หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

<u>การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตะไคร้</u>

ตะไคร้ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นตะไคร้แกงที่ปลูกในจังหวัดปทุมธานี จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตะไคร้ (ตารางที่ 1) พบว่า ค่าความชื้นของตะไคร้ในของส่วนลำต้นและใบ มีค่าความชื้นอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 77-80) ซึ่งต่างจากค่าความชื้นที่กรมอนามัย (2535) ได้ศึกษาไว้คือมีความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ 65.5 ทั้งนี้ อาจเนื่องจากตะไคร้ที่นำมาวิเคราะห์มีความแตกต่างกันของสถานที่ปลูก ช่วงฤดูกาล และอายุของตะไคร้ เป็นต้น ส่วนผลการวัดค่า pH ของตะไคร้พบว่าส่วนลำต้นมี pH 5.24 และใบมี pH 5.38 และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในปริมาณต่ำ โดยในตะไคร้ส่วนลำต้นมีเพียง 2.97 ^{o}Brix และในใบตะไคร้มีเพียง 1.16^{o}Brix ซึ่งของแข็งที่ละลายได้นี้ส่วนใหญ่ในน้ำผักและผลไม้เป็นน้ำตาลชนิดต่างๆ ส่วนที่เหลือเป็นกรดและเกลือชนิดต่างๆ (Tressler and Joslyn, 1971) จึงมีผลให้รสชาติของน้ำตะไคร้มีรสค่อนข้างจืด ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณcitral ซึ่งเป็นสารประกอบประเภท aliphatic terpene aldehyde และ เป็นสารให้กลิ่นรสที่สำคัญและมีมากที่สุดในน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปริมาณcitral โดยตรงจากน้ำตะไคร้คั้นและรายงานเป็น ppm ของ citral จึงไม่สามารถเปรียบเทียบจากรายงานของนักวิจัยอื่น ซึ่งรายงานในรูปของร้อยละในน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ คือมี citral ประมาณร้อยละ 75-85 (ปิญญดิ สุขศรีงาม, 2527) และเนื่องจากตะไคร้มีสารประกอบบางชนิดที่มีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาและการต้านจุลินทรีย์ ดังนั้น จึงทำการศึกษาคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยการศึกษาประสิทธิภาพของสารที่มีในตะไคร้ต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

การศึกษาประสิทธิภาพของสาร citral น้ำตะไคร้คั้นและสารสกัดจากตะไคร้ ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

1. การศึกษาประสิทธิภาพของสาร citral ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

ผลของสาร citral ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ B. subtilis, S. aureus และ E. coli ที่ระดับความเข้มข้นของเชื้อ 10^9 CFU ต่อมิลลิลิตร เมื่อใช้ citral ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Clear zone (มิลลิเมตร) ที่เกิดขึ้น (ตารางที่ 4)พบว่า citral ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดได้มากขึ้นอย่างชัดเจน โดยที่ความเข้มข้นของ citral 3, 6 และ 7 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ S. aureus, B. subtilis และ E. coli ได้ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ต่างชนิดกันก็จะมีโครงสร้างของผนังเซลที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีความไว (sensitive) ต่อสาร citral ซึ่งเป็นสารหลักที่พบในน้ำมันตะไคร้ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้แตกต่างกัน จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า S. aureus มีความไวต่อ citral ที่สุดโดย B. subtilis และ E. coli มีความไวรองลงมาตามลำดับ และที่ความเข้มข้น citral ตั้งแต่ 15, 45 และ 45 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรขึ้นไป จะไม่พบการเจริญของเชื้อ S. aureus, B. subtilis และ E. coli เลยตามลำดับ อาจเป็นเพราะการทดสอบใช้วิธีการ agar diffusion assay method ดังนั้น สาร citral ที่นำมาทำการทดสอบเมื่อมีความเข้มข้นมากขึ้นจะเกิดการแพร่กระจายของสารนี้ไปได้ทั่ว plate และไปมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ใน plate จึงทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตขึ้นมาได้ โดยระดับความเข้มข้นที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จะขึ้นกับชนิดและความไวต่อสาร citral ของจุลินทรีย์นั้นๆ จากผลการทดลองแสดงว่า การเพิ่มความเข้มข้นของ citral จะเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Viweswarish (1966) ที่รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ที่มี citral มากก็จะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีด้วย

2. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำตะไคร้คั้น และสารสกัดจากตะไคร้ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

ในการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำตะไคร้คั้น และสารสกัดจากตะไคร้ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ได้พิจารณาเลือกจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ และมีรูปร่างของเซลแบบกลม (coccus) และแท่ง (rod) จุลินทรีย์ 5 ชนิด คือ S. aureus, E. coli, P. aeruginosa, K. pneumoniae และ M. luteus มีโครงสร้างของผนังเซลที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน (Voet and Voet, 1995) พบว่าทั้งน้ำตะไคร้คั้นและสารสกัดจากตะไคร้สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ ที่มีรูปร่างของเซลและโครงสร้างของผนังเซลแตกต่างกัน เนื่องจากทั้งน้ำตะไคร้คั้นและสารสกัดจากตะไคร้ มีสาร citral ที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทดสอบได้ (ตารางที่ 4) น้ำตะไคร้คั้น และสารสกัดจากตะไคร้ มีสาร citral เป็นองค์ประกอบอยู่ 208.21 ppm ซึ่งกลไกในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ยังไม่ทราบแน่ชัด แต่มีรายงานของOgunlana และคณะ (1987) พบว่าน้ำมันตะไคร้มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของ E. coli โดยน้ำมันตะไคร้มีผลต่อรูปร่างลักษณะ และการสังเคราะห์ peptidoglycan ของเซล E. coli ทำให้เกิดความผิดปกติของรูปร่างเซลไป และ บันทวัน บุญยะประภัศร (2532) รายงานว่าตะไคร้มีสารที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อ E. coli โดยไปทำให้ผนังเซลของ E. coli แตกออก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้

1. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของตะไคร้

จากการทดลองเบื้องต้นถึงความเป็นไปได้ในการนำพืชสมุนไพรตะไคร้มาผลิตเป็นเครื่องดื่มที่ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสี กลิ่น และรสชาติเป็นที่ยอมรับ โดยการนำเฉพาะตะไคร้ส่วนลำต้นซึ่งเป็นส่วนที่ใช้บริโภคกันทั่วไปกับตะไคร้ทั้งส่วนลำต้นและใบมาผลิตเป็นเครื่องดื่ม แล้วทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเครื่องดื่มที่ผลิตได้จากตะไคร้ที่ใช้ทั้งส่วนลำต้นและใบได้รับการยอมรับมากกว่าเครื่องดื่มที่ผลิตจากการใช้ตะไคร้ส่วนลำต้นเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากการใช้ตะไคร้ส่วนลำต้นและใบจะมีสีของผลิตภัณฑ์เป็นสีเหลืองอมเขียวอ่อน ซึ่งใบที่ใช้จะช่วยด้านสีของผลิตภัณฑ์ให้สวยขึ้น โดยผู้ทดสอบยอมรับมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้เฉพาะลำต้นตะไคร้ซึ่งจะให้สีเหลืองออกน้ำตาล จากข้อมูลดังกล่าวจึงนำมากำหนดเป็นอัตราส่วนของตะไคร้ (ลำต้น:ใบ) กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร นำตัวอย่างเครื่องดื่มที่ผลิตได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์ค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณ citral

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส อัตราส่วนของตะไคร้มีผลต่อความชอบทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 6) พบว่าผู้ทดสอบชอบสี และรสชาติของตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของลำต้นตะไคร้ตั้งแต่ 40-80 กรัม โดยการเพิ่มสัดส่วนของลำต้นตะไคร้ มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นสีเหลืองเข้มขึ้น ซึ่งผู้ทดสอบมีความเห็นว่าสีเหลืองที่เข้มขึ้นนี้มีความเหมาะสมดีกับผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ จึงให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ในด้านรสชาติมีการปรับความหวานด้วยน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 w/v ในทุกตัวอย่าง เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบจะได้ดื่มตัวอย่างที่มีการปรับรสชาติความหวานคงที่เท่ากันทุกตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่มีอัตราส่วนตะไคร้ของลำต้นตะไคร้ที่ 40, 60, 80 กรัม (สูตรที่ 2-4) มีความชอบด้านรสชาติสูงไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในด้านกลิ่น พบว่าตัวอย่างที่มีอัตราส่วนลำต้นตะไคร้ 80 และ 100 กรัม (สูตรที่ 4-5) มีกลิ่นอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก (คะแนน 7.66-8.03) แสดงว่าผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นหอมของตะไคร้มาก และการเพิ่มสัดส่วนของลำต้นตะไคร้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหอมของตะไคร้เพิ่มขึ้น ลักษณะปรากฏของตัวอย่างพบว่า ตัวอย่างที่มีอัตราส่วนลำต้นตะไคร้ต่ำคือ 20 กรัมจะมีความชอบด้านลักษณะปรากฏสูง ทั้งนี้เพราะตัวอย่างจะมีลักษณะใส และเมื่ออัตราส่วนลำต้นตะไคร้มากขึ้น จะพบว่าตัวอย่างมี

ลักษณะปรากฏปุน เล็กน้อย แต่ยังอยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบยอมรับได้จากความชอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะปรากฏ จึงมีผลให้ตัวอย่างที่มีอัตราส่วนตะไคร้เป็น (ลำต้น:ใบ) 80:20 โดยน้ำหนัก มีคะแนนการยอมรับรวมสูงสุด

เมื่อพิจารณาค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณ citral ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นรสที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ (Guenther, 1949) และใช้เป็นดัชนีบ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของตะไคร้มีผลทำให้มีค่า pH ลดลง แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณ citral เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 7) ทั้งนี้ เนื่องจากการเพิ่มปริมาณตะไคร้มากขึ้นจะทำให้มีสารอาหารต่างๆ กรด น้ำตาล และน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ออกมาในเครื่องดื่มได้มากขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีค่า pH ลดลง ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณ citral จะเพิ่มมากขึ้น

ดังนั้น เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะ-ปรากฏ การยอมรับรวม ค่าpH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณ citral โดยจะพิจารณาให้ความสำคัญลักษณะความชอบด้านกลิ่นและปริมาณ citral เป็นลำดับแรก เพราะในการทดลองนี้ต้องการคัดเลือกอัตราส่วนตะไคร้ที่ให้กลิ่นในระดับที่เหมาะสม จึงสรุปได้ว่าอัตราส่วนของตะไคร้ (ลำต้น:ใบ) 80:20 (โดยน้ำหนัก) ต่อน้ำ 1 ลิตร เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ และกำหนดเป็นอัตราส่วนตะไคร้ที่ใช้ในการศึกษาภาวะในการสกัดน้ำตะไคร้ต่อไป

2. <u>ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำตะไคร้</u>

จากการทดลอง พบว่าอัตราส่วนตะไคร้ที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์คือ (ลำต้น:ใบ) 80:20 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร นำมาศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำตะไคร้ โดยแปรอุณหภูมิการสกัดเป็น75, 85 และ 95 องศาเซลเซียส และแปรเวลาในการสกัดเป็น 3, 5 และ 10 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวม และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณ citral

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์(ตารางที่ 8-11) พบว่า อุณหภูมิสกัดที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อความชอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น ในขณะที่เวลาสกัดที่เพิ่มขึ้น มีผลให้ความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นแต่ไม่มีผลต่อความชอบด้านสี รสชาติ ลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวม ($p>0.05$) และเมื่อพิจารณาความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวม พบว่า อุณหภูมิในการสกัดที่เหมาะสมคือ 95 องศาเซลเซียส เพราะมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดทุกลักษณะที่ทดสอบ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการสกัดน้ำผักและผลไม้ด้วยวิธีการต้มจะใช้น้ำอีกประมาณ 4-5 เท่าของน้ำหนักของผักและผลไม้ โดยที่ความร้อนจะช่วยทำให้ผนังเซลแตกและน้ำจะเข้าไปละลายสารอาหารที่อยู่ภายในเซลของผักและผลไม้ ได้แก่ น้ำตาล สี กลิ่น เกลือแร่ และอื่นๆ ออกมา (วันชัย สมจิต, 2524) ดังนั้น อุณหภูมิในการสกัดที่สูงคือที่ 95 องศาเซลเซียส จึงช่วยให้การสกัดน้ำตะไคร้ได้ผลดีกว่าการสกัดที่ 75 และ 85 องศาเซลเซียส และจากการทดลองเมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการสกัดที่เหมาะสมคือ 5 และ 10 นาที พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นสูงไม่ความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังนั้น จึงพิจารณาจากเวลาที่ใช้สกัดต่ำที่สุดที่ให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับที่สูงไม่แตกต่างกัน เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและต้นลดทุนในการผลิต จึงเลือกเวลาในการสกัดเป็น 5 นาที

เมื่อพิจารณาค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณ citral พบว่า อิทธิพลร่วมของอุณหภูมิในการสกัด และเวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณ citral($p\leq0.05$) ดังตารางที่ 12-13 ทั้งนี้เนื่องจากตะไคร้ที่นำมาสกัดได้ผ่านการทุบให้แตกอยู่แล้ว ดังนั้น เมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ความร้อนที่สูงขึ้นและเวลาในการสกัดนานขึ้นจะเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายสารต่างๆที่อยู่ในเซลของตะไคร้ให้ออกมาอยู่ในน้ำได้มากยิ่งขึ้น โดยพบว่า เมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 10 นาที ซึ่งเป็นอุณหภูมิและเวลาในการสกัดสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบจะมีปริมาณ citral ในน้ำตะไคร้ที่สกัดได้มากที่สุดดังรูปที่ 6 ที่แสดงแนวโน้มของปริมาณ citral ที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิในการสกัดสูงขึ้นและเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิในการสกัดมีผลต่อค่า pH และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)(ตารางที่ 14) คือเมื่อใช้อุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์จะมีค่า pH ลดลง แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อธิบายได้ว่าเมื่อใช้ความร้อนในการสกัดที่อุณหภูมิสกัดสูงขึ้น จะสามารถละลายสารต่างๆ เช่น กรด น้ำตาล และเกลือแร่ เป็นต้น ที่อยู่ในเซลของ

ตะไคร้ออกมาได้มากขึ้น ทำให้ค่า pH ของน้ำตะไคร้ที่สกัดได้มีค่า pH ลดลงมากแต่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่อสกัดที่อุณหภูมิต่ำกว่า ก็จะมีการละลายของสารต่างๆ ในเซลตะไคร้ออกมาได้น้อยกว่า จึงทำให้น้ำตะไคร้ที่สกัดได้มีค่า pH ลดลงน้อยกว่า และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น จะไปเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดได้ดีขึ้น และพบว่า เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีค่า pH ลดลงแต่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น อธิบายได้ในลักษณะเดียวกับอุณหภูมิในการสกัด คือ เมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัดนานขึ้น ทำให้มีเวลาที่สารในเซลตะไคร้ละลายออกมาได้มากขึ้นค่า pH จึงลดลง ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น

ดังนั้น จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ การยอมรับรวม ค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณ citral จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิในการสกัดที่เหมาะสมคือ 95 องศาเซลเซียส และเวลาในการสกัด 5 นาที ซึ่งจะให้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบมีความชอบสูงในทุกลักษณะ และมีปริมาณ citral สูงคือ 75.74 ppm แม้ว่าปริมาณ citral ที่ได้จากอุณหภูมิในการสกัด 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีจะมีปริมาณสูงสุดคือ 103.07 ppm แต่จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นของตะไคร้ (citral) ฉุนเกินไป จึงเลือกภาวะดังกล่าวข้างต้นสำหรับการศึกษาขั้นต่อไป

3. <u>ศึกษาปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสม</u>

เพื่อเป็นการปรับปรุงรสชาติผลิตภัณฑ์ที่เลือกได้ โดยการศึกษาปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติเป็นที่ยอมรับมากขึ้น เนื่องจากน้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวานที่ช่วยเสริมรสชาติ และให้ลักษณะเนื้อ(body)ที่ดีกับเครื่องดื่ม (Valdes, Simone and Hinreiner, 1956) สะดวกในการใช้และการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด จากการทดลองเบื้องต้นโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบให้ข้อคิดเห็นว่าผลิตภัณฑ์ควรจะมีรสหวานเล็กน้อยถึงปานกลาง จึงจะเหมาะสมกับเครื่องดื่มสมุนไพรนี้ ดังนั้น การทดลองในขั้นตอนนี้จึงแปรปริมาณน้ำตาลซูโครสที่จะเติมในเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้เป็นร้อยละ 8, 10, 12 และ 14 w/v ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และ

เลือกตัวอย่างที่ดีที่สุดโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครสไม่มีผลต่อค่า pH ($p>0.05$) แต่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) (ตารางที่ 17) โดยปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 8 เป็นร้อยละ 14 w/v แต่มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลซูโครสเป็นของแข็งที่ละลายได้ และวัดได้ด้วย refractometer มีหน่วยเป็น ^{o}Brix (Junk and pancoast, 1973) ดังนั้นการเพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครสในเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่วัดได้เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 16) พบว่าเมื่อปริมาณน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้นทำให้ความชอบด้านรสชาติ สี และการยอมรับรวมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้มีรสจืด เมื่อเติมน้ำตาลซูโครสในปริมาณร้อยละ 12 หรือมากกว่าทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติดีขึ้นจนผู้ทดสอบให้คะแนน 8.16 ซึ่งเป็นระดับความชอบสูงสุดของผลิตภัณฑ์ และยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น คะแนนการยอมรับรวมด้านสีจึงเพิ่มขึ้น จากคะแนนด้านรสชาติและ สีเพิ่มขึ้น จึงมีผลให้คะแนนการยอมรับรวมเพิ่มขึ้นด้วย โดยปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ร้อยละ 12 และ 14 w/v มีคะแนนการยอมรับรวมสูงไม่แตกต่างกัน

ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ สี การยอมรับรวมและการลดต้นทุนการผลิต จึงเลือกปริมาณน้ำตาลซูโครสร้อยละ 12 w/v เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์นี้ เพื่อนำมาศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4. <u>ศึกษาชนิดของสารที่เหมาะสมในการปรับ pH ของผลิตภัณฑ์</u>

เนื่องจากผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ที่ผลิตได้ มีค่า pH อยู่ในช่วง 6.4-6.6 จึงจัดอยู่ในผลิตภัณฑ์จำพวกไม่มีความเป็นกรดหรือมีความเป็นกรดเล็กน้อย ในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์นี้จึงต้องใช้ความร้อนสูงถึง 116 และ 121 องศาเซลเซียส โดยระยะเวลาที่ใช้ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ (Borad, 1977) ซึ่งจะมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการใช้ความร้อนสูงและ เวลานาน

จึงมีการเติมสารในผลิตภัณฑ์ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีสภาพเป็นกรด (มี pH ต่ำกว่า4.6) การทดลองในขั้นตอนนี้ จึงแปรชนิดของกรดที่เติมเพื่อปรับpH ของผลิตภัณฑ์เป็น pH 4.4 โดยใช้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเป็นเกณฑ์ในการเลือกตัวอย่างที่ดีที่สุด พบว่าชนิดของกรดที่ใช้ต่างชนิดกันมีผลต่อความชอบด้าน สี รสชาติ และ การยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 18) ทั้งนี้อาจเนื่องจากชนิดของสารที่ใช้ต่างชนิดกัน จึงทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ที่ได้แตกต่างกัน โดย citric acid ให้รสเปรี้ยวจัดของผลไม้ (sharp fruitness) malic acid ให้รสเปรี้ยวฝาด (tartness) ที่น้อยกว่า citric acid phosphoric acid ให้รสเปรี้ยวธรรมดา (flat sourness) (Woodroof และ phillips, 1981) และ GDL ให้รสออกหวาน (sweet taste) แต่เมื่อถูกไฮโดรไลซ์จะให้ความรู้สึกหลังดื่มเป็นกรด (Klis, 1990) โดย GDL ทำหน้าที่เป็นกรดแฝง (latent acid) คือ สารละลาย (GDL) ร้อยละ 1 สามารถเปลี่ยน pH 3.6 เป็น pH 2.5 ภายในเวลา 2 ชั่วโมง (Budavari, 1989) คุณสมบัติด้านรสชาติที่แตกต่างกันของสารเหล่านี้ จึงส่งผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารเหล่านี้ปรับ pH พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ปรับ pHด้วย phosphoric acid มีรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะค่า pKa ที่แตกต่างกันของสารเหล่านี้คือ citric acid malic acid, phosphoric acid และ GDL มีค่า pKa เท่ากับ 3.14, 3.04, 2.12 และ 3.70 ตามลำดับ ซึ่งสารที่มีค่า pKa สูงจะแตกตัวให้อนุมูลน้อยกว่าสารที่มีค่า pKa ต่ำ ดังนั้น phosphoricacidจะแตกตัวให้อนุมูลในสารละลายได้ดีกว่าสารอีก 3 ชนิดที่เหลือ และด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้ใช้ phosphoric acid ในปริมาณน้อยกว่าสารอื่น ในการปรับ pH ของผลิตภัณฑ์เป็น 4.4 เท่ากัน และมีรายงานว่าถ้าต้องการลด pH เป็น 3.1 จะต้องใช้ปริมาณกรด (กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร) ดังตารางที่ 33 ซึ่งจะเห็นว่า phosphoric acid จะใช้ปริมาณน้อยที่สุดในการปรับให้ได้ pH เท่ากัน ดังนั้นผลของรสชาติ phosphoric acid ที่ใช้ปรับ pH ของผลิตภัณฑ์จึงมีผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าการใช้สารอื่นๆ และจากคะแนนความชอบด้านสี และ รสชาติ ส่งผลให้การยอมรับรวมของตัวอย่างที่เติม phosphoric acid และ GDL ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังนั้น เมื่อพิจารณาเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือก คือผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี รสชาติ และ การยอมรับรวม สรุปได้ว่า phosphoric acid เหมาะสมสำหรับใช้ในการปรับ pH ของผลิตภัณฑ์ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรด

ตารางที่ 33 ปริมาณกรด (กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร) ในการลด pH เป็น 3.1

กรด	ปริมาณ(กรัม)
phosphoric acid 85%	1.00
malic acid	3.80
citric acid (anhydrous)	3.60
citric acid (hydrous)	4.09

ที่มา: Jakobson (1984)

และเปรียบเทียบความชอบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ปรับ pH และไม่ปรับ pH โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่อประเมินคุณภาพด้านความชอบ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินเลือกผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดคือ คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี รสชาติ และการยอมรับรวม

ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ที่ไม่ปรับ pH มีคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ และ การยอมรับรวมสูงกว่าเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ที่ปรับ pH อาจอธิบายได้ว่าเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ที่เติม phosphoric acid มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ โดย phosphoric acid ทำให้สีของผลิตภัณฑ์จางลง ทั้งนี้ เนื่องจากในการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้มีการใช้ใบตะไคร้ในการผลิตด้วย ดังนั้นสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการสกัดจึงมีสีเหลืองอมเขียวอ่อน ซึ่งอาจเนื่องจากรงควัตถุจำพวกคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่พบมากในใบตะไคร้ และคลอโรฟิลล์ยังเป็นสารที่ไม่คงตัว เปลี่ยนแปลงได้ง่าย โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ ได้แก่ ความร้อน แสง เอนไซม์ ค่าpH อุณหภูมิ เวลา โลหะ รังสีแกมม่า และ ค่า water activity (Aw) เป็นต้น (Schwartz and Lorenzo, 1990; Buckle and Edwards, 1970b; Lajollo and Marquez,1982) ดังนั้นในขั้นตอนการเติมกรดเพื่อปรับ pH ผลิตภัณฑ์เป็น 4.4 จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านสีของผลิตภัณฑ์ได้ เพราะยิ่งค่า pH ต่ำ การสลายตัวของคลอโรฟิลล์จะเกิดได้เร็วขึ้น (Lajollo

and Marquez,1982) และยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติเปรี้ยวเล็กน้อยในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติม phosphoric acid มีคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ และ การยอมรับรวม ในระดับชอบมาก (คะแนน 8.25-8.59)

ดังนั้น เมื่อพิจารณาเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินทั้งหมดคือ สี รสชาติ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ จึงสรุปได้ว่าผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ที่ไม่ปรับ pH มากที่สุด จึงเลือกตัวอย่างนี้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์ต่อไป

5. <u>ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้</u>

เนื่องจากผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ มีสารประกอบทางเคมีของตะไคร้ซึ่งพบในน้ำมันหอมระเหยอยู่ในผลิตภัณฑ์นี้ด้วย และสารเหล่านี้ยังมีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาและคลินิค ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของสมุนไพร เช่น citral, linalool, citronellol และ fenchone เป็นสารซึ่งสามารถลดการบีบตัวของลำไส้ทำให้ลดอาการแน่นจุกเสียดได้ เป็นต้น (นันทวัน บุญยะประภัศร, 2532) และสาร citral ยังเป็นสารให้กลิ่น ที่สำคัญต่อผลิตภัณฑ์และมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (ตารางที่ 4) ด้วย และจากรายงานของ Guenther (1949) สาร citral จะสลายตัวได้เมื่ออยู่ในภาวะการต้มที่ 100 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันบรรยากาศ ดังนั้น จึงนำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มาผ่านการฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ ซึ่งเป็นการให้ความร้อนในระดับปานกลาง เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค และทำให้คุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่อายุการเก็บจะค่อนข้างสั้น ดังนั้นหลังการพาสเจอร์ไรซ์ต้องจึงเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อช่วยในด้านอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ (Nelson and Tressler, 1980) และเนื่องจากในผลิตภัณฑ์มีสาร citral ในผลิตภัณฑ์อาจถูกทำลายได้ด้วยความร้อนในระหว่างการพาสเจอร์ไรซ์ จึงศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์ โดยแปรอุณหภูมิพาสเจอร์ไรซ์เป็น 65, 70, 75 และ 80 องศา

เซลเซียสและแปรเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์เป็น 3, 5 และ 10 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส วัดค่าสี browning index ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และ ปริมาณ citral ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 20-26

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 20-22 พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ มีผลต่อความชอบทางด้านรสชาติ ลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์มีผลต่อความชอบด้านสีและกลิ่น ($p \leq 0.05$) โดยที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมีคะแนนความชอบด้านสีและกลิ่นสูง ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมินี้ ทำให้สีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้นในระดับที่ผู้ทดสอบยอมรับ ในด้านรสชาติ ลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวม พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ที่ 70 องศาเซลเซียส 5 นาที คะแนนในการยอมรับของผู้ทดสอบสูงทั้งสามลักษณะ ทั้งนี้อิทธิพลจากกลิ่น อาจมีผลต่อความชอบด้านรสชาติได้ จึงทำให้ที่ภาวะดังกล่าว มีคะแนนความชอบด้านรสชาติสูง ในทำนองเดียวกัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะใส จึงทำให้อิทธิพลจากสีของผลิตภัณฑ์อาจมีผลต่อความชอบด้านลักษณะปรากฏได้ และจากระดับความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และลักษณะปรากฏ จึงส่งผลต่อระดับการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ด้วย ดังนั้น เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวม จึงสรุปได้ว่า ภาวะที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์คือ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ตารางที่ 23) พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ที่สูงขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ได้ลดลงโดยพบว่าที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ขึ้นไปจะตรวจไม่พบจุลินทรีย์เลย ทั้งนี้เพราะในการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อน อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้มีความสัมพันธ์กัน คือ ถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการทำลายจะลดลง (Pelczar,Chan and Krieg,1986) และเนื่องจากการพาสเจอร์ไรซ์ เป็นการใช้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและจุลินทรีย์ทั่วไปที่มีความไวต่อความร้อน เช่นพวกยีสต์ เป็นต้น โดยสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ได้ร้อยละ 90-99 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด ดังนั้นการพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์นี้ที่อุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น จึงยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ได้ดีขึ้น จึง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิจารณาภาวะที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์จากอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ค่าที่สูงที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ให้เหลือน้อยที่สุด จึงเลือกภาวะที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์คือ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

จากการวัดสีและค่า browning index ของผลิตภัณฑ์(ตารางที่ 24) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์เพิ่มขึ้น ค่าสีที่วัดด้วยเครื่อง Lovibond มีค่าสีเหลือง แดง และค่า browning index เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ อาจเนื่องจากคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุในผลิตภัณฑ์เป็นสารที่ไวต่อแสง ความร้อน ออกซิเจน และ กรด (Francis and Clydesdale, 1975) การเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์จึงเกิดได้ง่าย โดยมักเกิดปฏิกิริยาฟีโอไฟตินเซชัน (pheophytinization) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวของคลอโรฟิลล์ไปเป็นสีน้ำตาลมะกอกของฟีโอไฟติน (John, 1980) ดังนั้นในขั้นตอนการพาสเจอร์ไรซ์ จึงพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาสูงขึ้น ค่าสีที่วัดได้จึงมีค่าสีเหลืองและแดงเพิ่มขึ้น แต่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากใช้ใบตะไคร้ในปริมาณต่ำ ส่วนค่าbrowning index พบว่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเช่นกัน เนื่องจากอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้เท่านั้น แต่ไม่ได้เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากเอนไซม์ polyphenol oxidase จากรายงานของ Rusul และ Ang (1994) พบว่า แอคติวิตีของเอนไซม์จะถูกทำลายที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที หรือ ที่ 70 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4.6 และ 3.1 นาที ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ได้ผ่านขั้นตอนการสกัดด้วยความร้อนที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จึงสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์นี้ในการผลิตได้

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 25-26) แสดงว่าอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ไม่มีผลต่อค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($p>0.05$) แต่มีผลต่อปริมาณ citral ($p\leq0.05$) พบว่า ภาวะการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 5 และ 10 นาที กับที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 และ 5 นาที มีปริมาณ citral ในผลิตภัณฑ์สูง(75.23-74.65 ppm) ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ในขณะที่อุณหภูมิ 75 และ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณ citral ในผลิตภัณฑ์ลดลง ($p\leq0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากสาร citral จะสลายตัวได้เมื่ออยู่ในภาวะการต้มที่ 100 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันบรรยากาศ (Guenther,1949) จึงพบว่าอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ที่สูงขึ้น

ปริมาณ citral จะลดลงดังรูปที่ 9 ที่แสดงแนวโน้มการลดลงของปริมาณ citral ในผลิตภัณฑ์เมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์เพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้าพิจารณาเฉพาะปริมาณ citral ภาวะที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์ที่เลือกจากอุณหภูมิและเวลาสูงที่สุดที่ยังคงมีปริมาณ citral ในผลิตภัณฑ์สูงคือที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินทั้งหมด ได้แก่ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ปริมาณจุลินทรีย์ ค่าสี browning index และ ปริมาณ citral สรุปได้ว่าภาวะที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้คืออุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วทำการศึกษาประสิทธิภาพของอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ต่อการทำลาย S. aureus ในเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้เป็นขั้นต่อไป

6. ศึกษาประสิทธิภาพของอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ต่อการทำลาย S. aureus ในเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้

เนื่องจากเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ มีสารประกอบทางเคมีจากตะไคร้ อยู่ในผลิตภัณฑ์ด้วยโดยเฉพาะ citral พบ 75.74 ppm และยังเป็นสารให้กลิ่นเฉพาะตัวที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ด้วย และยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดี(Viweswarish , 1966) ดังนั้น ในการศึกษาประสิทธิภาพของอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ต่อการทำลาย S. aureus ในเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้นี้ซึ่งใช้ S. aureus เป็นจุลินทรีย์ที่จะติดตามผลการถูกทำลาย ที่ภาวะการพาสเจอร์ไรซ์ที่ทดสอบ เพราะ S. aureus เป็นจุลินทรีย์ที่พบว่ามีการปนเปื้อนได้ง่ายในระหว่างการผลิตจากการ handle เป็นต้น และมีตัวควบคุมคือสารละลาย phosphate buffer ซึ่งไม่มีสาร citral โดยปรับให้มี pH เท่ากับ pHของเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ที่ทดสอบ คือ 6.4 เปรียบเทียบผลการทำลายจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ และผลของสาร citral ที่ร่วมด้วย พบว่า ตัวอย่างน้ำตะไคร้ที่พาสเจอร์ไรซ์ที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาทีขึ้นไป จะไม่พบจำนวน S. aureus ที่รอดชีวิตเลย (ตารางที่ 27) แต่ที่ภาวะการพาสเจอร์ไรซ์เดียวกันของตัวอย่าง phosphate buffer pH 6.4 มีจำนวนเชื้อ S. aureus ที่รอดชีวิตเหลืออยู่ (3.0×10^4 CFUต่อมิลลิลิตร)

แสดงว่า S. aureus ในน้ำตะไคร้ถูกทำลายหมด เนื่องจากผลของ citral (สอดคล้องกับผลตารางที่ 4) ในน้ำตะไคร้รวมกับอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ต่อการทำลาย S. aureus ในเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ และ phosphate buffer จะเห็นว่าเชื้อ S. aureus จะถูกทำลายได้ดีในน้ำตะไคร้ที่พาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสขึ้นไปในทุกช่วงเวลา ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ข้างต้น

ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้

การทดลองในขั้นตอนนี้ ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ โดยบรรจุในขวดแก้ว และเก็บผลิตภัณฑ์ที่ 4-10 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่ 0-21 วัน สุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบทุก 3 วัน นำตัวอย่างมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ วัดสี browning index วิเคราะห์ค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และ citral retention (%) ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 28-31 จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในตารางที่ 28 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้นมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ และการยอมรับรวม ลดลงเล็กน้อย ($p \leq 0.05$) ความชอบระดับชอบมากลดลงเป็นชอบปานกลางในทุกลักษณะที่ทดสอบ ทั้งนี้เพราะการเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียสจะทำให้ปฏิกิริยาเคมี การทำงานของเอนไซม์ การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เกิดช้าลง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ และลักษณะปรากฏ ของผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาจำนวนจุลินทรีย์ (ตารางที่ 29) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส พบว่าเวลาในการเก็บ 9 วันแรก จะตรวจไม่พบจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น วันที่ 12-21 ตรวจพบจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ แต่มีจำนวนน้อยกว่า 30 CFU ต่อมิลลิลิตร ทั้งนี้อาจเนื่องจากที่ 4-10 องศาเซลเซียส เป็นภาวะที่

เชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญได้ ประกอบกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ต้องผ่านขั้นตอนการสกัดด้วยความร้อน และยังมีสาร citral ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (ตารางที่ 4) เมื่อผ่านการพาสเจอร์ไรซ์จึงสามารถทำลายจุลินทรีย์พวกที่ทำให้เกิดโรคและทำให้อาหารเน่าเสียที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นเมื่อเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (4-10 องศาเซลเซียส) จึงทำให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น และมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำ เพราะพวกไซโครไฟล์ (psychrophiles) ซึ่งสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ จะถูกทำลายได้หมด ในขั้นตอนการพาสเจอร์ไรซ์ ดังนั้น จุลินทรีย์ที่ตรวจพบในช่วงอายุการเก็บจึงควรเป็นจุลินทรีย์พวกเทอร์โมไฟล์ (thermophiles) ที่รอดชีวิตจากขั้นตอนการพาสเจอร์ไรซ์ แต่การเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส เป็นภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ประเภทเทอร์โมไฟล์ และแม้จะเจริญเติบโตได้ก็น่าจะใช้เวลานาน เพราะแม้แต่จุลินทรีย์พวกไซโครไฟล์ที่ 5 องศาเซลเซียส จะมี generation time เท่ากับ 1,200 นาที (Stevenson, 1993) ดังนั้นจุลินทรีย์พวกเทอร์โมไฟล์ ที่อาจรอดชีวิตในผลิตภัณฑ์จึงน่าจะมี generation time ที่นานกว่า 1,200 นาทีมาก อีกทั้งในผลิตภัณฑ์มี citral ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ จึงน่าจะทำให้จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์มีการเจริญได้ยาก จึงทำให้พบปริมาณจุลินทรีย์ต่ำ แม้เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 21 วัน (จุลินทรีย์น้อยกว่า 30 CFU ต่อมิลลิลิตร) และเนื่องจากผลิตภัณฑ์มี pH 6.4-6.6 ซึ่งมี pH ใกล้เคียงกับนม และใช้การฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอร์ไรซ์เหมือนกัน จึงใช้มาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 26 (พ.ศ. 2522) (ศศิเกษม ทองยงค์ และพรรณี เดชกำแหง, 2530) ที่กำหนดคุณภาพนมสดพาสเจอร์ไรซ์ให้มีแบคทีเรียได้ไม่เกิน 50,000 เซล ในนมสดพาสเจอร์ไรซ์ 1 มิลลิลิตร เป็นเกณฑ์ในการตัดสินปริมาณจุลินทรีย์ที่ยอมให้มีได้ในผลิตภัณฑ์นี้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์พบว่าอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ 21 วันมีปริมาณจุลินทรีย์น้อยกว่า 30 CFU ต่อมิลลิลิตร ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้มาก จึงสรุปได้ว่าถ้าพิจารณาเฉพาะด้านจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บได้นาน 21 วัน อนึ่งในด้านเชื้อ Clostridium perfringens และ C. botulinum ซึ่งเป็นพวก proteolytic strains พบว่าที่ภาวะอุณหภูมิตู้เย็น (4-10 องศาเซลเซียส) เป็นภาวะที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญของ vegetative cell และสปอร์ของเชื้อ ทั้งนี้เพราะสปอร์จะงอกเมื่ออยู่ภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญของ vegetative cell และต้องมีสารที่จำเป็นต่อการงอกด้วย ได้แก่ สารประกอบไนโตรเจน คาร์บอน วัตถุดิบใน

การสร้างกรดนิวคลีอิก และ กรดอะมิโน เป็นต้น (Freeman, 1985) แต่ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ไม่มีสารเหล่านี้เพียงพอ และยังมีรายงานว่า Clostridium ทุกตัวไวต่อยาต้านจุลชีพที่ออกฤทธิ์ต่อเชื้อแกรมบวกทั่วไป (นริกุล สุระพัฒน์ และคณะ,2529) ซึ่งในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้มีสาร citral 76.16 ppm ซึ่งสารนี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งแกรมบวกและแกรมลบได้ดังตารางที่ 4 จะเห็นว่าสาร citral สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ S. aureus และ B. subtilis ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวกได้ดี ดังนั้นจึงน่าที่จะยับยั้งการเจริญของ Clostridium ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สร้างendospore เหมือนกับ Bacillusได้ด้วย อย่างไรก็ตาม C. botulinum ที่เป็น non-proteolytic strains ได้แก่ type B, E และ F สามารถสร้าง toxin ที่อุณหภูมิตู้เย็น (3-4 องศาเซลเซียส) ได้ แต่เนื่องจากยังไม่มีรายงานที่แน่นอนของปริมาณเชื้อที่จะสร้างtoxin แล้วทำให้เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ที่เก็บที่ 4-10 องศาเซลเซียสนี้ นอกจากการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดแล้ว ควรตรวจสอบ Clostridium ในผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตรวจคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางด้านจุลินทรีย์ และ ความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคต่อไป

เมื่อวัดค่า browning index (ตารางที่ 30) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส พบว่าระยะเวลาในการเก็บที่นานขึ้นผลิตภัณฑ์จะมีสีที่เข้มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากค่าสีเหลือง แดง และค่า browning index เพิ่มขึ้นเล็กน้อย อาจเกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุพวกคลอโรฟิลล์ในผลิตภัณฑ์ เกิดปฏิกิริยาพีโอไฟติไนเซชัน เกิดสีน้ำตาลมะกอกของฟีโอไฟติน ส่งผลให้การวัดด้วยเครื่องLovibond ได้ค่าสีเหลืองและแดงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ที่ระดับความชอบด้านสีลดลงจากระดับความชอบมาก (คะแนน 8.40) เป็นชอบปานกลาง (คะแนน 7.85) เมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นแต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ทดสอบยอมรับ

เมื่อพิจารณาค่า pH และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(ตารางที่ 31)ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส พบว่า เวลาในการเก็บที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อค่า pH และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($p>0.05$) ทั้งนี้ อาจอธิบายได้ว่าระหว่างการเก็บ 21 วัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ที่จะทำให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงสำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจาก refractometer ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครส จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่เห็นได้ชัดเจนระหว่างการเก็บ

เมื่อพิจารณา citral retention (%) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 31) พบว่าเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า citral retention (%) ลดลง ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ อาจเนื่องจากตัวอย่างเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้บรรจุในขวดแก้วใสที่ความดันบรรยากาศ ผลิตภัณฑ์จึงได้รับแสงและมีโอกาสสัมผัสกับอากาศ citral จึงอาจถูกทำลายได้เนื่องจากปฏิกิริยา oxidation โดยมีแสงและออกซิเจนในอากาศเป็นสารเร่งปฏิกิริยา (Guenther, 1949; Simonsen and Owen, 1953 และ Aractander, 1969) โดยนิจศิริ เรืองรังษี (2534) รายงานว่า น้ำมันตะไคร้เมื่อถูกอากาศหรือความชื้นนานๆจะทำให้ปริมาณของ citral ลดลง พบว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่ 4-10 องศาเซลเซียส อายุการเก็บ 12 วัน พบว่าเริ่มมีการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ โดยมีปริมาณ citralในผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 74.93 ppm ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณ citral ลดลงไปเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเพราะปริมาณออกซิเจนในขวดมีจำกัดและผลิตภัณฑ์เก็บในตู้เย็น (4-10 องศาเซลเซียส) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีโอกาสสัมผัสกับแสงน้อยมากจึงทำให้citral ถูกทำลายเนื่องจากปฏิกิริยาoxidation น้อยลง ทำให้ค่า citral retantion (%)ที่พบในผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่ 4-10 องศาเซลเซียสอยู่ในเกณฑ์สูงและจากค่า citral retention (%) ที่ลดลงเล็กน้อย ทำให้มีการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บ แต่เพิ่มขึ้นในปริมาณน้อย (<30 CFU ต่อมิลลิลิตร) และยังสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น (ตารางที่ 28) ความชอบด้านกลิ่นลดลงเล็กน้อยจากความชอบระดับชอบมาก (คะแนน 8.27) ลดลงเป็นชอบปานกลาง (คะแนน 7.88) ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์ยอมรับผลิตภัณฑ์

ดังนั้นจากเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาทั้งหมดได้แก่ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ปริมาณจุลินทรีย์ ค่าสี browning index และ citral retention (%) จึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ที่บรรจุในขวดแก้วใสสามารถเก็บที่ 4-10 องศาเซลเซียส ได้นาน 21 วัน โดยผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับ

การคำนวณราคาต้นทุนของการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรตะไคร้

จากผลการคำนวณราคาต้นทุนของการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ดังตารางที่ 32 พบว่าราคาวัตถุดิบของเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ 1,000 มิลลิลิตร คือ 3.56 บาท แต่ในการบรรจุเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ 1ขวด มีปริมาตรเท่ากับ 380 มิลลิลิตร ดังนั้นราคาของเครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้ 1 ขวด จึงเท่ากับ 1.35 บาท ซึ่งเป็นการคำนวณราคาต้นทุนจากราคาวัตถุดิบขายปลีก ยังไม่รวมราคาค่าแรง และอื่นๆ อย่างไรก็ตาม หากมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมราคาต้นทุนของวัตถุดิบจะถูกลงอีก ทั้งนี้เครื่องดื่มสมุนไพรจากตะไคร้จึงน่าจะมีแนวโน้มเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจในการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป เพราะมีราคาต้นทุนต่ำ วัตถุดิบหาได้ง่าย มีตลอดทั้งปี และ มีราคาถูก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย