ตรวจเอกสาร

1. พันธุ์ฝรั่งและลักษณะประจำพันธุ์

ชื่อวิทยาศาสตร์ Psidium guajava Linn. วงศ์ Myrtaceae

ชื่อท้องถิ่น มะมั่น มะก้วยกา (ภาคเหนือ) บักสีดา (ภาคอีสาน) ย่าหมู ยามู (ภาคใต้) มะปุ่น (ตาก สุโขทัย) มะแกว (แพร่)

ฝรั่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก กิ่งอ่อนจะเป็นสี่เหลี่ยม ยอดอ่อนมีขนสั้นๆ ใบเดี่ยวออกตรงกันข้าม สีเขียว รูปใบรี ปลายใบมน หรือมีกิ่งแหลม โคนใบมน ออกดอกเป็นช่อ ช่อละ 2-3 ดอก ดอกย่อยมีสีขาว มีเกสรตัวผู้มากเป็นฝอย ผลดิบมีสีเขียวใบไม้ เมื่อสุกจะเป็นสีเขียวอ่อนปนเหลือง เนื้อในเป็นสีขาวมีกลิ่นเฉพาะมีเมล็ดมาก (www.panmai.com)

ฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ แต่ที่นิยมใช้รับประทานผลสด ได้แก่ ฝรั่งพันธุ์ที่มีผลใหญ่ ผลดก รสอร่อย เช่น พันธุ์กมลสาลี่ แป้นสีทอง ทูลเกล้า นอกจากนี้ยังมีพันธุ์พื้นเมืองต่าง ๆ พันธุ์อินเดีย พันธุ์จีน เป็นต้น สำหรับฝรั่งที่นำมาใช้แปรรูป ได้แก่ พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์คาฮังคูล่า เนื่องจากทั้งสองพันธุ์นี้มีเนื้อมาก สีชมพู มีกลิ่นหอม รสกลมกล่อม

การขยายพันธุ์ฝรั่งสามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้และได้ผลดีคือ

1. การตอน วิธีการเหมือนการตอนกิ่งทั่วไป โดยใช้มีดควั่นกิ่งให้รอยควั่นอยู่ใต้ข้อเล็กน้อย รอยควั่นล่างห่างจากรอยควั่นบนเท่ากับเส้นรอบวงของกิ่งลอกเปลือกไม้แล้วขูดเยื่อเจริญออกให้หมด จากนั้นนำตุ้มตอนที่บรรจุด้วยขุยมะพร้าวหุ้มให้รอบรอยควั่นแล้วมัดด้วยเชือกฟางให้แน่น การตัดกิ่งตอน หลังจากทำการตอนแล้วประมาณ 1 เดือน รากจะเริ่มงอก อย่าเพิ่งรีบตัดควรปล่อยให้รากเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลก่อน กิ่งฝรั่งที่ตัดออกจากต้น ควรตัดใบและกิ่งที่มีมากเกินไปทิ้งบ้างเพื่อป้องกันการคายน้ำ แล้วนำกิ่งตอนไปแช่ในน้ำให้ท่วมตุ้มตอนประมาณ 1-2 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปชำต่อไป โดยนำกิ่งตอนที่ได้ชำในถุงพลาสติกที่บรรจุดินผสม เมื่อต้นแข็งแรงแล้วจึงนำไปปลูกในแปลงต่อไป

2. การติดตา วิธีการติดตานี้จะต้องใช้ต้นตอและยอดพันธุ์ที่มีความแข็งแรง หลังจากติดตาแล้วให้นำไปชำต่อประมาณ 4-5 เดือน ก่อนจะนำไปปลูก นอกจากนี้ยังมีการขยายพันธุ์แบบทาบกิ่ง การปักชำ (www.doae.go.th)

โรคที่สำคัญของฝรั่ง ได้แก่

1. โรคจุดสนิม เกิดจากเชื้อราเข้าทำลายใบ โดยจะเห็นจุดขนาดเล็ก เริ่มจากจุดสีเขียวแล้วค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีสนิมเหล็กและเป็นขุยคล้ายกำมะหยี่ ถ้าเป็นที่กิ่งจะทำให้เป็นขุยและกิ่งแตกแห้งตาย การป้องกัน ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น มาแนบและซีแนบ หากเป็นที่กิ่งอาจใช้สารเคมีดังกล่าวผสมในปูนแดงข้น ๆ ทาบริเวณที่เป็นโรค

2. โรคแอนแทรคโนส เกิดจากเชื้อราเข้าทำลายผลอ่อน ผลสุกและใบ อาการบนใบจะเห็นเป็นจุดสีน้ำตาลเล็ก ๆ แผลอาจทะลุ ถ้าเป็นที่ผลอ่อนจะทำให้มีสีน้ำตาลและเน่าแห้งไปในที่สุด แต่ถ้าเป็นระยะผลสุกหรือใกล้สุก จะเกิดแผลเน่าสีน้ำตาล อาการจะลุกลาม แผลจะบุ๋มลงเล็กน้อยมีจ้ำสีคล้ำและเมือกสีแสดปรากฏให้เห็น การป้องกัน ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น
บีโนมิลแคปแทน โดยพ่นสารเคมีก่อนเก็บผล 1 เดือน

แมลงศัตรูฝรั่ง ได้แก่

1. แมลงวันทอง การทำลายเกิดจากแมลงวันทองวางไข่ที่ใต้ผิวฝรั่งสุก (หรือระยะที่ผิวอ่อน) ตัวอ่อนที่ฟักจากไข่จะเจริญกินเนื้อฝรั่งเป็นอาหารทำให้ฝรั่งอ่อนนิ่มและเละในที่สุด การป้องกัน ห่อผลในขณะที่ผิวยังแข็ง มีสีเขียว ขนาดเล็ก การห่ออาจห่อด้วยถุงพลาสติกชั้นเดียว หรือ 2 ชั้น โดยต้องเจาะรูกระดาษห่อชั้นในก้นถุงให้น้ำไหลออกด้วย หรือใช้สารเคมีมาลาไทออนผสมโปรตีนไฮโดรไลเซท ฉีดพ่นในตอนเช้าตรู่เป็นจุด ๆ บนใบแก่เท่านั้น ต้นละ 1-4 จุด แต่ละจุดใช้น้ำยาประมาณ 50 ซีซี. พ่นแค่ให้ใบเปียกและพ่นทุกๆ 7 วัน ติดต่อกัน 4-5 ครั้งก่อนเก็บเกี่ยว หากพ่นก่อนการระบาด 1 เดือน จะได้ผลดีกว่าพ่นหลังแมลงระบาดแล้ว

2. เพลี้ยแป้ง จะดูดกินน้ำเลี้ยงตามใบอ่อน กิ่งอ่อน และช่อดอกทำให้แห้งเฉาหรือใบผิดรูปร่างและผลผลิตลดลง การป้องกัน พ่นด้วยสารละลายอโซดริน 20 ซีซี. ต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นให้ทั่วต้น ใบ กิ่งอ่อนและผลทุกๆ 7 วัน ประมาณ 2-3 ครั้ง และหยุดพ่นสารเคมีอย่างน้อย 7 วัน ก่อนเก็บเกี่ยวผล

ฝรั่งนับจากดอกบานจนถึงผลแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้จะใช้เวลาประมาณ 5 เดือน ฝรั่งที่ยังอ่อน ผิวจะมีสีเขียวเข้ม เมื่อเริ่มแก่สีเขียวจะจางลง และเต่งตึงเป็นมัน ไม่ควรเก็บผลที่ยังไม่แก่เต็มที่ เพราะยังมีการสร้างแป้งและสีไม่เต็มที่ ผลจะนิ่ม การเก็บเกี่ยวควรใช้กรรไกรตัดขั้วผลมาด้วย โดย

ไม่ต้องเอาถุงพลาสติกที่หุ้มผลฝรั่งออกเพื่อประหยัดเวลา ถ้าหากไม่มีขั้วติดผลจะทำให้ฝรั่งเสื่อมคุณภาพเร็ว และอาจถูกเชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่าย (ปวรัชน์, 2547)

ตารางที่ 1 ปริมาณและมูลค่าส่งออก ฝรั่งสดหรือแห้ง ปี 2545 - 2549

พ.ศ.	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (พันบาท)
2545	819.851	10,597.01
254	1,147.35	12,076.93
2547	1,641.40	23,610.62
2548	2,751.20	61,260.32
2549	3,381.55	94,896.08

ที่มา: กรมส่งเสริมการส่งออก กระทรวงพาณิชย์

2. การแปรรูปโดยการดอง

การถนอมรักษาผลิตผลทางการเกษตรไว้ใช้ประโยชน์ด้วยวิธีการหมัก ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ผัก ผลไม้ดอง ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก (fermentation) โดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นพอเหมาะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสเปรี้ยว กลิ่น รส สี เนื้อสัมผัสเฉพาะของผลิตภัณฑ์ หรือไม่ได้เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักแต่เกิดจากการปรุงแต่งรสชาติ ด้วยเกลือ น้ำส้ม สายชู น้ำตาล และเครื่องเทศตามต้องการ

การถนอมอาหารด้วยวิธีการหมัก เป็นกระบวนการที่ไม่ต้องการอากาศโดยใช้เกลือแห้งหรือน้ำเกลือที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ทำให้เกิดการเลือกชนิดจุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่เหมาะต่อกระบวนการหมัก โดยกำจัดการเจริญของจุลินทรีย์เน่าเสียและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อื่น ๆ เป็นส่วนใหญ่ มีเฉพาะแบคทีเรียที่ทนเกลือและเจริญได้ในน้ำเกลือ ที่สามารถเจริญเติบโตได้ กระบวนการหมักเป็นการลดการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในผักผลไม้ ซึ่งมีหน้าที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีตามปกติ ทำให้ยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของการเกิดออกซิเดชัน ระงับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย (มณฑาทิพย์, 2545)

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการหมักชนิดสร้างกรดแลคติค (lactic acid fermentation) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. โฮโมเฟอเมนเททีฟ แลคติค แอซิด แบคทีเรีย (homofermentative lactic acid bacteria) ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลเกือบทั้งหมดที่มีอยู่ในผักและผลไม้ให้เป็นกรดแลคติคเพียงอย่างเดียว แบคทีเรียกลุ่มนี้ได้แก่ Lactobacillus plantarum และ Pediococcus cerevisiae

2. เฮทเทอโรเฟอเมนเททีฟ แลคติค แอซิด แบคทีเรีย (heterofermentative lactic acid bacteria) ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดแลคติคได้ร้อยละ 45-50 ส่วนที่เหลือเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์ และกรดอะซิติค แบคทีเรียกลุ่มนี้ได้แก่ Leuconostoc mesenteroid และ Lactobacillous bervis

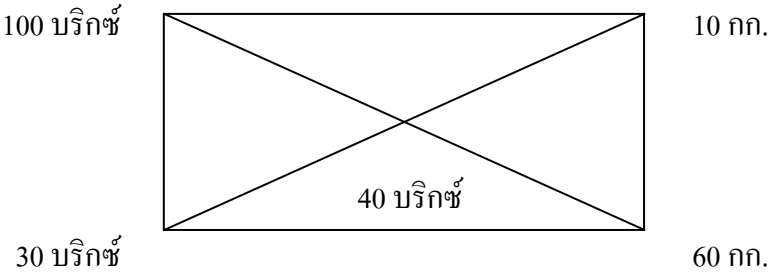
3. การแปรรูปโดยการแช่อิ่ม

การแช่อิ่ม เป็นการถนอมอาหารที่ทำให้ได้อาหารรสชาติอร่อยและแปลกไปอีกแบบ การแช่อิ่ม คือการนำอาหารแช่ลงไปในน้ำเชื่อม น้ำตาลจะเป็นตัวช่วยดึงน้ำออกจากอาหารสามารถทำให้จุลินทรีย์ทำให้อาหารเน่าเสียไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ในขณะเดียวกันน้ำตาลจะซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อแทนอณูของน้ำจนอิ่มตัว ทำให้เพิ่มรสหวานมากยิ่งขึ้น อาหารแช่อิ่มที่คนทั่วไปนิยม เช่น มะม่วง มะดัน มะยม มะขาม ฯลฯ การแช่อิ่มนี้ทำให้ได้รสชาติผลไม้แบบหวานซ่อนเปรี้ยว เพราะความหวานจะเข้าไปผสมกลมกลืนกับความเปรี้ยว ผลไม้ที่ผ่านการถนอมอาหารโดยวิธีการแช่อิ่มนี้นอกจากจะมีรสชาติอร่อยแล้วยังมีราคาสูงพอสมควรอีกด้วย ถ้าจะกล่าวว่าการแช่อิ่มทำให้อาหารมีราคาสูงขึ้น เพราะตอนที่เป็นผลไม้สดนั้นมีราคาถูก แต่เมื่อนำมาแช่อิ่ม นำออกมาขายจะได้ราคาเพิ่มขึ้น(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2548)

ผลไม้ที่นิยมนำมาแช่อิ่ม ได้แก่ ผลไม้ที่กำลังห่าม หรือแก่จัด เนื้อแน่น เช่น มะละกอ สับปะรด พุทรา มะยม ลูกตาล สาเก เงาะ จาวตาล มะม่วง มะดัน กระเจี๊ยบ ลำไย ลูกท้อ ถ้าใช้ผลไม้สุกจะได้เนื้อผลไม้แช่อิ่ม ที่เละไม่น่ารับประทาน

4. การปรับความเข้มข้นของน้ำตาลให้สูงขึ้น

การปรับความเข้มข้นของน้ำตาลคือการเติมปริมาณน้ำตาลลงไปให้เพิ่มขึ้นจากปริมาณเก่า เช่นถ้าต้องการเตรียมน้ำเชื่อมที่ความเข้มข้น 40 บริกซ์ จากน้ำเชื่อมความเข้มข้น 30 บริกซ์ โดยการเติมน้ำตาลทราย 100 บริกซ์ ลงไป โดยใช้สูตรของเปียร์สันสแควร์ ดังนี้



ดังนั้นในการเตรียมน้ำเชื่อมที่ความเข้มข้น 40 บริกซ์ จากน้ำเชื่อมความเข้มข้น 30 บริกซ์ โดยการเติมน้ำตาลทราย 100 บริกซ์ ลงไปในน้ำเชื่อมความเข้มข้น 30 บริกซ์ ให้ผสม 40-30 = 10 กก. ของน้ำตาลทราย 100 บริกซ์ กับ 100 - 40 = 60 กก. ของน้ำเชื่อมที่ความเข้มข้น 30 บริกซ์ เพื่อให้ได้ 10+60 = 70 กก. ของน้ำเชื่อมเข้มข้น 40 บริกซ์ หรือ 40 %

5. เกลือ

บทบาทของเกลือในการดอง เกลือ (โซเดียมคลอไรด์) เป็นส่วนประกอบชนิดหนึ่งที่สำคัญของอาหาร โดยทำให้เกิดรสชาติ นอกจากนั้นยังช่วยในการถนอมอาหาร ในด้านทำให้เกิดคุณภาพของการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยเฉพาะกลิ่นรส และเนื้อสัมผัส เมื่อผสมผักผลไม้กับเกลือหรือแช่ในน้ำเกลือ จะทำให้เกิดการออสโมซิสของสารที่ละลายได้ในผักผลไม้แพร่กระจายสู่น้ำเกลือ และสารละลายในน้ำเกลือจะซึมเข้าสู่เซลล์ของผักผลไม้ สารที่ละลายได้นอกจากเป็นสารอื่น ๆ แล้วยังมีน้ำตาลที่ทำให้สามารถเกิดการหมักด้วยปริมาณน้ำตาลในผักผลไม้จึงมีผลต่อการผลิตกรด โดยจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติกซึ่งใช้น้ำตาลเป็นสารอาหารแล้วเปลี่ยนให้เป็นกรดแลคติกและกรดชนิดอื่นที่ระเหยได้ ความเป็นกรดในน้ำเกลือเพิ่มขึ้นจึงสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร เนื่องจากปริมาณในน้ำเกลือและอุณหภูมิในน้ำเกลือที่มีผลต่อการผลิตกรดและชนิดของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง ปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการเกิดกรดช้าลง และจำนวนชนิดของจุลินทรีย์เกี่ยวข้องมีน้อยลงด้วยในอาหารที่มีเกลือทำหน้าที่เป็นสารกันเสีย เกลือจะแตกตัวเป็นอิออน แต่ละอิออนจะดูดโมเลกุลของน้ำไว้ เมื่อความเข้มข้นของเกลือมากขึ้นจึงต้องการน้ำมาก

ยิ่งขึ้นถ้าปริมาณน้ำคงที่เกลือจึงอิ่มตัวเพราะไอออนเกลือไม่มีน้ำที่จะจับกันได้ ที่จุดนี้เกลือเข้มข้นร้อยละ 26.4 มีค่า a_w (water activity) เท่ากับ 0.75 ซึ่งจุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย ยีสต์ และราส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโต (มณฑาทิพย์, 2545)

คุณภาพของเกลือที่ใช้ควรเป็นเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่มีความบริสุทธิ์ กล่าวคือ ไม่ควรมีสารเจือปนอื่นมากกว่าร้อยละ 1 ไม่ควรมีสารเคมีพวกเกลือของแคลเซียมหรือแมกนีเซียม ฟอสเฟต ไม่ควรมีแคลเซียมออกไซด์ เพราะมีผลทำให้ความเป็นกรดในน้ำเกลือลดลงและยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดการตกตะกอน เกลือควรปลอดจากธาตุเหล็ก เพราะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีดำเนื่องจากเกิดปฏิกิริยากับแทนนินที่มีในผักผลไม้และเครื่องเทศ และไม่ควรมีเกลือแมกนีเซียม ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดรสขม นอกจากนั้นเกลือคาร์บอร์เนตมีผลทำให้เนื้อสัมผัสผักผลไม้อ่อนตัว และความเป็นกรดลดลงด้วย โดยทั่วไปในโรงงานดองผักและผลไม้จะใช้เกลือทะเลเป็นสำคัญ รวมทั้งเกลือสินเธาว์ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์สามารถนำมาใช้ในการดองได้เช่นกันแต่ควรใช้แคลเซียมคลอไรด์ร่วมด้วยจึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสกรอบ และเกลือที่มีสารไอโอดีน ไม่ควรใช้เพราะทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นสีดำ

การวัดความเค็ม การวัดความเข้มข้นของเกลือในน้ำเกลือ สามารถหาได้โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ ปริมาณของเกลือในน้ำเกลือมีหน่วยวัดเป็นองศาซาโลมิเตอร์ คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ที่อิ่มตัว สารละลายอิ่มตัวของโซเดียมคลอไรด์บริสุทธิ์ (100 องศาซาโลมิเตอร์) มีเกลือ 26.359 กรัม ต่อสารละลาย 100 มิลลิลิตร ที่ 15.5 องศาเซลเซียส ดังนั้นการอ่านค่าองศาซาโลมิเตอร์เป็น 10 องศา มีค่าเท่ากับ 2.64 % เกลือ น้ำหนักโดยน้ำหนัก ปริมาณเกลือในน้ำเกลือสามารถวัดได้ค่าหยาบ ๆ ด้วยรีแฟรกโตมิเตอร์ชนิดที่ใช้วัดเกลือ (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) นอนจากนี้สามารถหาปริมาณเกลือ (โซเดียมคลอไรด์) ได้อย่างถูกต้องแน่นอน โดยวิธีไตเตรท (titrat) เพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์

6. กรด

บทบาทของกรดในการดอง การเติมกรด เช่น กรดอะซิติก หรือน้ำส้มสายชู ในน้ำเกลือเริ่มต้นนั้น เพื่อทำให้น้ำเกลือมีความเป็นกรดด่าง (pH) ในช่วง 2.8-3.3 ซึ่งสามารถช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นและเน่าเสียที่ปนเปื้อนจากวัตถุดิบ เพราะจุลินทรีย์ทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสียจะเจริญเติบโตได้ในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นกรดต่ำ น้ำส้มสายชูยังทำให้เกิด

รสชาติด้วยแต่รสชาติของน้ำส้มสายชูหรือกรดอะซิติคจะแตกต่างจากรสชาติที่เกิดจากกรดแลคติกในกระบวนการหมัก น้ำส้มสายชูที่ใช้ควรมีคุณภาพมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข

นอกจากนี้ มีการใช้สารที่ช่วยทำให้โครงสร้างของเนื้อผักผลไม้คงรูป (firming agent) มีความคงตัวของลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น เนื่องจากสารที่ช่วยให้คงรูปนี้ไปทำปฏิกิริยากับเพกติน ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรงขึ้น และยังช่วยยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์แพกติโนไลติค (pectinolytic enzyme) เช่น เพกตินเอสเทอเรส (pectinesterase) และโพลีกาแลคตูโรเนส (polygalacturonase) สารแคลเซียมคลอไรด์จะทำให้ประสิทธิภาพของโพลีกาแลคตูโรเนสในน้ำเกลือต่ำลง สำหรับสารที่ช่วยให้คงรูปที่มีตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ แทนน้ำปูนใสหรือปูนขาว เนื่องจากใช้ง่าย ไม่ทำให้น้ำเกลือมีสภาพเป็นด่างในช่วงการดอง (มณฑาทิพย์, 2545)

ปัจจัยที่มีผลต่อประชากรของจุลินทรีย์ในการหมัก ได้แก่ สารที่เกิดจากการหมัก ชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ที่มีตั้งแต่เริ่มต้นและรวดเร็วของการหมัก ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเกลือในน้ำเกลือและอุณหภูมิ (มณฑาทิพย์, 2545) ดังนั้น ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่สำคัญในการหมัก ได้แก่

1. ทำให้เป็นสภาวะที่ไม่มีอากาศ
2. ความเข้มข้นเกลือที่เหมาะสม
3. อุณหภูมิที่เหมาะสม
4. ความสะอาด
5. ปริมาณจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติคที่เหมาะสม

7. การควบคุมคุณภาพผักผลไม้หมักดองทางด้านเคมี

วิธีการเก็บรักษาอาหารหมักดองนั้น สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์จึงต้องใช้วิธีผสมผสานกันระหว่างปริมาณกรด (acidity) เกลือ ความร้อน และการรักษาความสะอาด จึงจะสามารถเก็บรักษาอาหารชนิดนี้ไว้ได้ ดังนั้นในระหว่างการผลิต ความสะอาด ความเข้มข้นของกรด ปริมาณเกลือ และความร้อน จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมคุณภาพและอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ และจะมีผลต่อรสชาติของอาหารด้วย จึงจำเป็นต้องควบคุมให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งสรุปได้ว่า การดองมะม่วงควรใช้เกลือร้อยละ 10-12 แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 และโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ร้อยละ 0.1 ทดแทนสารส้มและ

โซเดียมเบนโซเอท ตามลำดับ (มณฑาทิพย์, 2543) การเกิดกรดแลกติค ในกระบวนการหมักแต่ละครั้งจะมีความแตกต่างกัน และในขั้นตอนการแปรรูป เช่น การล้าง การแช่ใช้เวลานานต่างกัน จะทำให้วัตถุดิบที่ได้มีปริมาณกรด ปริมาณเกลือ แตกต่างกัน ดังนั้น การผลิตในแต่ละครั้ง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติเหมือนเดิมจึงจำเป็นต้องควบคุมปริมาณกรด และปริมาณเกลือและน้ำตาลให้คงที่ (มณฑาทิพย์, 2545)

8. ชนิดของสารเจือปนที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้

8.1 สารให้ค่าคงรูป เพื่อปรับปรุงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผัก และผลไม้ให้ดีขึ้น สารคงรูปที่รู้จักกันตั้งแต่สมัยโบราณ คือ ปูนขาว ปูนแดง และสารส้ม แต่เนื่องจากสารเหล่านี้มักมีองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันในอุตสาหกรรมการแปรรูปผักและผลไม้จึงใช้แคลเซียมคลอไรด์

8.2 สารที่ใช้เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลส่วนมากใช้วัตถุเจือปนเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และสารประกอบซัลไฟด์

8.3 วัตถุกันเสียเป็นสารประกอบเคมีที่ช่วยในการถนอมหรือยืดอายุการเก็บรักษา หรือช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุในการเสียของผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้

8.4 โซเดียมไบคาร์บอเนต (ผงโซดา) เป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นด่างอ่อน นิยมเติมลงไปในน้ำลวกหรือน้ำแช่หลังลวก จุดประสงค์เพื่อปรับสภาพน้ำลวกให้เป็นด่าง ช่วยรักษาสีให้คงความเขียวสด ปริมาณที่ใช้ 0.5 % นาน 5-10 นาที (5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร)

8.5 โซเดียมเมตาไบด์ซัลไฟด์ใช้เกรดสำหรับอาหารเป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติช่วยป้องกันไม่ให้เกิดเชื้อราในผักและผลไม้ นอกจากนี้ช่วยให้ผลไม้คงสีธรรมชาติไว้ มักจะผสมลงไปในน้ำเชื่อมรวมกับกรดมะนาว ในการแปรรูปผักและผลไม้แช่อิ่มแห้ง ควรใช้ในปริมาณ 0.01-0.02 % ก่อนใส่ลงในน้ำเชื่อม ควรละลายน้ำให้เข้ากันก่อนจึงใส่ป้องกันไม่ให้สารอยู่รวมตัวกันที่เดียว (น้ำเชื่อม 1 ลิตร ใช้กรดมะนาว 1 กรัม โซเดียมเมตาไบด์ซัลไฟด์ 0.1-0.2 กรัม)

8.6 กรดซิตริก (กรดมะนาว) นิยมเติมลงในน้ำลวก หรือสำหรับแช่ผักและผลไม้ก่อน

นำไปแปรรูป เพื่อช่วยปรับปรุงสีของผักและผลไม้ให้ขาว (น้ำ 1 ลิตร ใช้กรดมะนาว 5 กรัม) แช่นาน 15 -20 นาที

8.7 แคลเซียมคลอไรด์ใช้เกรดสำหรับอาหารนิยมเติมลงในน้ำลวกหรือแช่น้ำ เพราะจะช่วยเพิ่มความคงตัวให้แก่ลักษณะเนื้อสัมผัส ผลิตภัณฑ์จะมีเนื้อแน่นขึ้น (น้ำ 1 ลิตร ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5 กรัม) แช่นาน 10-15 นาที (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2548)

9. วิตามินซี (ascorbic acid)

วิตามินซี (ascorbic acid) เป็นสารอาหารที่สำคัญและจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต เพราะเป็นตัวช่วยให้ร่างกายสามารถปฏิบัติงานได้ตามปกติ นอกจากวิตามินแล้วร่างกายยังต้องการสารอาหารสำคัญอื่นๆ อีก 5 ชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน เกลือแร่ และน้ำ

วิตามินที่ร่างกายคนสร้างขึ้นเองไม่ได้ คือวิตามินซี ถึงแม้ว่าร่างกายสามารถสร้างวิตามินชนิดอื่นๆ ได้แต่ก็สร้างในปริมาณเล็กน้อย ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ดังนั้นในแต่ละวันร่างกายจำเป็นต้องได้รับวิตามินจากอาหาร เช่น ผักและผลไม้ หรือได้จากวิตามินที่สังเคราะห์ขึ้นมา

วิตามินซีมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพคือ เป็นสารอาหารชนิดหนึ่งที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่มีประสิทธิภาพดี ปกติร่างกายของมนุษย์ต้องการสารอาหารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรูปของวิตามิน เกลือแร่ และสารอาหารอื่นๆ เช่น กลูตาไทโอน (glutathione) พบมากในผลไม้เช่น อะโวกาโด แตงโม และผักแอสปารากัส ไลโคปีน (lycopene) พบมากในแตงโม มะเขือเทศ เพื่อให้มีสุขภาพแข็งแรงสามารถต่อต้านโรค บางชนิดเช่น โรคมะเร็ง โรคไขมันในเลือดสูง โรคข้ออักเสบ โรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจ เป็นต้น (ปาริชาติ, 2540)

สถาบันยา ซึ่งเป็นหน่วยงานหนึ่งของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติสหรัฐ ระบุว่า ผู้ชายต้องการวิตามินซีวันละ 90 มิลลิกรัม ขณะที่ผู้หญิงต้องการวันละ 75 มิลลิกรัม ส่วนคนที่สูบบุหรี่ต้องการเพิ่มขึ้นอีกวันละ 35 มิลลิกรัม ปริมาณวิตามินซีที่คนต้องการสามารถหาได้ในอาหารจำพวกผักใบเขียว และผลไม้รสเปรี้ยว เช่น ส้ม มะนาว มะขามป้อม และผลไม้ที่ไม่มีรสเปรี้ยวบางชนิดที่มีวิตามินซีสูง เช่น ผลฝรั่งสด

10. กระบวนการออสโมซีส

กระบวนการแยกน้ำออกจาก cellular material เช่น ผัก ผลไม้ อาศัยหลักการออสโมซีส ในการกำจัดน้ำบางส่วนจากผลไม้ โดยสามารถกำจัดน้ำได้ประมาณร้อยละ 30-50 ของน้ำหนักเริ่มต้นของชิ้นผลไม้ การแช่ผักผลไม้ลงในสารละลาย เช่น เกลือ น้ำตาล หรือกลีเซอรอล ทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ให้มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างผักผลไม้และสารละลายภายนอก (Raoult *et.al,*, 1989) โดยการถ่ายทอดมวลสารนี้จะเคลื่อนที่แบบสวนทาง (countercurrent mass transfer) ผ่านเยื่อเลือกผ่าน โดยใช้เซลล์เมมเบรนของผลไม้ ทำหน้าที่เป็น semipermeable membrane สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท กล่าวคือ น้ำภายในเซลล์ ผลไม้จะแพร่กระจายสู่สารละลายภายนอก ขณะที่ตัวถูกละลาย (solute) ภายนอก เช่น เกลือ น้ำตาล จะแพร่เข้าสู่เซลล์ผลไม้ และสารบางอย่างที่มีอยู่ในเซลล์ตามธรรมชาติ เช่น น้ำตาล กรดอินทรีย์และเกลือแร่ จะซึมออกสู่สารละลายภายนอก แต่เซลล์ของผลไม้ที่แช่ในสารละลายที่ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน จะยอมให้น้ำซึมผ่านมากกว่าเกลือหรือน้ำตาล ดังนั้นน้ำจะแพร่กระจายออกจากเซลล์ได้มากกว่าการแพร่กระจายของน้ำตาลหรือเกลือที่เข้าไปในผลไม้ ดังนั้นการออสโมซีสจึงต้องอาศัยความแตกต่างของอัตราเร็วในการแพร่ระหว่างน้ำตาลกับน้ำเพื่อใช้ควบคุมปริมาณของน้ำที่ต้องการจะดึงออกและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น ภายหลังการออสโมซีส ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด (acidity) ของผลไม้จะลดลง

11. ความดันไฮโดรสแตติก

กลศาสตร์ของน้ำ (hydromechanics) คือ ส่วนประกอบทั้งหมดซึ่งเกี่ยวข้องกับของของไหล แบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ hydrostatics และ hydrodynamics (William and Bryan, 1992) hydrostatics ส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับสมดุลของของไหลและเกี่ยวกับแรงที่กระทำเมื่อของไหลอยู่กับที่ hydrodynamics ส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของของไหลภายใต้แรงที่มากระทำ

12. หน่วยของความดัน

ความดัน (Pressure) คือ แรงที่ได้จากการกระทำของของไหลต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ความดันของของไหลที่หยุดนิ่ง ณ จุดใด ๆ จะเท่ากันทุกทิศทาง สำหรับของเหลวนั้นความดันจะเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกอันเนื่องมาจากน้ำหนักของของเหลว ส่วนความดันของก๊าซเราอาจจะพิจารณาว่าการเปลี่ยนแปลงความดันนั้นไม่เกิดขึ้นหากว่าการเปลี่ยนแปลงระดับความสูง ไม่มากนัก หรือเรียกว่ามี

ความดันเท่ากันตลอดหรือเป็นเอกรูป (uniform) เพราะน้ำหนักของก๊าซนั้นน้อยมาก แต่ถ้าหากว่ามีการเปลี่ยนแปลงความสูงที่มากพอสมควรก็อาจจะพิจารณาว่า ความดันนั้นเปลี่ยนแปลงไปตามระดับความสูงเพื่อให้การคำนวณถูกต้องมากยิ่งขึ้น ส่วนมิติของความดันจะเป็นมิติของแรงต่อด้วยมิติของพื้นที่ สำหรับหน่วยของความดันในหน่วยต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันดังนี้

1 ปาสคาล (Pa) = 1 นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2)

1 บาร์ (bar) = 10^5 ปาสคาล (Pa) = 0.1 เมกกะปาสคาล (MPa) = 100 กิโลปาสคาล (kPa) =1 กิโลกรัมรต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm^2)

1 บรรยากาศ (atm) = 101325 ปาสคาล (Pa) = 101.325 กิโลปาสคาล (kPa) = 1.01325 bars = 760 มิลลิเมตรปรอท (mmHg)

โดยที่ระดับอัตราเร่งมาตรฐานสากล ($g = 9.807\ m/s^2$ ที่ระดับน้ำทะเลที่ตำแหน่งเส้นรุ้งที่ 45 องศา) จะมีค่าความดันบรรยากาศมาตรฐานเท่ากับ 1.01325 บาร์

การพิจารณาความดันนั้นอาจพิจารณา ได้เป็นทั้งแบบสัมบูรณ์และแบบสัมพัทธ์ ดังนั้นจึงสามารถแสดงค่าความดัน ได้เป็น 2 วิธีคือแสดงเป็นค่าความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure, P_{abs}) โดยเทียบกับค่าที่ไม่มีความดันเลยหรือที่เรียกกันว่าสุญญากาศ และการแสดงค่าความดันที่เทียบกับความดันบรรยากาศขณะนั้น โดยการอ่านค่าความดันเทียบกับค่าความดันบรรยากาศยังสามารถแยกย่อยได้อีก 2 แบบคือ

1. ความดันเกจ (gage pressure, P_{gage}) คือเป็นค่าความดันที่อ่านมาจากมาตรวัดความดัน ในกรณีที่เป็นความดันที่สูงกว่าความดันบรรยากาศ เนื่องจากมาตรวัดความดันส่วนใหญ่จะต้องเปรียบเทียบค่าความดันที่วัดกับค่าความดันบรรยากาศรอบ ๆ ข้างขณะนั้น ทำให้ค่าที่อ่านออกมาได้นั้นเป็นค่าความแตกต่างระหว่างความดันที่วัดและความดันบรรยากาศขณะนั้น

2. ความดันสุญญากาศ (vacuum pressure, P_{vac}) ความดันแบบนี้จะคล้ายกับความดันเกจ แต่จะใช้ในกรณีที่มีความดันวัดนั้นต่ำกว่าความดันบรรยากาศเท่านั้น กรณีที่เครื่องวัดอ่านค่าความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศจะได้ว่า ความดันสุญญากาศ = ความดันบรรยากาศ – ความดันสัมบูรณ์หรือ

$$P_{vac} = P_{atm} - P_{abs}$$

13. การแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันไฮโดรสแตติก (hydrostatic pressure)

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการถนอมรักษาอาหารโดยใช้ความดันสูงมีมากกว่า 100 ปีแล้ว ซึ่งได้อธิบายการฆ่าเชื้อแบคทีเรียโดยการใช้ความดันสูง และมีการรายงานผลการใช้ความดันสูงในการถนอมอาหารรักษานม (วิไล, 2545) อย่างไรก็ตามงานวิจัยต่าง ๆ ที่มีการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม เช่น การประยุกต์ใช้ความดันสูงในการแปรรูปและถนอมอาหารในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเริ่มใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทแยม น้ำผลไม้ อาหารแปรรูปในภาชนะบรรจุ โดยมีการใช้ความดันในช่วง 300-700 เมกกะปาสคาล (MPa) สำหรับการถนอมรักษาอาหาร (ความดัน 500 เมกกะปาสคาล (MPa) เทียบเท่ากับนำรถยนต์ประมาณ 20 คันกดทับลงไปบนแสตมป์ 1 ดวง) การรักษาความดันดังกล่าวเป็นเวลา 15 นาที จะสามารถช่วยลดแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษ ในประเทศฝรั่งเศสมีการใช้เทคนิคดังกล่าวในการผลิตน้ำผลไม้ ส่วนในสหรัฐอเมริกาใช้ในการแปรรูปและถนอมรักษาอะโวกาโด รวมทั้งมีการวิจัยและพัฒนาการใช้ความดันสูงกับผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมรับประทาน (วิไล, 2545)

หลักการพื้นฐาน 2 หลักการที่ใช้อธิบายผลของความดันไฮโดรสแตติกที่มีต่ออาหารคือ

1. หลักการไอโซสแตติกของปาสคาล (Pascal's Isostatic) ซึ่งอธิบายว่าการใช้ความดันกับอาหารและผลิตภัณฑ์ทางชีวภาพ จะส่งผลให้อาหารและผลิตภัณฑ์ทางชีวภาพถูกกระทำด้วยความดันในลักษณะที่เหมือนกันทุก ๆ พื้นที่ทันที การใช้ความดันไม่ขึ้นกับปริมาตร ขนาด และ รูปทรงของตัวอย่าง (Knorr, 1995)

2. หลักการของลีชาเตลิเออร์ (Le Chatelier) อธิบายว่าการใช้ความดันทำให้ตัวอย่างมีสภาวะการเปลี่ยนสถานะ (phase transition) และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ผิดปกติ ซึ่งเกิดควบคู่กับปริมาตรที่ลดลงของตัวอย่าง (Ledward, 1995 และ Cheftel , 1995) นอกจากนั้นความดันยังอาจส่งผลต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการสร้างพลังงาน ผลของความดันไฮโดรสแตติกที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารขึ้นอยู่กับระดับความดันที่ใช้ ระยะเวลาในการอัดความดัน ค่าความเป็นกรดด่างของอาหาร ปริมาณน้ำอิสระในการอาหาร water activity (a_w) และความเข้มข้นของเกลือ เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในกระบวนการให้ความร้อนกับการใช้ความดันไฮโดรสแตติก พบว่ากระบวนการที่ใช้ความดันไฮโดรสแตติก จะใช้พลังงานน้อยกว่าพลังงานที่ใช้ในการให้ความร้อน พลังงานที่ใช้ในการอัดความดันที่ 400 เมกกะปาสคาล (MPa) มีค่าเท่ากับพลังงานที่ใช้ในการให้ความร้อนที่ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิห้องเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

14. ผลของความดันไฮโดรสแตติกที่มีต่อน้ำ

เนื่องจากน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหาร ผลของความดันที่มีต่อน้ำจึงมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการศึกษา ของเหลว เรียกได้ว่าเป็น incompressible fluid ความดันไฮโดรสแตติกมีผลทำให้น้ำมีปริมาตรลดลง แต่เมื่อเทียบกับก๊าซแล้วถือว่าลดลงน้อยมาก ปริมาตรสูงสุดของน้ำที่ลดลงคือร้อยละ 15 ที่ความดัน 600 เมกกะปาสคาล (MPa) อาหารที่มีน้ำอยู่น้อยมากและมีก๊าซอยู่เพียงเล็กน้อยการบีบอัดจะให้ผลเปรียบเสมือนกับว่าเป็นการบีบอัดน้ำ การใช้ความดันยังก่อให้เกิดการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง ของอาหาร ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกด้วย (Palou *etal.,*1997) การใช้ความดัน 101 เมกกะปาสคาล (MPa) สามารถทำให้ค่าความเป็น กรด-ด่าง ของน้ำลดลงจาก 7.00 เป็น 6.27 ได้ (Marquis, 1976)

ระบบของความดัน ที่ใช้ในการผลิตอาหารประกอบด้วยหม้ออัดความดัน (high-pressure vessel) ซึ่งเป็นระบบปิด แหล่งกำเนิดความดัน ชุดควบคุมอุณหภูมิและความดัน (ตระการ, 2540) วิธีการก็คือใส่ตัวอย่างลงในหม้ออัดความดันที่มีของเหลวบรรจุอยู่ปิดภาชนะให้สนิท แล้วอัดความดันเข้าสู่หม้ออัดความดัน

การนำเทคนิคการใช้ความดันสูงมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร สามารถทำในช่วงปลายทศวรรษ 1980 เมื่อมีการออกแบบเครื่องมือที่สามารถใช้กับอาหารได้นั่นเอง ความดันที่ใช้สูงมากคือ อยู่ในระดับ 100-900 เมกกะปาสคาล (MPa) หรือเทียบเท่า 1,000-9,000 เท่าของความดันบรรยากาศ (วิไล, 2545)

เครื่องมือที่ใช้ในอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารด้วยความดันสูงคล้ายคลึงกับการแปรรูปโดยใช้ความร้อนซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปคือ เป็นระบบแบบครั้งเดียวหรือต่อเนื่อง โดยทั่วไปเครื่องมือประกอบด้วยถังทนความดันสูงขนาด 10-15 ลิตร และเครื่องผลิตความดันสูง เมื่อนำอาหารที่วางในภาชนะบรรจุใส่ลงในถังแล้วปิดฝาด้านบนเครื่อง ต่อจากนั้นเป็นการสูบตัวกลางในการให้ความดันซึ่งนิยมใช้น้ำเข้ามาทางใต้ถัง ความดันจะถูกส่งผ่านตัวกลางและอาหารอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นอาหาร อาหารจะไม่เปลี่ยนรูปร่างเนื่องจากได้รับความดันเท่ากันทุกด้าน รอบเวลาที่ใช้ทั่วไปเป็นเวลาสั้น ๆ ไม่เกิน 15 นาที เมื่อได้ความดันที่ต้องการแล้ว ระบบปั๊มจะหยุด วาล์วปิด และความดันจะคงที่โดยไม่จำเป็นต้องให้พลังงานแก่ระบบอีก (วิไล, 2545)

15. ผลของความดันที่มีต่อเชื้อจุลินทรีย์

การต้านทานความดันของเชื้อจุลินทรีย์มีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ ระดับความดัน อุณหภูมิ เวลาของการอัดความดัน และส่วนประกอบของอาหาร (Ledward, D. 1995) vegetative cell มีความไวต่อความดันมากกว่าเซลล์ในช่วง stationare phase แบคทีเรียแกรมบวกสามารถทนต่อความดันได้มากกว่าแบคทีเรีย แกรมลบ vegetative cell รวมทั้งสปอร์ของยีสต์และรา ถูกทำลายได้ที่ความดัน 200 ถึง 300 เมกกะปาสคาล (MPa) อย่างไรก็ตามสปอร์ของแบคทีเรียมีความทนทานมากและมีชีวิตรอดได้ที่ความดันสูงกว่า 1000 เมกกะปาสคาล (MPa) ไวรัสบางชนิดสามารถทนความสูงได้ ผลของความดันไฮโดรสแตติกมีความสำคัญเนื่องจากความดันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการยอมให้สารผ่านเข้าออกของเซลล์เมมเบรน และทำให้เกิดการรั่วของสารภายในเซลล์ ความดันสามารถทำให้อาหารมีความเป็นกรดด่างต่ำลงได้ ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ การศึกษาในห้องปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่า การใช้รังสีแกรมมาร่วมกับความดัน 400 เมกกะปาสคาล (MPa) สามารถลดสปอร์ของแบคมีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้รังสีหรือการใช้ความดันเพียงอย่างเดียว

16 การถนอมอาหารโดยการทำแห้ง

การทำผลิตผลทางการเกษตรให้แห้ง เกษตรกรจะใช้วิธีการตากแดดและผึ่งลม แต่บางครั้งสภาพอากาศมีความชื้นสูง หรือในฤดูฝนการตากแดดและผึ่งลมทำไม่ได้ นอกจากนี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับความไม่สะอาดเนื่องจากฝุ่นละอองในขณะตาก และการรบกวนจากสัตว์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องอาศัยเทคโนโลยีในการทำแห้ง โดยมนุษย์สร้างเครื่องมือขึ้นใช้สำหรับอบผลิตผลทางการเกษตรให้แห้ง จึงเรียกวิธีการนี้ว่า “การอบแห้ง” และเรียกผลิคภัณฑ์ที่ผลิตได้โดยวิธีนี้ว่า “ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้ง”

การถนอมอาหารโดยการทำให้แห้ง เป็นการลดปริมาณน้ำในอาหาร ซึ่งจะมีผลทำให้กระบวนการเมทาบอลิซึม และการเจริญของจุลินทรีย์เกิดได้ช้าลง ทั้งยังเป็นการลดอัตราเร็วของปฏิกิริยาการเกิดการเหม็นหืนของไขมันเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) รวมทั้งลดกิจกรรมเอนไซม์ด้วย การทำให้อาหารแห้งอาจทำได้ 2 วิธี คือ

1. การทำให้อาหารแห้งโดยอาศัยธรรมชาติ หรืออาศัยการผึ่งลมเช่นปลา (ภาพที่ 1) เนื้อสัตว์ เมล็ดธัญพืช ผัก ผลไม้ เป็นต้นว่า กล้วย องุ่น มะม่วง หน่อไม้ และเครื่องเทศบางชนิด เป็นวิธีที่นิยมใช้กันแพร่หลายในประเทศที่กำลังพัฒนาและมีแสงแดดเพียงพอ เช่น ประเทศในแถบร้อนศูนย์สูตร เพราะต้นทุนต่ำ ทำได้ง่ายโดยไม่มีเทคนิคและหลักวิชาการเข้าไปเกี่ยวข้อง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมอัตราความเร็วในการทำแห้งได้ คือจะทำได้ก็ต่อเมื่อมีแสงแดดเท่านั้น ดังนั้นอาจทำให้อาหารแห้งไม่ต่อเนื่อง เป็นผลทำให้อาหารเน่าเสียระหว่างรอการตากแดดครั้งต่อไป การตากแดดยังทำให้สูญเสียคุณค่าทางอาหารมาก และได้ผลิตภัณฑ์ไม่ค่อยสะอาด

ภาพที่ 1 ตัวอย่างอาหารตากแห้งแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์

2. การทำให้อาหารแห้งโดยอาศัยวิธีกลเข้าช่วย วิธีนี้เป็นการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์และเครื่องมือ ตลอดจนเทคโนโลยีเข้าช่วย โดยอาศัยการส่งความร้อนเข้าไปในชิ้นอาหารเพื่อทำให้น้ำหรือความชื้นกลายเป็นไอระเหยออกไปจากผิวหน้าของอาหาร ความร้อนที่ส่งเข้าไปในอาหารนั้นอาจโดยการนำความร้อน การพาความร้อนหรือการแผ่รังสีก็ได้ แต่เครื่องทำแห้งส่วนใหญ่จะใช้หลักการส่งผ่านความร้อนด้วยการนำหรือการพาความร้อน การทำให้อาหารแห้งโดยวิธีนี้ สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมในการทำแห้งได้ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การหมุนเวียนของอากาศ ใช้พื้นที่และใช้เวลาในการทำแห้งได้น้อยกว่าการทำแห้งโดยวิธีธรรมชาติ ทั้งยังได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ

หลักการในการทำแห้งมีอยู่หลายวิธี คือ

1. ใช้กระแสลมร้อนสัมผัสกับอาหาร เช่น ตู้อบแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer)

2. พ่นอาหารที่เป็นของเหลวไปในลมร้อน เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)

3. ให้อาหารข้นสัมผัสผิวหน้าของลูกกลิ้งร้อน เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer หรือ Roller dryer)

4. กำจัดความชื้นในอาหารในสภาพที่ทำน้ำให้เป็นน้ำแข็งแล้วกลายเป็นไอในห้องสุญญากาศ ซึ่งเป็นการทำให้อาหารแห้งแบบเยือกแข็ง โดยเครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dryer)

5. ลดความชื้นในอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ (Microwave) หลักในการทำอาหารให้แห้ง คือ จะต้องไล่น้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในผลิตผลการเกษตรออกไป แต่จะยังมีความชื้นเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มากน้อยแล้วแต่ชนิดของอาหาร

การถ่ายเทความร้อน จะเกิดตรงจุดที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิของเครื่องมือที่ใช้ในการอบ และอาหารที่ต้องการทำให้แห้ง การถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบ คือ

1. การนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งจะเกิดกับอาหารที่มีลักษณะเป็นของแข็ง

2. การพาความร้อน จะเกิดกับอาหารที่เป็นของเหลว โดยกระแสความร้อนจะถูกพาผ่านช่องว่างที่เป็นอากาศหรือแก๊สจากของเหลวชนิดหนึ่งไปยังของเหลวอีกชนิดหนึ่ง

3. การแผ่รังสี เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนไปยังอาหารซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีอบอาหารในสุญญากาศ และการอบแห้งแบบเยือกแข็ง ในทางปฏิบัติ การถ่ายเทความร้อนในการอบแห้งอาจเกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 2 หรือ 3 แบบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของอาหารที่นำไปอบแห้ง

17. เครื่องอบแห้ง

1. ตู้อบหรือโรงอบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยมีหลักการทำงานคือ ตู้หรือโรงอบประกอบด้วยแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งทำด้วยวัสดุใส เมื่อแสงอาทิตย์ตกลงบนแผงรับแสงนี้แล้วจะเปลี่ยนเป็นรังสีความร้อนซึ่งความร้อนนี้จะไปกระทบกับอาหารทำให้น้ำในอาหารระเหยออกมาและผ่านออกไปทางช่องระบายอากาศของตู้อบ หรือโรงอบ มีผลทำให้อาหารแห้ง ในระหว่างการอบควรกลับผลิตภัณฑ์นั้น วันละ 1-2 ครั้ง เพื่อให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ทุกส่วนได้สัมผัสกับความร้อน ทำให้แห้งเร็วและสม่ำเสมอ ส่วนมากตู้อบแสงอาทิตย์นี้จะใช้กับพวกผัก ผลไม้ และธัญพืช

ข้อดีสำหรับการใช้ตู้อบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์คือ

1. ได้ผลิตภัณฑ์สีสวย และสม่ำเสมอ
2. สะอาดเพราะสามารถควบคุมไม่ให้ฝุ่นละอองหรือแมลงเข้าไปได้
3. ใช้เวลาน้อยกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ทำให้ประหยัดเวลาในการตากได้
4. ประหยัดพื้นที่เพราะในตู้อบสามารถวางถาดที่จะใส่ผลผลิตได้หลายถาด
5. ประหยัดแรงงาน เพราะไม่ต้องเก็บอาหารที่กำลังตากเข้าที่ร่มในตอนเย็น และเอาออกตากในตอนเช้าเหมือนสมัยก่อน ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนในการผลิตอาหารแห้งลดลง

2. เครื่องอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากแหล่งอื่น ความร้อนที่ใช้กับเครื่องอบประเภทนี้ส่วนมากจะได้จากกระแสไฟฟ้า หรือแก๊ส ส่วนมากใช้ในระดับอุตสาหกรรมซึ่งมีหลายแบบหลายขนาด โดยใช้หลักการที่แตกต่างกันแล้วแต่ประโยชน์ของการใช้สอย เช่น

2.1 เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบตู้หรือถาด ตู้อบบุด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนมีถาดสำหรับวางอาหารที่จะอบ เครื่องมือชนิดนี้จะใช้อบอาหารที่มีปริมาณน้อย หรือสำหรับงานทดลอง (ภาพที่ 2)

2.2 เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบต่อเนื่อง มีลักษณะคล้ายอุโมงค์ นำอาหารที่ต้องการอบแห้งวางบนสายพานที่เคลื่อนผ่านลมร้อนในอุโมงค์ เมื่ออาหารเคลื่อนออกจากอุโมงค์ก็จะแห้งพอดี ตัวอย่างอาหาร เช่น ผัก หรือ ผลไม้อบแห้ง

2.3 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย การทำงานของเครื่องอบแบบนี้คือ ต้องฉีดของเหลวที่ต้องการทำให้แห้งพ่นเป็นละอองเข้าไปในตู้ที่มีลมร้อนผ่านเข้ามา เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป ไข่ผง น้ำผลไม้ผง ซุปผง

2.4 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง เครื่องทำแห้งแบบนี้ให้ความร้อนแบบนำความร้อนซึ่งประกอบด้วยลูกกลิ้งทำด้วยเหล็กปลอดสนิม อาหารที่จะทำแห้งต้องมีลักษณะข้นและป้อนเข้าเครื่องตรงผิวนอกของลูกกลิ้งเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ความร้อนจะถ่ายเทจากลูกกลิ้งไปยังอาหาร (ภาพที่ 3)

ภาพที่ 2 เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบตู้หรือถาด

ภาพที่ 3 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง

18. ผลไม้อบแห้ง

การอบแห้งผลไม้เป็นหนึ่งในวิธีการดั้งเดิมที่ใช้ใน การถนอมรักษาอาหารให้สามารถเก็บรักษาได้ยาวนาน โดยใช้หลักการในการลดความชื้นของอาหารให้อยู่ในระดับที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถ เจริญได้ การอบแห้งโดยทั่วไปจะอาศัยพลังงานความร้อนในการระเหยน้ำออกไปเป็นไอน้ำ ยกเว้นวิธีการทำแห้งแบบ freeze drying

ข้อดีของผลไม้อบแห้ง

1. เป็นวิธีที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกายและเกลือแร่ที่มีอยู่ในผลไม้ ไม่ทำให้เกิดการสูญเสียวิตามิน มากกว่าวิธีการแปรรูปแบบอื่นและสามารถเสริมวิตามินเข้าไปในผลิตได้ง่าย

2. มีอายุการเก็บรักษายาวนานและตลอดไปหากเก็บไว้ในสภาวะที่เหมาะสม โดยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย เอนไซม์และเชื้อราในระดับสูง

3. ช่วยลดต้นทุนในการขนส่งและเก็บรักษา เนื่องจากไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ในด้านพลังงานในการแช่เย็นทั้งในช่วงขนส่งและเก็บรักษา อีกทั้งมีน้ำหนักเบา ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเพียง 1/7 - 1/9 ของผลไม้สด ผลไม้กระป๋อง หรือผลไม้แช่เยือกแข็ง ทำให้สามารถลดต้นทุนในการขนส่งได้ประมาณ 90 %

4. มีผลิตภัณฑ์จำหน่ายตลอดปี และสม่ำเสมอไม่ขึ้นอยู่กับฤดูกาล

5. กระบวนการผลิตสะดวก ยืดหยุ่น และคุ้มทุน เนื่องจากสามารถกำหนดขนาดและรูปร่างได้ตามความต้องการ

6. สามารถเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่มีราคาถูกได้ แต่จำเป็นต้องมีการดูดออกซิเจนและความชื้นออกไป

7. เป็นผลิตภัณฑ์ที่บริโภคได้ง่าย เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

19. จำนวนผู้ผลิตและผู้นำเข้าผลไม้อบแห้งและแช่อิ่ม

ปัจจุบันมีผู้ประกอบการภายในประเทศไทยในอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้ในลักษณะของผลไม้อบแห้งและแช่อิ่มเป็นจำนวนทั้งสิ้น 130 ราย โดยแบ่งเป็นผู้ประกอบการขนาดใหญ่ ผู้ประกอบการขนาดกลาง ผู้ประกอบการขนาดเล็กจำนวน 98 ราย (ข้อมูลจากกรมโรงงาน ณ เดือนมีนาคม 2545) และผู้ประกอบการระดับท้องถิ่นในโครงการหนึ่งตำบล

ตลาดของผลไม้อบแห้งและแช่อิ่มของประเทศไทยในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นภายในประเทศและจะพบเฉพาะผลไม้บางประเภทเท่านั้น แต่เนื่องด้วยลักษณะการผลิตในอุตสาหกรรมผลไม้อบแห้งและแช่อิ่มเป็นการผลิตในระดับครัวเรือนและมีจำนวนผู้ผลิตรายเล็กเป็นจำนวนมาก ขณะที่สินค้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัดส่งผลไม้ตลาดภายในประเทศเป็นลักษณะตลาดแบบแข่งขันสมบูรณ์ ภาวะตลาดผลไม้อบแห้งและแช่อิ่ม ตามร้านขายของฝากตามแหล่งท่องเที่ยวก็หดตัวตามไปด้วย ส่วนตลาดที่มาจากการนำเข้าจากต่างประเทศบ้างแต่ไม่มากนัก ประมาณ 345 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2544 โดยส่วนใหญ่เป็นการนำเข้ามาจากมาเลเซียและญี่ปุ่นมากที่สุด

ตารางที่ 2 แสดงมูลค่าการนำเข้าผลไม้อบแห้งและแช่อิ่ม

ประเทศ	มูลค่านำเข้า (ล้านบาท)	สัดส่วน (ร้อยละ)
1. มาเลเซีย	199.98	57.90
2. ญี่ปุ่น	46.45	13.45
3. สหรัฐอเมริกา	29.51	8.54
4. ประเทศไทย	22.03	6.38
5. ออสเตรเลีย	11.30	3.27
6. ไต้หวัน	10.44	3.02
7. จีน	4.53	1.31
8. ปากีสถาน	4.18	1.21
9. เยอรมัน	3.87	1.12
10. เม็กซิโก	3.25	0.94

ที่มา: กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ 2545

20. ถังรับแรงดัน

1. ภาชนะความดันผนังบาง

ภาชนะความดันใช้กันมากในงานอุตสาหกรรม มีรูปทรงพื้นฐานง่าย ๆ เช่น ทรงกลม หรือทรงกระบอกที่มีผิวปิดหัวท้ายเป็นครึ่งทรงกลม ทรงกรวย ทรงรี หรือผิวปิดแบนเรียบ ภาชนะความดันที่ความหนาของผนัง (t) มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับรัศมีความโค้ง (r) ถ้า r/t มีค่ามากกว่า 10 ก็จัดได้ว่าเป็นภาชนะผนังบาง หลักการในการออกแบบความหนาของผนังนั้น จะต้องใช้ความเค้นสูงสุดในเนื้อวัสดุที่ทำภาชนะมีค่าต่ำกว่าความเค้นครากของวัสดุนั้น

1.1 ชนิดของภาชนะ

ชนิดของภาชนะสามารถแบ่งแยกออกเป็นหลายแบบตามลักษณะต่างๆ ดังนี้

1.1.1 การใช้งาน เช่น ภาชนะบรรจุเครื่องปฏิกรณ์ หม้อน้ำ เครื่องผสม และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

1.1.2 วัสดุโครงสร้าง เช่นทำด้วยเหล็กกล้า เหล็กหล่อ ทองแดง พลาสติก

1.1.3 วิธีการสร้าง เช่นการเชื่อม การหล่อ การบัดกรี การยึดด้วยหน้าแปลน

1.1.4 โครงสร้างเลขาคณิต เช่นทรงกระบอก ทรงกลม ทรงกรวย หรือผสมกัน

1.1.5 ลักษณะของภาระ ภาระที่กระทำอาจเป็นความดันภายใน หรือความดันภายนอก

1.1.6 อุณหภูมิของผนัง ได้รับความร้อนหรือไม่ได้ความร้อน

1.1.7 การกระทำเกี่ยวกับการกัดกร่อน ภาชนะได้รับอิทธิพลของการกัดกร่อนปานกลางหรือมาก

1.1.8 ตำแหน่งการจัดวาง แนวดิ่ง แนวระดับ หรือแนวเอียง

1.1.9 วิธีการประกอบ แยกเป็นชิ้นส่วนย่อยๆได้ หรือแยกไม่ได้

1.1.10 ความหนาของผนัง จะถือว่าเป็นผนังบางเมื่อ $do/di < 1.5$ และผนังหนาเมื่อ $do/di > 1.5$

1.2 ภาชนะทรงกระบอก

ภาชนะทรงกระบอกนิยมใช้กันมากในการผลิตเป็นภาชนะ เพราะการสร้างทำได้ง่าย และมีความแข็งแรง ภาชนะทรงกระบอกอาจวางในแนวนอนหรือแนวตั้งก็ได้ แต่แนวตั้งมักนิยมใช้กันมากในกรณีของภาชนะผนังบางภายใต้ความดันไม่สูง การออกแบบภาชนะทรงกระบอกแนวตั้งสามารถตัดปัญหาเกี่ยวกับความเค้นดัดเนื่องจากน้ำหนักของภาชนะและของไหลภายในออกไปได้ เมื่ออยู่ภายใต้ความดันจะมีความเค้นในสองแนวคือ ความเค้นแนวแกน และแนวเส้นรอบวง

ความเค้นแนวแกน (Longitudinal Stress) เป็นความเค้นที่เกิดขึ้นในแนวแกนของทรงกระบอก ภาพที่ 4 และคำนวณได้จากสูตรที่

$$\sigma_1 = \frac{F}{A} = \frac{P\P r^2}{2\P rt} = \frac{PD}{4t} \qquad (1)$$

แนวเส้นรอบวง (Hoop Stress) เป็นความเค้นที่เกิดขึ้นในแนวเส้นรอบวงของหน้าตัดทรงกระบอก ภาพที่ 4 คำนวณได้จากสูตรที่ 2

$$\sigma_2 = \frac{F}{A} = \frac{P(2r)l}{2lt} = \frac{PD}{2t} \qquad (2)$$

σ_1 = ความเค้นตามแนวแกน(นิวตันต่อตารางเมตร)

σ_2 = ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง(นิวตันต่อตารางเมตร)

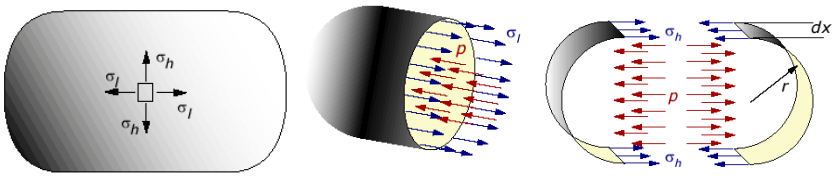
F = แรงที่กระทำ(นิวตัน)

A = พื้นที่สัมผัส(นิวตันต่อตารางเมตร)

P = ความดันภายในภาชนะ(นิวตันต่อตารางเมตร, N/m^2)

r = รัศมีภายในภาชนะ(เมตร)

t = ความหนาภายในภาชนะ(เมตร)

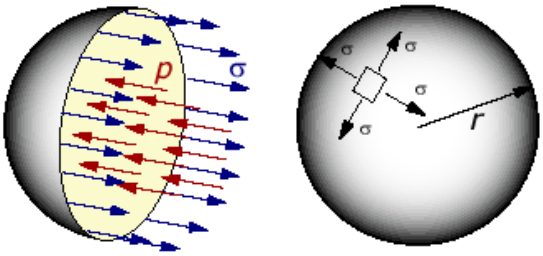


ภาพที่ 4 ภาชนะความดันทรงกระบอก

ที่มา: http://www.efunda.com/formulae/solid_mechanics/mat_mechanics/pressure_vessel.cfm (2004)

1.3 ภาชนะทรงกลม

ภาชนะความดันที่มีลักษณะเป็นทรงกลมดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ภาชนะความดันทรงกลม

ที่มา: http://www.efunda.com/formulae/solid_mechanics/mat_mechanics/pressure_vessel.cfm (2004)

ภาชนะทรงกลม ความเค้นบนผนังภาชนะสามารถคำนวณได้จากสูตรที่ 3

$$\sigma = \frac{Pr}{2t} \qquad (3)$$

เมื่อ σ = ความเค้นบนผนังภาชนะ (นิวตันต่อตารางเมตร)

P = ความดันภายในภาชนะ (นิวตันต่อตารางเมตร)

r = รัศมีภายในภาชนะ (เมตร)

t = ความหนาของภาชนะ (เมตร, m)

ภาชนะความดันส่วนมากจะมีรอยต่อ ซึ่งมีความแข็งแรงน้อยกว่าเนื้อของภาชนะจริง จึงต้องนำประสิทธิภาพของรอยต่อมาพิจารณาด้วย ดังนั้นค่าความเค้นที่ใช้ในสูตรจะเป็นค่าความเค้นออกแบบ (σ_d) โดย

ความหนาของภาชนะความดันทรงกลม $$t = \frac{Pr}{2S_d} \quad (4)$$

ความหนาของภาชนะความดันทรงกระบอก $$t = \frac{Pr}{S_d} \quad (5)$$

ในกรณีของรอยเชื่อม ความหนารอยเชื่อมจะต้องนำค่าประสิทธิภาพของรอยต่อมาพิจารณาด้วยโดย

ความหนาของรอยเชื่อม ภาชนะความดันครึ่งทรงกลม $$t = \frac{Pr}{2\eta S_d} \quad (6)$$

ความหนาของรอยเชื่อม ภาชนะความดันทรงกระบอก $$t = \frac{Pr}{\eta S_d} \quad (7)$$

เมื่อ η = ประสิทธิภาพของรอยเชื่อม = 0.8

2. ทฤษฎีการออกแบบถังรับแรงดัน

การออกแบบถังรับแรงดันจะอ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมเครื่องกลของประเทศสหรัฐอเมริกา (American Society of Mechanical Engineering; ASME, 1980) Boiler and Pressure Vessel Code มีลักษณะดังนี้

1. มีความดันภายในไม่เกิน 30 เมกกะ
2. ไม่ได้ใช้งานเพื่อเป็นถังทนไฟไม่ได้ใช้งานนิวเคลียร์
3. ไม่ใช่ถังที่สร้างขึ้นด้วยหมุดย้ำ
4. ไม่ใช่ถังรับแรงดันที่มีโครงสร้างซับซ้อน

ในการออกแบบถังรับแรงดันจะพิจารณาแรงกระแทก รวมถึงการกระเพื่อมหรือการขึ้นลงอย่างรวดเร็วของความดัน (fluctuation) น้ำหนักของถังและของที่บรรจุ ภาระแรงที่

เพิ่มเข้ามาของอุปกรณ์ต่าง ๆ วัสดุความร้อนที่นำมาหุ้มถัง ระบบท่อ และผลกระทบทางความร้อน ใช้งานในสภาวะใช้งาน รวมทั้งอาจพิจารณาถึง วัสดุที่สามารถหามาใช้งาน และความต้านทานต่อการกัดกร่อนของวัสดุ ประกอบด้วย หลักเกณฑ์ในการออกแบบถังรับแรงดัน มีดังนี้ (ตระการ, 2545)

การหาความหนาของถัง (Thickness of vessel)

ในการอ้างอิงถึงความหนาของถังมักจะหมายถึง ความหนาจริงของถัง ภายหลังการประกอบ ซึ่งเป็นความหนาที่วัดได้จริง นอกจากนี้ยังมีความหนาอื่นๆอีกคือ ความหนาที่คำนวณได้ซึ่งหมายถึงความหนาที่หาได้ด้วยการใช้สูตรคำนวณโดยไม่รวมค่าเผื่อการกัดกร่อน และความหนาที่น้อยที่สุด ซึ่งหมายถึงความหนาที่คำนวณได้บวกค่าเผื่อการกัดกร่อนด้วย ถือเป็นความหนาค่าน้อยที่สุดที่ยอมให้ได้ในการสร้างถังรับแรงดัน

เกณฑ์ในการกำหนดความหนาจริงของแผ่นวัสดุที่ใช้ทำถังสำหรับส่วนที่รับแรงดันของถังรับแรงดัน และอุปกรณ์ประกอบถังสามารถกำหนดดังนี้

1. กรณีแผ่นเหล็กกล้าผสมต่ำและเหล็กกล้าคาร์บอน ความหนาต้องไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร ทั้งนี้ยังไม่รวมค่าเผื่อการกัดกร่อน

2. กรณีแผ่นเหล็กกล้าผสมมาก ความหนาต้องไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร สำหรับสภาวะที่ไม่มีการกัดกร่อน และต้องไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร สำหรับสภาวะที่มีการกัดกร่อน

3. กรณีแผ่นโลหะนอกตระกูลเหล็ก ความหนาต้องไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร สำหรับสภาวะที่ไม่มีการกัดกร่อน และต้องไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร สำหรับสภาวะที่มีการกัดกร่อน (ตระการ, 2545)

2.2 ค่าเผื่อการกัดกร่อน (Corrosion allowances)

สำหรับถังรับแรงดันที่ผลิตขึ้นจากเหล็กกล้าคาร์บอน หรือเหล็กกล้าผสมต่ำ ซึ่งใช้งานกับอากาศอัด ไอน้ำ หรือน้ำจะต้องบวกค่าเผื่อการกัดกร่อนเข้าไปไม่น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร

สามารถหาความหนาของถังรับแรงดันที่ตัวถังเป็นทรงกระบอกในเทอมเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ได้ดังนี้ (ASME, 1980)

ความหนาของตัวถังทรงกระบอก $t = \frac{Pr}{2SE + 0.4P} + C.A.$ (8)

ในการออกแบบต้องมีการตรวจสอบค่าความดันทำงานที่ยอมให้ได้สูงสุด เมื่อตัวถังอยู่ในสภาพใหม่ สามารถคำนวณได้จาก

$$P = \frac{2SEt}{r - 0.4t} \quad (9)$$

และความหนาหัวถังครึ่งทรงกลม คำนวณจา

$$P = \frac{Pr}{2SE + 0.8P} + C.A. \quad (10)$$

การตรวจสอบค่าความดันทำงานที่ยอมให้ได้สูงสุด เมื่อหัวถังอยู่ในสภาพใหม่สามารถคำนวณได้จาก

$$P = \frac{2SEt}{r - 0.8t} \quad (11)$$

การออกแบบหัวถังแบบหน้าแบนราบรูปวงกลม คำนวณได้จากสูตร

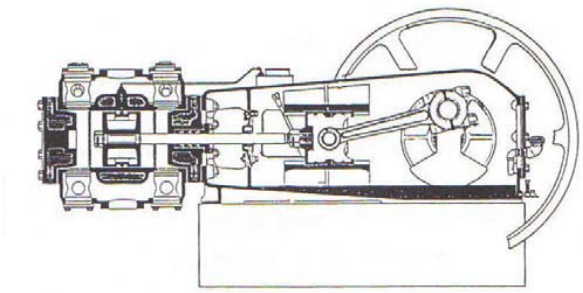
$$t = d\sqrt{0.13P / SE} \quad (12)$$

โดย P = ความดันออกแบบ (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)
r = รัศมีภายใน (มิลลิเมตร)
S = ความเค้นที่ยอมให้สูงสุดของวัสดุ (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)
E = ประสิทธิภาพรอยต่อเชื่อม
t = ความหนาออกแบบของผนังภาชนะความดัน (มิลลิเมตร)
C.A. = ค่าเผื่อการกัดกร่อน = 3.2 มิลลิเมตร

21. เครื่องอัดอากาศ (Air compressor)

ประเภทของเครื่องอัดอากาศ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

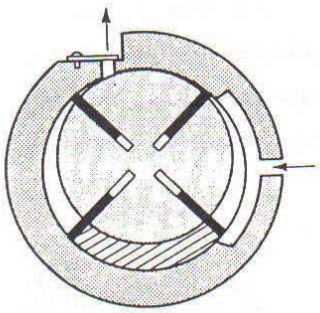
1. เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ (Reciprocating compressor) ส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก มีการระบายความร้อนด้วยอากาศ อากาศอัดที่ออกมาก่อนจะนำไปยังถังอัดอากาศต้องมีการระบายความร้อน เพื่อป้องกันอันตรายจากความร้อนที่จะทำให้ชิ้นส่วนภายในเครื่องอัดได้รับความเสียหาย จึงนำอากาศอัดไปเก็บไว้ในถังก่อน เครื่องอัดอากาศประเภทนี้จะใช้งานในอู่ซ่อมรถ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ
ที่มา: อนุตร (2543)

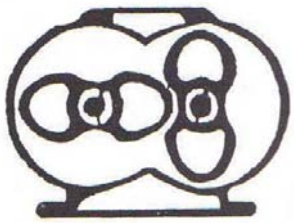
1. เครื่องอัดอากาศแบบโรตารี (Rotary compressor) หรือแบบลูกสูบหมุนอากาศที่อัดได้มีอัตราการไหลอย่างสม่ำเสมอ แต่อากาศที่อัดได้มีความดันต่ำกว่าแบบลูกสูบ แบ่งได้ 4 ประเภทคือ

1.1 Sliding vane compressor เครื่องอัดอากาศชนิดนี้จะมีแผ่นกวาด (vane) เลื่อนเข้า-ออกในแนวรัศมี ทำหน้าที่กวาดอัดอากาศให้มีปริมาตรเล็กลง สามารถสร้างแรงดันได้ถึง 8 บาร์ ดังภาพที่ 7



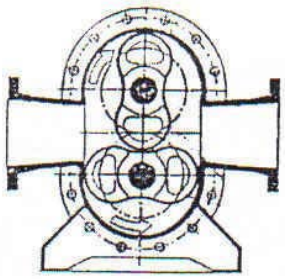
ภาพที่ 7 เครื่องอัดอากาศแบบโรตารี ชนิด Sliding vane
ที่มา: อนุตร (2543)

2.2 Liquid piston compressor เครื่องอัดอากาศชนิดนี้ภายในจะมีของเหลวทำหน้าที่คล้ายเป็นลูกสูบในการอัดอากาศให้มีความดันสูงขึ้น ดังภาพที่ 8



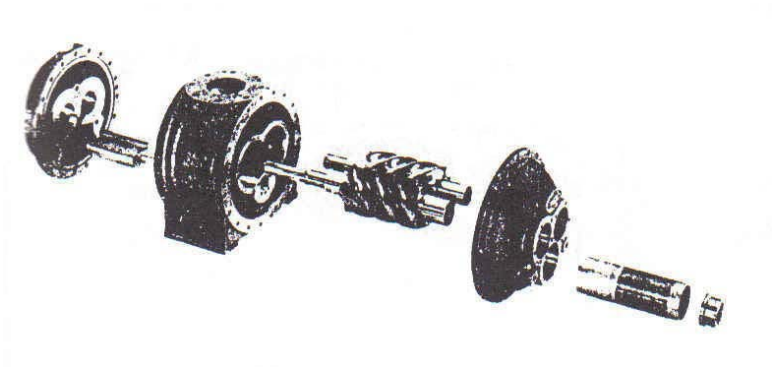
ภาพที่ 8 เครื่องอัดอากาศแบบโรตารี ชนิด Liquid piston
ที่มา: อนุตร (2543)

2.3 Two-Impeller straight-lobe เครื่องอัดอากาศชนิดนี้มีอุปกรณ์ในการอัดอากาศเป็นลอน (lobe) 2 ชิ้นหมุนด้วยความเร็วรอบที่สัมพัทธ์กัน เพื่ออัดและส่งอากาศไปยังระบบต่อไป ดังภาพที่ 9



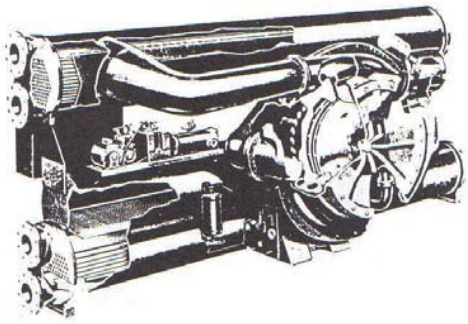
ภาพที่ 9 เครื่องอัดอากาศแบบโรตารี ชนิด Two-Impeller Straight-Lobe
ที่มา: อนุตร (2543)

2. Helical or spiral lobe เครื่องอัดอากาศชนิดนี้มีลักษณะโรเตอร์ 2 ตัว ทำหน้าที่อัดอากาศและอากาศอัดจะมีการเคลื่อนที่ในลักษณะการแทนที่อย่างต่อเนื่อง สามารถสร้างแรงดันได้ถึง 10 บาร์ ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 เครื่องอัดอากาศแบบโรตารี ชนิด Helical or spiral lobe
ที่มา: อนุตร (2543)

4. เครื่องอัดอากาศแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal compressor) เครื่องอัดอากาศชนิดนี้ทำงานด้วยการเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นดัน มีทิศทางในแนวรัศมี อากาศอัดจะมีความดันสูงขึ้นถ้าต้องการความดันที่มากขึ้น สามารถกระทำได้โดยการใช้เครื่องอัดอากาศหลายขั้น (multi stage) ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 เครื่องอัดอากาศแบบหมุนเหวี่ยง
ที่มา: อนุตร (2543)

ในการเลือกประเภทของเครื่องอัดอากาศ ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ คือ

1. ความดันด้านปล่อยที่ต้องการ
2. ความจุของเครื่องอัดอากาศ
3. ลักษณะของเครื่องต้นกำลังที่ใช้
4. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง

5. พื้นที่ว่างสำหรับการติดตั้งและการบำรุงรักษา
6. น้ำหนักของเครื่องอัดอากาศ
7. ประเภทของขนาดและพื้นที่ซึ่งจะใช้ในการติดตั้งเครื่องอัดอากาศ
8. ประเภทของระบบควบคุมที่จะใช้

ลักษณะเฉพาะของเครื่องอัดอากาศประเภทต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่ากำลังงานและความดันของเครื่องอัดอากาศประเภทต่าง ๆ

ประเภทเครื่องอัดอากาศ	กำลังม้าเบรกสูงสุด (Bhp)	กำลังงาน (กิโลวัตต์)	ความดันสูงสุด (psig)
แบบลูกสูบ	20,000	15,000	100,000
แบบโรตารีชนิด Vane	860	640	400
แบบโรตารีชนิด Helical	8,000	6,000	250
แบบหมุนเหวี่ยง	60,000	45,000	10,000

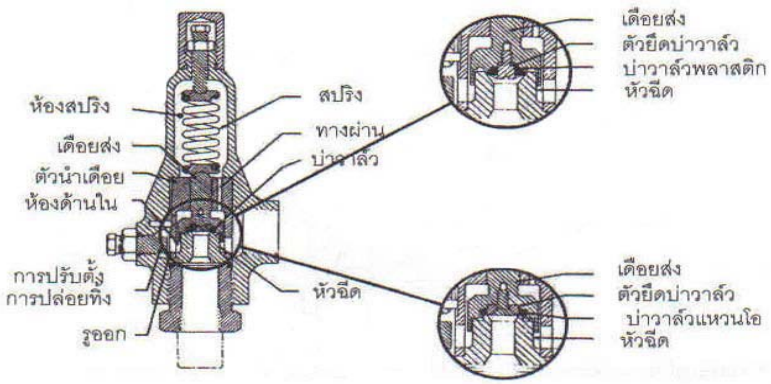
ที่มา : อนุตร (2543)

22. วาล์ว (Valve)

วาล์วเป็นอุปกรณ์ที่ใช้บังคับการไหล ควบคุมอัตราการไหล ลด เพิ่มความดัน มีหน้าที่ต่างๆ ดังนี้ คือ เปิดและปิดกั้นการไหล ปรับระดับการไหล ป้องกันการไหลย้อนกลับ การปรับลดความดันและการระบายความดัน

1 วาล์วระบายความดัน (Relief valve) มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 12 เป็นวาล์วที่ป้องกันอุณหภูมิหรือความดันของของไหลในระบบใดๆ เมื่อถึงขีดกำหนด และวาล์วนี้จะปิดเองโดยอัตโนมัติ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1.1 Pop safety relief valve ใช้งานไอน้ำ ลม หรือก๊าซ สามารถตั้งความดันได้กว้าง
1.2 Relief valve ใช้กับงานของเหลว
1.3 Safety relief valve ใช้กับงานที่ต้องการความปลอดภัยสูง



ภาพที่ 12 วาล์วระบายความดัน
ที่มา: ตระการ (2544)

2. บอลวาล์ว (Ball valve) ใช้เปิด-ปิด การไหลและบังคับการไหล ใช้สำหรับงานที่ต้องการเปิด-ปิด อย่างรวดเร็ว ดังภาพที่ 13

ข้อดี

บอลวาล์วประกอบด้วยชิ้นส่วนน้อยชิ้น จึงง่ายต่อการบำรุงรักษา การเปิด-ปิดเพียงแค่ 90 องศา ทำให้เปิด-ปิดได้รวดเร็ว การไหลผ่านวาล์วที่ตรงออกไปทำให้มีความดันลดเกิดขึ้นน้อย เหมาะสมกับของไหลประเภทสเลอรี่และที่มีสารแขวนลอย

ข้อจำกัด

จากลักษณะที่รูปลิ้นที่เป็นทรงกลมจึงทำให้ขนาดผิวหน้าของวาล์วมีขนาดโตกว่าวาล์วชนิดอื่นๆ จึงต้องการช่องว่างระหว่างท่อในการติดตั้งมากกว่า

ในขณะปิดวาล์วหลังจากการใช้งาน จะมีของไหลบางส่วนถูกเก็บกักอยู่ในช่องลิ้นวาล์วด้วย ในการออกแบบให้มีรูปแบบหลายช่อง จำเป็นต้องลดขนาดช่องของไหลให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดท่อ ซึ่งทำให้มีความดันลดเพิ่มขึ้นในระบบ

ภาพที่ 13 บอลวาล์ว
ที่มา: ตระการ (2544)

24. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Contreras and Semi (1981) ศึกษาการเคลื่อนที่ของสารละลาย ในกระบวนการออสโมซีส ถ้าหากสารละลายมีการเคลื่อนที่ด้วยการใช้ปั๊ม (pump) จะมีผลทำให้มีอัตราการออสโมซีสสูงขึ้น ทำให้อัตราการสูญเสียน้ำของชิ้นผลไม้เพิ่มขึ้น การใช้ปั๊มเพื่อช่วยให้สารละลายน้ำตาลมีการเคลื่อนที่ระหว่างการออสโมซีสแอปเปิ้ลเพิ่มขึ้น พบว่าแอปเปิ้ลมีการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการไหลของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้นจาก 500 เป็น 1000 มิลลิลิตรต่อนาที

Chiralt *et.al.*(2000) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ในกระบวนการ Osmotic Dehydration ของมะม่วง กีวี่ สตรอเบอรี่ ซึ่งมีการกระตุ้นให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ (texture) ความแตกต่างที่ปรากฏนี้ ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของกระบวนการและลักษณะเฉพาะของผลไม้แต่ละชนิด ผลกระทบของวิธี osmotic ด้วยสารละลายซูโครส ที่ 30 องศาเซลเซียส โดยวิธี vacuum impregnation โดยวิเคราะห์ในมะม่วงขนาด (หนา 1.5 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร) และเปรียบเทียบตัวแปรของมะม่วงสดกับมะม่วงที่คายน้ำแล้วที่ 25 องศาบริกซ์ โดยวิธีปฏิบัติที่ความดันบรรยากาศ และด้วยวิธี vacuum pulse โดยปฏิบัติที่สารละลายซูโครสไม่เกิน 60 องศาบริกซ์ ร่วมด้วย หรือไม่ก็ได้ ใช้เวลา 1 นาทีโดยใช้ไอน้ำในการ blanching pre-treatment จะได้คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่ดีที่สุด

Warunee and Karuna (2000) ได้กล่าวถึง ปัจจัยที่มีผลต่อการออสโมซีสของมะม่วงแก้ว เตรียมมะม่วงโดยการลวกด้วยน้ำร้อน ที่อุณหภูมิในกระบวนการผลิต (30 -70 องศาเซลเซียส)

สารละลายน้ำตาลซูโคลส (50 – 70 องศาบริกซ์) และระยะเวลาในการผลิต (2-6 ชั่วโมง) มีผลต่อการสูญเสียน้ำและปริมาณของแข็ง (solid gain) ในกระบวนการออสโมซีสได้ผลดีที่สุดและขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของมะม่วง จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนมากที่สุดของการสูญเสียน้ำและปริมาณของแข็งคือที่ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโคลส 60 องศาบริกซ์ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่สำหรับมะม่วงสดและมะม่วงที่ทำการลวกเป็นเวลา 2 และ 2-6 ชั่วโมง ตามลำดับ หลังจากอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่ดีที่สุดสำหรับกระบวนการออสโมติกของมะม่วงที่ผ่านการลวก คือ ที่สารละลายซูโครส 60 องศาบริกซ์, 50 องศาเซลเซียส และเวลาในการแช่ก่อนการอบแห้ง 4 ชั่วโมง

Kowalska and Lenart (2000) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมวลระหว่างกระบวนการ osmotic dehydration ต่อเนื้อเยื่อของ แอปเปิ้ล ฟักทอง และแครอท ที่สารละลายน้ำตาลไม่เกิน 61.5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิในการดึงน้ำออกคงที่ที่ 30 องศาเซลเซียส เวลา 0 - 180 นาที การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่สุดของปริมาณน้ำที่สูญเสียและปริมาณของแข็งที่เวลาเริ่มต้น 30 นาทีในการดึงน้ำออก ระหว่างเวลาสูญเสียปริมาณน้ำของแอปเปิ้ล ลดลงราว ๆ 48 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาทำแห้ง 60-180 นาที เป็นผลทำให้ปริมาณน้ำลดลงเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการดึงน้ำออกของฟักทองและแครอทก็จะดำเนินไปอย่างช้าๆกว่าจุดเริ่มต้นของกระบวนการ อัตราการสูญเสียน้ำสูงกว่าเป็น 5-10 เท่าของอัตราการสูญเสียของปริมาณของแข็ง และขึ้นอยู่กับกระบวนการการดึงน้ำออก

รุ่งโรจน์ และวิไล (2543) ศึกษาการผลิตไข่เค็มโดยใช้ความดันไฮโดรสแตติก เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการผลิตไข่เค็มให้สั้นลง ลดต้นทุนในการผลิต และเพิ่มกำลังในการผลิต โดยนำไข่เป็ดสดมาเพิ่มความดันในน้ำเกลืออิ่มตัวที่ 26.8 องศาซาโลมิเตอร์ ที่ 2 ปัจจัย คือ ความดัน 500 และ 2,000 กิโลปาสคาล และเวลาที่ 2 ระดับคือ 24 และ 48 ชั่วโมง พร้อมไข่เค็มชุดควบคุมในน้ำเกลืออิ่มตัวเป็นเวลา 21 วัน เมื่อวิเคราะห์ไข่เค็มทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส พบว่าแต่ละระดับในการทดลองของปัจจัย เวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการแพร่ของเกลือในไข่เค็ม โดยไข่เค็มที่ได้หลังจาก 21 วัน ไข่ขาวมีสีทึบ เนื้อสัมผัสนุ่มไข่แดงมีสีส้ม มันวาว และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไข่เค็ม พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับไข่เค็มที่ความดัน 500 กิโลปาสคาล และที่เวลา 48 ชั่วโมง

มณฑาทิพย์ และคณะ (2543) รายงานว่าการเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลาย และเวลาที่เหมาะสม มีความสำคัญมาก เนื่องจากมีผลต่อการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์ได้ศึกษากรรมวิธีการดองมะม่วงแก้ว โดยใช้ความเข้มข้นเกลือที่ระดับต่างๆ คือ ร้อยละ 10 - 12 แคลเซี่ยมคลอไรด์ร้อยละ 0.5

และโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ เป็นเวลา 30 วัน เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติภายในของมะม่วงดอง พบว่ามีปริมาณเกลือร้อยละ 5 และได้ศึกษาพฤติกรรมของจุลินทรีย์ในกระบวนการดอง รวมทั้งวิธีการแก้ปัญหาการเน่าเสียของมะม่วงดองด้วย นอกจากนี้ยังได้นำมะม่วงดองมาผลิตมะม่วงดองปรุงรส และเก็บรักษาโดยใช้เทคโนโลยีการถนอมอาหารหลายวิธีร่วมกัน (Hurdle Technology)

แก้วกานต์ (2548) ได้ศึกษาการใช้ความดันไฮโดรสแตติกในการดองมะม่วงที่ความดัน 300, 400 และ500 กิโลปาสคาล เป็นเวลา 6 วัน พบว่า ที่ความดัน500 กิโลปาสคาล มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากว่ามีปริมาณเกลือ ปริมารกรด ปริมาณความชื้น ค่าความแน่นเนื้อของมะม่วงใกล้เคียงกับมะม่วงสูตรดองเค็มด้วยวิธีปกติมากที่สุด