บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ศึกษาลักษณะเยลลี่ในอุดมคติที่ผู้บริโภคต้องการ

5.1.1 ลักษณะเยลลี่ในอุดมคติจากผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด 5 ผลิตภัณฑ์

จากการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสเยลลี่ในอุดมคติที่มีในท้องตลาด 5 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เจเล่ (Jele), ท็อปส์ (Tops), อิมพีเรียล (Imperial), ปีโป้ (Pepo) และ อาชิ (Ar-chi) โดยเยลลี่ที่ผู้บริโภค หรือผู้ทดสอบ 100 คน ต้องการให้เป็นในด้านต่างๆ คือ

- ความใส มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.49 หมายถึง ผู้ทดสอบต้องการเยลลี่ที่มีความใสค่อนข้างมาก
- ความยืดหยุ่น มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.02 หมายถึง ผู้ทดสอบต้องการเยลลี่ที่ค่อนข้างยืดหยุ่น
- ความคงตัว มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.87 หมายถึง ผู้ทดสอบต้องการเยลลี่ที่มีความคงตัวสูง
- ลักษณะเนื้อสัมผัส มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.72 หมายถึง ผู้ทดสอบต้องการเยลลี่ที่มีเนื้อสัมผัสแข็งเล็กน้อย ไม่นิ่มเกินไป
- ความหวาน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.13 หมายถึง ผู้ทดสอบต้องการเยลลี่ที่มีความหวานเล็กน้อย
- ความเปรี้ยว มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.90 หมายถึง ผู้ทดสอบต้องการเยลลี่ที่มีความเปรี้ยวเล็กน้อย
- การยอมรับรวม มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.66 หมายถึง ผู้ทดสอบจะยอมรับเยลลี่ก็ต่อเมื่อมีคะแนนอยู่ในระดับสูง

พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ยี่ห้อปีโป้มีลักษณะใกล้เคียงกับเยลลี่ในอุดมคติและได้รับคะแนนการยอมรับรวมมากที่สุด ซึ่งถ้าพิจารณาจากคะแนนในแต่ละคุณลักษณะที่ทดสอบเทียบกับคุณลักษณะอุดมคติ (Ideal) ซึ่งได้จากการให้ผู้ทดสอบระบุก่อนทำการทดสอบ เรียกคุณลักษณะอุดมคตินี้ว่าเป็น floating ideal เมื่อนำคะแนนของแต่ละคุณลักษณะที่ได้ไปหารด้วยคะแนนคุณลักษณะอุดมคติ ถ้าเยลลี่ยี่ห้อใดมีลักษณะในด้านต่างๆ มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุดแสดงว่าเยลลี่

ยี่ห้อนั้นมีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกับอุดมคติ ยิ่งค่าเข้าใกล้ 1 มาก แสดงว่ามีความใกล้เคียงกับอุดมคติที่ผู้บริโภคต้องการมาก (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2536)

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบที่ได้จากตารางที่ ง.1 (แสดงในภาคผนวก ง) เมื่อพิจารณาการยอมรับรวมจะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์เจเล่ ปีโป้ และ อาชิ มีคะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาด้านอื่นประกอบจะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ปีโป้มีคะแนนใกล้เคียงกับ 1 ในเกือบทุกด้าน และเมื่อพิจารณาลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสที่ทดสอบโดยเครื่อง Texture analyser ร่วมด้วยแล้ว เห็นได้ว่าเยลลี่ปีโป้มีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างแข็งกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่อื่น (Hardness มีค่าเท่ากับ 49.34 g) แสดงว่าผู้ทดสอบชอบเยลลี่ที่ค่อนข้างแข็ง อีกทั้งยังได้รับคะแนนการยอมรับรวมเฉลี่ยสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์เยลลี่ปีโป้เพื่อไปทดสอบร่วมกับผลิตภัณฑ์เยลลี่จากต่างประเทศ ในข้อ 5.1.2 ต่อไป

5.1.2 เปรียบเทียบเยลลี่ในอุดมคติที่ได้จากข้อ 5.1.1 กับผลิตภัณฑ์เยลลี่จากต่างประเทศ

จากผลการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่ปีโป้ซึ่งเป็นเยลลี่ที่ผลิตและมีขายทั่วไปในประเทศไทยร่วมกับผลิตภัณฑ์เยลลี่บุกที่ผลิตจากต่างประเทศ คือ Daiyakku, Konnyaku batake, Konjac jelly และ Conjac jelly พบว่าผลิตภัณฑ์ Conjac jelly มีลักษณะในด้านต่างๆใกล้เคียงกับคุณลักษณะของเยลลี่ในอุดมคติมากที่สุด และได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับผลิตภัณฑ์เยลลี่ Daiyakku ($p>0.05$) แต่เมื่อดูคุณลักษณะในด้านอื่นๆ และผลการทดลองทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสดังตารางที่ 4.4 แล้ว จะเห็นว่าเยลลี่ Daiyakku มีเนื้อสัมผัสที่แข็งมาก คือ มีค่า Hardness 141 g ซึ่งทำให้เวลาเคี้ยวต้องใช้แรงถึง 128.62 g (ค่า Gumminess) ดังนั้นเยลลี่ Conjac jelly จึงได้รับการยอมรับมากกว่า และถูกนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

คุณลักษณะในด้านต่างๆ ของ Conjac jelly เป็นดังนี้

- ความใส มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.90 ซึ่งหมายถึง ผู้ทดสอบต้องการเยลลี่ที่มีความใสค่อนข้างมาก
- ความยืดหยุ่น มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.08 ซึ่งหมายถึง ผู้ทดสอบต้องการเยลลี่ที่ค่อนข้างยืดหยุ่น

- ความคงตัว มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.39 ซึ่งหมายถึง ผู้ทดสอบต้องการเยลลี่ที่มีความคงตัวสูง
- ลักษณะเนื้อสัมผัส มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.01 ซึ่งหมายถึง ผู้ทดสอบต้องการเยลลี่ที่มีเนื้อสัมผัสแข็งเล็กน้อย ไม่นิ่มเกินไป
- ความหวาน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 ซึ่งหมายถึง ผู้ทดสอบต้องการเยลลี่ที่มีความหวานพอดี
- ความเปรี้ยว มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 ซึ่งหมายถึง ผู้ทดสอบต้องการเยลลี่ที่มีความเปรี้ยวพอดี
- การยอมรับรวม มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.66 ซึ่งหมายถึง ผู้ทดสอบจะยอมรับเยลลี่ก็ต่อเมื่อมีคะแนนอยู่ในระดับค่อนข้างสูง

โดยคุณลักษณะของเยลลี่เหล่านี้จะใช้เป็นดัชนี เพื่อเปรียบเทียบกับเยลลี่บุกในงานวิจัย เรียกค่าต่างๆเหล่านี้ ว่าเป็น fixed ideal (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2536) ซึ่งจะใช้ตลอดงานวิจัย

5.2 ศึกษาการใช้แป้งบุกในผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

5.2.1 การใช้แป้งบุกร่วมกับแซนแทนกัม โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งบุกกับแซนแทนกัมร่วมกับปริมาณของแป้งบุกและแซนแทนกัม

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คน ให้ผลดังตารางที่ 4.5 และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังตารางที่ 4.6 พบว่าอัตราส่วนของแป้งบุกต่อแซนแทนกัม (K:X) ที่ใช้ มีผลต่อทุกด้านที่ทดสอบคือ ความใส ความยืดหยุ่น ความคงตัว ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม โดยความใสจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ K:X จาก 60:40 เป็น 70:30 ดังตารางที่ 4.7 ทั้งนี้เนื่องมาจากแซนแทนกัม เพราะแซนแทนกัมเมื่อนำมาละลายน้ำจะให้สารละลายที่ขาวขุ่น (Urlacher และ Noble,1997) ดังนั้นเมื่อใช้ปริมาณแซนแทนกัมมากกว่าจึงทำให้มีความขุ่นมากกว่า จึงทำให้เยลลี่ที่ใช้ K:X เป็น 70:30 มีความใสมากกว่า แต่คะแนนความยืดหยุ่น ความคงตัวและลักษณะเนื้อสัมผัสจะลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ K:X โดยปกติแป้งบุกจะไม่สามารถเกิดเจลได้แต่เมื่อใช้ร่วมกับแซนแทนกัมจะสามารถเกิดเป็นเจลได้ และเจลที่ได้จะมีลักษณะที่ยืดหยุ่น ที่อัตราส่วนของ K:X ที่ต่ำกว่ามีความยืดหยุ่นมากกว่าเนื่องจากมีอัตราของแซนแทนกัมอยู่มากกว่า จึงทำให้มีความยืดหยุ่นมากกว่าเพราะเมื่อใช้แซนแทนกัมร่วมกับแป้งบุกจะให้เจลที่มีลักษณะยืดหยุ่น ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสเยลลี่ที่ใช้อัตราส่วนของ K:X เป็น 60:40 ให้เยลลี่ที่มีความแข็งมากกว่าเนื่องจาก

คุณสมบัติของแป้งบุกที่สามารถเกิดอันตรกิริยากับแซนแทนกัมแล้วให้เจลที่มีความแข็งแรงเมื่อใช้ในอัตราส่วน K:X เป็น 60:40 (Tye,1991)

ถ้าพิจารณาถึงปริมาณสารผสมที่ใช้ พบว่า ปริมาณสารผสมที่ใช้มีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกด้านที่ทดสอบ ดังตารางที่ 4.8 โดยคะแนนความใสจะลดลงเมื่อปริมาณของแป้งบุกและแซนแทนกัมเพิ่มขึ้นจาก 2 เป็น 3 และ 4 % (w/w) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากปริมาณของแซนแทนกัมที่เพิ่มขึ้นทำให้มีความขุ่นเพิ่มขึ้นดังที่ได้กล่าวมาแล้วจากข้างต้น ในทางกลับกันคะแนนความยืดหยุ่น ความคงตัว และลักษณะทางเนื้อสัมผัสจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสูงขึ้นจาก 2 เป็น 3 % (w/w) แต่จะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณจาก 3 เป็น 4%(w/w) ซึ่งคะแนนการยอมรับรวมก็เพิ่มขึ้นด้วยเมื่อเพิ่มปริมาณสูงขึ้น

และเมื่อพิจารณาทั้งอัตราส่วนของ K:X และ ปริมาณสารผสมที่ใช้ร่วมกัน พบว่าคะแนนการยอมรับรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เว้นแต่เยลลี่ที่ใช้อัตราส่วนของ K:X เป็น 70:30 ปริมาณ 2%(w/w) ที่ได้รับคะแนนการยอมรับรวมต่างออกไป โดยที่เยลลี่ที่ใช้อัตราส่วนของ K:X เป็น 60:40 ปริมาณ 3%(w/w) ได้รับคะแนนการยอมรับสูงที่สุด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.5

และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับลักษณะทางอุดมคติ (fixed ideal) เพื่อเลือกภาวะที่เหมาะสมให้ผลดังตารางที่ ง.3 (แสดงในภาคผนวก ง) พบว่า เยลลี่ที่ใช้อัตราส่วนของ K:X เป็น 60:40 ปริมาณ 3% (w/w) ให้คะแนนการยอมรับสูงที่สุด และเมื่อพิจารณาถึงด้านอื่นๆก็มีค่าใกล้เคียงกับค่า Ideal ซึ่งสามารถดูได้จากภาพที่ 4.5 ดังนั้นจึงเลือกที่อัตราส่วน 60:40 ปริมาณ 3 % (w/w) เพื่อนำไปศึกษาขั้นต่อไป โดยความถูกต้องของการทดลองตรวจสอบได้โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, S.D.) ดังนี้

1. ค่า S.D. เท่ากับศูนย์ หมายความว่าผู้ทดสอบมีความเห็นเหมือนกัน
2. ค่า S.D. ≤ 0.5 หมายความว่าผู้ทดสอบมีความเห็นแตกต่างกันไปบ้าง
3. ค่า S.D. >0.5 หมายความว่าผู้ทดสอบมีความเห็นแตกต่างกันมาก

(เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2536) ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่าค่า S.D. ต่ำกว่า 0.5 นั่นคือผู้ทดสอบมีความเห็นไม่แตกต่างกันมาก

เมื่อนำมาทดสอบทางกายภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้ Texture Analyser ให้ผลดังภาพที่ 4.6 ซึ่งแปรผลได้ออกมาดังตารางที่ 4.9 พบว่า เยลลี่ที่ใช้อัตราส่วนของ K:X เป็น 60:40 จะมีความแข็ง (Hardness) มากกว่าที่อัตรา 70:30 และความแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของสารผสมมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ใช้พลังงานในการบดเคี้ยว (Gumminess) เพิ่มสูงขึ้นด้วย แต่ไม่มีผลต่อค่า Cohesiveness ทั้งนี้เนื่องจากค่า Gumminess จะสัมพันธ์กับค่า Hardness และ Cohesiveness (Brandt et al., 1963 : Szczesniak, 1963) ดังสมการ Gumminess = Hardness x Cohesiveness (x 100) ดังนั้นถ้าพิจารณาผลทางลักษณะเนื้อสัมผัสเทียบกับการยอมรับรวมข้างต้นการที่เยลลี่ที่ใช้ K:X เป็น 70:30 ที่ปริมาณ 2%(w/w) ได้รับการยอมรับน้อยกว่าตัวอื่นก็เนื่องมาจากผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่นิ่มเกินไปจึงไม่เป็นที่พอใจของผู้ทดสอบ

จากการทดสอบทางกายภาพด้านสีพบว่าเมื่ออัตราส่วนของแป้งบุกต่อแซนแทนกัมเพิ่มขึ้นค่าความสว่าง หรือค่า L จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และค่า L จะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของแซนแทนกัมที่ผสมอยู่ในเยลลี่ผลิตภัณฑ์ที่มีแซนแทนกัมผสมอยู่ในปริมาณที่มากกว่าจะมีความขุ่นมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีแซนแทนกัมผสมอยู่น้อยกว่า ดังนั้นจึงส่งผลให้มีค่า L น้อยกว่า และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนของ K:X ร่วมกับความเข้มข้นที่ใช้พบว่าการใช้ K:X เป็น 70:30 ที่ปริมาณ 2%(w/w) จะมีค่า L สูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากในสูตรนี้มีปริมาณแซนแทนกัมผสมอยู่น้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.10

5.2.2 การใช้แป้งบุกร่วมกับแคปปาคาร์ราจีแนน โดยแปรอัตราส่วนระหว่างแป้งบุกกับแคปปาคาร์ราจีแนน และปริมาณแป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนน

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คน ให้ผลดังตารางที่ 4.11 และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังตารางที่ 4.12 พบว่าอัตราส่วนของแป้งบุกต่อแคปปาคาร์ราจีแนน (K:C) และปริมาณสารผสมที่ใช้ มีผลต่อทุกลักษณะที่ทดสอบ เว้นเพียงด้านความคงตัวเท่านั้น เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอัตราส่วนระหว่าง K:C พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ K:C จะทำให้คะแนนความใส ความยืดหยุ่น และการยอมรับรวมเพิ่มขึ้น แต่ความคงตัวและลักษณะเนื้อสัมผัสจะมีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ในทางกลับกันเมื่อเพิ่มปริมาณของสารผสมระหว่างแป้งบุกและคาร์ราจีแนนให้สูงขึ้น คะแนนความใส ความยืดหยุ่น และการยอมรับรวมจะลดลง ส่วนความคงตัวและลักษณะเนื้อสัมผัสจะได้คะแนนเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากแคปปาคาร์ราจีแนนที่ใช้ร่วมกัน เมื่อพิจารณาด้านปริมาณที่ใช้และคุณสมบัติของแคปปาคาร์ราจีแนน จะเห็นว่าในการทดลองที่มีแคปปาคาร์รา-

จีแนนผสมอยู่มากจะให้ความยืดหยุ่นต่ำ แต่เยลลี่ที่ได้จะมีความแข็งและความคงตัวสูงกว่า และทำนองเดียวกันที่อัตราส่วนเดียวกันแต่เพิ่มปริมาณให้สูงขึ้น เยลลี่ที่ได้ก็จะมีความยืดหยุ่นลดลง แต่มีความแข็งและความคงตัวสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะแคปปาคาร์ราจีแนนจะให้เจลที่แข็งและเปราะ (Glicksman,1969 ; Whistler and Bemiller, 1993) แต่เมื่อนำมาใช้ร่วมกับแป้งบุกแล้วจะให้ลักษณะของเจลที่ดีขึ้น (Thomas,1997a; Tye,1991) คือจะให้เจลที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น และเมื่อพิจารณาการใช้อัตราของ K:C ร่วมกับปริมาณสารผสม การทดลองที่ใช้ K:C เป็น 60:40 ปริมาณ 3%(w/w) ได้รับการยอมรับมากที่สุด ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางปที่ 4.11

เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับลักษณะทางอุดมคติ เพื่อเลือกอัตราส่วนของ K:C และปริมาณที่เหมาะสมเพื่อนำไปศึกษาต่อ ให้ผลดังตารางที่ ง.4 (แสดงในภาคผนวก ง) พบว่าการทดลองที่ใช้อัตราส่วนของ K:C เป็น 60:40 ที่ปริมาณ 3%(w/w) จะให้เยลลี่ที่มีการยอมรับรวมสูงที่สุด และมีลักษณะทางด้านอื่นๆใกล้เคียงกับลักษณะทางอุดมคติ (มีค่าเข้าใกล้ 1) ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ดังภาพที่ 4.7 ดังนั้นจึงเลือกการใช้แป้งบุก ต่อแคปปาคาร์ราจีแนน 60:40 ปริมาณ 3%(w/w) เพื่อไปศึกษาในขั้นต่อไป

เมื่อนำเยลลี่ที่ใช้แป้งบุกต่อแคปปาคาร์ราจีแนนในอัตราส่วน และปริมาณต่างๆ มาทดสอบทางลักษณะเนื้อสัมผัส ได้ผลดังภาพที่ 4.8 ซึ่งแปรผลได้ดังตารางที่ 4.15 พบว่าค่า Hardness มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งบุกต่อแคปปาคาร์ราจีแนนสูงขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) ที่อัตราส่วนเดียวกัน ทั้งนี้ก็เนื่องจากเมื่อเพิ่มอัตราของแป้งบุกมากขึ้นแป้งบุกจะไปทำให้แคปปาคาร์ราจีแนนมีความอ่อนตัว หรือมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นดังนั้นค่า Hardness จึงมีค่าลดลง ซึ่งส่งผลให้ค่า Gumminess มีค่าลดลงด้วย ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น

เมื่อนำมาทดสอบกายภาพทางด้านสีให้ผลดังตารางที่ 4.16 จากตารางพบว่าค่า L จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนระหว่างแป้งบุกและคาร์ราจีแนน แต่จะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสารผสมสูงขึ้น ($p \leq 0.05$)

5.2.3 การใช้แป้งบุกร่วมกับสารละลายด่าง (Na_2CO_3) โดยแปรความเข้มข้นของแป้งบุกและความเข้มข้นของโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)

จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้แป้งบุกมีความเข้มข้น 2%(w/v) ร่วมกับ Na_2CO_3 3.5% (w/v) ให้เยลลี่ที่มีลักษณะยืดหยุ่นและใส แต่มีสีดำคล้ำและมีกลิ่นที่ไม่ดี เนื่องจากการทำปฏิกิริยากับ สารละลายด่างที่ใช้ และเมื่อใช้แป้งบุกความเข้มข้นสูงขึ้นแป้งบุกจะไม่เกิดเป็นเยลลี่แต่จะเป็นสารละลายที่มีความข้นเหนียวเท่านั้น ดังนั้นจึงขอตัดขั้นตอนการทดลองโดยใช้แป้งบุกร่วมกับ สารละลายด่างออก เพราะจากการสังเกตของผู้ทำวิจัยและจากผู้ทดสอบคนอื่นๆแล้วมีความเห็นว่าไม่ยอมรับเยลลี่ที่ผลิตขึ้นมา ในด้านของสีและกลิ่น แต่ถ้าสามารถปรับปรุงสีและกลิ่นให้ดีขึ้นจะได้รับการยอมรับมากขึ้น

ในงานวิจัยเลือกที่จะใช้โซเดียมคาร์บอเนต เนื่องจากจะทำให้ได้เจลที่มีความแข็งแรง โดยจากการศึกษาการเติมสารละลายด่างชนิดต่างๆ ซึ่งได้แก่ โซเดียมฟอสเฟต โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โปแทสเซียมคาร์บอเนต โซเดียมคาร์บอเนต และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ลงในสารละลายแป้งบุก พบว่าโซเดียมคาร์บอเนตจะให้เจลที่มีความแข็งแรง (% relative gel strength สูงที่สุด) (Thomas, 1997b)

จากการศึกษาของ Nozaki และ Sakurai (1992) ถึงผลของ alkaline agent ที่มีต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่แป้งบุก โดยได้แบ่งการศึกษาเป็น 2 ชุดการทดลองคือ การใช้และไม่ใช้สารละลายด่างในการผลิตเยลลี่แป้งบุก โดยเตรียมเจลแป้งบุกความเข้มข้น 2.8 % (w/v) และเติมโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 1.5% (w/v) ซึ่งมีการเติมน้ำอุ่นลงไปเพื่อปรับปรุงรสชาติ ขั้นตอนการทดลองทุกขั้นตอนเหมือนกัน ต่างตรงที่การเติมสารละลายด่างลงไป พบว่าชุดการทดลองที่ใช้แป้งบุกที่เติมโซเดียมคาร์บอเนตจะให้เยลลี่ที่มีกลิ่นและรสขององุ่น แต่ชุดการทดลองที่ไม่เติมโซเดียมคาร์บอเนตจะไม่เกิดเป็นเยลลี่ แต่จะเป็นแค่เพียง paste เท่านั้น ซึ่งการที่ Nozaki และ Sakurai สามารถผลิตเยลลี่ร่วมกับสารละลายด่างที่มีลักษณะที่ดีได้อาจจะเนื่องมาจากคุณภาพของแป้งบุกที่ใช้ เพราะแป้งบุกที่นำมาใช้อาจจะผลิตมาจากบุกที่ต่างสายพันธุ์กัน ซึ่งทำให้ได้แป้งบุกที่มีคุณภาพต่างกัน ดังที่ Kishida (1979) ได้ทำการศึกษาไว้ เพราะคุณภาพของแป้งบุกเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเยลลี่แป้งบุก หรือแป้งบุกที่ Nozaki และ Sakurai ใช้อาจจะมีการฟอกสีทำให้ได้แป้งที่มีความขาว จึงไม่เกิดปัญหาเรื่องสีของเยลลี่ก็เป็นได้

การที่แป้งบุกสามารถเกิดเจลได้เมื่อใช้ร่วมกับสารละลายด่าง เนื่องมาจากเมื่อเติมด่างลงไปจะเกิดปฏิกิริยา deacetylation คือหมู่ acetyl ที่มีอยู่ทั่วไปบนสายกลูโคแมนแนนจะถูกดึงออกไป (Maekaji, 1978) เมื่อดูจากลักษณะโครงสร้างของเจลแป้งบุกที่ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า ดังรูป จ.7 (แสดงในภาคผนวก จ) เห็น

ได้ว่าเจลแป้งบุกมีการจัดเรียงตัวเป็นโครงร่างแหอย่างไม่เป็นระเบียบ บางช่วงจะมีลักษณะที่เกาะกันเป็นกลุ่มก้อน แต่เมื่อเติมสารละลายด่างซึ่งในกรทดลองคือ โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ลงไปในเจลของแป้งบุก พบว่าลักษณะโครงสร้างที่ถ่ายด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 10,000 เท่าเช่นเดียวกัน (ดังรูป จ.8) จะมีการจัดเรียงตัวเป็นโครงร่างแหที่เป็นระเบียบ และชัดเจนขึ้น (ข้อมูลจากการทำวิจัย ซึ่งวิธีทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ข. 4) ดังนั้นการใช้แป้งบุกร่วมกับสารละลายด่าง จึงน่าที่จะเกิดเป็นเจลที่ดี และสามารถให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่มีลักษณะที่ดีได้ ถ้าสามารถกำจัด หรือลดสีและกลิ่นที่ไม่ดีออกไปได้

5.3 ศึกษาชนิดของน้ำตาลและปริมาณกรดที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่แป้งบุก

5.3.1 ศึกษาในผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ผลิตจากแป้งบุกผสมแซนแทนกัมดังอัตราส่วน และปริมาณที่ได้จากข้อ 5.2.1 โดยใช้น้ำตาล 2 ชนิด คือ ซูโครส และ ฟรุกโทส และแปรปริมาณกรดซิตริกที่ใช้เป็น 4 ระดับ คือ 0 , 0.3 , 0.5 และ 0.7 % (w/w)

จากการทดลองพบว่าเมื่อเติมกรดลงไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเซ็ทตัวได้น้อยลง และมีความคงตัวน้อยลง (เมื่อวางทิ้งไว้เยลลี่จะไม่คงสภาพเดิมจะมีการยุบและแผ่ขยายตัวเพิ่มขึ้น) เมื่อเพิ่มปริมาณกรดที่ใช้จนไม่สามารถเซ็ทตัวเป็นเยลลี่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากในภาวะที่เป็นกรดสูง (pH ต่ำกว่า 2.5) จะมีผลทำให้แซนแทนกัมมีเสถียรภาพ หรือความคงตัวลดลง (Imeson,1992 ; Urlacher and Noble,1997) ดังนั้นจึงได้แปรปริมาณกรดที่ใช้ใหม่เป็น 0, 0.01, 0.02 และ 0.1%(w/w) ตามลำดับ พบว่าสามารถเซ็ทตัวเป็นเยลลี่ได้ลักษณะที่ดีที่สุดเมื่อไม่เติมกรด แต่สามารถที่จะเติมกรดลงไปได้ 0.01%(w/w) โดยที่ยังคงสภาพอยู่ได้ ดังนั้นในการทดสอบจึงขอแสดงผลแค่ชนิดของน้ำตาลที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เท่านั้น โดยที่จะไม่มีการเติมกรดลงไปในผลิตภัณฑ์ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน แสดงได้ดังตารางที่ 4.17

จากตารางพบว่า ชนิดของน้ำตาลมีผลต่อลักษณะทุกด้านที่ทดสอบ โดยเมื่อใช้น้ำตาลซูโครสในการทดลอง จะให้คะแนนความยืดหยุ่น ความคงตัว ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมสูงกว่าเมื่อใช้น้ำตาลฟรุกโทสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่คะแนนความใสที่ได้จะน้อยกว่าเมื่อใช้น้ำตาลฟรุกโทสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนในด้านรสชาติการทดลองที่ใช้น้ำตาลซูโครสก็มีคะแนนต่ำกว่าการทดลองที่ใช้น้ำตาลฟรุกโทส แต่ถือว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) การที่ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ได้จากการทดลองที่ใช้น้ำตาลฟรุกโทสมีความใสมากกว่า ก็เนื่องมาจาก ที่อุณหภูมิเดียวกัน น้ำตาลฟรุกโทสสามารถที่จะละลายได้มากกว่าน้ำตาลซูโครส ดังที่ Charley (1982) ได้ทำการทดลองไว้ว่า ที่อุณหภูมิ 20 $^{\circ}C$ ในน้ำ 100 มิลลิลิตร ซูโครสสามารถที่

จะละลายได้ 203.9 กรัม ในขณะที่ฟรุกโทสละลายได้ 375 กรัม และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 40 ^{o}C ซูโครสละลายได้เพียง 238.1 กรัม และฟรุกโทสสามารถละลายได้ถึง 538 กรัม ซึ่งเห็นได้ว่าฟรุกโทสมีการละลายได้ดีกว่าที่อุณหภูมิเดียวกัน และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นการละลายของทั้งฟรุกโทสและซูโครสก็จะเพิ่มขึ้น (Lueck,1980) ดังนั้นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใช้ฟรุกโทสมีความใสมากกว่าเพราะฟรุกโทสมีการละลายได้มากกว่าซูโครสที่อุณหภูมิเดียวกัน (deMan,1990)

เมื่อพิจารณาด้านความคงตัว ความยืดหยุ่นและลักษณะเนื้อสัมผัสแล้ว เห็นได้ว่าเยลลี่ที่ใช้ซูโครสจะมีความคงตัว ความยืดหยุ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสที่สูงกว่า นั่นคือเยลลี่ที่ได้จากการใช้ซูโครสมีความแข็งมากกว่า (แต่จากตารางจะเห็นว่ามีคะแนนเฉลี่ยเพียง 2.73 เท่านั้น นั่นแสดงว่าเยลลี่ที่ได้นั้นมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนมาก) ทั้งนี้เนื่องมาจากโครงสร้างของแซนแทนกัมซึ่งเป็น heteropolysaccharide ที่มีน้ำตาลกลูโคส (glucose) แมนโนส (mannose) และกรดกลูโคโรนิก (glucoronic acid) ประกอบอยู่ในอัตรา 2.8:3:2 นั้น (Urlacher and Noble, 1997) เมื่อเติมซูโครสลงไป ซึ่งตัวซูโครสเองจะประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสและฟรุกโทส เชื่อมต่อกันอยู่ด้วยพันธะ α-(1$\rightarrow$2) (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2539; Briggs and George, 1979) กลูโคสที่มีอยู่ในโมเลกุลจะเชื่อมจับกันกับแซนแทนกัม เกิดเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงส่งผลให้มีความคงตัวและเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าการใช้ฟรุกโทส และน้ำตาลซูโครสเองยังอาจเป็นตัวช่วยให้เกิดเจลเหมือนกับในเพคติน ซึ่งซูโครสมีหมู่ไฮดรอกซิลมากจะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำทำให้แป้งบุกกับแซนแทนกัมสามารถเกิดเจลได้ดีขึ้น ส่วนในด้านความยืดหยุ่นในการทดลองที่ใช้ฟรุกโทสซึ่งมีความคงตัวน้อยนั้นจะมีการแผ่ขยายตัวสูงกว่าเมื่อนำออกจากพิมพ์เพื่อจะทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังนั้นจึงมีความยืดหยุ่นที่น้อยกว่าเมื่อใช้ซูโครส

ในด้านความหวานจากตารางจะเห็นว่าทั้งการใช้ซูโครสและฟรุกโทสไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาถึงคะแนน การทดลองที่ใช้ฟรุกโทสได้รับคะแนนสูงกว่าทั้งนี้เนื่องจากฟรุกโทสมีความหวานมากกว่าซูโครส 1.7 เท่า (Briggs and George, 1979; Geman and Sherrington, 1990)

จากผลการทดสอบในลักษณะด้านต่างๆจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใช้ซูโครสได้รับคะแนนการยอมรับรวมมากกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใช้ฟรุกโทสอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

เมื่อเทียบกับลักษณะทางอุดมคติเพื่อเลือกชุดการทดลองที่ดีไปศึกษาต่อให้ผลดังตารางที่ ง.5 (ดังแสดงในภาคผนวก ง) จากตารางเมื่อนำมาทำเป็น Ratio Profile จะแสดงดังภาพที่ 4.19

ซึ่งผลก็เป็นไปในทำนองเดียวกับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสซึ่งไม่ได้เทียบกับ Ideal จากการศึกษาชนิดของน้ำตาลที่มีผลต่อเยลลี่แป้งบุกผสมแซนแทนกัมจึงเลือกน้ำตาลซูโครสเพื่อไปศึกษาในขั้นต่อไป เพราะให้ลักษณะที่เข้าใกล้ Ideal มากกว่าเมื่อใช้น้ำตาลฟรุกโทส และให้การยอมรับมากกว่า ($p \leq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสกับการทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture Analyser แสดงผลดังภาพที่ 4.10 ซึ่งแปรผลได้ดังภาพที่ 4.11 ซึ่งให้ผลในทำนองเดียวกันคือ ในผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใช้น้ำตาลซูโครสจะให้เนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใช้น้ำตาลฟรุกโทสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งส่งผลให้ต้องใช้แรงในการเคี้ยวมากกว่า และเนื่องจากมีแรงในการเกาะยึดตัว หรือค่า Cohesiveness มากกว่าดังนั้นจึงมีความคงตัวสูงกว่าในผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใช้น้ำตาลฟรุกโทส

จากการทดสอบทางด้านกายภาพด้านสี และการวัดค่า pH, % total acidity และ %TSS ให้ผลดังตารางที่ 4.18 พบว่า ทั้งการทดลองที่ใช้น้ำตาลซูโครสและฟรุกโทสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในค่า pH และ % total acidity เนื่องจากในการทดลองไม่มีการเติมกรดลงไป แต่ปริมาณกรดที่เกิดขึ้นและวัดได้เกิดจากน้ำกระเจี๊ยบที่เติมลงไป ส่วน %TSS นั้นจะเห็นว่าในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซูโครสมี %TSS สูงกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ฟรุกโทสทั้งๆที่ใส่ในปริมาณที่เท่ากัน ทั้งนี้ก็อาจจะเนื่องมาจากน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกัน ซึ่งซูโครสจะมีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าฟรุกโทส ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลเพียง 180.16 เท่านั้น (Southgate, 1991) เพราะซูโครสประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสและฟรุกโทส

ส่วนในด้านสีนั้นผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใช้ฟรุกโทสจะให้ค่า L ที่สูงกว่า ($p \leq 0.05$)นั่นคือมีความสว่างมากกว่า เนื่องจากฟรุกโทสมีความใสมากกว่าจึงทำให้มีความสว่างมากกว่า และมีค่า a (a มีค่าบวกแสดงถึงสีแดง) (Hunter, 1974) ต่ำกว่าในเยลลี่ที่ใช้ซูโครส ทั้งนี้เนื่องมาจากความใสของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใช้ซูโครสมีลักษณะค่อนข้างขุ่นจึงทำให้สีของน้ำกระเจี๊ยบที่เติมลงไปเข้มมากกว่า จึงส่งผลให้มีค่า a หรือมีสีแดงมากกว่าในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ฟรุกโทส และจากการมีสีที่เข้มกว่านี้เองจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซูโครสมีความสว่าง หรือค่า L ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใช้ฟรุกโทสเป็นองค์ประกอบ

5.3.2 ศึกษาในผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ผลิตจากแป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนน ดังอัตราส่วนและปริมาณที่ได้จากข้อ 5.2.2 โดยใช้น้ำตาล 2 ชนิด คือซูโครส และฟรุกโทส ร่วมกับปริมาณกรดซิตริก 4 ระดับ คือ 0 , 0.3 , 0.5 และ 0.7% (w/w)

จากการศึกษาผลชนิดของน้ำตาล และปริมาณกรดที่มีต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คน ให้ผลดังตารางที่ 4.19 และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสให้ผลดังตารางที่ 4.20 พบว่า ชนิดของน้ำตาลที่ใช้มีผลต่อความใส ความยืดหยุ่น ลักษณะเนื้อสัมผัสและความเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติในด้านความคงตัว ความหวาน และการยอมรับรวม ($p > 0.05$)

โดยน้ำตาลฟรุกโทสจะมีผลต่อความใสของเยลลี่ ทั้งนี้ได้อธิบายแล้วข้างต้น ว่าเกิดจากฟรุกโทสสามารถที่จะละลายได้มากกว่าซูโครส (ที่อุณหภูมิเดียวกัน) ดังนั้นจึงให้ความใสที่มากกว่า แต่เมื่อเทียบความใสระหว่างเยลลี่แป้งบุกผสมแซนแทนกัม และแป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนนแล้ว จะเห็นว่าเยลลี่ที่ทำจากแป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนนจะมีความใสมากกว่าทั้งที่ใช้น้ำตาลซูโครส และ ฟรุกโทส ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของแคปปาคาร์ราจีแนนที่ว่า เมื่อแคปปาคาร์รา-จีแนนมีน้ำตาลผสมอยู่จะให้เจลที่ใส (Pomeranz, 1991) เมื่อพิจารณาในด้านความยืดหยุ่นและเนื้อสัมผัส พบว่าเยลลี่ที่ใช้ซูโครสจะให้คะแนนในทั้ง 2 ด้านสูงกว่าเยลลี่ที่ใช้ฟรุกโทส ทั้งนี้เนื่องจากซูโครสสามารถเกิดพันธะภายในเจลของแป้งบุกผสมคาร์ราจีแนนได้ดีกว่าฟรุกโทส ดังนั้นเยลลี่ที่ใช้ซูโครสจึงมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าเยลลี่ที่ใช้ฟรุกโทส และมีความยืดหยุ่นที่สูงกว่าด้วย ในด้านความคงตัวนั้นจะเห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อดูค่าเฉลี่ยแล้วการใช้ซูโครสจะให้ความคงตัวดีกว่า เนื่องจากเกิดพันธะที่แข็งแรงกว่ายึดเกาะกันได้เป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรงมากกว่าจึงทำให้มีความคงตัวสูงกว่า ในด้านความหวานจะเห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เยลลี่ที่ใช้ฟรุกโทสจะมีความหวานสูงกว่า เนื่องจากมีระดับความหวานสูงกว่าซูโครสถึง 1.7 เท่า ดังได้กล่าวไว้ในผลการทดลองข้างต้น และเนื่องจากในสารละลายฟรุกโทส น้ำสามารถที่จะเคลื่อนที่ (translation mobility of water) ได้ง่าย และเคลื่อนที่ได้สูงกว่าในสารละลายซูโครส ซึ่งการรับรสความหวานของน้ำตาลจะขึ้นกับความสามารถในการเคลื่อนที่ของน้ำในสารละลายน้ำตาลนั้นดังนั้นฟรุกโทสจึงมีความหวานมากกว่าซูโครสเพราะมี sweetness intensity สูงกว่า (Mahawanich, 2000) แต่เมื่อพิจารณาถึงการยอมรับโดยรวมแล้วชนิดของน้ำตาลไม่มีผลต่อการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์เยลลี่แป้งบุกผสมคาร์ราจีแนน ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาปริมาณกรดที่มีผลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 4.22 พบว่า เมื่อปริมาณกรดเพิ่มขึ้นความใสจะเพิ่มสูงขึ้นด้วยทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณกรดสูงขึ้น ปริมาณกรดไม่มีผลต่อความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์แต่จะมีผลต่อความคงตัวและลักษณะเนื้อสัมผัส โดยเมื่อเพิ่มปริมาณกรดสูงขึ้นความคงตัวและลักษณะเนื้อสัมผัสจะลดต่ำลง เนื่องจากที่ pH ต่ำ (< 7) คาร์ราจีแนนจะให้ความคงตัวที่ลดต่ำลง (Stanley, 1990) และการที่เนื้อสัมผัสของเยลลี่มีคะแนนลดต่ำลง คือมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนเมื่อเพิ่มปริมาณกรดสูงขึ้นนั้นจะทำให้โครงสร้างของเจลมีความแข็งแรงลดลง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีความอ่อนตัวมากขึ้น ส่วนในด้านรสชาตินั้นเมื่อปริมาณกรดสูงขึ้น จะสามารถ detect รสเปรี้ยวได้เพิ่มขึ้น ทำให้ความหวานลดลง ดังนั้นคะแนนความเปรี้ยวจึงสูงขึ้นและคะแนนความหวานจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณกรดสูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาถึงการยอมรับรวม การเติมกรด 0.3%(w/w) ได้รับการยอมรับรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ 0.5%(w/w) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 0.7%(w/w) การยอมรับรวมจะลดลง ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากลักษณะต่างๆที่ด้อยลงทั้งในด้านความคงตัว เนื้อสัมผัส และความหวานที่ลดลง จึงเป็นที่ยอมรับน้อยลง

เมื่อพิจารณาทั้งชนิดของน้ำตาล และปริมาณกรดที่ใช้ร่วมกัน พบว่าไม่มีผลต่อความใสและความยืดหยุ่น แต่จะมีผลต่อด้านอื่นๆที่เหลือ ซึ่งการใช้น้ำตาลซูโครสโดยไม่เติมกรด (0% (w/w)) จะให้ความคงตัวที่ดี และให้เนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าการทดลองชุดอื่น ในด้านความหวานผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลฟรุกโทสโดยไม่เติมกรด (0%(w/w)) จะให้ความหวานสูงสุด แต่เมื่อใช้กรดเป็น 0.7%(w/w) จะให้ความเปรี้ยวมากที่สุด และเมื่อพิจารณาที่ระดับการใช้กรด 0.3%(w/w) โดยใช้น้ำตาลฟรุกโทส จะให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่แป้งบุกผสมคาร์ราจีแนน ที่ได้รับการยอมรับรวมสูงที่สุด ซึ่งแสดงผลไว้ดังตารางที่ 4.19

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสสามารถที่จะเลือกชนิดของน้ำตาล และปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมต่อการผลิตเยลลี่แป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนน ได้เมื่อนำไปเทียบกับลักษณะอุดมคติซึ่งให้ผลดังตารางที่ ง.6 (ดังแสดงในภาคผนวก ง)

จากตารางเห็นได้ว่าการทดลองที่ใช้น้ำตาลฟรุกโทสร่วมกับกรด 0.3%(w/w) และการทดลองที่ใช้น้ำตาลฟรุกโทสร่วมกับกรด 0.5%(w/w) ให้คะแนนการยอมรับรวมไม่ต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะเลือกการทดลองที่ใช้กรด 0.3%(w/w) เพื่อนำไปศึกษาต่อ เพราะการทดลองนี้จะให้ลักษณะที่ใกล้เคียงกับอุดมคติมากที่สุด ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 4.12

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เยลลี่แป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนนที่ใช้ชนิดของน้ำตาลและปริมาณกรดที่ต่างกันไปทดสอบทางลักษณะเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Texture Analyser ให้ผลดังภาพที่ 4.13 จากผลการทดลองเห็นได้ว่าค่า Hardness มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณกรดมากขึ้นทั้งนี้เนื่องจากเมื่อปริมาณกรดสูงขึ้นจะทำให้ pH ของสารผสมระหว่างแป้งบุกและแคปปาคาร์ราจีแนนลดลงและที่ภาวะเป็นกรดสูงทั้งแป้งบุก และแคปปาคาร์ราจีแนนจะมีความคงตัวลดลง ดังนั้นจึงทำให้ความแข็งแรง หรือการจับรวมกันของเจลน้อยลง (Morris, 1951) ทำให้เยลลี่มีค่า Hardness ลดลง แต่เมื่อพิจารณาถึงชนิดของน้ำตาล เมื่อดูที่การใช้น้ำตาลซูโครสและฟรุกโทสที่ไม่มีการเติมกรด (0%(w/w)) พบว่าเยลลี่ที่ใช้น้ำตาลซูโครสมีความแข็งมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลแต่ละชนิดมีผลต่อความแข็งแรงของเจลแตกต่างกัน จึงมีผลต่อความคงตัวในร่างแหแตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของน้ำตาล (Rauch,1952 ; Crandall and Wicker,1986) โดยน้ำตาลซูโครสมีโครงสร้างที่ประกอบด้วย โมเลกุลของกลูโคสและฟรุกโทสเชื่อมต่อกัน (Fennema, 1996) ดังนั้นจึงมีโครงสร้างที่แข็งแรงกว่าน้ำตาลฟรุกโทส เยลลี่ที่ได้จึงมีความแข็งมากกว่า แต่เมื่อพิจารณาที่ระดับกรดสูงขึ้นเป็น 0.3, 0.5 และ 0.7 %(w/w) ตามลำดับ จะเห็นว่าเยลลี่ที่ใช้น้ำตาลฟรุกโทสมีค่า Hardness สูงกว่าเยลลี่ที่ใช้น้ำตาลซูโครสทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่เมื่อเติมกรดลงไปจะเกิดการไฮโดรไลซ์ต่อไปจนได้เป็นกลูโคสและฟรุกโทส จึงทำให้มีความแข็งต่ำกว่าฟรุกโทสซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว

เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพด้านสีให้ผลดังตารางที่ 4.24 จากการทดลองพบว่าชนิดของน้ำตาลไม่มีผลต่อค่า L (ความสว่าง) แต่มีผลต่อค่า a (+ = สีแดง, - = สีเขียว) และค่า b (+ = สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน) โดยค่า a จะสูงกว่าเมื่อใช้น้ำตาลซูโครส นั่นคือเยลลี่จะมีสีแดงมากกว่าเมื่อใช้น้ำตาลซูโครส เนื่องจากน้ำตาลซูโครสจะให้ความใสน้อยกว่าน้ำตาลฟรุกโทสดังนั้นจึงทำให้เยลลี่ที่ได้มีสีที่เข้มกว่าค่า a ที่ทดสอบได้จึงมีค่ามากกว่า (สีแดงที่เกิดขึ้นมาจากน้ำกระเจี๊ยบที่เติมลงไป) เมื่อพิจารณาถึงปริมาณกรดพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกรดจะทำให้ค่า L ลดลง ส่วนค่า a และ b จะมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกรดจะมีผลทำให้สีที่มีในผลิตภัณฑ์เยลลี่เปลี่ยนแปลงไป โดยสีที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์เป็นสีของน้ำกระเจี๊ยบที่เติมลงไป นั่นก็คือ Anthocyanins นั่นเอง ซึ่ง Anthocyanins จะมีสีตั้งแต่ brilliant orange red จนถึง deep purple (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ, 2538ข) โดยในภาวะที่เป็นกรด Anthocyanins จะมีสีแดง และจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (Von Elbe and Schwartz, 1996) ดังนั้นค่า a จึงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า L ลดลงเนื่องจากสีแดงที่เพิ่มหรือเข้มขึ้นนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์ทึบขึ้นค่า L จึงลดลง แต่เมื่อพิจารณาทั้งชนิดของน้ำตาลและปริมาณกรดที่ใช้ร่วมกันพบว่า ทั้งชนิดของน้ำตาลและปริมาณของกรดที่ใช้ไม่มีผลต่อค่า L แต่จะทำให้ค่า a เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกรดสูงขึ้น

จากตารางที่ 4.25 พบว่าเมื่อปริมาณกรดสูงขึ้นค่า pH ที่วัดได้ก็จะลดลงทั้งนี้เนื่องจากปริมาณไฮโดรเจนอิออนที่เพิ่มสูงขึ้น (pH = - log $[H^+]$ เมื่อ $[H^+]$ คือความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน) (White et. al., 1973 ; Christian, 1977) นั่นคือเยลลี่มีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ % total acidity สูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณกรดมากขึ้น และเมื่อพิจารณาถึง % total soluble solid (%TSS) จะเห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเพิ่มปริมาณกรด ($p>0.05$) แต่จากค่าที่วัดได้ค่า %TSS จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มปริมาณกรด ทั้งในน้ำตาลฟรุกโทสและซูโครส

5.4 ศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่แป้งบุก

5.4.1 ศึกษาในเยลลี่ที่ผลิตจากแป้งบุกผสมแซนแทนกัมที่ได้จากข้อ 5.3.1 โดยแปรปริมาณน้ำตาลที่ใช้เป็น 4 ระดับ คือ 15 , 20 , 25 และ 30 %(w/w)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ดังตารางที่ 4.26 พบว่าปริมาณน้ำตาลที่ใช้มีผลต่อลักษณะทุกด้านที่ทดสอบ โดยการเพิ่มปริมาณน้ำตาลมากขึ้นจะมีผลทำให้คะแนนทางด้านความใส ความยืดหยุ่น ความคงตัว ลักษณะเนื้อสัมผัส ความหวาน ความเปรี้ยวและการยอมรับรวมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เมื่อเทียบกับการใช้น้ำตาลที่ระดับ 15%(w/w) โดยปริมาณน้ำตาลที่ใช้มีผลต่อความแข็งแรงของเจล โดยความแข็งแรงของเจลจะสูงขึ้นหากมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น (Doesburg, 1965) ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลสูงขึ้นลักษณะเนื้อสัมผัสจึงแข็งขึ้นทำให้มีความคงตัวมากขึ้น การยอมรับรวมจึงเพิ่มขึ้นด้วย เพราะโดยปกติแป้งบุกผสมแซนแทนกัมเองจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่อ่อน และไม่คงตัว ดังนั้นน้ำตาลจึงเป็นตัวช่วยเสริมโครงสร้างของ เจลแป้งบุกผสมแซนแทนกัมให้มีความแข็งแรงและคงตัวมากขึ้น

เมื่อนำลักษณะที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในแต่ละด้านมาเทียบกับ Ideal ได้ผลดังตารางที่ ง.7 (ดังแสดงในภาคผนวก ง) ซึ่งสามารถที่จะหาปริมาณที่เหมาะสมในการทำเยลลี่แป้งบุกผสมแซนแทนกัมได้ จากตารางพบว่าเมื่อใช้น้ำตาล 20 % (w/w) และ 30 % (w/w) ในผลิตภัณฑ์เยลลี่แป้งบุกผสมแซนแทนกัมให้การยอมรับรวมไม่ต่างกันทางสถิติ($p>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาลักษณะในแต่ละด้านประกอบแล้วเยลลี่ที่ใช้น้ำตาล 30 % (w/w) จะให้ลักษณะในแต่ละด้านมีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด (มีลักษณะใกล้อุดมคติมากที่สุด) เว้นด้านความคงตัวเท่านั้นที่ด้อยกว่าการใช้น้ำตาล 20 % (w/w) ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ดังภาพที่ 4.14 ดังนั้นจึงเลือกเยลลี่แป้งบุกผสมน้ำตาล 30 % (w/w) เพื่อนำไปศึกษาต่อในขั้นต่อไป

เมื่อทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyser ให้ผลดังภาพที่ 4.15 ซึ่งแปรผลได้ดังตารางที่ 4.27 จากการทดสอบพบว่าปริมาณน้ำตาลมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่แป้งบุกผสมแซนแทนกัม โดยเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลสูงขึ้นค่า Hardness จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นด้วยทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มสูงนี้จะช่วยทำให้โครงร่างแหของเยลลี่มีความแข็งแรงมากขึ้น แต่ถ้าปริมาณน้ำตาลสูงเกินไปก็จะทำให้เจลอ่อนตัวได้ (Kertesz, 1951) เมื่อความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น ค่า Hardness จึงสูงขึ้น ส่งผลให้ค่า Gumminess เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ด้วย

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เยลลี่แป้งบุกผสมแซนแทนกัมไปวัดค่าสี และทดสอบทางด้านเคมีให้ผลดังตารางที่ 4.28 พบว่าปริมาณน้ำตาลไม่มีผลต่อค่า pH ,% total acidity และค่า L ทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีผลต่อ % total soluble solid เนื่องจากปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มมากขึ้นจะไปเพิ่มปริมาณ soluble solid ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เยลลี่ ทำให้ วัดค่า % TSS ได้เพิ่มขึ้น

5.4.2 ศึกษาในเยลลี่ที่ผลิตจากแป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนน ที่ได้จากข้อ 5.3.2 โดยแปรปริมาณน้ำตาลที่ใช้เป็น 4 ระดับ คือ 15 , 20 , 25 และ 30 % (w/w)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คน ให้ผลดังตารางที่ 4.29 พบว่าปริมาณน้ำตาลมีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเยลลี่แป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนนทางด้านความใส ลักษณะเนื้อสัมผัส ความหวาน ความเปรี้ยวและการยอมรับโดยรวม แต่ไม่มีผลต่อลักษณะด้านความยืดหยุ่น และความคงตัว ($p>0.05$) โดยเมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำตาลจาก 15, 20, 25 และ 30 % (w/w) ตามลำดับ ความใสของผลิตภัณฑ์เยลลี่จะเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับลักษณะเนื้อสัมผัสซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องจากปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นนี้จะช่วยทำให้โครงสร้างของเจลระหว่างแป้งบุกและแคปปาคาร์ราจีแนนแข็งแรงขึ้น (Doesburg, 1965; Oakenfull and Scott, 1984) จึงทำให้มีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น ค่าทางประสาทสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัสที่ผู้ทดสอบ detect ได้จึงสูงขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณน้ำตาลสูงขึ้นยังมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหวานเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ความเปรี้ยวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำลักษณะทางด้านต่างๆของเยลลี่แป้งบุกผสมคาร์ราจีแนนที่ใช้น้ำตาลปริมาณต่างๆกันมาเทียบกับ Ideal ได้ผลดังตารางที่ ง.8 (ดังแสดงในภาคผนวก ง) ซึ่งสามารถทำให้เลือกปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมได้ โดยเลือกจากชุดการทดลองที่ให้ลักษณะที่เข้าใกล้ Ideal หรือมีค่าใกล้ 1 มาก ที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นได้ดัง Ideal Profile ในภาพที่ 4.16

จากตารางเมื่อพิจารณาด้านการยอมรับรวมเห็นได้ว่าเมื่อใช้น้ำตาล 25 และ 30%(w/w) ในผลิตภัณฑ์เยลลี่จะให้ค่าการยอมรับรวมที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในที่นี้เลือกการทดลองที่ใช้น้ำตาล 30 % (w/w) เพื่อไปศึกษาต่อ ซึ่งเมื่อดูจากอัตราส่วนเมื่อเทียบกับ Ideal ของการยอมรับรวมแล้วน่าจะเลือกการใช้น้ำตาล 25 % (w/w) เพราะมีค่าที่เข้าใกล้ 1 มากกว่า แต่เมื่อลองพิจารณาลักษณะด้านอื่นๆประกอบจะเห็นว่า การใช้น้ำตาล 30 % (w/w) จะให้เยลลี่ที่มีลักษณะของเยลลี่ที่ใสกว่า ซึ่งความใสเป็นลักษณะของเยลลี่ที่ดี (Chaiprasop, 1991) และมีเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงลักษณะทางอุดมคติมากกว่า (เยลลี่ที่ใช้น้ำตาล 25 % (w/w) มีลักษณะเนื้อสัมผัส = 1.09 ซึ่งมีลักษณะที่แข็งเกินลักษณะทางอุดมคติ) ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณน้ำตาลในระดับ 30 % (w/w) ในผลิตภัณฑ์เยลลี่แป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนนเพื่อศึกษาในขั้นต่อไป

จากตารางที่ 4.30 พบว่าปริมาณน้ำตาลมีผลต่อลักษณะทางเนื้อสัมผัสของเยลลี่แป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนน โดยเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลสูงขึ้นเยลลี่จะมีความแข็งมากขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ค่า Hardness สูงขึ้นด้วย ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วว่าน้ำตาลจะช่วยให้เจลมีโครงสร้างแข็งแรงขึ้น และเมื่อดูที่ค่า Gumminess จะเห็นว่ามีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับเยลลี่ที่ใช้น้ำตาล 15% (w/w) แต่จากตารางสังเกตเห็นว่าเยลลี่ที่ใช้น้ำตาล 25% (w/w) มีค่า Gumminess ต่ำกว่าเยลลี่ที่ใช้น้ำตาล 20% (w/w) ซึ่งจริงๆแล้วที่ระดับน้ำตาล 25 % (w/w) ควรมีค่า Gumminess สูงกว่า เพราะ มีค่า Hardness สูงกว่า (จาก Gumminess = Hardness x Cohesiveness) และมีค่า Cohesiveness ไม่แตกต่างกันมาก (Brandt et al., 1963; Szczesniak, 1963)

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เยลลี่แป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนนมาวัดค่าสี และหาค่า pH, % total acidity และ %TSS พบว่าปริมาณน้ำตาลจะไม่มีผลต่อค่า pH และ % total acidity เนื่องจากมีปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์เท่ากันในทุกการทดลอง แต่จะมีผลต่อ % TSS อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาล จะส่งผลให้ % TSS มีค่าสูงขึ้นเช่นเดียวกับเยลลี่แป้งบุกผสมแซนแทนกัม เพราะปริมาณน้ำตาลที่เติมลงไปจะไปเพิ่มปริมาณ soluble solid ในผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาทางด้านสีพบว่าปริมาณน้ำตาลมีผลต่อความสว่าง หรือค่า L ของเยลลี่แป้งบุกผสมคาร์ราจีแนน โดยเมื่อปริมาณน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นค่า L มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับที่เติมน้ำตาล 15%(w/w)

5.5 ศึกษาผลของน้ำผักผลไม้ชนิดต่างๆ (มี pH ต่างกัน) ที่มีต่อเยลลี่ที่ผลิตจากแป้งบุกผสมแซนแทนกัม และ แป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนน

จากการศึกษาการใช้แป้งบุกร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดคือ แซนแทนกัม และ แคปปาคาร์ราจีแนน ร่วมกับน้ำผักผลไม้ที่มี pH ต่างๆกัน 3 ชนิด คือ น้ำกระเจี๊ยบ, น้ำฝรั่ง และน้ำแครอท

โดยน้ำผักผลไม้ที่ใช้ในการศึกษามี pH ดังนี้คือ

- น้ำกระเจี๊ยบ pH อยู่ในช่วง 2.8-3.0 (high acid food)
- น้ำฝรั่ง pH อยู่ในช่วง 4.0-4.2 (acid food)
- น้ำแครอท pH อยู่ในช่วง 6.2-6.4 (low acid food)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ให้ผลดังตารางที่ 4.32 และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ให้ผลดังตารางที่ 4.33 พบว่าไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ร่วมกับแป้งบุกมีผลต่อทุกลักษณะที่ทดสอบยกเว้นความยืดหยุ่นและ ความหวาน ($p>0.05$) ไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้มีผลคือ ในด้านความใสแป้งบุกที่ใช้ร่วมกับแคปปาคาร์ราจีแนนจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความใสมากกว่าแป้งบุกที่ใช้ร่วมกับแซนแทนกัม นอกจากนี้แป้งบุกที่ใช้ร่วมกับคาร์ราจีแนนยังให้เนื้อสัมผัสที่แข็งกว่า และมีความคงตัวสูงกว่าเยลลี่ที่ทำจากแป้งบุกผสมแซนแทนกัม ซึ่งส่งผลให้เยลลี่แป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนนได้รับการยอมรับรวมสูงกว่าเยลลี่แป้งบุกผสมแซนแทนกัมอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของแคปปาคาร์ราจีแนนที่เมื่อมีน้ำตาลอยู่ภายในโครงสร้างจะให้เจลที่ใส และมีความแข็งแรง จึงให้เยลลี่ที่ได้รับการยอมรับมากกว่า และเมื่อพิจารณาถึงน้ำผักผลไม้ที่เติมลงไป ซึ่งน้ำผลไม้แต่ละตัวมี pH ต่างๆกัน พบว่าน้ำผักผลไม้มีผลต่อทุกๆลักษณะที่ทดสอบยกเว้น ความยืดหยุ่น ความคงตัวและลักษณะเนื้อสัมผัส โดยน้ำกระเจี๊ยบซึ่งมี pH ต่ำสุดมีผลต่อความใสมากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกับน้ำฝรั่งที่มีความใสรองลงมา ความใสที่เกิดขึ้นนี้ก็เนื่องมาจากปริมาณกรดที่มีอยู่ในน้ำผักผลไม้นั่นเอง ส่วนในด้านความหวานนั้นเยลลี่ที่ใช้น้ำแครอทมีความหวานสูงที่สุด เนื่องจากมีความเป็นกรดต่ำ หรือมีค่า pH สูง ส่วนเยลลี่ที่ใช้น้ำฝรั่ง และน้ำกระเจี๊ยบมีความหวานรองลงมาตามลำดับ ซึ่งทำให้เยลลี่ที่ทำจากน้ำกระเจี๊ยบได้รับการยอมรับรวมมากที่สุดรองลงมาเป็น เยลลี่ฝรั่งซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และเยลลี่แครอทตามลำดับ ซึ่งถ้าพิจารณาเฉพาะน้ำผักผลไม้จะเห็นว่าผักผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง (pH ต่ำ) จะได้รับการยอมรับมากกว่าเยลลี่ที่ใช้น้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH สูง) แต่เมื่อพิจารณาทั้งไฮโดรคอลลอยด์และน้ำผักผลไม้ที่ใช้ร่วมกัน พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยนี้มีผลต่อลักษณะของเยลลี่ทุกๆด้านที่ทดสอบ เว้นเพียงด้านลักษณะเนื้อสัมผัส

และความหวาน โดยจะเห็นว่าเยลลี่ที่ทำจากแป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนน และเติมน้ำฝรั่งลงไปให้คะแนนการยอมรับรวมสูงที่สุด และให้ลักษณะทางด้านอื่นๆสูง

เมื่อนำลักษณะในด้านต่างของเยลลี่แป้งบุกที่ใช้ไฮโดรคอลลอยด์และน้ำผลไม้แต่ละชนิดไปเทียบกับ Ideal ให้ผลดังตารางที่ ง.9 (ดังแสดงในภาคผนวก ง)

จากตารางจะเห็นว่าเยลลี่แป้งบุกที่ใช้ร่วมกับคาร์ราจีแนนและเติมน้ำฝรั่งลงไปมีการยอมรับรวมสูงที่สุด และมีค่าเข้าใกล้ Ideal มากที่สุด เมื่อพิจารณาลักษณะในด้านอื่นๆ ซึ่งสามารถแสดงเป็น Ratio Profile ได้ดังภาพที่ 4.18 ดังนั้นจึงเลือกเยลลี่แป้งบุกที่ใช้ร่วมกับแคปปาคาร์ราจีแนนที่เติมน้ำฝรั่งเพื่อนำไปศึกษาอายุการเก็บต่อไป การที่เยลลี่ที่ผลิตจากแป้งบุกผสมแคปปา-คาร์ราจีแนนได้รับการยอมรับมากกว่าเยลลี่ที่ผลิตจากแป้งบุกผสมแซนแทนกัม อาจเนื่องมาจากลักษณะเนื้อสัมผัส ความคงตัว และรสชาติของเยลลี่ที่ผลิตได้ เนื่องจากเยลลี่ที่ผลิตจากแป้งบุกผสมแซนแทนกัมมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนิ่ม และมีความคงตัวน้อย นอกจากนี้ยังไม่สามารถเติมกรดลงไปเพื่อปรับปรุงรสชาติ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากโครงสร้างของ แซนแทนกัมเอง ซึ่งจากผลการทำ SEM จะเห็นว่าโครงสร้างเจลของแซนแทนกัมมีลักษณะเป็นเส้นยาว ดังรูปที่ จ.9 (ดังแสดงไว้ในภาคผนวก จ) และเมื่อนำไปใช้ร่วมกับแป้งบุกจะเห็นว่าไม่ปรากฏโครงร่างตาข่าย (ดังรูปที่ จ.9 ในภาคผนวก จ) ในขณะที่เมื่อพิจารณาการเกิดเจลของแป้งบุกร่วมกับแคปปาคาร์ราจีแนนที่กำลังขยายเดียวกันจะเห็นเป็นโครงร่างตาข่าย ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ที่เนื่องจากแป้งบุกและแซนแทนกัมเกิดเจลร่วมกันแบบชนิดที่ 1 (ดังตารางที่ 2.2 ในบทที่ 2) คือเกิดเจลระหว่างโพลีแซคคาไรด์ 2 ชนิด โดยที่โพลีแซคคาไรด์แต่ละตัวที่ใช้ร่วมกันไม่สามารถเกิดเจลได้ และจับรวมตัวกันไม่เป็นร่างแห เจลที่ได้จึงไม่แข็งแรง และไม่คงตัว เท่ากับ เจลของแป้งบุกที่ใช้ร่วมกับแคปปาคาร์ราจีแนนซึ่งเกิดเจลแบบที่ 2 คือ เกิดเจลระหว่างโพลีแซคคาไรด์ 2 ชนิด ระหว่างโพลีแซคคาไรด์ที่เกิดเจลได้ และโพลีแซคคาไรด์ที่เกิดเจลไม่ได้ อีกทั้งเจลที่เกิดขึ้นยังจัดเรียงตัวเป็นร่างแห ดังรูปที่ จ.11 (แสดงในภาคผนวก จ) ซึ่งทำให้มีความแข็งแรงและคงตัวมากกว่า

เมื่อนำเยลลี่แป้งบุกที่ใช้ร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ และน้ำผักผลไม้ต่างๆมาทดสอบด้านเนื้อสัมผัสโดย Texture Analyser ให้ผลดังภาพที่ 4.19 ซึ่งแปรผลได้ดังตารางที่ 4.36 พบว่าเยลลี่แป้งบุกที่ใช้ร่วมกับแคปปาคาร์ราจีแนนโดยเติมน้ำแครอทจะให้เยลลี่ที่มีเนื้อสัมผัสที่แข็ง ซึ่งทำให้ต้องใช้แรงในการเคี้ยวสูง จะเห็นว่าเยลลี่ที่ใช้น้ำผักผลไม้ชนิดเดียวกันแต่ใช้ไฮโดรคอลลอยด์ต่างกันนั้น เยลลี่แป้งบุกที่ใช้ร่วมกับแคปปาคาร์ราจีแนนจะมีความแข็งมากกว่า ซึ่งดูจากค่าที่ได้แล้วเยลลี่แป้งบุกผสมแซนแทนกัมจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างอ่อนนิ่ม ดังนั้นเมื่อพิจารณา

คะแนนการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสข้างต้นร่วมด้วย ก็น่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เยลลี่ที่ทำจากแป้งบุกร่วมกับแซนแทนกัมมีคะแนนต่ำกว่าเยลลี่ที่ทำจากแป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนน การที่เยลลี่มีค่า Hardness แตกต่างกันก็เนื่องจากน้ำผักผลไม้ที่เติมลงไป โดยน้ำผักผลไม้ที่เติมลงไปแต่ละตัวมีค่า pH ที่แตกต่างกัน จากตารางสังเกตได้ว่าเยลลี่ที่ใช้น้ำผักผลไม้ที่มีค่า pH ต่ำ (มีความเป็นกรดสูง) จะให้เยลลี่ที่มีความแข็งน้อยกว่าเยลลี่ที่ใช้น้ำผักผลไม้ pHสูง (ความเป็นกรดต่ำ) และจะมีค่า Hardness ต่ำในเยลลี่แป้งบุกผสมแซนแทนกัม

จากตารางที่ 4.37 พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่แป้งบุกที่เติมน้ำกระเจี๊ยบให้ผลิตภัณฑ์ที่มี pH ต่ำที่สุด รองลงมาคือ เยลลี่ฝรั่ง และเยลลี่แครอทตามลำดับ และในทางกลับกันเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบจะมี %total acidity สูงที่สุด รองลงมาคือ เยลลี่ฝรั่งและ เยลลี่แครอทตามลำดับ ทั้งนี้ก็เนื่องจากความเป็นกรดของน้ำผักผลไม้ที่ใช้เติมลงไป ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดนั้นจะเห็นว่าในเยลลี่ที่ใช้น้ำกระเจี๊ยบเป็นส่วนประกอบให้ %TSS สูงที่สุด รองลงมาคือเยลลี่แครอท และเยลลี่ฝรั่ง โดยเยลลี่ที่ใช้คาร์ราจีแนนร่วมกับแป้งบุกให้ %TSS สูงกว่าเยลลี่แป้งบุกผสมแซนแทนกัมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.38 พบว่าชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้มีผลต่อความสว่าง (ค่า L) ของผลิตภัณฑ์ โดยแคปปาคาร์ราจีแนนจะให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่มีค่า L สูงกว่า และเมื่อพิจารณาถึงน้ำผักผลไม้ที่ใช้เห็นได้ว่า น้ำแครอทให้ค่า L สูงที่สุดรองลงมาคือ น้ำฝรั่ง และน้ำกระเจี๊ยบตามลำดับ โดยเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบให้ค่า a สูงที่สุด รองลงมาคือ เยลลี่แครอท และฝรั่ง เนื่องจากเยลลี่กระเจี๊ยบมี Anthocyanin ซึ่งมีสีแดงเป็นองค์ประกอบอยู่ ส่วนค่า b นั้น เยลลี่แครอทจะให้ค่า b สูงที่สุด รองลงมาคือเยลลี่กระเจี๊ยบและเยลลี่ฝรั่งตามลำดับ เนื่องจากในแครอทมี Carotene ซึ่งให้สีเหลืองอยู่มาก

5.6 การศึกษาอายุการเก็บของเยลลี่แป้งบุกที่เลือกได้จากข้อ 5.5

จากการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เยลลี่แป้งบุกโดยใช้แป้งบุกผสมแคปปาคาร์ราจีแนนและเติมน้ำฝรั่งโดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง และ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า เยลลี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บเพียง 1 สัปดาห์เท่านั้น เนื่องจากในสัปดาห์ที่สองมีเชื้อราเกิดขึ้น โดยสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นจึงทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสได้เพียงแค่ 1 ครั้งเท่านั้น เมื่อนำผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในแต่ละด้านมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าเยลลี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างในทุกลักษณะที่

ทดสอบจากเยลลี่ในสัปดาห์ที่ 0 (วันแรกของการผลิต) อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และเมื่อนำไปวัดเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Texture analyser พบว่าค่า Hardness และ ค่า Gumminess มีค่าลดลงเมื่อเก็บไว้นานขึ้นแต่เมื่อพิจารณาในแง่สี จะเห็นว่าค่า L และ ค่า b มีค่าสูงขึ้น แต่ค่า a มีแนวโน้มลดลง การที่ค่า b เพิ่มขึ้นคือเยลลี่มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น เนื่องจากเยลลี่ผลิตจากน้ำฝรั่งดังนั้นจึงมีสีขาวค่อนข้างเหลือง นั่นคือเมื่อเก็บนานขึ้นสีของเยลลี่จะเข้มขึ้น ส่วนค่า Hardness ที่วัดได้ลดลงนั่นคือเนื้อสัมผัสของเยลลี่อ่อนลง อาจเกิดเนื่องมาจากน้ำที่ขับออกมา ทำให้เนื้อเยลลี่อ่อนลง แต่เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำที่ขับออกมาแล้ว เห็นได้ว่ามีปริมาณเพียงเล็กน้อย ดังนั้นอาจจะเกิดจากจุลินทรีย์ที่พบในผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถที่จะย่อยน้ำตาลที่มีอยู่ในเยลลี่ ทำให้เยลลี่มีเนื้อสัมผัสที่อ่อนลงก็เป็นได้ และเมื่อดูผลทางด้านจุลินทรีย์ประกอบจะเห็นว่ามีเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มสูงขึ้น และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง ดังนั้นจุลินทรีย์จึงน่าจะเป็นเหตุผลในการทำให้เนื้อสัมผัสของเยลลี่อ่อนลง เพราะที่อุณหภูมิห้องจุลินทรีย์สามารถเจริญได้

ส่วนเยลลี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสพบว่าเมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทุกด้านที่ทดสอบ ยกเว้น ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ดังนั้นจึงอาจบอกได้ว่าผู้ทดสอบใช้ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน เพราะเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้น นั่นคือมีความแข็งเพิ่มขึ้น และเมื่อดูคะแนนมรับรวมก็จะเพิ่มขึ้น พบว่าในสัปดาห์ที่4 ซึ่งได้รับคะแนนการยอมรับรวมเพิ่มขึ้น เยลลี่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็ง ซึ่งเมื่อพิจารณาการทดสอบทางลักษณะเนื้อสัมผัสเทียบด้วยแล้วจะเห็นว่ามีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส คือมีค่า Hardness สูงขึ้นเมื่อเก็บไว้นานขึ้น

เมื่อทำการทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่เก็บเป็นเวลา 4 สัปดาห์ กับเยลลี่ที่ 0 สัปดาห์ โดย 9 points hedonic scale พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่เก็บเป็นเวลา 4 สัปดาห์ยังคงได้รับการยอมรับรวมไม่แตกต่างไปจากสัปดาห์ที่ 0 ($p>0.05$)

เมื่อมองในแง่การขับน้ำออกจากเจล หรือ syneresis ซึ่งเป็นปัญหาที่มักจะเกิดกับเยลลี่ พบว่าเยลลี่แป้งบุกที่เก็บไว้เป็นเวลา 4สัปดาห์ มีอัตราการสูญเสียน้ำเพียง 0.2-0.5% โดยน้ำหนักเท่านั้น ซึ่งถือว่าน้อยมาก ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากคุณสมบัติของแป้งบุกที่สามารถดูดน้ำได้สูง (Tye, 1991)มากกว่าไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น เช่น แคปปาคาร์ราจีแนน แต่เมื่อนำมาใช้ร่วมกันจะเห็นว่าสามารถที่จะลดการขับน้ำของแคปปาคาร์ราจีแนน และช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งและเปราะของแคปปาคาร์ราจีแนนได้ด้วย และเมื่อมองในด้านจุลินทรีย์แล้วจะเห็นว่าเมื่อเก็บเป็นเวลา

4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีจุลินทรีย์ที่พบน้อยมาก ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า สามารถที่จะเก็บเยลลี่ได้มากกว่า 4 สัปดาห์

เมื่อนำเยลลี่ที่ได้จากงานวิจัยมาเปรียบเทียบกับเยลลี่ปีโป้ซึ่งเป็นเยลลี่ที่ได้รับการยอมรับจากผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่มีในประเทศไทย (จากการทดสอบข้างต้น) และ Conjac jelly ซึ่งถือว่าเป็นเยลลี่ที่ใกล้เคียงกับเยลลี่ในอุดมคติที่ผู้ทดสอบ หรือตัวแทนผู้บริโภคต้องการมากที่สุด ในด้านของปริมาณใยอาหาร ซึ่งถือเป็นจุดเด่นของแป้งบุกแล้ว ยังพิจารณาถึงปริมาณโปรตีน และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกัน จากผลการวิเคราะห์พบว่า เยลลี่ที่ได้จากงานวิจัยมีความแข็ง (hardness) รองจากเยลลี่ปีโป้ แต่มากกว่า Conjac jelly ส่วนในด้านโปรตีนนั้นเยลลี่ที่ได้จากงานวิจัยมีปริมาณโปรตีนสูงสุดคือ 0.06 % ในขณะที่เยลลี่ปีโป้ และ Conjac jelly มีเพียง 0.035 และ 0.025 % เท่านั้น ส่วนปริมาณใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber) นั้นจะเห็นว่า Conjac jelly มีปริมาณใยอาหารสูงที่สุดคือ 0.88% รองลงมาคือ เยลลี่ที่ได้จากงานวิจัย และเยลลี่ปีโป้ คือ 0.55 และ 0.20 กรัมต่อ เยลลี่ 100 กรัม ตามลำดับ จะเห็นว่าเยลลี่ที่ได้จากงานวิจัยมีปริมาณใยอาหารน้อยกว่าทั้งนี้เนื่องมาจากว่า Conjac jelly มีวุ้นมะพร้าวเป็นส่วนผสมด้วย ดังนั้นจึงทำให้ Conjac jelly มีปริมาณใยอาหารมากกว่า

จากงานวิจัยเห็นได้ว่าเยลลี่บุกมีใยอาหารค่อนข้างสูง ถือได้ว่าเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เมื่อพิจารณาในแง่ความคุ้มทุนในการผลิต จากภาคผนวก จ. จะเห็นได้ว่าในการผลิตเยลลี่บุก 100 ถ้วย (ขนาดประมาณ 180 กรัม) ถ้าขายในราคาถ้วยละ 15 บาท จะได้กำไรถึง 511 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 51.67 ของต้นทุน