บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หน่อไม้

ลำต้นอ่อนของไม้ไผ่ หรือที่เรียกว่า “หน่อไม้” นั้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยนำมาใช้ประกอบอาหารบริโภค เนื่องจากมีรสชาติดี สามารถประกอบอาหารได้หลายชนิด และไผ่ส่วนมากสามารถใช้หน่อในการบริโภคได้ สำหรับไม้ไผ่ที่นิยมนำหน่อมาบริโภค และมีจำหน่ายอยู่ทั่วไปนั้น ได้แก่ ไผ่ตง ไผ่รวก ไผ่สีสุก ไผ่ป่า ไผ่โจ๊ด และไผ่หวาน เป็นต้น ผลผลิตหน่อไม้ส่วนใหญ่เป็นผลผลิตจากป่า ยกเว้นไผ่ตงเท่านั้นที่ส่วนใหญ่มีการปลูกเป็นการค้า ดังนั้นช่วงที่มีหน่อไม้ออกสู่ตลาดมากจึงเป็นช่วงฤดูฝนซึ่งมีระยะเวลาเพียง 4 - 5 เดือน เท่านั้น ดังนั้นการแปรรูป หรือการถนอมรักษาหน่อไม้ให้สามารถเก็บไว้บริโภคได้ตลอดทั้งปี จึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งส่วนใหญ่มี 2 วิธีคือ อัดปี๊บ และดอง แต่ละผลิตภัณฑ์ถ้ามีการผลิต และเก็บรักษาที่เหมาะสม จะสามารถเก็บไว้ได้นานประมาณ 2 ปี หน่อไม้แต่ละชนิดเหมาะสำหรับการแปรภาพที่แตกต่างกันคือ

2.1.1 ไผ่ตง นิยมนำมาผลิตหน่อไม้อัดปี๊บ มีน้ำหนักปี๊บละประมาณ 20 กิโลกรัม และมีน้ำหนักเนื้อประมาณ 12 กิโลกรัม มีแหล่งผลิตที่สำคัญจากจังหวัดปราจีนบุรี เนื่องจากจังหวัดดังกล่าวเป็นแหล่งเพาะปลูกไผ่ตงมากที่สุดของประเทศ มีผลผลิตออกสู่ตลาดประมาณเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีหน่อไม้ไผ่ตงสดมากที่สุด

2.1.2 ไผ่สีสุก นิยมนำมาผลิตหน่อไม้อัดปี๊บเช่นกัน มีลักษณะ และรสชาติคล้ายคลึงกับไผ่ตง แต่เป็นที่นิยมน้อยกว่าไผ่ตง ราคาจำหน่ายจึงต่ำกว่าเล็กน้อย มีน้ำหนักปี๊บละประมาณ 20 กิโลกรัม มีอยู่ 2 ลักษณะคือ

- หน่อไม้ทั้งหัว มีน้ำหนักเนื้อปี๊บละประมาณ 13 กิโลกรัม
- หน่อไม้ฝอย มีน้ำหนักเนื้อปี๊บละประมาณ 12 กิโลกรัม

แหล่งผลิตส่วนใหญ่มาจากจังหวัดตาก และจังหวัดอุตรดิตถ์ มีผลผลิตออกสู่ตลาดประมาณเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน

2.1.3 ไผ่รวก การแปรรูปมีทั้งอัดปี๊บ และหน่อไม้ดอง เนื่องจากไม่นิยมบริโภคสด ผลผลิตออกสู่ตลาดประมาณเดือนกรกฎาคม ถึง ต้นเดือนตุลาคม สำหรับไผ่รวกอัดปี๊บมีน้ำหนักประมาณปี๊บละ 20 กิโลกรัม มีการผลิตจากหลายแหล่ง และแต่ละแหล่งมีน้ำหนักเนื้อแตกต่างกันไปคือ

- จากจังหวัดกาญจนบุรี และสุพรรณบุรี มีน้ำหนักเนื้อประมาณปี๊บละ 13 กิโลกรัม
- จากอำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ และอำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น มีน้ำหนักเนื้อประมาณปี๊บละ 14 - 15 กิโลกรัม

2.1.4 ไผ่ป่า ไม่นิยมนำมาบรรจุปี๊บ ส่วนใหญ่นำมาผลิตหน่อไม้ดอง ผลผลิตส่วนมากมาจากจังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งออกสู่ตลาดประมาณเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนสิงหาคม หรือระยะเวลาเดียวกับไผ่ตง

2.2 ชนิดของไผ่ที่ใช้

2.2.1 ชื่อพันธุ์ไม้ ไผ่รวก

2.2.2 ชื่อพื้นเมือง ตีโย ไผ่รวก ไม้รวก รวก (ภาคกลาง) ว่าบอบอ แวปั่ง (กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน) แวบ้าง (กะเหรี่ยง เชียงใหม่) สะลอม (ชาน แม่ฮ่องสอน) ฮวก (ภาคเหนือ)

2.2.3 ชื่อวิทยาศาสตร์ Thysostachys siamensis Gamble และมีชื่อพ้องทางพฤกษศาสตร์ คือ Bambosa siamensis Kutz และ B. Regia Thoms.

2.2.4 ชื่อวงศ์ Gramineae

2.2.5 การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ เป็นไม้ไผ่ที่พบอยู่ในบริเวณทางประเทศพม่า และประเทศไทย ขึ้นในที่แห้งแล้งได้ ชอบดินระบายน้ำดี ในประเทศไทยพบขึ้นอยู่ทั้งทางภาคเหนือ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกบางส่วนลักษณะทางวนวัฒนวิทยา เป็นไผ่ที่มีความสวยงาม ขึ้นเป็นกอแน่น ลำสูง 7-15 เมตร ลำตรง เปลา มีกิ่งเรียวเล็ก ๆ ตอนปลาย ๆ ลำส่วนมากจะโต มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-6 เซนติเมตร ค่อนข้างเรียบ มีวงใต้ข้อสีขาว ธรรมดากาบจะหุ้มลำอยู่นาน ลำมีสีเขียวอมเทา ปล้องจะยาว 15-30 เซนติเมตร โดยปกติเนื้อจะหนา กาบหุ้มลำ ยาวประมาณ 22-28 เซนติเมตร กว้างประมาณ 11-20 เซนติเมตร กาบมักจะติดต้นอยู่นาน สีมักจะเป็นสีฟาง บาง อ่อน ด้านหลังจะปกคลุมด้วยขนอ่อนสีขาว มีร่องเป็นแนวเล็ก ๆ สอบน้อย ๆ ขึ้นไปหาปลาย ซึ่งเป็นภาพที่ตัดเป็นลูกคลื่น ครีบกาบมีรูปสามเหลี่ยมอาจจะเห็นไม่ชัดก็ได้ หรือเล็กมาก กระจังกาบมีเล็กน้อย และหยักไม่สม่ำเสมอ มีขนละเอียดเล็กน้อย ใบยอดกาบยาวประมาณ 10-12 เซนติเมตร เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมแหลม ยาว และแคบ ขอบงอโค้งเข้าใบ รูปใบเป็น Linear -lanceolate ปลายใบเรียวแหลม โคนใบป้าน หรือเกือบกลม ยาว 7-22 เซนติเมตร กว้าง 0.5-1.5 เซนติเมตร ท้องใบมีขน เส้นกลางใบข้างบนแบน เส้นลายใบ 4-6 เส้น ขอบใบสาก และคมก้านใบสั้น 0.5 เซนติเมตร ครีบใบเล็ก ขอบใบมีหนามเล็ก ๆ สองสามอัน กาบใบแคบไม่มีขนนอกจากตามขอบ ๆ อาจจะมีขนอ่อน

2.2.6 ส่วนที่นำมาใช้เป็นอาหาร หน่อ กินได้ เมื่อต้มหลายครั้ง หรือต้มใส่ใบย่านางด้วย จะทำให้หน่อไม้ไผ่รวก มีรสชาติดีขึ้น และเป็นที่นิยมกัน นอกจากนั้นเมื่อปอกทำความสะอาดหน่อแล้วต้มอัดใส่ปี๊บ ไม่ให้อากาศเข้าสามารถเก็บเอาไว้ขายได้นอกฤดูกาล ทำให้มีการทำ “หน่อไม้ปี๊บ” ออกจำหน่าย ปีละหลายร้อยล้านบาท จากป่าต่าง ๆ ทั่วประเทศ

2.2.7 ปริมาณคุณค่าสารอาหาร คุณค่าสารอาหารของหน่อไม้ไผ่รวกเผา และหน่อไม้ไผ่รวกต้ม ในส่วนที่กินได้ 100 กรัม และสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารของหน่อไม้ไผ่รวก

สารอาหาร	หน่อไม้ไผ่รวกเผา	หน่อไม้ไผ่รวกต้ม	หน่วย
พลังงาน	33.00	24.00	แคลอรี่
น้ำ	90.40	93.20	กรัม
ไขมัน	0.3	0.4	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	4.10	2.50	กรัม
ไฟเบอร์	0.70	0.80	กรัม
โปรตีน	3.50	2.50	กรัม
แคลเซียม	14.00	12.00	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	42.00	40.00	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.20	0	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	-	0	มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	-	0.01	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	-	0.08	มิลลิกรัม
วิตามินซี	-	-	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	-	0	มิลลิกรัม

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย(2530)

2.2.8 การใช้ประโยชน์อื่นๆ ไม้ใช้ประโยชน์ในการตบแต่งบ้าน หรือส่วนต่าง ๆ ไผ่รวกมีความสวยงามเพราะขึ้นเป็นกอ ลำเรียวเปลา ตรง กิ่งใบน้อย และอยู่เฉพาะตอนปลายของลำเท่านั้น การใช้ประโยชน์ในด้านเครื่องอุปโภค และอื่น ๆ คือ ทำรั้ว ทำคันเบ็ด ทำเครื่องจักสาน เครื่องมือกสิกรรมบางอย่าง โป๊ะน้ำตื้น ใช้ก่อสร้างเป็นส่วนต่าง ๆ ของบ้าน ในชนบทใช้ทำเป็นไม้อัด เครื่องตบแต่งบ้าน ไม้ถือ ในประเทศพม่าใช้ไผ่รวกทำด้ามร่มเป็นอุตสาหกรรม “ร่มพม่า” พม่าเรียกชื่อไผ่รวกว่า “ไผ่คันร่ม” [Tiyowa] บางที่ก็เรียกว่า “ไผ่วัด” [Kyaung-wa] ประโยชน์อีกประการหนึ่ง คือ การปลูกเป็นแนวกั้นลม เป็นไม้ค้ำยันพืชกสิกรรมต่าง ๆ การขยายพันธุ์ของไผ่รวกทำได้ง่าย มีความทนทานต่อความแห้งแล้ง และดินที่มีความเค็ม ทำให้มีการปลูกได้เกือบทั่วประเทศไทย

2.3 ผลิตภัณฑ์หมักดอง (อรพิน, 2523)

การหมักผักหรือการดองผัก เป็นวิธีการถนอมอาหารวิธีหนึ่งที่ยังไม่ทราบแหล่งกำเนิดที่แน่นอน สันนิษฐานว่ามีต้นกำเนิดมาจากประเทศเอเชีย ในการหมักผักส่วนผสมที่สำคัญที่ใช้คือน้ำเกลือ ดังนั้นปริมาณของเกลือจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการดองผัก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผักที่มีรสเปรี้ยว ในสมัยก่อนการเติมเกลือนั้นไม่ได้มีการค้นคว้าว่าจะต้องใช้เท่าไหร่ มักจะใช้วิธีการประมาณและส่วนคุณภาพของเกลือก็ไม่ได้มีการคำนึงถึง บ่อยครั้งจะเห็นได้ว่าน้ำเกลือนั้นขุ่นและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสเปรี้ยวของกรดด้วย ดังนั้นรสเปรี้ยวของกรดนี้จะต้องมีความสัมพันธ์กับปริมาณเกลือที่ใช้ในน้ำเกลือ

สมัยก่อนผักดองมักจะทำกันเองในครัวเรือน กรรมวิธีการทำก็จะถ่ายทอดจากแม่ไปยังลูกเท่านั้น โดยไม่มีการศึกษาค้นคว้าอะไรทั้งสิ้นแต่ก็ได้สังเกตเห็นว่าน้ำเกลือที่ใช้ดองมักจะขุ่นถ้ามีการคนส่วนผสมของการหมักซึ่งลักษณะการขุ่นที่เกิดขึ้นในผักดองนั้น คล้ายคลึงกับการผลิตกรดแลคติกโดยแบคทีเรีย ดังนั้นในช่วงเวลาต่อมาจึงได้ให้ความสนใจต่อจุลินทรีย์เกี่ยวกับการดองผักและพบว่า จุลินทรีย์ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักคือ แบคทีเรียชนิดที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria)

การถนอมอาหารประเภทผักโดยขบวนการหมักนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบและสภาพแวดล้อม สำหรับปัญหาของวัตถุดิบของผักคือทางด้าน activity ของเอนไซม์ที่อยู่ในผักสด เอนไซม์เหล่านั้นจะมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผักในขณะที่ผักนั้นแก่เต็มที่ (mature) การยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นจากการ oxidation และการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่จะทำให้อาหารเสีย สำหรับสภาพแวดล้อมที่มีความสำคัญต่อขบวนการหมักผักดองนั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพที่ไม่มีออกซิเจนในขณะที่เกิดขบวนการหมัก ปริมาณที่เหมาะสมของเกลือ อุณหภูมิ ความสะอาดและชนิดของแบคทีเรียกรดแลคติกที่เหมาะสม แบคทีเรียที่พบว่ามีบทบาทสำคัญต่อขบวนการหมักผักดองคือ *L. mesenteroides*

2.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการหมัก (วรวุฒิ, 2523)

ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และเมทาบอลิซึมของจุลินทรีย์ในการหมักประกอบด้วย กรด การใช้หัวเชื้อ อุณหภูมิ ออกซิเจน เกลือ เป็นต้น โดยที่ปัจจัยเหล่านี้จะบ่งถึงชนิดจุลินทรีย์ซึ่งอาจเจริญในอาหารหมักในช่วงของการเก็บรักษาได้ สำหรับรายละเอียดของแต่ละปัจจัยมีดังนี้

2.4.1 ความเป็นกรดด่าง (pH)

กรดมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แต่ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของกรดและชนิดของจุลินทรีย์ อาหารแต่ละชนิดจะมีระดับความเป็นกรดด่างแตกต่างกัน เช่น ผลไม้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 2.9-4.5 ผักมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.0-6.5 นมมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.4 เนื้อมีความเป็นกรด-ด่าง 7.2 ในการหมักดองอาหารแต่ละชนิด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ควรจะเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ด้วย

2.4.2 การใช้หัวเชื้อ (use of starter)

หัวเชื้อควรมีปริมาณเพียงพอที่จะใช้สำหรับการหมักดอง เช่น การทำไวน์ ควรเติมเชื้อยีสต์ ประมาณร้อยละ 1-5 ของปริมาณน้ำผลไม้ ในปัจจุบันได้มีการอาศัยหัวเชื้อบริสุทธิ์เพื่อทำให้เราควบคุมการหมักได้เป็นอย่างดี

2.4.3 อุณหภูมิ

เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักดองจะมีความเหมาะสมของระดับอุณหภูมิในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันในกรณีที่หมักด้วยเชื้อผสม (mixed fermentation) ชนิดของจุลินทรีย์ที่จะเจริญเด่นขึ้นมาจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของการหมักนั้น พบว่าที่อุณหภูมิ 37.8 องศาเซลเซียส เชื้อ *Streptococcus lactis* เจริญเติบโตได้ดี ขณะที่อุณหภูมิ 65.6 องศาเซลเซียส เชื้อ *L. thermophilus* จะเจริญเติบโตและมีปริมาณมากขึ้น

2.4.4 ออกซิเจน

อากาศที่มีอยู่ในสภาวะของการหมัก เป็นตัวชี้บ่งถึงชนิดของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ต่างชนิดมีความต้องการของออกซิเจนสำหรับการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันเช่น *Acetobacter* ที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูจะต้องการออกซิเจนในระหว่างการหมัก ส่วนยีสต์ที่ใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์จากน้ำตาลจะเกิดขึ้นได้ดีในสภาพที่ปราศจากออกซิเจน

2.4.5 เกลือ

โดยทั่วไปเกลือจะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ ถ้ามีปริมาณสูงถึงร้อยละ 26.5 แต่จุลินทรีย์หลายชนิด เช่น แบคทีเรียกรดแลคติก เชื้อรา และยีสต์บางชนิด สามารถที่จะเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีเกลือ การใส่เกลือช่วยกำหนดชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการให้เจริญเติบโต และป้องกันเชื้ออื่นที่มีอยู่ทั่วไปไม่ให้มาปะปน ส่วนเกลือที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ซึ่งจัดเป็นสารเคมีที่มีความสำคัญในการถนอมอาหารด้วยกระบวนการหมัก ลักษณะของเกลือที่ใช้ในรูปของสารละลายเกลือหรือในรูปของเกลือเม็ดซึ่งก็แล้วแต่กรรมวิธีของแต่ละผลิตภัณฑ์ เช่นการหมักแตงกวาดองเปรี้ยวนิยมหมักไว้ในสารละลายเกลือ แต่การหมักผักนั้นจะหมักโดยใช้เกลือเม็ดแทน ปริมาณเกลือที่ใช้เป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับ

ปริมาณกรดที่เกิดขึ้นที่จะทำให้ผักมีความเปรี้ยว ดังนั้นปริมาณเกลือจะต้องต่ำเพียงพอที่จะทำให้เกิดกรดขึ้นได้ปริมาณของเกลือที่ใช้ในการหมักผักนั้นจะใช้อยู่ในปริมาณร้อยละ 2.25 - 2.5

แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกสามารถเจริญได้ดีในส่วนผสมที่มีปริมาณเกลือต่ำ การเพิ่มปริมาณเกลือทำให้ปริมาณกรดแลคติกเกิดขึ้นน้อยลง จึงมีการเติมเกลือเพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของเกลือไว้และป้องกันไม่ให้ผักนิ่ม แต่ปริมาณเกลือก็ควรต่ำพอที่จะทำให้เกิดกรดแลคติกได้

การใช้เกลืออาจใช้ในรูปของเกลือแห้งหรือในรูปเกลือน้ำก็ได้ ถ้าใช้ในรูปเกลือแห้งน้ำในอาหารจะถูกดึงออกมาแล้วเกลือก็จะละลายในน้ำ จากอาหารนี้กลายเป็นน้ำเกลือส่วนน้ำและสารละลายที่ได้ในน้ำต่างๆของอาหารที่จะดอง จะมีกลไกดึงออกมาด้วยกระบวนการออสโมซิส น้ำตาลชนิดที่หมักได้ที่ละลายในน้ำ อาหารจะถูกดึงออกด้วยและน้ำตาลนี้จะเป็นอาหารของแบคทีเรียชนิดที่ทำให้เกิดกรดแลคติกในปริมาณมากและจะมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดที่จะชะงักการทำงานของเชื้อแบคทีเรียได้ ในขณะที่กรดเกิดขึ้นกับอาหารเหล่านี้ สี รสชาติ และเนื้อสัมผัสของอาหารก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่ในสภาพของอาหารหมักดอง การที่น้ำในผักถูกดึงออกไปโดยเกลือ จะทำให้เนื้อเยื่อของผักดีขึ้น นั่นคือทำให้ผักแน่นขึ้น

2.4.6 น้ำตาล

น้ำตาลนอกจากจะเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่สร้างกรดแลคติกแล้วน้ำตาลยังทำหน้าที่เป็นสารกันบูด โดยการเพิ่มความหนาแน่นของสารละลายที่ใช้ดองอาหารนั้นเป็นสำคัญ ดังนั้นจึงมีผลทำให้อาหารนั้นยากแก่การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์มากยิ่งขึ้น

2.4.7 สารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต (Growth factor)

สารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตนั้นได้แก่ กรดอะมิโน ซึ่งควรจะมีปริมาณที่เหมาะสม

2.5 สารประกอบซัลไฟต์

สารประกอบซัลไฟต์เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่มีประสิทธิภาพดีมาก ตัวอย่างของสารประกอบซัลไฟต์ที่มีการใช้กันมาก ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเดียมซัลไฟต์ โปแตสเซียมซัลไฟต์ โซเดียมไบซัลไฟต์ โปแตสเซียมไบซัลไฟต์ โซเดียมเมตาไบ-ซัลไฟต์ และโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เป็นต้น สารประกอบซัลไฟต์เป็นวัตถุเจือปนที่มีความสำคัญต่อวงการอุตสาหกรรมอาหารมาก นอกจากจะใช้เป็นวัตถุกันเสียหรือฟอกสีน้ำตาลหรือใช้ปรับปรุงคุณภาพแป้งแล้ว ยังมีการใช้สารประกอบซัลไฟต์เป็นสารเพื่อป้องการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร ทั้งชนิดที่มีเอนไซม์และไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Enzymatic and nonenzymatic browning) สำหรับการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในอาหารชนิดที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องนั้น สารประกอบซัลไฟต์จะ

ช่วยยับยั้งปฏิกิริยาของ PPO และทำปฏิกิริยากับสารประกอบตัวกลาง เพื่อป้องกันรงควัตถุที่จะเกิดขึ้นได้ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2527; Branen และคณะ, 1989; Sayavedra-Soto และ Montgomory, 1986; Wedzicha, 1987) สำหรับการจะเลือกใช้สารประกอบซัลไฟต์ชนิดใด จะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เป็นสำคัญ เช่น ผักแห้งและผลไม้แห้ง อาจใช้ในรูปของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไวน์หรือน้ำผลไม้อาจใช้ในรูปของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ หรือโปแตสเซียม-เมตาไบซัลไฟต์ เป็นต้น สำหรับสารประกอบซัลไฟต์ที่มีการอนุญาตให้ใช้ในอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 มีดังนี้

อนุญาตให้ใช้กรดซัลฟิวรัส หรือโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ หรือโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ หรือโซเดียมไบซัลไฟต์ หรือโปแตสเซียมไบซัลไฟต์ หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยคิดคำนวณเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยอนุญาตให้ใช้ในปริมาณที่กำหนด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณสารประกอบซัลไฟต์ที่มีการอนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84

ชนิดอาหาร	ในปริมาณสูงสุดไม่เกินมิลลิกรัม/กิโลกรัม
ผลไม้แห้งและผักแห้ง	2500
ในอาหารชนิดอื่นเว้นแต่เนื้อสัตว์และน้ำตาลทรายดิบ (Centrifugal raw sugar)	500
น้ำตาลทรายชนิดผงหรือป่น (Powdered or icing sugar)	20
เด็กโทรสโมโนไฮเดรต (Dextrose monohydrate)	20
น้ำเชื่อมกลูโคสแห้ง (Dried glucose syrup)	40
น้ำเชื่อมกลูโคส (Glucose syrup)	40
น้ำตาลทรายขาว (White sugar)	70
น้ำตาลทรายบริสุทธิ์ (Refined sugar)	20

2.5.1 อันตรายจากสารประกอบซัลไฟต์

อนุมูลที่เหลือในอาหาร ถ้าหากมีอยู่ในปริมาณที่มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะผู้ที่เป็นโรคภูมิแพ้ต่างๆ เช่น โรคหืด เป็นต้น บางรายถึงกับเสียชีวิตได้ (Taylor และคณะ, 1986) ระดับความเข้มข้นของสารประกอบซัลไฟต์ที่สามารถก่อให้เกิดอาการผิดปกติแก่ผู้บริโภคแสดงไว้ในตารางที่ 3 (Shy, 1980)

นอกจากนี้ยังพบว่า คนที่ทำงานในโรงงานที่มีการใช้สารประกอบซัลไฟต์จะมีภาวการณ์มีออกซิเจนในเลือดต่ำกว่าปกติ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เซลล์ภายในร่างกายถูกทำลายรวมถึงระบบประสาทด้วย จากการที่มีรายงานเกี่ยวกับอันตรายจากการใช้สารประกอบซัลไฟต์ในอาหารเกิดขึ้นเนืองๆ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกาในปี 1986 จึงได้จำกัดสารประกอบซัลไฟต์ในอาหาร โดยห้ามใช้ในผักผลไม้ที่มีการบริโภคสด ผักสลัด มันฝรั่งที่ปอกเปลือกแล้ว (FDA, 1986) แต่สำหรับในอุตสาหกรรมมันฝรั่งที่ปอกเปลือกแล้วนั้น ทางกลุ่มผลิตมันฝรั่งปอกเปลือกได้มีการประท้วง และได้มีการนำเรื่องพิจารณาในศาลและในที่สุดได้มีการอนุญาตให้ใช้ได้อีกครั้ง เนื่องยังไม่สามารถหาสารอื่นที่มีประสิทธิภาพดีกว่ามาใช้แทนได้สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกาจึงได้กำหนดให้ต้องมีการระบุไว้ในฉลากสำหรับอาหารที่มีอนุมูลซัลไฟต์อยู่ตั้งแต่ 10 ส่วนในล้านส่วนขึ้นไป (FDA, 1988a; 1988b; 1990) จากปัญหาที่กล่าวข้างต้น นักวิจัยต่างๆจึงได้พยายามศึกษาค้นคว้าหาสารที่จะสามารถนำมาใช้แทนสารประกอบซัลไฟต์

ตารางที่ 3 ระดับความเข้มข้นของสารประกอบซัลไฟต์ที่สามารถก่อให้เกิดอาการผิดปกติแก่ผู้บริโภค

ความเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน)	ลักษณะอาการที่เกิดขึ้น
0.2	ผู้บริโภคได้กลิ่นซัลเฟอร์
150.0	ประสาทรับกลิ่นเป็นอัมพาต
250.0	เลือดออกในปอด
500.0	เกิดอาการผิดปกติกับระบบหายใจภายใน 0.5-1 ชั่วโมง
1000.0	เกิดอาการอัมพาตแบบเฉียบพลัน
5000.0	ตายอย่างเฉียบพลัน

ที่มา : Shy (1986)

2.6 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการหมัก (ปรียา, 2528)

ชนิดของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการหมักผลิตภัณฑ์ผักนั้น ส่วนใหญ่ก็เป็นพวกแบคทีเรียซึ่งก็มีอยู่ไม่กี่ species ขึ้นอยู่กับสภาพของการหมักผัก ชนิดของแบคทีเรียที่เกี่ยวกับขบวนการหมักก็มีจำนวนไม่มากนักที่เจริญมาบนผัก จุลินทรีย์ที่ติดมาบนผักมีทั้งพวกที่ต้องการออกซิเจน และพวกที่ไม่ต้องการออกซิเจน ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่า ดังนั้นจึงต้องมีกรรมวิธีที่จะกำจัด

จุลินทรีย์พวกต้องการออกซิเจนที่ติดมา ในขณะเดียวกันก็ให้จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนเจริญได้ดี ทั้งนี้เพราะว่าเวลาปลูกผักนั้นเราปลูกในสภาพที่มีอากาศอยู่ด้วย ซึ่งผักก็ได้สัมผัสกับอากาศ น้ำ ดิน ซึ่งสิ่งต่างๆ ที่สัมผัสเหล่านี้ล้วนแล้วแต่มีจุลินทรีย์ปนอยู่ จุลินทรีย์จากน้ำมักเป็นพวก *Pseudomonas, Flavobacterium, Achromobacter, Aerobacter, Escherichia* และ *Bacillus* และในขณะที่เก็บเกี่ยวผักมักมีการตัดทำให้เกิดมี *Protoplasm* ไหลออกมาบนพื้นผิวที่ตัดซึ่งจะเป็นอาหารอย่างดีของแบคทีเรียที่เจริญในขบวนการหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Leuconostoc* และชนิดที่พบและสำคัญคือ *L. mesenteroides* จุลินทรีย์ที่ติดมากับผักที่เก็บมาจากไร่จะมี Lactic acid bacteria ติดมา จากการแยกเชื้อ Lactic acid bacteria ที่ติดมากับผักส่วนใหญ่จะพบ *L. plantarum, L. fermenti, L. breviscense, L.cellobiosus, L.salivarius* และ *L. bumcherimudt*

การศึกษาถึงจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการดองผักนั้น จะพบแบคทีเรียชนิด Coccoid คือ *L. Mesenteroides* ซึ่งเป็นแบคทีเรียพวก *heterofermenter* คือจะให้กรดแลคติด กรดอะซิติก เอทธิลแอลกอฮอล์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ก็มี *L. plantarum* บางครั้งก็มี *Streptococcus faccalis* ซึ่งจะปรากฏในตอนแรกของขบวนการหมักเท่านั้น

จุลินทรีย์ที่พบในผักดองของฟิลิปปินส์พบว่า เมื่อเริ่มดองจะพบเพียง *L. mesenteroides* ต่อมายังพบ *L. plantarum* และ *L. brevis* ส่วนแบคทีเรียที่พบในผักดองของไทยก็มีพวก *L. mesenteroides, L. plantarum, L. buchneri, L. brevis* และ *L. fermenti*

แบคทีเรียกรดแลคติกจัดอยู่ใน Family *Lactobacillaceae* ปัจจุบันแม้จะไม่นิยามที่ชัดเจนแต่ลักษณะพื้นฐานซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปของแบคทีเรียกลุ่มนี้คือ เป็นกลุ่มแบคทีเรียแกรมบวกไม่สร้างสปอร์ ขาดเอนไซม์คะตะเลส ขาดไซโตโครม ทนต่อออกซิเจน (aerotorelant) ทนต่อความเป็นกรด และผลิตกรดแลคติก เป็นผลิตภัณฑ์หลักระหว่างกระบวนการหมักน้ำตาล ซึ่งมีอยู่ 2 กลุ่มใหญ่ๆคือ กลุ่ม homofermentative และกลุ่ม heterofermentative จำแนกโดยอาศัยความแตกต่างของลักษณะทางฟีโนไทป์และลักษณะอื่นๆ ออกเป็น 12 สกุลคือ *Aerococcus, Carnobacterium, Enterococcus, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Oenococcus, Pediococcus, Streptococcus, Tetragenococcus, Vagococcus* และ *Weissella*

แบคทีเรียกรดแลคติก ส่วนใหญ่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย (microaerophile) บางชนิดเป็นพวกที่ไม่ต้องการอากาศเลย (strickly anaerobe) เนื่องจากเป็นแบคทีเรียที่ได้พลังงานจากการหมักน้ำตาลโดยไม่ใช้ออกซิเจน มีความต้องการอาหารค่อนข้างสลับซับซ้อนและอุดมสมบูรณ์ ใช้กรดอะมิโนเป็นแหล่งไนโตรเจน เชื้อจะเจริญได้ในอาหารที่มี growth factor และวิตามินหลายชนิด เช่น ไบโอติน (biotin) ไรโบฟลาวิน (riboflavin) และส่วนใหญ่ต้องการสารอนินทรีย์ในปริมาณค่อนข้างสูง เช่น ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม แมงกานีส เป็นต้น

แบคทีเรียกรดแลคติก เป็นแบคทีเรียที่พบได้ตามธรรมชาติทั่วไป เช่น ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ โดยแบคทีเรียแลคติกที่มีความสำคัญทางด้านอุตสาหกรรมการหมักชนิดต่างๆ คือ เป็นแบคทีเรียที่ไม่ก่อให้เกิดโรคและไม่สร้างสารพิษ มีคุณสมบัติในการต้องการออกซิเจนในการเจริญเพียงเล็กน้อย และมีความสามารถทนต่อสภาวะออกซิเจนได้ดี จึงไม่ต้องการกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน มีการเจริญที่รวดเร็วจึงใช้ระยะเวลาในการผลิตสั้น แบคทีเรียกรดแลคติกที่เกี่ยวข้องกับการหมักผักได้แก่ *Lactobacillus sp. , Leuconostoc sp.* และ *Pediococcus sp*

2.7 กระบวนการหมักผักดอง

การหมักผักมีการผลิตมานานหลายศตวรรษ โดยช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักให้นานขึ้นและมีข้อดีกว่าการแช่เยือกแข็ง การทำแห้งและการนำไปบรรจุกระป๋อง การหมักผักใช้เทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน ใช้พลังงานน้อย ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสชาติและเนื้อสัมผัสเฉพาะ สามารถนำไปเติมหรือเป็นส่วนประกอบของอาหารอื่นๆได้ ผักหมักที่สำคัญทางตะวันตก ได้แก่ กะหล่ำปลีดองแตงกวาดองและมะกอกดอง ในทางตะวันออก ได้แก่ กิมจิ เป็นต้น กระบวนการหมักผักนั้น เริ่มตั้งแต่การเก็บเกี่ยวผัก การกำจัดส่วนที่เสียหรือที่ติดโรคออก การเติมเกลือเพื่อสกัดน้ำเช่นในกะหล่ำปลีดองหรือการเติมน้ำเกลือในแตงกวาและมะกอก การเก็บรักษา การบรรจุและการจำหน่าย (พิสมัย, 2543)

การใช้เกลือมีจุดประสงค์ต่างๆ ดังนี้

2.7.1 ช่วยดึงน้ำออกจากเซลล์ของผักโดยวิธีออสโมซิสและทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่ดี

2.7.2 ทำให้เซลล์ของผักแตกออก ดังนั้นสารภายในเซลล์โดยเฉพาะน้ำตาลจะออกมารวมผสมกับเกลือ เป็นอาหารของแบคทีเรียแลกติกในขั้นตอนการหมัก

2.7.3 ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิดที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย เป็นผลให้แบคทีเรียแลกติกมีโอกาสเจริญได้ดีกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ

ในกระบวนการหมักผัก เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนน้ำตาลในน้ำเกลือไปเป็นกรดแลกติกซึ่งทำหน้าที่เป็นสารกันเสีย รวมทั้งสารอินทรีย์อื่นๆที่เกิดขึ้น เป็นองค์ประกอบของกลิ่นรสและรสชาติของผลิตภัณฑ์สุดท้าย แบคทีเรียแลกติกที่เกี่ยวข้องกับการหมักผักได้แก่ *L. mesenteroids L. brevis, L. plantarum* และ *Pediococcus pentacaseus* โดยอัตราส่วนของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเกลือและอุณหภูมิของการหมัก กระบวนการหมักผักโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับแบคทีเรียแลกติก ซึ่งมีอยู่ตามธรรมชาติในวัตถุดิบและมักไม่ใช้วิธีการเติมสตาร์ทเตอร์ แต่ในบางครั้งอาจใช้ได้ เช่นการหมักแตงกวาดอง เพื่อหลีกเลี่ยงการเสื่อมเสียเนื่องมาจากแบคทีเรียชนิดเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (heterofermentative bacteria) โดยแบคทีเรียพวกนี้จะแทรกตัวเข้าไปในไส้แตงกวา และสร้างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นผลให้เกิดช่องว่างภายในผลแตงกวาดอง

2.8 จุลชีววิทยาของผักดอง (ปรียา, 2528)

การหมักผักดองเป็นตัวอย่างของการหมักโดยใช้จุลินทรีย์หลายชนิดเจริญแทนที่ต่อเนื่องกัน (microbial succession) โดยกลุ่มจุลินทรีย์หรือจุลินทรีย์ชนิดแรกเจริญขึ้นแล้วเปลี่ยนสภาวะในอาหาร ทำให้เหมาะต่อการเจริญของจุลินทรีย์หรือกลุ่มของจุลินทรีย์ชนิดที่สองที่เจริญขึ้นเป็นลำดับถัดมา กระบวนการหมักผักดองแบ่งได้เป็น 3 ระยะ ได้แก่

1) ระยะเริ่มต้น ในระยะนี้ *L. mesenteroids* จะเจริญขึ้น โดยจะเปลี่ยนน้ำตาลที่ออกมาจากผักและละลายผสมในน้ำเกลือให้กลายเป็นกรดแลกติก กรดอะซิติก เอธานอลและคาร์บอนไดออกไซด์ บทบาทของเชื้อนี้ในการผลิตผักดอง มีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับคุณภาพที่ดีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยสรุปได้แก่

1.1) ทำให้เกิดกรดแลกติกและอะซิติกอย่างรวดเร็วและลดค่า pH ในน้ำเกลือให้ต่ำกว่า 4.0 ภายใน 2 วันแรกของการหมัก ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิดอื่นๆรวมทั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้ผักอ่อนตัวลง

1.2) การเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำเกลือลดลง เกิดสภาวะไร้อากาศเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นคาร์บอนไดออกไซด์ยังช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบบางชนิดและกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียแลกติกชนิดอื่นๆ

1.3) สภาวะไร้อากาศทำให้วิตามินซีในผักมีความคงตัวและปริมาณวิตามินต่างๆ จะยังคงอยู่

1.4) น้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดจากการย่อยสลายซูโครสในน้ำเกลือ อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีคล้ำเนื่องจากไปรวมตัวกับกรดอะมิโนที่มีอยู่ (ปฏิกิริยาเมลลาร์ด) เชื้อ *Leuconostoc* จะยับยั้งปฏิกิริยานี้โดยเปลี่ยนน้ำตาลฟรุคโตสไปเป็นแมนนิทอล (mannitol) และเปลี่ยนกลูโคสไปเป็นเด็กซ์แตรน (dextran) ซึ่งสารทั้งสองชนิดที่เกิดขึ้นใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตของแบคทีเรียแลกติกอื่นๆ

1.5) *Leuconostoc* อาจสร้างสารกระตุ้นการเจริญบางชนิด ซึ่งช่วยให้แบคทีเรียแลกติกชนิดอื่นๆ เจริญได้ดีขึ้น

1.6) *Leuconostoc* ช่วยทำให้กลิ่นรสและรสชาติของผลิตภัณฑ์สุดท้ายดีขึ้น

ในช่วงระยะเวลา 15 ชั่วโมงแรกของการหมัก มักพบว่ามีการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบโดยเฉพาะโคลิฟอร์ม ซึ่งจะช่วยใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำเกลือ แต่เชื้อเหล่านี้จะถูกทำลายภายในเวลา 1 - 2 วัน

2) ระยะที่สอง เมื่อมีการสะสมของกรดแลกติกมากขึ้นและค่า pH ลดลง *L. brevis* ซึ่งเป็นแบคทีเรียเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ และ *L. plantarum* ซึ่งเป็นโฮโมเฟอร์เมนเททีฟและทนกรดได้ดีกว่า เริ่มเจริญขึ้นและเพิ่มจำนวนมากขึ้น แบคทีเรียทั้งสองจะสร้างกรดแลกติกเพิ่มสูงขึ้น โดยจะเจริญขึ้นมากภายในเวลา 6 – 8 วันจากเริ่มต้น

3) ระยะที่สาม หลังจากที่การหมักผ่านไป 16 – 18 วัน พบว่า *L. brevis* จะลดจำนวนลงส่วน *L. plantarum* จะยังคงมีจำนวนเพิ่มขึ้น และทำให้การหมักดำเนินต่อไปจนกระทั่งน้ำตาลทั้งหมดที่มีอยู่ถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดแลกติก

ผลิตภัณฑ์ผักดองที่ได้มี pH ประมาณ 3.8 และมีปริมาณกรด (คำนวณเป็นกรดแลกติก) ร้อยละ 1.7 – 2.3 โดยมีอัตราส่วนระหว่างกรดอะซิติกและแลกติกประมาณ 1 : 4 รวมทั้งพบสารอื่นๆได้แก่ ไดอะเซทิล อะซิตัลดีไฮด์ และเอสเทอร์ ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นรสแก่ผลิตภัณฑ์

2.9 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงอาหารโดยการหมักดอง (ปรียา, 2528)

ปฏิกิริยาการหมักทำให้อาหารเปลี่ยนไปมากทั้งทางด้านเนื้อสัมผัสลักษณะที่ปรากฏให้เห็น (appearance) และรส กลิ่น (flavor) ของอาหาร อย่างไร ก็ตามอาหารที่ผ่านการหมักดองนั้นจะเป็นที่ยอมรับว่ากลิ่นรสดี ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของผลิตภัณฑ์นั้น เช่น การทำ sauerkraut ผักดอง เบียร์ และไวน์ อาหารบางชนิดอาจมีรสและกลิ่นที่ดีมากจนสามารถนำไปประกอบการปรุงอาหารได้ เช่น น้ำส้มสายชู น้ำปลา ซีอิ๊ว เป็นต้น

จุลินทรีย์บางชนิดเท่านั้นที่สามารถทำให้เกิดการหมักดอง จุลินทรีย์เหล่านี้จะย่อยสารต่างๆ ด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่ในเซลล์และเอนไซม์นี้จะทำปฏิกิริยาหลายขั้นตอนย่อยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน และสารประกอบหลายชนิด และสารนี้จะรวมกันเป็นกลิ่นรสของอาหารนั้นๆ จะเห็นได้ว่า จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอาหารนั้นแบ่งได้เป็นจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน (proteolytic) ย่อยสลายไขมัน (lipolytic) และย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต (fermentation) โดยทั่วไปการย่อยสลายโปรตีนนั้นจะทำให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็น และย่อยสลายไขมันจะมีกลิ่นเหม็นหืนและกลิ่นคาว ขณะเดียวกันการย่อยสารคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่จะได้แอลกอฮอล์ แก๊ส และกรด ซึ่งการย่อยสารประกอบทั้งสามประเภทนี้ ถ้าเกิดในอัตราที่เหมาะสมแล้ว จะไม่ทำให้คุณภาพทางกลิ่นรสของอาหารเสียไป แต่จะช่วยเพิ่มกลิ่นรสที่ดี และแปลกใหม่ให้กับอาหารอีกด้วย

2.10 สาเหตุที่อาหารหมักดองเสีย

อาหารหมักดองเสียหรือมีลักษณะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค คือ อาหารหมักดองที่มีลักษณะอ่อนนิ่ม ลื่น เป็นเมือก มีสีคล้ำหรือเหี่ยว ซึ่งมีสาเหตุที่สำคัญเกิดจาก

2.10.1 ใช้น้ำเกลือเจือจางเกินไป

2.10.2 น้ำสำหรับในการดองมีปริมาณน้อยทำให้อาหารโดนอากาศ

2.10.3 ระยะแรกของการหมัก แบคทีเรียเจริญได้จึงขับน้ำย่อยออกมาทำให้ผักอ่อนตัวจากการสลายตัวของ โปรโตเพกติน (protopectin)

2.10.4 เชื้อราและยีสต์มีเอนไซม์อยู่ ทำให้ผักอ่อนตัว

2.10.5 อาหารหมักดองมีแผ่นฝ้าหนาเกิดขึ้นบนบริเวณผิวน้ำเกลือที่ใช้หมัก แผ่นฝ้านี้คือยีสต์ที่ไม่ต้องการ รา แบคทีเรีย จะไปทำลายกรดแลกติก ที่เกิดขึ้นในน้ำเกลือ ทำให้เกิดจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารบูดเน่าขึ้นในน้ำเกลือ จุลินทรีย์จะทำให้อาหารหมักดองมีลักษณะอ่อน และทำให้เกิดรสชาติและกลิ่นที่ไม่ต้องการ

2.10.6 การใช้น้ำกระด้างหมักดอง น้ำกระด้างจะขัดขวางการเกิดกรด ทำให้ผักเน่าเสียได้

2.10.7 การใช้อุณหภูมิที่ผิด อุณหภูมิที่ทำการหมักเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ควบคุมกระบวนการหมักให้ดำเนินไปด้วยดี ปริมาณของสารที่ต้องการให้เกิดขึ้นมากหรือน้อย นอกจากจะขึ้นอยู่กับพันธุ์และชนิดของจุลินทรีย์แล้วก็ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย แบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลกติกจะเจริญได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 21 – 24 องศาเซลเซียส หรือ 80 – 85 องศาเซลเซียส หรือ 60 องศาฟาเรนไฮต์ การทำงานของจุลินทรีย์จะถูกขัดขวางและเกิดรสชาติที่ผิดปกติและลักษณะอื่นก็จะไม่เป็นไปตามที่ต้องการ

2.10.8 อาหารหมักดองมีสีคล้ำเนื่องจาก ใส่เครื่องเทศบดละเอียดมากเกินไป ในเกลือเติมไอโอดีนหุงต้มนานเกินไป น้ำที่ใช้มีแร่ธาตุเหล็กหรือใช้ภาชนะที่เป็นเหล็ก

2.10.9 อาหารหมักดองเหี่ยว เนื่องจากน้ำที่ใช้ดองเริ่มแรกมีความเข้มข้นมากไป

2.11 ประโยชน์ของการหมักดอง

การหมักดองมีประโยชน์ที่สำคัญหลายประการคือ

2.11.1 ทำให้เกิดความปลอดภัยจากจุลินทรีย์บางชนิด อาหารหมักดองที่ทำให้เกิดกรดมี pH ต่ำกว่า 4.5 จะปลอดภัยจากแบคทีเรีย *Clostridium botulinum* ซึ่งเจริญได้ดีในอาหารที่มี pH สูงกว่า 4.5

2.11.2 ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในอาหารมากขึ้น เพราะจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักดองสร้างสารต่างๆ เช่น วิตามินบีสอง วิตามินบีสิบสอง และสารสำหรับเร่งในการเจริญเติบโตขึ้นในอาหาร ทำให้อาหารที่ผ่านการหมักดองมีปริมาณและชนิดของสารอาหารต่างๆ เพิ่มขึ้น

2.11.3 การหมักดองช่วยให้ใช้สารอาหารได้สะดวกมากยิ่งขึ้นคือช่วยให้อาหารที่ย่อยยากอยู่ในภาพที่ย่อยง่าย เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีนที่อยู่ในเอนโดสเปิร์ม (endosperm) ซึ่งล้อมรอบด้วยเยื่อเซลลูโลส (cellulose) หรือเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ที่ย่อยยากถึงแม้จะผ่านกระบวนการโม่บดก็จะย่อยได้เป็นบางส่วนแต่ถ้าผ่านกระบวนการหมักด้วยเชื้อรา เชื้อราจะสามารถชอนไชเส้นใยเข้าไปในผนังเซลลูโลส สร้างน้ำย่อยเซลลูโลส (cellulose enzyme) ช่วยย่อยเซลลูโลส ทำให้สาร

คาร์โบไฮเดรตและโปรตีนถูกสกัดออกมานอกเซลล์ ซึ่งร่างกายมนุษย์สามารถย่อยและเอาไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้น

2.11.4 การหมักดองทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อวงการอุตสาหกรรมอาหาร เช่น การผลิตกรดอะซิติก กรดแลกติก และแอลกอฮอล์ เพื่อใช้ในการถนอมและแปรรูปอาหาร (วิลาวัณย์, 2536)

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ(2527) ได้เผยแพร่วิธีการทำหน่อไม้ดองโดยใช้หน่อไม้ไผ่ตง 1 กิโลกรัม เกลือ 25 กรัม หรือประมาณ 2 ช้อนโต๊ะ และแป้งข้าวจ้าว 1 ช้อนโต๊ะ ปอกเปลือกหน่อไม้ล้างหั่นเป็นชิ้นตามขวางแล้วล้างน้ำอีก 2-3 ครั้ง แช่น้ำไว้ 1 คืนนำขึ้นผึ่งให้สะเด็ดน้ำ แต่ถ้าเป็นหน่อไม้พันธุ์ไม่มีรสขมให้หมักเกลือและแป้งได้ทันที และใช้ของหนักทับไว้ หน่อไม้ที่หมักกับเกลือและแป้ง จะใช้ระยะเวลาหมักถึง 60 วัน จึงจะใช้รับประทานได้

กุลวดี และคณะ(2537) ได้ศึกษากรรมวิธีการผลิตหน่อไม้เปรี้ยวบรรจุขวด โดยได้ทดลองผลิตหน่อไม้เปรี้ยวในน้ำซาวข้าวสารละลายน้ำตาลทรายความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 5 พบว่า อัตราการหมักดองในน้ำซาวข้าวช้าที่สุด และการดองในสารละลายน้ำตาลทรายร้อยละ 5 เร็วที่สุด การเติมเกลือลงไปในสารละลายที่ใช้ในการหมักดองในปริมาณร้อยละ 2.5 จะช่วยให้อัตราการหมักเร็วขึ้นที่สุด และการเติมเกลือในปริมาณร้อยละ 10 จะทำให้อัตราการหมักดองช้าที่สุด และช่วยรักษาหน่อไม้ไม่ให้เสียก่อนกรรมวิธีการบรรจุและฆ่าเชื้อได้นานกว่า 3 เดือน สีของหน่อไม้เปรี้ยวที่ดองในสารละลายน้ำตาลทรายจะมีสีขาวกว่าหน่อไม้เปรี้ยวที่ดองในน้ำซาวข้าว การเกิดกรดแลกติกและการเปลี่ยนแปลงในเรื่อง pH ของผลิตภัณฑ์จะเกิดอย่างรวดเร็วในระยะ 2-3 วันแรก หลังจากนั้นอัตราก็จะช้าลงโดยมี pH อยู่ในช่วง 3.0-3.6 จากการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคโดยการให้คะแนนแบบ Hedonic scale พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างเป็นนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวอย่างที่ใช้น้ำซาวข้าวสารละลายน้ำตาลเข้มข้นร้อยละ 1 และ 5 ซึ่งทั้งหมดมีเกลือปนอยู่ร้อยละ 10 และสารละลายน้ำตาลทรายความเข้มข้น ร้อยละ 5 ซึ่งมีเกลือปนอยู่ร้อยละ 2.5 และไม่มีเกลือปนอยู่เลย และตัวอย่างหน่อไม้เปรี้ยวที่ซื้อจากตลาด อย่างไรก็ดี คะแนนรวมทุกคุณลักษณะของหน่อไม้เปรี้ยวที่ดองในสารละลายน้ำตาลทรายความเข้มข้นร้อยละ 1 และมีเกลือผสมอยู่ร้อยละ 10 มีคะแนนสูงสุด จากการทดลองนำหน่อไม้เปรี้ยวมาบรรจุขวดขนาด 8 ออนซ์ และฆ่าเชื้อ พบว่าการพาสเจอร์ไรซ์ที่ 212 องศาฟาเรนไฮน์ นาน 15 นาที ก็เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีในผลิตภัณฑ์

Prescott and Dunn(1959) ได้กล่าวถึงปริมาณเกลือเริ่มต้นที่ใช้ในการดองว่ามีทั้งร้อยละ 8 และร้อยละ 10.6 แต่ปฏิกิริยาการหมักจะเกิดอย่างรวดเร็วที่การหมักซึ่งใช้เกลือในปริมาณต่ำกว่ามากกว่าการใช้เกลือในปริมาณสูง ในขณะเดียวกัน การใช้เกลือในปริมาณต่ำก็อาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเสียอันเนื่องมาจากการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และลักษณะเนื้อจะไม่กรอบเท่ากับการหมักเกลือในปริมาณร้อยละ 10.6 โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าหมักในห้องที่มีอุณหภูมิสูง การเติมน้ำตาลลงไปในสารละลายที่ใช้หมักร้อยละ 1 ในขณะเริ่มต้นการหมัก จะช่วยเร่งปฏิกิริยาการหมักให้เร็วขึ้น การเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์และการเกิดกรดจะเร็วที่สุดที่ความเข้มข้นของเกลืออยู่ที่ร้อยละ 2-5 อัตราเร็วของการหมักจะลดลงพร้อมกับการลดปริมาณของ undersirable microorganism เมื่อปริมาณของเกลือเท่ากับร้อยละ 7.5 หรือมากกว่านั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียที่ใช้ในการหมัก เช่น 45 องศาเซลเซียส สำหรับ แลคโตบาซิลลัส การหมักจะเป็นไปแบบไร้อากาศ ระยะเวลาที่ใช้หมักประมาณ 1-6 วัน สำหรับ Lactic acid fermentation หรือ 2-6 สัปดาห์สำหรับผักและผลไม้ดอง