บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของเนื้อมะขามหวานสุก

มะขามหวานแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะเฉพาะ ทั้งทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีองค์ประกอบของเนื้อมะขามมีผลต่อคุณภาพของน้ำมะขามหรือผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการ จาก ตารางที่ 9 เนื้อมะขามหวาน พันธุ์สีทองมีความชื้นอยู่ ร้อยละ 22.74 ซึ่ง เสวียน หอมนาน (2529) ได้รายงานว่าเนื้อมะขามหวานสุกที่มีคุณภาพดี ควรจะมีความชื้นประมาณ ร้อยละ20-30 หากมีความชื้นมาก ความหวานของเนื้อมะขามหวานจะลดลง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของเนื้อมะขามหวาน มีอยู่ 68.50 องศาบริกซ์ ส่วนปริมาณของกรดของเนื้อมะขามหวานมีอยู่ ร้อยละ 2.82 กรดอินทรีย์ที่พบในเนื้อมะขามส่วนใหญ่จะเป็น กรดทาร์ทาริค (Ulrich, 1970) อัตราส่วนระหว่างปริมาณของน้ำตาลกับกรด (Brix/Acid Ratio, BAR) ของเนื้อมะขามหวานเท่ากับ 24.82 BAR ซึ่งค่า BAR ใช้เป็นดัชนีความบริบูรณ์ (maturity index) บ่งบอกความสุกอ่อนของผลไม้บางชนิด ได้ดีกว่าน้ำตาลหรือกรดเพียงอย่างเดียวและยังบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำผลไม้ที่ได้ด้วย ค่า BAR ยังเป็นดัชนีของรสชาติของน้ำผลไม้ด้วย (flavor quality index) (Fellers และ คณะ,1988) นอกจากน้ำตาลซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีความสำคัญด้านรสชาติแล้ว ยังมีคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซล คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ เพคติน (Charley, 1972) ทำหน้าที่ประสานโมเลกุลต่าง ๆ ในผนังเซลเข้าด้วยกันเช่นเดียวกับปูนในผนังคอนกรีต และยังทำหน้าที่เชื่อมเซลที่อยู่ข้างเคียงด้วยในเนื้อมะขามหวานมีปริมาณเพคตินอยู่ร้อยละ 2.03 โดยน้ำหนักดังนั้นเมื่อพิจารณาองค์ประกอบปริมาณน้ำในเนื้อมะขามซึ่งมีน้อยมาก มีความเข้มข้นของสารที่ละลายได้สูง ดังนั้นในขั้นตอนการผลิตน้ำเชื่อมมะขาม ด้วยการย่อยด้วยเอนไซม์ จึงต้องเจือจางด้วยน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์

5.2 ผลของการศึกษาภาวะการสกัดน้ำเชื่อมมะขามด้วยเพคติเนสและเซลลูเลส

การปรับปรุงการสกัดน้ำเชื่อมมะขามด้วยเอนไซม์ทางการค้า ชื่อ Pectinex Ultra-SP-L ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ประกอบด้วยเพคติเนสเป็นส่วนใหญ่ โดยมีโพลีกาแลคทูโรเนส (PG) เป็นองค์ประกอบหลัก ผสมกับเอนไซม์เฮมิเซลลูเลสเล็กน้อย ซึ่ง Noach (1986) ได้รายงานว่าเอนไซม์เฮมิเซลลูเลสร่วมกับเอนไซม์เพคติเนส จะสามารถเสริมประสิทธิภาพการย่อยเซลพืชให้มีประสิทธิภาพ

ขึ้น ดังนั้นการที่เอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ผสมนี้จึงสามารถทำให้เนื้อมะขามบางส่วนเป็นของเหลว (liquefaction) สามารถสกัดน้ำมะขามได้ง่ายขึ้น ส่วนประกอบของผนังเซลที่สำคัญอีกอัน คือ เซลลูโลส โดยมีสารประกอบเพคตินยึดโครงสร้างเหล่านี้ไว้อย่างแน่นหนา Gous และคณะ (1987) รายงานว่าการใช้เอนไซม์ร่วมกัน 2 ชนิดระหว่าง เอนไซม์เพคติเนสกับเซลลูเลส จะช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตของน้ำผลไม้ให้สูงขึ้น วิภาดา และ ปราณี (2537) ศึกษาการสกัดหัวเชื้อทุเรียนโดยการใช้ เพคติเนส เซลลูเลส และ อะมัยเลส ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง และแบบตามลำดับ พบว่าการสกัดหัวเชื้อทุเรียนแบบตามลำดับจะให้ผลผลิตของหัวเชื้อน้ำทุเรียนสูงสุด เพราะฉะนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกการทำปฏิกิริยาแบบตามลำดับ โดยให้เพคติเนสทำปฏิกิริยาก่อนจึงบ่มต่อด้วยเซลลูเลส

นอกจากนั้นเนื้อมะขามหวานบดที่นำมาสกัด มีค่าความเป็นกรดด่าง อยู่ในช่วงที่เพคติเนสและเซลลูเลสทำงานได้ดี จึงไม่ต้องปรับพีเอช ส่วนเนื้อมะขามเปรี้ยว ได้ทดลองสกัดด้วยเอนไซม์เช่นกัน แต่เนื่องจากมีค่าพีเอชต่ำมาก จึงต้องมีการปรับค่าพีเอช ทำให้เกิดกลิ่นแปลกปลอมจากสารบัฟเฟอร์ที่ใช้ปรับ ดังนั้นมะขามเปรี้ยวต้องหาวิธีสกัดแบบอื่นต่อไป

5.2.1 ภาวะสำหรับเพคติเนสในการย่อยสลายเพคตินที่สกัดน้ำเชื่อมมะขามหวานสูงสุด

อิทธิพลของความเข้มข้นของเอนไซม์ เวลาในการย่อย และอิทธิพลร่วมของความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาในการย่อย มีผลต่อปริมาณของน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากอิทธิพลของความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนส ต่อ ปริมาณน้ำเชื่อมมะขาม นั้น พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์จาก 0.25 เป็น 0.5 หน่วยต่อเนื้อมะขามบด 100 กรัม มีผลทำให้ ปริมาณน้ำเชื่อมมะขามเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 10) แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเอนไซม์เป็น 0.75 หน่วยต่อเนื้อมะขามบด 100 กรัม จะได้ปริมาณน้ำเชื่อมมะขามไม่แตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับความเข้มข้น 0.5 หน่วยต่อเนื้อมะขามบด 100 กรัม การเพิ่มความเข้มข้นและเวลาในการย่อยสลายทำให้ได้น้ำเชื่อมมะขามที่สกัดสูงขึ้น เนื่องจากเพคติเนสสามารถย่อยสารประกอบเพคตินและเฮมิเซลลูโลสในเนื้อมะขามได้เพิ่ม ทำให้โครงสร้างที่อุ้มน้ำเอาไว้ในโครงร่าง เปลี่ยนมาอยู่ในสภาพที่เกาะกันหลวม ๆ การบีบคั้นง่ายขึ้น น้ำถูกปลดปล่อยออกมาได้มาก (Jaleel และ Sreekantiah,1978; Joshi และคณะ,1991; Kilara,1982; Crandall และคณะ,1983) Joshi และคณะ (1991) ได้แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความเข้มข้นของเพคติเนสในเนื้อผลไม้บด

ได้แก่ peaches, plums และ apricots ทำให้ปริมาตรของน้ำผลไม้ทั้งหมดจากการบีบคั้นเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของเอนไซม์ แต่เมื่อถึงความเข้มข้นเอนไซม์ระดับหนึ่ง พบว่า ปริมาณน้ำผลไม้ที่ได้จากการคั้นคงที่ แสดงว่าปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมมีเพียงค่าเดียว ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นเอนไซม์และชนิดของผลไม้ที่ใช้

5.2.2 ภาวะสำหรับเซลลูเลสในการย่อยสลายเซลลูโลสในเนื้อมะขามบดที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเพคติเนส จากข้อ 4.2.1 ที่สามารถสกัดน้ำเชื่อมมะขามสูงสุด

เมื่อย่อยเนื้อมะขามบดของเพคติเนส 0.5 หน่วยต่อเนื้อมะขามบด 100 กรัม ทำปฏิกิริยาย่อยสลายเนื้อมะขามไปแล้ว 2 ชั่วโมง แล้วเติมเซลลูเลส โดยพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเซลลูเลส จาก 0.10 เป็น 0.25 หน่วยต่อเนื้อมะขามบด 100 กรัม มีผลทำให้ ปริมาณน้ำเชื่อมมะขาม เพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับการย่อยด้วยเพคติเนสเพียงชนิดเดียว ซึ่งได้ พบว่าการใช้เพคติเนสร่วมกับเซลลูเลส สามารถสกัดน้ำเชื่อมมะขามได้สูงขึ้นอีกร้อยละ 16.5 ใช้เพคติเนสร่วมกับเซลลูเลส โดยเติมเพคติเนสก่อนจนให้เพคติเนสย่อยสลายสารประกอบเพคตินที่อยู่ตรง middle lamella และ primary cell wall อย่างสมบูรณ์ แล้วเติมเซลลูเลสลงไปย่อยสลายเซลลูโลสที่อยู่ในส่วนของ primary และ secondary cell wall (Charley, 1972) ซึ่งการทดลองของ Noach (1986) พบว่าการย่อยสลายสารประกอบเพคตินด้วยเพคติเนส ทำให้การย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส โดยเอนไซม์เซลลูเลสและเฮมิเซลลูเลส ตามลำดับเป็นไปได้ง่ายขึ้น เนื่องจากไม่มีการขัดขวางปฏิกิริยาการย่อยสลายเซลลูโลส โดยสารประกอบเพคติน และเพคติเนสกับเซลลูเลสจะมีผลทำให้เนื้อเยื่อผลไม้อ่อนตัวลงและทำลายโครงสร้างของผนังเซลของผลไม้ ทำให้น้ำผลไม้ที่อยู่ภายในเซล ออกสู่ภายนอกเซลได้ ซึ่งจะปลดปล่อยองค์ประกอบที่สำคัญ เช่น สารให้กลิ่นรสออกมาด้วย และการสกัดน้ำเชื่อมมะขามด้วยเพคติเนสและเซลลูเลสใช้เวลาทำปฏิกิริยาไม่นานเกิน 3 ชั่วโมง และอุณหภูมิในการสกัดไม่สูง (45 องศาเซลเซียส) ทำให้สารให้กลิ่นของมะขามไม่เสื่อมเสียไป ดังนั้นการปรับปรุงการสกัดด้วยเอนไซม์ของเนื้อมะขามจึงเป็นทางเลือกที่ดีกว่าการสกัดด้วยน้ำร้อนที่เคยปฏิบัติกัน ซึ่งการสกัดด้วยวิธีดั้งเดิมนี้ ทำให้สูญเสียกลิ่นรสมะขามตามธรรมชาติไป

5.2.3 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี และกายภาพของน้ำเชื่อมมะขามที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยวิธีต่าง ๆ

ในงานวิจัยนี้ ต้องการผลิตน้ำเชื่อมมะขามชนิดใส เพราะต้องนำไปผลิตเป็นหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้นสำหรับน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊ส จากการบ่มด้วยเพคติเนสร่วมกับเซลลูเลสแล้วสกัดน้ำเชื่อมมะขาม พบว่า น้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที พบว่า มีการตกตะกอนแยกชั้นระหว่างของเหลวและของแข็งอย่างชัดเจน จึงได้ปรับปรุงความ

ใสด้วยการเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ ด้วยแรงเหวี่ยง 40160 x g จากผลการวิเคราะห์สมบัติของน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดด้วยเพคติเนสร่วมกับเซลลูเลส มีปริมาณเพคตินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับน้ำเชื่อมที่สกัดโดยไม่ใช้เอนไซม์ ส่งผลให้การวัดค่าความใสของน้ำเชื่อมที่สกัดด้วยเพคติเนสร่วมกับเซลลูเลส สูงกว่า น้ำเชื่อมมะขามที่ไม่ใช้เอนไซม์สกัด แต่เมื่อน้ำเชื่อมเหล่านี้ไปปรับปรุงความใสด้วยการเซนตริฟิวจ์ แล้วพบว่า น้ำเชื่อมมะขามทั้งสองภาวะมีปริมาณเพคตินลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทำให้ความใสในรูปของการวัดการส่องผ่านของแสงสูงขึ้น ซึ่งปริมาณสารเพคตินแปรผกผันกับค่าการส่องผ่านของแสง แสดงว่าความใสของน้ำเชื่อมมะขามจะสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณเพคตินลดลงจากการย่อยสลายของเพคติเนส และการเซนตริฟิวจ์เพิ่มประสิทธิภาพทำให้ใสมากขึ้น ด้วยการลดเพคตินซึ่งเป็นสาเหตุของความขุ่นลงอีกจากการเหวี่ยงกำจัดสารแขวนลอยที่ไม่ละลายออกไป เนื่องจากน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดจะต้องนำมาเตรียมเป็นหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้น สำหรับเครื่องดื่มอัดแก๊ส ซึ่งในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มอัดลม จะใช้หัวเชื้อที่เป็นสารสังเคราะห์ จึงไม่มีปัญหาเรื่องความขุ่น แต่ในงานวิจัยนี้ต้องผลิตหัวเชื้อที่มาจากผลไม้ ดังนั้นองค์ประกอบในผลไม้ จึงเป็นตัวจำกัดการใช้งานหัวเชื้อ เพราะหากหัวเชื้อมีความขุ่นจากสารประกอบเพคตินหรือเนื้อเยื่อผลไม้มากเกินไป จะทำให้ความสามารถในการละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง (Jacobs, 1959)

น้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ด้วยเพคติเนสและเซลลูเลส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และสารประกอบฟีนอลิคในรูปของแทนนินสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเพคติเนสและเซลลูเลสสามารถย่อยเพคตินและผนังเซลของเนื้อเยื่อมะขาม ทำให้เพิ่มสมบัติในการซึมผ่านของของแข็งมากขึ้น ปริมาณแทนนินที่สูงขึ้นส่งผลให้ ค่าสี +a (แดง) และ +b (เหลือง) สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแทนนินเป็นส่วนที่ให้สี เหลืองและน้ำตาล (George และคณะ, 1990) ทำให้น้ำเชื่อมมะขามที่สกัดด้วยเอนไซม์มีค่า +L (สว่าง) น้อยกว่าน้ำเชื่อมที่ไม่ใช้เอนไซม์สกัด แต่เมื่อผ่านการเซนตริฟิวจ์แล้ว ปริมาณของแทนนินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทำให้ค่า a และ b ลดลงด้วยส่วนค่า L สูงขึ้น ทั้งในน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดด้วยเอนไซม์และไม่ใช้เอนไซม์ แต่จะพบว่าเมื่อผ่านการเหวี่ยงแล้ว ค่า L ของน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดด้วยเอนไซม์สูงกว่าน้ำเชื่อมมะขามที่ไม่เติมเอนไซม์ Lea (1990) อธิบายว่าเมื่อเพคติเนสย่อยสลายเพคตินเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้อนุภาคของแข็งที่เพคตินห่อหุ้มไว้เกิดการจับกันเป็นก้อนอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น อันเนื่องมาจากความแตกต่างกันของประจุของของแข็งและเพคติน ซึ่งเมื่อเซนตริฟิวจ์ทำให้อนุภาคของแข็งบางส่วนตกตะกอน จึงทำให้น้ำเชื่อมมะขามที่สกัดด้วยเอนไซม์มีค่าสว่างมากกว่าน้ำเชื่อมมะขามที่ไม่เติมเอนไซม์

5.3 ประเมินผลภาวะการทำหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้นสำหรับน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊ส

5.3.1 ผลการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์

การเตรียมหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้นสำหรับน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊ส มีขั้นตอนการเตรียมโดยใช้น้ำเชื่อมมะขามเข้มข้นที่ได้จากการระเหยภายใต้ภาวะสุญญากาศ จนได้ 60 องศาบริกซ์ แล้วปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ให้ได้ 65 องศาบริกซ์ ด้วยน้ำเชื่อม 70องศาบริกซ์ จากนั้นปรับให้ได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ สุดท้าย 3 ระดับ คือ 50, 55 และ 60 องศาบริกซ์ น้ำเชื่อมมะขามเข้มข้นที่ได้จากการระเหยภายใต้ภาวะสุญญากาศ จนได้ 60 องศาบริกซ์ พบว่ามีปริมาณแทนนิน และ ปริมาณกรด สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ใหม่ ๆ เนื่องจากการระเหยน้ำออกไป ทำให้ของแข็งที่ละลายได้เข้มข้นขึ้น ปริมาณกรดที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่า pH ลดต่ำลงนั่นเอง สำหรับการวัดค่าปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้นี้ทำได้โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 280 nm (Ranganna,1977) การเกิดสีน้ำตาลในน้ำเชื่อมมะขามเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิด Maillard ซึ่งจะทำให้ได้สารประกอบเชิงซ้อนพวกเมลานอยดิน (Fennema,1996) โดยน้ำเชื่อมมะขามมีน้ำตาลรีดิวซ์สูงและยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุ และกรดอินทรีย์ด้วย เพราะฉะนั้นน้ำตาลรีดิวซ์เมื่อเจอกับสารเหล่านี้ อาจเกิดการสลายตัวไปเป็น furfural ซึ่งสารประกอบนี้ สามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนหรือสารประกอบเอมีน นำไปสู่การเกิดรงควัตถุสีน้ำตาลได้ และเมื่อมีการกำจัดน้ำออกไปและมีการเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น จะเป็นการเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเชื่อมมะขามเข้มข้นสูงกว่าน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ใหม่ ๆ เป็นข้อดีสำหรับสีของหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้น เพราะได้สีคาราเมล แต่มีการสูญเสียกลิ่นธรรมชาติน้ำเชื่อมมะขามเข้มข้นด้วยการระเหยภายใต้ภาวะสุญญากาศ เนื่องจากอัตราการสูญเสียกลิ่นรสที่ระเหยออกไปจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณไอน้ำที่ถูกกำจัดออกไป (Thijssen, 1970) คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายอาจจะทำให้มีกลิ่นรสของผลไม้สดได้โดยการเติมน้ำผลไม้สด หรือ การนำเอาสารระเหยที่แยกได้จากไอน้ำที่ระเหยออกไปกลับมาเติมในขั้นสุดท้าย ดังนั้นในงานวิจัยได้ศึกษาการเติมน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ใหม่ (สกัดด้วยการใช้เอนไซม์และปรับปรุงความใสด้วยการเซนตริฟิวจ์) พบว่าหัวเชื้อที่ได้มีสัดส่วนของปริมาณน้ำตาลต่อปริมาณกรด (Brix/Acid Ratio, BAR) ต่ำมากเนื่องจากในน้ำเชื่อมมะขามมี ปริมาณกรดอยู่จำนวนหนึ่ง และเมื่อเติมลงไปเพื่อปรับองศาบริกซ์ ทำให้ค่า BAR ต่ำกว่าในค่า BAR ของวัตถุดิบ ดังนั้นจึงใช้น้ำเชื่อมเข้าช่วยในการเพิ่มค่าองศาบริกซ์ โดยใช้น้ำเชื่อมซูโครสเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ เติมในน้ำเชื่อมมะขามเข้มข้นที่ได้จากการระเหยภายใต้สุญญากาศ 60 องศาบริกซ์ ปรับจนได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 65 องศาบริกซ์ จากนั้นจึงใช้น้ำมะขามที่สกัดได้ใหม่ ๆ ที่มี 38 องศาบริกซ์ ปรับน้ำมะขามเข้มข้นลงให้ได้ 3 ระดับ คือ 50,55 และ 60 องศาบริกซ์ ช่วงระหว่างการปรับองศาบริกซ์

ก็ยังให้ความร้อนกับหัวเชื้อน้ำมะขามอยู่ ทำให้องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้น 3 ระดับ แตกต่างกันตามปริมาณการเติมน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ใหม่ ๆ ที่ใช้ปรับบริกซ์ ตามสูตรของ Pearson square (ภาคผนวก จ) พบว่าหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ ใช้น้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ใหม่ ๆ มากที่สุด รองมาคือ 55 และ 60 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณของแทนนินของหัวเชื้อ 50, 55 และ 60 องศาบริกซ์ มีปริมาณลดลงตามลำดับ ทั้งนี้แทนนินที่มีในหัวเชื้อมาจากปริมาณน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ใหม่ ๆ และ น้ำเชื่อมมะขามเข้มข้นที่ได้จากการระเหยภายใต้ภาวะสุญญากาศจนได้ 60 องศาบริกซ์ การลดลงของแทนนิน เนื่องมาจากสารแทนนินในรูปที่ละลายน้ำได้และละลายน้ำไม่ได้สามารถเชื่อมโยงได้กับโปรตีนในน้ำเชื่อมมะขาม ตรงตำแหน่ง o-dihydroxy phenolics ซึ่งเป็นหมู่หลักสำหรับการรวมตัวกับหมู่คาร์บอนิลกับโปรตีนที่พันธะเปปไทด์ (Singleton และ Rossi, 1965) โดยได้สารใหม่ที่มีคุณสมบัติคงตัว ซึ่งสามารถตกตะกอนได้

5.3.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

การเปรียบเทียบกลิ่นใช้การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ Scoring test ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน 30 คน เป็นการบ่งบอกค่าความแรงของกลิ่นน้ำเชื่อมมะขามและกลิ่นผิดปกติไป พบว่าน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ใหม่ ๆ มีกลิ่นของมะขามแรงมากถึงมากที่สุด (รูปที่ 17) และหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้น ที่เตรียมได้ 50 และ 55 องศาบริกซ์ มีกลิ่นมะขามแรงมากเช่นกัน เนื่องจากกลิ่นมะขามที่ได้จะมาจากกลิ่นของน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ใหม่ ๆ ที่เติมลงไป หัวเชื้อ 50 และ 55 องศาบริกซ์ มีปริมาณน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ใหม่ ๆ มาก หัวเชื้อ 60 องศาบริกซ์ มีกลิ่นมะขามปานกลาง และน้ำมะขามเข้มข้นโดยการระเหยภายใต้สุญญากาศไม่มีกลิ่นมะขามเลยแต่มีกลิ่นแปลกปลอม โดยผู้ทดสอบระบุเป็นกลิ่นน้ำตาลไหม้ แสดงว่าการระเหยน้ำออกไปเพื่อทำให้เข้มข้นขึ้นทำให้กลิ่นมะขามระเหยไปบางส่วน และเนื่องจากของแข็งที่ละลายได้ส่วนใหญ่ในน้ำมะขามเป็นน้ำตาล เมื่อถูกให้ความร้อนสูงขึ้นก็เกิดปฏิกิริยา caramelization ซึ่งให้ได้กลิ่นเฉพาะกลบกลิ่นธรรมชาติของน้ำมะขาม การปรับปรุงกลิ่นของหัวเชื้อด้วยการเติมน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ใหม่ ๆ ทดแทนที่จะใช้น้ำเชื่อมมะขามเข้มข้นโดยการระเหยทั้งหมด จะทำให้ได้กลิ่นมะขามที่เป็นธรรมชาติ ช่วงระหว่างการทำให้เข้มข้นโดยการระเหยภายใต้ภาวะสุญญากาศ จนได้ความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์นั้นผู้วิจัยได้ทดลองดมกลิ่นน้ำเชื่อมมะขามที่ทำการระเหยเป็นระยะๆ โดยพบว่าน้ำเชื่อมมะขามที่ระเหยจนได้ความเข้มข้นตั้งแต่ 50 องศาบริกซ์ กลิ่นธรรมชาติของน้ำมะขามลดลงและเริ่มได้กลิ่นของน้ำตาลไหม้เล็กน้อยแล้ว จนเมื่อถึงความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ มีกลิ่นของน้ำตาลไหม้ชัดเจนจนไม่สามารถได้กลิ่นของน้ำมะขามอยู่เลย แต่เมื่อลองชิมดูก็จะได้รับกลิ่นมะขาม

บ้างเล็กน้อย และเมื่อทำให้ความเข้มข้นสูงขึ้นถึง 65 องศาบริกซ์ พบว่าไม่สามารถได้กลิ่นมะขามได้เลยแม้ว่าจะชิมก็ตาม และน้ำมะขามเข้มข้น 65 องศาบริกซ์ ยังมีสีน้ำตาลเข้มมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้วิธีการทำให้เข้มข้นโดยการระเหยภายใต้ภาวะสุญญากาศให้น้ำเชื่อมมะขามเข้มข้นถึง 60 องศาบริกซ์เท่านั้น แล้วจึงปรับให้เข้มข้นอีกถึง 65 องศาบริกซ์ ด้วยการใช้น้ำเชื่อมซูโครสเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ ซึ่งพบว่า น้ำเชื่อมมะขามเข้มข้นที่ได้นี้ ยังมีกลิ่นของมะขามเหลืออยู่บ้างเล็กใกล้เคียงกับน้ำเชื่อมมะขามที่ทำให้เข้มข้นโดยการระเหยภายใต้ภาวะสุญญากาศจนได้ 60 องศาบริกซ์

5.3.3 ผลการหาสูตรทำหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้นสำหรับน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊ส

การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของหัวเชื้อที่เตรียมได้ คือ 50, 55 และ 60 องศาบริกซ์ ได้มีงานวิจัยมากมายที่ได้ศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับรสชาติของเครื่องดื่ม โดย Sweeny และคณะ (1970) ได้ทดลองผลของน้ำตาล กรด และสารให้กลิ่นรสต่าง ๆ ในเครื่องดื่ม และสรุปว่ารสชาติที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ขึ้นอยู่สมบัติทางเคมีของสารที่มีอยู่ในเครื่องดื่มนั้นๆ ได้แก่ pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณกรด และอัตราส่วนของน้ำตาลต่อกรด (sugar/acid ratio) ดังนั้นในงานวิจัยนี้ องค์ประกอบในด้านรสชาติของหัวเชื้อที่จะศึกษา ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ซึ่งมีผลต่อความหวาน ค่าความเป็นกรดซึ่งมีผลต่อความเปรี้ยว โดยได้ปรับอัตราส่วนระหว่าง Brix/Acid Ratio เพื่อเตรียมเป็นหัวเชื้อน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊ส แต่ละหัวเชื้อ จะปรับค่า BAR 3 ระดับ คือ 45, 35 และ 25 BAR การปรับค่า BAR จะพิจารณาจากค่า BAR ของวัตถุดิบคือ เนื้อมะขาม มีค่า BAR อยู่ 25 BAR และในตารางที่ 16 พบว่า หัวเชื้อ 50,55 และ 60 องศาบริกซ์ มีค่า BAR เดิมอยู่แล้วคือ 46, 53 และ 69 BAR ตามลำดับ เพราะฉะนั้นการปรับ BAR ในหัวเชื้อ 50 องศาบริกซ์ ได้สูงสุดคือ 46 BAR เพราะหากสูงกว่านี้ จะต้องมีการลดปริมาณกรดในหัวเชื้อ ซึ่งทำได้ลำบาก เนื่องจากการลดค่าความเป็นกรดโดยแคลเซียมคาร์บอเนต จะมีผลต่อรสชาติของเครื่องดื่มเนื่องจากแคลเซียมอิออน หรือการลดค่าความเป็นกรดโดยการเจือจางด้วยน้ำ ก็จะทำให้กลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์เจือจางไป ด้วยเหตุดังกล่าวนี้จึงไม่ปรับปริมาณกรดให้ต่ำกว่าหัวเชื้อเริ่มต้น ดังนั้นค่า BAR ที่ปรับในแต่ละหัวเชื้อ คือ 45, 35 และ 25 BAR นำมาหาปริมาณที่เหมาะสมของหัวเชื้อเพื่อเตรียมอัดแก๊สโดยควบคุมความดันในการอัดให้คงที่ คือ 100 PSI ลดอุณหภูมิในการอัดเป็น 4 องศาเซลเซียส แปรปริมาณหัวเชื้อที่จะนำมาอัด 2 ระดับ คือ ร้อยละ 30 และ 20

5.3.3.1 ประเมินผลทางกายภาพ

ปัจจัยที่ผลต่อการละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ คือ ความดัน

ตามกฎของเฮนรี่ (Henry's Law) การละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อความดันเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของเครื่องดื่มยิ่งลดต่ำจะทำให้ความสามารถในการละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ยิ่งสูงขึ้น นอกจากนั้นความเข้มข้นของน้ำตาลยิ่งสูง จะทำให้ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายได้ในเครื่องดื่มลดลง จากตารางที่ 19-21 ปริมาตรการละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมะขามพร้อมดื่มที่เตรียมจากหัวเชื้อทั้ง 3 หัวเชื้อ มีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีปริมาตรการละลายประมาณ1.6-1.7 volume CO_2 (vol.CO_2) แสดงว่า ปริมาณหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้นร้อยละ ที่ 30 และ 20 ไม่มีผลต่อปริมาตรการละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่เมื่อทดลองเพิ่มปริมาณหัวเชื้อมากขึ้น พบว่าปริมาตรการละลายมีแนวโน้มการละลายของแก๊สลดลงมาก เนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้จะไปแทนที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีผลทำให้ความสามารถในการละลายของแก๊สลดลง ซึ่งปริมาตรการละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ก็มีผลต่อรสชาติของเครื่องดื่มเช่นกันและปริมาตร 1.6-2.0 vol.CO_2 เป็นปริมาตรที่เหมาะสมสำหรับเครื่องดื่มน้ำผลไม้อัดแก๊ส (Dalpat และ Islam,1996) ดังนั้นในงานวิจัยนี้ปริมาณหัวเชื้อที่แปรได้คือ ร้อยละ 30 และ 20 สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สแต่ละสูตรประมาณ 13-17 องศาบริกซ์ พบว่าใกล้เคียงกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในเครื่องดื่มอัดลมทั่วไปที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งมีประมาณ 11-15 องศาบริกซ์ (Jacobs,1959) เช่นเครื่องดื่มโคล่า มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 11 องศาบริกซ์ มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายได้ 4 ปริมาตร

5.3.3.2 **ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำเชื่อมพร้อมดื่มอัดแก๊สในขั้นตอนนี้เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมของแต่ละหัวเชื้อ**

โดยวิธีทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส เพื่อดูว่าหัวเชื้อที่เตรียมแต่ละสูตรเมื่อแปรปริมาณหัวเชื้อเมื่อเตรียมเป็นน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊ส ที่ความดัน 100 PSI อุณหภูมิในการอัด 4 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบยอมรับโดยพิจารณาลักษณะค่า ratio ของแต่ละลักษณะ ที่เข้าใกล้ผลิตภัณฑ์อุดมคติมากที่สุด พบว่าหัวเชื้อ 50 องศาบริกซ์ สูตร 35 BAR หัวเชื้อร้อยละ30 (ตารางที่ 22 และรูปที่ 20) เป็นสูตรที่มีลักษณะคะแนนด้านสี กลิ่นรส ความหนืด รสชาติ และการยอมรับรวม เข้าใกล้ลักษณะผลิตภัณฑ์อุดมคติมากที่สุด หัวเชื้อ 55 องศาบริกซ์ สูตร 35 BAR หัวเชื้อร้อยละ 30 (ตารางที่ 23 และรูปที่ 21) เป็นสูตรที่มีลักษณะคะแนนด้านสี กลิ่นรส ความหนืด รสชาติและการยอมรับรวมเข้าใกล้ลักษณะผลิตภัณฑ์อุดมคติมากที่สุดหัวเชื้อ 60 องศาบริกซ์ สูตร 35 BAR หัวเชื้อร้อยละ (ตารางที่ 24 และรูปที่ 22) เป็นสูตรที่มีลักษณะคะแนนด้านสี กลิ่นรส ความหนืด รสชาติ และการยอมรับรวม เข้าใกล้ลักษณะผลิตภัณฑ์อุดมคติมากที่สุด

5.3.3.3 ผลการประเมินคุณภาพด้านความพอใจ

เมื่อนำมาคัดเลือกหัวเชื้อที่เหมาะสมที่สุดโดยวิธีการเรียงลำดับความชอบ พบว่า ผู้ทดสอบชอบสูตรที่เตรียมจาก 50 องศาบริกซ์ มากที่สุด รองลงมา คือสูตรที่เตรียมจากหัวเชื้อ 55 องศาบริกซ์ ส่วนสูตรที่เตรียมหัวเชื้อ 60 องศาบริกซ์ ชอบน้อยที่สุด จากตารางที่ 25 พบว่า สูตรที่เตรียมจากหัวเชื้อ 50 และ55 องศาบริกซ์ มีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ซึ่งหัวเชื้อ 50 องศาบริกซ์ จะใช้น้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ใหม่ ๆ ในการปรับองศาบริกซ์ มากกว่า หัวเชื้อ 55 องศาบริกซ์ และยังมีความเข้มข้นของแข็งที่ละลายได้ต่ำกว่า ซึ่งจะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาหัวเชื้อด้วย โดยยิ่งมีความเข้มข้นของ องศาบริกซ์ สูง ทำให้ค่า a_w ของหัวเชื้อลดลง ดังนั้นจึงเลือก หัวเชื้อที่มีองศาบริกซ์สูงสุดที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด คือ สูตรที่เตรียมจากหัวเชื้อ 55 องศาบริกซ์ เป็นสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป

5.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาหัวเชื้อและน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊ส

เมื่อเก็บรักษาหัวเชื้อเป็นเวลา 3 เดือน โดยใช้สารกันเสียคือ โซเดียมเบนโซเอต ซึ่งนิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มที่มีความเป็นกรดสูง (pH ต่ำ) เนื่องจากทำให้รสชาติของเครื่องดื่มไม่เปลี่ยน สำหรับปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ได้ในอาหารได้ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 62 (พ.ศ 2524) เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท คือ น้ำอัดลมที่เจือจางแล้วจากหัวเชื้อเข้มข้นจะต้องมีกรดเบนโซอิก หรือ เกลือเบนโซเอตไม่เกิน 200 ppm ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงแปรปริมาณการใช้โซเดียมเบนโซเอต ในหัวเชื้อเข้มข้นที่เตรียมได้ออกเป็น 0, 250, 500 และ 750 ppm สำหรับประสิทธิภาพการทำลายเชื้อจุลินทรีย์นั้น เรียงได้ตามลำดับจาก เชื้อยีสต์ รา และแบคทีเรีย คือ ยับยั้งการเจริญการเติบโตของยีสต์ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ รา และ แบคทีเรีย ซึ่งในหัวเชื้อที่เตรียมได้นั้น การเสื่อมเสียที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์จะเกิดเนื่องจากเชื้อยีสต์ และรา เป็นส่วนใหญ่ ส่วนแบคทีเรียนั้นจะเกิดได้น้อยมากหรือไม่เกิดเลยเนื่องจากหัวเชื้อเข้มข้นที่เตรียมได้นั้นมีความเป็นกรดสูง และมีปริมาณน้ำตาลที่มาก ซึ่งจะทำให้เชื้อแบคทีเรียไม่สามารถเจริญได้ เพราะน้ำตาลจะไปทำเกิดความดันออสโมติคต่อเซลของจุลินทรีย์ (Banwart, 1983) การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาหัวเชื้อค่า พิจารณาดังต่อไปนี้

5.4.1 ผลการใช้สารกันเสียและอายุการเก็บของหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้น

5.4.1.1 การเกิดสีน้ำตาล

การเกิดสีน้ำตาลหรือสีคล้ำอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาชนิดไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ของหัวเชื้อในระหว่างการเก็บ ในงานวิจัยการผลิตหัวน้ำเชื้อมะขามเข้มข้นสำหรับน้ำ

มะขามพร้อมดื่มอัดแก๊ส ใช้กระบวนการถนอมหัวเชื้อโดยใช้สารเคมี คือสารโซเดียมเบนโซเอตเป็นสารกันเสีย และยังมีขั้นตอนการพาสเจอไรซ์ด้วยความร้อนด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น อาจจะไม่ต้องมีการพาสเจอไรซ์ก็ได้ หากว่ามีการผลิตในระบบที่ปลอดเชื้อ และน้ำที่ใช้ในการผลิต เป็นน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยสารเคมี กรอง และกำจัดเอากลิ่น สี และรสต่าง ๆ ออกก่อนแล้ว แต่ในการทดลองครั้งนี้ต้องมีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ก็เพื่อความปลอดภัยของผู้ทดสอบชิม ทั้งนี้ในการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถที่จะทำในระบบปลอดเชื้ออย่างแท้จริงได้ จากตารางที่ 26 และ 27 พบว่า ปริมาณของโซเดียมเบนโซเอตไม่มีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของหัวเชื้อเลย แต่ระยะเวลาในการเก็บมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ โดยเมื่อเวลาที่เก็บนานขึ้น (ตารางที่ 28) ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของหัวเชื้อมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากปฏิกิริยาการแตกสลายของน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำมะขาม ไปเป็นสารประกอบ furfural ได้มากขึ้น นำไปสู่การเกิดรงควัตถุสีน้ำตาล Crandall และ คณะ (1987) ได้รายงานว่าสารประกอบโพลีฟีนอลที่ถูกออกซิไดซ์โดยเฉพาะ ควิโนน มีความสามารถในการรวมตัวกับ โปรตีน กับแทนนิน ได้เป็นรงควัตถุสีน้ำตาลได้ และทำให้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้เร็วขึ้น นอกจากนี้น้ำตาลซูโครสที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ เมื่ออยู่ในภาวะที่เป็นกรด และถูกให้ความร้อน ซึ่งในการทดลองมีขั้นตอนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ซึ่งเป็นขั้นตอนการพาสเจอไรซ์หัวเชื้อ อาจเป็นสาเหตุในการแตกตัวของน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส (Fennema, 1996) ซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ สามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ ซึ่งสมบัตินี้อาจจะเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์นั้นเสียไปแล้ว การตรวจสอบไว้ก่อนจะทำให้ทราบว่า ผลิตภัณฑ์นั้น จะเก็บไว้ได้ไม่นานตามเวลาที่กำหนด

5.4.1.2 เชื้อยีสต์และรา

การถนอมหัวเชื้อด้วยสารเคมี (chemical process) พบว่าปริมาณของโซเดียมเบนโซเอตที่สามารถถนอมหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้นได้นาน 3 เดือน คือ 500 และ 750 ppm โดยตรวจไม่พบเชื้อยีสต์และราเลย ส่วนปริมาณ 0 และ 250 ppm สามารถถนอมหัวเชื้อน้ำมะขามได้นาน 0 และ 1 เดือน เพราะฉะนั้นปริมาณที่เหมาะสมในการถนอมหัวเชื้อมะขามเข้มข้น คือ โซเดียมเบนโซเอต 500 ppm. ในการทดลองแม้ว่าจะมีขั้นตอนการพาสเจอไรซ์หัวเชื้อด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ก็ตาม พบว่าหัวเชื้อที่ไม่เติมสารโซเดียมเบนโซเอตเลย ไม่สามารถเก็บได้ถึง 1 เดือน นั้นแสดงว่า การให้ความร้อนด้วยการพาสเจอไรซ์ เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอในการเก็บรักษาหัวเชื้อน้ำมะขาม ถึงแม้ว่าจะเก็บหัวเชื้อไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 5 องศาเซลเซียส ก็ตาม ดังที่ได้กล่าวแล้วว่า ในโรงงานผลิตในอุตสาหกรรม อาจจะไม่มีขั้นตอนการพาสเจอไรซ์ ใช้แค่สาร

กันเสียก็เพียงพอแล้ว ทั้งนี้ก็ต้องมีระบบการผลิตที่ปลอดเชื้ออย่างแท้จริง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนในระหว่างการผลิต แต่ในการทดลองครั้งนี้ ไม่สามารถผลิตโดยปลอดเชื้อได้ทุกขั้นตอน จึงต้องมีการพาสเจอไรซ์ร่วมด้วยเพื่อความปลอดภัยของผู้ทดสอบ

5.4.1.3 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

พบว่าคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ของหัวเชื้อมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ในระหว่างการเก็บรักษาหัวเชื้อ 3 เดือน คือ คะแนนด้านสี และ กลิ่นรส อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก ส่วนคะแนนรสชาติอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก

5.4.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำอัดลมที่ผลิตจากหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้นที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.1

ผลิตน้ำอัดลมโดยเตรียมจากหัวเชื้อ ที่ได้จากข้อ 5.4.1 โดยเติมสารโซเดียมเบนโซเอต เป็นสารกันเสีย ปริมาณ 500 ppm บรรจุในขวดแก้วขนาดบรรจุ 280 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นขวดแก้วที่ใช้ในการบรรจุน้ำอัดลมของบริษัทเสริมสุข โดยจะบรรจุปริมาณต่ำสุด 280 มิลลิลิตร และให้เหลือความสูงจากปากขวดถึงผิวหน้าของน้ำมะขามอัดแก๊ส 5.7 เซนติเมตร ตามที่ผลิตจริงในโรงงานเสริมสุข ซึ่งพื้นที่ผิวที่เหลือในขวดจะเป็นปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไม่ละลาย สามารถช่วยป้องกันหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ด้วย (Woodroof และ Phillip, 1974) การบรรจุถ้าบรรจุมากเกินไปไม่เหลือพื้นที่เหนือของเหลวเลย อาจจะทำให้มีเกิดแรงดันของของเหลวในขวดมากเกินไป ขวดอาจมีการระเบิดภายหลังการบรรจุได้ เก็บน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สที่บรรจุและปิดฝาจีบเสร็จแล้ว เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ตามอายุการเก็บรักษาในท้องตลาด พบว่า

5.4.2.1 การเกิดสีน้ำตาล

การเกิดสีน้ำตาลในระหว่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 6 สัปดาห์ พบว่ายังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเหล่านี้ที่เกิดจากการเสื่อมเสีย ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลจะเห็นการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจนก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์นั้นเสียแล้ว การเกิดสีน้ำตาลจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้อยลง

5.4.2.2 ปริมาตรแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ละลายได้ในน้ำมะขามอัดแก๊ส

ในระหว่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 6 สัปดาห์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงว่า ผลิตภัณฑ์ยังได้คุณภาพสำหรับน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊ส เพราะการละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อรสชาติ คือ รสซ่าโดยตรง ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อาจจะลดลงได้จากการรั่วไหลภายหลังการบรรจุเนื่องจากการการปิดฝาจีบไม่ได้มาตรฐาน

5.5.2.3 **ยีสต์และรา**

จำนวนยีสต์และรา (ตารางที่ 32) พบว่า เมื่อเก็บรักษาน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ไม่พบยีสต์และรา แสดงว่าโซเดียมเบนโซเอตสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ที่มีผลต่อการทำให้เกิดการเสื่อมเสียกับผลิตภัณฑ์ได้ทั้งนี้น้ำมะขามอัดแก๊สที่ผลิตจากหัวเชื้อที่ใส่สารกันเสีย นอกจากนี้น้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สที่ผลิตได้มีการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เพื่อความปลอดภัยของผู้ทดสอบ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเครื่องดื่ม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ด้วย

5.5.2.3 **ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส**

พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคะแนนด้านสี รสชาติ แต่มีผลต่อคะแนนด้านกลิ่นรส และความชอบรวม โดยคะแนนมีแนวโน้มลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากกลิ่นของน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สเมื่อเก็บไว้นาน สารให้กลิ่นซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพวก อัลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ และเอสเทอร์ ซึ่งสารพวกนี้จะถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายจากออกซิเจน ซึ่งจะทำให้สารให้กลิ่นรสเหล่านี้สูญเสียไประหว่างการเก็บรักษา จึงทำให้คะแนนความชอบรวมลดลงได้เช่นกัน โดยเมื่อเก็บเป็นเวลา 6 สัปดาห์ คะแนนด้านกลิ่นรส และความชอบรวม เป็น 6.59 และ 7.04 ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงผู้ทดสอบ ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

จากการอายุการเก็บรักษาน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สนั้น จะพบว่ายังไม่มีการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์เลย แต่คุณภาพทางกายภาพและเคมีจะส่งผลโดยตรงกับการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยในการทดลองเมื่อเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ น้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สมีการตกตะกอนนอนที่ก้นขวดเป็นชั้นตะกอนสีน้ำตาล อาจเนื่องมาจากสารไฮโดรคอลลอยด์พวกเพคติน โปรตีน แทนนิน ที่มีอยู่ในน้ำมะขาม มีการสลายตัวตกตะกอนลงมาซึ่งชั้นตะกอนนี้เมื่อเขย่าขวดก็จะหายไป และทำให้น้ำผลไม้ขุ่นขึ้นเล็กน้อย ซึ่งความขุ่นของน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสี และกลิ่นรสได้ ซึ่งผู้ทดสอบสามารถตรวจพบได้ ทำให้คะแนนด้านกลิ่นรสมีแนวโน้มลดลงด้วย