

นิพนธ์ต้นฉบับ

การลดความขมของน้ำมะนาวโดยใช้วัตถุเจือปน*

สุชาดา ไชยสวัสดิ์**, วลัยพร เอี่ยมภานิต***, นাত্রญา ขมนารณ*** และสรเสกข์ กุลมัย**.

บทคัดย่อ

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการลดความขมของน้ำมะนาวโดยใช้วัตถุเจือปน 3 วิธีการ คือ การเพิ่ม pH ของน้ำมะนาวด้วย sodium citrate และ sodium bicarbonate; การเติมสารเพื่อเพิ่มความหวานด้วยน้ำตาล sucrose และ maltose; และ การขจัดสารที่ทำให้เกิดความขมด้วย Floricil (activated magnesium silicate) ทำการวิเคราะห์ปริมาณ α -limonin ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดความขมในน้ำมะนาว ควบคู่กับการทดสอบโดยการชิมรส (sensory quality) นอกจากนั้นยังทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมะนาวอันมี pH, titratable acidity, ascorbic acid, total soluble solids และ colour เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของน้ำมะนาวเมื่อใช้วัตถุเจือปนเหล่านั้น ผลการศึกษา พบว่าการขจัดสารที่ทำให้เกิดความขม โดยใช้ Floricil และการเพิ่ม pH ของน้ำมะนาวให้เป็น 3.8-4.0 ด้วย sodium citrate และ sodium bicarbonate สามารถลดความขมของน้ำมะนาวได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) โดย Floricil (60 กรัม/ลิตร) สามารถลดความขมในรูปของ α -limonin ได้สูงสุดถึง 51.55% เมื่อเทียบกับน้ำมะนาวสด โดยลดจาก 92.37 ± 0.54 มก./ลิตร ไปเป็น 44.75 ± 0.23 มก./ลิตร ในขณะที่ sodium citrate (55 กรัม/ลิตร) และ sodium bicarbonate (35 กรัม/ลิตร) สามารถลดความขมในรูปของ α -limonin ได้ 26.16% และ 16.54% ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าคุณสมบัติของน้ำมะนาวเมื่อเติม Floricil จะมีค่าเปลี่ยนแปลงจากน้ำมะนาวสดเล็กน้อย โดยค่าของ pH จะเปลี่ยนจาก 2.30 ไปเป็น 2.75, ค่าของ titratable acidity เปลี่ยนจาก 7.99 ± 0.12 ไปเป็น $7.03 \pm 0.32\%$ ค่าของ ascorbic acid เปลี่ยนจาก 0.23 ± 0.04 ไปเป็น 0.17 ± 0.01 มก./มล., total soluble solids เปลี่ยนจาก 8.0 ไปเป็น 9.0% ผลจากการทดสอบหารสพบพบว่า Floricil สามารถขจัดความขมได้ดีที่สุด การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมะนาวเมื่อเติม sodium citrate และ sodium bicarbonate โดยการทดสอบหารสสามารถลดความขมได้ในช่วง pH 3.8 - 4.0 นั้น พบว่าค่าของ ascorbic acid และ colour ไม่เปลี่ยนแปลง แต่มีการเพิ่ม total soluble solids อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) คือจาก 8.0 เป็น 12.4% และพบว่า sodium bicarbonate ทำให้ค่าของ titratable acidity ลดลง 36-41% ส่วนการเติมสารเพื่อเพิ่มความหวานด้วยน้ำตาล sucrose และ maltose นั้นพบว่าค่าของ α -limonin ที่ได้ อยู่ในช่วง 90.20 ถึง 93.30 มก./ลิตร และค่าของ ascorbic acid อยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.22 มก./มล. ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับน้ำมะนาวสด

คำรหัส : การลดความขม, น้ำมะนาว, วัตถุเจือปน, ลิโมนิน

* ผลงานวิจัยที่ได้รับรางวัลโปสเตอร์ดีเด่นในสาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23 ประจำปี พ.ศ. 2540 ; งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยพระจอมเกล้าธนบุรี 2540

** สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ,

*** ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ราชบุรีบูรณะ กรุงเทพฯ 10140

Abstract : Debittering of Lime Juice with Food Additives*

Chaisawadi S**, Aiemphasit W***, Chommanard N***, Kulamai S**

The effect of three different debittering techniques on bitterness reduction and quality of lime juice were studied. These have been done on raising pH of the juice by using sodium citrate and sodium bicarbonate; addition of sweetening agents by using sucrose and maltose; and removal bitter principles by using Floricil (activated magnesium silicate). *d*-Limonin, titratable acidity, pH, ascorbic acid, total soluble solids, colour and sensory quality were determined. All, except addition of sweetening agents, led to significantly reduce ($p < 0.01$) in *d*-limonin contents of the treated juice as compared to control (92.37 ± 0.54 mg/L). The highest reduction (51.55%) in limonin content (44.75 ± 0.23 mg/L) were Floricil-treated juice (60 g/L) with slightly change in pH (2.30 to 2.75), titratable acidity (7.99 ± 0.12 to $7.03 \pm 0.32\%$), ascorbic acid (0.23 ± 0.04 to 0.17 ± 0.01 mg/mL) and total soluble solids (8.0 to 9.0%) to those of control. Floricil was considered the best in the extent of debittering taste by a panel of five judges. Raising pH of the juice to 3.8–4.0 by using sodium citrate (55 g/L) and sodium bicarbonate (35 g/L), the results showed a decrease in *d*-limonin (26.16% and 16.54%, respectively) and retained the same amount of ascorbic acid and colour as compared to control. Both of pH raising agents gave the extent of debittering taste, and showed a significant increase ($p < 0.01$) in total soluble solids (8 to 12.4%), but sodium bicarbonate showed some loss (36–41%) of titratable acidity. Addition of sweetening agents did not show any change in *d*-limonin content (range from 90.20 to 93.30 mg/L) and ascorbic acid (range from 0.20 to 0.22 mg/mL) as compared to control.

Key words : Debittering, lime juice, food additive, limonin

* The best Poster Presentation Award in Biotechnology Section on the 23th Congress on Science and Technology, Thailand, 1997. This study was supported by the KMIT Thonburi Research Fund 1997

** Pilot Plant Development and Training Institute,

*** Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, Bangkok 10140

บทนำ

มะนาวจัดเป็นกลุ่มของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยมีการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบเพื่อเพิ่มรสชาติในการปรุงอาหารชนิดต่างๆ ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะในการที่ให้รสเปรี้ยวและกลิ่นหอมพิเศษของมะนาวเป็นตัวเพิ่มรส นอกจากนั้นแล้วยังใช้เป็นเครื่องดื่ม เช่น น้ำมะนาว, เป็นส่วนผสมของเครื่องดื่มชนิดต่างๆ รวมถึงการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง, ผงซักฟอกและอื่นๆ อีกมากมายทำให้การใช้มะนาวเพื่อการบริโภคในประเทศไทย มีปริมาณหลายพันตันต่อปี ถึงแม้ว่ามะนาวสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย และให้ผลตลอดปี แต่ผลผลิตของมะนาวก็ขึ้นอยู่กับฤดูกาล และพบว่าในประเทศไทยประสบปัญหาการขาดแคลนของมะนาวในช่วงฤดูแล้ง ประมาณเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน ซึ่งทำให้มะนาวมีราคา

แพงขึ้น 5-10 เท่า ในขณะที่ช่วงฤดูฝนซึ่งมีผลผลิตของมะนาวออกสู่ตลาดมากมะนาวจะมีราคาต่ำมากด้วยสาเหตุนี้การกระตุ้นให้เกิดการผลิตน้ำมะนาวในเชิงพาณิชย์เพื่อนำสู่ท้องตลาดอันเป็นอีกหนทางหนึ่งที่จะช่วยป้องกันและแก้ไขปัญหาการขาดแคลนของมะนาว และช่วยพยุงราคาของมะนาวในช่วงที่มีผลผลิตออกสู่ตลาดมากได้ ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาทางเศรษฐกิจของประเทศได้อีกทางหนึ่ง แต่ปัญหาที่สำคัญของการผลิตน้ำมะนาวในเชิงพาณิชย์ ก็คือความขมของน้ำมะนาวเมื่อคั้นทิ้งไว้ ความขมส่วนใหญ่นี้เกิดจากลิโมนิน (limonin) ซึ่งอยู่บริเวณผิวเปลือกและถูกคั้นออกมาพร้อมกับกับน้ำมะนาวโดยลิโมนินที่อยู่บริเวณผิวเปลือกจะอยู่ในรูปของ Limonate A ring lactone form ซึ่งไม่มีรสขม เมื่อถูกคั้นออกมาในน้ำมะนาว ที่มีความเป็นกรดสูงจะกระตุ้นให้เปลี่ยนอยู่ในรูปของ α -Limonin ซึ่งมีรสขม' ดังแสดงในรูปที่ 1

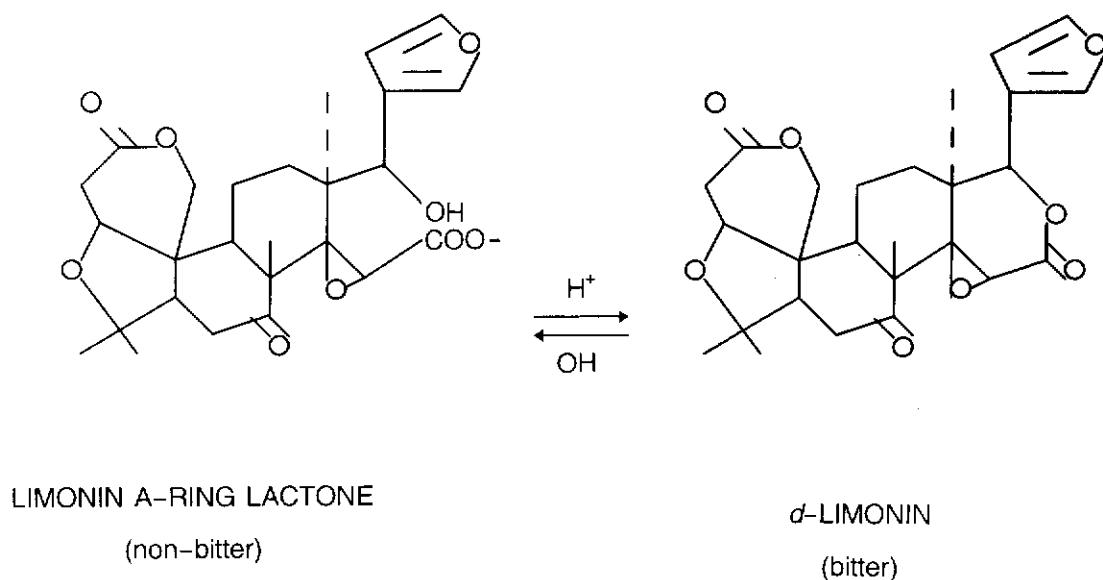


Figure 1 Transformation of Limonin A-ring lactone to *d*-limonin

การศึกษาการลดความขมของน้ำผลไม้ชนิดอื่น ๆ มีอยู่หลายรายงาน¹⁻¹⁰ ซึ่งวิธีการต่างๆ เหล่านี้ ได้ทำการลดความขมของน้ำผลไม้ โดยเติมสารที่เพิ่ม pH,¹ เติมสารเพิ่มความหวาน,² เติมสาร β -cyclodextrin monomer,⁴ ใช้ absorbent XAD-16,⁸ เปลี่ยนสารที่ทำให้เกิดความขมให้อยู่ในรูปของสารที่ไม่เกิดความขม โดยใช้ immobilized bacteria³ และขจัดสารที่ทำให้เกิดความขมในน้ำผลไม้ โดยใช้ Floricil⁵ แต่ยังไม่ชัดเจนเกี่ยวกับการลดความขมของน้ำมะนาว แม้ว่าความขมของน้ำมะนาวจะเป็นปัญหาใหญ่ในการผลิตน้ำมะนาวในเชิงพาณิชย์ก็ตาม คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลักษณะและปริมาณของวัตถุเจือปนที่เมื่อเติมลงไปให้น้ำมะนาวคั้นสดแล้วจะทำให้ความขมลดลง โดยไม่ทำให้คุณสมบัติของน้ำมะนาวเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำใน 3 วิธีการคือใช้วัตถุเจือปนที่มีคุณสมบัติในการเพิ่ม pH ใช้วัตถุเจือปนที่มีคุณสมบัติในการเพิ่มความหวาน และใช้วัตถุเจือปนที่มีคุณสมบัติในการขจัดสารที่ทำให้เกิดความขม โดยอาศัยคุณสมบัติของวัตถุเจือปนที่ได้กำหนดไว้ใน Food Additives Handbook¹²

วัสดุและวิธีการ

การเตรียมน้ำมะนาว

ตัวอย่างมะนาวมาจากปากคลองตลาด กรุงเทพมหานคร นำมาล้างให้สะอาด ผ่าครึ่ง แล้วคั้นโดยเครื่องคั้นใช้มือกด ซึ่งมีเครื่องกรองเมล็ดอยู่ นำน้ำมะนาวคั้นสดมาทำการศึกษาและวิเคราะห์ทันทีหลังการคั้น

วิธีการลดความขมของน้ำมะนาว

1. การเพิ่ม pH ของน้ำมะนาว โดยใช้วัตถุเจือปน 2 ชนิด คือ Sodium citrate และ Sodium bicarbonate เติมแต่ละตัวลงในน้ำมะนาวสด

ให้มีความเข้มข้น 35, 40, 50 และ 55 กรัมต่อลิตรตามลำดับ เพื่อเพิ่ม pH ของน้ำมะนาวให้อยู่ในช่วง 3.5-4.0

2. เติมสารที่มีคุณสมบัติเพิ่มความหวาน ใช้น้ำตาล Sucrose และ Maltose โดยเติมน้ำตาลแต่ละตัวลงในน้ำมะนาวสดให้มีความเข้มข้น 20, 30, 40, 50 และ 60 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

3. ขจัดสารที่ทำให้เกิดความขม ใช้ Floricil (activated magnesium silicate) เติมลงในน้ำมะนาวสดให้มีความเข้มข้น 20, 30, 40, 50 และ 60 กรัมต่อลิตรตามลำดับ

วิธีการวิเคราะห์

ทำการวิเคราะห์หาคุณสมบัติของน้ำมะนาวที่เติมวัตถุเจือปนชนิดและปริมาณต่างๆ กันตามวิธีการลดความขม ทั้ง 3 วิธีที่ใช้ โดยมีน้ำมะนาวสดเป็นตัวเปรียบเทียบควบคุม (control) คุณสมบัติของน้ำมะนาวที่ทำการวิเคราะห์มีดังนี้คือ *d*-limonin, titratable acidity, pH, ascorbic acid, total soluble solids, colour และการทดสอบหารสขม (sensory quality) ทำการประมาณค่าของ *d*-limonin โดยวิธีของ Vaks and Lifshitz, 1981¹⁰ วิเคราะห์หาค่าของ titratable acidity ในรูปของ citric acid โดยวิธีที่กำหนดไว้ใน AOAC 1995¹³ หาค่าของ pH โดยใช้ pH meter (Beckman 9TM 50 pH/ISE) หาค่าของ total soluble solids (^oBrix) โดยใช้เครื่อง refractometer (Atago, N1E), หาค่าของ colour โดยใช้เครื่อง colorimeter (Juki, JP 100P) หาค่าของ ascorbic acid โดยวิธีที่กำหนดไว้ใน AOAC 1995¹³ และทำการทดสอบหารสขม (sensory quality) โดยผู้ชิมที่ผ่านการฝึกอบรมแล้ว จำนวน 5 คน โดยการวิเคราะห์และการทดสอบทั้งหมดที่กล่าวถึงจะทำการทดสอบสองซ้ำ (duplicate) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมดเป็นชนิด analytical

grade ผลการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติ
โดยใช้โปรแกรม SPSS

ผลการทดลอง

คุณสมบัติของน้ำมะนาวสดในการศึกษา
ครั้งนี้มีค่า pH 2.30 ± 0.05 , total soluble solids

8.00 ± 0.03 °Brix, titratable acidity เท่ากับ $7.99 \pm 0.12\%$, ascorbic acid 0.23 ± 0.04 มก./มล.
colour มีค่า 28.9 ± 0.02 Lab และ α -limonin มี
ค่าเป็น 92.37 ± 0.54 มก./ลิตร (ตารางที่ 1) และ
เมื่อศึกษาผลการลดความขมของน้ำมะนาวโดย
3 วิธีการ พบว่า Floricil ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมะนาวสดและหลังจากทำการลดความขมด้วยวิธีการเพิ่ม pH เติมน้ำเพิ่ม
หวาน และเติม Florisil เพื่อจัดสารที่ทำให้เกิดรสขม

Debittering	Additives (g/L)	d-Limonin (mg/L) $\bar{X} \pm SD$	pH $\bar{X} \pm SD$	Ascorbic acid (mg/mL) $\bar{X} \pm SD$	Total soluble solid (°Brix) $\bar{X} \pm SD$	Titratable acidity (%) $\bar{X} \pm SD$	Colour (Lab) $\bar{X} \pm SD$
Increasing pH of lime juice	Sodium citrate						
	35	86.36 ± 1.91	3.40 ± 0.05	0.23 ± 0.02	11.20 ± 0.10	7.83 ± 0.09	30.51 ± 2.10
	40	78.26 ± 2.30	3.50 ± 0.05	0.23 ± 0.03	11.50 ± 0.10	7.88 ± 0.04	30.41 ± 1.50
	45	75.85 ± 2.62	3.60 ± 0.05	0.22 ± 0.02	11.90 ± 0.10	7.76 ± 0.10	30.56 ± 1.20
	50	70.85 ± 1.40	3.80 ± 0.05	0.22 ± 0.02	12.40 ± 0.10	7.92 ± 0.09	30.83 ± 1.60
	55	68.21 ± 2.30	4.00 ± 0.05	0.21 ± 0.03	12.80 ± 0.10	7.77 ± 0.06	31.37 ± 1.13
	Sodium bicarbonate						
	25	91.13 ± 0.31	3.50 ± 0.05	0.23 ± 0.03	9.20 ± 0.05	5.35 ± 0.02	30.85 ± 2.33
	30	84.15 ± 0.70	3.70 ± 0.05	0.21 ± 0.04	9.40 ± 0.10	5.33 ± 0.05	30.85 ± 1.89
	35	77.09 ± 0.31	3.80 ± 0.05	0.23 ± 0.02	9.60 ± 0.05	5.10 ± 0.09	30.43 ± 0.97
Addition of sweetening agents							
	Sucrose						
	20	92.45 ± 2.25	2.30 ± 0.05	0.21 ± 0.02	9.70 ± 0.10	7.85 ± 0.12	28.56 ± 1.24
	30	92.83 ± 1.94	2.30 ± 0.05	0.20 ± 0.04	10.35 ± 0.15	7.97 ± 0.04	28.92 ± 1.37
	40	91.36 ± 0.62	2.30 ± 0.05	0.21 ± 0.03	11.30 ± 0.10	7.78 ± 0.18	32.43 ± 2.10
	50	92.78 ± 2.50	2.30 ± 0.05	0.20 ± 0.04	12.00 ± 0.20	7.90 ± 0.02	32.07 ± 1.92
	60	93.30 ± 2.12	2.30 ± 0.05	0.20 ± 0.04	12.90 ± 0.10	7.58 ± 0.07	34.03 ± 2.10
	Maltose						
	20	93.76 ± 1.48	2.30 ± 0.05	0.22 ± 0.02	9.80 ± 0.05	7.94 ± 0.11	30.95 ± 1.20
	30	90.20 ± 1.94	2.30 ± 0.05	0.21 ± 0.04	10.50 ± 0.10	8.04 ± 0.06	30.86 ± 1.37
Removal of bittering substances							
	Floricil						
	20	78.71 ± 3.60	2.45 ± 0.05	0.18 ± 0.04	8.80 ± 0.20	7.65 ± 0.11	30.04 ± 1.02
	30	73.83 ± 3.00	2.60 ± 0.05	0.17 ± 0.03	9.00 ± 0.05	7.53 ± 0.15	30.85 ± 0.92
	40	62.12 ± 2.50	2.70 ± 0.05	0.16 ± 0.03	9.00 ± 0.05	7.21 ± 0.24	30.54 ± 1.32
	50	53.28 ± 1.78	2.70 ± 0.05	0.17 ± 0.02	9.00 ± 0.10	7.10 ± 0.19	30.05 ± 1.78
Fresh lime juice control		92.37 ± 0.54	2.30 ± 0.05	0.23 ± 0.04	8.00 ± 0.03	7.99 ± 0.12	28.9 ± 0.02

ในการขจัดสารที่ทำให้เกิดความขมปริมาณ 60 กรัมต่อลิตร สามารถลดความขมในรูปของ *d*-limonin ได้สูงสุดคือ 51.55% (รูปที่ 2) ในขณะที่คุณสมบัติของน้ำมะนาวเปลี่ยนไปจากน้ำมะนาวสดเล็กน้อย คือ pH เปลี่ยนจาก 2.30 ไปเป็น 2.75,

titratable acidity เปลี่ยนจาก 7.99 ± 0.12 ไปเป็น $7.03 \pm 0.32\%$, ascorbic acid เปลี่ยนจาก 0.23 ± 0.04 ไปเป็น 0.17 ± 0.01 มก./มล. และ total soluble solids เปลี่ยนจาก 8.0 ไปเป็น 9.0% ในขณะที่การทดสอบหารสขมจากผู้ชิมทั้งห้าคนพบว่าไม่ขม

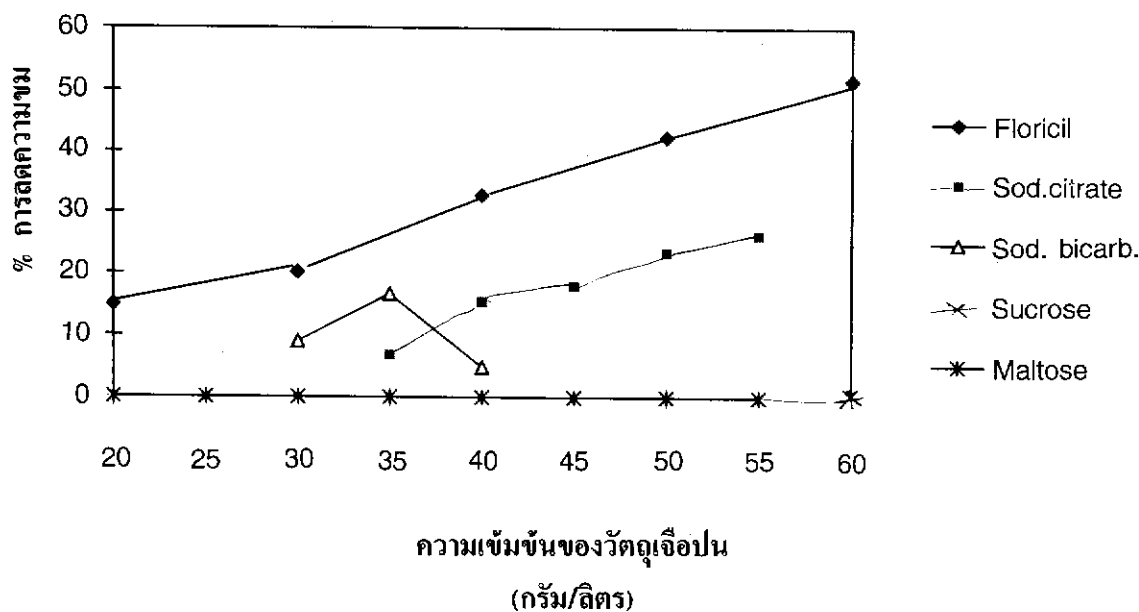


Figure 2 Debittering effect of various additives

ส่วนวิธีการเพิ่ม pH ของน้ำมะนาวโดยอาศัยวัตถุเจือปนสองชนิดคือ sodium citrate และ sodium bicarbonate นั้น ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าเมื่อเพิ่ม pH ของน้ำมะนาวให้อยู่ในช่วง 3.8-4.0 แล้ว sodium citrate ในปริมาณ 55 กรัมต่อลิตร และ sodium bicarbonate ในปริมาณ 35 กรัมต่อลิตร สามารถลดความขมในรูปของ *d*-limonin ได้ 26.16% และ 16.54% ตามลำดับ โดยที่ค่าของ ascorbic acid และ colour ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมะนาวสด และค่า total soluble solids จะเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) โดยเพิ่มจาก 8.0 ไปเป็น 12.40% แต่พบว่า sodium bicarbonate ทำให้ค่าของ titratable acidity ลดลง 36-41% ในขณะที่การทดสอบโดยการชิมไม่พบว่า มีรสขม

วิจารณ์

การศึกษาครั้งนี้แม้จะสามารถชี้ให้เห็นว่า Floricil ในความเข้มข้น 60 กรัมต่อลิตร มีศักยภาพสูงในการขจัดความขม แต่จากข้อกำหนดของ FDA ในการใช้ Floricil เป็นวัตถุเจือปนได้กำหนดไว้ให้ใช้ในความเข้มข้นสูงสุดเพียง 20 กรัมต่อลิตร¹² ซึ่งสามารถลดความขมในรูปของ *d*-limonin ได้เพียง 14.79% เท่านั้น ทำให้การใช้ Floricil เป็นวัตถุเจือปนในการลดความขมของน้ำมะนาวในการผลิตเชิงพาณิชย์เป็นไปได้ยาก ในขณะที่ปัจจุบันได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ fluidised bed column เพื่อลดความขมในการผลิตน้ำผลไม้เชิงพาณิชย์อยู่มากมาย⁶⁻⁸ การศึกษาการลดความขมของน้ำมะนาวในเชิงพาณิชย์ โดยใช้ Floricil ซึ่งอาศัยวิธีการ fluidised bed column จึงเป็น

จุดมุ่งหมายอีกอันหนึ่งที่จะได้ทำการศึกษา เพื่อพัฒนาการลดความขมของน้ำมะนาวในเชิงพาณิชย์ต่อไป

การที่ pH เพิ่มขึ้นในช่วง 3.8-4.0 ทำให้มีการลดความขมในรูปของ *d*-limonin ได้นั้นก็อาจเนื่องมาจากค่าของ pH ในช่วงนั้นจะครอบคลุมกระบวนการเปลี่ยนรูปจาก limonate-A-ring lactone ไปเป็น *d*-limonin ทำให้การเปลี่ยนเป็น *d*-limonin ได้ลดลงจึงมีผลทำให้ความขมลดลง นอกจากนั้นยังมีรายงานหลายฉบับที่แสดงให้เห็นว่า pH ที่จะลดปริมาณของ *d*-limonin ในน้ำผลไม้ คือ 3.8^{1,11,14} ส่วนวิธีการเพิ่มความหวานของน้ำมะนาวพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของ *d*-limonin และ ascorbic acid เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมะนาวสด (ตารางที่ 1) ในขณะที่การทดสอบหารสขมพบว่าไม่ขมเช่นเดียวกับวิธีการอื่นๆ ซึ่งผลที่ได้ก็อาจเนื่องมาจากวัตถุดิบที่เพิ่มความหวานนั้นมีส่วนเพิ่มการละลายตัวของ limonin ทำให้เกิด hydrogen bonding และเกิดเป็น complex ซึ่งมีผลต่อการรับรู้รสขมของลิ้นอันเนื่องจาก *d*-limonin¹ ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานต่างๆ ที่แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความหวานของน้ำผลไม้ทำให้ความสามารถในการรับรู้ความขมของ *d*-limonin ลดลง^{1,2}

บทสรุป

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้ Floricil ที่มีคุณสมบัติขจัดความขมเป็นวิธีที่มีศักยภาพในการลดความขมของน้ำมะนาวสูงสุดถึงแม้ว่าต้องมีการศึกษาต่อไป ถึงการพัฒนาวิธีการใช้ Floricil ในรูปแบบอื่นเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของ FDA ในขณะที่วิธีการเพิ่ม pH ของน้ำมะนาว โดยใช้ sodium citrate และ sodium bicarbonate ให้ได้ pH ในช่วง 3.8-4.0 ก็เป็นวัตถุดิบที่ควรเลือกใช้ใน

การลดความขมของน้ำมะนาวในการผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Maier VP, Hasegawa S, Bennet RD, Echols LC. Limonin and Limonoids: Chemistry, Biochemistry, and Juice Bitterness. In: Citrus Nutrition and Quality, Nagy S, Attaway J (eds). American Chemical Society, Washington, DC, 1980, 63-82.
2. Guadagni DG, Maier VP, Turnbaugh JG. Effect of subthreshold concentration of limonin, naringin and sweeteners on bitterness perception. J Sci Food Agric 1974; 25: 1349-54.
3. Hasegawa S, Pelton VA, Bennett RD. Metabolism of limonoids by *Arthrobacter globiformis* II : Basis for a practical means of reducing the limonin content of orange juice by immobilized cells. J Agric Food Chem 1983; 31: 1002-4.
4. Konno A, Miyawaki M, Masaru M, Yasumatsu K. Bitterness reduction of citrus fruits by β -cyclodextrin. Agric Biol Chem 1981; 45: 2341-2.
5. Barmore CR, Fisher JF, Fellers PJ, Rouseff RR. Reduction of bitterness and tartness in grapefruit juice with floricil. J Food Sci 1986; 51: 415-6, 439.
6. Nikdel S, Rouseff R, Fisher J. Comparative effects of three types of floricil treatments on flavanone glycosides and minerals of processed grapefruit juice. J Food Sci 1987; 52: 1673-5.

7. Wagner CJ, Wilson C, Shaw PE. Reduction of grapefruit bitter components in a fluidized β -cyclodextrin polymer bed. *J Food Sci* 1988; 53: 516-8.
8. Wilson CW, Wagner C, Shaw PE. Reduction of bitter components in grapefruit and naval orange juices with β -cyclodextrin polymer or XAD resins in fluidized bed process. *J Agric Food Chem* 1989; 37: 14-8.
9. Pifferi PG, Manenti I, Palleschi C, Romagnoli S, Malacarne A. Debittering of Citrus Juices with Adsorbents. *Engineering and Food Vol. III : Advanced Process*. Spesss WEL, Schubert H (eds), Elsevier, 1990, Applied Science.
10. Vaks B, Lifshitz A. Debittering of orange juice by bacteria which degrade limonin, *J Agri Food Chem* 1981; 29: 1258-61.
11. Renote PS, Bains GS. Juice of kinnow fruit. *Ind Food Packer* 1982; 36: 22-3.
12. Lewis RJ. *Food Additives Handbook*, van Nostrand Reimhold, 1989, New York, USA.
13. *Official Methods of Analysis of AOAC International* 16th ed, 1995, Virginia, USA.
14. Tatum JH, Berry RE. Method for estimating limonin content of citrus juices. *J Food Sci* 1973; 38: 1244-6.