

บทที่ 9

เกลือและการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร (Salt and Its Uses in Food Industry)

วัตถุประสงค์

หลังจากที่อ่านบทนี้แล้ว นักศึกษาควรทราบและเข้าใจในสิ่งต่อไปนี้

- คุณสมบัติของเกลือในการถนอมอาหาร
- การใช้เกลือในอุตสาหกรรมอาหาร

9.1 บทนำ

คำว่า เกลือ ในทางวิทยาศาสตร์จะหมายถึง สารประกอบที่เกิดจากอนุมูลของกรดรวมตัวกับอนุมูลของด่าง ซึ่งในธรรมชาติมีอยู่มากมาย เช่น โพแทสเซียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ และแมกนีเซียมซัลเฟต เป็นต้น แต่เกลือที่มนุษย์ใช้ในการถนอมอาหารมาแต่โบราณคือ เกลือโซเดียมคลอไรด์ หรือ รู้จักกันทั่วไปในชื่อ เกลือแกง (Cooking salt, Table salt) สูตรเคมี คือ NaCl มีสีขาวลักษณะเป็นผลึกลูกบาศก์ มีคุณสมบัติในการดูดความชื้น (Hygroscopic) และจะดูดความชื้นได้มากขึ้นถ้าเกลือนั้นไม่บริสุทธิ์

9.2 แหล่งที่มาของเกลือ

เกลือแกงที่ใช้ในการถนอมอาหารมีอยู่มากมาย ในธรรมชาติพบทั่วไปในแหล่งใหญ่ๆ 4 แหล่ง คือ

1. ทะเล

เป็นแหล่งใหญ่ของเกลือ ได้จากการทำนาเกลือตามแถบชายฝั่งติดทะเล โดยปล่อยให้ น้ำทะเลที่ท้องคุ้งประกอบส่วนใหญ่เป็นเกลือเข้ามาในนาเกลือและเก็บกักไว้ ดากแดดให้น้ำระเหยไป จนถึงความเข้มข้นระดับหนึ่ง เกลือก็จะตกผลึก เกลือที่ได้เรียก เกลือสมุทร (solar salt) มีธาตุไอโอดีนเป็นส่วนประกอบ

2. ใต้พื้นดิน

ใต้พื้นดินบางแห่งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จะมีผลึกเกลือจับตัวเป็นก้อนเกลือขนาดใหญ่ เรียก สาดิน หรือโป่งดิน สามารถใช้น้ำไปสกัดหรือละลายเกลือออกมา เกลือที่ได้เรียก เกลือสินเธาว์ (Rock salt) ซึ่งไม่มีธาตุไอโอดีนเป็นส่วนประกอบ

3. ทะเลสาบน้ำเค็ม (Salt lake)

เป็นลักษณะของทะเลสาบ หรือน้ำทะเลบางส่วนที่ถูกปิดล้อมไว้ ปล่อยให้แสงแดดระเหยน้ำออกไป จนถึงความเข้มข้นระดับหนึ่ง เกลือก็จะตกผลึก หรือพื้นที่ที่มีเกลืออยู่สูง และเกิดการชะล้างเกลือออกมาในแหล่งน้ำนั้นจนมีความเข้มข้นเกลือสูง

4. บ่อน้ำเกลือ (Brine wells)

ใต้พื้นดินบางแห่งจะมีชั้นของเกลืออยู่เป็นจำนวนมาก การนำมาใช้ทำได้โดยการใช้น้ำละลายแล้วสูบขึ้นมา

9.3 ความบริสุทธิ์ของเกลือต่อคุณภาพของอาหาร

เกลือที่ได้มาจากทั้งสี่แหล่งยังเป็นเกลือที่ไม่บริสุทธิ์ (Crude salt) มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ อยู่มากมาย การนำมาใช้กับอาหารจะมีผลต่อคุณภาพของอาหาร ดังนี้

เกลือที่มีอนุมูลของแคลเซียมและแมกนีเซียมเจือปนทำให้ความเป็นกรดของน้ำเกลือลดลง เกิดการตกตะกอนของหินปูน ถ้านำไปใช้กับผักจะทำให้เกิดจุดแข็งๆ ในพวกผักใบอ่อน

เกลือที่มีอนุมูลของธาตุเหล็กและทองแดง ทำให้อาหารเกิดกลิ่นเหม็นหืน และเกิดสีดำในผักและผลไม้ โดยทำปฏิกิริยากับแทนนินที่มีอยู่มากในผักและผลไม้

เกลือที่มีอนุมูลของธาตุแมกนีเซียมจะทำให้อาหารมีรสขม

เกลือที่มีธาตุไอโอดีนไม่เหมาะที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีการใช้เกลือในเทรตเพื่อให้เกิดสีแดง ทั้งนี้เพราะไอโอดีนจะเป็นตัวยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ช่วยเปลี่ยนเกลือในเทรตให้เป็นเกลือไนเทรตทำให้มีเกลือไนเทรตตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์มาก

9.3.1 การทำให้เกลือบริสุทธิ์

ทำได้โดยนำผลึกเกลือบมละลายกับน้ำสะอาด ใช้สารเคมีพวกโซดาไฟหรือโซดาแอช เพื่อตกตะกอนหรือแยกอนุมลสิ่งเจือปนออก แล้วจึงทำการตกผลึกน้ำเกลือใหม่อีกครั้ง จะได้เกลือบที่มีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น

9.3.2 การละลายและการวัดความเข้มข้นของเกลือบ

เกลือบบริสุทธิ์ละลายน้ำได้ 26.395 % โดยน้ำหนักที่ 20 องศาเซลเซียส อัตราเร็วในการละลาย ขึ้นกับ ขนาดของผลึกและอุณหภูมิที่ใช้ ความเข้มข้นของเกลือบสามารถวัดได้โดยอาศัยคุณสมบัติของเกลือบซึ่งเป็นสารที่ละลายได้ในน้ำ จึงไปเพิ่มความถ่วงจำเพาะของน้ำ เพราะฉะนั้นความเข้มข้นของเกลือบบอกได้โดยการวัดความถ่วงจำเพาะ

9.3.3 หน่วยและเครื่องมือที่ใช้วัด

1. ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)

เป็นเครื่องมือวัดความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือบมีค่าอยู่ในช่วง 1.000 – 1.204 แล้วนำค่าความถ่วงจำเพาะไปเทียบกับตารางมาตรฐานเปลี่ยนกลับเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์เกลือบโดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 9.1

2. โบเมไฮโดรมิเตอร์ (Baume hydrometer)

เป็นเครื่องมือวัดความเข้มข้นของน้ำเกลือบ มีหน่วยเป็นองศา Baume แล้วเทียบกลับเป็นความถ่วงจำเพาะจากสูตรข้างล่างนี้

$$\begin{aligned} \text{สูตร} \quad S &= \frac{m}{m - d} \\ S &= \text{ความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือบ} \\ m &= 145 \\ d &= \text{องศา Baume} \end{aligned}$$

ตารางที่ 9.1 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยที่ใช้วัดความเข้มข้นของน้ำเกลือ

| องศาเซลเซียส (°C) | องศาโบเเม (°B) | ความถ่วงจำเพาะ | เปอร์เซ็นต์เกลือ (น้ำหนักต่อปริมาตร) |
|----------------------|-------------------|----------------|---|
| 100 | 24.6 | 1.204 | 26.395 |
| 99.6 | 24.5 | 1.203 | 26.285 |
| 99 | 24.4 | 1.202 | 26.131 |
| 98 | 24.2 | 1.200 | 25.867 |
| 97 | 23.9 | 1.197 | 25.603 |
| 96 | 23.7 | 1.195 | 25.339 |
| 95 | 23.5 | 1.03 | 25.075 |
| 94 | 23.3 | 1.91 | 24.811 |
| 92 | 22.7 | 1.186 | 24.283 |
| 90 | 22.3 | 1.182 | 23.755 |
| 88.3 | 22.0 | 1.179 | 23.310 |
| 88 | 21.9 | 1.170 | 23.228 |
| 86 | 21.4 | 1.173 | 22.700 |
| 84 | 21.0 | 1.169 | 22.172 |
| 82 | 20.4 | 1.164 | 21.644 |
| 80 | 20.0 | 1.160 | 21.116 |
| 78 | 19.6 | 1.156 | 20.588 |
| 76 | 19.1 | 1.152 | 20.060 |
| 74 | 18.6 | 1.147 | 19.532 |
| 72 | 18.1 | 1.143 | 19.004 |
| 70 | 17.7 | 1.139 | 18.477 |
| 68 | 17.2 | 1.135 | 17.940 |
| 66 | 16.7 | 1.130 | 17.421 |
| 64 | 16.2 | 1.126 | 16.893 |

ตารางที่ 9.1 (ต่อ)

| องศาฟาโลมิเตอร์ | องศาโบเม | ความถ่วงจำเพาะ | เปอร์เซ็นต์เกลือ (น้ำหนักต่อปริมาตร) |
|-----------------|----------|----------------|---|
| (°S) | (°B) | | |
| 62 | 15.8 | 1.122 | 16.365 |
| 60 | 15.3 | 1.118 | 15.837 |
| 58 | 14.8 | 1.114 | 15.309 |
| 56 | 14.4 | 1.110 | 14.781 |
| 54 | 13.9 | 1.106 | 14.253 |
| 52 | 13.4 | 1.102 | 13.725 |
| 50 | 12.9 | 1.098 | 13.198 |
| 48 | 12.5 | 1.094 | 12.670 |
| 46 | 12.0 | 1.090 | 12.142 |
| 44 | 11.5 | 1.086 | 11.614 |
| 42 | 11.0 | 1.082 | 11.086 |
| 40 | 10.5 | 1.078 | 10.558 |
| 36 | 9.5 | 1.070 | 9.502 |
| 34 | 9.0 | 1.066 | 8.974 |
| 32 | 8.5 | 1.062 | 8.446 |
| 30 | 7.9 | 1.058 | 7.919 |
| 28 | 7.4 | 1.054 | 7.391 |
| 26 | 6.9 | 1.050 | 6.863 |
| 24 | 6.4 | 1.046 | 6.335 |
| 22 | 5.8 | 1.042 | 5.807 |
| 20 | 5.3 | 1.038 | 5.279 |
| 15 | 4.0 | 1.028 | 3.959 |
| 10 | 2.7 | 1.019 | 2.640 |
| 0 | 0.0 | 1.000 | 0.000 |

ที่มา : Rust & Olsom (1973)

3. ซาลิมิเตอร์ (Salimeter)

เป็นเครื่องมือวัดความเข้มข้นของน้ำเกลือ โดยอาศัยหลักการหักเหของแสง ค่าที่วัดได้มี 2 หน่วย คือ องศาซาลิมิเตอร์ (Salometer) และความเข้มข้นเป็นเปอร์เซ็นต์

ในกรณีที่วัดเป็นองศาซาลิมิเตอร์ 100 องศาซาลิมิเตอร์ คือ ความเข้มข้นสูงสุดที่เกลือบริสุทธิ์ละลายน้ำได้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26.4 % โดยน้ำหนักที่ 20 องศาเซลเซียส

ซาลิมิเตอร์จะวัดได้เฉพาะสารละลายเกลือเพียงอย่างเดียว ถ้ามีอย่างอื่นเจือปนจะวัดไม่ได้ เช่น ในกรณีที่นำไปวัดในอาหาร เช่น น้ำปลา ซีอิ๊ว

หน่วยต่างๆ ที่ใช้วัดความเข้มข้นของสารละลายเกลือมีความสัมพันธ์กันดังตารางที่ 9.1 การหาความบริสุทธิ์ของเกลือทำได้โดยนำเกลือมาละลายน้ำจนมีความเข้มข้นวัดได้ $100^{\circ}S$

$$\% \text{ ความบริสุทธิ์ของเกลือ} = \frac{26.4 \times 100}{S}$$

$$S = \text{น.น.เกลือที่ทำให้ได้สารละลายเกลือที่มีค่า } 100^{\circ}S$$

9.4 คุณสมบัติในการถนอมอาหารของเกลือ

เกลือไม่จัดอยู่ในกลุ่มสารกันบูด แต่สามารถป้องกันการเน่าเสียของอาหารได้ เพราะ

1) เกลือช่วยลด a_w ของอาหารให้ต่ำลง เนื่องจากเกลือละลายได้ในน้ำ ทำให้ a_w ของอาหารลดลงตามปริมาณเกลือที่เติมลง มีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และป้องกันการเน่าเสียของอาหาร ดังตารางที่ 9.2

ตารางที่ 9.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเกลือ ค่า a_w และการยับยั้งจุลินทรีย์

| % NaCl | a_w | การยับยั้งจุลินทรีย์ |
|--------|-------|--|
| 10 | 0.94 | <i>Cl. botulinum</i> , <i>Salmonella</i> sp. |
| 16 | 0.90 | แบคทีเรียทั่ว ๆ ไป |
| 22 | 0.86 | <i>Staphylococci</i> sp. ยีสต์ทั่ว ๆ ไป |

ที่มา: Kyzlink (1990)

a_w ของสารละลายเกลือบริสุทธิ์ สามารถหาได้ 2 วิธี คือ

1. a_w คือ ค่าความดันไอของสารละลายต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน

$$a_w = \frac{P}{P_0}$$

P = ความดันไอของสารละลาย

P_0 = ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน

2. Raoult's Law กล่าวว่า การลดลงของความดันไอของสารละลายต่อความดันไอเดิมน้อยกว่าหรือเท่ากับ molar fraction ของสารละลายที่เกิดขึ้น

$$a_w = \frac{N_1}{N_1 + N_2}$$

N_1 = จำนวนโมเลกุลของน้ำ

N_2 = จำนวนโมเลกุลของสารละลาย

2) เมื่อเกลือละลายในน้ำทำให้เกิดแรงดันออสโมติก เซลล์ของจุลินทรีย์จะสูญเสียน้ำและหยุดการเจริญ แรงดันออสโมติกจะมีค่าสูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นของเกลือเพิ่มขึ้น และมีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 9.3

ตารางที่ 9.3 แรงดันออสโมติกของสารละลายเกลือ

| ความเข้มข้นของเกลือ (%) | แรงดันออสโมติก (KPa) | |
|-------------------------|----------------------|----------------|
| | โซเดียมไนเตรด | โซเดียมคลอไรด์ |
| 1 | 432 | 598 |
| 5 | 1670 | 2750 |
| 20 | - | 11770 |

ที่มา : Kyzlink (1990)

3) เกลือมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์

อนุมูลของโซเดียม โปแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และคลอไรด์ มีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ เมื่อมีปริมาณมาก เกลือมีคุณสมบัติในการทำลายโปรโตพลาสซึม ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีนเนสบางชนิด การย่อยสลายโปรตีนถูกยับยั้ง และการสร้างพลาสซึมของจุลินทรีย์ถูกยับยั้ง จุลินทรีย์ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้เกลือถูกใช้เป็นตัวคัดเลือกชนิดของจุลินทรีย์และยินยอมให้เจริญได้ในอาหารหรือไม่ จากผลของเกลือสามารถจัดแบ่งจุลินทรีย์เป็น 2 พวก คือ

1. จุลินทรีย์ที่ไม่ทนเกลือ

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ทำให้อาหารเน่าเสีย และเกิดกลิ่นเหม็น หลายชนิดทนเกลือต่ำ เช่น *Escherichia coli* จะหยุดการเพิ่มจำนวน ที่ความเข้มข้นของเกลือ 8 – 9 % แบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียหยุดการเจริญ เมื่อมีความเข้มข้นของเกลือในสภาพแวดล้อมสูงถึง 10 – 12 % *Cl. botulinum* จะหยุดการเจริญและการผลิตสารพิษที่ความเข้มข้นของเกลือ 5 – 10 % *Cl. saccharobutyricum* ที่ 3 – 6 % *Cl. perfringens* ที่ 5 % *Geotrichum candidum* เป็น acidivorus เสียหายที่ความเข้มข้นของเกลือ 1.5 % จุลินทรีย์เหล่านี้จะมีความไวต่อเกลือเพิ่มขึ้นในสภาวะที่มีกรดอยู่ด้วยแม้เพียงเล็กน้อย จุลินทรีย์ก็จะหยุดการเจริญที่ความเข้มข้นของเกลือต่ำ ๆ

2. จุลินทรีย์ที่ทนเกลือ

จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จะมีทั้งพวกที่ทนเกลือและพวกที่เจริญได้ดีในสภาวะที่มีเกลือ เช่น จุลินทรีย์ในกลุ่มแล็กติกแอซิดแบคทีเรียทนเกลือได้สูง 10 – 18 % เมื่อเจริญจะผลิตกรดแล็กติกขึ้นในอาหาร แล็กติกแอซิดแบคทีเรียที่มีความสำคัญและก่อให้เกิดประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารหมัก ได้แก่ *Leuconostoc sp.* *Lactobacillus sp.* ในการผลิตไส้กรอกเปรี้ยว ผักและผลไม้ดอง แต่มีจุลินทรีย์บางชนิดที่ทนเกลือและทำความเสียหายกับอาหาร แม้ที่ความเข้มข้นของเกลือสูง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นยีสต์พวก *Torulopsis sp.* *Brettanomyces sp.* *Kloeckera sp.* และฟิล์มยีสต์พวก *Debaryomyces sp.* *Endomycopsis sp.* *Zygosaccharomyces sp.* *Candida sp.* *Hansenula sp.* *Pichia sp.* และ *Mycoderma sp.* สามารถเจริญในอาหารที่มีเกลือในปริมาณสูงในช่วง 7 – 20 % เช่น ในผักและผลไม้ดอง เต้าเจี้ยว และปลาเค็ม เป็นต้น เมื่อเจริญจะทำให้อาหารมีลักษณะ กลิ่นและรสที่ผิดปกติ

เกลือสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและยีสต์ทั่วไป ๆ ที่ความเข้มข้น 20 % ในสภาวะที่ไม่มีกรด แต่ยีสต์พวก *Debaryomyces sp.* ยังคงเจริญเติบโตได้ที่สภาวะนี้

การทนเกลือของจุลินทรีย์ขึ้นกับสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณโปรตีน ความเข้มข้นของเกลือที่ระดับต่ำไม่เพียงพอสำหรับการเก็บรักษาควรใช้ร่วมกับวิธีทำแห้ง การแช่เย็น และสภาวะที่เป็นกรด

4) เกลือเป็นตัวทำลายเอนไซม์

เกลือที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 1 % ช่วยลดกิจกรรมของออกซิเดทีปเอนไซม์ในผักและผลไม้ เกลือสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในอาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ แต่ในขณะเดียวกันเกลือก็เป็น Pro-oxidative เมื่ออยู่ที่ผิวของอาหาร นักวิทยาศาสตร์ยังมีความคิดเห็นที่ขัดแย้งกันในเรื่องนี้

Lee และ คณะ (1997) ศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่เติมลงในหุบดแช่เยือกแข็งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ - 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ค่าทีบีเอ (TBA) และปริมาณเปอร์ออกไซด์จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของเกลือสูงขึ้น นอกจากนี้กิจกรรมของเอนไซม์คะตาเลส เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ไดมิเนส (Superoxide Dimutase) และเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (Glutathione peroxidase) ที่เป็นเอนไซม์ช่วยยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง เมื่อความเข้มข้นของเกลือเพิ่มขึ้นในช่วง 0.5 - 2.0 %

Rhee และคณะ (1983) ทดลองเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และเกลือแมกนีเซียมคลอไรด์ในเนื้อหุบดดิบและเนื้อหุบดต้มสุก โดยให้มีความเข้มข้นของไอออน 0.70 และ 0.35 แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิแช่เยือกแข็ง - 20 องศาเซลเซียส พบว่า โซเดียมคลอไรด์และแมกนีเซียมคลอไรด์ทำให้เกิดการหืนเพิ่มขึ้นทั้งในเนื้อหุบดดิบและเนื้อหุบดต้มสุก ในขณะที่เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทำให้เกิดการหืนเพิ่มขึ้นเฉพาะในเนื้อหุบดดิบเท่านั้น แต่เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1.6 - 3.19 % จะไม่ทำให้เกิดการหืนเพิ่มขึ้นทั้งในเนื้อหุบดดิบและเนื้อหุบดต้มสุกที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง นอกจากนี้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1.5 % ช่วยยับยั้งการเกิดกลิ่นหืนขึ้นทั้งในเนื้อหุบดดิบและเนื้อหุบดต้มสุกที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง

5) น้ำเกลือช่วยลดการแพร่หรือการแทรกซึมของออกซิเจน ในสารละลายเกลือออกซิเจนจะละลายหรือแทรกซึมได้น้อย ทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนเจริญได้ยาก นอกจากนี้การลดปริมาณออกซิเจน ยังมีผลช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยเอนไซม์ และปฏิกิริยาการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดจากออกซิเจน

9.5 การใช้เกลือในอุตสาหกรรมอาหาร

9.5.1 สารเพิ่มรส (Flavoring agent)

เกลือให้รสเค็มในอาหาร และเมื่อใช้เกลือในอาหารที่มีสารให้รสตัวอื่น เช่น น้ำตาล และกรด เกลือจะไปทำให้รสของอาหารเด่นชัดและกลมกล่อมขึ้น ตัวอย่างเช่น การเติมเกลือปริมาณเล็กน้อยลงไปในส่วนผสมของน้ำส้มจะช่วยให้รสหวานแหลมขึ้น นอกจากนี้เกลียวยังช่วยกำจัดรสฝาดในอาหารบางชนิดได้อีกด้วย

9.5.2 ผักกระป๋อง

การแปรรูปผัก นิยม ผลิตในรูปผักในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง เช่น หน่อไม้ ถั่วงอก ข้าวโพดฝักอ่อน เห็ด และอื่นๆ เพราะเมื่อนำไปปรุงอาหารจะไม่ทำให้รสชาติอาหารผิดไป ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ใช้จะใช้ในระดับต่ำประมาณ 1.5 – 2.5 % Cut out

% cut out หมายถึง ความเข้มข้นของสารละลายและเนื้ออาหารที่จุดสมดุล หลังจากที่สารละลายแทรกซึมเข้าไปในเนื้ออาหารดีแล้ว

ดังนั้นการเตรียมน้ำเกลือเพื่อให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายตามต้องการ จะต้องคำนึงถึงจำนวนเกลือที่แทรกซึมเข้าไปในเนื้ออาหารด้วย สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{สูตร} \quad X = \frac{A(S/100)}{1 - S/100}$$

เมื่อ X = จำนวนเกลือ (กรัม) ที่ต้องเติมลงไปต่อจำนวน
วัตถุดิบ (ผัก หน่อไม้) 100 กรัม

A = เปอร์เซ็นต์ความชื้น

S = เปอร์เซ็นต์เกลือ

ถ้าต้องการผลิตหน่อไม้ในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องโดยใช้หน่อไม้ 450 กรัม น้ำเกลือ 350 กรัม ต้องการให้ความเข้มข้นเกลือสุดท้าย (% cut out) เท่ากับ 1.5 % ต้องใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นที่เปอร์เซ็นต์ ถ้าหน่อไม้มีความชื้น 80 %

น้ำเกลือที่ใช้ 350 กรัม มีความเข้มข้น 1.5 %

$$\text{ต้องใช้เกลือ} = \frac{1.5 \times 350}{100} = 5.25 \text{ กรัม}$$

เกลือที่ต้องใช้เพิ่ม (เกลือแทรกซึมเข้าไปในหน่อไม้) ต่อหน่อไม้ 100 กรัม

$$\begin{aligned} x &= \frac{80(1.5)}{1 - 1.5} \\ &= 1.21 \end{aligned}$$

$$\text{หน่อไม้ 450 กรัมต้องใช้เกลือ} = \frac{1.21 \times 450}{100} \text{ กรัม} = 5.45 \text{ กรัม}$$

เกลือที่ต้องใช้ทั้งหมด $5.25 + 5.45 = 10.7$ กรัม

$$\text{น้ำเกลือที่ใช้มีความเข้มข้น} = \frac{10.7 \times 100}{350} = 3.1\%$$

$$\text{การเตรียมใช้เกลือ 10.7 กรัม น้ำ} = 350 - 10.7 = 339.3 \text{ กรัม}$$

9.5.3 อาหารหมักดอง

ในสมัยโบราณการนำอาหารมาหมักเกลือเพื่อต้องการให้อาหารเก็บได้นาน อาหารจะมีรสค่อนข้างเค็ม แต่ในปัจจุบันสามารถผลิตอาหารหมักเกลือให้มีรสเปรี้ยว โดยอาศัยคุณสมบัติของเกลือที่เป็นตัวคัดเลือกชนิดของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์แต่ละชนิดสามารถจะเจริญได้ที่ความเข้มข้นของเกลือระดับต่าง ๆ กันก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารมากมาย

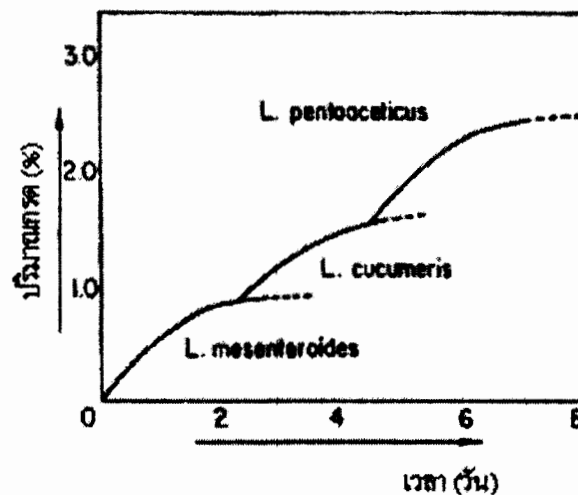
รสชาติของอาหารหมักเกลือขึ้นกับความเข้มข้นของเกลือที่ใช้ อาหารที่มีรสเค็ม เช่น ปลาเค็ม เนื้อเค็ม มะม่วงเค็ม และไข่เค็ม เป็นต้น จะใช้เกลือหมักกับอาหาร โดยให้ความเข้มข้นสุดท้ายของเกลือมากกว่า 16 % อาหารจะมีรสค่อนข้างเค็มและเก็บได้นาน ส่วนอาหารที่มีรสเปรี้ยว เช่น ข้าวเออเครา แหนม ไส้กรอก และผักกาดดองเปรี้ยว เป็นต้น เกิดจากแล็กติกแอซิดแบคทีเรียเจริญและผลิตกรดแล็กติกในอาหารที่มีเกลือที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ ทำให้

อาหารมีรสเปรี้ยว การเติมเกลือลงไปทำให้จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแล็กติกเจริญได้ดี แม้ว่าจะมีจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่ทำให้อาหารเน่าเสียปะปนอยู่ด้วยก็ตาม เมื่อแล็กติกแอซิดแบคทีเรียเจริญจะผลิตกรดขึ้นร่วมกับเกลือที่มีอยู่แล้ว จะทำให้จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียตายไป นอกจากนี้เกลือที่เติมลงไปยังช่วยดึงน้ำตาลออกจากอาหาร เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ ความเข้มข้นของเกลือที่ใช้จะแตกต่างกันไป ขึ้นกับ ชนิดของแล็กติกแอซิดแบคทีเรีย เช่น จุลินทรีย์ในไส้กรอกเปรี้ยวและแฮม คือ *Leuconostoc* sp. *Lactobacillus* sp. และ *Pediococcus* sp. ต้องการเกลือประมาณ 4.0 – 5.5 % จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะผลิตกรดน้อยกว่า จุลินทรีย์ที่พบในผักและผลไม้ดอง

ในการผลิตชาวเออเคราและกิมจิ ความเข้มข้นของเกลือที่ใช้ประมาณ 2.5 – 3.5 % จุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลจากผักเปลี่ยนไปเป็นกรดแล็กติก มีจุลินทรีย์ที่สำคัญที่เข้ามาเกี่ยวข้อง 3 ชนิด คือ

1. *Leuconostoc mesenteroides*

ผลิตกรดแอซิดิก กรดแล็กติก แอลกอฮอล์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์และกรดที่เกิดขึ้นบางส่วนจะรวมตัวกันเกิดเป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่มีกลิ่นหอม จุลินทรีย์ชนิดนี้พบมากในระยะแรกของการหมัก และจะเจริญที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 21 องศาเซลเซียส เจริญค่อนข้างช้าและทนต่อสภาวะที่เป็นกรดได้น้อย เมื่อปริมาณกรดเพิ่มขึ้นถึง 1 % จุลินทรีย์ชนิดนี้จะหยุดการเจริญ แล็กติกแอซิดแบคทีเรียชนิดอื่นที่ทนกรดสูงกว่าก็จะเจริญขึ้นแทน ดังภาพที่ 9.1



ภาพที่ 9.1 จุลินทรีย์ที่พบในการผลิตชาวเออเครา
ที่มา : Derosier (1970)

1. *Lactobacillus cucumeris*

เจริญได้ดีในสภาวะที่มีกรด 1 – 2 % ผลิตเฉพาะกรด ทำให้ปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ผักดองจะมีรสเปรี้ยวขึ้น เมื่อความเข้มข้นของกรดสูงกว่า 2 % จุลินทรีย์ก็จะหยุดการเจริญ

2. *Lactobacillus pentoaceticus*

เจริญได้ดีในสภาวะที่มีกรดสูงกว่า 2 % และผลิตเฉพาะกรดเท่านั้น

จุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดที่เจริญในซาวเออเคราและกิมจิจะมีเพียง *L. mesenteroides* เท่านั้นที่ผลิตสารให้กลิ่นหอม ดังนั้นถ้าต้องการผักดองที่มีสารที่ให้กลิ่นรสดี ควรผลิตในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำ เพราะถ้าใช้อุณหภูมิสูงในช่วงแรก แล็กทิกแอซิดแบคทีเรียตัวอื่นจะเจริญได้ดีกว่าและผลิตกรดมากกว่ามีผลยับยั้งการเจริญของ *Leuconostoc mesenteroides*

วิธีการดอง

ในอุตสาหกรรมอาหารหมักดอง การดองนิยมทำใน 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การดองแห้ง

วิธีนี้จะใช้เกลือเม็ดหรือเกลือผงโดยโรยเกลือสลับกับอาหารเป็นชั้น ๆ โดยไม่เติมน้ำ น้ำหนักของอาหารและเกลือด้านบนจะกดทับบีบน้ำออกจากอาหาร ทำให้เกลือละลายน้ำและสารละลายมีความเข้มข้นสูง เกลือจะดูดน้ำจากออกจากอาหารเพิ่มขึ้นตามหลักการออสโมซิส สารละลายเกลือจะแทรกซึมเข้าไปในอาหาร การดองในลักษณะนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเหี่ยว เพราะสารละลายเกลือดูดน้ำออกจากอาหารมากและเร็วเกินไป นิยมใช้ในการทำปลาเค็ม เนื้อเค็ม ปลาร้า และน้ำปลา เป็นต้น

2. การดองด้วยน้ำเกลือ

ผลิตภัณฑ์จะมีรสชาติที่สม่ำเสมอและเสียหายน้อยกว่าการดองแห้ง การดองด้วยน้ำเกลือมี 2 ลักษณะ คือ

ก. แบบเจือจาง คือ น้ำเกลือที่ใช้ดองอาหารจะมีความเข้มข้นลดลงเรื่อยๆ จากความเข้มข้นเริ่มต้น เมื่อเกลือแทรกซึมเข้าไปในอาหาร การดองแบบนี้มักมีการเจริญของแล็กทิกแอซิดแบคทีเรียทำให้อาหารมีรสเปรี้ยว

ข. แบบเข้มข้น คือ การดองโดยรักษาความเข้มข้นของน้ำเกลือให้คงที่ตลอดระยะเวลาในการดอง โดยการเติมน้ำเกลือใหม่ลงไปหรือโรยเกลือเม็ดลงไป การดองลักษณะนี้ ถ้าใช้ความเข้มข้นของเกลือสูงจะได้อาหารที่มีรสเค็ม และถ้าเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเกลือถึง 16 % (60°S) และมีการควบคุมที่ดีสามารถเก็บผลิตภัณฑ์อาหารไว้ได้หลายปี

ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารหมักดอง นิยมเก็บวัตถุดิบที่มีมากในฤดูกาล ซึ่งเกินกำลังผลิตไว้ในลักษณะนี้ และนำออกมาผลิตนอกฤดูกาล การเก็บวัตถุดิบในลักษณะนี้ เรียก Salt stock

อาหารหมักดองจะมีปัญหาจากยีสต์และรา ยีสต์ที่ก่อให้เกิดปัญหา ส่วนใหญ่ที่เจริญจะเป็นพวก *Debaromyces sp.*, *Mycoderma sp.* และ *Pichia sp.* เมื่อเจริญในอาหารจะมีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ สีขาวลอยอยู่ที่ผิวหน้า ยีสต์พวกนี้ทนเกลือมาก บางครั้งพบเจริญได้ในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นมากกว่า 20 % ยีสต์พวกนี้จะทำลายกรดแล็กติกโดยการออกซิเดชันทำให้ปริมาณกรดจะลดลง เป็นสาเหตุให้จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียเจริญได้ ยีสต์พวกนี้ไม่ทนต่อความร้อน ถูกทำลายที่อุณหภูมิ 60 – 65 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที และไม่ทนต่อสภาพที่มีแสงแดดติดต่อกันเป็นเวลานาน

การป้องกันการเจริญของยีสต์และรา โดยทำให้อาหารอยู่ในสภาพปลอดอากาศด้วยวิธีปิดทับด้านบนไว้ ซึ่งทำได้หลายวิธีดังนี้

ก. เติมน้ำมันบริโกลงไป เคลือบผิวหน้าของน้ำเกลือหนาประมาณ ¼ นิ้ว แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือ น้ำมันอาจไปเคลือบผิวอาหาร การป้องกันโดยดูดน้ำมันออกก่อนที่จะตักอาหารขึ้นจากน้ำเกลือ

ข. ใช้เทียนไข (parafin) เคลือบผิวหน้า วิธีนี้ต้องลงทุนสูง แต่เป็นวิธีที่สะดวกสามารถแยกเทียนไขออกจากผิวหน้าอาหารง่าย แต่ถ้าในอาหารมีก๊าซเกิดขึ้น เทียนไขจะแตก

ค. ในอุตสาหกรรมนิยมดองอาหารในบ่อหรือไห แล้วปิดปากบ่อหรือไห โดยโบกปูนปิดด้านบน เพื่อป้องกันอากาศและจุลินทรีย์จนกว่าจะถึงเวลาที่จะใช้ผลิต

9.5.4 การใช้เกลือในการละลายและตกตะกอนโปรตีน

การเติมเกลือจำนวนเล็กน้อยลงไป ทำให้โปรตีนละลายน้ำได้ดีขึ้น ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า salting - in เกลือที่เติมลงไปจะช่วยลดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของโปรตีนด้วยกันให้ลดน้อยลง โดยไอออนของเกลือจะไปจับกับไอออนในโมเลกุลของโปรตีน ทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของโปรตีนลดลง มีผลทำให้โปรตีนละลายได้ดีขึ้น เช่น ในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทไส้กรอก แฮม เกลือจะทำหน้าที่สกัดไมโอซินและโปรตีนที่ละลายได้ออกมา โปรตีนเหล่านี้มีคุณสมบัติทำให้น้ำและน้ำมันรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันเกิดลักษณะอิมัลชันในอาหาร

แต่การเติมเกลือจำนวนมากลงในอาหารจะทำให้โปรตีนตกตะกอน ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า salting - out แต่ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของโปรตีน โดยปกติโมเลกุลของเกลือจะมีน้ำล้อมรอบ เมื่อเติมเกลือลงไป เกลือจะไปแย่งน้ำที่ล้อมรอบโมเลกุลของโปรตีนมาล้อมรอบโมเลกุลของเกลือ เป็นสาเหตุให้โปรตีนตกตะกอน

9.5.5 การใช้เกลือในการลดอุณหภูมิ

น้ำเกลือถูกใช้เป็นการทำความเย็นในอุตสาหกรรมน้ำแข็งมาเป็นเวลานาน ก่อนที่มนุษย์จะรู้จักใช้สารทำความเย็นตัวอื่น เมื่อเกลือละลายในน้ำทำให้จุดเยือกแข็งลดต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส น้ำเกลือที่ความเข้มข้น 88 องศาเซลเซียส มีจุดเยือกแข็ง - 15 องศาเซลเซียส สามารถใช้ให้ความเย็นในห้องแช่เย็นที่มีอุณหภูมิ - 4 ถึง 10 องศาเซลเซียส

9.5.6 การใช้เกลือในการคัดคุณภาพ

เกลือมีส่วนช่วยในกระบวนการผลิต เช่น การคัดคุณภาพของวัตถุดิบในด้านความแก่อ่อน ไม่มีเครื่องมือชนิดใดที่จะนำมาใช้ เพื่อให้เกิดความถูกต้องและรวดเร็ว นอกจากจะต้องอาศัยความชำนาญ ทำให้สิ้นเปลืองแรงงานและเวลามาก โดยเฉพาะวัตถุดิบที่มีขนาดเล็ก เช่น ถั่วต่างๆ คุณลักษณะในด้านความแก่อ่อนขึ้นกับน้ำหนัก สามารถแยกโดยอาศัยความแตกต่างในด้านน้ำหนักและความถ่วงจำเพาะ น้ำเกลือที่ความเข้มข้นต่างๆ มีความถ่วงจำเพาะต่างกัน นอกจากนี้เกลือยังมีราคาถูก จึงนำมาใช้ในการคัดคุณภาพและแบ่งระดับชั้นของวัตถุดิบได้เป็นอย่างดี ตัวอย่างเช่น การคัดคุณภาพและจัดระดับชั้นของถั่ว ถั่วที่ดีควรเป็นถั่วอ่อน นิ่ม และเบากว่าถั่วแก่ ถั่วอ่อนชั้นดีเยี่ยม จะลอยในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 30 - 36 °S ถั่วชั้นดีจะลอยในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 35 - 42 °S ถั่วชั้นมาตรฐานจะลอยในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 38 - 46 °S (กล้าณรงค์ ศรีรอด, 2521)

9.6 ผลิตภัณฑ์อาหารที่ถนอมรักษาด้วยเกลือ

ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการใช้เกลือมีหลายรูปแบบ ทั้งในรูปการเก็บรักษา การผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบใหม่จากการหมัก รวมทั้งผลิตไปเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส

9.6.1 ผลิตภัณฑ์อาหารทะเล

การใช้เกลือกับปลาก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์จากปลามากมาย ได้แก่ ปลาเค็ม น้ำปลา ปลาร้า ปลาเจ่า ปลาจ่อม และปลาต้ม เป็นต้น

ปลาเค็ม

หลังขอดเกล็ด ดัดหัว และควักไส้ นำปลาไปแช่ในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นสูงถึงจุดอิ่มตัว เป็นเวลาประมาณ 30 นาที นำไปตากจนแห้งสนิท จะได้ปลาที่มีรสเค็ม มีอายุการเก็บนานเนื่องจากมีค่า a_w ต่ำ

น้ำปลา

หมักปลาด้วยเกลือในอัตราส่วนปลา : เกลือ เท่ากับ 2 : 1 โดยความเข้มข้นของเกลือจะต้องสูงพอที่จะป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มแล็กติกแอซิดแบคทีเรียและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในระหว่างการหมัก เอนไซม์และจุลินทรีย์ภายในตัวปลาจะทำงานโดยย่อยโปรตีนให้มีโมเลกุลที่เล็กลง จนได้กรดอะมิโนซึ่งเป็นตัวให้กลิ่นรสในน้ำปลา การหมักต้องใช้เวลานานมากอย่างน้อย 6 เดือน ในปัจจุบันมีการทดลองนำเอนไซม์จากแหล่งอื่นเติมลงไปเพื่อช่วยลดระยะเวลาในการผลิตน้ำปลา

ปลาร้า

หมักปลาด้วยเกลือในอัตราส่วน ปลา : เกลือ เท่ากับ 7 : 3 โดยความเข้มข้นของเกลือระดับนี้จะต้องสูงพอที่จะป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มแล็กติกแอซิดแบคทีเรียและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย ปล่อยให้เอนไซม์และจุลินทรีย์ภายในตัวปลาทำงาน โดยย่อยโปรตีนบางส่วนให้มีโมเลกุลที่เล็กลง ใช้เวลาในการหมักประมาณ 3 เดือน เนื้อปลาร้าจะนุ่มและให้กลิ่นที่เกิดจากการแตกตัวของโปรตีน เติมน้ำข้าวคั่วและน้ำเกลือ เพื่อรักษาความเข้มข้นของเกลือให้คงที่

ปลาเจ้า

หมักปลาด้วยเกลือในอัตราส่วนปลา : เกลือ เท่ากับ 3 : 1 โดยที่ความเข้มข้นของเกลือระดับนี้แล็กติกแอซิดแบคทีเรียสามารถเจริญได้ หมักทิ้งไว้ 3 วัน ด่างแดดพองหมาด คลุกกับดินประสิวและเติมข้าวหมาก บรรจุใส่ในภาชนะปิดฝาให้แน่น ทิ้งไว้ 15 วัน จะมีรสเปรี้ยวที่เกิดจากแล็กติกแอซิดแบคทีเรียและมีกลิ่นรสแอลกอฮอล์ที่เกิดจากยีสต์ในข้าวหมาก ปลาเจ้าสามารถเก็บไว้บริโภคได้ไม่เกิน 2 เดือน มิฉะนั้นจะมีรสเปรี้ยวเกินไป

ปลาจ่อม (ปลาส้ม)

หมักปลาด้วยเกลือในอัตราส่วนปลา : เกลือ เท่ากับ 7 : 3 โดยที่ความเข้มข้นของเกลือระดับนี้แล็กติกแอซิดแบคทีเรียสามารถเจริญได้ หมักทิ้งไว้ 2 วัน บรรจุใส่ในภาชนะ คลุกกับข้าวสุก ข้าวจ้าว หรือ ข้าวเหนียว โดยใช้อัตราส่วนปลา : ข้าว เท่ากับ 5 : 1 ปิดฝาให้แน่น ทิ้งไว้ 3 วัน จะมีรสเปรี้ยวที่เกิดจากแล็กติกแอซิดแบคทีเรียเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตในข้าวสุกให้เป็นกรดแล็กติก

กะปิ

ทำจากกุ้งตัวเล็กๆ ที่เรียกว่า เคย นำมาหมักกับเกลือ ในอัตราส่วน กุ้ง : เกลือ เท่ากับ 3 : 1 ทิ้งไว้ 1 คืน ตากแดดให้น้ำระเหยออก นำไปโขลกจนละเอียด หมักต่อไปให้เกิดการแตกตัวของโปรตีนเป็นกรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรส ซึ่งใช้เวลานาน

9.6.2 ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้

การใช้เกลือในการถนอมรักษาผักและผลไม้ จะได้ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ที่มีรสเค็มหรือรสเปรี้ยวก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณเกลือที่ใช้ ถ้าต้องการผักผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว ต้องใช้เกลือที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 10 % เพื่อให้แล็กติกแอซิดแบคทีเรียเจริญและผลิตกรดแล็กติก เช่น กิมจิ ผักกาดดองเปรี้ยว ชาวเออเครา มะม่วงดองเปรี้ยว แต่ถ้าต้องการผักผลไม้ที่มีรสเค็มอย่างเดียวและคงรูปอยู่ได้นานๆ ก็ต้องใช้ความเข้มข้นของเกลือสูงกว่า 16 % ขึ้นไป เช่น หัวใจโป๊ซิงดอง มะม่วงดอง และมะนาวดอง เป็นต้น

ในการดองผักและผลไม้นิยมดองด้วยน้ำเกลือ ให้ลักษณะปรากฏที่ดีกว่าการดองแห้งและในกรณีของการดองเค็มซึ่งต้องใช้ความเข้มข้นของเกลือสูง ควรดองโดยแช่ผักผลไม้ในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นต่ำประมาณ 8 – 10 % ก่อน แล้วค่อยเพิ่มความเข้มข้นขึ้นเรื่อยๆ จนความเข้มข้นของน้ำเกลือคงที่ประมาณ 16 % ถ้าใช้ความเข้มข้นของเกลือสูงๆ ตั้งแต่ต้นจะทำให้ผัก ผลไม้เหี่ยว หรือแตก เพราะเกิดออสโมซิสอย่างรวดเร็วและรุนแรง

ผักดองเค็ม

เช่น หัวผักกาดเค็มหรือหัวใจโป๊ ผลิตโดยหมักหัวผักกาดด้วยเกลือที่ความเข้มข้น 10 % โดยนำหนักของหัวผักกาด หลังหมักไว้ 1 คืน นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 12 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้น แล้วจึงนำมาคลุกเกลือ 1% น้ำตาล 5% เพื่อปรุงแต่งรสแล้วหมักทิ้งไว้อีก 1 คืน นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 12 ชั่วโมง จากนั้นนำหัวผักกาดมาทับให้แบน เพื่อเอาน้ำออก นำกลับไปอบอีก 1 วัน อัดใส่ไหปิดฝาให้แน่น ทิ้งไว้ 2 – 3 สัปดาห์ จะได้หัวใจโป๊

ผักดองเปรี้ยว

ได้จากการดองเปรี้ยวโดยการหมักให้เกิดกรดแล็กติก ใช้เกลือความเข้มข้นต่ำ ผักกาดดองเปรี้ยวผลิตจากผักโสมกอน ดองด้วยน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 5 – 10 % ชาวเออเคราผลิตจากกะหล่ำปลีหมักด้วยเกลือที่มีความเข้มข้น 2.5 – 3 % ของน้ำหนักผัก

9.6.3 ผลิตรักนธ์จากถั่ว

ชีอิ้ว

ผลิตจากถั่วเหลือง โดยนำถั่วเหลืองมาแช่น้ำให้พองตัวเต็มที่ แล้วนำไปนึ่งให้สุก คลุกกับแป้งสาลี เติมเชื้อรา *Aspergillus oryzae* เมื่อเชื้อราเจริญจนเต็ม เรียก ถั่วเหลืองที่มีเชื้อราเจริญว่าโคจิ (koji) นำโคจิไปแช่น้ำเกลือที่ความเข้มข้น 18 – 20 % เป็นเวลา 1 – 12 เดือน ได้ผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยว ถ้ายกเอาเฉพาะของเหลวมารองและฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอร์ไรซ์จะได้เป็นชีอิ้ว

เต้าหู้ยี้

ผลิตจากเต้าหู้แข็งนำมาตัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมเล็กๆ นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลาประมาณ 10 – 15 นาที ทิ้งให้เย็น เติมเชื้อรา *Actinomucor elegans* เก็บที่อุณหภูมิ 20 – 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 – 7 วัน จนเกิดเส้นใยสีขาว เจริญเต็มผิวหน้า จากนั้นนำไปแช่น้ำเกลือที่ความเข้มข้น 2 – 5 % ผสมกับไวน์แดงและแช่ไว้ประมาณ 40 – 60 วัน การดองในน้ำเกลือที่ความเข้มข้นระดับนี้ เชื้อราจะหยุดการเจริญ แต่เอนไซม์โปรตีเอสที่สร้างขึ้นจะย่อยโปรตีนได้เต้าหู้ยี้สีขาวที่มีกลิ่นรสดี ถ้าต้องการเต้าหู้ยี้สีแดงจะต้องเติมข้าวแดงที่มีเชื้อรา *Monascus purpureus* ซึ่งจะสร้างสารสีแดงทำให้เต้าหู้ยี้มีสีแดง