

# การปรับลดความสามารถในการกัดกร่อน ของเครื่องมือผสมกรดซिटริก กัวขนมถั่วเหลือง

พรศรี ปฎิมาณูเกษม\* วท.บ. (เทคนิคการแพทย์), วท.ม. (ชีวเคมี)  
ยุทธนา ปัญญางาม\* ทบ., สม., สด. (โภชนาการสาธารณสุข)

## บทคัดย่อ

การศึกษาที่ผ่านมาระบุว่าเครื่องมือผสมกรดซิทริกมีความสามารถในการกัดกร่อนเคลือบฟัน และมีการทดลองที่แสดงว่าการเติมนมวัวทำให้ความสามารถในการกัดกร่อนเคลือบฟันของเครื่องมือลดลงได้ แต่เนื่องจากในประเทศไทย นมถั่วเหลืองหาได้ง่าย มีราคาถูก มีคุณสมบัติทางโภชนาการคล้ายนมวัว และมีแคลเซียมค่อนข้างสูง การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดความสามารถในการกัดกร่อนของเครื่องมือผสมกรดซิทริกที่มีจำหน่ายในประเทศไทยด้วยการเติมนมถั่วเหลือง โดยเก็บตัวอย่างเครื่องมือผสมกรดซิทริกที่วางขายในกรุงเทพมหานคร จำนวน 5 ชนิดๆ ละ 3 ขวด วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ด้วยเครื่องวัดพีเอช วิเคราะห์หาความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ โดยการไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ทดสอบความสามารถในการกัดกร่อนโดยหาปริมาณฟอสเฟตที่ละลายออกมาจากผงอะพาไทท์สังเคราะห์ที่นำมาแช่ในเครื่องมือตัวอย่าง จากนั้นผสมนมถั่วเหลืองความเข้มข้น 20 กรัม/ 100 มิลลิลิตร ลงในเครื่องมือตัวอย่าง ให้มีสัดส่วนโดยปริมาตรเป็นร้อยละ 3, 5, 10, 20, 30, 40 และ 50 ตามลำดับ แล้ววัดค่าดังกล่าวอีกครั้ง วิเคราะห์หาความแตกต่างของตัวแปรตามแต่ละตัวทั้งก่อนและหลังการเติมนมถั่วเหลือง ด้วยการทดสอบวิลค็อกสัน ซายน์ แรงค์ส ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการศึกษา พบว่าการทำให้เครื่องมือมีนมถั่วเหลืองเป็นสัดส่วนร้อยละ 20, 30, 40 และ 50 ทำให้ค่าเฉลี่ยพีเอชเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์และความสามารถในการกัดกร่อนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จากผลการศึกษาครั้งนี้ สรุปว่า การเติมนมถั่วเหลืองลงในเครื่องมือผสมกรดซิทริกให้มีสัดส่วนตั้งแต่ร้อยละ 20 ถึง 50 ช่วยลดความสามารถในการกัดกร่อนของเครื่องมือได้

**คำสำคัญ :** เครื่องมือผสมกรดซิทริก ฟันกร่อน นมถั่วเหลือง ความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์

\* ภาควิชาเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทนำ

ปัจจุบันเครื่องดื่มสำเร็จรูปพร้อมดื่มที่บรรจุภาชนะต่างๆ กำลังได้รับความนิยมอย่างมากเนื่องจากหาซื้อได้ง่าย สะดวกในการบริโภค เครื่องดื่มบางชนิดมีการเติมสารอาหารที่เชื่อว่ามีคุณสมบัติในการบำรุงหรือส่งเสริมให้ร่างกายมีความแข็งแรง สดชื่น กระฉับกระเฉง เช่น วิตามิน (vitamins) โคเอนไซม์ คิว 10 (Coenzyme Q10) ทอรีน (taurine) ไอโนสิทอล (inositol) และกลูตาไธโอน (glutathione) เป็นต้น เนื่องจากสารอาหารที่เติมลงในเครื่องดื่มมักไม่มีรสหรืออาจมีรสหรือกลิ่นที่ไม่ชวนให้รับประทาน ผู้ผลิตจึงนิยมแต่งกลิ่นของเครื่องดื่มเหล่านี้ ให้มีกลิ่นผลไม้ต่างๆ เช่น ส้ม สตรอเบอร์รี่ เชอร์รี่ และแต่งรสให้คล้ายผลไม้โดยการเติมกรดซิตริก (citric acid) ซึ่งเป็นกรดที่พบในผลไม้รสเปรี้ยว (citrus fruits) เพราะมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี และเป็นสารที่ปลอดภัยต่อการบริโภค กรดซิตริก นอกจากจะช่วยเพิ่มรสชาติแล้ว ยังมีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันเสีย โดยมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (antimicrobial activity) ทำให้มีอายุการเก็บได้นาน<sup>1</sup>

จากรายงานการศึกษาในหลอดทดลอง (in vitro) ที่ผ่านมา<sup>2-6</sup> แสดงให้เห็นว่า กรดซิตริกสามารถทำให้เคลือบฟันละลาย (enamel dissolution) ได้ การบริโภคเครื่องดื่มเหล่านี้ด้วยความถี่สูงและปริมาณที่มากขึ้น อาจส่งผลให้เกิดฟันกร่อน (erosion) ได้ด้วย ดังนั้น จึงมีการทดลองเติมแร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสเฟต ฟลูออไรด์ และเหล็ก ลงในเครื่องดื่มที่มีความสามารถกัดกร่อนบางชนิด ซึ่งก็พบว่า การเติมแร่ธาตุดังกล่าวในปริมาณที่เหมาะสม สามารถลดคุณสมบัติการกัดกร่อนของเครื่องดื่มเหล่านั้นได้<sup>7-9</sup> แต่การเติมแร่ธาตุอาจทำให้รสชาติของเครื่องดื่มเปลี่ยนแปลงไป และอาจไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค จึงมีผู้ดัดแปลงโดยการเติมนมวัวซึ่งมีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบอยู่

สูง ก็พบว่า สามารถทำให้เครื่องดื่มที่ศึกษามีคุณสมบัติในการกัดกร่อนลดลงได้ เช่นกัน<sup>10</sup> แต่การเติมนมวัวลงในเครื่องดื่ม ทำให้ผู้ที่รับประทานอาหารแบบมังสวิวัตติ หรือผู้ที่มีอาการแพ้น้ำตาลแลคโตสในนม (lactose intolerance) ไม่สามารถรับประทานได้ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการลดความสามารถในการกัดกร่อนของเครื่องดื่มผสมกรดซิตริกที่มีจำหน่ายในประเทศไทย โดยการเติมนมถั่วเหลือง เนื่องจากนมถั่วเหลือง จัดเป็นเครื่องดื่มที่มีคุณสมบัติทางโภชนาการคล้ายนมวัว แต่เป็นผลิตภัณฑ์จากพืชและไม่มีน้ำตาลแลคโตส

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างเครื่องดื่มผสมกรดซิตริกที่วางขายในกรุงเทพมหานคร จำนวน 5 ชนิดๆ ละ 3 ขวด รวมเป็น 15 ตัวอย่าง วัดค่าความเป็นกรด-ด่างหรือค่าพีเอช (pH) ด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH meter) รุ่น 710A ORION ประเทศสหรัฐอเมริกา วิเคราะห์หาความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ โดยการไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (0.1 M NaOH) จนสารละลายตัวอย่างมีค่าพีเอช 7.0 นำปริมาณต่างที่ใช้มาคำนวณเป็นค่าความเป็นกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity) วิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต โดยวิธีการเทียบสีด้วยด้วยเครื่อง Spectrophotometry รุ่น G 20 ประเทศสหรัฐอเมริกา ทดสอบความสามารถในการกัดกร่อนของเครื่องดื่มผสมกรดซิตริกโดยนำไปใส่ในผงอะพาไทท์สังเคราะห์ (synthetic apatite) 50 มิลลิกรัม ผสมด้วยเครื่องผสมแบบหมุนวน (vortex mixer) เป็นเวลา 10 นาที นำไปเหวี่ยง (centrifuge) ให้ตกตะกอนแล้วนำส่วนใส (supernatant) มาวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตที่ละลายออกมา แต่แต่ละตัวอย่างจะทำการทดสอบซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

เตรียมนมถั่วเหลืองความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยใช้ถั่วเหลืองชนิดผง 20 กรัม ละลายในน้ำปราศจากแร่ธาตุ (demineralized water) 100 มิลลิลิตร นำนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้ จำนวน 3, 5, 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิลิตร ผสมด้วยเครื่องตีตัวอย่างให้มีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร แล้ววัดค่าดังกล่าวอีกครั้ง วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยพีเอช ความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ และความสามารถในการกักกร่อนของเครื่องตีผสมกรดซิทริกแต่ละชนิดก่อนและหลังการเติมนมถั่วเหลืองด้วยการทดสอบวิลค็อกสัน ซายน์ แรงค์ส (Wilcoxon Signed Ranks test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### ผลการศึกษา

เครื่องตีผสมกรดซิทริกทั้ง 5 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยพีเอชระหว่าง  $2.597 \pm 0.01$  ถึง  $4.396 \pm 0.007$  เมื่อเติมนมถั่วเหลืองลงในเครื่องตีตัวอย่าง ให้มีสัดส่วนเป็นร้อยละ 3 พบว่า เครื่องตีทุกชนิด มีค่าเฉลี่ยพีเอชก่อนและหลังเติมนมถั่วเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเติมนมถั่วเหลืองลงในเครื่องตีตัวอย่างให้มีสัดส่วนเป็นร้อยละ 5 และ 10 พบว่า เครื่องตีชนิดที่ 1, 2 และ 5 มีค่าเฉลี่ยพีเอชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่ เครื่องตีชนิดที่ 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยพีเอชเพิ่มขึ้นน้อยมากและไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยพีเอชก่อนเติมนมถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเติมนมถั่วเหลืองลงในเครื่องตีตัวอย่างให้มีสัดส่วนเป็นร้อยละ 20-50 พบว่า เครื่องตีทุกชนิด

มีค่าเฉลี่ยพีเอชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 1)

เครื่องตีผสมกรดซิทริกทั้ง 5 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์โดยดูจากค่าเฉลี่ยความเป็นกรดที่ไทเทรตได้ ระหว่าง  $12.83 \pm 0.35$  ถึง  $142.67 \pm 2.40$  ไมโครโมล/ลิตร ( $\mu\text{mole/l}$ ) หลังจากเติมนมถั่วเหลืองลงในเครื่องตีตัวอย่าง ให้มีสัดส่วนเป็นร้อยละ 3, 5 และ 10 พบว่า เครื่องตีทุกชนิด มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดที่ไทเทรตได้ ก่อนและหลังเติมนมถั่วเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเติมนมถั่วเหลืองลงในเครื่องตีตัวอย่างให้มีสัดส่วนเป็นร้อยละ 20-50 พบว่า เครื่องตีทุกชนิดมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดที่ไทเทรตได้ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 2)

การวัดความสามารถในการกักกร่อนของเครื่องตีผสมกรดซิทริกจากปริมาณฟอสเฟตที่ละลายออกมาจากอะพาไทท์สังเคราะห์มีค่าเฉลี่ยระหว่าง  $740.11 \pm 11.20$  ถึง  $3,460.22 \pm 67.57$  ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ( $\mu\text{g/ml}$ ) หลังจากเติมนมถั่วเหลืองลงในเครื่องตีตัวอย่าง ให้มีสัดส่วนเป็นร้อยละ 3, 5 และ 10 พบว่า เครื่องตีทุกชนิดมีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟตที่ละลายออกมาก่อนและหลังเติมนมถั่วเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเติมนมถั่วเหลืองลงในเครื่องตีตัวอย่าง ให้มีสัดส่วนเป็นร้อยละ 20-50 พบว่า เครื่องตีทุกชนิด มีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟตที่ละลายออกมาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 ค่าพีเอชเฉลี่ย ของเครื่องดื่มผสมกรดซิตริกก่อนและหลังเติมนมถั่วเหลืองความเข้มข้นต่างๆ

Table 1 The mean pH of citric acid containing drinks before and after addition of various concentration of soy milk

เครื่องดื่ม	ค่าพีเอชเฉลี่ยของเครื่องดื่มตามความเข้มข้นของนมถั่วเหลือง (mean pH according to concentration of soy milk )							
	0%	3%	5%	10%	20%	30%	40%	50%
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 1 (No.1)	2.597 (0.013)	2.590 (0.016)	3.028* (0.014)	3.382* (0.014)	3.616* (0.015)	3.899* (0.015)	4.394* (0.014)	4.998* (0.014)
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 2 (No.2)	3.110 (0.010)	3.092 (0.019)	3.136* (0.009)	3.331* (0.008)	3.977* (0.024)	4.169* (0.036)	4.411* (0.012)	5.116* (0.017)
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 3 (No.3)	4.396 (0.007)	4.400 (0.011)	4.403 (0.007)	4.401 (0.014)	4.674* (0.007)	5.032* (0.011)	5.342* (0.011)	6.186* (0.029)
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 4 (No.4)	3.890 (0.013)	3.888 (0.016)	3.898 (0.031)	3.897 (0.011)	4.884* (0.017)	5.191* (0.018)	5.599* (0.018)	5.740* (0.028)
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 5 (No.5)	2.699 (0.011)	2.693 (0.015)	3.043* (0.051)	3.547* (0.007)	3.754* (0.032)	4.129* (0.036)	4.264* (0.017)	4.997* (0.024)

( ) = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

\* = ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (statistical difference;  $p < 0.05$ )

**ตารางที่ 2** ความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์เฉลี่ย (ไมโครโมล/ลิตรของ 0.1 โมลาร์โซเดียมไฮดรอกไซด์) ของเครื่องดื่มผสมกรดซิตริกก่อนและหลังเติมนมถั่วเหลืองความเข้มข้นต่างๆ

**Table 2** The mean buffer capacity ( $\mu$ moles/l of 0.1 M NaOH) of citric acid containing drinks before and after addition of various concentration of soy milk

เครื่องดื่ม	ความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์เฉลี่ยของเครื่องดื่มตามความเข้มข้นของนมถั่วเหลือง (mean buffer capacity according to concentration of soy milk )							
	0%	3%	5%	10%	20%	30%	40%	50%
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 1 (No.1)	110.56 (4.63)	111.67 (4.33)	113.33 (4.33)	106.67 (3.54)	79.22* (1.09)	68.01* (1.50)	58.56* (0.88)	45.78* (1.30)
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 2 (No.2)	142.67 (2.40)	142.33 (1.93)	143.11 (2.20)	141.67 (1.58)	82.00* (2.45)	76.89* (2.71)	71.22* (2.17)	60.67* (1.22)
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 3 (No.3)	12.83 (0.35)	12.83 (0.35)	12.94 (0.39)	12.56 (0.53)	4.20* (0.05)	3.78* (0.05)	2.72* (0.23)	2.39* (0.04)
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 4 (No.4)	39.94 (1.36)	39.72 (0.87)	39.28 (0.94)	40.33 (0.56)	16.78* (0.51)	15.28* (0.51)	14.50* (0.43)	12.89* (0.65)
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 5 (No.5)	54.89 (1.83)	54.44 (1.42)	53.56 (1.49)	53.00 (2.49)	31.44* (0.81)	26.72* (0.71)	23.39* (0.82)	21.00* (0.79)

( ) = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

\* = ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (statistical difference;  $p < 0.05$ )

ตารางที่ 3 ปริมาณเฉลี่ยของฟอสเฟตที่ละลายออกมาจากอะพาไทท์สังเคราะห์ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ของเครื่องดื่มผสมกรดซิตริกก่อนและหลังเติมนมถั่วเหลืองความเข้มข้นต่างๆ

Table 3 The mean dissolved phosphate from synthetic apatite ( $\mu\text{g/ml}$ ) of citric acid containing drinks before and after addition of various concentration of soy milk

เครื่องดื่ม	ปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยของเครื่องดื่มตามความเข้มข้นของนมถั่วเหลือง (mean dissolved phosphate according to concentration of soy milk)							
	0%	3%	5%	10%	20%	30%	40%	50%
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 1 (No.1)	3,168.43 (77.61)	3,154.26 (54.95)	3,170.43 (30.24)	3,157.41 (87.75)	699.02* (22.90)	505.58* (15.03)	394.22* (18.45)	304.46* (29.14)
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 2 (No.2)	3.110 (67.57)	3.092 (73.45)	3.136* (41.80)	3.331* (44.22)	3.977* (23.97)	4.169* (14.45)	4.411* (19.17)	5.116* (21.54)
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 3 (No.3)	774.93 (12.42)	774.48 (10.92)	770.64 (7.22)	768.64 (13.49)	627.65* (13.49)	496.94* (11.22)	426.81* (9.16)	352.80* (8.46)
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 4 (No.4)	740.11 (11.20)	735.55 (11.29)	736.63 (6.16)	730.33 (8.38)	412.94* (8.64)	322.22* (8.64)	282.86* (27.07)	242.54* (8.02)
เครื่องดื่ม ชนิดที่ 5 (No.5)	1,295.23 (45.87)	1,293.62 (41.82)	1,295.51 (46.36)	1,289.51 (45.11)	409.10* (9.16)	276.14* (16.73)	214.22* (11.43)	202.70* (12.22)

( ) = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

\* = ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (statistical difference;  $p < 0.05$ )

## บทวิจารณ์

เครื่องตีผสมกรดซิทริกทั้ง 5 ตัวอย่าง มีค่าพีเอช ระหว่าง 2.597 ถึง 4.396 จึงแสดงสถานะเป็นกรดที่สามารถทำให้เกิดการสลายแร่ธาตุ (Demineralization) จากผิวฟันได้ เพราะจากการทดลองของ Larsen และ Nyvad<sup>11</sup> ที่แสดงให้เห็นว่า เครื่องตีที่มีพีเอชต่ำกว่า 4.0 จะละลายผลึกอะพาไทต์ (apatite) ได้อย่างรวดเร็ว และจากผลการศึกษาของ Barbour และคณะ<sup>6</sup> ที่พบว่า สารละลายกรดซิทริกที่ทำให้เคลือบฟันละลายได้จะมีค่าพีเอชตั้งแต่ 2.3 ถึง 6.3 ผู้ที่ตีเครื่องตีผสมกรดซิทริกเป็นประจำ อาจมีความเสี่ยงที่จะเกิดฟันกร่อนได้สูงกว่าผู้ที่ไม่ตีหรือตีเป็นครั้งคราว อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ เป็นการทดลองในหลอดทดลอง (in vitro) โดยให้เครื่องตีสัมผัสกับผงอะพาไทต์สังเคราะห์โดยตรง จึงแตกต่างกับการสัมผัสฟันในช่องปากขณะรับประทานจริง เนื่องจากมีปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมในช่องปากที่มีอิทธิพลเข้ามาเกี่ยวข้องมากมาย เช่น ความหนาของคราบจุลินทรีย์ซึ่งดูดซับกรดไว้ทำให้กรดสัมผัสฟันได้มากขึ้น อัตราการไหลของน้ำลายซึ่งจะช่วยลดปริมาณกรดที่ตกค้างในช่องปาก ความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ของน้ำลายซึ่งจะช่วยสะเทินกรดจากเครื่องตี นอกจากนี้ บริโภคนิสัยที่แตกต่างกันในแต่ละคนอาจช่วยส่งเสริมให้เครื่องตีมีฤทธิ์กัดกร่อนได้ดีขึ้น เช่น การตีจากแก้วหรือขวดแทนการใช้หลอดดูด การจิบครั้งละเล็กน้อยแทนการตีครั้งละมากๆ หรือการอมเครื่องตีไว้ในปากครู่หนึ่งก่อนกลืน เป็นต้น<sup>12</sup>

เครื่องตีที่มีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์สูง แสดงว่า มีความคงตัวสามารถรักษาความเป็นกรดได้นาน การจะทำให้กรดหมดฤทธิ์ต้องใช้เวลานานเป็นจำนวนมาก กรดจึงมีเวลาสัมผัสผิวฟันได้นาน เครื่องตีเหล่านี้จึงมักจะมีฤทธิ์กัดกร่อนสูงด้วย ดังเห็นได้ว่า เครื่องตีชนิดที่ 2 ซึ่งมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์สูงสุด สามารถละลายฟอสเฟตออก

จากผงอะพาไทต์สังเคราะห์ได้สูงถึง  $3,460.22 \pm 67.77$  ไมโครกรัม/มิลลิเมตร ในขณะที่เครื่องตีชนิดที่ 3 ซึ่งมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ต่ำสุด สามารถละลาย ฟอสเฟตออกจากผงอะพาไทต์สังเคราะห์ได้เพียง  $774.96 \pm 12.42$  ไมโครกรัม/มิลลิเมตร ผลการทดลองครั้งนี้ ได้สนับสนุนผลการทดลองเป็นจำนวนมาก<sup>13-16</sup> ที่แสดงให้เห็นว่า เครื่องตีที่มีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์สูง จะมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนได้มากกว่าเครื่องตีที่มีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ต่ำ และความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ใช้เป็นตัวชี้วัดความสามารถในการกัดกร่อนของเครื่องตีที่ดีกว่าค่าความเป็นกรดต่าง<sup>17</sup>

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทดลองละลายถั่วเหลืองผงในน้ำ 100 มิลลิเมตร พบว่า ผงถั่วเหลืองที่สามารถละลายได้ในน้ำจำนวนดังกล่าว ได้สูงสุด คือ 20 กรัม จึงเตรียมนมถั่วเหลืองความเข้มข้นร้อยละ 20 และนำมาใช้ผสมในเครื่องตีตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบต่อไป แต่จากผลการศึกษาของ Syed และ Chadwick<sup>10</sup> ซึ่งทดลองเติมนมวัวชนิดยูเอชที (UHT milk) ลงในเครื่องตีที่มีความสามารถในการกัดกร่อน ได้แก่ น้ำอัดลมชนิดต่างๆ และเครื่องตีรสส้มโดยใช้นมวัว 6.25 มิลลิเมตร ผสมกับเครื่องตี 25 มิลลิเมตร ซึ่งจะทำให้เครื่องตีนั้นมีสัดส่วนของนมวัว ร้อยละ 20 เมื่อนำไปวัดพีเอช และความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ พบว่าเครื่องตีผสมนมวัว มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้น และมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) เมื่อทำการทดสอบความสามารถในการกัดกร่อน โดยวัดจากความแข็งผิว (surface hardness) ของฟัน และความลึกของการสูญเสียผิวฟัน (deft loss of tooth surface) พบว่า เครื่องตีผสมนมวัวทำให้ผิวฟันมีความแข็งเพิ่มขึ้น และมีความลึกของการสูญเสียเนื้อฟันลดลง ซึ่งเชื่อว่าน่า จะเกิดจากปริมาณแคลเซียมในนมวัวช่วยในการเสริมแร่ธาตุคืนกลับ (remineralization) ให้แก่ผิว

ฟัน อย่างไรก็ตาม แม้การเปลี่ยนแปลงนี้ เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย จนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครื่องต็มที่ไม่เติมนมวัว แต่ก็จัดเป็นแนวทางใหม่ในการปรับลดความสามารถในการกัดกร่อนของเครื่องต็ม

เนื่องจากนมวัว 100 กรัม จะมีปริมาณแคลเซียม 122 มิลลิกรัม เมื่อนำไปผสมลงในเครื่องต็มให้มีสัดส่วนร้อยละ 20 จะทำให้เครื่องต็มมีความเข้มข้นของแคลเซียม คิดเป็นร้อยละ 24.4 แต่ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทดลองดัดแปลงมาใช้นมถั่วเหลืองแทนนมวัว และถั่วเหลืองผง 100 กรัม มีปริมาณแคลเซียม 245 มิลลิกรัม<sup>18</sup> ดังนั้น ถั่วเหลืองผง 20 กรัมในน้ำ 100 มิลลิตร จะได้นมถั่วเหลืองที่มีปริมาณแคลเซียมเพียง 49 มิลลิกรัม การผสมนมถั่วเหลืองลงในเครื่องต็มเพื่อให้ความเข้มข้นของแคลเซียมเท่ากับในเครื่องต็มผสมนมวัว ต้องทำให้เครื่องต็มมีสัดส่วนของนมถั่วเหลือง สูงถึงร้อยละ 50 ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงมาก อาจส่งผลให้รสชาติของเครื่องต็มเปลี่ยนไป การศึกษาครั้งนี้ จึงทดลองเติมนมถั่วเหลืองให้มีสัดส่วนลดลง โดยเริ่มจากร้อยละ 50, 40, 30, 20, 10, 5 และ 3 ตามลำดับ เพื่อเลือกความเข้มข้นของนมถั่วเหลืองที่ต่ำที่สุดที่ยังลดความสามารถในการกัดกร่อน ของเครื่องต็มที่ศึกษาได้ โดยมีผลกระทบต่อรสชาติและสารประกอบหลักของเครื่องต็มน้อยที่สุด

จากการวัด พีเอช หลังเติมนมถั่วเหลือง พบว่า เครื่องต็มชนิดที่ 1, 2 และ 5 การปรับเครื่องต็มให้มีสัดส่วนของนมถั่วเหลืองลดลงมาจนถึงร้อยละ 5 ก็ยังสามารถทำให้พีเอชเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แต่สำหรับเครื่องต็มชนิดที่ 3 และ 4 การเติมนมถั่วเหลืองทำให้เครื่องต็มมีพีเอชเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เฉพาะเมื่อสัดส่วนของนมถั่วเหลืองลดลงมาจนถึงร้อยละ 20 เท่านั้น ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากค่าพีเอชก่อนเติมนมถั่วเหลืองของเครื่องต็มชนิดที่ 1, 2 และ 5 ก่อนข้างต่ำ

มาก การทำให้พีเอชเพิ่มขึ้นจึงเกิดขึ้นช้า ในขณะที่เครื่องต็มชนิดที่ 3 และ 4 ค่าพีเอชก่อนเติมนมถั่วเหลืองค่อนข้างสูงอยู่แล้ว การเติมนมถั่วเหลืองเพียงร้อยละ 20 ค่าพีเอชก็ไม่เพิ่มขึ้นต่อไปอีก อย่างไรก็ตาม การปรับเครื่องต็มทุกชนิดให้มีสัดส่วนของนมถั่วเหลืองลดลงมาจนถึงร้อยละ 3 ไม่สามารถทำให้พีเอชเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในด้านความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ และความสามารถในการกัดกร่อน ก็พบว่า การปรับเครื่องต็มให้มีสัดส่วนของนมถั่วเหลืองลดลงมาจนถึงร้อยละ 20 ก็ยังสามารถทำให้ความเป็นบัฟเฟอร์ลดลง และความสามารถในการกัดกร่อนของเครื่องต็มทุกชนิดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จึงเป็นไปได้ว่า น่าจะมีปัจจัยอื่นในนมถั่วเหลืองนอกเหนือจากปริมาณแคลเซียม ที่ช่วยลดความสามารถในการกัดกร่อนได้ แร่ธาตุชนิดหนึ่งในนมถั่วเหลืองที่น่าสนใจ คือ เหล็ก เนื่องจากถั่วเหลืองผง มีความเข้มข้นของเหล็ก 10 มิลลิกรัม/100 กรัม มากกว่านมวัวถึง 100 เท่า (0.1 มิลลิกรัม/100 กรัม)<sup>18</sup> และจากการศึกษาของ Torell<sup>19</sup> พบว่า เหล็ก สามารถจับกับฟอสเฟต เกิดเป็นเฟอร์ริก ฟอสเฟต (Ferric phosphate) ตกตะกอนอยู่บนเคลือบฟัน ช่วยต่อต้านการสลายแร่ธาตุ นอกจากนี้ การศึกษาของ Kato และคณะ<sup>9</sup> ก็แสดงให้เห็นว่า การเติมเหล็กลงในเครื่องต็มอัดลม (carbonated beverage) ทำให้ความสามารถในการกัดกร่อนซึ่งวัดจากปริมาณฟอสเฟตที่ละลายผงเคลือบฟัน (enamel powder) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังนั้น ปริมาณเหล็กในนมถั่วเหลืองอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยลดความสามารถในการละลายผงอะพาไทท์สังเคราะห์ของเครื่องต็มผสมกรดซิตริกได้ด้วย

อย่างไรก็ตาม เมื่อลดสัดส่วนของนมถั่วเหลืองต่อไป ความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ และความสามารถในการกัดกร่อนลดลงน้อยมากจนไม่ปรากฏนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น สัดส่วนของนม

ถั่วเหลืองต่ำสุดที่สามารถลดการกัดกร่อนของเครื่องดื่มตัวอย่างเท่ากับร้อยละ 20

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ได้จากศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าการเติมนมถั่วเหลืองในเครื่องดื่มผสมกรดซิตริกให้มีสัดส่วนตั้งแต่ร้อยละ 20 ถึง 50 ช่วยลดความสามารถในการกัดกร่อนของเครื่องดื่มผสมกรดซิตริก 5 ชนิดที่ศึกษาได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการทดลองโดยใช้เครื่องดื่มในผงอะพาไทท์สังเคราะห์ซึ่งเป็นสารที่มีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนฟันแต่มีโครงสร้างที่ต่างจากฟัน เมื่อผสมเครื่องดื่มกับผงอะพาไทท์สังเคราะห์โดยตรง ความสามารถในการกัดกร่อนจึงเกิดขึ้นอย่างเต็มที่ แต่หากเป็นการบริโภคจริงๆ ปัจจัยต่างๆ ในช่องปาก

เช่น อัตราการไหล คุณสมบัติการเป็นบัฟเฟอร์ของน้ำลาย และระยะเวลาที่เครื่องดื่มสัมผัสผิวฟัน อาจทำให้เครื่องดื่มมีความสามารถในการกัดกร่อนลดลง ดังนั้น จึงอาจลดสัดส่วนของนมถั่วเหลืองน้อยกว่าผลการวิจัยครั้งนี้ได้ ซึ่งจะช่วยให้รสชาติของเครื่องดื่มเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

### คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณ นักวิทยาศาสตร์ประจำภาควิชาชีวเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในระหว่างทำการวิจัย งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านอุปกรณ์จากภาควิชาชีวเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### เอกสารอ้างอิง

1. Chemical preservation available from <http://www.fao.org/docrep/v5030e/V5030E0d.htm>
2. Hughes JA., West NX., Parker DM., van den Braak MH. and Addy M. Effects of pH and concentration of citric, malic and lactic acids on enamel, in vitro. J Dent. 2000; 28 : 147-52.
3. West NX., Hughes JA. and Addy M. The effect of pH on the erosion of dentine and enamel by dietary acids in vitro. J Oral Rehabil. 2001; 28 : 860-4.
4. Hannig C., Hamkens A., Becker K., Attin R. and Attin T. Erosive effects of different acids on bovine enamel: release of calcium and phosphate in vitro. Arch Oral Biol. 2005; 50 : 541-52.
5. พรศรี ปฏิมานุเกษม และ ยุทธนา ปัญญางาม. ความสามารถในการกัดกร่อนของอะพาไทท์สังเคราะห์ของเครื่องดื่มผสมกรดซิตริกที่มีจำหน่ายในประเทศไทย. ว.ทันต.สธ. 2553; 15 : 28-35.
6. Barbour ME., Parker DM., Allen GC. and Jandt KD. Human enamel dissolution in citric acid as a function of pH in the range 2.30 <or = pH <or = 6.30--a nanoindentation study. Eur J Oral Sci. 2003; 11 : 258-62.
7. Jensdottir T., Bardow A. and Holbrook P. Properties and modification of soft drinks in relation to their erosive potential in vitro. J Dent. 2005; 33 :

## เอกสารอ้างอิง

- 569-75.
8. Magalhães AC., Moraes SM., Rios D. and Buzalaf MA. Effect of ion supplementation of a commercial soft drink on tooth enamel erosion. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2009; 26 : 152-6.
  9. Kato MT., Maria AG., Vaz LGM., Italiani FM., Sales-Peres SHC. and Buzalaf MAR. Effect of iron supplementation on the erosive potential of carbonated or decarbonated beverage. *J Appl Oral Sci.* 2007; 15 : 61-4.
  10. Syed J. and Chadwick RG. A laboratory investigation of consumer addition of UHT milk to lessen the erosive potential of fizzy drinks. *Br Dent J.* 2009; 206 : E6.
  11. Larsen MJ. and Nyvad B. Enamel erosion by some soft drinks and orange juices relative to their pH, buffering effect and contents of calcium phosphate. *Caries Res.* 1999; 33(1) : 81-7.
  12. Grobler S.R., Jenkins G.N. and Kotze D. The effects of the composition and method of drinking of soft drinks on plaque pH. *Br Dent J.* 1985; 158(8) : 293-6.
  13. Lussi A., Jaeggi T. and Jaeggi-Scharer S. Prediction of the erosive potential of some beverages. *Caries Res.*1995; 29(5) : 349-54.
  14. Cairns AM., Watson M., Creanor SL. and Foye RH. The pH and titratable acidity of a range of diluting drinks and their potential effect on dental erosion. *J Dent.* 2002; 30(7-8) : 313-7.
  15. Phelan J. and Rees J. The erosive potential of herbal teas. *J Dent.* 2003; 31(4) : 241-6.
  16. ยุทธนา ปัญญางาม และ พรศรี ปฏิมาอนุเกษม. คุณสมบัติในการกัดกร่อนเคลือบฟันและปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำผลไม้ธรรมชาติชนิดพร้อมดื่มที่มีจำหน่ายในกรุงเทพมหานคร. *ว.ทันต.สธ.* 2551; 13 : 90-6.
  17. Jensdottir T., Bardow A. and Holbrook P. Properties and modification of soft drinks in relation to their erosive potential in vitro. *J Dent.* 2005; 33(7) : 569-75.
  18. คุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย กองโภชนาการ กรมอนามัย available from <http://nutrition.anamai.moph.go.th/FoodTable/Html/frame.html>
  19. Torell P. Iron and dental caries. *Swed Dent J.*1988; 12(3) : 113-24.



# Modification of Erosive Potential of Citric Acid Containing Drinks by Soy Milk

Pornsri Patimanukaseam\* *B.Sc. (Med.Tech), M.S. (Biochemistry)*  
Yuttana Punya-ngarm\* *DDS., MPH, Ph.D. (Public Health Nutrition)*

## Abstract

Previous studies revealed that citric acid containing drinks were erosive and a study showed that addition of cow's milk to erosive beverages was capable to lesson enamel dissolution because high calcium content in milk probably enhanced remineralization of enamel. Since soy milk, containing high amount of calcium, nutritious like cow's milk but more available and less expensive in Thailand, the objective of this study to demonstrate the effect of soy milk on the reduction of erosive potential of citric acid containing drinks available in Bangkok. The experiment was performed by collecting 5 citric acid containing drinks, 3 samples per each drink. Soy milk, prepared from 100% dried soy milk powder (20g in 100ml water), was added to obtain 3, 5, 10, 20, 30, 40, and 50% soy milk containing drinks. Before and after soy milk addition, pH was measured by pH electrode, buffer capacity was determined by titration with 0.1 M NaOH and erosive potential was calculated from the amount of phosphate dissolved after shaking 50 mg synthetic apatite in 5 ml citric acid containing drinks for 10 min. The differences between all variables were analyzed by Wilcoxon Signed Ranks test ( $p < 0.05$ ). The results showed that after addition of 20, 30, 40 and 50% of soy milk, the pH of all drinks significantly increased ( $p < 0.05$ ). The buffer capacity and the phosphate dissolution of all drinks significant decreased only at 20, 30, 40 and 50% of soy milk, ( $p < 0.05$ ). From these data, it was summarized that addition of 20% to 50% soy milk could lessen the erosive potential of citric acid containing drinks.

**Keywords :** *Citric acid containing drink, Erosion, Soy milk, Buffer capacity*

---

\*Department of Biochemistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University