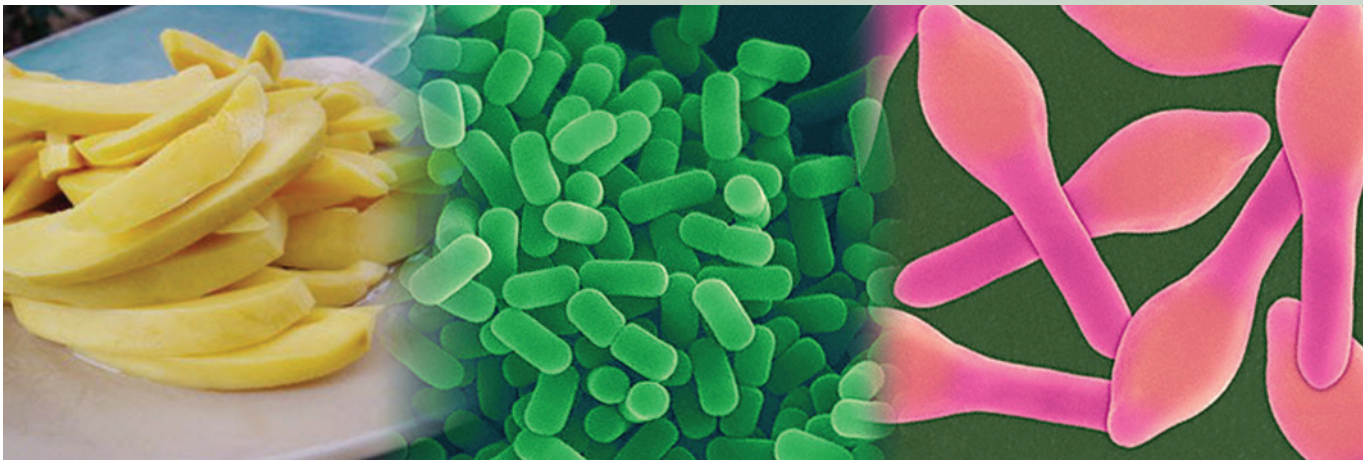




สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร  
School of Food Technology

# เทคนิคการถนอมอาหารโดยการหมัก ผักและผลไม้ดอง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะวรรณ กาสลัก



**การถนอมอาหาร** หมายถึง วิธีการที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานกว่าการเก็บผลิตภัณฑ์สด โดยไม่ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการ โดยอาศัยหลักการชะลอหรือหยุดกระบวนการย่อยสลายสารประกอบในอาหารที่เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์ การทำงานของเอนไซม์ การเติมสารเคมี หรือการถูกทำลายของอาหารจากแมลง สัตว์ต่างๆ หรือกลไกอื่นๆ ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย

โดยทั่วไปผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมรับประทานอาหารที่สดด้วยรสชาติ สี กลิ่น ลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงธรรมชาติอันเป็นที่ดึงดูดให้น่ารับประทาน อย่างไรก็ตาม มีสาเหตุหลายประการที่เลี่ยงไม่ได้ที่ผู้บริโภคต้องยอมรับการบริโภคอาหารในรูปแบบผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายเนื่องจากความจำเป็นที่ต้องแปรรูปให้สามารถเก็บรักษาได้นานก่อนการเน่าเสีย ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาการใช้เทคโนโลยีการถนอมอาหารอย่างกว้างขวาง เพื่อความ

เหมาะสมของผลิตภัณฑ์และสอดคล้องกับกลุ่มผู้บริโภค เทคโนโลยีดังกล่าว เช่น เทคนิคการใช้ความร้อน (Heat treatment) การใช้ความเย็น (Cold treatment) การทำแห้ง (Dry or dehydration) การระเหย (Evaporation) การใช้สารเคมี (Chemical treatment) การใช้รังสี (Radiation) การหมักดอง (Fermentation) การรมควัน (Smoking) การทอด (Frying) หรือการใช้หลายวิธีร่วมกัน (Hurdle technology) และอื่นๆ แต่วิธีที่รู้จักและนิยมใช้กันมาแต่มาดั้งเดิมซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายไม่ซับซ้อน ลงทุนน้อย และสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน ได้แก่ วิธีการหมักดอง อย่างไรก็ตามการหมักโดยธรรมชาติทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการพัฒนานวัตกรรมควบคุมกระบวนการหมักเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติสม่ำเสมอ จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจศึกษา

**การหมัก (Fermentation)** เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการถนอมอาหาร ซึ่งจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะการหมักหรือการเติมสารปรุงแต่งประเภทกรดน้ำส้ม น้ำตาล เกลือ เช่น การดองเปรี้ยว การดองหวาน การดองเค็ม ตามลำดับ วัตถุประสงค์ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพวกผักและผลไม้ที่ออกตามฤดูกาลและให้ผลผลิตครั้งละมากๆ จนไม่สามารถบริโภคสดได้ทันก่อนการเน่าเสีย เช่น มะม่วง มะขาม องุ่น ผักกาดเขียว เป็นต้น บทบาทสำคัญที่มีผลต่อการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารหมักดองโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญหลายอย่าง เช่น ชนิดของวัตถุดิบ (ซึ่งองค์ประกอบของสารอาหารในวัตถุดิบ เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของเชื้อจุลินทรีย์ที่จะนำไปใช้ในกระบวนการหมักให้ได้ผลผลิตเป็นสารประกอบกลิ่นและรสชาติเฉพาะของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน) สัดส่วนของสารปรุงแต่ง สภาวะการหมัก ล้วนมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้าย

การจัดกลุ่มประเภทของการหมักแบ่งตามลักษณะการหมักได้ดังนี้

**การดองเปรี้ยว** เป็นการดองโดยการแช่วัตถุดิบที่ต้องการในสารละลายที่เป็นกรด ซึ่งทำได้ 2 วิธี คือ

1. โดยการใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 5-8% หมักประมาณ 3-5 วัน จนเกิดรสเปรี้ยว เนื่องจากจุลินทรีย์จะเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ที่มีอยู่ในผักหรือผลไม้ เช่น แป้ง น้ำตาล ให้เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการถนอมอาหาร ได้แก่ กลุ่มเอทิลแอลกอฮอล์ กรดอะซิติก กรดแลคติก สารให้กลิ่น
2. โดยการแช่ในน้ำส้มสายชู เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยว เค็มหวาน และกลิ่นหอม

**การดองปรุงรส** เป็นการหมักผักหรือผลไม้หรือวัตถุดิบที่ต้องการในน้ำปรุงรสที่ปรุงให้ได้รสชาติตามต้องการ เช่น แตงกวาดองปรุงรส ขิงดองปรุงรส มะม่วงดองปรุงรส หรือการนำผักผลไม้ที่ดองเค็มหรือการดองเปรี้ยวมาแปรรูปต่ออีกครั้งโดยการแช่น้ำจนหมดความเค็มหรือเปรี้ยวแล้วนำมาแช่ในน้ำปรุงรส ประกอบด้วย เกลือหรือซอสถั่วเหลือง น้ำตาล กรดอินทรีย์ สีอาหาร เหล้าและเครื่องเทศ ส่วนการดองผักปรุงรส นิยมใช้เกลือหรือซอสปรุงรส น้ำตาล กรดอินทรีย์ที่นิยมใช้คือกรดซิตริก โดยวิธีการแช่ในน้ำปรุงรส 10 วัน ที่อุณหภูมิประมาณ 5 °ซ แล้วแช่ต่อเนื่องในที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อให้เกิดกลิ่นและรสชาติตามต้องการ

**การดองเค็ม** เป็นการดองโดยใช้น้ำเกลือ 20-25% ซึ่งมีการทำ 2 แบบ

1. แบบแรก แช่ผักผลไม้ในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นสูงกว่า 15%
2. แบบที่สอง เป็นการหมักผักและผลไม้กับเกลือในอัตราส่วนผักหรือผลไม้ 1 ต่อ  $\frac{1}{2}$  -1 ส่วน เรียกว่าการหมักแบบแห้ง เช่น การทำหัวผักกาดดองเค็ม ผักกาดเขียวปลีดองเค็ม

## จุลินทรีย์ที่เป็นกล่าเชื้อในกระบวนการหมักผัก และพลาไม้ดอง (Pickles)

กล่าสำคัญที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารหมักตามต้องการคือ การเกิดการย่อยสลายโมเลกุลของสารประกอบในวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก เช่น โปรตีนคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลด้วยกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะสร้างเอนไซม์ขึ้นระหว่างที่มีการเจริญเติบโตในอาหารระหว่างกระบวนการหมัก ดังนั้นชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์จึงมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพและคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์อาหารหมักนั้นๆ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่มาจากจุลินทรีย์ประจำถิ่นที่มีอยู่ในธรรมชาติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมัก และเป็นชนิดที่มีความสามารถในการเจริญได้ดีในสภาพแวดล้อมของการหมัก เช่น ความเข้มข้นของเกลือ สภาพความเป็นกรด หรือในที่มีปริมาณออกซิเจนน้อย ประกอบกับคุณสมบัติเฉพาะของจุลินทรีย์ที่สำคัญคือสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค (*Clostridium sporogens*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* and *Eschericia coli*) โดยการผลิตสารยับยั้ง (Inhibitory metabolites) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารถนอมอาหารจากธรรมชาติ (Food biopreservatives) (Nettle and Barfoot, 1993) สารยับยั้งที่ได้จากการสร้างของแบคทีเรียกรดแลคติกมีดังนี้

1. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยการทำปฏิกิริยากับ endogenous thiocyanate ซึ่งเร่งปฏิกิริยา lactoperoxidase ให้ผลผลิตเป็นสาร intermediary oxidation ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งประโยชน์จากสารนี้สามารถประยุกต์ใช้ในการเก็บรักษานมสดได้โดยไม่ต้องแช่ตู้เย็น

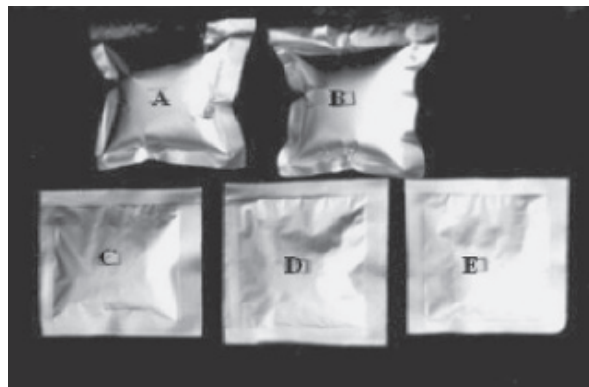
2. Diacetyl (2,3 - Butanedione) เป็นผลจากการย่อยสลายอาหารของแบคทีเรียกรดแลคติกบางสายพันธุ์ เป็น

สารให้กลิ่น ขณะเดียวกันยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ทั้งนี้ต้องใช้ในปริมาณมากจึงจะมีประสิทธิภาพเพียงพอในการยับยั้ง แต่มีข้อเสียที่ทำให้เกิดกลิ่นรบกวนในผลิตภัณฑ์

3. Reuterin เป็นสารที่มีโมเลกุลต่ำที่ไม่ใช่โปรตีน ละลายน้ำได้ดีที่พีเอชเป็นกลาง และสามารถยับยั้งแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ ยีสต์ รา รวมทั้งโปรโตซัว จึงเป็นทางเลือกในการนำไปใช้เป็นสารถนอมอาหารในอุตสาหกรรมได้มาก

4. Microgard สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ ยีสต์และรา ยกเว้นแบคทีเรียแกรมบวก microgard ได้แก่ กรดโพรพิโอนิก (Propionic acid) ไดอะซีทิล (Diacetyl) กรดอะซีติก (Acetic acid) และกรดแลคติก (Lactic acid)

5. Bacteriocin เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าแกรมลบ



รูปที่ 1. The sealed pouches containing vegetable pulav inoculated with *L.monocytogenes* and *S.aureus* showing bloating in untreated with lower concentration of bacteriocin (B, C) treatment: (A) and Nisin 80 AU/g, (C) LABP 80 AU/g, (D) Nisin 160 AU/g and (E), Combination of Nisin 80 AU/g and LABP 80 AU/g.

ที่มา: Jamuna and Jeevaratnum, 2004

ผลต่อการทำลายจุลินทรีย์ของสารต่างๆ เหล่านี้แสดงพอสังเขปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. Inhibitory metabolites of lactic acid bacteria

Product	Main target organisms
Organic acids	
Lactic acid	Putrefactive and Gram-negative bacteria, some fungi
Acetic acid	Putrefactive bacteria, clostridia, some yeasts and fungi
Hydrogen peroxide	Pathogens and spoilage organisms, especially in protein-rich foods
Enzymes	
Lactoperoxidase system with hydrogen peroxide	Pathogens and spoilage bacteria (milk and dairy products)
Lysozyme (by recombinant DNA)	Undesired Gram-positive
Low-molecular-weight metabolites	
Reuterin	Wild spectrum of bacteria, yeast, and molds
Diacetyl	Gram-negative bacteria
Fatty acids	Different bacteria
Bacteriocins	
Nisin	Some LAB and Gram-positive bacteria, notably Endospore-formers
Others	Gram-positive bacteria, inhibitory spectrum according to producer strain and bacteriocin type

ที่มา: ดัดแปลงจาก Holzapfel et al., (1995)

มีรายงานการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบคทีเรียโอสซินที่ผลิตจาก *Lactobacillus* ที่แยกจากผักดอง (Vegetable pickle) ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งแกรมบวกและแกรมลบกับการใช้ไนซิน (Nisin) ในผลิตภัณฑ์ผักดองบรรจุถุงสุญญากาศ (รูปที่ 1) โดยการ

ทดลองใช้แบคทีเรียโอสซิน หรือ ไนซินเพียงอย่างเดียว และใช้แบคทีเรียโอสซินร่วมกับไนซิน เพื่อติดตามผลการยับยั้งการเจริญของ *Listeria monocytogenes* และ *Staphylococcus aureus* ที่ผสมไปในผักดองที่บรรจุในถุงสุญญากาศ พบว่าถุงบรรจุผลิตภัณฑ์ผักดองที่มีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดเกิดการบวม (แสดงถึงการเน่าเสีย

ของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยโมเลกุลของสารประกอบในอาหารจนได้เป็นสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ และแก๊ส) ของดูภายใน 5 วันและเกิดการแตกของดูภายใน 10-11 วัน ส่วนผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโนซินและแบคทีเรียโอซินเพียงอย่างเดียวพบการเปลี่ยนแปลงลักษณะเดียวกันนี้ในเวลานานกว่าคือ 14 วัน จากรายงานผลการวิจัยนี้แสดงถึงความเป็นไปได้ในการนำสารอนอมอาหารจากจุลินทรีย์มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการหมักให้มีอายุการเก็บรักษานานและมีความปลอดภัยได้ การหมักผักและผลไม้แบบวิธีการพื้นฐานยังไม่สามารถทำให้จุลินทรีย์ผลิตสารยับยั้งได้ในปริมาณที่มากพอ เนื่องจากมีปัจจัยอื่นๆ อีกหลายอย่างที่มีผลต่อปริมาณและการสร้างสารที่จำเป็น ต้องควบคุม เช่น จำนวนและชนิดของจุลินทรีย์กล้าเชื้อ ความเฉาะเจาะจงของสารยับยั้งต่อการทำลายเชื้อก่อโรคในอาหาร หรือความอยู่รอดของจุลินทรีย์ที่เป็นกล้าเชื้อต่อสารยับยั้งในสภาวะแวดล้อมของการหมัก เป็นต้น ในผักและผลไม้บางชนิดก็อาจมีสารประกอบที่ทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นกล้าเชื้อได้ ซึ่งปรับแก้กระบวนการหมักได้โดยการให้ความร้อนก่อนเข้าสู่กระบวนการหมัก (Kyung and Fleming, 1994)

คุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์นอกจากขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและจุลินทรีย์ที่เป็นกล้าเชื้อที่ใช้ในการหมักแล้ว ยังมีปัจจัยแวดล้อมในกระบวนการหมักหลายอย่างที่มีผลต่ออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น จำนวนและความหลากหลายของชนิดของจุลินทรีย์เริ่มต้นที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบ ความเข้มข้นและประเภทของเกลือที่ใช้ สภาวะความเป็นกรดและชนิดของกรดที่ใช้เติมลงในกระบวนการหมัก หากไม่มีการควบคุมที่เหมาะสม จะส่งผลต่อการสร้างสารประกอบของกลิ่นและรสชาติไม่เป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งส่งผลถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ ปัญหาที่มักพบจากการดองผักและผลไม้ เช่น เกิดการบูเนในน้ำดองผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการใช้ความเข้มข้นไม่ได้สัดส่วนหรือเลือกใช้เกลือไม่บริสุทธิ์หรือกรณีการดองเปรี้ยว ก็ควรที่จะเลือกใช้น้ำส้มที่มีคุณภาพไม่ควรเป็นน้ำส้มที่หมักเองหรือใช้หลากหลายชนิด ทำให้น้ำหมักเกิดความขุ่นและไม่ได้รสชาติและกลิ่นตามต้องการ ผู้เขียนได้รวบรวมปัญหา สาเหตุ และการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการดองแตงกวาดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักแตงกวาดอง

ปัญหา	สาเหตุ	การแก้ไข
เนื้อแตงกวานุ่ม เป็นเมือกลิ้น	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. น้ำเกลือเจือจางเกินไป</li> <li>2. ความเข้มข้นของกรดต่ำเกินไป</li> <li>3. ขั้นตอนการล้างไม่ดีพอ จึงมีจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการก่อนการหมักมากกว่าจุลินทรีย์กล้าเชื้อ</li> <li>4. แตงกวาได้รับความเข้มข้นเกลือไม่เท่ากัน</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ควรกำหนดระดับความเข้มข้นของเกลือในสูตรให้แน่นอน</li> <li>2. ความเข้มข้นเหมาะสมคือมีความเป็นกรด 5%</li> <li>3. ทำการลวกด้วยอุณหภูมิและเวลาที่พอเหมาะกับปริมาณแตงกวา</li> <li>4. ทำให้ขึ้นแตงกวาจมในของเหลวตลอดเวลาของการหมัก</li> </ol>

ปัญหา	สาเหตุ	การแก้ไข
รอสจัด และขม	<ol style="list-style-type: none"> <li>ใส่เครื่องเทศหลากหลายชนิดและแช่ในน้ำส้มนานเกินควร</li> <li>การใช้เกลือชนิดอื่นแทนโซเดียมคลอไรด์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ทำตามขั้นตอนและวิธีการหมักที่ระบุในแต่ละสูตร และลดความหลากหลายของเครื่องเทศลง</li> <li>การใช้โปแตสเซียมคลอไรด์ จะช่วยทำให้มีรสขมตามธรรมชาติ</li> </ol>
เกิดโพรงในชิ้นแตงกวา	<ol style="list-style-type: none"> <li>แตงกวาผลใหญ่เกินควร</li> <li>ใช้เวลาเตรียมการหมักนานเกินไป</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>คัดเลือกพันธุ์ที่มีขนาดเล็ก</li> <li>ควรแช่หรือดองภายในไม่เกิน 24 ชม. หลังจากเตรียมแตงกวาเรียบร้อยแล้ว</li> </ol>
ชิ้นแตงกวาเหี่ยวยุบ	<ol style="list-style-type: none"> <li>แช่แตงกวาในน้ำเกลือและน้ำส้มที่มีความเข้มข้นสูงเกินไป</li> <li>ลวกนานเกินควร</li> <li>อากาศแห้ง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ปรับความเข้มข้นให้พอเหมาะตามสูตร</li> <li>ใช้เวลาและอุณหภูมิในการลวกให้พอเหมาะับปริมาณแตงกวา</li> <li>ควบคุมลำบาก</li> </ol>
เกิดฝ้าที่ผิวระหว่างการหมัก	<ol style="list-style-type: none"> <li>ยีสต์ รา แบคทีเรีย เจริญได้ในสภาพที่เป็นกรด</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ดักฝ้ายอกให้บ่อยที่สุดเท่าที่จะทำได้</li> </ol>
เกิดสีคล้ำดำ	<ol style="list-style-type: none"> <li>เกิดจากแร่ธาตุในน้ำ</li> <li>ใช้เครื่องเทศชนิดบดละเอียด</li> <li>มีเครื่องเทศหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุ</li> <li>มีโลหะหนักปนเปื้อนจากภาชนะที่ใช้</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ใช้น้ำอ่อนในการหมัก</li> <li>ควรใส่เป็นชั้น</li> <li>ใส่เครื่องเทศอย่างหลวมๆ ในผ้าขาวบางมัดไว้ เพื่อความสะดวกในการคัดออกหลังการหมักสิ้นสุด</li> <li>เลี่ยงมาใช้ภาชนะเคลือบ แก้ว สแตนเลส หรือเครื่องปั้นดินเผา</li> </ol>
เป็นจุด สีซีด	<ol style="list-style-type: none"> <li>แช่น้ำเกลือความเข้มข้นไม่เหมาะสม</li> <li>หมักในที่มืดมากเกินไป</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ใช้ความเข้มข้นที่เหมาะสมและปล่อยให้กระบวนการหมักสมบูรณ์</li> <li>เก็บในที่มืด แห้ง และเย็น</li> </ol>
เกิดตะกอนขาวที่ก้นถังหมัก	<ol style="list-style-type: none"> <li>จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการเจริญระหว่างการหมัก</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ควบคุมได้ยาก</li> </ol>

จากข้อมูลข้างต้นของปัญหาที่เกิดในการหมัก  
แตงกวาดองนั้น น่าที่จะเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาให้  
ผลิตภัณฑ์หมักดองชนิดอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายแตงกวา  
ให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้เช่นเดียวกัน  
นอกจากคุณลักษณะทางกายภาพแล้ว ความปลอดภัยของ  
ผลิตภัณฑ์อาหารเป็นสิ่งที่ละเลยไม่ได้ ดังนั้น สิ่งที่สร้าง  
ความเชื่อมั่นให้ผู้บริโภคว่าวิธีการหมักนี้ เป็นวิธีการที่  
สามารถลดการปนเปื้อนจากเชื้อก่อโรคในอาหารได้ด้วย  
กิจกรรมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น มีผัก  
และผลไม้ไทยพื้นเมืองหลายชนิดที่น่าสนใจนำมาถนอม  
อาหารด้วยวิธี การหมักดอง เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย ค่าใช้  
จ่ายไม่สูง และเป็นวัฒนธรรมการบริโภคอาหารหมักที่คน  
ส่วนใหญ่ในทั่วทุกทวีปคุ้นเคย หากมีการพัฒนาให้มีคุณ  
ภาพดีมีมาตรฐานจะช่วยยกระดับคุณภาพและปริมาณการ  
ผลิต เพื่อช่วยกระตุ้นการผลิตหรือเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบของ  
ชุมชนตลอดจนผู้ผลิตขนาดกลางและขนาดเล็ก และเป็น  
มาตรการหนึ่งในการแก้ปัญหาทางเศรษฐกิจของชุมชนได้  
ซึ่งเทคนิคที่สำคัญในการควบคุมปัจจัยการหมักที่เหมาะสม  
ต้องอาศัยข้อมูลจากผลการทดลองทางด้านวิทยาศาสตร์  
พิสูจน์เพื่อสร้างความเชื่อมั่นทั้งผู้บริโภคและผู้ผลิต และ  
ปัจจัยต่างๆ ที่มาจากผลการทดลองศึกษานี้จะเป็น  
แนวทางเบื้องต้นในการพัฒนาการควบคุมคุณภาพ  
ผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี อนึ่งเทคนิคในการนำปัจจัยเหล่านี  
นั้นมาประยุกต์ใช้ในการผลิตควรได้รับการถ่ายทอดให้เกิด  
ความรู้ความเข้าใจไปสู่ผู้ผลิตในวงกว้าง จึงจะเกิดสัมฤทธิ์  
ผลอย่างเป็นรูปธรรมและต่อเนื่อง

## เอกสารอ้างอิง

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผักดอง (Pickles) U.A.E. Standard No  
473/1995 (Gulf Standard 473/1994)
- Holzappel, W.H.,R., and Schillinger, U. 1995.  
Biological preservation of foods with  
reference to protective cultures,  
bacteriocins, and food-grade enzymes.  
Int. J. Food Microbiol. 24:343-362.
- Jamuna, M., Babusha. S.T., and Jeevaratnam, K.  
2005. Inhibitory efficacy of nisin and  
bacteriocins from Lactobacillus isolates  
against food spoilage and pathogenic  
organisms in model and food systems. J.  
Food Microbiol. 22:449-454.
- Kyung, K.H., and Fleming, H.P. 1994. Antibacterial  
activity of cabbage juice against  
lactic acid bacteria. J. Food Sci.  
59:125-129.
- Nettles,C.G. and Barefoot, S.F.1993.Biochemical and  
genetic characteristic of bacteriocin  
of food associated lactic acid bacteria.  
J.Food Prot. 56:335-356.



# ไข่เยี่ยวม้า

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์



ไข่เยี่ยวม้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการถนอมรักษาในสภาพที่เป็นต่างของจีนตั้งแต่โบราณ รู้จักในนาม “ไข่ศตวรรษ” (Century egg) หรือ “ไข่พันปี” (Thousand-year-old egg) วิธีการผลิตไข่เยี่ยวม้าที่พบว่ามีการบันทึกไว้แรกสุดนั้นเป็นของหวัง หลีเจิน (Wang Zizhen) ในสมัยราชวงศ์ หมิง เมื่อประมาณ 500 ปีมาแล้ว (Hou, 1981) ในบ้านเราไข่เยี่ยวม้าเป็นอาหารประจำในรายการอาหารทานเล่นของอาหารโต๊ะจีน และไข่เยี่ยวม้าผัด

กระเพราก็เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมจากคนไทยทั่วไปไม่น้อยเลย

นอกจากกลิ่นที่ฉุนของแอมโมเนียซึ่งเป็นที่มาของชื่อในภาษาไทยแล้ว เนื้อไข่ขาวและไข่แดงที่มีสีน้ำตาลดำก็ทำให้การยอมรับของผู้บริโภคบางส่วนลดลง แต่ปัญหาใหญ่ที่สำคัญมากในการบริโภคไข่เยี่ยวม้าอีกประการซึ่งจะทำให้การบริโภคอาจน้อยลงอีก คือ การตรวจพบว่ามีปริมาณสารตะกั่ว เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ในประกาศ

ของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 236 (กระทรวงสาธารณสุข, 2544) และเรื่อง ไข่เยี่ยวม้าและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของไข่เยี่ยวม้า ของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2546 ซึ่งมาตรฐานทั้งสอง กำหนดไว้ให้มีสารตะกั่วได้ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม หรือ 2 ส่วนในล้านส่วนดังปรากฏในข่าวหนังสือพิมพ์ประมาณกลางเดือนมกราคมที่ผ่านมา

### เกิดอะไรเมื่อไข่เยี่ยวม้ามีสารตะกั่วมากเกินไป

การบริโภคไข่เยี่ยวม้าที่มีปริมาณสารตะกั่วเกินมาตรฐานบ่อยและต่อเนื่อง อาจนำไปสู่การเกิดเป็นพิษอย่างเรื้อรังได้ เพราะตะกั่วเมื่อดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดจะไปแทนที่ธาตุเหล็กซึ่งเป็นองค์ประกอบของเม็ดเลือดแดงทำให้เกิดภาวะโลหิตจาง และไปแทนที่แคลเซียมในกระดูกและฟัน ทำให้กระดูกและฟันหักง่าย และยังไปสะสมในเซลล์อวัยวะในต่างๆ ของร่างกายด้วย เมื่อมีปริมาณมากพอก็จะเกิดอาการผิดปกติของระบบย่อยอาหาร คลื่นไส้ อาเจียน น้ำหนักลด และเมื่อรุนแรงอาจมีอาการผิดปกติทางสมองและประสาทตามมาได้

### วิธีการทำไข่เยี่ยวม้า

สูตรการทำไข่เยี่ยวม้ามีมากมายหลายสูตร ทั้งการพอกและการแช่ในสารละลาย สูตรที่ถือว่าเป็นสูตรดั้งเดิมนั้น มีส่วนผสมดังนี้ (Blunt and Wang, 1916) โบรซาด้า 1.33 ปอนด์ (605 กรัม) ปูนขาว 9 ปอนด์ (4,082 กรัม) เกลือแกง 4.5 ปอนด์ (2,041 กรัม) และ ชี้เถ้า 1 บุชเชล (30 ลิตร) นำไปผสมน้ำให้ได้เป็นส่วนผสมเปียกข้นแล้วทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนนำไปพอกไข่เปิดสวดที่เปลือกสมบูร์น และผ่านการล้างทำความสะอาดมาแล้ว ส่วนผสมนี้พอกไข่ได้ถึง 1,000 ฟอง แล้วคลุกเคลือบป้องกันไข่ติดกัน ความหนาของส่วนที่พอกประมาณ  $\frac{1}{4}$  นิ้ว นำไปเก็บไว้ 5 เดือนก่อนจำหน่าย เวลารับประทานไม่ต้องนำไปทำให้สุกก่อน

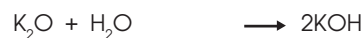
จะเห็นว่าต้องใช้เวลานานเกือบครึ่งปีทีเดียวกว่าจะได้รับประทานไข่เยี่ยวม้า ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาสูตรการทำไข่เยี่ยวม้าให้ใช้เวลาสั้นลง โดยมีตัวอย่างสูตรทั้งแบบพอกและแบบแช่ในสารละลายดังนี้ (Hou, 1981)

**สูตรพอก :** เกลือแกง 420 กรัม, โซเดียมคาร์บอเนตปราศจากน้ำในโมเลกุล (anhydrous  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 240 กรัม โบรซาด้า 24 กรัม ปูนขาว 420 กรัม และชี้เถ้าจากหญ้า 4,800 กรัม โดยนำโบรซาด้าไปต้มแล้วกรองกากขาวออกเติมน้ำต้มแล้วให้ได้ปริมาตร 1.5 ลิตร ละลายเกลือโซเดียมคาร์บอเนต ปูนขาว ในน้ำชา แล้วจึงใส่ชี้เถ้าซึ่งร่อนแล้วลงไปคนให้ส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ทิ้งไว้ค้างคืนก่อนนำไปพอกไข่เปิดสวดที่ล้างสะอาดและแห้ง 100 ฟอง หลังจากนั้นนำไปคลุกเคลือบแล้วเก็บใส่ในโหลปิดฝาให้สนิท ใช้เวลา 15 วันในฤดูร้อน 20 วันในฤดูใบไม้ร่วง และ 30 วันในฤดูหนาว ก็พร้อมสำหรับบริโภค

**สูตรแช่ :** น้ำ 60 ลิตร โซเดียมคาร์บอเนต 3.9-4.8 กิโลกรัม ปูนขาว 9-21 กิโลกรัม เกลือแกง 1.8-4.2 กิโลกรัม ตะกั่วออกไซด์ 120-300 กรัม ละลายส่วนผสมในน้ำทิ้งให้เย็นแล้วจึงนำไข่เปิดลงไปแช่โดยใส่ที่ละฟอง ใช้เวลาแช่ 30 วัน ก็ใช้ได้

จากสูตรการทำไข่เยี่ยวม้าแบบดั้งเดิม และสูตรพัฒนาทั้ง 2 แบบ จะเห็นได้ว่า ส่วนผสมหลักจริงๆ คือ เกลือแกง ปูนขาว และ ชี้เถ้า ส่วนโบรซาด้าไม่ได้ใช้ในสูตรสารละลายที่แช่ก็ไม่มีผลต่อการทำไข่เยี่ยวม้า

ปูนขาว ( $\text{CaO}$ ) ชี้เถ้า ( $\text{Na}_2\text{O}_3$  และ  $\text{K}_2\text{O}$ ) และโซเดียมคาร์บอเนต ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) เมื่อใส่น้ำ หรือ ละลายน้ำ จะได้สารประกอบไฮดรอกไซด์



อนุมูลไฮดรอกซิล ( $\text{OH}^-$ ) จาก  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$ , และ  $\text{KOH}$  ซึ่งละลายน้ำ ทำให้ได้สารละลายที่เป็นด่าง สารประกอบโซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$ ) และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{KOH}$ ) จะซึมผ่านรูของเปลือกไข่และผ่านเยื่อด้านในเปลือกไข่ ด้วยแรงดันออสโมซิส เมื่อเข้าไปถึงโปรตีนของไข่ขาวและไข่แดง จะทำให้โปรตีนเสียสภาพและจับเรียงตัวใหม่เกิดลักษณะเป็นเหมือนวุ้นใส โดยที่ความเป็นด่างของไข่ขาวจะมีค่า pH ถึง 12 ส่วนไข่แดงมีค่า pH เกือบถึง 9 บางส่วนของโปรตีนจะสลายตัวเป็นโพลีเปปไทด์ และ กรดอะมิโน

กลิ่นแอมโมเนียของไข่เยี่ยวม้าบางส่วนมาจากการสลายตัวของกรดอะมิโน และมาจากการสลายตัวของเลซิธินของไข่แดงโดยเอนไซม์ที่มีอยู่ในไข่ กรดอะมิโนจะสลายให้ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซไข่เน่าด้วย ก๊าซที่เกิดขึ้นทำให้ไข่เยี่ยวม้ามีกลิ่นฉุน ส่วนสีของไข่เยี่ยวม้าเกิดจากสารประกอบซัลไฟด์ทำปฏิกิริยากับธาตุเหล็กในไข่ และได้จากกระบวนการทางเคมีซึ่งเริ่มต้นจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลเชิงเดี่ยวประเภททริวซิงกับกรดอะมิโน เมื่อสิ้นสุดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแล้ว จะได้เป็นสารประกอบที่ให้สีน้ำตาล

การทำไข่เยี่ยวม้าให้ดีต้องคุมให้มีปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ระหว่าง 3.6-4.6% ที่ความเข้มข้น 3.6% โปรตีนในไข่จะจับตัวกันใน 4-8 วัน และไข่จะได้ที่ใน 55-65 วัน ขณะที่ความเข้มข้น 4.6% โปรตีนในไข่จะจับตัวกันใน 2-4 วัน และไข่จะได้ที่ใน 35-40 วัน ถ้าความเข้มข้นต่ำกว่า 1.6% แล้วจะไม่เกิดลักษณะวุ้นได้เลย โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 20-30 °ซ สารแทนนินในใบชา อนุมูลแคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) และอนุมูลสารตะกั่ว ( $\text{Pb}^{2+}$ ) จะช่วยในการจับเรียงตัวของโปรตีนในไข่เกิดลักษณะเป็นวุ้น

ไข่เยี่ยวม้าแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะความแข็งของไข่แดง คือไข่แดงแข็ง และไข่แดงกึ่งแข็ง (เป็น

ยางมะตูม) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีและเวลาในการทำไข่เยี่ยวม้า ประเภทไข่แดงกึ่งแข็งจะมีกลิ่นหอมไม่มีกลิ่นฉุนของด่าง และไม่มีรสตกค้างหลังกลืนลงคอ ไข่เยี่ยวม้าประเภทนี้ได้จากการใช้ส่วนผสมที่มีความเป็นด่างต่ำ หรือเวลาสั้น ส่วนไข่เยี่ยวม้าประเภทที่ไข่แดงแข็งจะมีกลิ่นฉุน รสเค็ม และมีรสตกค้างหลังกลืน เป็นผลจากส่วนผสมที่มีความเป็นด่างและเกลือสูงใช้เวลาในการทำนาน



สารตะกั่วในไข่เยี่ยวม้ามาจากไหนบ้างและจะลดได้อย่างไร

จากสูตรการทำไข่เยี่ยวม้างดเดิมนั้น สารตะกั่วมาจากส่วนของขี้เถ้า สารตะกั่วในเนื้อต้นไม้ขนาดใหญ่จะมีประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเนื้อไม้แห้ง ส่วนขี้เถ้าจากพืชผักจะมีอยู่ 0.1-1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมพืชแห้ง (สถาบันอาหาร, 2551) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของไม้หรือพืชด้วย ซึ่งเมื่อนำไปเผาเหลือเป็นเถ้าก็จะมีปริมาณสารตะกั่วต่อน้ำหนักเถ้าสูงกว่าเดิมอาจเป็นสิบเท่า เมื่อมีการปรับสูตรจึงมาจากการเติมตะกั่วออกไซด์ในสูตรส่วนผสมโดยตรงเพื่อช่วยให้การเกิดวุ้นของโปรตีนไข่เร็วขึ้น และอาจมาจากสีที่ใช้ทาเปลือกไข่ (สีแดงชมพู) ซึ่งไม่ใช่สีสำหรับอาหารได้อีกทางหนึ่ง

การจะควบคุมปริมาณสารตะกั่วในไข่เยี่ยวม้า จำเป็นต้องควบคุมชนิดของเถาที่จะใช้เป็นเบื้องต้นซึ่งค่อนข้างยาก และการงดเว้นการใช้ตะกั่วออกไซด์ในสูตรการทำไข่เยี่ยวม้า ตลอดจนไม่ทาสีเปลือกไข่ด้วยสีซึ่งไม่ใช่สีสำหรับอาหาร ปัจจุบันได้มีวิธีการทำไข่เยี่ยวม้าโดยไม่ใช้ซีเถาและไม่ใช้สารประกอบของตะกั่วแล้ว โดยใช้สารประกอบซึ่งเมื่อละลายน้ำแล้วให้สารละลายต่างโดยไม่ต้องใช้ซีเถา และใช้สังกะสีคลอไรด์ ( $ZnCl_2$ ) หรือสังกะสีซัลเฟต ( $ZnSO_4$ ) แทนตะกั่วออกไซด์ โดยตัวอย่างสูตรสารละลายที่ใช้แช่ มีดังนี้ (Chen and Su, 2004): 4.2% NaOH, 5% NaCl และ 0.3%  $ZnSO_4$  ใช้เวลาแช่ 12 วัน ที่อุณหภูมิ 20-25 °ซ. ผลการทดลองสูตรนี้พบว่าได้ไข่เยี่ยวม้าที่มีสีสม่ำเสมอ ไม่มีจุดดำที่เปลือก และมีลักษณะสมบัติคล้ายไข่เยี่ยวม้าซึ่งจำหน่ายในตลาด

ต่อมานักวิจัยได้ศึกษาการทำไข่ขาวให้เกิดเป็นวุ้นใส โดยนำไข่เปิดไปแช่ในสารละลายที่มีเพียงโซเดียมไฮดรอกไซด์ 42 กรัม และ เกลือแกง 50 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 25 °ซ นาน 8 วัน แล้วจึงนำไปให้ความร้อนที่ 70 °ซ นาน 10 นาที (Su and Lin, 1993) ก็ได้ไข่ที่เป็นวุ้นใส สำหรับประเทศไทยได้มีการศึกษาวิธีการทำไข่เยี่ยวม้าให้มีสารตะกั่วต่ำด้วยเทคนิคที่คล้ายกัน โดยได้พัฒนาสูตรสารละลายที่ใช้แช่ ดังนี้ (วรรณวิบูลย์ 2549) : โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ระดับคุณภาพสำหรับกรวิเคราะห์) 20 กรัม เกลือแกง (ความบริสุทธิ์ 99.9%) 30 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร อุณหภูมิของสารละลายขณะแช่ประมาณ 27-35 °ซ แช่นาน 28 วัน โดยกดให้ไข่จมได้ระดับสารละลาย แล้วจึงนำไปต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 °ซ นาน 10 นาที จะได้ไข่เยี่ยวม้าซึ่งมีไข่ขาวเป็นวุ้นสีขุ่น และไข่แดงแข็งมีสีเขียวปนเทาโดยตรงกลางมีสีน้ำตาลปนเหลืองไม่แข็งมาก มีรสเค็มเล็กน้อย ความเป็นต่างของไข่ขาวมีค่า pH ประมาณ 9.5 ของไข่แดงมีค่า pH ประมาณ 6.2 ส่วนปริมาณตะกั่ว นั้นมีน้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

## ประโยชน์ของไข่เยี่ยวม้า

ไข่เยี่ยวม้ามีคุณค่าทางอาหารไม่แตกต่างจากไข่เปิดปกติมากนัก ดังตารางที่ 1 ดังนั้นไข่เยี่ยวม้าจึงมีประโยชน์ต่อร่างกายในลักษณะเดียวกับไข่เปิดปกติ ส่วนที่แตกต่างมากคือไข่เยี่ยวม้ามีความเป็นด่างสูง ซึ่งสามารถช่วยในการปรับสภาพความเป็นกรดของร่างกายให้กลับสู่สมดุลได้เร็วขึ้น ซึ่งตามปกติค่าความเป็นกรดต่างของของเหลวในเซลล์ร่างกายมนุษย์ซึ่งมีสุขภาพสมบูรณ์ จะอยู่ในช่วง 7.35-7.45 (Vangness, 2006) ซึ่งค่อนข้างเป็นด่างเล็กน้อย จึงมีส่วนช่วยให้กระบวนการทำงานทางชีวเคมีของร่างกายเป็นปกติ ส่วนประโยชน์อื่นที่กล่าวกันว่ามีความสัมพันธ์ในการลดความดันเลือด และลดโรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจนั้น มีผลการทดลองในหนูทดลองแต่ยังไม่มีผลจากการทดลองทางคลินิกกับมนุษย์เพื่อยืนยันประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ที่ชัดเจน



ตารางที่ 1<sup>1</sup>. คุณค่าทางโภชนาการของไข่เปิดชนิดต่างๆ (ต่อ 100 กรัม)

ชนิด ไข่เปิด	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	คาร์โบ ไฮเดรต (กรัม)	เถ้า (กรัม)	แคลเซียม (ม.ก.)	ฟอส ฟอรัส (ม.ก.)	เหล็ก (ม.ก.)	วิตามิน		
								เอ (หน่วยสากล)	บี 1 (ม.ก.)	บี 2 (ม.ก.)
ไข่สด	12.3	14.3	2.1	1.1	156	214	0.9	296	0.28	0.28
ไข่เยี่ยวม้า	13.1	10.7	2.2	2.3	58	200	0.9	940	0.02	0.21
ไข่เค็ม	14.0	16.6	4.1	7.5	102	214	0.4	-	-	-

<sup>1</sup>จาก Hou (1981) และกองโภชนาการ (2544)

<sup>2</sup>แปลงจากค่าเทียบเท่าสารเรตินอลเป็นหน่วยสากล (X3.33)

### จะเลือกซื้อไข่เยี่ยวม้าอย่างไรให้ปลอดภัย

เป็นการยากที่จะเลือกไข่เยี่ยวม้าที่ได้มาตรฐานความปลอดภัยด้านปริมาณสารตะกั่วไม่เกินกำหนด อย่างไรก็ตามจากวิธีการผลิต พอจะมีข้อที่จะช่วยพิจารณาได้ดังนี้

1. หลีกเลี่ยงไข่เยี่ยวม้าทาสีที่เปลือก เพราะไม่สามารถบอกได้ว่าใช้สีอะไร และไข่เยี่ยวม้าทาสีนี้จะผลิตด้วยกรรมวิธีการแช่ในสารละลาย สีของเปลือกอาจมีจุดดำจิ้งทาสีให้ดูดี และทำให้แตกต่างจากไข่เค็ม และการแช่สารละลายสามารถเร่งกระบวนการเกิดลักษณะสมบัติของไข่เยี่ยวม้าได้ด้วยการเติมสารตะกั่วออกไซด์ หรืออาจเป็นสังกะสีคลอไรด์ หรือสังกะสีซัลเฟตก็ได้ ถ้าผู้ผลิตเติมสารประกอบของสังกะสีก็นับว่าโชคดี เพราะสังกะสีจัดเป็นสารอาหารที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อย

2. เลือกซื้อไข่เยี่ยวม้าชนิดพอก เพราะกรรมวิธีไม่ต้องเติมตะกั่วออกไซด์ในสูตร เลือกซื้อที่วางขายแบบ

เห็นแถบขั้วๆ กันเลย แต่ปัจจุบันหาซื้อยาก อาจมีเฉพาะผลิตภัณฑ์ชุมชนเท่านั้นที่ยังผลิตด้วยวิธีพอกอยู่

3. เนื่องจากมีประกาศมาตรฐานไข่เยี่ยวม้าไม่ว่าจะของกระทรวงสาธารณสุข หรือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) เวลาซื้อควรมองหาตราสัญลักษณ์ของการได้รับมาตรฐานไม่ว่าจะเป็น อย. หรือ มผช. บนบรรจุภัณฑ์และอาจเป็นวิธีเดียวที่เพิ่มความมั่นใจในความปลอดภัยอีกระดับหนึ่ง

4. ถ้าไปรับประทานอาหารนอกบ้าน แบบนี้ยังไม่มีการทราบเลยว่าไข่เยี่ยวม้าที่วางอยู่ข้างหน้าแสนจะนำรับประทานนั้นจะมีปริมาณสารตะกั่วเกินหรือไม่ ท่านผู้อ่านก็ต้องพิจารณาเองว่าจะขออร่อย หรือ ขอไม่เสี่ยง อย่างไรก็ตาม ขอให้สังเกตดูสีส่วนของไข่ขาวก่อน ถ้ามีสีดำมากโอกาสจะเป็นสีของตะกั่วซัลไฟด์มีสูง

## เอกสารอ้างอิง

- Blunt, K and Wang, C.C., 1916. Chinese Preserved Eggs - Pidan. J. Biol. Chem. 28 (1): 125-134.
- Hou, H.C., (1981) "Hunger and Technology - Egg Preservation in China", Food and Nutrition Bulletin, Chapter 3, 3(2). The United Nations University Press.
- Su, H.-P. and Lin, C.-W. 1993. A New Process for Preparing Transparent Alkalised Duck Egg and Its Quality. J. Sci. Food and Agr. 61(1):117-120.
- Vangsness, S., 2006. Alkaline Diets and Cancer: Fact or Fiction Available from : <http://www.intefihealth.com>. Accessed on Jan. 31, 2008
- Chen, W.Jr. and Su, H-P., 2004. A New Process for Preparing Spots-free Pidan. J. Chinese Soc. of Animal Sci. 33(1):79-88.

- กระทรวงสาธารณสุข, 2544. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 236 เรื่อง ไช้เยี่ยวม่า. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 118 ตอนพิเศษ 824.
- กองโภชนาการ, 2544. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข
- วรรณวิบูลย์ กาญจนบุญขร, 2549. การพัฒนาวิธีการผลิต ไช้เยี่ยวม่า เพื่อลดการตกค้างของโลหะที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค. สืบค้นจาก: <http://www.rdi.ku.ac.th> สืบค้นข้อมูลเมื่อ 25 มกราคม 2551.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: ไช้เยี่ยวม่า. มผช.149/2546. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สถาบันอาหาร. 2551. ตะกั่ว, สืบค้นจาก : <http://www.nfi.or.th> สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 25 มกราคม 2551