การรักษาความคงตัวของความขุ่นในน้ำผลไม้จากพืชตระกูลส้ม

Cloud Stabilization in Citrus Juices

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทนำ

ถ้าพิจารณาน้ำผลไม้ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดโดยใช้ลักษณะปรากฏเป็นเกณฑ์ จะเห็นว่ามีทั้งน้ำผลไม้ชนิดใส และน้ำผลไม้ชนิดขุ่น น้ำผลไม้จากพืชตระกูลส้ม เช่น น้ำส้ม น้ำมะนาว น้ำเกรฟฟรุต (grape fruit) เป็นต้น นิยมดื่มกันในลักษณะของน้ำผลไม้ชนิดขุ่น ซึ่งความคงตัวของลักษณะความขุ่นดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่แสดงถึงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของน้ำผลไม้ประเภทนี้ ปัญหาสำคัญที่พบในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้จากพืชตระกูลส้ม ก็คือการสูญเสียลักษณะความขุ่นในน้ำผลไม้ ทำให้เกิดการแยกชั้นเป็นตะกอนและส่วนใสซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ การแก้ไขปัญหาดังกล่าวเป็นเรื่องที่ไม่ง่ายนัก ได้มีการพยายามคิดค้นวิธีแก้ปัญหาไว้หลายวิธีเป็นต้นว่า การบรรจุน้ำผลไม้ในภาชนะทึบแสงทำให้มองไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงภายใน วิธีนี้เป็นการแก้ไขปัญหาที่ปลายเหตุ อย่างไรก็ตามยังมีวิธีอื่นๆ ที่สามารถแก้ไขปัญหาการสูญเสียความขุ่นในน้ำผลไม้จากพืชตระกูลส้มที่ต้นเหตุโดยตรง ในบทความนี้จึงได้เรียบเรียงและสรุปวิธีการต่างๆ ที่มีผู้ศึกษาทดลองและนำเสนอไว้

ลักษณะเฉพาะของน้ำผลไม้จากพืชตระกูลส้ม

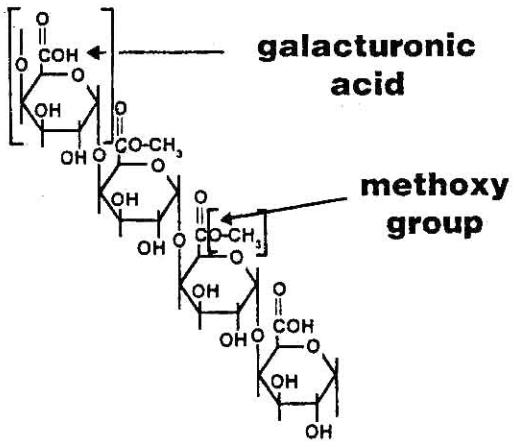
ลักษณะปรากฏที่สำคัญของน้ำผลไม้จากพืชตระกูลส้มโดยเฉพาะน้ำส้มได้แก่ ลักษณะความขุ่นที่คงตัว ความขุ่นในน้ำส้มเกิดจากการแขวนลอยของอนุภาคที่เป็นองค์ประกอบในผลส้มคือ ส่วนของผนังเซลล์ (cell wall fragment) อนุภาคไขมัน (oil droplet) โครแมทโทฟอร์ (chromatophore) และผลึกเฮสเพอริดีน (hesperidin crystal) อนุภาคเหล่านี้มีขนาดเล็กพอที่จะแขวนลอยอยู่ในน้ำส้มได้ ซึ่งโดยเฉลี่ยมีขนาด 0.05-100 ไมโครเมตร นิยมเรียกส่วนนี้ว่า "cloud" และเรียกส่วนของเหลวใส ในน้ำส้มว่า "serum" ส่วนของ cloud ในน้ำส้มจะประกอบด้วยไขมัน 25% โปรตีน 34% เพคติน 32% เซลลูโลส 2% เฮมิเซลลูโลส 1.5% และเถ้า 2% โดยน้ำหนักแห้ง ส่วนของเพคตินที่ละลายอยู่ในน้ำส้มนี้มีส่วนสำคัญที่จะช่วยรักษาความคงตัวของลักษณะความขุ่นของน้ำส้มด้วย (Crandal et al., 1983)

สาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียลักษณะความขุ่นในน้ำส้ม

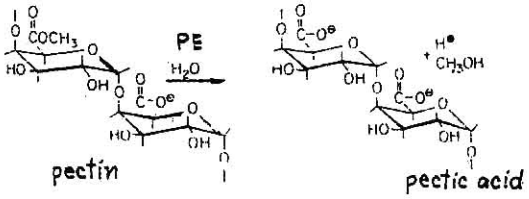
ถึงแม้ว่าอนุภาคความขุ่นในน้ำส้มที่สกัดได้ใหม่ๆ จะแยกออกได้ยากแต่ลักษณะความขุ่นดังกล่าวจะไม่เสถียร กล่าวคือถ้าไม่มีกระบวนการรักษาความคงตัวของความขุ่นไว้ อนุภาคของความขุ่นจะเกิดการแยกชั้นและตกตะกอนทำให้น้ำส้มสูญเสียลักษณะความขุ่นไป โดยมีสาเหตุสำคัญมาจากบทบาทของเอ็นไซม์ pectinesterase (PE) ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ที่มีอยู่ในผลส้มตามธรรมชาติ โดยมีชื่อเรียกหลายชื่อคือ pectinmethylesterase (PME) pectate-pectinmethoxylase pectase และ pectindemethoxylase เป็นต้น

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. "การรักษาความคงตัวของความขุ่นในน้ำผลไม้จากพืชตระกูลส้ม" *อาหาร* 25, 2 (เม.ย.-มิ.ย. 2538)

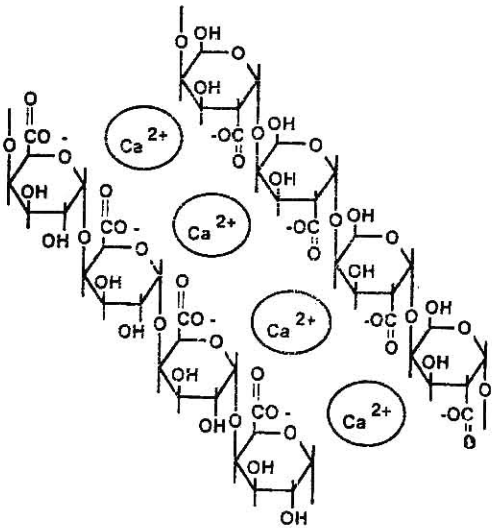
กลไกการทำงานของ PE จะเข้าทำปฏิกิริยากับเพคตินที่ละลายอยู่ในน้ำส้ม โดยไปดึงหมู่เมธิล ($-CH_3$) ทำให้เกิดหมู่คาร์บอกซิลอิสระ (-COOH) ในโมเลกุลของเพคตินมากขึ้น เกิดเป็นกรดเพคติน (pectic acid) หรือบางครั้งเรียกว่า "Low ester pectin" ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับไอออนบวกชนิดไดวาเลนต์ (divalent cation) ได้ดี ที่สำคัญได้แก่ แคลเซียมไอออน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมเพคเตทที่มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำและตกตะกอนอย่างรวดเร็ว มีผลทำให้ อนุภาคความขุ่นต่างๆ ไม่คงตัวแยกชั้นออกมา จึงทำให้น้ำส้มสูญเสียลักษณะความขุ่นไป



รูปที่ 1. โครงสร้างของเพคติน
ที่มา : Kimball, 1991



รูปที่ 2. การเร่งปฏิกิริยาดึงหมู่เมธิลจากเพคตินโดยเอ็นไซม์ PE
ที่มา : Whitaker, 1984



รูปที่ 3. โครงสร้างของแคลเซียมเพคเตทซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ PE
ที่มา : Kimball, 1991

การรักษาความคงตัวของความขุ่นในน้ำผลไม้จากพืชตระกูลส้ม

เนื่องจากสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียลักษณะความขุ่นในน้ำผลไม้จากพืชตระกูลส้มคือเอ็นไซม์ PE ดังนั้นวิธีแก้ปัญหาจึงมีหลักการอยู่ที่การทำลายหรือยับยั้งเอ็นไซม์ PE หรือการป้องกันไม่ให้เกิดแคลเซียมเพคเตทซึ่งได้มีการศึกษาทดลองและนำเสนอไว้ดังนี้

1. การใช้ความร้อน

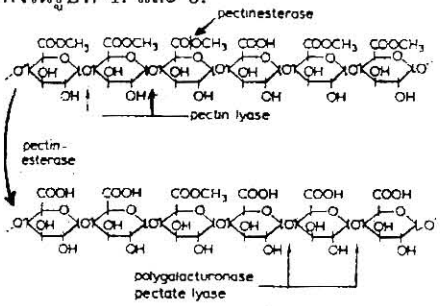
การใช้ความร้อนในการยับยั้งเอ็นไซม์ PE เป็นวิธีดั้งเดิมที่ใช้ในการรักษาความคงตัวของความขุ่นในน้ำส้ม และความร้อนที่ใช้ยังสามารถทำลายจุลินทรีย์ในน้ำส้มได้ด้วย อย่างไรก็ตามความร้อนจะทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นรสตามธรรมชาติของน้ำส้มไปได้จึงจำเป็นต้องเลือกสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสในน้ำส้ม Rothschild et al. (1975) ได้ทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการใช้ความร้อนในการ

ยับยั้งเอ็นไซม์ PE ในน้ำส้ม ทำให้ได้ข้อสังเกตหลายประการ กล่าวคือน้ำส้มที่มีความเป็นกรดสูง หรือมี pH ต่ำ การยับยั้งเอ็นไซม์ PE จะเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าน้ำส้มที่มี pH สูง ตัวอย่างเช่น น้ำส้มที่มี pH 2.8 สามารถยับยั้งเอ็นไซม์ PE ได้สมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 80°ซ. ในขณะที่น้ำส้มที่มี pH 3.6 การยับยั้งเอ็นไซม์ PE โดยสมบูรณ์จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 90°ซ. เมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเท่ากันคือ 45 วินาที สำหรับปริมาณของเอ็นไซม์ PE ที่แตกต่างกันในน้ำส้มนั้น พบว่าไม่มีผลต่ออุณหภูมิที่ต้องการในการยับยั้งเอ็นไซม์ PE นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำส้มที่มี pH ต่ำ เมื่อใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนนานขึ้น จะสามารถใช้อุณหภูมิที่ต่ำลงในการยับยั้งเอ็นไซม์ PE ในทางตรงกันข้าม น้ำส้มที่มี pH สูงไม่ว่าจะใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนยาวนานเท่าไรก็ยังคงต้องการอุณหภูมิสูงในการยับยั้งเอ็นไซม์ PE

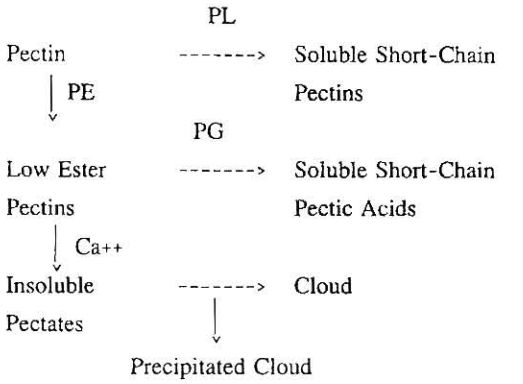
ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ความร้อนในการยับยั้งเอ็นไซม์ PE ในน้ำส้มนั้น อุณหภูมิที่ใช้จะขึ้นอยู่กับ pH ของน้ำส้ม สำหรับน้ำส้มที่มี pH 2.8-3.1 พบว่า เอ็นไซม์ PE จะถูกยับยั้งลงอย่างมากที่อุณหภูมิระหว่าง 49-70°ซ. และ 83-93°ซ. แต่เอ็นไซม์เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงอุณหภูมิ 71-82°ซ. จากข้อมูลดังกล่าวทำให้สามารถเลือกใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการพาสเจอไรซ์น้ำส้ม ซึ่งปัจจุบันนิยมพาสเจอไรซ์น้ำส้มในช่วงอุณหภูมิ 88-93°ซ. เป็นเวลา 40 วินาที เพื่อให้มีผลต่อการยับยั้งเอ็นไซม์ PE สูงสุด และมีผลต่อกลิ่นรสตามธรรมชาติของน้ำส้มน้อยที่สุด

2. การใช้เอ็นไซม์เพคติเนส (pectinases)

การใช้เอ็นไซม์ในการป้องกันการสูญเสียลักษณะความขุ่นในน้ำส้มนั้นจำเป็นต้องทราบถึงชนิดและกลไกการทำงานของเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงในน้ำส้ม เอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงความขุ่นในน้ำส้มได้แก่กลุ่มของเอ็นไซม์เพคติเนส 3 ชนิด คือ pectinesterase (PE) pectin lyase (PL) และ polygalacturonase (PG) โดยที่ PE จะเร่งปฏิกิริยาการดึงหมู่เมธิลออกจากโมเลกุลของเพคติน ทำให้เกิดกรดเพคติกขึ้นดังกล่าวมาแล้วข้างต้น PL จะเร่งปฏิกิริยาการตัดพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bond) ในโมเลกุลของเพคตินทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เป็นเพคตินสายสั้นๆ ที่ละลายน้ำได้ (soluble short-chain pectin) และ PG จะเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายพันธะไกลโคซิดิกในโมเลกุลของกรดเพคติกได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดเพคติกสายสั้นๆ ที่ละลายน้ำได้ (soluble short-chain pectic acid) และ/หรือกรดโอลิโกกาแลคทิวโรนิค (oligogalacturonic) ดังแสดงในรูปที่ 4. และ 5.



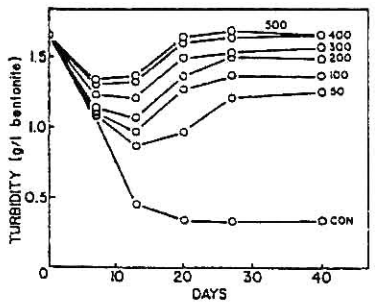
รูปที่ 4. การเร่งปฏิกิริยาของเอ็นไซม์เพคติเนสชนิดต่างๆ
ที่มา : Pilaik และ Rombouts, 1981



รูปที่ 5. แผนภาพสรุปทฤษฎีเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะความขุ่นในน้ำส้มโดยเอ็นไซม์เพคติเนส
ที่มา : Crandall et al., 1983

จากรูปที่ 5. จะเห็นว่าการรักษาความคงตัวของความขุ่นในน้ำส้มสามารถเกิดขึ้นได้ถ้ามีการสลายโมเลกุลของเพคตินให้เล็กลงโดยเอ็นไซม์ PL ก่อนที่จะเกิดกรดเพคติก (low ester pectins) หรือถ้าเกิดกรดเพคติก ขึ้นแล้วก็สามารถย่อยสลายโมเลกุลของกรดเพคติกให้เล็กลงโดยเอ็นไซม์ PG ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นทั้งสองกรณีจะเป็นโมเลกุลขนาดเล็กเกินกว่าที่จะตกตะกอนลงมาได้ อย่างไรก็ตามถ้าเกิดปฏิกิริยาโดยเอ็นไซม์ PE แล้ว แคลเซียมเพคเตทที่เกิดขึ้นนอกจากจะตกตะกอนแล้วยังสามารถเหนี่ยวนำให้อนุภาคความขุ่นอื่นๆ รวมตัวตกตะกอนลงมาได้ด้วย

Baker และ Bruemmer (1972) ได้ทดลองใช้เอ็นไซม์ Klerzyme ซึ่งเป็นเอ็นไซม์-เพคติเนสทางการค้าในการรักษาความคงตัวของความขุ่นในน้ำส้ม โดยใช้ความเข้มข้นของเอ็นไซม์ระหว่าง 50-500 ppm พบว่าน้ำส้มมีการสูญเสียลักษณะความขุ่นอย่างช้า ๆ ใน ช่วงสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา แต่การสูญเสียลักษณะความขุ่นดังกล่าวจะเกิดขึ้นเพียงชั่วคราวเท่านั้น หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน ความขุ่นในน้ำส้มจะก่อตัวขึ้นอีกครั้งในระดับความขุ่นที่เท่ากับน้ำส้มเริ่มต้น ดังแสดงในรูปที่ 6. ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความขุ่นในน้ำส้มนี้ เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ Klerzyme นั่นเอง



รูปที่ 6. ผลของเอ็นไซม์ Klerzyme ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็น ppm ต่อความขุ่นของน้ำส้มที่อุณหภูมิ 4° ซ.
ที่มา : Baker and Bruemmer, 1972

นอกจากนี้ยังพบว่าเอ็นไซม์เพคติเนสที่มีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวของความขุ่นในน้ำส้มได้ดีจะต้องมีแอคติวิตีของ PG สูง และมีแอคติวิตีของ PE ต่ำ

3. การใช้ตัวยับยั้ง (enzyme inhibiter) เอ็นไซม์ PE

การใช้ตัวยับยั้งเอ็นไซม์ PE ในการรักษาความคงตัวของความขุ่นในน้ำส้มเป็นวิธีที่ค่อนข้างใหม่ ซึ่งมีการพยายามคิดค้นขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาการสูญเสียกลิ่นรสในน้ำส้มเนื่องจากการใช้ความร้อน ในความเป็นจริงแล้วเอ็นไซม์ PE ในน้ำส้มสามารถถูกยับยั้งได้ดีโดยผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาซึ่งได้แก่กรดเพคติก แต่ก็ไม่สามารถใช้กรดเพคติกเป็นตัวยับยั้งเอ็นไซม์ PE ในน้ำส้มได้ เนื่องจากจะทำให้เกิดแคลเซี่ยมเพคเตท มีผลทำให้น้ำส้มสูญเสียลักษณะความขุ่นดังกล่าวมาแล้ว

Castaldo et al. (1991) ได้ทดลองใช้ตัวยับยั้งเอ็นไซม์ PE ที่สกัดได้จากผลกีวี ซึ่งเป็นสารประกอบประเภทไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ในการรักษาความคงตัวของความขุ่นในน้ำส้ม พบว่าสามารถป้องกันการสูญเสียความขุ่นของน้ำส้มได้ดีเทียบเท่ากับการพาสเจอไรซ์ โดยไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความขุ่นในน้ำส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5° ซ. เป็นเวลา 240 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำส้มที่มีการเติมตัวยับยั้งเอ็นไซม์จากผลกีวีดังกล่าวจะทำให้สามารถใช้อุณหภูมิต่ำลงในการพาสเจอไรซ์น้ำส้มได้ โดยให้ผลในด้านกลิ่นรสของน้ำส้มดีขึ้นเนื่องจากใช้ความร้อนน้อยลงนั่นเอง

นอกจากที่กล่าวมาทั้ง 3 วิธีข้างต้น ยังมีการทดลองใช้วิธีอื่นๆ ในการรักษาความคงตัวของความขุ่นในน้ำส้ม แต่ให้ผลยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ตัวอย่างเช่น การใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด(supercritical carbondioxide) ในการยับยั้งเอ็นไซม์ PE คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เหลวที่มีความดันและอุณหภูมิ

สูงกว่าความดันและอุณหภูมิวิกฤต การอัดคาร์-บอนไดออกไซด์เหลวภายใต้ความดันสูงให้ละลายในน้ำส้มจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก (carbonic acid) ซึ่งทำให้ค่า pH ของน้ำส้มลดลง เอ็นไซม์ PE จึงถูกยับยั้งได้ อย่างไรก็ตามเมื่อระบบกลับสู่ความดันบรรยากาศ pH ของน้ำส้มจะกลับสู่ pH เริ่มต้นด้วย พบว่าแอคติวิตีของ PE จะกลับคืนมาอย่างช้าๆ ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งมีผลทำให้ความขุ่นของน้ำส้มสูญเสียไป (Arreola et al., 1991)

การเติมสารที่ทำให้เกิดความขุ่น (clouding agent) ในน้ำส้มก็เป็นวิธีหนึ่งในการรักษาความคงตัวของน้ำส้มได้ โดยสารที่ทำให้เกิดความขุ่นนั้นเตรียมได้จากเปลือกส้ม ผ่านขั้นตอนการสกัดและทำให้บริสุทธิ์ที่ค่อนข้างยุ่งยาก สามารถใช้เติมในน้ำผลไม้ที่ต้องการให้เกิดความขุ่นที่คงตัวได้ (Crandall et al., 1983)

จากรูปที่ 5. จะสังเกตเห็นว่าถ้าสามารถกำจัดไอออนบวกชนิดไดวาเลนต์ โดยเฉพาะแคลเซียม-ไอออนที่มีอยู่ในน้ำส้มได้ ก็จะสามารถป้องกันการสูญเสียความขุ่นได้เนื่องจากไม่ทำให้เกิดการตกตะกอนของแคลเซียมเพคเตท แต่สารที่มีสมบัติในการกำจัดไอออนดังกล่าวได้แก่ แอมโมเนียมออกซาเลต (ammonium oxalate) และเฮกซะเมตาฟอสเฟต (hexametaphosphate) นั้นไม่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร วิธีนี้จึงไม่สามารถใช้ได้ในทางปฏิบัติ (Crandall et al., 1983)

บทสรุป

การสูญเสียลักษณะความขุ่นในน้ำส้มมีสาเหตุสำคัญมาจากปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ pectinesterase (PE) ซึ่งไปดึงหมู่เมธิล (CH_3) ออกจากโมเลกุลของเพคตินทำให้เกิดกรดเพคติกที่สามารถรวมตัวกับแคลเซียมไอออนได้ดีเกิดเป็นแคลเซียมเพคเตทที่ไม่ละลายน้ำ และตกตะกอนแยกชั้นออกมาทำให้น้ำส้มมีลักษณะใส สำหรับการรักษาความคงตัวของความขุ่นในน้ำส้มนั้นทำได้หลายวิธี กล่าวคือ การใช้ความร้อนในการยับยั้งเอ็นไซม์ PE วิธีนี้มีข้อดีคือ ความร้อนที่ใช้นอกจากจะยับยั้งเอ็นไซม์ PE แล้วยังสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ด้วย นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัด แต่มีข้อเสียคือความร้อนอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของน้ำส้มได้ การใช้เอ็นไซม์เพคติเนสที่มีแอคติวิตีของ polygalacturonase (PG) สูงและมี PE ต่ำเติมลงในน้ำส้มก็เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ได้ผลดี และเป็นวิธีที่ง่ายสะดวกในทางปฏิบัติ ไม่ต้องใช้ความร้อนสูงจึงไม่มีผลต่อการสูญเสียกลิ่นรสของน้ำส้ม อย่างไรก็ตามเอ็นไซม์มีราคาแพง และถ้าใช้ในปริมาณมากอาจทำให้เกิดกลิ่นรสแปลกปลอมในน้ำส้มได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ตัวยับยั้งเอ็นไซม์ PE ซึ่งเป็นไกลโคโปรตีนที่สกัดจากผลกีวี เติมลงในน้ำส้มเพื่อป้องกันการสูญเสียความขุ่นในน้ำส้มได้ แต่อาจมีข้อเสียคือขั้นตอนและวิธีการสกัดและทำให้บริสุทธิ์ของตัวยับยั้งเอ็นไซม์ PE ดังกล่าวค่อนข้างยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นเพื่อให้การรักษาความคงตัวของความขุ่นในน้ำส้มได้ผลดีที่สุดจึงอาจใช้หลายๆ วิธีร่วมกัน โดยต้องคำนึงถึงปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำส้มด้วย

บรรณานุกรม

Arreola, A.G. , Balaban, M.O. , Cornell, J., Marshall, M. , Peplow, A. and Wei, C.I. 1991.Inactivity of pectinesterase in orange juice by supercritical carbon dioxide. J. Food Sci. 56(3): 743-750.

Arreola, A.G. , Balaban, M.O., Cornell, J., Marshall, M. , Peplow, A. and Wei, C. I. 1991. Supercritical carbon dioxide effects on some quality attributes of single strength orange juice. J. Food Sci. 56(4) : 1030-1033.

Baker, R.A. and Bruemmer, J.H. 1972. Pectinase stabilization of orange juice cloud. J Agri. Food Chem. 20(6) : 1169-1172.

Castaldo, D. , Lovoi, A. , Quagliuolo, L. , Servillo, L. , Balestrieri, C. and Giovane, A. 1991. Orange juices and concentrates stabilization by a proteic inhibitor of pectin methylesterase, J. Food Sci. 56(6): 1632-1634.

Crandall, P.G. , Mathews, R.F. and Baker, R.A. 1983. Citrus beverage clouding agentes. Food Technol. 37(12) : 106-109.

Kimball, D.A. 1991. Citrus processing quality control and technology. Van Nostrand Reinhold Company, Inc., New York. 370 p.

Pilnik, W. and Rombouts F. M. 1981. Pectic Enzymes.. *In* : Enzymes and food processing. (Birch, G.G., Blake brouch, N. and Parker, K.J. ,eds.) Applied Science Publishers, London. 206 p.

Rothschild, G., Van- Vliet, C. and Karsenty, A. 1975. Pasteurization conditions for juices and comminuted products of Israeli citrus fruit. J. Food Technol. 10 : 29-37.

Whitaker, J. R. 1984. Pectic substances, pectic enzymes and haze formation in fruit juices. Enzyme Microb. Technol. 6(8) : 341-349.