับตัวอย่าง PMPP

Figure 15 The effect of reaction time on Degree of hydrolysis and acceptability of PMPP.

4. ผลของปริมาณน้ำสับปะรดต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ PMPP

การศึกษาผลของปริมาณน้ำสับปะรดต่อกลิ่นรสและรสชาติและ การยอมรับของผู้บริโภคโดยปรับเพิ่มจากร้อยละ10 เป็นร้อยละ14 18 และ 22 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบแก่ตัวอย่างPMPPเพิ่มสูงขึ้น เมื่อปริมาณน้ำสับปะรดเพิ่มมากขึ้น โดยตัวอย่าง PMPPที่มีน้ำสับปะรดร้อยละ 22 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด เมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ โดยให้คะแนนความชอบรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก

(7.03) ขณะที่ตัวอย่าง PMPP ที่มีน้ำสับปะรดร้อยละ10 ได้รับคะแนนความชอบต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น โดยได้รับคะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์เฉยๆ (5.00)

ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 7 ชี้ให้เห็นว่าการเติมปริมาณน้ำสับปะรดมากขึ้น มีผลให้ได้รับคะแนนความชอบรวมมากขึ้น เนื่องมาจากตัวอย่าง PMPPมีกลิ่นและกลิ่นรสของสับปะรดเพิ่มมากขึ้น โดยสังเกตจากคะแนนความชอบต่อปัจจัยด้านกลิ่นและกลิ่นรสที่เพิ่มมากขึ้น ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ผลของปริมาณน้ำสับปะรดต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของPMPP

Table 7 Effect of amount of pineapple juice on quality factors of PMPP.

Percentage of pineapple juice	Mean score of quality factors		
	Odor	Flavor	Total preference
10	5.23[a]	5.30[a]	5.00[a]
14	5.37[a]	5.33[a]	5.60[b]
18	6.27[b]	6.37[b]	6.30[c]
22	6.80[c]	7.27[c]	7.03[d]

The same superscripts in column indicated no significantly difference of means (P>0.05).

5. ศึกษาผลของปริมาณเพกตินต่อความคงตัวและความชอบของผลิตภัณฑ์

การศึกษาผลของปริมาณเพกตินต่อความคงตัวและความชอบของ PMPP ได้ผลดังนี้

5.1 ความคงตัวของ PMPP

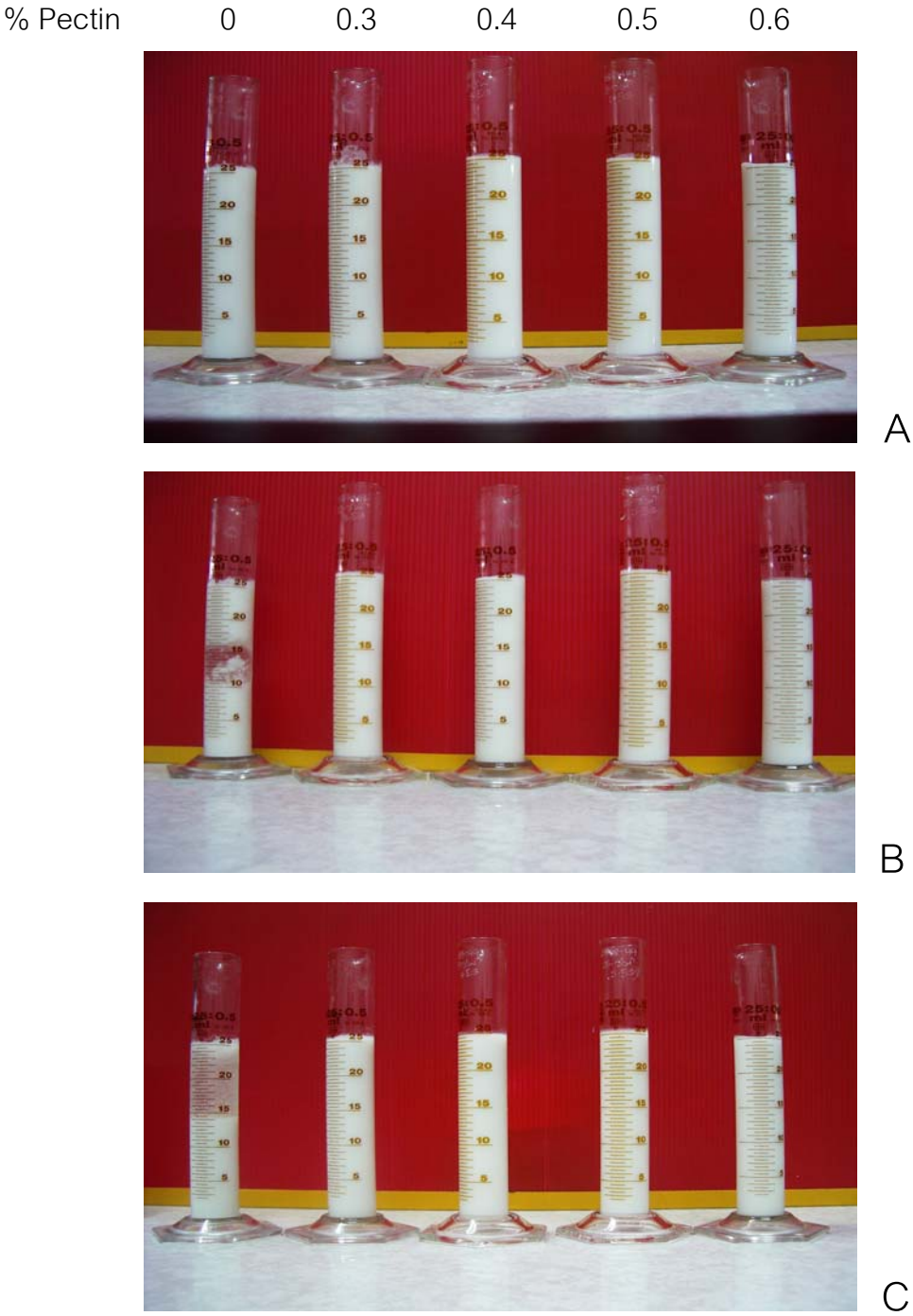
จากการวิเคราะห์ความคงตัวของPMPPโดยวัดระยะการแยกชั้นของPMPPที่เก็บรักษาที่4 องศาเซลเซียส พบว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมเพกตินเกิดการแยกชั้นอย่างชัดเจนในวันที่1 ส่วนตัวอย่างPMPPอื่น ที่เติมเพกตินไม่เกิดการแยกชั้นตลอดระยะเวลาการทดลอง14 วันผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 8 และภาพที่16 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ผลของปริมาณเพกตินต่อความคงตัวของ PMPP

Table 8 Effect of pectin dosage on stability of PMPP.

Days	Height of clear supernatant of PMPP.				
	Pectin dosage (%)				
	0	0.3	0.4	0.5	0.6
0	nd	nd	nd	nd	nd
1	11±0.76	nd	nd	nd	nd
2	11±0.86	nd	nd	nd	nd
5	12±1.04	nd	nd	nd	nd
7	12±1.15	nd	nd	nd	nd
14	12±1.15	nd	nd	nd	nd

nd = not detected



ภาพที่ 16 ผลของปริมาณเพกตินต่อความคงตัวของ PMPP
A วันที่ 0, B วันที่1 และ C วันที่14

Figure 16 Effect of pectin dosage on stability of PMPP at 4 ^{0}c.
A day 0, B day 1 and C day 14

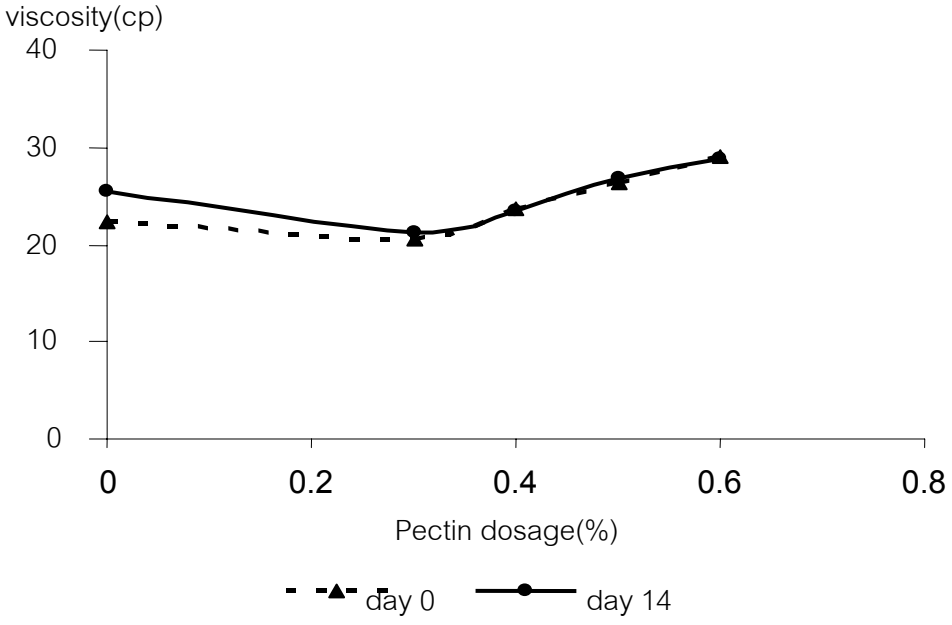
การที่ตัวอย่างชุดควบคุมเกิดการแยกชั้น เนื่องจากเกิดการตกตะกอนของเคซีนซึ่งมีสาเหตุจากตัวอย่าง PMPPมีพีเอชประมาณ 4.2 ซึ่งต่ำกว่าจุดไอโซอิเรคตริก ทำให้เคซีนเปลี่ยนสภาพจากประจุลบเป็นประจุบวก ส่งผลให้แรงผลักระหว่างอนุภาคลดลง ซึ่งแรงดังกล่าวมีความสำคัญต่อการกระจายตัวของอนุภาคไมเซลล์ในน้ำนมนอกจากนี้โครงสร้างของเคซีนไมเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเหนี่ยวนำให้เคซีนไมเซลล์มารวมตัวกันและเกิดการตกตะกอนในที่สุด(Herbstreith and Fox,1999) นอกจากนี้ Wadeและคณะ(1996 อ้างโดย Laurent และ Boulenguer, 2003) รายงานว่าเครื่องดื่มนมที่มีพีเอชต่ำจะทำให้เคซีนเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยปกติที่พีเอช 6.6 เคซีนจะอยู่รวมกันในรูปของเคซีนไมเซลล์ เมื่อพีเอชลดลงค่า Zeta potential (ผลรวมประจุของไมเซลล์) จะลดลงด้วย เนื่องจากมีการเพิ่มของไฮโดรเจนไอออน(H^+) ในโมกุลของไมเซลล์ เมื่อค่า Zeta potential ลดลงจะเหนี่ยวนำให้เคซีนไมเซลล์มารวมตัวกันเป็นกลุ่มใหญ่

จากผลการทดลองแสดงดังตารางที่10 ไม่พบการแยกชั้นของ PMPP ที่มีเพกตินทุกชุดการทดลอง แสดงว่าเพกตินมีคุณสมบัติในการรักษาความคงตัวของนมที่มีพีเอชต่ำและมีในปริมาณที่มากเพียงพอในระบบ Nakamuraและคณะ(2003)รายงานว่าเพกตินจะช่วยรักษาระบบคอลลอยด์ ทำให้โปรตีนมีความคงตัวโดยประจุลบของเพกตินจะมาปกคลุมรอบอนุภาคของเคซีน (ซึ่งเคซีนเป็นประจุบวกเมื่อ พีเอชต่ำกว่า 4.6) ด้วย electrostatic attraction อนุภาคโปรตีนถูกปกคลุมด้วยเพกตินทำให้เสมือนกลับมามีประจุลบอีกครั้งหนึ่ง เกิดแรงผลักทางประจุ(electrostatic repulsion) ระหว่าง เคซีนไมเซลล์ จึงสามารถกระจายอยู่ในนมได้

5.2 ความหนืดของผลิตภัณฑ์

เมื่อนำตัวอย่าง PMPP ที่มีเพกตินเข้มข้นต่างๆกันมาวัดความหนืด พบว่าตลอดระยะเวลา14วัน ตัวอย่างPMPPทุกชุดการทดลองมีความหนืดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ค่าความหนืดของชุดควบคุม (เพกติน 0 %) พบว่าในวันที่ 0 ตัวอย่างมีความหนืดเพียง 22.33 ± 0.97 และในวันที่ 14 ความหนืดเป็น 25.44 ± 0.67 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 เล็กน้อย และเมื่อสังเกตลักษณะปรากฏพบว่าในวันที่ 1 PMPPชุดควบคุมเกิดการแยก

ชั้นและมีการตกตะกอน เนื่องจากพีเอชของตัวอย่างเท่ากับ 4.1 ซึ่งต่ำกว่าจุดไอโซอิเลกตริก(4.6) โปรตีนเคซีนจึงเกิดการจับกลุ่มและตกตะกอน ทำให้ค่าความหนืดที่วัดได้มีค่ามากกว่าวันที่ 0 ตั้งแต่วันที่1 จนครบ14 วัน ค่าความหนืดทุกตัวอย่างการทดลองไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แม้ว่าค่าความหนืดของทุกชุดการทดลองจะไม่แตกต่างกันแต่เมื่อพิจารณาภาพที่17 พบว่าความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อตัวอย่างนมมีเพกตินมากขึ้น Dickinson(1998)อธิบายว่าเพกตินจะส่งผลโดยตรงต่อความหนืดของผลิตภัณฑ์ ปริมาณเพกตินที่พอเหมาะจะทำให้อนุภาคโปรตีนสามารถกระจายตัวได้ดี ความหนืดจึงน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมเพกตินมากเกินไป เพราะเพกตินส่วนที่เกินจากการโอบล้อมอนุภาคโปรตีนจะทำให้เกิดลักษณะที่ เรียกว่าเจลตาข่าย(gel network) ดังนั้นความหนืดจึงเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกัน Herbstreith and Fox(1999) รายงานว่า การเพิ่มปริมาณเพกตินในผลิตภัณฑ์นมที่มีพีเอชต่ำก็จะทำให้ความหนืดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเป็นที่ต้องการหรือไม่ขึ้นอยู่กับความพอใจของผู้บริโภค



ภาพที่ 17 ผลของเพกตินต่อความหนืดของ PMPP

Figure 17 Effect of pectin on viscosity of PMPP.

5.3 ผลของความเข้มข้นของเพกตินต่อความชอบ PMPP

จากผลการวิเคราะห์ความคงตัวพบว่า ทุกตัวอย่างPMPPที่เติมเพกตินจะไม่เกิดการแยกชั้นตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา 14 วัน ดังนั้นจึงนำตัวอย่าง PMPPที่มีเพกตินทั้ง4ความเข้มข้นมาทดสอบความชอบด้วยวิธีHedonic-9-scale โดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน จากผลการทดสอบพบว่าPMPPที่เติมเพกตินปริมาณร้อยละ0.3-0.4ได้รับคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยได้คะแนนความชอบในเกณฑ์ ชอบถึงชอบปานกลาง(6.43-7.10) แต่เมื่อความเข้มข้นของเพกตินในตัวอย่าง PMPP เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.5 และ 0.6 กลับได้รับคะแนนความชอบลดลงแตกต่างจากชุดการทดลองที่เติมเพกตินร้อยละ 0.3 และ 0.4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับ Herbstreith and Fox(1999)รายงานว่าผู้บริโภคชาวเอเชียชอบเครื่องดื่มนมเปรี้ยวที่มีความหนืดต่ำโดยมีเพกติน อยู่ในช่วงร้อยละ 0.3 - 0.4 ต่างจากผู้บริโภคชาวยุโรปจะชอบเครื่องดื่มนมที่มีความหนืดและให้ความรู้สึกภายในปากมากกว่า โดยชอบเครื่องดื่มที่มีเพกตินร้อยละ 0.5-0.6 ผลการทดสอบความชอบแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลของปริมาณเพกตินต่อคะแนนความชอบตัวอย่าง PMPP

Table 9 Effect of pectin dosage on acceptable score of PMPP.

Pectin content (%)	Mean of acceptable score
0.3	7.10 ± 1.65^{a}
0.4	6.43 ± 1.42^{a}
0.5	5.40 ± 1.20^{b}
0.6	5.00 ± 1.56^{b}

The same superscripts in column indicated no significantly difference of means ($P>0.05$).

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ตัวอย่าง PMPP ที่มีเพกตินร้อยละ0.3 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด แม้ว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยจะไม่แตกต่างจากตัว

อย่าง PMPP ที่มีเพกตินร้อยละ 0.4 ก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิต PMPP ที่มีเพกตินร้อยละ 0.3 จึงเหมาะสมที่จะนำไปศึกษาในขั้นต่อไป

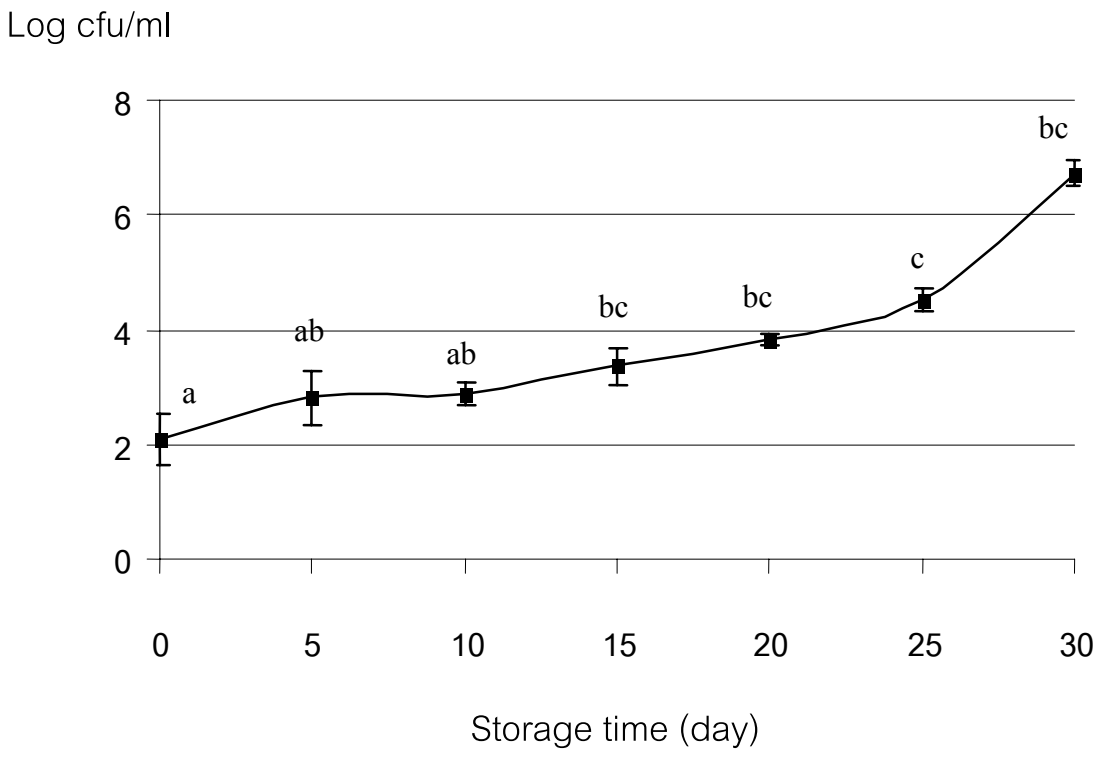
6. อายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของ PMPP

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของ PMPP โดยวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆได้ผลดัง

6.1 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของตัวอย่าง PMPP แสดงดังภาพที่18 และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดก็จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) โดยปริมาณจุลินทรีย์ค่อยๆเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วง20วันแรกของการเก็บรักษา โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดประมาณ 2.58 ± 0.10 log cfu/ml เนื่องจากจุลินทรีย์ทั้งหมดนั้นจะเจริญได้ดีในสภาวะที่เป็นกลาง หรือเป็นกรดเล็กน้อย(Hayes,1992) แต่ PMPPมีพีเอชประมาณ 4 จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดไม่เหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ เมื่อวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในวันที่30 พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดประมาณ 6.73 ± 0.22 log cfu/ml ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ ชูรัฐ แปลกสงวนศรี (2534) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น อนุชิตา ชาวเหนือ (2545) รายงานว่านมพาสเจอร์ไรส์ที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาการเก็บมากขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ก็มากขึ้นด้วย จุลินทรีย์ที่ตรวจพบมากได้แก่ แบคทีเรียที่เจริญเติบโตที่อุณหภูมิต่ำและแบคทีเรียแลกติกตามลำดับ มาตรฐานอุตสาหกรรม(2530) กำหนดให้นมพาสเจอร์ไรส์สามารถมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 5×10^5 cfu/ml (5.7 log cfu/ml) จากผลการทดลอง ปริมาณจุลินทรีย์ของ PMPPในวันที่ 30 มีมากกว่ามาตรฐานกำหนด และในวันที่25จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณใกล้เคียงกันมากกับที่มาตรฐานกำหนด ซึ่งอาจมีโอกาสที่ปริมาณจุลินทรีย์จะมีมากกว่าที่มาตรฐานกำหนดได้ หากกำหนดให้เป็นวันหมดอายุของ PMPP สำหรับตัวอย่าง PMPPที่เก็บไว้เป็นเวลา 20 วัน มีปริมาณ

จุลินทรีย์น้อยกว่ามาตรฐานกำหนด ชี้ให้เห็นว่า PMPP น่าจะมีความปลอดภัยในการบริโภคเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 20 วัน ซึ่งมีอายุการเก็บรักษานานกว่านมพาสเจอร์ไรส์ทั่วไปที่ใช้อุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์ระดับเดียวกัน ชูรัฐ แปลกสงวนศรี(2531) รายงานว่านมพาสเจอร์ไรส์ทั่วไปจะมีอายุการเก็บประมาณ 4-7 วัน แต่ถ้าหากกระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลแล้วนมพาสเจอร์ไรส์จะมีอายุการเก็บไม่ต่ำกว่า15วัน เมื่อเก็บรักษาที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค มาตรฐานอุตสาหกรรม(2530) กำหนดเกณฑ์ระยะเวลาการจำหน่ายนมพาสเจอร์ไรส์ไว้ไม่เกิน 3 วัน นับจากวันที่ทำการผลิต



ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ใน PPMP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Figure 18 Changing of total viable count of PPMP which stored at 4 ^{0}C .

6.2 คุณภาพทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ระดับการย่อยโปรตีน(DH) และค่ากิจกรรมจำเพาะของโปรตีเอส แสดงดังตารางที่10 ตามลำดับ ระดับการย่อยโปรตีนและกิจกรรมจำเพาะของโปรตีเอสตั้งแต่วันที่0 ถึงวันที่ 25 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่า DHอยู่ในช่วงร้อยละ16.51-17.50ส่วนค่ากิจกรรมจำเพาะของโปรตีเอสไม่สามารถตรวจพบ แต่เมื่อวิเคราะห์ค่า DH และค่ากิจกรรมจำเพาะของโปรตีเอส ของPPMPในวันที่ 30 พบว่าทั้งค่าDH และค่ากิจกรรมจำเพาะของโปรตีเอสเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) โดยมีค่า DH เท่ากับ 24.44$\pm$ 1.27 และ ค่ากิจกรรมจำเพาะของโปรตีเอสประมาณ 0.03 Pu/mg.protein การที่ค่า DHและค่ากิจกรรมจำเพาะของโปรตีเอสเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในวันที่30สอดคล้องกับปริมาณจุลินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้นถึง6.73$\pm$ 0.2 log cfu/ ml แสดงดังภาพที่19 จึงบ่งชี้ว่าเอนไซม์โปรตีเอสที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุให้ค่ากิจกรรมจำเพาะของโปรตีเอส และระดับการย่อยโปรตีนมีค่าเพิ่มขึ้นหลังวันที่ 20

Mckellar(1980)และMa(2000) รายงานว่า นมพาสเจอร์ไรส์ที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำจะเกิดการย่อยโปรตีน(proteolysis)มากขึ้นเมื่อในนมพาสเจอร์ไรส์มีจำนวนจุลินทรีย์อยู่มาก ซึ่งจะมีการสร้างเอนไซม์ย่อยโปรตีน เช่น พลาสมิน (plasmin) มากขึ้น การย่อยโปรตีนโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ เป็นปัญหาที่สำคัญของอายุการเก็บรักษาของนมพาสเจอร์ไรส์ Rouseff (1990)กล่าวว่าอัตราการย่อยโปรตีนมากขึ้นจะทำให้เกิดเปปไทด์สายสั้นชนิดไฮโดรโฟบิกซึ่งจะทำให้เกิดรสขมได้ Walstraและคณะ (1999)กล่าวว่า จุลินทรีย์ที่ตรวจพบในนมพาสเจอร์ไรส์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีหลายชนิด เช่น Psudomonas, Achromobacter, Flavobacterium และ Alcaligenes เป็นต้น นอกจากนี้แบคทีเรียที่สำคัญอีกสกุลหนึ่งคือ Bacillus ซึ่งทนต่อการพาสเจอร์ไรส์และสามารถเจริญได้ดีในอุณหภูมิต่ำเนื่องจากมีสปอร์ แบคทีเรียเหล่านี้สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยโปรตีนในนมทำให้เกิดรสขมในนมพาสเจอร์ไรส์ได้ (Cousin,1982)

หากนำความสัมพันธ์ระหว่าง DH และการเกิดรสขมใน PPMPที่ได้ศึกษาในข้อ 2 มาพิจารณาถึงการเกิดรสขมในช่วงการเก็บรักษาจะพบว่าค่าDH ที่สูงกว่า24.39$\pm$

2.28 อาจทำให้เกิดรสขมในระดับที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ ในวันที่ 25 ของการเก็บรักษามีค่าDH เท่ากับ17.50±1.00 ซึ่งคาดได้ว่าPMPP ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

จากการวิเคราะห์ค่า DH ของ PPMPที่เก็บรักษานานถึง 30 วันพบว่ามีค่าเท่ากับ24.44±1.27ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าDH ที่ทำให้เกิดรสขมในระดับไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ดังนั้นมีความเป็นไปได้ว่า PPMP ที่เก็บนานถึง 30 วันอาจมีรสขมจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ภาพที่ 19 และ20 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและพีเอชของPMPPตามลำดับ จากการวิเคราะห์พบว่า ทั้งค่าความเป็นกรดและพีเอชไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) แต่จากภาพที่ 19 และ20 แสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นกรดของPPMPมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นและ พีเอชมีแนวโน้มลดลงอาจเนื่องมาจากจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น Cousin(1982)พบว่าการที่คุณสมบัติของนมเปลี่ยนแปลงไปจะเกี่ยวข้องกับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีอยู่ในนมด้วย เพราะกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะส่งผลต่อส่วนประกอบของนม การที่ความเป็นกรดและพีเอชของนมเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย เนื่องมาจากบทบาทของแบคทีเรียที่ผลิตกรด Walstra และคณะ(1999) กล่าวว่าแบคทีเรียแลกติกจะผลิตกรดแลกติกจากแลกโตสที่มีอยู่ในนม ซึ่งมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ Lactobacillus, Lactococcus และ Streptococcus เป็นต้น

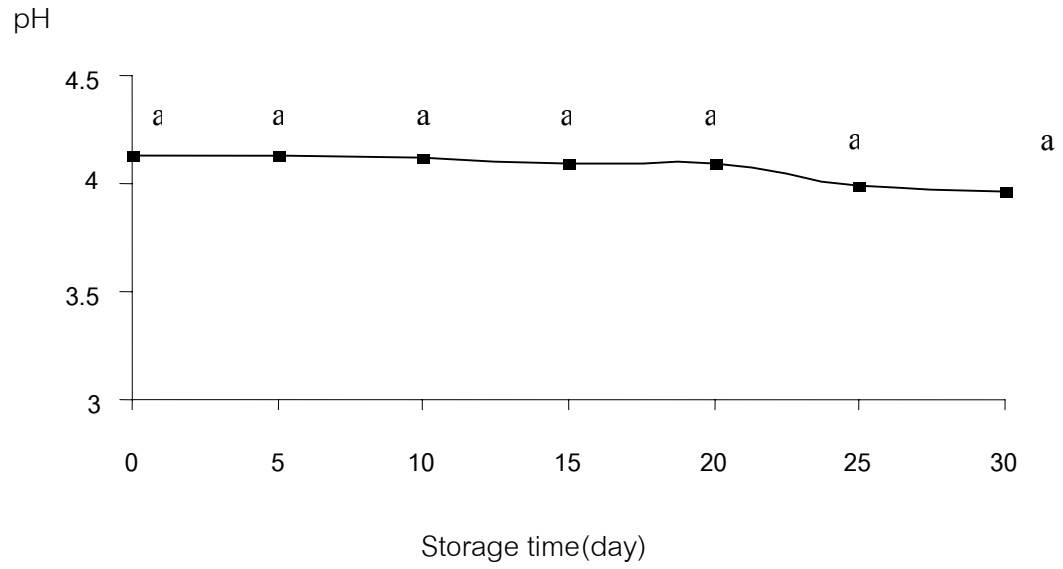
ตารางที่ 10 ระดับการย่อยโปรตีน และกิจกรรมจำเพาะของโปรตีเอสใน PPMP ในช่วงเวลาการเก็บรักษา

Table 10 Degree of hydrolysis and specific activity of PPMP during storage.

Stored time (days)	degree of hydrolysis (% DH)	specific activity (Pu/mg protein)
0	16.51±1.89 [a]	nd
5	16.87±2.78 [a]	nd
10	16.90±1.16 [a]	nd
15	17.25±2.00 [a]	nd
20	17.23±2.13 [a]	nd
25	17.23±1.00 [a]	nd
30	24.44±1.76 [b]	0.03±0.006

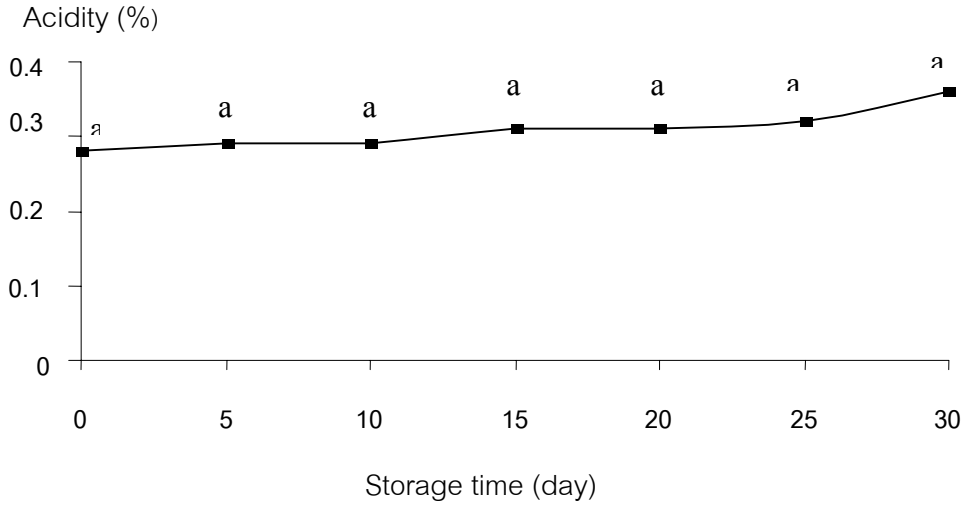
nd = non detect

The same superscripts in column indicated no significantly difference of means ($p>0.05$).



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของPPMP ระหว่างการเก็บรักษาที่4 องศาเซลเซียส

Figure 19 Changing of pH of PPMP which stored at 4 ^{0}C.



ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของ PPMP ระหว่างการเก็บรักษา ที่ 4 องศาเซลเซียส

Figure 20 Changing of Acidity of PPMP which stored at 4 ^{0}C.

6.3 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

6.3.1 ความคงตัวของ PPMP

ตลอดระยะเวลาการศึกษาความคงตัวของ PPMP เมื่อเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ไม่พบว่า PPMPเกิดการแยกชั้น แสดงดังตารางที่ 11 แสดงว่าPPMPยังมีความคงตัวแม้ว่าจะมีพีเอชลดลงเล็กน้อย Herbstreith and Fox(1999) รายงานว่าเพกตินจะทำงานได้ดีเมื่อพีเอชของระบบประมาณ 3.8-4.2 ดังนั้นการที่พีเอชลดลงมาจากเริ่มต้น 4.13$\pm$0.12 เป็น 3.96$\pm$0.19 ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา จึงไม่มีผลต่อการทำงานของเพกติน

2. ความหนืด

จากการวิเคราะห์ความหนืดของ PPMP ที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่11 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ตลอดระยะเวลาการศึกษา30 วัน อาจเนื่องมาจากความเป็นกรดของPPMPไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปมาก เพกตินจึงยังมีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวของโปรตีนและความหนืดของ PPMP Dickenson(2003) อธิบายว่าเพกตินมีค่า PI ประมาณ 3 ซึ่งหมายความว่าหาก PPMPมีพีเอชประมาณ 3 เพกตินจะไม่ละลายและแยกตัวออกจากอนุภาคโปรตีนจับตัวกันเป็นเจล ซึ่งอาจมีผลทำให้ความหนืดของนมสูงขึ้น จากการวิเคราะห์ค่าพีเอชแม้ว่าวันที่ 30 ของการเก็บรักษา PPMP จะมีพีเอชลดลง (3.96$\pm$0.19) แต่ก็ยังห่างจากค่า PI ของเพกติน ดังนั้นเพกตินจึงยังสามารถละลายอยู่ในPPMPและโอบล้อมอนุภาคโปรตีนได้เช่นเดิม ความหนืดของ PPMPจึงยังไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพของPPMP ได้แก่ ความคงตัว และความหนืดไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) อาจเนื่องมาจากปัจจัยหลักคือปริมาณจุลินทรีย์ในช่วงการเก็บรักษา โดยจุลินทรีย์ยังมีปริมาณไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนใน PPMP จากผลการทดลองของ Thomas และ Thomas(1973) พบว่าหลังจากที่จำนวนจุลินทรีย์มีความคงตัวสูงสุดแล้ว จึงสามารถ

ตรวจสอบความผิดปกติของนมได้ ซึ่งมักมีจำนวนมากกว่า $2x10^8$ โคโลนี ต่อมิลลิลิตร แต่จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีเพียง $5x10^6$ โคโลนี ต่อมิลลิลิตร ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา ดังนั้น PPMPจึงยังมีสมบัติทางกายภาพไม่ต่างจากวันที่ทำการผลิต

ตารางที่ 11 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของ PPMP ระหว่างการเก็บรักษา

Table 11 Physical changes of stored PPMP during storage.

Stored time (day)	Height of clear supernatant (cm)	Viscosity (cp)
0	nd	19.24±1.22 [a]
5	nd	19.52±2.31 [a]
10	nd	20.34±1.50 [a]
15	nd	20.14±2.90 [a]
20	nd	20.50±1.50 [a]
25	nd	21.20±1.61 [a]
30	nd	21.40±1.50 [a]

nd = non detected

The same superscript in column indicated no significantly difference of means ($p>0.05$).

7. ศึกษาการยอมรับ PPMP ของผู้บริโภค

7.1 พฤติกรรมการซื้อและการบริโภค

จากข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อและการบริโภคนมพาสเจอร์ไรส์ ของผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 58 ดื่มนมพาสเจอร์ไรส์มากกว่า1ครั้งต่อสัปดาห์ โดยกลุ่ม

ผู้บริโภคร้อยละ 34 มีความถี่ในการดื่มนมพาสเจอร์ไรส์ 1-3 ครั้งต่อสัปดาห์ และผู้บริโภคร้อยละ24มีความถี่ในการดื่มนมพาสเจอร์ไรส์มากกว่า3ครั้งต่อสัปดาห์ผู้บริโภคมีเหตุผลในการเลือกซื้อนมพาสเจอร์ไรส์เรียงลำดับความสำคัญดังนี้ รสชาติ คุณค่าทางอาหาร หาซื้อสะดวก ราคา ช่วยดับกระหาย มีหลากหลายรสชาติให้เลือก และอื่นๆ ซึ่งจะเห็นได้จากความถี่ของเหตุผลที่เลือกซื้อแสดงดังตารางที่ 12 จากข้อมูลการสอบถามแสดงดังภาพที่ 21 พบว่าส่วนใหญ่ผู้บริโภคซื้อนมพาสเจอร์ไรส์จากร้านสะดวกซื้อ เช่น ร้าน7-Eleven คิดเป็นร้อยละ58 รองลงมาคือร้านค้าปลีก ร้อยละ 23 ส่วนรสชาติที่ผู้บริโภคเลือกมากที่สุดคือ รสช็อกโกแลต คิดเป็นร้อยละ25 รองลงมาคือรสสตรอเบอร์รี่ ร้อยละ 24

7.2 ข้อมูลเกี่ยวกับPPMPและการยอมรับ

ผู้บริโภคร้อยละ48 มีความคิดว่า PPMPมีประโยชน์มากกว่านมพาสเจอร์ไรส์ทั่วไป ส่วนผู้บริโภคที่คิดว่าไม่แน่ใจว่า PPMPจะมีประโยชน์มากกว่าหรือน้อยกว่านมพาสเจอร์ไรส์เป็นร้อยละ25 ผู้บริโภคร้อยละ20คิดว่าPPMPนี้มีประโยชน์เท่าๆกับนมพาสเจอร์ไรส์ทั่วไป ขณะที่มีผู้บริโภคร้อยละ 7 คิดว่าPPMPมีประโยชน์น้อยกว่านมพาสเจอร์ไรส์ทั่วไป

จากข้อมูลการทดสอบPPMP แสดงดังภาพที่22 พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ100 ให้การยอมรับPPMP โดยมีผู้บริโภคร้อยละ 67 ให้การยอมรับในเกณฑ์ชอบ ถึงชอบมาก ผู้บริโภคร้อยละ60 ยินดีจะซื้อPPMPหากมีการวางจำหน่ายในท้องตลาดในราคา 8 บาทต่อขวด(180มล.)

7.3 ลักษณะประชากรของผู้บริโภค

ผู้บริโภคที่ทำการทดสอบ PPMP เป็นกลุ่มบุคคลที่อาศัยในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน100 คน ลักษณะประชากรของผู้บริโภค สรุปได้ดังนี้คือ ผู้บริโภคเพศชายร้อยละ 44 เพศหญิงร้อยละ 56 มีอายุตั้งแต่15 ปี จนถึงมากกว่า40 ปีขึ้นไป การศึกษาของผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ40 อยู่ในระดับมัธยมศึกษาหรือต่ำกว่า รองลง

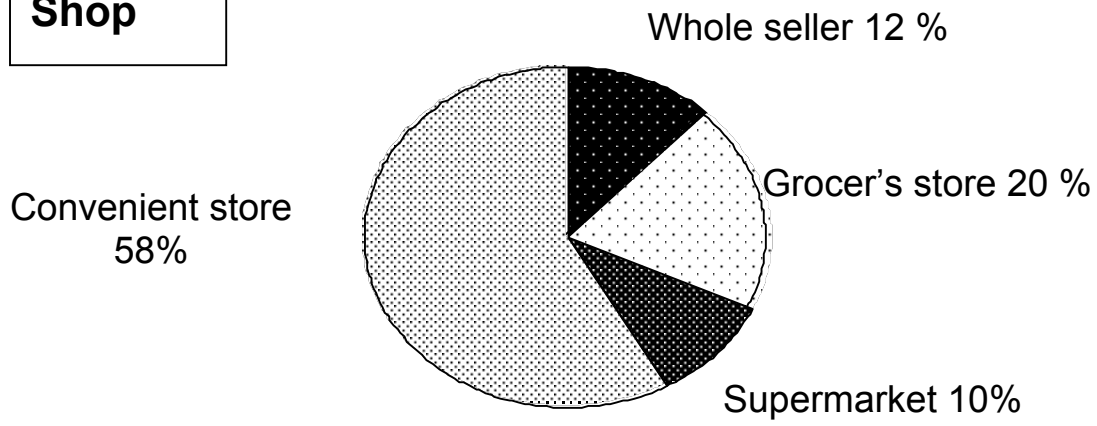
ร้อยละ 33 อยู่ในระดับปริญญาตรี อาชีพของผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่ทำการทดสอบในครั้งนี้เป็นนักศึกษาคิดเป็นร้อยละ42 รายได้ของผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ33 อยู่ในช่วง 5,001-10,000 บาท/เดือน

ตารางที่ 12 เหตุผลในการเลือกซื้อนมพาสเจอร์ไรส์ของผู้บริโภค

Table 12 The reasons of consumer for buy pasteurized milk.

Reasons	Percentage
Flavor	88
Nutrition	79
Comfortable	66
Cheap	27
Refreshing	20
Several flavored	12
Others	10

Shop



Flavors