

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ขนุน

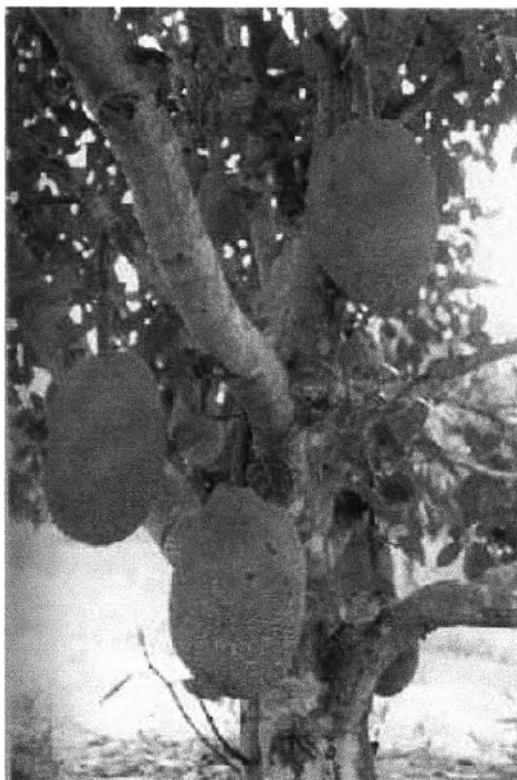
ขนุน (jackfruit) เป็นพืชในวงศ์ Moraceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Artocarpus heterophyllus* Lamk. มีชื่อพ้องว่า *Artocarpus integrifolia* Lamk. มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางอินเดียตอนใต้ ปลูกกันมากในประเทศ อินเดีย ศรีลังกา มาเลเซีย อินโดนีเซีย และไทย (พานิชย์ ยศปัญญา, 2536)

ในประเทศไทย พื้นที่ปลูกขนุนกระจายอยู่ทั่วทุกภาค จังหวัดที่ปลูกขนุนมากที่สุด 3 จังหวัดแรก คือ จังหวัดชลบุรี นครราชสีมา และ กาญจนบุรี (กรมส่งเสริมการเกษตร, ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร, 2541)

ลักษณะทั่วไปของขนุน

ขนุนมีขนาดของผลใหญ่ที่สุดในโลก เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ด้วยกัน ทรงพุ่มสวยงามทนต่อความแห้งแล้งได้ดี เป็นไม้ที่ไม่ผลัดใบ การออกดอกติดผลมักพบตามลำต้นและกิ่งใหญ่ เริ่มติดผลหลังปลูก 3-5 ปี (กรณีการขยายพันธุ์ด้วยการทาบกิ่ง ติดตา และเสียบยอด ส่วนการเพาะเมล็ดนั้นอาจจะต้องใช้เวลามากกว่านี้) ลักษณะต้นขนุนแสดงในภาพที่ 2.1

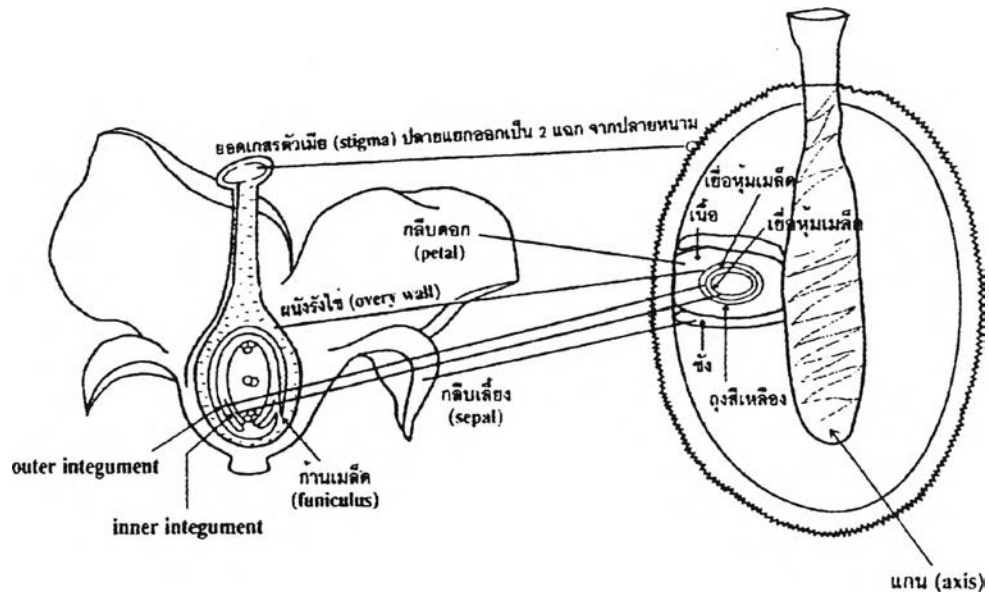
ดอกขนุนเป็นแบบดอกตัวผู้และตัวเมียแยกจากกันคนละดอก แต่อยู่บนต้นเดียวกัน การออกดอกจะออกเป็นจำนวนมาก ช่วงขนุนออกดอกมากอยู่ระหว่างเดือน ธ.ค.- ม.ค. และ เม.ย.- พ.ค. สองช่วงนี้เดือน ธ.ค.- ม.ค. จะมีดอกมากกว่า ซึ่งดอกชุดนี้จะมีผลผลิตเก็บได้ที่เรียกว่าขนุนปี ดอกตัวผู้เรียกว่าสา เพราะมีกลิ่นคล้ายสาเห็ด จะร่วงหล่นไปในเวลาต่อมา ส่วนดอกตัวเมียมีสีเขียว ขนาดใหญ่กว่าดอกตัวผู้ เกิดบนลำต้นหรือบริเวณโคนต้น มีลักษณะคล้ายหนามเป็นกระจุก (กรณีได้รับการผสมแล้ว) แต่ละดอกมีรังไข่เดียว ดอกตัวเมียเมื่อได้รับการผสมแล้วจะเติบโตเป็นผลแก่ภายใน 8 เดือน



ภาพที่ 2.1 ต้นขนุน

ที่มา : สุพจน์ ตั้งจตุพร (มปป.)

ผลขนุนเป็นผลรวม (multiple หรือ collective fruit) มีรูปร่างแตกต่างกันออกไป แต่ส่วนใหญ่ยาวรี เปลือกนอกเต็มไปด้วยหนามสั้น ขณะผลยังอ่อนหนามจะถี่ เปลือกสีเขียวอ่อน เมื่อแก่หนามจะหายบกระด้าง เปลือกสีเหลืองและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ภายในของผลขนุนแบ่งเป็นช่องเล็กๆ จำนวนมาก แต่ละช่องมีเมล็ดที่ถูกหุ้มด้วยถุงที่อูมน้ำซึ่งเปลี่ยนแปลงมาจากถุงหุ้มรังไข่ ส่วนยวงเกิดจากการผสมอยู่นอกถุงนี้ออกมาอีกชั้นหนึ่ง ส่วนที่ไม่ได้รับการผสมจะกลายเป็นชัง (ภาพที่ 2.2) ยวงขนุนมีตั้งแต่สีเหลืองอ่อนไปจนถึงเหลืองเข้มและจำปาอ่อนไปจนถึงจำปาเข้ม คุณภาพของเนื้อมีทั้งนิ่มเหนียว และแข็งกรอบ รสชาติหวาน บางครั้งหวานอมเปรี้ยว สำหรับกลิ่นอาจจะมีกลิ่นหอมหรือฉุน เมล็ดพบตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ แล้วแต่ลักษณะของสายพันธุ์ (วารสารเคหะการเกษตร, ฝ่ายข้อมูล, 2532; พานิชย์ ยศปัญญา, 2536)



ภาพที่ 2.2 ดอกขนุนที่พัฒนาไปเป็นผล

ที่มา : สุพจน์ ตั้งจิตพร (มปป.)

การขยายพันธุ์

การขยายพันธุ์ขนุนทำได้หลายวิธี เช่น การเพาะเมล็ด การตอน ทาบกิ่ง การติดตาและเปลี่ยนยอด แต่วิธีที่เป็นที่นิยมและปฏิบัติกันทั่วไป คือ การทาบกิ่งและการติดตา เพราะวิธีดังกล่าวทำได้ง่ายและได้ต้นพืชที่มีลักษณะตรงตามพันธุ์ที่ต้องการ (ประสิทธิ์ ชูติชูเดช, 2538)

พันธุ์ขนุน

ขนุนที่ปลูกกันอยู่ในประเทศไทยอาจแบ่งตามลักษณะของยวงได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. **ขนุนละมุด** เป็นขนุนที่มีผลเล็ก ค่อนข้างกลม เวลาสุกยวงจะอ่อนนุ่ม เนื้อละเอียดเล็กน้อย รสหวานจัด มีกลิ่นฉุน ส่วนมากได้จากการกลายพันธุ์โดยใช้เมล็ดขนุนหนึ่งไปปลูก
2. **ขนุนหน้าง** เป็นขนุนที่นิยมปลูกกันทั่วไป มีผลขนาดใหญ่ เนื้อกรอบ ยวงโต รสหวาน ยวงของขนุนหน้างจะมีทั้งหนาและบาง มีสีแตกต่างกันไปตั้งแต่สีขาว สีเหลืองอ่อน สีเหลืองเข้ม สีจําปา ตามแต่ชนิดของสายพันธุ์ จากอดีตนั้นพันธุ์ขนุนที่นิยมปลูกกันมีเพียงไม่กี่พันธุ์ แต่ในระยะเวลาประมาณ 5-10 ปี มานี้มีพันธุ์ขนุนออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมากได้ถึง 70 พันธุ์ มีชื่อเรียก

แตกต่างกันออกไป เช่น พันธุ์ไพศาลทักษิณ ตาบ้วย ฟ้าถล่ม ทองสุคใจ มาเลย์ จำปากรอบ เหลืองบางเตย เจริญทอง ศรีบรรจง เป็นต้น

2.1 ขนุนพันธุ์มาเลย์ มีถิ่นกำเนิดจากประเทศมาเลเซีย ออกผลทะวาย หัวของผลมีขนาดใหญ่ แข็งแรง ผิวเปลือกสีน้ำตาลอมเขียว เมล็ดมีขนาดปานกลาง ติดผลเร็ว และสม่ำเสมอ ผลสุกแก่จะมียางน้อย น้ำหนักผลเฉลี่ย 10-20 กิโลกรัมต่อผล ยวงหนาสีเหลืองทอง

2.2 ขนุนพันธุ์จำปากรอบ เป็นขนุนที่มีถิ่นกำเนิดในจังหวัดปราจีนบุรี มีปลายใบแหลม เขียวเข้มเป็นมัน ทรงพุ่มเตี้ยกว่าพันธุ์อื่น การติดผลดก ผลมีขนาดใหญ่ปานกลาง น้ำหนักเฉลี่ย 15-18 กิโลกรัมต่อผล ยวงเป็นสีจำปา ไม่หนาแต่ก็ไม่บาง เนื้อกรอบหวานอร่อย (วารสารเคหะการเกษตร, ฝ่ายข้อมูล, 2532; พานิชย์ ยศปัญญา, 2536; สุพจน์ ตั้งจิตพร, มปป.)

การเก็บเกี่ยว (Harvesting)

การเก็บเกี่ยวใช้ดัชนีในการเก็บเกี่ยว (harvesting indices) ตรวจสอบความแก่ของผลผลิตต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลผลิตทางพืชสวน สามารถใช้วิธีการใหญ่ๆ ในการตรวจสอบได้ดังต่อไปนี้ (สุรพล มนัสเสรี, 2531)

1. สังเกตด้วยตา (visual means) การตรวจสอบโดยวิธีนี้ต้องอาศัยประสบการณ์ เป็นวิธีการที่ได้ผลแต่ไม่แน่นอนนัก เช่น การเปลี่ยนสี การเพิ่มขนาดของผล เป็นต้น
2. การใช้วิธีทางกายภาพ (physical means) ได้แก่การวัดปริมาณน้ำตาล การหาค่าของแป้ง ค่าของกรด โดยการชิมหรือใช้เครื่องมือวัด
3. การคำนวณ (computation) คือ การนับจำนวนวัน อาจนับตั้งแต่ดอกบานเต็มที่หรือประมาณ 50%ของทั้งต้น หรือนับตั้งแต่กลีบดอกโรย (ระยะเริ่มติดผล) จนถึงวันเก็บเกี่ยว
4. การใช้วิธีทางสรีรวิทยา (physiological Method) โดยการวัดการหายใจของพืช เป็นวิธีที่ได้ผลใกล้เคียงมาก โดยเฉพาะการวัดจะดูการเริ่มต้นสุกของพืชผล เพราะว่าพืชผลต่างๆ จะมีลักษณะการหายใจเป็นแบบอย่างที่แตกต่างกันแน่นอน

ไม่มีเกณฑ์หนึ่งเกณฑ์ใดที่ตีพอในการหาช่วงวันที่เก็บเกี่ยวที่ดีที่สุด เพราะว่าการแก่หรือสุกของผลขึ้นอยู่กับการผันแปรหลายประการ ดังนั้นจึงควรใช้ดัชนีการเก็บเกี่ยวอย่างน้อย 2 ประการด้วยกันในการกำหนดวันเก็บเกี่ยว (สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์, 2537)

การเก็บเกี่ยวเป็นเทคโนโลยีที่ผู้ปลูกขนุนควรให้ความสนใจเป็นพิเศษ เพราะถ้าส่วนนี้ทำได้ไม่ดีแล้วจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของขนุนด้วย บางกรณีเช่นพันธุ์ที่เมล็ดงอกในยวงเมื่อผลสุกคาต้น เจ้าของจะต้องเก็บก่อนที่ผลจะสุก การที่เมล็ดงอกในผลนั้นจะส่งผลให้รสชาติที่ได้เปลี่ยนไป การเก็บขนุนถ้าเก็บก่อนกำหนดที่ขนุนจะสุกแก่ ยวงหรือเนื้อขนุนที่ได้จะไม่มีคุณภาพ นับตั้งแต่สีของยวงอ่อนลงไป ความหวานด้อยลง (พานิชย์ ยศปัญญา, 2536)

ในการเก็บผลขนุน การพิจารณาดูว่าผลนั้นแก่เต็มที่หรือยังมีหลายวิธี (วารสารเคหะการเกษตร, ฝ่ายข้อมูล, 2532) ได้แก่

1. สังเกตจากตาดานาที่เจริญขยายห่างและมีสีคล้ำ
2. นับอายุของผลที่ผสมติดจนผลแก่
3. การใช้มีดกรีดดูที่ขั้วผล ถ้าผลแก่เต็มที่แล้วจะมียางไหลออกมาน้อยและยางมีลักษณะเหนียวใส
4. ใบเลี้ยงที่ติดกับขั้วผลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง
5. ใช้การตีตังเสียง ถ้าเสียงโปร่งแสดงว่าแก่
6. ขนุนจะเริ่มมีกลิ่นหอมนิดๆ

การเปลี่ยนแปลงของผลไม้ระหว่างกระบวนการสุก

การเจริญเติบโตของผลไม้ก่อนถึงระยะสุกเต็มที่ จะมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ซึ่งรวมอยู่ในกระบวนการสุก (ripening process) ผลไม้จะมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ (สุเมษ เกตุวราภรณ์, 2537)

1. การเพิ่มขนาดของผล หลังจากติดผลแล้ว การเจริญเติบโตของผลไม้โดยทั่วไปจะมีการเพิ่มขนาดทั้งในทางเส้นผ่าศูนย์กลางและทางด้านยาว
2. การเปลี่ยนสีของส่วนต่างๆของผล สีเปลือกของผล แบ่งออกเป็น 2 อย่างคือ สีพื้น (ground color) เป็นสีพื้นของผิวก่อนที่จะเกิดสีทับ (over color) สีพื้นโดยทั่วไปแล้ว จะมีสีเขียว นอกจากเปลือกผิวของผลจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อผลแก่แล้ว เนื้อของผลและเมล็ดก็จะเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน การที่ผลไม้มีสีต่างๆ กันนั้นจะเกี่ยวกับชนิดของเม็ดสี (pigment) ซึ่งมีอยู่ในเซลล์ของผล คลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll a) มีสี blue black คลอโรฟิลล์บี (มีสี greenish black) นอกจากนี้มีเม็ดสี แคโรทีนอยด์ (carotenoids) ซึ่งมีสีเหลืองซีดจนถึงสีแดงสดประกอบด้วยสาร

หลายชนิด จากนี้จะพบเม็ดสีอยู่ในเซลล์แซฟ เช่น แอนโทไซยานิน (anthocyanins) ซึ่งมีสีแดง น้ำเงิน และม่วง แอนโทแซนทิน (anthoxanthins) ซึ่งมีสีเหลือง สารเหล่านี้จะเกิดขึ้นเมื่อผลแก่ขึ้น จึงทำให้ผลไม่มีสีต่างๆ นอกจากนี้สีของผลไม้จะเป็นผลที่เกิดจากอุณหภูมิและแสงแดดด้วย

3. การอ่อนตัวของผล (softening) เมื่อผลไม้ยังไม่แก่ผลจะแข็งตัวมาก เมื่อแก่เข้าจะค่อยๆอ่อนตัวลง ทั้งนี้เพราะมิดเดิล ลามลลา (middle lamella) ซึ่งอยู่ในผนังเซลล์เปลี่ยนแปลงและสลายตัวไป ทำให้เซลล์แต่ละเซลล์หลุดออกจากกัน

4. การเกิดนวล (bloom) ไม้ผลบางชนิดจะขับสารบางอย่างออกมา อาจเป็นพวกขี้ผึ้ง เกาะอยู่ตามผิวของผลไม้เมื่อใกล้แก่

5. จำนวนแป้งในผลลดลง เมื่อผลติดใหม่ๆ อาหารที่ส่งไปจากใบซึ่งปกติจะอยู่ในรูปของสารละลายน้ำตาล เมื่อถึงผลจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแป้งสะสมอยู่ พอแก่ขึ้นแป้งจะค่อยๆเปลี่ยนเป็นน้ำตาลมากขึ้นเรื่อยๆ

6. ความถ่วงจำเพาะของผลเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะผลจะสะสมอาหารต่างๆ เพิ่มขึ้น

7. สารบางอย่าง เช่น กรดแทนนิก จะลดลงเมื่อผลแก่ ทำให้ผลสุกมีรสฝาดน้อยลง

Selvaraj และ Pal (1989) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของขนุนสุก 4 ระดับ ได้แก่ ขนุนที่เก็บเกี่ยวเมื่อแก่จัด บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0 2 4 และ 8 วัน พบว่า แป้ง แทนนิน กรดอะมิโนที่ละลายได้ ฟอสโฟลิปิด และกรดไขมันอิสระลดลงเมื่อสุก น้ำตาลซูโครส กลูโคส อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลและกรด อัตราส่วนระหว่างกรดซิตริกและมาลิก ไขมันทั้งหมด กรดไขมันอิสระทั้งหมด เพิ่มขึ้นระหว่างกระบวนการสุก รูปแบบการหายใจของยวงขนุนที่มีเมล็ดเป็นแบบ climacteric ripe ขณะสุก เริ่มมีการสร้างกลิ่นหอมพร้อมๆ กับการหายใจที่สูงขึ้น และจะมีการผลิตกลิ่นหอมสูงสุดในช่วง post-climacteric และการหายใจลดลง

Rahman และคณะ (1995) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์ระหว่างกระบวนการสุกของขนุน 2 ชนิด คือ ชนิดแข็งเป็นขนุนที่ยังคงความแข็งเมื่อสุก และชนิดนิ่มซึ่งยวงจะนิ่มเมื่อสุก โดยศึกษาในผลที่ยังไม่แก่และเมื่อสุก พบว่า องค์ประกอบแห้งของส่วนที่บริโภคได้ของยวงเพิ่มขึ้นเมื่อสุก ยวงของผลที่ยังไม่แก่มีองค์ประกอบของผนังเซลล์อยู่ในปริมาณสูง และลดลงอย่างมากเมื่อสุก แอกติวิตีของเอนไซม์ polygalacturonase และ pectin esterase สูงขึ้น 12 และ 40 เท่า ในผลสุกของชนิดนิ่มเปรียบเทียบกับชนิดแข็ง

Rahman และคณะ (1999) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตในขนุน 2 ชนิด คือ ชนิดนึ่ง และชนิดแข็ง ซึ่งมีความแก่อ่อนต่างกัน 3 ระดับ พบว่าปริมาณของแป้งในยวงและเมล็ดเพิ่มขึ้น จาก 10.0% เป็น 32.0% และ 19.0% เป็น 52.0% ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณเถ้าลดลง น้ำตาลในขนุน ได้แก่ กลูโคส ฟรุกโทส และซูโครส มีค่าแตกต่างกันออกไป โดยซูโครสเป็นน้ำตาลหลักที่พบ การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แสดงให้เห็นว่ายวงขนุนประกอบด้วยผนังเซลล์บางๆ ติดกันอยู่กับเม็ดแป้ง

กลิ่นขนุน

ขนุนสุกมีเนื้อที่ฉ่ำน้ำและมีรสหวาน มีกลิ่นหอมแตกต่างกันไปตั้งแต่กลิ่นคล้ายสับปะรดไปจนถึงกลิ่นที่รุนแรง ขึ้นอยู่กับพันธุ์ กลิ่นของขนุนส่วนใหญ่เกิดจากสารพวกเอสเทอร์ Swords Bobbio และ Hunter (1978) พบสารประกอบหลัก 20 ชนิดในสารสกัดที่กลั่นได้จากขนุน โดยที่ 16 ชนิดเป็นเอสเทอร์ และอีก 4 ชนิดเป็นแอลกอฮอล์ ไม่พบ terpenoid ต่อมา Rasmussen (1983) พบสารประกอบเพิ่มขึ้นอย่างน้อยอีก 8 ชนิด จากที่ Swords และคณะพบ ซึ่งสารประกอบหลักๆ ที่พบเพิ่มคือ 2-methyl-1-propanol, methyl isovalerate และ 2-methylbutyl isovalerate

คุณค่าทางโภชนาการของขนุน

คุณค่าทางโภชนาการของยวงขนุนสุก ในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม แสดงในตารางที่ 2.1

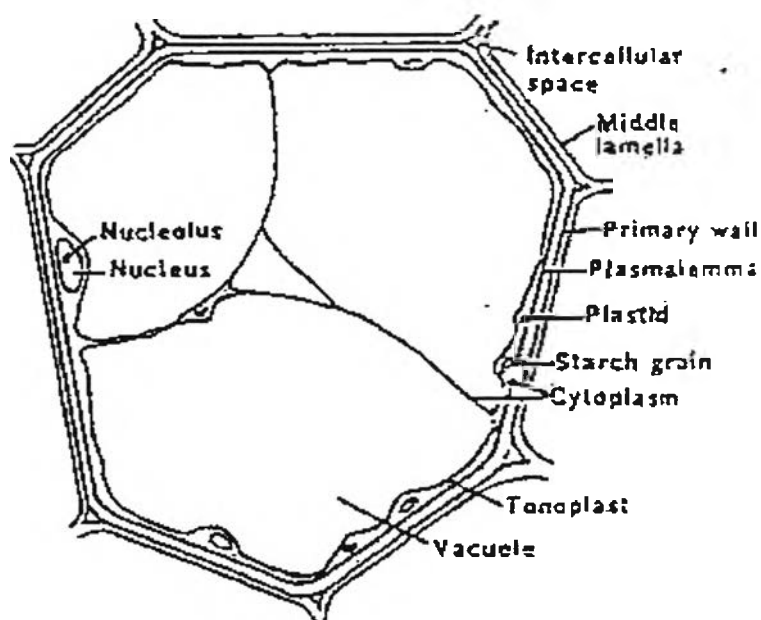
ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของยวงขนุนสุก ในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

สารอาหาร (หน่วย)	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	94
ความชื้น (กรัม)	72.9
โปรตีน (กรัม)	1.7
ไขมัน (กรัม)	0.3
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	23.7
ไฟเบอร์ (กรัม)	0.9
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	27
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	38
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.6
วิตามินเอ (หน่วยสากล)	392
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.09
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.11
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	0.7
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	9

ที่มา : กรมอนามัย, กองโภชนาการ (2530)

โครงสร้างของผลไม้

โครงสร้างของผลไม้ประกอบด้วยเซลล์หลักคือ parenchyma cell ในผลไม้แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันในด้านขนาดและปริมาณ โดยจะมีส่วน active metabolizing protoplast อยู่ประมาณ 5% ของปริมาตรเซลล์ทั้งหมด ส่วนที่เหลือส่วนใหญ่จะเป็น water-filled central vacuole ซึ่งภายใน vacuole จะประกอบด้วย น้ำ เกลืออนินทรีย์ กรดอินทรีย์ หยดน้ำมัน น้ำตาล รงควัตถุที่ละลายน้ำได้ กรดอะมิโน และวิตามิน vacuole นี้จะถูกห่อหุ้มด้วย protoplast membrane และผนังเซลล์ ซึ่งมีสารเพคติก เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ (Charley, 1972) ภาพโครงสร้าง parenchyma cell แสดงในภาพที่ 2.3

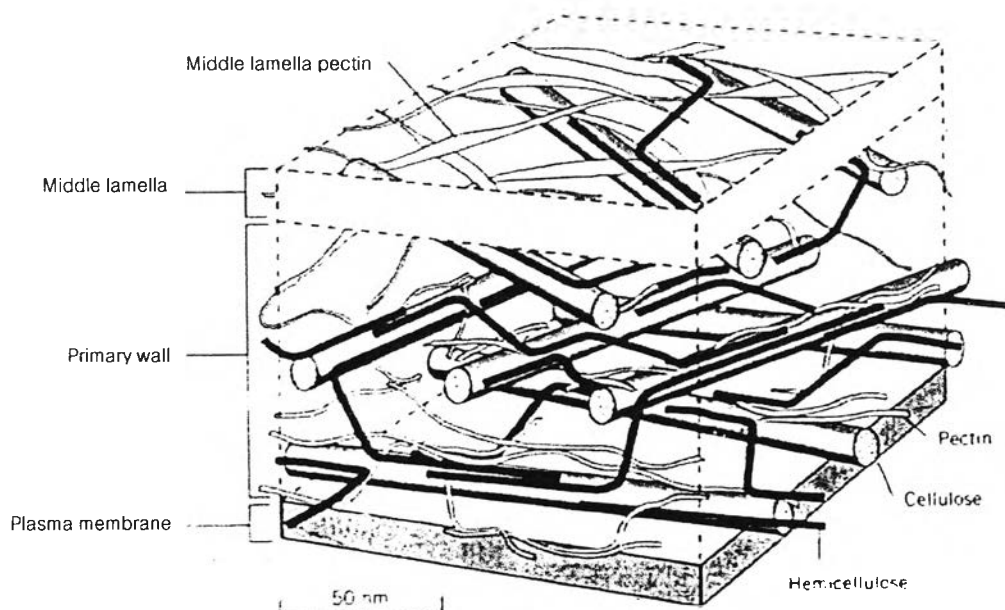


ภาพที่ 2.3 โครงสร้าง parenchyma cell

ที่มา : Charley (1972)

เพคติน

เนื้อเยื่อส่วนที่บริโภคได้ของผลไม้และผักประกอบด้วย parenchyma cell ซึ่งมีชั้นระหว่างเซลล์ (middle lamella) ที่ประกอบด้วยเพคตินเป็นส่วนใหญ่ ผนังเซลล์ชั้นแรกซึ่งเป็นเจลแข็งของเพคติน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และโปรตีนบางชนิด (ภาพที่ 2.4) ผนังเซลล์ชั้นที่สองที่ประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส



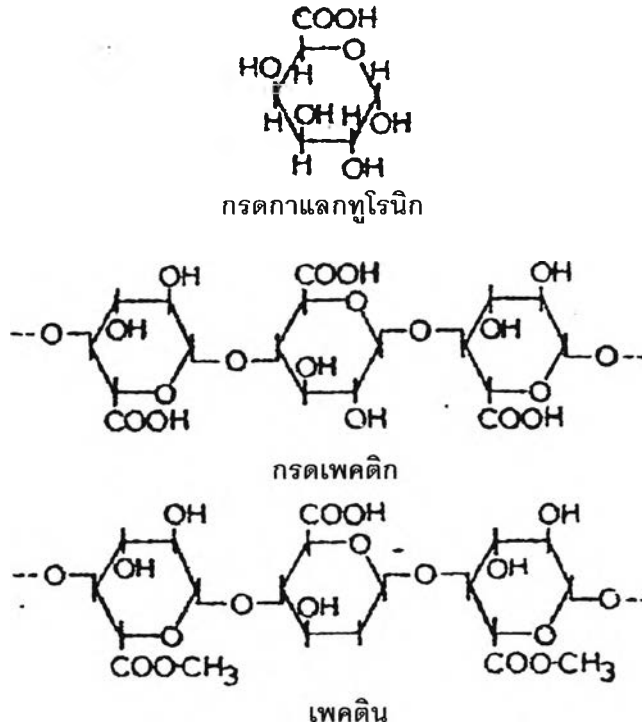
ภาพที่ 2.4 การจัดเรียงตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพคตินในผนังเซลล์

ที่มา : Hopskin (1999)

สารประเภทเพคติน (pectic substances) เป็น heteropolysaccharide ที่มีสายโมเลกุลหลักเป็น α -(1→4)-linked D-galacturonic acid unit โดยหมู่คาร์บอกซิลถูกทำให้เป็นเอสเทอร์ด้วยเมทานอลได้หลายระดับ ส่วน side chain ประกอบด้วยน้ำตาลชนิดต่างๆ โดยน้ำตาลที่พบมากได้แก่ D-galactose, L-arabinose, D-xylose ส่วน D-glucose, D-mannose, L-fructose พบน้อย (Voragen และ Pilnik, 1995) มีหลายประเภท (ภาพที่ 2.5) ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (ปราณี อานเป็รื่อง, 2543)

1. สารประเภทเพคติน (pectic substances) เป็น colloidal carbohydrates ของพืช ประกอบด้วย anhydrogalacturonic acid units และอนุพันธ์
2. โปรโตเพคติน (protopectin) เป็นสารไม่ละลายน้ำที่จะกลายเป็นสารประเภทเพคตินในพืช
3. เพคติน (pectin) เป็นเทอมทั่วไปสำหรับเรียกสารประเภทเพคตินที่มีหมู่คาร์บอกซิลประมาณร้อยละ 75 ถูกทำให้เป็นเอสเทอร์ด้วยเมทานอล เพคตินเป็นสารพวกคอลลอยด์ที่ทำให้เกิดเจลระหว่างน้ำตาลและกรดได้ดี นำไปใช้ในการทำแยมและเยลลี่
4. กรดเพคติก (pectic acid) เป็นโพลีเมอร์ของ anhydrogalacturonic acid units มีหมู่คาร์บอกซิลอิสระ

5. กรดเพคตินิก (pectinic acid) เป็นสารที่รวมหมายถึงเพคตินซึ่งมีหมู่เมทิลเอสเทอร์เล็กน้อย

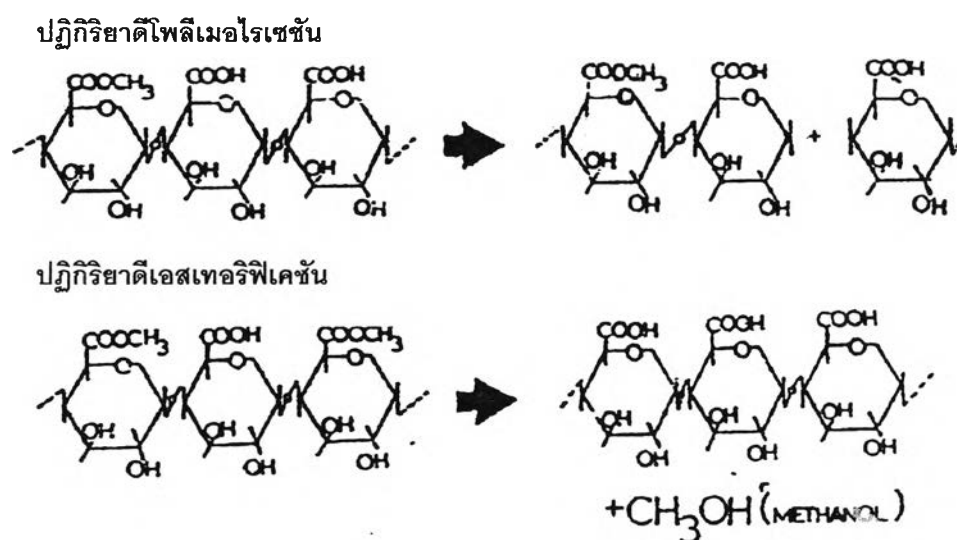


ภาพที่ 2.5 สูตรโครงสร้างของกรดกาแลกทูโรนิก กรดเพคติก และเพคติน
ที่มา : Duckworth (1966)

เพคตินเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญยิ่ง โดยจะมีอยู่ 0.5-4% ของน้ำหนักสด ปริมาณและธรรมชาติของเพคตินที่ปรากฏจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ในระหว่างการเจริญเติบโต การสุก การเก็บรักษา และในด้านสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ในระหว่างการแปรรูป (การให้ความร้อน การบด การสกัด การคั้น การกรอง และการทำให้ใส) เมื่อเนื้อเยื่อถูกทำลายเพคตินที่เป็นโมเลกุลใหญ่บางส่วนกลายมาอยู่ในรูปที่ละลายน้ำทำให้ส่วนที่เป็นของเหลวมีความหนืดสูง และสามารถสร้าง protective colloid กับชิ้นส่วนของเซลล์ นอกจากนี้เพคตินบางส่วนที่ยังคงอยู่ในเนื้อเยื่อสามารถจับกับเส้นใยของเซลล์ทำให้ชุ่มน้ำได้ดี (Voragen และคณะ, 1985)

เพคตินเนส

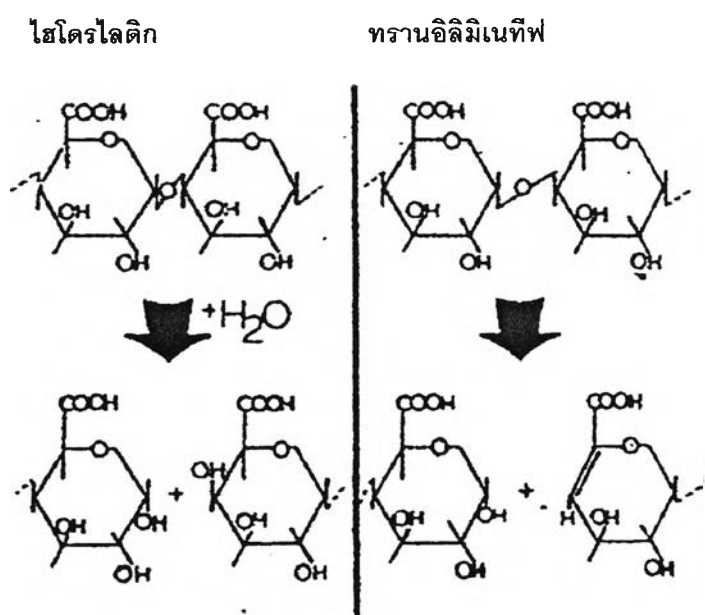
เพคตินเนส (pectinase) เป็นกลุ่มเอนไซม์ที่ย่อยสลายโครงสร้างเพคติน พบทั่วไปในพืชชั้นสูง เหมือนสารประเภทเพคติน แต่อยู่คนละชั้นของเซลล์พืชชนิดกษาดหรือได้รับการกระทบกระเทือน เอนไซม์และเพคตินจะเคลื่อนเข้าหากัน ทำให้เกิดการย่อยสลาย ลักษณะความคงตัวของเนื้อสัมผัสของผักผลไม้เสียไป (ปราณี อานเบรื่อง, 2543) การทำปฏิกิริยาของเพคตินเนสสามารถจำแนกได้เป็น 2 แบบ คือ ปฏิกิริยาดีโพลีเมอไรเซชัน (depolymerization) และปฏิกิริยาดีเอสเทอร์ิฟิเคชันหรือซาปอนิฟิเคชัน (deesterification or saponification) ดังภาพที่ 2.6 (Kilara, 1982)



ภาพที่ 2.6 การย่อยสลายเพคตินโดยเพคตินเนสแบบปฏิกิริยาดีโพลีเมอไรเซชันและดีเอสเทอร์ิฟิเคชัน

ที่มา : Kilara (1982)

1. ปฏิกิริยาดีโพลีเมอไรเซชัน (depolymerization) เป็นการสลายพันธะไกลโคซิดิก ของสายโพลีเมอร์ของโมเลกุลเพคติน มีกลไกย่อย 2 แบบ คือ ไฮโดรไลติก (hydrolytic) และทรานซิลิมิเนทีฟ (transeliminative) ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การย่อยสลายโมเลกุลเพคตินโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลติกและทรานส์เอลิมีเนทีฟ
ที่มา : Kilara (1982)

1.1 ไฮโดรไลติก (hydrolytic mechanism) ในการตัดพันธะไกลโคซิดิกในสายโพลิเมอร์ทุกๆ 1 พันธะ จะต้องใช้น้ำร่วมด้วย 1 โมเลกุล ซึ่งการตัดอาจเริ่มจากปลายสุดของสายโพลิเมอร์ หรือ อาจตัดแบบสุ่มที่ภายในสายโพลิเมอร์ เอนไซม์กลุ่มในเพคตินเนสที่ทำงานตามกลไกนี้ได้แก่ polymethylgalacturonase (PMG) และ polygalacturonase (PG)

1.2 ทรานส์เอลิมีเนทีฟ (transeliminative mechanism) กลไกนี้ไม่ต้องใช้น้ำในการตัดสายโพลิเมอร์ ผลจากการตัดสายโพลิเมอร์ด้วยกลไกนี้จะได้ acidic oligosaccharide ที่ไม่อิ่มตัว เอนไซม์ในกลุ่มเพคตินเนสที่ทำงานตามกลไกนี้ได้แก่ pectin lyase (PL) และ pectate lyase (PAL)

2. ปฏิกิริยาดีเอสเทอร์ิฟิเคชันหรือซาปอนิฟิเคชัน (deesterification or saponification) เอนไซม์ในกลุ่มนี้จะไม่ย่อยสลายพันธะไกลโคซิดิก แต่จะแยกหมู่เมทิลออกจากเพคตินโดยการไฮโดรไลซ์พันธะเอสเทอร์ ได้เป็น กรดเพคติก กรดเพคตินิก และเมธานอล เอนไซม์ในกลุ่มนี้ได้แก่ pectinesterase (PE)

เอนไซม์เพคตินเนสที่ใช้กันส่วนใหญ่ทางการค้า มักผลิตจากเชื้อรา *Aspergillus niger* และมักจะประกอบด้วย PE PG และ PL ดังนั้นจึงสามารถย่อยสลายเพคตินที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์สูง โดย PE จะทำหน้าที่ดีเอสเทอร์ไฟต์ และ PG จะทำหน้าที่ไฮโดรไลสให้เพคตินมีโมเลกุลเล็กลง หรืออาจสลายพันธะไกลโคซิดิกโดยตรงด้วยวิธีอิลิมิเนชันด้วย PL ก็ได้ อย่างไรก็ตาม อาจมีการเตรียมเอนไซม์ด้วยวิธีพิเศษเพื่อให้ประกอบด้วยเอนไซม์หลักเพียงชนิดเดียว เช่น เอนไซม์ทางการค้าชื่อ Rohament P ประกอบด้วย PG แต่โดยทั่วไปแล้ว เอนไซม์เพคตินเนสที่ใช้ในทางการค้ามักประกอบด้วยเอนไซม์ชนิดอื่นด้วย เช่น เซลลูเลส, อะราบีเนส, และ ไสเลส เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน (Pilnik และ Rombouts, 1979) รายชื่อผู้ผลิตเอนไซม์เพคตินเนสทางการค้า แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 รายชื่อผู้ผลิตเอนไซม์เพคตินเนส และการใช้งาน

บริษัทผู้ผลิต	ชื่อทางการค้า	การใช้ประโยชน์
C.H. Boehringer Sohn, Ingelheim, Germany	Panzyme product	การสกัด การทำให้ใสในน้ำผลไม้และmustขององุ่น
Ciba-Geigy AG, Basle, Switzerland	Ultrazyme 100 Irgazyme M-10 Ultrazyme SE 640	การสกัด การทำให้ใสในน้ำผลไม้และmustขององุ่น ใช้ประโยชน์ในเทคโนโลยีของผลไม้ตระกูลส้ม ทำให้ฝักและผลไม้มีรสกัดน้ำมันมะกอก
G.B. Fermentation Ind. Inc., Kingstreet, S. Carolina, USA	Klerzyme	การสกัด การทำให้ใส และการย่อยเพคตินในน้ำผลไม้
Rohm GmbH, Darmstadt, West Germany	Pectinol products Rohament P	การสกัด การทำให้ใส และการย่อยเพคตินในน้ำผลไม้และ must ขององุ่น ทำให้น้ำมันาวใส การทำให้ฝักและผลไม้มีรส
Rohm and Hass Co., Philadelphia, Pa USA	Pectinex product	การสกัด การทำให้ใสในน้ำผลไม้และmustขององุ่น
Miles Laboratories Inc., Usa	Spark-1	ใช้ในน้ำผลไม้และไวน์
Miles Kali-chemic GmbH, West Germany	MKC-pectinase	ใช้ในน้ำผลไม้และไวน์

ที่มา: Pilnik และ Rombouts (1979)

การใช้เอนไซม์ในการผลิตน้ำผลไม้

การใช้เอนไซม์ในการผลิตน้ำผลไม้มี 2 รูปแบบ (Baumann, 1981) คือ

1. Mash treatment เป็นวิธีเติมเอนไซม์ลงในเนื้อผลไม้ที่ผ่านการบดมาแล้ว ก่อนนำไปบีบคั้นเพื่อเอาน้ำผลไม้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

- ทำให้ผลไม้สแตกกลายเป็นของเหลว สำหรับการผลิต pulp ผลไม้ และ เนกต้า
- เพิ่มปริมาณน้ำผลไม้และช่วยในการสกัดองค์ประกอบอื่นๆ

2. Juice treatment เป็นวิธีเติมเอนไซม์ลงในน้ำผลไม้ที่บีบคั้นออกมาแล้ว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

- ลดความหนืดในน้ำผลไม้เข้มข้น
- ทำให้ใส ช่วยในการกรอง และความคงตัว

สิ่งสำคัญ 3 ประการในการใช้เอนไซม์ในการผลิตน้ำผลไม้คือ

1. กลไกการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของตัวแปร 3 ตัว อันได้แก่ ความเข้มข้นของเอนไซม์ อุณหภูมิที่ใช้ และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา

2. กลไกในการย่อยสลายสารประกอบเพคติน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเอนไซม์ที่ใช้และองค์ประกอบของเพคตินที่เป็นสับสเตรท โดยเอนไซม์จะเลือกเข้าทำปฏิกิริยากับเพคตินอย่างมีความจำเพาะเจาะจง องค์ประกอบของสับสเตรทจะส่งผลถึงการลดลงหรือการเพิ่มขึ้นของความหนืดเมื่อเติมเอนไซม์

3. กลไกในการทำให้ใส เกิดขึ้น 3 แบบ คือ การทำให้สูญเสียความคงตัว (destabilisation) การจับตัวกัน (coagulation) และการตกตะกอน (sedimentation)

เอนไซม์ชนิดแรกที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ คือ pectolytic enzymes เพื่อใช้ในการทำให้น้ำแอปเปิลใส หลังจากนั้นก็มีการพัฒนาและใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่ง pectolytic enzymes ที่ใช้กันมากคือกลุ่มเพคตินเนส (Janda, 1983)

การสกัดน้ำจากผลไม้เนื้อนุ่มโดยใช้แรงทางกลบีบนั้นเป็นไปได้ยาก การใช้เอนไซม์กับผลไม้ที่มีเนื้อนุ่มและน้ำน้อย เช่น blackcurrant, strawberry และ raspberry จะช่วยให้การสกัดเป็นไปได้ง่ายขึ้นและเพิ่มปริมาณผลผลิตน้ำผลไม้อันเป็นผลเนื่องมาจากการสลายของเพคตินที่จับ

น้ำเอาไว้ (Kilara, 1982) ทั้งนี้การใช้เอนไซม์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนต่างๆ ของระบบ ดังนี้ คือ ส่วนน้ำผลไม้ทำให้ความหนืดลดลง ซึ่งช่วงแรกที่โปรโตเพคตินเริ่มละลาย ความหนืดจะสูงขึ้น แต่เมื่อผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์อย่างสมบูรณ์ ความหนืดสุดท้ายจะลดลง ส่วนที่สองคือส่วนของ intermediary layer ซึ่งเป็นชั้นที่มี protopectinic network จับน้ำไว้ในโครงสร้าง ทำให้น้ำไม่ถูกปลดปล่อยออกมา การใช้เอนไซม์จะลดปริมาณโปรโตเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งจะมีส่วนในการทำลายโครงสร้างของเจลที่อุ้มน้ำ และปลดปล่อยน้ำออกมา พร้อมกับเพิ่มสมบัติการซึมผ่านของของแข็ง ส่วนที่สาม คือ ส่วนของของแข็ง จะปลดปล่อยองค์ประกอบที่สำคัญ เช่น สารที่ให้กลิ่นรสโดยทำให้โครงสร้างของเซลล์อ่อนตัว ทำให้การบีบคั้นง่ายขึ้น

น้ำผลไม้ที่ใช้เอนไซม์ช่วยในการสกัดจะมีปริมาณเมธานอล 200-300 ppm ซึ่งสูงกว่าน้ำผลไม้ที่ไม่ได้ใช้เอนไซม์ช่วยในการสกัดที่มีปริมาณเมธานอล 30-50 ppm แต่เมื่อทำให้น้ำผลไม้เข้มข้น เมธานอลจะสูญหายไปในช่วงกระบวนการทำให้เข้มข้น (Kilara, 1982)

อรุณี เพียรทวีรัตน์ และ ปราณิ อานเป็รื่อง (2536) ได้ประยุกต์ใช้เพคตินเนส เซลลูเลส และ อะมัยเลสทางการค้า (Pectinex Ultra SP-L Cellucast 1.5L และ Ban 240L ตามลำดับ) เพื่อช่วยในการสกัดน้ำกล้วยหอม พบว่าการใช้เซลลูเลส 0.06% ร่วมกับเพคตินเนส 0.05% ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายเนื้อกล้วยหอม โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การลดความหนืดของเนื้อกล้วยหอม ซึ่งภาวะที่เหมาะสมคือที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ภายใต้ภาวะดังกล่าวสามารถสกัดน้ำกล้วยได้ผลผลิตประมาณ 73% โดยน้ำหนัก สำหรับอะมัยเลสพบว่าไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของน้ำกล้วยหอม

วิภาดา ศุภจรรยา และ ปราณิ อานเป็รื่อง (2537) ทำการสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้น โดยใช้เอนไซม์ทางการค้าสามชนิด ได้แก่ เพคตินเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องและแบบตามลำดับ พบว่าเมื่อบ่มเอนไซม์ร่วมกันสามชนิดในเนื้อทุเรียนบดโดยไม่ผสมน้ำ ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง โดยใช้ความเข้มข้นของแต่ละเอนไซม์เป็น 0.5% (v/w) บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะให้ปริมาณผลผลิตของหัวน้ำเชื้อทุเรียน 32.19% ส่วนเมื่อสกัดภายใต้ภาวะปฏิกิริยาตามลำดับ พบว่าเมื่อบ่มเนื้อทุเรียนบดด้วยเพคตินเนส 0.5% (v/w) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นตามด้วยปฏิกิริยาการย่อยสลายเซลลูโลสด้วยเซลลูเลส 0.5% (v/w) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และปฏิกิริยาการย่อยสลายแป้งด้วยอะมัยเลส 0.5% (v/w) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตามลำดับ จะได้ปริมาณผลผลิตของหัวน้ำเชื้อทุเรียนถึง 44.49%

Jenniskens และคณะ (1991) ศึกษาผลของการใช้เอนไซม์ทำให้เหลวกับเนื้อแอปเปิลที่มีต่อส่วนประกอบกลิ่นหอมของน้ำแอปเปิลด้วยวิธีแกสโครมาโตกราฟีแบบหลอดเล็ก (capillary) โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำแอปเปิลที่เตรียมด้วยวิธีดั้งเดิมกับน้ำแอปเปิลที่เตรียมจากการใช้เอนไซม์ และน้ำแอปเปิลควบคุมซึ่งเป็นน้ำแอปเปิลที่ผ่านการบ่มโดยไม่เติมเอนไซม์ พบว่าผลของการบ่มซึ่งเป็นการยืดเวลาการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ดั้งเดิม และผลของการทำให้เหลวเป็นสาเหตุให้เกิดการปลดปล่อยสารประกอบกลิ่นหอมเป็นพิเศษ หรือสารตั้งต้นของสารประกอบกลิ่นหอมจากเนื้อแอปเปิลบดลงสู่น้ำแอปเปิล นอกจากนี้ยังมีเอสเทอร์และ C-6 อัลดีไฮด์เกิดขึ้น อันเป็นผลมาจากกิจกรรมของการเตรียมเอนไซม์ทำให้เหลว

John และ Narasimham (1993) ศึกษากระบวนการผลิตและประเมินค่าเครื่องดื่มอัดก๊าซจากของเหลือจากขนุน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการใช้ประโยชน์จากส่วนที่บริโภคไม่ได้ของขนุน อันได้แก่เปลือกและซังซึ่งยังคงอุดมไปด้วยกลิ่นหอมของขนุน แต่บริโภคไม่ได้เนื่องจากลักษณะที่เป็นเส้นใยสูง โดยนำมาเตรียมเป็นน้ำขนุนชนิดใส และเครื่องดื่มพร้อมดื่มจากขนุน พบว่าการใช้ pectic enzyme (pectin Ex. Ultra Sp.) ที่ความเข้มข้น 0.3% (v/w) บ่มเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ตามด้วยการกรอง ได้น้ำผลไม้ใสซึ่งมีผลผลิตประมาณ 60% 23 °Brix และมีความเป็นกรด 0.15-0.20% การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มพร้อมดื่ม (น้ำผลไม้ 12%, น้ำตาล 15 °Brix และความเป็นกรด 0.3%) ที่ไม่อัดก๊าซและอัดก๊าซ 3 ระดับ (ความดันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.775 2.092 และ 3.685 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกจำนวน 15 คน แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับอย่างสูงทั้งเครื่องดื่มที่ไม่อัดก๊าซ และอัดก๊าซ 0.775 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มที่อัดก๊าซในระดับที่สูงกว่า การเตรียมเครื่องดื่มจากส่วนที่เหลือจากขนุนนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากขนุนให้ใช้ได้มากกว่า 80%

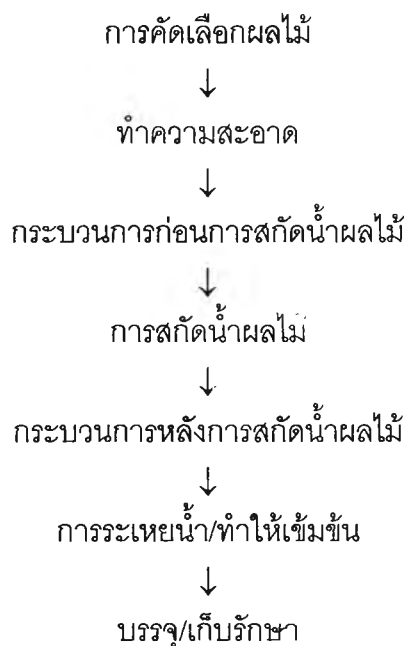
Chang และคณะ (1994) ศึกษาถึงผลของการใช้เอนไซม์และการทำให้ใส ต่อคุณภาพของน้ำพลัมจากพลัม 6 สายพันธุ์ อันได้แก่ Au red Abundance Pobeda Shiro Peach Plum และ Early Golden ที่ถูกสกัดโดยใช้ Calrex[®] L pectinase 0.2 % บ่มที่ 49 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าการใช้ เพคตินเนสให้ผลในการเพิ่มปริมาณผลผลิตขึ้น 41-214 % โดยผลผลิตของพันธุ์ Au red สูงที่สุด และการใช้เอนไซม์ยังช่วยปรับปรุงของแข็งที่ละลายได้และสีของน้ำพลัม

Sakho และคณะ (1998) ศึกษาผลของการทำให้เนื้อมะม่วงดิบโดยใช้เอนไซม์ที่มีต่อส่วนประกอบของสารระเหยในเนื้อมะม่วงดิบ โดยใช้ pectolyase ที่เตรียมจาก *Aspergillus japonicus* และ pectolytic enzyme ทางการค้าอีก 4 ชนิด ได้แก่ Rohament[®] PC, Rohapect[®] TF, Pectinol[®] D5S และ Pectinol[®] VR บ่มที่อุณหภูมิ 50 ± 1 องศาเซลเซียส pH 5 พบการลดลงของความหนืดสัมพัทธ์ของเนื้อมะม่วงดิบตั้งแต่ 50 % ขึ้นไปเมื่อบ่มที่เวลาต่างๆ ยกเว้นเนื้อมะม่วงดิบที่บ่มด้วย Rohament[®] PC ที่มีการลดลงของความหนืดสัมพัทธ์เพียง 25 % แม้เวลาผ่านไปนานกว่า 16 นาที ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของสารระเหยในเนื้อมะม่วงดิบหลังจากการย่อยด้วยเอนไซม์ ยกเว้นเกิดการปลดปล่อยอนุพันธ์ของ terpene hydroxylated 6 ชนิด

Shalom, Gur-arie และ Levi (1999) ได้ศึกษาผลของการทำให้เหลวด้วยเอนไซม์ทางการค้าและภาวะในการผลิตที่มีต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของน้ำพลัม พบว่าการใช้ Ultrazyme (pectolytic เป็นหลัก) ร่วมกับ Celluclast (cellulolytic) บ่มที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที จะช่วยเพิ่มคุณภาพและปริมาณผลผลิตของน้ำพลัมได้ดีกว่าการใช้ pectolytic enzyme เพียงอย่างเดียว

สารให้กลิ่นรสจากผลไม้

เป็นเวลานานแล้วที่ได้มีการใช้น้ำผลไม้เป็นสารให้กลิ่นรส โดยสารให้กลิ่นรสจากผลไม้ นั้นเป็นสารให้กลิ่นรสชนิดแรกๆ ที่ถูกนำมาใช้เนื่องจากหาง่ายและไม่ซับซ้อน โดยมักถูกใช้เติมในเครื่องดื่ม ผลไม้ตระกูลส้มและผลไม้เนื้อนุ่มหลายชนิดเป็นวัตถุดิบสำคัญที่ใช้ผลิตน้ำผลไม้ทางการค้า ซึ่งอาจใช้บริโภคโดยตรง เช่น การดื่ม หรือนำไปทำให้เข้มข้นเพื่อใช้ผลิตเป็นสารให้กลิ่นรสในเครื่องดื่ม โยเกิร์ต และใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอีกหลายประเภท พร้อมกับความเจริญเติบโตในด้านความสนใจและความต้องการสารให้กลิ่นรสจากธรรมชาติ น้ำผลไม้จึงเป็นแหล่งสำคัญของส่วนผสมดังกล่าว (Ashurst, 1991; Heath, 1978) กระบวนการผลิตแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 กระบวนการผลิตสารให้กลิ่นรสจากผลไม้

ที่มา : Ashurst (1991)

ในทางพฤกษศาสตร์ ผลไม้เกิดจากส่วนดอกของพืช โดยเนื้อเยื่อของผลไม้จะรองรับน้ำผลไม้ไว้ด้วยผนังบางๆ ของ parenchyma ซึ่งน้ำผลไม้จะถูกแยกออกมาโดยการบีบคั้น หรือใช้วิธีทางกลอื่นๆ ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของผลไม้ ตำแหน่งและลักษณะของเนื้อเยื่อ และธรรมชาติของน้ำผลไม้ ผลไม้ไม่ทุกชนิดที่สามารถเป็นแหล่งของน้ำผลไม้ ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงการคัดเลือกผลไม้ พันธุ์ ความสุก คุณภาพที่ต้องการ ลักษณะของกลิ่นรส และสมบัติในการเก็บรักษาน้ำผลไม้ที่ได้

กระบวนการสกัดน้ำผลไม้

การสกัดน้ำผลไม้ส่วนใหญ่จะแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ การตีปั่น และการคั้นน้ำผลไม้ แต่ผลไม้บางชนิดสามารถนำไปคั้นน้ำได้เลย โดยไม่ต้องผ่านการตีปั่น เช่น องุ่นและส้ม กรรมวิธีที่ใช้ในการสกัดน้ำผลไม้แต่ละชนิดจะมีรายละเอียดต่างกัน ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของเนื้อเยื่อผลไม้และลักษณะของน้ำผลไม้ที่ต้องการ เช่น ชุ่นหรือใส

1. การตีปั่น เป็นขั้นตอนการเพิ่มพื้นที่ผิวของน้ำผลไม้ให้มากขึ้น เพื่อง่ายต่อการคั้นน้ำผลไม้ นิยมใช้เครื่องสับทำให้น้ำผลไม้เล็กลง ผลไม้บางชนิดอาจต้องปอกเปลือกออกก่อน ในขั้นตอนนี้ต้องระวังไม่ให้อากาศสัมผัสกับผลไม้มากเกินไปเพราะจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์

เกิดการเปลี่ยนแปลงจากเอนไซม์ในผลไม้ และจากโลหะที่ปนเปื้อนอยู่ เครื่องมือที่ใช้ในการทำน้ำผลไม้จะต้องทำจากโลหะที่ไม่ทำให้น้ำผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงไป เช่น การเปลี่ยนสี เกิดสีคล้ำ เครื่องมือต่างๆ จึงควรทำจากเหล็กปลอดสนิมหรือโลหะเคลือบอลูมิเนียม ไม่ควรทำจากโลหะเหล็ก ทองแดง และดีบุก เพราะจะทำให้สีและรสชาติของน้ำผลไม้เปลี่ยนแปลงไป

2. การสกัดน้ำผลไม้ เป็นขั้นตอนการสกัดของเหลวจากชิ้นส่วนของผลไม้โดยการบีบคั้น ซึ่งทำได้หลายวิธี (ทง ภัทรพพันธุ์, 2540) เครื่องมือสำหรับสกัดน้ำผลไม้จากผลไม้เนื้อนิ่ม ได้แก่ vertical basket hydraulic press ซึ่งมักสร้างขึ้นด้วยเหล็กปลอดสนิม เมื่อให้ความดัน น้ำผลไม้จะไหลผ่านตะแกรงหยาบๆ และถูกเก็บรวบรวมไว้ หลังจากนั้นการที่ถูกบีบอัดแล้วจะถูกกำจัด แต่ในบางกรณีที่ต้องการเพิ่มผลผลิตน้ำผลไม้ กากอาจถูกทุบให้ละเอียดเป็นชิ้นเล็กๆ ผสมกับน้ำและนำไปคั้นอีกครั้ง แต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายต่ำ

ในผลไม้เนื้อนิ่มจะมีความแตกต่างในด้านกระบวนการผลิตเนื่องจากเพคตินและโปรตีนที่มีอยู่อาจเพิ่มความหนืดให้น้ำผลไม้ซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ เมื่อให้แรงกดและยากที่จะผ่านตะแกรงที่ละเอียด การเติมเพคตินขนาดเล็กก่อนการคั้น จะทำให้การปลดปล่อยน้ำผลไม้ออกมาได้ง่ายขึ้น ปริมาณผลผลิตมากขึ้น (Heath, 1978)

การเก็บรักษาน้ำผลไม้

น้ำผลไม้ที่ไม่ได้นำไปใช้ในทันทีต้องมีการถนอมรักษาเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียและการเน่าเสียที่เกิดจากยีสต์ที่เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการเน่าเสียเพราะทำให้เกิดการหมัก โดย pH ความชื้น และของแข็งทั้งหมดที่มีอยู่จะเป็นเครื่องชี้บอกถึงชนิดของจุลินทรีย์ที่จะเจริญขึ้น วิธีการหลักที่จะเก็บรักษาน้ำผลไม้คือการพาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิ 60-88 องศาเซลเซียส (140-190 องศาฟาเรนไฮต์) ในช่วงเวลา 5-30 นาที การเปลี่ยนแปลงบางอย่างของโครงสร้างของกลีโคโปรตีนเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ แต่น้ำผลไม้ส่วนใหญ่มี pH ต่ำ ซึ่งแบคทีเรียไม่สามารถแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นกระบวนการให้ความร้อนสามารถจำกัดเท่าที่จำเป็นเพื่อทำลายยีสต์และรา และยับยั้งระบบเอนไซม์ต่างๆ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุนำไปสู่การเสื่อมเสียกลิ่นรสและความขุ่น การเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็งเป็นที่นิยม ภายใต้สภาวะนี้กลีโคโปรตีนจะถูกรักษาไว้จนกระทั่งถูกน้ำมาละลายน้ำแข็ง ดังนั้นน้ำผลไม้ที่ถูกละลายน้ำแข็งแล้วต้องรีบนำมาใช้อย่างรวดเร็วเพื่อรักษาคุณภาพเอาไว้ (Heath, 1978)

การระเหยภายใต้สุญญากาศ

การระเหยภายใต้สุญญากาศ (vacuum evaporation) เป็นการกำจัดน้ำออกโดยเปลี่ยนสถานะของน้ำให้กลายเป็นไอ มีหลักการคือ ไอน้ำที่มีความดันสูงจะผ่านเข้าเครื่องระเหย และมีการปรับระดับความเป็นสุญญากาศภายในเครื่องระเหย เมื่อเกิดสุญญากาศที่ต้องการจึงผ่านน้ำผลไม้เข้าเบในเครื่องระเหย การระเหยน้ำออกจึงเริ่มขึ้น ไอน้ำที่เกิดขึ้นเนื่องจากการระเหยจะถูกแยกออกไป และอาจจะมีการทำให้กลั่นตัวโดยผ่านไปยังเครื่องควบแน่นซึ่งมีน้ำหล่อเย็นอยู่ ไอระเหยอาจถูกทำให้เข้มข้นขึ้นโดยการกลั่นซ้ำอีกครั้ง หรืออาจนำไปทำให้เข้มข้นขึ้นโดยวิธีการแช่เยือกแข็ง ไอระเหยที่เก็บได้นี้อาจนำกลับมาเติมในน้ำผลไม้เข้มข้นที่ได้ หรืออาจจะนำไปใช้เป็นสารให้กลิ่นรสในอุตสาหกรรมอย่างอื่นต่อไปก็ได้ ไอน้ำที่ระเหยไป 10% แรก ประกอบด้วยสารระเหยซึ่งให้กลิ่นรสเป็นส่วนใหญ่ (Bolin and Salunkhe, 1971) ในการทำให้เข้มข้นโดยวิธีนี้ ถ้าทำให้เข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่าหรือมากกว่า อัตราการสูญเสียกลิ่นรสที่ระเหยออกไปจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณไอน้ำที่ถูกกำจัดออกไป (Thijssen, 1970) ข้อเสียของการทำเข้มข้นด้วยวิธีนี้คือ ความร้อนจะมีผลทำให้เกิดการสูญเสียของสารระเหยให้กลิ่นรส วิตามิน และสารอาหารที่สำคัญบางอย่าง และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสี แต่วิธีนี้ได้รับความนิยมและนำมาใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากผลทางเศรษฐกิจ ค่าใช้จ่ายในด้านการติดตั้งเครื่องมือและการดำเนินการต่ำ ดูแลรักษาง่าย และระเหยจนถึงความเข้มข้นสูงระดับใดก็ได้ตามความต้องการของผู้ผลิต (Karel, 1975)

การทำให้เข้มข้นโดยการแช่แข็ง

การทำให้เข้มข้นโดยการแช่แข็ง (freeze concentration) วิธีนี้จะใช้อุณหภูมิต่ำทำให้น้ำบางส่วนในน้ำผลไม้กลายเป็นน้ำแข็ง แล้วแยกน้ำแข็งเหล่านี้ออกไป ข้อดีของการทำให้เข้มข้นโดยการแช่แข็งคือ สามารถรักษากลิ่นผลไม้ได้มากกว่าวิธีอื่นและไม่ทำให้สารที่ไม่ทนต่อความร้อนสูญเสีย ส่วนข้อเสียคือถ้าทำให้น้ำเกิดการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว ของแข็งบางส่วนจะติดไปกับน้ำแข็งและหายไปเมื่อแยกน้ำแข็งออก จึงทำให้สีและกลิ่นของผลไม้เจือจางเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ ไม่เป็นที่นิยมนักเพราะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและทำให้เข้มข้นได้เพียงระดับหนึ่งเท่านั้น นอกจากนี้ น้ำผลไม้เข้มข้นไม่นิยมใช้วิธีแช่แข็งทำให้เข้มข้น เพราะสารอื่นจะแยกออกจากน้ำผลไม้พร้อมกับน้ำแข็ง (ทง ภักธพพันธุ์, 2540) อย่างไรก็ตามปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการแยกเอาวัตถุที่ไม่ละลายน้ำนี้ออกจากน้ำแข็งที่ละลายแล้ว เพื่อนำมาเติมกลับลงในส่วนผลิตภัณฑ์ที่ทำเข้มข้นแล้ว (Deshpande et al., 1984)

การทำให้เข้มข้นโดยการออสโมซิสและออสโมซิสผันกลับ

การทำให้เข้มข้นโดยการออสโมซิสและออสโมซิสผันกลับ (osmosis and reverse osmosis) เป็นกระบวนการที่น้ำจากสารละลายที่เจือจางกว่าไหลผ่านเยื่อกรองไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่า จนความเข้มข้นของสารละลายทั้งสองเท่ากัน แต่หากมีการใช้ความดันในด้านของสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่าอาจทำให้น้ำไหลในทิศทางตรงกันข้ามผ่านเยื่อกรองประเภทเซลลูโลสอะซิเตท (cellulose acetate) ซึ่งเป็นวิธี reverse osmosis ส่วนโปรตีน น้ำตาล ไม่สามารถผ่านไปได้ วิธีนี้ทำได้ดีที่อุณหภูมิต่ำและยังเป็นวิธีที่ง่าย ใช้พลังงานน้อย น้ำผลไม้เข้มข้นมีกลิ่นครบถ้วน (Morgan et al., 1965) แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดค่อนข้างมาก นอกจากอุปกรณ์และเครื่องมือจะมีราคาแพงแล้ว ยังมีปัญหาเรื่องการอุดตันของเยื่อกรอง และความเข้มข้นสูงสุดที่ทำได้จะประมาณ 28 บริกซ์เท่านั้น (Madsen, 1974) นอกจากนี้หากเลือกเยื่อกรองไม่เหมาะสม สารให้กลิ่นรสต่างๆ ก็อาจผ่านเยื่อกรองออกไปได้เช่นกัน (Karel, 1975)

การทำแห้งแบบเยือกแข็ง

การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze drying) เป็นวิธีการกำจัดน้ำออกจากวัตถุดิบโดยการทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ หรือเกิดการระเหิด โดยไม่ผ่านสถานะของเหลว (King, 1973) การทำแห้งด้วยวิธีนี้มีข้อดี คือ ผลิตภัณฑ์ได้รับความเสียหายระหว่างกระบวนการทำแห้งน้อยที่สุด เนื่องจากใช้อุณหภูมิต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นรูพรุนทำให้คืนรูปได้ง่าย สามารถป้องกันการเสียสภาพธรรมชาติ รวมทั้งปฏิกิริยาต่างๆ ที่ไม่ต้องการได้มาก เนื่องจากเป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำโดยที่น้ำไม่ผ่านช่วงที่เป็นของเหลว ทำให้ของแข็งที่ได้อยู่ในสภาพใกล้เคียงกับสภาพเริ่มต้น ไม่สามารถผสมหรือเกิดปฏิกิริยากับสารตัวอื่นๆ แต่การทำแห้งด้วยวิธีนี้ก็ยังมีข้อเสีย คือ ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นต่ำ จับตัวเป็นก้อนได้ง่าย และมีค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากต้องทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำและระดับสุญญากาศ จึงเป็นข้อจำกัดในทางการค้า (Ammu et al., 1977)