หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 2

## วารสารปริทัศน์

### 1. ลักษณะผลิตภัณฑ์

#### 1.1 ข้อมูลทางวิชาการ

สังขยา ชื่อขนมชนิดหนึ่งทำด้วย ไข่ น้ำตาลทราย และกะทิ อาจใส่นม ครีม นมข้น หรือนมผงลงด้วยก็ได้ ปรุงกลิ่นตามชอบ (1)

Custard : a mixture of eggs, milk, sugar and flavoring either boiled or baked (2)

เมื่อดัดแปลงโดยการเติมแป้งและกวนจนสุกจะได้อาหารที่มีลักษณะข้นเนียนเหมาะสำหรับทาหรือจิ้มกับขนมปังจืด จึงเรียกชื่อว่า "สังขยาทาขนมปัง" หรือ "coconut custard spread" ซึ่งบางทีเรียกว่า "fruit curd jam" (3)

สังขยาทาขนมปัง มีสองชนิด คือ สีแสดกลิ่นวนิลา และสีเขียวใบเตยการบรรจุมีสองแบบ คือ บรรจุในภาชนะพลาสติก และขวดแก้ว ส่วนใหญ่ใช้ภาชนะพลาสติกไม่ได้ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อน จึงเก็บไว้ไม่ได้นานและจำเป็นต้องใช้วัตถุกันเสีย จากผลการวิเคราะห์ของกรมวิทยาศาสตร์ในตารางที่ 1 (4) พบว่าสีแสดที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นสีไม่อนุญาต (5) สีเขียวมีทั้งของใบเตยและไม่ใช่ใบเตย การใช้สารกันเสียมีทั้งที่ใส่และไม่ใส่ รายที่ใส่ก็วางขายได้หลายวัน ถ้าไม่ใส่ก็ต้องเก็บคืนไปภายในวันเดียว บางรายก็ใช้สารกันเสียเกินกำหนดที่อนุญาต ปริมาณที่อนุญาต คือ ร้อยละ 0.1 (6) การได้รับสีและวัตถุกันเสียที่ไม่ถูกต้องหรือถูกต้องแต่ในปริมาณเกินกำหนด ต่อเนื่องกันเป็นเวลานานอาจเป็นอันตรายต่อร่างกายได้โดยเฉพาะกับเด็ก ๆ (7) เช่น เกิดโรคกระเพาะและลำไส้ ทำให้น้ำหนักลด และยับยั้งการเจริญเติบโต เป็นต้น ที่สำคัญ คือ อาจเป็นเหตุให้เกิดมะเร็งได้ นอกจากอันตรายจากสีโดยตรงแล้ว ผู้บริโภคอาจได้รับอันตรายจากพิษของโลหะบางอย่าง ที่อาจติดมากับสีในกระบวนการผลิตสีนั้น เช่น สารหนู ปรอท ตะกั่ว เป็นต้น

สังขยาทาขนมปังเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ pH 5.8-6.9 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 50-64 องศาบริกส์ จึงเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และเก็บไม่ได้นาน ดังนั้น หากได้บรรจุในขวดแก้วหรือกระป๋องปิดสนิทและผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้วัตถุกันเสียและอาจส่งเป็นสินค้าออกได้ (8)

ตารางที่ 1 แสดงรายการวิเคราะห์สังขยาทาขนมปังที่ขายตามท้องตลาด

| รายการวิเคราะห์ / ตัวอย่าง | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| °Brix | 64 | 52 | 52 | 58 | 55 | 56 | 58 | 50 | 62 |
| pH | 6.6 | 5.8 | 6.1 | 6.8 | 6.6 | 6.9 | 6.7 | 5.7 | 6.75 |
| สีสังเคราะห์ที่ใช้ | **Orange II | **Orange RN | **Orange RN | ไม่พบ | **Orange RN *Tartrazine | **Orange II | *Sunset Yellow | สีเขียว (unidentified) | ไม่พบ |
| โซเดียมเบนโซเอต ร้อยละ | ไม่พบ | 0.04 | ***0.27 | ไม่พบ | ***0.2 | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | .07 |
| กรดซาลิซิลิค | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| ซัคคารีน | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| สี | แสด | แสดเข้ม | แสด | เขียว | แสด | แสด | แสด | เขียว | เขียว |
| กลิ่น | - | - | - | หอมใบเตย | - | - | - | - | หอมใบเตย |
| รส | หวาน,มัน | หวาน | หวาน,มัน อร่อย | หวาน,มัน อร่อย | หวาน,มัน | หวาน,มัน อร่อย | หวาน | หวาน | หวาน,มัน อร่อย |

* สีที่อนุญาตให้ใช้ได้ตามประกาศกระทรวงสาธารสุข ฉบับที่ 21 (พ.ศ.2522)

** สีที่ไม่อนุญาตให้ใช้เนื่องจาก ในสหรัฐอเมริกา ค.ศ. 1950 ได้มี หลักฐานยืนยันอย่างแน่นอนว่า ถ้าเติมลงในอาหารในปริมาณมาก เกินไป เป็นผลให้เด็กมีอาการท้องเดิน และสีดังกล่าวแสดงความเป็นพิษต่อสัตว์ทดลองด้วย (9)

*** ใช้วัตถุกันเสียเกินกำหนดที่อนุญาตให้ใช้ตามประกาศกระทรวงฯ ฉบับที่ 84 (พ.ศ 2527)

1.2 ข้อมูลทางการตลาด

1.2.1 ลักษณะผลิตภัณฑ์ สังขยาทาขนมปัง เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่แล้วในท้องตลาด เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสอร่อยถูกกับบริโภคนิสัยของคนไทยและชาวเอเชีย ให้ความสะดวกและให้คุณค่าทางโภชนาการ ใช้รับประทานได้ทุกเพศ ทุกวัย และราคาไม่แพง จึงคาดว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่จะได้รับความนิยมไปอีกนาน และสามารถจะส่งเป็นสินค้าออกได้

จากการสำรวจตลาดพบว่า ตราที่แพร่หลาย คือ เอ็มไพร์ การบรรจุมีสองแบบ คือ ใช้ภาชนะพลาสติก ขนาด 200 กรัม ราคา 8 บาท และแบบขวดแก้ว ขนาด 114 กรัม ราคา 10 บาท และขนาด 265 กรัม ราคา 17 บาท ถ้าเป็นตราบุปผชาติ มีแต่แบบบรรจุขวดแก้ว ขนาด 265 กรัม ราคา 18 บาท นอกนั้นเป็นแบบบรรจุภาชนะพลาสติกทั้งนั้น ได้แก่ เบญจมาศ เลิศรส นิดยา ไข่แดง รอแยล ฯลฯ ซึ่งราคากระปุกละ 7-8 บาท เก็บไม่ได้นานและมีการใช้วัตถุกันเสีย

ลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์สังขยาทาขนมปัง คือ ต้องถูกสุขลักษณะ มีสีสวยตามธรรมชาติ ความข้นหนืดพอเหมาะสำหรับการปาดทาหรือจิ้มขนมปัง รสชาติหวานมัน และมีกลิ่นหอมน่ารับประทานตามธรรมชาติ เก็บได้นานที่อุณหภูมิห้องโดยปราศจากวัตถุกันเสีย เมื่อเก็บไว้นานบริเวณผิวหน้าอาหารไม่เป็นสีคล้ำดำ ไม่แยกชั้น บรรจุในขวดแก้วใส เพื่อให้ผู้บริโภคสังเกตเห็นลักษณะอาหารได้ชัดเจน และมีปากขวดกว้างเพื่อการใช้บริโภคได้โดยสะดวก ผู้บริโภคจะพึงพอใจในสินค้า เมื่อสินค้านั้นมีราคาไม่แพงนัก หาซื้อง่าย มีหลายขนาดให้เลือก มีภาชนะบรรจุที่ทันสมัยทั้งชนิดและรูปทรง รวมทั้งเปิดใช้ได้สะดวกพกติดตัวไปได้ เป็นต้น

1.2.2 กลุ่มผู้บริโภค ผู้ซื้อส่วนใหญ่จะเป็นผู้ที่ชอบรับประทานขนมปังเป็นอาหารเช้าหรืออาหารว่าง ได้แก่ แม่บ้าน นักเรียน นักศึกษาตามหอพัก ข้าราชการ นักธุรกิจ พนักงานบริษัท นักทัศนาจร ฯลฯ ซึ่งต้องการความสะดวก รวดเร็ว และประหยัดในการรับประทานอาหารตอนเช้า นอกจากชาวไทยทั้งภายในและต่างประเทศแล้ว ก็ยังมีชาวเอเชียด้วยกัน อย่างเช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย สิงคโปร์ เวียดนาม ลาว กัมพูชา และฮ่องกง เป็นต้น (10) ผู้บริโภคอาจเป็นได้ทุกเพศ ทุกวัย โดยไม่จำกัดฐานะ เพราะสังขยาทาขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาไม่แพง สำหรับบุคคลที่มีรายได้ดีอาจซื้อแบบขวดแก้ว ขณะที่ผู้มีรายได้น้อยอาจซื้อแบบบรรจุภาชนะพลาสติก

แรงจูงใจในการซื้อสังขยาทาขนมปังเกิดจากความต้องการอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเหมาะสำหรับรับประทานคู่กับขนมปังรสจืด ถ้าจะทำเองจะต้องเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายมากกว่าหรือบางครั้งอาจอยู่ในสภาวะที่ไม่พร้อมจะทำเอง เช่น นักทัศนาจร นักเรียน นักศึกษา ตามหอพักและชาวเอเชียในต่างแดน เป็นต้น นอกจากนี้ ผู้บริโภคยังซื้อเพราะความคุ้นเคยกับอาหารรสไทย-

ไทย ทำเองไม่เป็น หรือบางครั้งมีคนแนะนำให้ใช้โดยซื้อคู่กับขนมปังปอนด์ เพื่อช่วยให้ขนมปังมีรสชาติดีขึ้น และทำให้เด็ก ๆ ทานอาหารได้มากขึ้น

โดยทั่วไปแล้วผู้บริโภคนิยมขนมปัง-สังขยาแบบสดตามร้านในตลาด หรือร้านขายขนมปังซึ่งโดยมากจะบรรจุในถุงพลาสติก หรือกระปุกพลาสติกและมีข้อจำกัดในการแจกจ่ายสินค้าออกไปเนื่องจากเก็บไว้ไม่นาน ก็จะเสื่อมเสีย ดังนั้น จึงขายได้เฉพาะที่ใกล้เคียงและมีปัญหาในการเก็บสินค้าเก่าคืน ถ้าขายสินค้าไม่หมดในเร็ววัน สำหรับแบบขวดแก้วสามารถหาซื้อได้จากซุปเปอร์มาร์เก็ตและร้านขายของชำทั่วไป

1.2.3 <u>การคาดคะเนขนาดกลุ่มผู้บริโภค</u> การคาดคะเนขนาดกลุ่มผู้บริโภคในประเทศสามารถหาโดยวิธีคำนวณจากตัวเลขนำเข้าข้าวสาลีชนิดที่ใช้ทำขนมปังโดยเฉพาะ อย่างเช่นปี 2527 มีการนำเข้าประมาณ 4 หมื่นตัน (10) และแปรรูปเป็นแป้งได้ร้อยละ 74 หรือเท่ากับ 29,600 ตัน การทำขนมปังจืดมีแป้งสาลีเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 55 (11) ดังนั้น แป้งจำนวนนี้ใช้ทำขนมปังได้ 53,818 ตัน/ปี หรือเฉลี่ย 147.447 ตัน/วัน

สมมุติว่าผู้บริโภคใช้ขนมปังวันละ 2 แผ่น ถ้าขนมปังหนักแผ่นละ 30 กรัม ผู้บริโภคคนหนึ่งจะต้องการใช้ขนมปัง 60 กรัม/วัน ดังนั้น ขนมปัง 147.447 ตัน ใช้เลี้ยงคนได้ 2,457,443 คน หรือประมาณ 2.5 ล้านคน

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้รับประทานคู่กับขนมปังจืดมีหลายชนิดได้แก่ เนย มาการีน นมข้นหวาน แยม และสังขยาทาขนมปัง เป็นต้น สมมติว่าทุก ๆ ผลิตภัณฑ์มีโอกาสในการได้รับเลือกเท่า ๆ กัน ดังนั้น จะมีผู้เลือกรับประทานขนมปังคู่กับสังขยาเป็นจำนวน 1/5 ของผู้บริโภคขนมปังทั้งหมด ถ้าแต่ละคนใช้สังขยา 20 กรัม ก็จะต้องผลิตวันละ 10 กรัมจึงจะเพียงพอให้ผู้บริโภคภายในประเทศใช้

เนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตสังขยาทาขนมปังยังมีน้อยและอยู่ในลักษณะเล็ก ๆ ภายในครอบครัว ดังนั้น การที่จะเข้าไปดึงส่วนแบ่งในตลาดมาบ้างจึงเป็นไปได้ โดยที่ผลิตภัณฑ์ของเราต้องมีคุณภาพดีเทียบเท่าหรือดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิม ต้นทุนถูกกว่าและต้องมีการโฆษณาที่ดี การขายดีผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้ได้แก่ เก็บได้นาน เปิดง่าย พกพาสะดวก เป็นต้น

1.2.4 <u>สภาพแวดล้อม</u> เนื่องจากสังขยาทาขนมปังไม่มีส่วนผสมที่เป็นข้อห้ามทางศาสนา ดังนั้น จึงไม่มีข้อจำกัดทางศาสนาและทางบริโภคนิสัยของคนไทยในภาคต่าง ๆ สำหรับการเปลี่ยนแปลงสภาพเศรษฐกิจ คาดว่ามีผลน้อยต่อต้นทุนการผลิต เพราะวัตถุดิบหลักที่ใช้เป็นวัตถุดิบภายในประเทศ

1.2.5 วิธีทางการตลาด การกระจายสินค้าจะกระจายไปตามซุปเปอร์มาร์เก็ต ร้านขายของชำ และร้านขายขนมปังต่าง ๆ ทั้งภายในกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัด โดยจัดส่งทางรถไฟหรือรถยนต์หรือเรือ มีการแนะนำสินค้าทางหนังสือพิมพ์ วิทยุ และโทรทัศน์ จัดการแจกแถม ชิงโชค หรือลดราคาเป็นระยะ ๆ การบรรจุต้องใช้ลังลูกฟูกอย่างหนาและมีเครื่องหมายแสดงไว้ชัดเจนว่า ระวังแตก และมีลูกศรชี้ทิศทางการตั้งกล่องให้ถูกต้อง

สำหรับกรณีส่งออก จะมุ่งหาตลาดคนไทยและชาวเอเชียในต่างแดน อย่างเช่นในประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา ฝรั่งเศส เยอรมัน ออสเตรเลีย ซาอุดิอาระเบีย สิงคโปร์ และฮ่องกง เป็นต้น โดยจะนำสินค้าไปขึ้นทะเบียนอาหารตามกฎหมายของแต่ละประเทศ และมีการแนะนำสินค้าเช่นเดียวกันกับที่ทำในประเทศไทย หรือเท่าที่จะสามารถ การขนส่งสินค้าไปต่างประเทศจะอาศัยทางเรือเดินทะเล

## 2. ลักษณะวัตถุดิบ

วัตถุที่ใช้ได้แก่ มะพร้าว น้ำตาลทราย ไข่ไก่ แป้ง สารแต่งสีและกลิ่นรส (4, 12-14) คุณสมบัติที่สำคัญทางเคมี กายภาพและชีววิทยาของวัตถุดิบแต่ละชนิด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.1 ข้อมูลทางวิชาการ

2.1.1 มะพร้าว ชื่อวิทยาศาสตร์ Cocos nucifera L. ปลูกได้ดีแถบละติจูด 22 องศาเหนือ และใต้เส้นศูนย์สูตร บริเวณปลูกได้แก่ หมู่เกาะ และริมชายฝั่งทะเล (15)

มะพร้าวสูงไม่มีพันธุ์แท้เพราะเป็นพืชประเภทผสมเกสรข้ามต้น เมื่อต้นมมะพร้าวอายุได้ 6-8 ปี ก็จะเริ่มให้ผล จนถึงปีที่ 15 จะให้ผลเต็มที่และให้ผลเรื่อย ๆ ไปจนถึงอายุ 40-50 ปี ผลอ่อนเจริญเติบโตเป็นผลแก่เต็มที่ใช้เวลาประมาณ 10-12 เดือน ขนาดของผลปอกเปลือกเมื่อวัดโดยรอบกะลาเฉลี่ยประมาณ 45 ซม. หนัก 1.5 กก. มีเนื้อสดอยู่ 0.5 กก. (16) เนื้อมะพร้าวเป็นส่วนที่มีค่ามากที่สุดของมะพร้าว เพราะผลหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยคุณค่าทางอาหารต่าง ๆ ดังนี้ ไขมัน 116.0 กรัม โปรตีน 15.1 กรัม น้ำตาล 10.7 กรัม เกลือแร่ 4.0 กรัม วิตามินซี 150 มก. วิตามินบีรวมและวิตามินอีอีกเล็กน้อย (17) นิยมใช้ในการประกอบอาหาร ตลาดเอเชียโดยเฉพาะในประเทศไทยนิยมมากทั้งอาหารคาว-หวานเกือบทุกชนิด มีมะพร้าวอยู่ในรูปแบบหนึ่งเสมอ การเก็บรักษามะพร้าวทั้งผล ถ้าเก็บไม่ดีพออาจเสียหายได้เพราะการงอกของต้นอ่อนออกมาภายนอกเป็นหน่อ และรากบริเวณส่วนหัวของกะลาจะต้องอาศัยอาหารจากเนื้อและน้ำมะพร้าวในโพรงกะลาจึงทำให้เนื้อมะพร้าวเสียหายไป ดังนั้น ควรป้องกันไม่ให้มะพร้าวงอกโดยการเก็บมะพร้าวไว้ในที่ร่ม โปร่ง และเย็น (16)

กะทิ คือ ของเหลวที่ได้จากการคั้นมะพร้าวขูดกับน้ำ หรือไม่เติมน้ำก็ได้ เป็นของเหลวที่ขาวขุ่น จัดเป็น o/w emulsion (17-18) เมื่อตั้งทิ้งไว้จะแยกเป็นสองชั้น ชั้นบนเป็นครีม และชั้นล่างเป็นน้ำ องค์ประกอบของกะทิจะแตกต่างกันไปโดยขึ้นกับความอ่อนแก่พันธุ์ การเพาะปลูก บำรุงรักษา วิธีการและปริมาณน้ำที่ใช้คั้น เป็นต้น องค์ประกอบโดยประมาณของน้ำกะทิที่คั้นโดยไม่เติมน้ำและเติมน้ำ แสดงไว้ในตารางที่ 2 (17) องค์ประกอบที่สำคัญ คือ ไขมัน กะทิที่คั้นโดยไม่เติมน้ำมีไขมันอยู่ร้อยละ 32-40 มีโปรตีนร้อยละ 2-4 นอกนั้น เป็นน้ำตาล แป้ง และเถ้าอีกเล็กน้อย องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำร้อยละ 47-54

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของกะทิ

| ผู้วิเคราะห์ | Clemente | Nathanael | Popper | กองวิเคราะห์อาหาร |
|---|---|---|---|---|
| ปี ค.ศ. | 1933 | 1954 | 1966 | 1979 |
| มะพร้าว : น้ำ | ← ไม่เติมน้ำ → | | | 4 : 3 |
| หน่วย | ← ร้อยละ → | | | |
| น้ำ | 47.0-53.0 | 50.00 | 54.1 | 77.10 |
| ไขมัน | 39.6-40.0 | 39.77 | 32.2 | 17.80 |
| โปรตีน | 2.6- 2.9 | 2.78 | 4.4 | 1.86 |
| คาร์โบไฮเดรท | - | - | 8.3 | 2.66 |
| น้ำตาล | 2.8- 3.2 | 2.99 | - | - |
| แป้ง | 0.08-0.10 | 0.09 | - | - |
| เถ้า | 1.1 -1.3 | 1.22 | 1.0 | 0.58 |
| ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ไม่ใช่ไขมัน | 10.3-10.5 | 10.38 | - | 5.10 |

กรดไขมันส่วนใหญ่เป็นพวกอิ่มตัว ซึ่งแบ่งออกได้เป็นร้อยละ ดังนี้ lauric 45.0 myristic 18.0 palmitic 9.5 caprylic 7.8 และ stearic 3-5 กรดไขมันพวกที่ไม่อิ่มตัวมีน้อยประมาณร้อยละ 6-10 แบ่งออกเป็น Oleic 5-8 และ linoleic 1-2 นอกจากนี้ ก็มีพวก sterol และ tocopherol ด้วย ปกติแล้วน้ำมันมะพร้าวจะมีค่า iodine

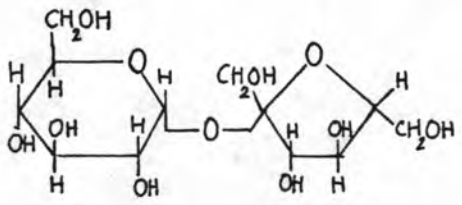
value 8-10 saponification value 246-248 refractive index 1.4484 (19)

โปรตีนมะพร้าวประกอบด้วยกรดอะมิโนเป็นร้อยละดังนี้ Arg 15.92 His 2.42 Lys 5.80 Tyr 3.28 Phe 2.05 Tryp 1.25 Cys 1.44 Met 1.43 Leu 5.96 Val 3.57 Ala 4.11 Pro 5.54 Ser 1.76 Asp 5.12 และ Glu 19.07 ค่า Digestibility coefficient 87.89 (17) เมื่อโปรตีนในกะทิถูกความร้อนเกิน 80 องศาเซลเซียส มันจะเสียสภาพธรรมชาติจับกันเป็นลิ่ม ๆ (Coagulation)

การเสื่อมคุณภาพของกะทิมีหลายลักษณะ ได้แก่ การเกิดกลิ่นหืน การเปลี่ยนสีเป็นสีคล้ำ ออกน้ำตาล และการแยกชั้น เป็นต้น จากการทดลองของอุบลศรี (20) พบว่า การใช้ antibiotic, antioxidant และ preservative ไม่มีผลในการช่วยยืดอายุการเก็บของกะทิสด ฐิติรัตน์ (17) พบว่าการใช้ BHA ในกะทิร้อยละ 0.015 ของน้ำหนักไขมัน ไม่มีผลต่อการยับยั้งการเกิดกลิ่นหืนของกะทิเข้มข้นบรรจุหลอดอลูมิเนียม แต่การใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ในกะทิร้อยละ 0.05 มีผลต่อคุณภาพของกะทิเข้มข้นโดยสามารถรักษาสภาพตอนอยู่ในหลอดไว้ได้ดีตลอด 6 เดือน ทั้งเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องและการเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นทำให้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเกิดน้อยกว่าที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง ในกรณีที่เกิดปัญหาการแยกชั้น สามารถใช้เครื่อง homogenizer ช่วยทำให้ลักษณะเนื้อของกะทิเนียนขึ้นและแยกชั้นน้อยลง (20)

2.1.2 <u>น้ำตาลทรายขาว</u> หมายถึง ผลึกซูโครสที่มีความบริสุทธิ์สูง มีลักษณะเป็นเกล็ดใส สีขาวถึงเหลืองอ่อน มีความชื้นเล็กน้อยประมาณร้อยละ 0.05-0.10 เกล็ดน้ำตาลไม่ติดกัน มีกากน้ำตาลติดอยู่เป็นส่วนน้อย บรรจุในกระสอบป่านกระสอบละ 100 กก. ภายในมีถุงพลาสติกบุไว้อีกชั้นหนึ่ง มีคุณสมบัติต่าง ๆ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 56-2516 (21)

น้ำตาลเป็นสารประกอบของ คาร์บอน ไฮโดรเจน และอ๊อกซิเจน ที่มีสูตรเคมีเป็น $C_{12}H_{22}O_{11}$ น้ำหนักโมเลกุล 342.296 มีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 1 ซูโครสให้ความหวานรองจากฟรุคโตส (หวานที่สุด)



<u>รูปที่ 1</u> สูตรโครงสร้างของซูโครส ซึ่งประกอบด้วยกลูโคสและฟรุคโตส

ผลึกซูโครสที่บริสุทธิ์จริง ๆ จะมีคุณสมบัติเป็นตัวดูดความชื้นเพียงเล็กน้อย แต่ถ้ามีสิ่งอื่นเจือปนอยู่มันจะดูดซับความชื้นสูงขึ้น และถ้าบรรยากาศที่เก็บน้ำตาลมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าร้อยละ 75 น้ำตาลจะเริ่มดูดซับความชื้นได้อย่างรวดเร็ว โรงเก็บน้ำตาลปกติจะต้องควบคุมความชื้นไว้ในระดับร้อยละ 40-60 การเก็บควรเติมแป้งหรือแคลเซียมฟอสเฟต ประมาณร้อยละ 1-3 ป้องกันการเกาะกันของผลึกน้ำตาล ซึ่งเกิดจากน้ำหนักที่กดลงมาของกองกระสอบ และความชื้นที่ทำให้กลุ่มน้ำตาลนี้จับกันเป็นก้อนแข็งและใหญ่ (Caking)

ซูโครสละลายน้ำได้ดี เมื่อเข้มข้นร้อยละ 65 การละลายขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญ ดังสูตรของ Meade, 1963 (22)

$$S = 64.497 \quad 0.0725t \quad 0.0020569t^2 \quad 9.035 \times 10^{-6}t^3$$

โดย $S$ = การละลายเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก/น้ำหนัก

$t$ = อุณหภูมิเป็น องศา เซลเซียส

เมื่อน้ำตาลละลายน้ำเป็นน้ำเชื่อม เราสามารถวัดความเข้มข้นได้โดยอาศัยหลักการของความถ่วงจำเพาะ หรือการหักเหของแสง โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ หรือรีแฟรกโตมิเตอร์ ปัจจุบันนิยมใช้ hand refractometer วัดความเข้มข้นของน้ำเชื่อมเป็น °บริกซ์ ซึ่งหมายถึงร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ วัดโดยน้ำหนัก/น้ำหนัก ตัวอย่างเช่น น้ำเชื่อม 65 องศาบริกซ์ หมายถึง น้ำเชื่อม 100 กรัม มีน้ำตาลอยู่ 65 กรัม น้ำ 35 กรัม เมื่อน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นขึ้น ค่าความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ และจุดเดือดของน้ำเชื่อมจะเพิ่มขึ้นตาม ดังตัวอย่าง น้ำเชื่อม 60 องศาบริกซ์ เดือดที่ 103 องศาเซลเซียส น้ำเชื่อม 70 องศาบริกซ์ เดือดที่ 105.5 องศาเซลเซียส เป็นต้น สำหรับความหนืดจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำเชื่อม แต่จะลดลงเมื่ออุณหภูมิน้ำเชื่อมสูงขึ้น ดังตัวอย่าง น้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ 60 องศาเซลเซียส หนืด 3.8 cp. และน้ำเชื่อม 65 องศาบริกซ์ 30 องศาเซลเซียส หนืด 79 cp. เป็นต้น สำหรับกรณีที่น้ำเชื่อมเกิดการสลายของซูโครสเป็น กลูโคสและฟรุคโตสจะทำให้ความหนืดลดลงเช่นกัน

ซูโครสมีคุณสมบัติเป็น buffer ดังนั้น เมื่อปรุงอาหารที่มีน้ำตาลอยู่สูงในภาชนะจะช่วยลดการสึกกร่อนของภาชนะลงได้ นอกจากนี้ ยังช่วยลดการแทรกซึมของออกซิเจนลงในอาหารได้ด้วย ดังนั้น น้ำตาลจึงจัดเป็นสารป้องกันออกซิเดชั่นตัวหนึ่งด้วย ถ้าน้ำตาลถูกความร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน มันจะเสียอนุมูลน้ำไปจากโมเลกุลเรื่อย ๆ ทำให้น้ำตาลมีสูตรเคมีเปลี่ยนไป เป็น $C_{12}H_{20}O_{10}$ หรือ $C_{24}H_{36}O_{18}$ หรือ $C_{36}H_{50}O_{25}$ และทำให้เกิดเป็น

สารสีน้ำตาลไหม้ เรียกปฏิกริยานี้ว่า "Caramelization"

ในกรณีที่น้ำเชื่อมมีความเข้มข้น 40-55 องศาบริกส์ จุลินทรีย์สามารถใช้น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอนได้ แต่ถ้าเข้มข้นมากกว่า 65 องศาบริกส์ จุลินทรีย์ทั่วไปจะไม่เจริญเติบโตได้ เพราะเกิดการออสโมซิส ทำให้น้ำภายในเซลจุลินทรีย์ถูกดึงออกมา จุลินทรีย์สูญเสียเมตาโบลิสซึมและตายไป ความอิสระของน้ำในแง่ของจุลินทรีย์ที่จะนำไปใช้ได้นี้ เรียกว่า $A_w$ (water activity) ค่านี้คำนวณได้จากสูตรของ Frazier (23) ดังนี้

$$A_w = P/P_o$$

โดย $P$ = ความดันไอของสารละลาย

$P_o$ = ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน

โดยกำหนดให้น้ำบริสุทธิ์มีค่า $A_w = 1$ และเป็นค่าสูงสุด จากตารางที่ 3 จะเห็นว่า เมื่อน้ำเชื่อมข้นขึ้นจะทำให้ $A_w$ มีค่าลดลง ยิ่งลดลงมากเท่าไร จุลินทรีย์ก็จะเจริญได้ลำบากขึ้นเท่านั้น เพราะไม่สามารถดึงน้ำในอาหารมาใช้ได้ (22, 23)

ตารางที่ 3 แสดงความเข้มข้นของน้ำตาล และค่า $A_w$ ต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้

| จุลินทรีย์ | $A_w$ | % น้ำตาล |
|---|---|---|
| แบททีเรียธรรมดา | 0.91 | 55 |
| ยีสต์ธรรมดา | 0.87 | 64 |
| ราธรรมดา | 0.80 | 67 |
| Halophillic bacteria | 0.75 | 69 |
| Xerophillic mold | 0.65 | 73 |
| Osmophillic yeast | 0.60 | 75 |

2.1.3 ไข่ไก่ หมายถึง ไข่สดทั้งฟอง การเลือกซื้อควรพิจารณาความสด ขนาดและราคาเป็นสำคัญ (24) ราคาไข่ขึ้นกับคุณภาพภายในและขนาดไข่ ไข่ขนาดกลางมีน้ำหนักประมาณ 58 กรัม (25) ในบางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ และแคนาดา ไข่ที่ออกสู่ท้องตลาดจะได้รับการคัดเลือกเป็นเกรด เอ บี ซี โดยการคัดไข่จะพิจารณาถึงสภาพภายนอกของเปลือกและคุณภาพภายในของไข่ การตรวจคุณภาพภายในจะใช้วิธีส่องกับแสงไฟ ไข่ที่ออกมาใหม่ ๆ เปลือกค่อนข้างโปร่งแสง เมื่อส่องดูก็จะสามารถคาดคะเนความข้นของไข่ขาวขณะเคลื่อนไหว และตำแหน่ง

ไข่แดง ถ้าไข่ไข่แดงจะลอยอยู่ตรงกลางหรือค่อนข้างจมต่ำกว่าระดับกลางของไข่ และสามารถมองเห็นสิ่งผิดปกติที่บริเวณเปลือกขนาดโพรงอากาศ จุดเลือดหรือจุดเป็นตัว การเสียและตัวอ่อน เนื่องจากการเจริญของสิ่งดังกล่าว ทำให้ไข่ไม่น่ารับประทาน ดังนั้น ท้องตลาดจึงนิยมไข่ที่ไม่ได้ผสมเชื้อ นอกจากวิธีส่องไฟดังกล่าวแล้วก็ยังใช้วิธีต่อยไข่ออกตรวจคุณภาพภายในด้วยสายตา คมกลิ่น ดูลักษณะไข่ขาวและวัดค่ามาตรฐานต่าง ๆ เช่น ฮอกยูนิต 72-100 แสดงว่าไข่สด แอลบิวเมนอินเดกซ์ .50-.174 แสดงว่าไข่ใหม่ วัดคุณภาพไข่แดงโดยพิจารณาสีของไข่แดง ดัชนีไข่แดงตรวจลักษณะเปลือกไข่ วิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และทดลองคุณสมบัติในการประกอบอาหารหรือผลิตภัณฑ์ เช่น การฟูตัว การรวมตัวกับไขมัน เป็นต้น ในเมืองไทยยังไม่มีการบอกเกรด ผู้ซื้อต้องรู้จักสังเกตว่า ไข่ที่ออกใหม่ใน 1-2 วัน เปลือกไข่จะมีนวลหุ้มทำให้ผิวเปลือกมองดูด้าน เมื่อเก็บไว้นานนวลจะหมดไปทำให้ดูมีมันขึ้น ถ้าต้องการพิสูจน์ไข่ที่มีอยู่ว่าสดมากน้อยเพียงใด อาจใช้วิธีลอยในน้ำ ไข่สดมี ถพ. 1.09 ถ้าไข่ที่ใส่ไปนั้นจมก้นภาชนะแสดงว่าไข่ใหม่ ถ้าตั้งเอียงแสดงว่าไข่เก็บ 3-4 วัน ถ้าตั้งตรงอยู่ก้นภาชนะแสดงว่าไข่เก็บมากกว่า 10 วัน ถ้าไข่นั้นลอยก็แสดงว่าเก่ามาก (24) คุณภาพไข่จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้ คือ

1. พันธุกรรม มีผลต่อความข้นเหลวของไข่ขาว ปริมาณไข่ขาวข้นต่อไข่ทั้งฟอง การมีจุดเลือด จุดเนื้อในไข่ ลักษณะเปลือก สีของเปลือกไข่และไข่แดง

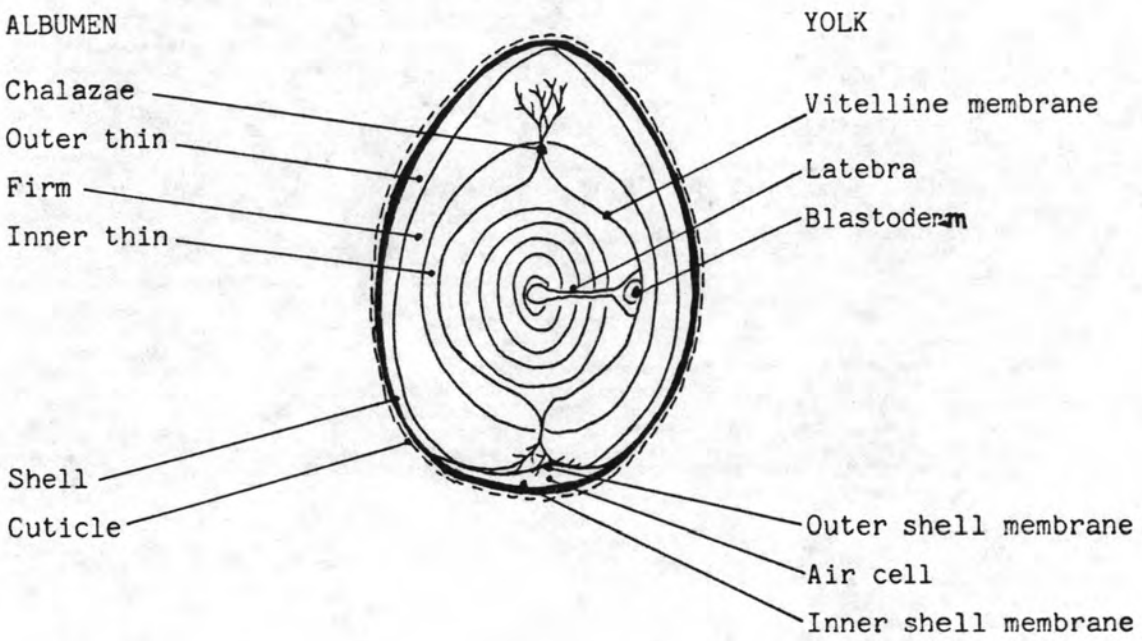
2. อาหาร เช่น แคลเซี่ยมและไวตามินดี มีผลต่อลักษณะเปลือก ไวตามินเอ หรือเม็ดสีเหลืองมีผลต่อสีไข่แดง อาหารจากขยะมูลสัตว์ทำให้ไข่มี กลิ่น อาหารมีกากเมล็ดฝ้ายสูงทำให้ไข่ที่เก็บนานมีไข่ขาวเป็นสีมะกอก ไวตามินและโภชนะต่าง ๆ ที่มีอยู่บริบูรณ์ในอาหารช่วยให้ไข่มีคุณภาพทางโภชนาการบริบูรณ์ด้วย

3. เรือนโรงไก่ พื้นเล้าหรือพื้นกรง ถ้าสกปรกย่อมทำให้ไข่สกปรกด้วย

4. โรค เช่น โรคนิวคาสเซิล หรือโรคหลอดลมอักเสบมีผลให้ไข่มีรูปร่างผิดปกติ บุดเบี้ยว ไข่ขาวเป็นน้ำเหลว

5. การเก็บรักษา ไข่ที่ออกมาใหม่ ๆ โดยมากภายในปราศจากจุลินทรีย์ไข่ขาวยังมีความสดดี แต่ถ้าเก็บรักษาไม่ดี ไข่สกปรกหรือถูกทิ้งอยู่ในเล้าไม่หมั่นเก็บ ภาชนะรักษาไม่ดี เก็บไข่ในที่อากาศร้อน หรือเก็บไว้นานเกินไปคุณภาพไข่นั้นก็จะเสื่อมลง

<u>โครงสร้างและองค์ประกอบของไข่</u> โดยทั่วไปไข่ไก่ฟองหนึ่ง มีองค์ประกอบเป็นร้อยละ ดังนี้ เปลือก 11-12 ไข่แดง 31-32 ไข่ขาว 56-58 และมีโครงสร้างดังรูปที่ 2




รูปที่ 2 โครงสร้างไข่

Cuticle นวลเป็นชั้นบาง ๆ นอกสุดหนาประมาณ 10 $\mu m$ มีองค์ประกอบคิดเป็นร้อยละ ดังนี้ โปรตีน 86 น้ำ 3.5-6.5 ไขมัน 3 KCl soluble protein 1 และคาร์โบไฮเดรท 4

Shell เปลือกหนากว่า Cuticle ประมาณ 30 เท่า มีองค์ประกอบคิดเป็นร้อยละ ดังนี้ แคลเซียมคาร์บอเนต 67 สารประกอบพวกโปรตีน 22 และคาร์โบไฮเดรท 11

Shell membrane เยื่อบุเปลือกเป็น fibrous like protein มี 2 ชั้น คือ ชั้นนอกและชั้นในเยื่อมีลักษณะคล้าย Collagen แต่ละชั้นประกอบด้วยชั้นย่อยอีก มีองค์ประกอบคิดเป็นร้อยละ ดังนี้ โปรตีน 90 ไขมัน 3 และคาร์โบไฮเดรท 2

Vitelline membrane เยื่อหุ้มไข่แดง มีองค์ประกอบคิดเป็นร้อยละดังนี้ โปรตีน 87 ไขมัน 3

และคาร์โบไฮเดรท 1

Yolk ไข่แดงมีคุณค่าอาหารสูง เพราะมีองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ ไขมัน โปรตีนในปริมาณเข้มข้นมาก ดังแสดงไว้ตารางที่ 4

Albumen ไข่ขาวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำและโปรตีน สารอื่น ๆ มีเล็กน้อย ดังในตารางที่ 4

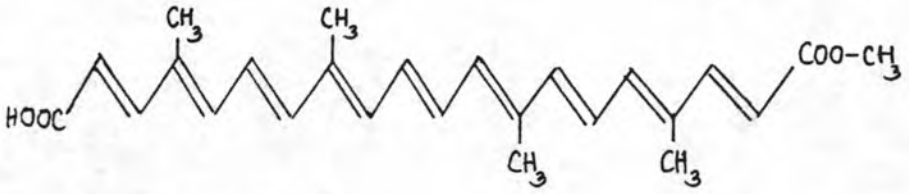
ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของไข่ ในส่วนที่กินได้เป็นร้อยละ (24-27)

| องค์ประกอบ | ไข่ทั้งฟอง | ไข่แดง | ไข่ขาว |
|---|---|---|---|
| น้ำ | 73.6-74.0 | 48.0-51.9 | 87.6-87.9 |
| โปรตีน | 12.3-13.4 | 16.0-17.5 | 10.0-11.5 |
| ไขมัน | 10.5-11.8 | 30.6-32.5 | 0- 0.2 |
| คาร์โบไฮเดรท | 0.6- 0.8 | 0.2- 1.0 | 0.8- 0.9 |
| เถ้า | 1.0- 1.8 | 1.1- 1.7 | 0.6- 0.8 |

โปรตีนจากไข่ไก่เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนต่าง ๆ คิดเป็นร้อยละดังนี้ (26) Arg 0.84 Asp 0.90 Cys 0.30 Glu 1.58 Gly 0.45 His 0.31 Isol 0.85 Leu 1.13 Lys 0.82 Met 0.40 Phe 0.74 Pro 0.54 Ser 1.08 Thre 0.64 Tryp 0.21 Tyr 0.55 และ Val 0.95 มี S ในไข่ขาว 0.195% ในไข่แดง 0.016% มีธาตุเหล็กอยู่ 1.3-2.0 มก./ฟอง พบในไข่แดง 0.011% ในไข่ขาว 0.0009% และมีธาตุทองแดงอยู่ 0.15 มก./ฟอง เมื่ออนุมูลโลหะทำปฏิกริยากับ S จะทำให้เกิดเกลือกำมะถันของโลหะ เช่น FeS, CuS ซึ่งมีสีดำและทำให้รอบ ๆ ไข่แดงมีสีคล้ำดำเกิดขึ้นเมื่อเก็บไข่นั้นไว้นานเกินไป

สีของไข่แดง เกิดจากสารสีพวก Carotenoids มีอยู่ประมาณ 0.4 มก./ฟอง สีนี้พบทั่วไปทั้งในพืชและสัตว์ เช่น หญ้าสีเขียว ข้าวโพด มะเขือเทศ แครอท ฯลฯ แบ่งออกเป็นสามชนิด คือ Carotene, Xanthophyll และ Cryptoxanthin

Carotene เป็นสารตั้งต้นของไวตามินเอ มีสีเหลืองถึงส้มจัด เป็นองค์ประกอบส่วนน้อย เป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว สูตรโมเลกุล $CH_3-OOC-C_{22}H_{26}-COOH$ มีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 สูตรโครงสร้างของแคโรทีน

จัดเป็นสารพวก monomethylester of dicarboxylic acid ตามธรรมชาติมีอยู่ในรูปของเม็ดสี มีโครงสร้างอยู่ในรูป trans-form มากกว่า cis-form เม็ดสีละลายอยู่ในส่วนที่เป็นไขมัน หรืออยู่ในรูปสารแขวนลอยในส่วนที่เป็นน้ำมัน หรือรวมตัวอยู่กับโปรตีน ในส่วนที่เป็นน้ำ แคโรทีนละลายได้ดีในเบนซีน คลอโรฟอร์ม อีเธอร์ และอะซิโตน ไม่ละลายในน้ำ กรดหรือด่าง นอกจากจะได้สีนี้จากแหล่งธรรมชาติแล้ว นักวิทยาศาสตร์ยังสามารถสังเคราะห์ขึ้นมาเพื่อใช้เติมลงในอาหารได้หลายรูปแบบด้วยกัน เช่น B-carotene, B-apo-8' - carotenal และ B-apo-8' - carotenicacid ethyl ester สารตัวหลังเป็นเม็ดสีที่ใช้ผสมในอาหารสัตว์ปีก เพื่อให้ไข่แดงมีสีเข้มขึ้นใช้ได้ผลดี และมีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นของไวตามินเอด้วย (8)

Xanthophyll มีสีเหลืองอ่อนถึงแดงจัด มีอยู่เป็นองค์ประกอบมากกว่าแคโรทีนประมาณ 10 เท่า ละลายในแอลกอฮอล์ น้ำมันและเอทธิลอีเธอร์

Cryptexanthin พบบ้างเล็กน้อย

ปัจจุบันสีสังเคราะห์ Canthaxanthin เป็นสีที่ใช้ผสมในอาหารไก่ได้ผลดีกว่าสีอื่น ๆ แต่ไม่มีคุณสมบัติการเป็นสารตั้งต้นของไวตามินเอ ดังนั้น เวลาใช้ควรผสมกับสีสังเคราะห์พวกแคโรทีนด้วย (8, 24, 25)

ความเข้มข้นของสีแดงขึ้นกับชนิดและจำนวนสารสีต่าง ๆ ในอาหารที่ไก่กินเข้าไปและขึ้นอยู่กับพันธุกรรม วัย ฤดูกาล และวิธีเลี้ยง ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนสูตรอาหารมีผลต่อสีไข่แดง ไข่ไก่สาวที่เริ่มไข่มักมีไข่แดงสีอมเขียว แต่ต่อมาก็จะเป็นปกติเอง

การเปลี่ยนแปลงและการเก็บรักษาไข่

ในระหว่างเก็บไข่ ไข่จะเริ่มเปลี่ยนแปลงทันทีหลังจากออกจากแม่ไก่ สิ่งแรก คือ เกิดโพรงอากาศที่ส่วนด้านป้านทันทีที่ไข่เริ่มเย็นลง น้ำหนักลด ความถ่วงจำเพาะลด โพรงอากาศจะใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่เก็บ เพราะน้ำได้ระเหยออกไปทางรูเปลือกไข่ เป็นเหตุให้ไข่ขาวข้นขึ้นเรื่อย ๆ และไข่แดงที่เคยจมก็จะค่อย ๆ ลอยขึ้น ตามส่วนที่ไข่ขาวข้นตัว ต่อมาไข่ขาวข้นจะกลับเหลว

015686

เนื่องจากการกระทำของเอนไซม์ lysozyme และ/หรือ ovomusin ในไข่ขาวเองทำการย่อยสลายตัว น้ำจากไข่ขาวบางส่วนจะซึมผ่านไปในไข่แดงที่ข้นกว่าตามหลักออสโมซิส เมื่อน้ำเข้าไปมาก ๆ เยื่อหุ้มไข่แดงจะอ่อนตัวลงไข่แดงก็จะแบนลงและมีขนาดใหญ่ขึ้น ไข่แดงตอนสดมี pH 6.0 เมื่อเก็บไว้นานจะสูญเสียกรดฟอสฟอริคให้ไข่ขาวและมี pH เพิ่มขึ้นเป็น 6.4-6.9 ส่วนไข่ขาวสดมี pH 7.6-7.9 หลังเก็บไว้ที่ 3 องศาเซลเซียส 3 วัน pH เป็น 9.18 และ 21 วัน pH เป็น 9.4-9.7 เนื่องจากกรดฟอสฟอริคทำปฏิกริยากับ $NaHCO_3$ , $KHCO_3$ ในไข่ขาวให้ด่างและก๊าซ $CO_2$ $CO_2$ จะระเหยออกไปทางรูเปลือกไข่ ส่วนด่างจะทำให้ไข่ขาวมี pH สูงขึ้น ความเป็นด่างนี้มีผลเสียต่อโปรตีนและไวตามินบางชนิดในไข่ และต่อคุณสมบัติในการประกอบอาหารด้วย ดังนั้น จึงมีการเติม $CO_2$ 2.5% ในบรรยากาศห้องเย็นเก็บไข่ เพื่อกัน $CO_2$ จากไข่ระเหยออกไป และชุบไข่ด้วย mineral oil ก่อนเก็บเพื่อกันน้ำระเหยออกไป และป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย ไข่ใหม่จะไม่มีกลิ่น นอกจากกลิ่นหินปูนนิดหน่อย แต่พอเก็บนานจะเกิดกลิ่นไม่ดี เนื่องจากมันจะค่อย ๆ ดูดกลิ่นจากบริเวณข้างเคียง หรืออาจเกิดจากปฏิกริยาทางเคมีของจุลินทรีย์ หรือเพราะความร้อนของบรรยากาศที่ช่วยเร่งปฏิกริยา กลิ่นคาวอาจมาจากอาหารที่ไก่กินมีน้ำมันตับปลา ปลาป่น เศษเนื้อ หรือกระดูกผสมอยู่มากเกินไป แต่ถ้าเอาไข่เก็บรักษาในที่ปลอดกลิ่นนานวันกลิ่นที่ติดมาแต่เดิมจะค่อย ๆ ลดน้อยลงหรือหมดไปได้ ไข่ที่เก็บห้องเย็นนานมักมีกลิ่นผิดปกติเกิดที่ไข่แดงก่อน สันนิษฐานว่าอาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของไขมันในไข่แดง

การเก็บไข่แช่แข็งโดยไม่แช่ทั้งเปลือก ตอนกระเทาะเปลือกออกต้องระวังอย่าให้ไข่ติดเชื้อ และควรแยกเก็บเป็นไข่ขาว ไข่แดง ในปริมาณที่จะใช้ครั้งหนึ่ง ๆ ถ้าจะแช่แข็งไข่ขาวไม่ต้องเติมอะไรก็ได้ แต่ไข่แดงหรือไข่ทั้งฟองต้องใส่สาร เช่น เกลือ น้ำตาล ผสมเข้าไปเพื่อป้องกันไข่จับกันเป็นก้อน ๆ นำมาละลายและผสมกับสิ่งอื่น ๆ ได้ยาก เนื่องจาก น้ำแยกตัวออกจาก lecithovitellin complex ทำให้ลิปิดตกตะกอนและไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ ปริมาณน้ำตาลที่เติมประมาณร้อยละ 10 ถ้าเติมเกลือใช้ประมาณร้อยละ 1-2 จะช่วยให้จุดเยือกแข็งของไข่ต่ำลง แม้จะเก็บไว้ที่ -11 องศาเซลเซียสก็ยังทนได้ ซึ่งตามปกติแล้วที่ -0.568 องศาเซลเซียส ทั้งไข่ขาวและไข่แดงจะจับเยือกแข็งหมด

<u>คุณสมบัติของไข่ในการช่วยให้อาหารข้นและอยู่ตัว</u> (27, 28) ทั้งไข่ขาวและไข่แดงมีคุณสมบัติแบบ lypophillic colloidal systems คือ สามารถจะเป็นเจลที่สื่อกระจายตัวคลุกเคล้ากับสิ่งอื่น ๆ ได้ทั่วถึง และได้สารที่อยู่ในรูปอิมัลชั่น ช่วยให้ข้นเนียนและอยู่ตัวดังเช่นในการทำน้ำสลัดชนิดข้น คุณสมบัตินี้เกิดจากเลคซิทินกับโปรตีนในไข่แดง

Ovolecithin มีในไข่แดง 1.6 กรัม/ฟอง (8.6% ของไข่แดง) ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว/ชนิดอิ่มตัว ในอัตราส่วน 64/36 เป็นเลคซิทินชนิดเบต้าร้อยละ 75 และที่เหลือเป็นชนิดแอลฟา อยู่ในรูป O/W emulsion เมื่อถูกไฮโดรไลซ์จะให้กลีเซอโรล กรดฟอสฟอริค กรดไขมัน และโคลีน ซึ่งมีไนโตรเจนอยู่

phospholipoprotein แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. low density fraction มีโครงสร้างแบบ micelle โดยตรงกลางเป็นลิปิด ส่วน phospholipid และโปรตีน กระจายออกข้างนอก ไม่ละลายน้ำละลายน้ำเกลือหรือด่างอ่อน ๆ ประกอบด้วย lipid ร้อยละ 89 (3/4 เป็น neutral lipid 1/4 เป็น phospholipid) นอกจากนี้ ยังมีคาร์โบไฮเดรทด้วย

2. High density fraction มี lipid ร้อยละ 17 ส่วนใหญ่เป็น phospholipid ร้อยละ 61 (lecithin) triglycerides ร้อยละ 35 cholesterol ร้อยละ 4 เรียกชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า lipovitelline จะรวมอยู่กับ phosvitin ในไข่แดงเป็น granules จัดเป็น globular protein มี 2 subunits ยึดเหนี่ยวเข้าด้วยกันด้วย hydrophobic interaction

เมื่อไข่ถูกความร้อนในสภาวะปกติ ไข่ขาวจะเปลี่ยนจากใสมาเป็นขาวขุ่น ที่ 60 องศาเซลเซียส ไข่แดงจะเริ่มข้นที่ 65 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาและอุณหภูมิสูงขึ้นทั้งไข่ขาวและไข่แดงก็จะข้นแข็งมากขึ้นและเกิดการแยกออกของส่วนที่เป็นน้ำ (syneresis) การข่นข้นตัวของไข่จะเปลี่ยนไปตามสภาวะแวดล้อม ดังนี้

1. ถ้าโปรตีนของไข่เจือจางลง จะทำให้อุณหภูมิการข้นตัวสูงขึ้น

2. การเติมเกลือ แลคแตท คลอไรด์ ซัลเฟท ของ Na, K, Ca ในระดับเข้มข้นพอเหมาะ เช่น 0.06 M มีผลให้ของผสมของไข่หนืดขึ้น และสามารถเกิดโครงสร้างเจลได้เมื่อได้รับความร้อนพอเพียง (29)

3. การเติมน้ำตาล จะทำให้อุณหภูมิการข้นตัว และการฟอร์มเจลของไข่สูงขึ้น เนื่องจากน้ำตาลจะไปขัดขวางมิให้โปรตีนของไข่ขาวเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติได้ตามปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาล

4. ความเป็นกรด-ด่าง ถ้าอยู่ช่วง 6-7 โปรตีนในไข่สามารถช่วยให้เกิดการกระจายตัวของน้ำมันได้ดี แต่ที่ pI 4.8-5.0 โปรตีนจากไข่จะตกตะกอน ดังนั้น จึงไม่สามารถช่วยให้เกิดการกระจายตัวได้ดังที่ pH 6-7 (30)

ตัวอย่างอาหารที่มีลักษณะคล้ายสังขยาทาขนมปัง คือ ไส้พายครีมมะพร้าว ซึ่งมีเคล็ดลับในการทำดังนี้ คือ ต้มนมกับน้ำตาลและแป้งข้าวโพดจนข้นก่อน แล้วจึงเติมไข่แดงที่ตีหรือคนให้เข้ากันแล้วทีหลัง ถ้าในขณะผสมกับไข่แดง อุณหภูมิส่วนผสมลดต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส และไม่ได้นำส่วนผสมนั้นกลับไปตั้งไฟใหม่ ไข่แดงจะข้นได้ไม่เพียงพอ และทำให้พายกลับมีลักษณะเหลวภายหลังได้

2.1.4 <u>แป้ง</u> แป้งที่นิยมใช้ในการช่วยให้สังขยาทาขนมปังมีลักษณะข้นได้แก่ แป้งสาลีเอนกประสงค์ แป้งข้าวโพดและแป้งข้าวจ้าว (4, 12-14) แป้งแต่ละชนิดมีส่วนประกอบต่างกันไปตามตารางที่ 5

<u>ตารางที่ 5</u> องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเป็นร้อยละ (31, 32)

| แป้ง | ความชื้น | ไขมัน | แป้ง | น้ำตาล | โปรตีน | เถ้า |
|---|---|---|---|---|---|---|
| สาลี | 13.3-15 | 0.9-1.0 | 70-73 | 1-1.1 | 11.0-11.5 | 0.3-0.4 |
| ข้าวโพด | 13.5 | 1.0 | 85.1 | - | 0.3 | 0 |
| ข้าวเจ้า | 11.8 | 0.8 | 80.4 | - | 6.4 | 0.3 |

จะเห็นว่าแป้งสาลีมีโปรตีนสูงกว่าแป้งอื่น ๆ โปรตีนจากแป้งสาลีประกอบด้วยกรดอะมิโนต่าง ๆ คิดเป็นร้อยละ ดังนี้ (33) Tryp 1.24 Thr 2.88 Isol 4.34 Leu 6.71 Lys 2.82 Met 1.29 Cys 2.19 Phe 4.94 Tyr 3.47 Val 4.63 Arg 4.79 His 2.04 Ala 3.50 Asp 5.46 Glu 31.25 Gly 6.11 Pro 10.44 และ Ser 4.61

องค์ประกอบส่วนใหญ่ของแป้ง เป็นคาร์โบไฮเดรทที่อยู่ในรูปเม็ดแป้ง เม็ดแป้งแต่ละชนิดจะมีขนาดรูปร่าง และลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกันไป โดยสัดส่วนอะมิลโลสและอะมิลโลเพคตินจะต่างกันตามแสดงในตารางที่ 6 เม็ดแป้งไม่ละลายน้ำเย็น แต่จะแขวนลอยอยู่ เมื่อนำเอา

<u>ตารางที่ 6</u> สัดส่วนของอะมิลโลส/อะมิลโลเพคตินและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดแป้ง

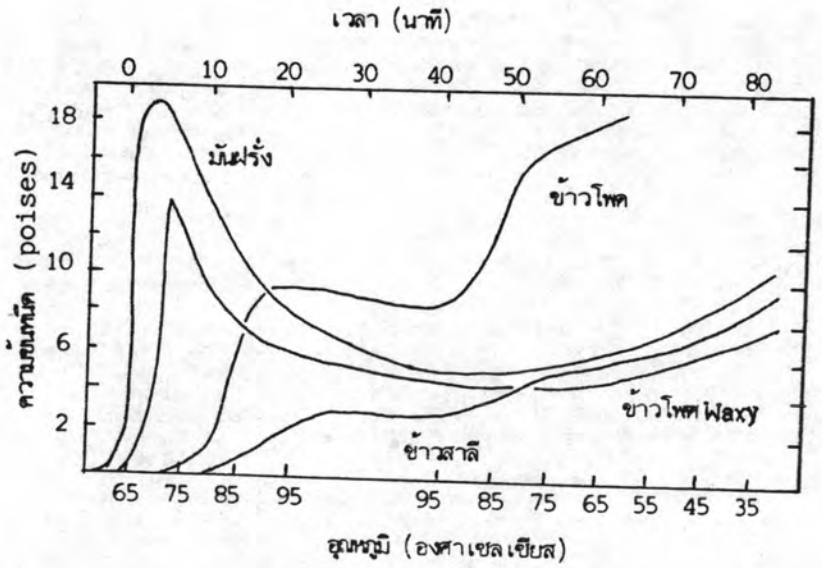
| แป้ง | อะมิลโลส/อะมิลโลเพคติน | | ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ($\mu m$) |
|---|---|---|---|
| | ศิริลักษณ์ (34) | วฑอ. (35) | Griswold (36) |
| สาลี | 22/78 | 25/75 | 2-35 |
| ข้าวโพด | 24/76 | 26/74 | 5-26 |
| ข้าวเจ้า | 16/84 | 17/83 | 3-8 |

สารแขวนลอยนี้ ไปต้มจนถึงอุณหภูมิที่เม็ดแป้งพองตัวข้นใส จะเรียกจุดนี้ว่า "gelatinization temperature" โดยทั่วไปเม็ดแป้งที่ใหญ่กว่าจะเริ่มพองตัวได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งเม็ดเล็กดังตารางที่ 7 (34) ถ้าต้มต่อไปอีก ความข้นหนืดของแป้งเปียกจะลดลง แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

ตารางที่ 7 อุณหภูมิพองตัวข้นใส (องศาเซลเซียส) และลักษณะของแป้งเปียกที่ได้

| แป้ง | อุณหภูมิการพองตัวข้นใส | | ลักษณะแป้งเปียก |
|---|---|---|---|
| | เริ่ม | สมบูรณ์ | |
| สาลี | 61 | 89 | ขุ่นข้นและเหนียวมีกลิ่นรสดีกว่าแป้งอื่น ๆ |
| ข้าวโพด | 64 | 82 | ข้นใสคล้ายวุ้น ไม่มีกลิ่นรส |
| ข้าวเจ้า | 66 | 87 | ขุ่นข้น |

แป้งเปียกนั้นจะข้นหนืดขึ้น โดยอาจเกิดเจลหรือไม่ก็ตาม ดังรูปที่ 4 (36) จะเห็นได้ว่าแป้งเปียกจากสตาร์ชข้าวโพดและสาลี จะมีความข้นหนืดขึ้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็นลง ทั้งนี้ เพราะแป้งเกิดการฟอร์มเจลนั่นเอง ส่วนแป้งเปียกจากสตาร์ชมันฝรั่ง และ Waxy maize จะมีความข้นหนืดสูงได้ที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ เมื่อต้มและกวนต่อไปจะกลับเหลวลงมาอีก และเมื่อตั้งไว้ให้เย็นลง ความข้นหนืดจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย




รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความข้นหนืดของแป้งเปียกเมื่อถูกทำให้ร้อน และทำให้เย็นเมื่อความเข้มข้นของสตาร์ชข้าวโพดและแป้งสาลีเป็น 35 ก./น้ำ 450 ลบ.ซม. ของสตาร์ชมันฝรั่งและ waxy maize เป็น 25 ก./ 450 ลบ.ซม

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติในการฟอร์มเจลของแป้ง (34) ได้แก่

1. <u>ชนิดและความเข้มข้นของแป้ง</u> จากตารางที่ 8 การเตรียมแป้งเปียกร้อนให้มีลักษณะความข้นหนืดสูงสุดทัดเทียมกัน จะต้องใช้สตาร์ชหรือแป้ง (flour) ในระดับความเข้มข้นที่ต่างกันมากตามแต่ว่าจะใช้แป้งชนิดใด ถ้าเป็นสตาร์ชก็ใช้เข้มข้นน้อยกว่าแป้งชนิดเดียวกัน เพราะในแป้งมีส่วนประกอบอื่นที่ไม่ใช่สตาร์ชอยู่ด้วย กำลังเจลของสตาร์ชและแป้งแต่ละชนิดจะ

<u>ตารางที่ 8</u> กำลังของเจลของสตาร์ชและแป้งซึ่งใช้ในความเข้มข้นที่จะเกิดเป็นแป้งเปียกร้อนได้โดยที่มีความข้นหนืดสูงสุดทัดเทียมกัน

| สตาร์ชหรือแป้ง | ความเข้มข้น (%) | ที่ความข้นหนืดสูงสุด | | ที่ความข้นหนืดสูงสุด 5 นาที | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | อุณหภูมิ (°ซ) | กำลังเจล (ก./ซม.) | อุณหภูมิ (°ซ) | กำลังเจล (ก./ซม.) |
| สตาร์ชข้าวโพด | 4.90 | 91 | 52 | 93 | 121 |
| สตาร์ชข้าวเจ้า | 5.49 | 94 | 31 | 96 | 71 |
| สตาร์ชข้าวสาลี | 6.44 | 92 | 345 | 94 | 520 |
| แป้งสาลี | 9.27 | 83 | 26 | 88 | 116 |
| แป้งข้าวเจ้า | 5.57 | 93 | 11 | 95 | 18 |

มีค่าต่างกันไปด้วย การต้มแป้งเปียกนานขึ้นอีก 5 นาที จะทำให้กำลังเจลเพิ่มขึ้น แต่ถ้าต้มนานไปอาจทำให้กำลังเจลของสตาร์ชบางชนิดต่ำลงได้ เช่น แป้งมันสำปะหลังและหัวสาคู เป็นต้น

2. <u>อุณหภูมิและระยะเวลาในการต้มแป้ง</u> แป้งส่วนมากจะต้องต้มจนอุณหภูมิถึง 90-94 องศาเซลเซียส จึงจะเห็นภาพการเปลี่ยนแปลงที่มีสีใสชัดเจน เมื่อใช้แป้งเปียกที่มีสตาร์ชข้นมากจะเกิดเจลขึ้นได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ตัวอย่างเช่น ถ้าใช้สารแขวนลอยสตาร์ช เข้มข้น 5% จะเกิดการฟอร์มเจลได้ที่ 95 องศาเซลเซียส ถ้าเข้มข้น 10% ต้องต้ม 80 องศาเซลเซียส และถ้าเข้มข้น 50% ต้มเพียง 54 องศาเซลเซียส แต่เจลที่ได้มีลักษณะขาวและขุ่นคิบอยู่ เม็ดแป้งจำนวนมากจะพองตัวเล็กน้อยให้ผลรวมเหมือนเม็ดแป้งจำนวนน้อยกว่า ซึ่งพองตัวมากในความเข้มข้นที่ต่ำกว่า จากผลข้อนี้ แสดงว่าหลังจากที่ส่วนผสมแป้งข้นแล้ว จะต้องต้มหรือกวนหรือนึ่งต่อไปนานพอที่แน่ใจได้ว่า แป้งสุกทั่วจึงจะได้แป้งที่มีรสชาติดี อุณหภูมิในระหว่างการหุงต้มแป้งจะต้องสูงพอ จึงจะได้แป้งเปียกที่ข้นกว่าและเป็นเงาใสโดยจะใช้เวลาและแป้งข้นน้อยลงด้วย การอุ่นส่วนผสมอื่นก่อนนำมาใช้ ผสมกับน้ำแป้งก็เป็นสิ่งสำคัญ เพราะเมื่อส่วนผสมอื่นร้อนที่ 85-90 องศาเซลเซียส จะช่วยเร่งให้แป้งพองตัวข้นใสได้เร็วขึ้น และ

เมื่อเย็นลงเจลนั้นจะอยู่ตัวดีกว่า แต่ในกรณีที่อุณหภูมิสูงมากเกินไปจะทำให้เม็ดแป้งแตกและความข้นลดลงได้ (thinning)

3. <u>การคน</u> จะช่วยเร่งให้แป้งสุกเร็ว แต่ถ้ากวนแรงและนานเกินไปก็จะทำให้เม็ดแป้งแตกและความข้นก็จะลดลง ทำให้ดูใสขึ้นหรือที่เรียกว่าแป้งคืนตัว

4. <u>การเติมน้ำตาล</u> ถ้าใช้น้ำตาลเพิ่มขึ้น เจลที่ได้จะใสยิ่งขึ้นและนุ่มนวลมากขึ้น ถ้าเติมในปริมาณสูงมากส่วนผสมจะเกิดลักษณะเป็นน้ำเชื่อมข้นเหนียวแทนที่จะเป็นเจล ทั้งหมดนี้ เป็นผลจากการที่น้ำตาลไปขัดขวางการรับน้ำของเม็ดแป้ง โดยไปแย่งน้ำที่มีอยู่มาละลายตัวเองเมื่อมีน้ำตาลแล้วเม็ดแป้งจะดูดน้ำน้อยลง จึงเป็นเหตุให้แป้งเปียกที่ได้ข้นหนืดน้อยกว่าและระหว่างหุงต้มเม็ดแป้งจะแยกจากกันได้น้อยกว่า การเกิดเจลเมื่อเย็นลงจะมีลักษณะอ่อนตัวกว่าชนิดที่ไม่ใส่น้ำตาล นอกจากนี้การคืนตัว (syneresis) ของเจลจากแป้งนี้จะเพิ่มขึ้นตามระดับน้ำตาลที่เติมแสดงว่ามีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง มีผู้พบว่าเมื่อเติมน้ำตาลในแป้งสาลีจะได้แป้งเปียกที่หนืดข้นขึ้นและได้เจลที่อยู่ตัวกว่าเมื่อเติมในสตาร์ชสาลี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโปรตีนหรือส่วนประกอบอื่น ๆ ที่มีอยู่ในแป้งสาลี

5. <u>ส่วนผสมอื่น ๆ</u> เช่น เกลือ ไขมัน ไข่ จะขัดขวางต่อการพองตัวข้นใสของแป้งทำให้อุณหภูมิในการพองตัวใสสูงขึ้น และใช้ระยะเวลานานขึ้นด้วย ดังแสดงใน ตารางที่ 9

<u>ตารางที่ 9</u> ผลของน้ำตาลและเกลือที่มีต่อการพองตัวข้นใสของสตาร์ชสาลี

| ตัวละลาย | ความเข้มข้น (%) | ขอบเขตของการพองตัวข้นใส (%) | อุณหภูมิการพองตัวข้นใส ( °ซ) |
|---|---|---|---|
| | 0 | 100 | 68 |
| น้ำตาล | 15 | 68 | 70 |
| | 30 | 60 | 73 |
| | 45 | 49 | 75 |
| เกลือ | 0 | 100 | 68 |
| | 3 | 57 | 71 |
| | 6 | 53 | 75 |
| | 9 | 55 | 78 |

6. ความเป็นกรด กรดทำให้เม็ดแป้งสลายตัวให้ส่วนที่เล็กลง จึงมีผลต่อโครงสร้างเจล ความข้นหนืดลดลง แต่จะพองตัวใสเร็วขึ้น ตัวอย่างเช่น เมื่อเติมกรดซิตริคลงในสตาร์ชจากข้าวโพด หรือข้าวสาลี ผสมน้ำแล้วนำไปต้ม แป้งเปียกที่ได้จะข้นหนืดน้อยกว่าและเจลที่ได้นุ่มกว่า แต่สำหรับแป้งสาลีเมื่อเติมกรดซิตริคในปริมาณน้อยจะทำให้แป้งเปียกนั้นข้นขึ้น และเจลอยู่ตัวกว่า แต่เมื่อใช้ในปริมาณมากขึ้นจะให้ผลตรงกันข้าม เหตุผลก็คล้ายคลึงกับในเรื่องของการเติมน้ำตาล คือ แป้งมีส่วนประกอบอื่นนอกเหนือจากสตาร์ช เช่น โปรตีน เป็นต้น ในกรณีที่ต้องใส่สิ่งมีฤทธิ์เป็นกรดในส่วนผสมแป้งกวน ควรเติมในตอนท้าย ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว

7. น้ำและวิธีการผสมแป้งลงในอาหาร ถ้าน้ำที่ใช้ผสมแป้งมีน้อยเกินไปหรือเมื่อเอาแป้งเทใส่ลงในของเหลวร้อน ๆ โดยตรง แป้งจะจับตัวกันเป็นก้อน ๆ เม็ดแป้งด้านนอกจะดูดซึมน้ำและพองตัว แต่เม็ดแป้งด้านในก้อนจะแห้งหรืออาจจะพองตัวได้น้อยมาก ถ้าเราตัดแป้งที่เป็นก้อนนั้นมาดูจะเห็นว่าแป้งข้างในยังดิบอยู่ ในกรณีอย่างนี้ เราจะไม่ได้ความข้นที่ต้องการ เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาดังกล่าว จึงต้องแยกเม็ดแป้งออกจากกันโดยผสมกับไขมันหรือของเหลวเย็นเล็กน้อย หรือน้ำตาล แล้วแต่ว่าจะเป็นอาหารชนิดใด เสร็จแล้วจึงค่อยใส่ลงในของเหลวจะร้อนหรือเย็นก็ได้ แล้วจึงตั้งไฟ

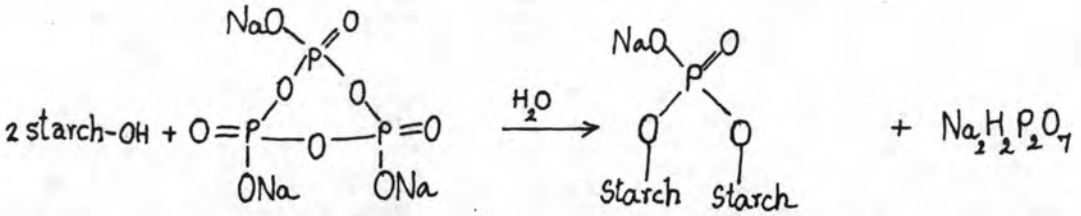
8. ผลจากการเก็บ (34, 37) แป้งเปียกหรือเจลที่เก็บไว้นาน สตาร์ชจะละลายได้น้อยลง การเปลี่ยนแปลงนี้ เรียกว่า "การคืนตัวของเม็ดแป้ง" (retrogradation) เพราะว่าเม็ดแป้งสตาร์ชจะกลับคืนสู่สภาพที่ไม่ละลายน้ำเย็นเหมือนเดิม ก่อนที่แป้งจะตกตะกอน สารละลายจะกลับมีสีเหลือง ขุ่นกว่า ทนต่อฤทธิ์ของเอนไซม์ยิ่งขึ้นและจะข้นหนืดน้อยกว่าเมื่อแรกทำใหม่ ๆ การคืนตัวนี้เกี่ยวข้องกับการที่โมเลกุลที่เป็นโซ่ตรงมารวมกันโดยพันธะระหว่างโมเลกุลจะมีกำลังมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นความพยายามที่จะเกิดผลึกขึ้น ขบวนการนี้จะเกิดได้ง่ายระหว่างโมเลกุลอะมิลโลสด้วยกัน และจะเกิดได้น้อยกว่าในโมเลกุลอะมิลโลเพ็คทิน เพราะมีรูปร่างโค้ง แต่ถ้าเข้มข้นสูงผิดปกติ กิ่งก้านของมันจะเข้ามาชนกันได้ ปัญหานี้เกิดในอาหารกระป๋องและแก้โดยใช้ modified starches แทนแป้งธรรมดา ได้แก่ dextrinised starch, oxidised starch หรือ cross-bonded starch เป็นต้น

Cross-bonded distarch phosphate หรือ starch phosphate diesters (38) สารเคมีที่ใช้ในการทำให้เกิด cross-bonded คือ phosphorus oxychloride หรือ tri-meta phosphate ซึ่งจะช่วยให้แป้งทนร้อนได้ดี ทนต่อการกวนและทนต่อกรด วิธีเตรียมแป้งทำดังนี้

1. ใช้ phosphorus oxychloride 0.15-0.25% ของน้ำหนักแป้ง ควบคุมปฏิกริยา

ไว้ให้พอดีจะได้แป้งที่มีลักษณะเป็นทราย ๆ ขึ้นหนาและทนร้อนได้ดี ต่อมานิยมใช้เกลือร่วมด้วย ในปริมาณ 0.4 M/lit เพื่อช่วยให้ปฏิกริยาเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

2. ใช้ trimeta phosphate เพื่อทำปฏิกริยา esterification ดังนี้




trimetaphosphate distarch phosphate acid sodium pyrophosphate

ปรับpHให้เป็นด่าง เพื่อเร่งปฏิกริยา สารที่ใช้ได้แก่ $NaOH$, $Ca(OH)_2$, $Na_2CO_3$ ในปริมาณ 0.4 M/lit ตัวอย่างเช่น ใช้ sodium metaphosphate 2 %ของน้ำหนักแป้ง ผสมน้ำ ปรับ pH 10-11 และกวนที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จะได้ cross-bonded distarch phosphate ซึ่ง ถ้า cross-bonded เพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนืดลดลง ความใสลดลง เนื้อข้นแต่ไม่เหนียวเหนอะ และเมื่อนำไปกวนเป็นแป้งเปียกพบว่าการ gelatinized ลดลง ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในอาหารกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ๆ อาหารแช่แข็ง น้ำสลัด และไส้พายผลไม้, เป็นต้น

FDA (1964) อนุญาตให้ใช้ phosphorus oxychloride 0.1% propylene-oxide 10% sodium tripolyphosphate หรือ sodium trimetaphosphate 0.4% (คำนวณเป็น phosphorus ) โดยแป้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบอาจเป็น starch acetates หรือ starch propionates

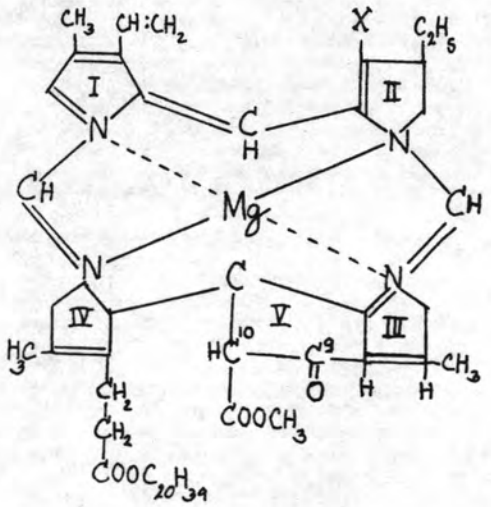
2.1.5 <u>สารแต่งสีและกลิ่นรส</u>

สำหรับอาหารที่ผ่านการแปรรูปด้วยอุณหภูมิสูง สีจะมีความสำคัญมากอย่างเช่น สังขยาทาขนมปัง ถ้าไม่มีสีเลยผลิตภัณฑ์จะดูไม่น่ารับประทาน และชวนให้คิดว่าไม่อร่อย ดังนั้น จึงเป็นเหตุบังคับให้ผู้ผลิตต้องเติมแต่งสีลงไปเพื่อให้ถูกใจผู้บริโภค สีจะบอกถึงชนิดและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้น ผู้ผลิตต้องระมัดระวังให้สีทุกรุ่นที่ผลิตออกมาสม่ำเสมอกัน เมื่อผลิตภัณฑ์เริ่มเสื่อมเสียสีจะเปลี่ยน

ไป ดังนั้น สีจึงช่วยบ่งบอกถึงอายุการเก็บได้ด้วย

ใบเตยหอม ชื่อวิทยาศาสตร์ Pandanus odorus Ridl. เป็นพืชที่ขึ้นได้ง่ายในที่ชื้นแฉะทั่วไป ส่วนใบจะให้สีเขียวและให้กลิ่นหอมเมื่อได้รับความร้อน นิยมใช้แต่งสีและกลิ่นของขนมหวานหลายชนิด เช่น ขนมน้ำดอกไม้ ลอดช่อง เปียกปูนใบเตย สังขยาใบเตย มะพร้าวแก้ว ขนมชั้น ฯลฯ วิธีใช้คือทั่นขวางใบให้ฝอยแล้วโขลก ไม่ หรือปั่นให้ละเอียด เติมน้ำแล้วคั้นเอาแต่สารแขวนลอยสีใบเตยมาใช้กับอาหารในอัตราส่วนที่พอเหมาะ (9) จะเห็นว่าวิธีใช้เสียเวลา ไม่สะดวกจึงมักไม่เป็นที่นิยมในระยะหลัง เนื่องจากมีการผลิตสีสังเคราะห์ขึ้นมาแข่งขัน

สารสีเขียวในใบเตยมี 2 ชนิด คือ Chlorophyll a และ Chlorophyll b สัดส่วน 3 ต่อ 1 (39) โครงสร้างทางเคมีเป็น Tetrapyrrole derivatives ดังรูปที่ 5



X คือ $-CH_3$

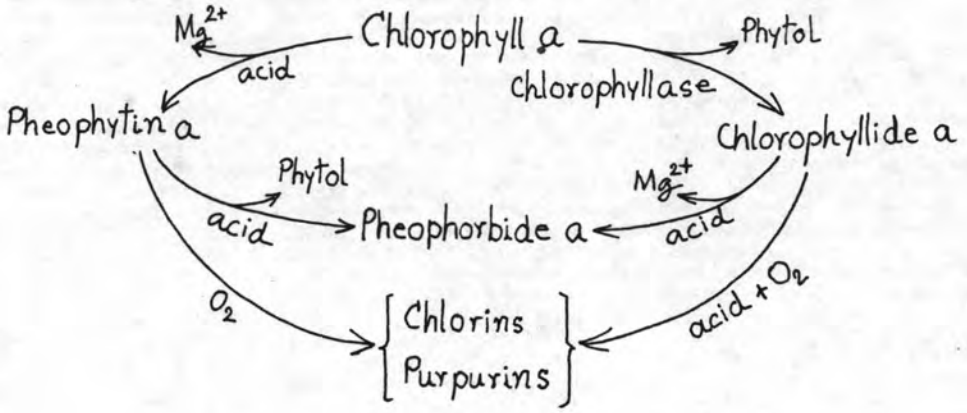
เมื่อเป็นคลอโรฟิลล์ เอ

X คือ $-CHO$

เมื่อเป็นคลอโรฟิลล์ บี

รูปที่ 5 สูตรโครงสร้างของคลอโรฟิลล์

คลอโรฟิลล์ละลายน้ำได้น้อยมาก สามารถสะกัดออกมาได้โดยใช้ตัวทำละลาย เช่น แอลกอฮอล์ อะซีโตน อีเธอร์ หากจะนำมาใช้กับอาหารควรใช้แอลกอฮอล์เจือจาง 15-20% สารละลายสีที่ได้มักอยู่ในสภาพแขวนลอย ทำการปรับ pH ให้เป็นด่างอ่อน ๆ เพื่อรักษาสีเขียวไว้ หากมีวิธีสะกัดสีและกลิ่นใบเตยให้อยู่ในสภาพที่สะดวกในการใช้แล้ว คงจะเป็นที่นิยมมากกว่านี้ ตามธรรมชาติคลอโรฟิลล์จะเปลี่ยนแปลงไปได้หลายทางดังภาพที่ 6




รูปที่ 6 กลไกการแตกสลายของคลอโรฟิลล์

การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้น เนื่องจาก ความร้อน กรด อ๊อกซิเจน แสงสว่างและเอ็นไซม์ ผล คือ สีเขียวเปลี่ยนไปเป็นสีคล้ายนึ่งของ Pheophytin และสลายต่อไปเป็นสารประกอบไม่มีสีเขียว ของพวก Chlorins ผสมกับ Purpurins ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและเกิดขึ้นจำนวนมากโดย ปฏิกริยาอ๊อกซิเดชั่น เริ่มจาก isocyclic ring 5 แยกออก C-10 จะฟอร์ม OH group ขั้นต่อไปสันนิษฐานว่า isocyclic ring 5 จะแตกออกอย่างสมบูรณ์ และเกิดอ๊อกซิเดชั่นกับ tetrapyrrole structure ทำให้โครงสร้างแตกออกไปอย่างรวดเร็ว ในกรณีที่มีอนุมูลเหล็ก จะเร่งปฏิกริยานี้ให้เร็วขึ้น แต่ถ้ามีอนุมูลทองแดงจะช่วยป้องกันการเปลี่ยนสีเขียวได้ (40) ดังนั้น ภาชนะที่ใช้ควรเป็นสแตนเลสหรือทองแดงเพื่อป้องกันการเปลี่ยนสี

สำหรับกรณีที่คลอโรฟิลล์โดนด่างจะเกิดการเปลี่ยนเป็นสารสีเขียวสดของ Chlorophyllin ที่ละลายน้ำได้ ตัวอย่างเช่น ต้มผักโดยเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต จะทำให้ผักมีสีเขียวสดและน้ำต้ม ผักมีสีเขียวด้วย แต่การเติมต้องระวังไม่ให้เป็นด่างมากไป เพราะจะไปทำลายไวตามิน บี และ ซี ดังนั้น การรักษาสีเขียวอาจเติมเกลือโซเดียมคลอโรฟิลแทนเพื่อ fix chlorophyll ไว้และรักษา pH ไว้ไม่ให้เป็นกรด (40)

ปัจจุบันมีการผลิตกลิ่นใบเตยสังเคราะห์ออกขายแล้ว กลิ่นไม่เหมือนธรรมชาติ แต่ช่วยให้ สะดวกขึ้นมาก ปริมาณการใช้ร้อยละ 0.01-0.02

2. <u>สีสังเคราะห์</u> เดิมทีเดียวมนุษย์รู้จักใช้สีจากแหล่งธรรมชาติเท่านั้น เติมลงในอาหาร แต่ต่อมาได้มีนักวิทยาศาสตร์สังเคราะห์สีอินทรีย์ขึ้นเพื่อใช้กับอาหาร และใช้ได้ผลดีสะดวกกว่าด้วย จึง ทำให้มีการใช้สีสังเคราะห์เรื่อย ๆ จนปัจจุบันพบว่าสีที่ใช้ในอาหารเป็นสีสังเคราะห์ประมาณร้อยละ

90 สีที่ใช้กับสังขยาขนมปังมี 2 สี คือ สีแสดและสีเขียว หลักการเลือกสีพิจารณาตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (5, 41, 42) ซึ่งผลการเลือกแสดงไว้ในตารางที่ 10 โดยสีเขียวอาจใช้เหลืองกับน้ำเงิน หรือจะใช้สีเขียวโดยตรงก็ได้

ตารางที่ 10 ปริมาณการใช้สีผสมอาหาร

| สี | ชื่อ | ปริมาณที่อนุญาต (มก./กก.) |
|---|---|---|
| แสด | Sunset Yellow FCF | 70 |
| เหลือง | Tartrazine | 70 } ถ้าใช้สีผสมสองตัวนี้ |
| น้ำเงิน | Brilliant Blue FCF | 50 } จะใช้ได้ไม่เกิน 50 |
| เขียว | Fast green FCF | 70 |

สีดังกล่าวสามารถละลายน้ำได้ดี ละลายใน propylene glycol และ glycerine แต่ละลายได้น้อยในแอลกอฮอล์ ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบที่อยู่ในรูปของเกลือโซเดียม ความบริสุทธิ์ของสี 90-93% ขนาดเม็ดสี 12-200 mesh ความเข้มของสีเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความบริสุทธิ์ของสารที่ให้สี ลักษณะของสีคงที่ตามปกติมีความคงตัวของสีต่อแสงและความร้อนดี แต่ในกรณีที่ใช้สีดังกล่าวรวมกับสารพวก reducing agent เช่น ascorbic acid และมีการสัมผัสกับอนุมูลโลหะพวก Zn, Sn, Cu และ Al จะทำให้สีไม่คงตัวสลายกลายเป็นสารไม่มีสี ดังนั้น จำเป็นต้องเติม EDTA ลงไปในผลิตภัณฑ์เพื่อช่วยรักษาสีไว้ ถึงแม้จะยังไม่ให้ผลสมบูรณ์ก็ตาม ในอีกกรณีหนึ่ง คือ การใช้สีดังกล่าวกับอาหารโปรตีนที่ต้องผ่านความร้อนสูงในหม้อนึ่งความดัน สีก็จะไม่คงตัวเช่นกัน (9)

3. Vanilla (43) วานิลลาเป็นกลิ่นที่นิยมใช้กันแพร่หลายทั่วโลก โดยเฉพาะพวกขนมหวานที่ทำด้วยแป้งและน้ำตาลมักจะขาดไม่ได้เลย กลิ่นวานิลลาได้จากการสะกัด ส่วนที่เป็นฝักซึ่งแก่เต็มที่ของพืชที่มีชื่อว่า Vanilla planifolia หรือ Vanilla tahitensis ฝักวานิลลามีลักษณะคล้ายกับถั่วฝักยาวขนาดใหญ่ เมื่อตัดตามขวางฝักจะเป็นรูปสามเหลี่ยม ภายในมีเมล็ดขนาดเล็กมากมายไม่มีกลิ่นวานิลลาเลย กลิ่นจะเกิดได้เมื่อนำฝักวานิลลาที่แก่จัดไปผ่านกระบวนการหมัก (curing) เสียก่อน กลิ่นที่เกิดขึ้นประกอบด้วยสารอินทรีย์หลายชนิด แต่ที่พบมากที่สุด คือ Vanillin หรือ 4-hydroxy-3-methoxy benzaldehyde สูตร $C_8H_8O_3$ โครงสร้างดังรูปที่ 7 สารประกอบดังกล่าวจะมีอยู่ประมาณร้อยละ 2 ในทางการค้าการสะกัดวานิลลาทำได้โดยนำฝักวานิลลาที่ผ่านการหมักแล้ว 1 ส่วน บดผสมกับเอททานอล (50%) 10 ส่วน ดังนั้น Vanilla extract ทั่วไปจะประกอบด้วยเอททานอลประมาณ 35-45% ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับแตกต่างกันไปตาม

การสะกัด

เนื่องจาก Vanilla extract มีราคาแพง นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามค้นคว้าหาวิธีสังเคราะห์สารดังกล่าว เพื่อนำมาใช้แทนกัน แต่กลิ่นสังเคราะห์ที่ได้จะไม่เหมือนกันทีเดียว เพียงแต่คล้ายคลึงเท่านั้น ตามลักษณะสูตรโครงสร้างของวานิลลินจะเห็นว่าประกอบด้วย phenolic group และ aldehyde group อยู่ในโมเลกุล ทำให้สารประกอบชนิดนี้สามารถเกิดปฏิกริยาเคมีได้หลายแบบ เพราะกรุ๊ปดังกล่าวจะว่องไวในการก่อให้เกิดปฏิกริยาได้ ดังเช่นเมื่ออยู่ในรูปสารละลายแอลกอฮอล์ และถูกกับแสงสว่างจะเกิดปฏิกริยาเปลี่ยนไปเป็น dehydrovanillin ได้หรือเมื่อสัมผัสกับอากาศก็จะถูกอ๊อกซิไดซ์ให้เป็น Vanillic acid ได้เช่นกัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้กลิ่นของวานิลาเสื่อมเสียไปได้ จึงควรเก็บรักษาในสภาพที่เหมาะสมเช่นใช้ขวดแก้วทึบแสงในการบรรจุ และรีบปิดจุกขวดทันทีเมื่อใช้แล้ว อาจจะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้บ้าง

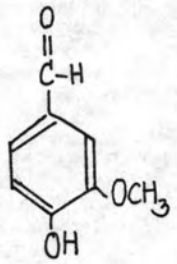
การสังเคราะห์ Vanillin สังเคราะห์ได้จากวัตถุดิบต่าง ๆ 3 ชนิด คือ

1. สารที่มีลิกนิน (Lignin-Containing material) เริ่มทำเป็นการค้าตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1937 โดยเริ่มจาก sulphite liquor ซึ่งเป็นของเหลวทิ้งจากโรงงานผลิตกระดาษจากสารเริ่มต้นควรมี lignosulphonic acid ประมาณ 15% วิธีการนี้นับว่ามีประโยชน์มาก สำหรับโรงงานทำกระดาษ ซึ่งได้มีการทำอยู่หลายบริษัทในปัจจุบัน และได้มีการปรับปรุงวิธีการอยู่ตลอดเวลา แต่พบว่าการสังเคราะห์ vanillin วิธีนี้สารอื่นปะปนมามากจึงถูกจัดให้เป็น Technical grade ไม่ถึงขั้น Food grade ในปัจจุบันพบว่า vanillin กลายเป็นสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์หลายด้านด้วยกัน เช่น นำไปใช้ในขบวนการทำโลหะ (Metallurgical process) ใช้ผลิตยาบางชนิด ผลิตสี และเครื่องหอม ใช้ประโยชน์ในการเคลือบสังกะสี ใช้เติมลงในน้ำมันหล่อลื่นเพื่อป้องกันการเกิดฟอง และใช้เป็นสารเริ่มต้นเพื่อเตรียมสารกำจัดวัชพืชได้ด้วย

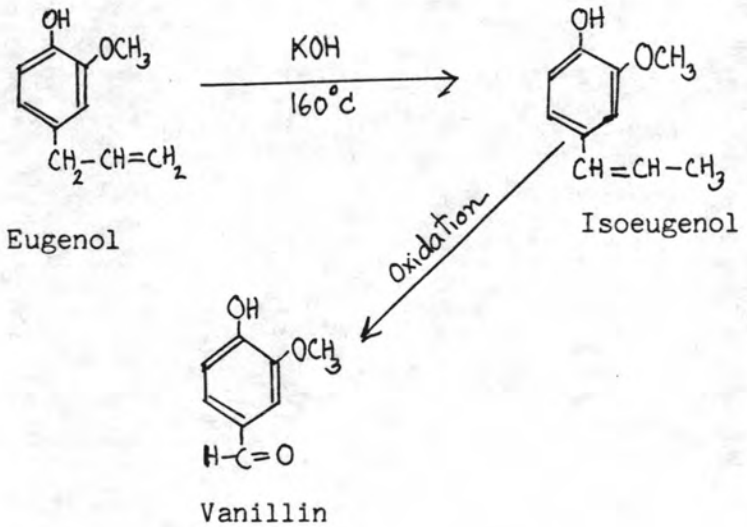
2. Guaiacol เป็นสารที่อยู่ในน้ำมันไม้ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า Guaic wood สามารถเตรียมได้หลายวิธีด้วยกัน ดังตัวอย่าง นำ guaiacol มาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของเกลือ sodium guaiacolate แล้วนำไปทำปฏิกริยากับ glyoxalic acid ผลที่ได้นำไปอ๊อกซิไดซ์จะได้ vanillin ออกมา การสังเคราะห์แบบนี้ก็มักจะมีสารอื่นเจือปนมากทำให้กลิ่นแปลกไป

3. Eugenol ซึ่งมีอยู่ในน้ำมันกานพลู เป็นวิธีที่ราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ แต่ได้เปรียบกว่า คือ มีสารอื่นเจือปนมาบ้าง แต่สารนั้นไม่ได้ทำให้กลิ่นของวานิลินเปลี่ยนไป จึงเป็นวิธีที่นิยมมากในการผลิตเพื่อใช้เป็นกลิ่นวานิลา ซึ่งมีขบวนการผลิตดังนี้ คือ นำน้ำมันกานพลูมาทำปฏิกริยากับด่าง เจือจางที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันเหมาะสมจะได้สาร

Isoeugenol เกิดขึ้นแล้วจึงทำการอ๊อกซิไดซ์ต่อไป เมื่อปฏิกริยาใกล้จะสมบูรณ์จึงเติม Nitrobenzene ลงไปใน autoclave อย่างช้า ๆ เมื่อปฏิกริยาสิ้นสุดลงทำให้เย็นและปล่อยให้ก๊าซที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยาระเหยออกไป ขณะเย็นลง vanillin จะแข็งตัวแยกออกได้โดยการกรอง ถ้าอยู่ในรูปบริสุทธิ์ จะมีลักษณะเป็นผลึกรูปเข็มไม่มีสี มีจุดหลอมตัวที่ 81-82 องศาเซลเซียสละลายได้ในน้ำร้อน ละลายได้ดีมากในแอลกอฮอล์และอีเทอร์ ปฏิกริยาสังเคราะห์แสดงได้ดังรูปที่ 8 FAO/WHO อนุญาตให้ใช้วานิลลินในอาหารได้ไม่เกิน 70 มก./กก.



รูปที่ 7 สูตรโครงสร้างของวานิลลิน




รูปที่ 8 ปฏิกริยาการสังเคราะห์วานิลลิน

2.1.6 Antioxidant (43)

ในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทมักมีการเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่นรส เนื่องจากกระบวนการ oxidation อาหารจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือสีแทน เนื่องจากเกิด browning

reaction ซึ่งจะเกิดได้ดี เมื่อมีความร้อนสูง ๆ โลหะและเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกริยา การลดปัญหานี้อาจใช้สารเคมี เช่น ซัลไฟท์ 0.01-0.02% หรือป้องกันโดยใช้กรดซิตริค 0.1-0.3% เพื่อทำหน้าที่จับอนุมูลโลหะไว้ไม่ให้ไปเร่งปฏิกริยา oxidation นอกจากนี้ อาจใช้ EDTA ไม่เกิน 0.02% โดยปริมาณที่ใช้จะขึ้นกับปริมาณโลหะ หรือตัวเร่งปฏิกริยาอื่น ๆ เช่น ถ้ามี lipoxygenase จะเร่งให้เกิด free radical ขึ้นมาก ซึ่งอาจถึงขีดที่ระดับของ antioxidant ที่ใช้ตามปกตินั้นก็ไม่อาจช่วยป้องกันได้

ผลจากการใช้ antioxidant นั้น จะช่วยลดอัตราเร็วของปฏิกริยา oxidation ดังนั้นจึงทำให้อาหารมีอายุเก็บได้นานขึ้น แต่จะไม่ช่วยให้อาหารมีคุณภาพดีขึ้น ในการเติม antioxidant จึงควรใส่ในอาหารทันที ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากปฏิกริยา oxidation เกิดขึ้นมาก

2.2 <u>ข้อมูลทางการตลาด</u>

<u>มะพร้าว</u> ประเทศผู้ผลิตมะพร้าวรายใหญ่สุด คือ ฟิลิปปินส์ ตามด้วยอินโดนีเซีย อินเดีย ศรีลังกา มาเลเซียและไทย รัฐบาลฟิลิปปินส์มีนโยบายแน่ชัดในการส่งเสริมการประกอบอุตสาหกรรมมะพร้าวเพื่อส่งออก มีประชากรถึง 10 ล้านคนที่ทำงานในอุตสาหกรรมนี้ (ค.ศ. 1970) ประเทศไทยแม้จะผลิตมะพร้าวได้น้อย แต่มะพร้าวก็มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนไทย คาดว่าปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 900 ล้านลูก/ปี จะถูกใช้บริโภคภายในประเทศร้อยละ 90 (10)

มะพร้าวจัดเป็นสินค้าเกษตรหลักของจังหวัดทางภาคใต้ แหล่งเพาะปลูกสำคัญได้แก่ อ. บางสะพาน อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์

อ. สมุย อ.เมือง อ.เกาะพงัน จ.สุราษฎร์ธานี

อ.สวี อ.หลังสวน จ.ชุมพร

อ.ท่าศาลา อ.สิชล อ.ขนอม จ.นครศรีธรรมราช และจ.ภูเก็ต

ตารางที่ 11 พื้นที่เพาปลูกและปริมาณผลผลิตมะพร้าว ปี 2526-2528 (44)

| จังหวัด | ปี พ.ศ. | ผลผลิต (ผล) | พื้นที่ (ไร่) | เฉลี่ย (ผล/ไร่) |
|---|---|---|---|---|
| ประจวบคีรีขันธ์ | 2527 | 1,560,772,800 | 3,901,932 | 400 |
| | 2528 | 197,328,000 | 394,656 | 500 |
| สุราษฎร์ธานี | 2526 | 1,142,000 | 300,000 | 3 |
| | 2527 | 1,201,200 | 387,600 | 3 |
| | 2528 | 1,321,320 | 519,800 | 3 |

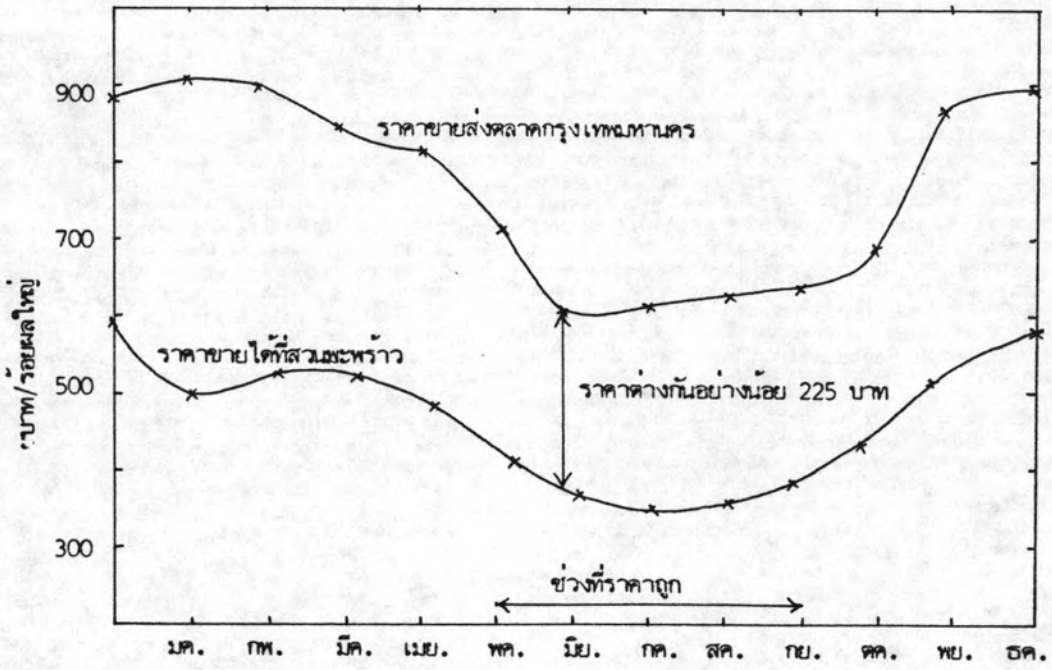
จากตารางที่ 11 จะเห็นว่าผลผลิตเฉลี่ยของสุราษฎร์ธานี ต่ำกว่าของประจวบคีรีขันธ์มาก เนื่องจากสวนมะพร้าวในสุราษฎร์เป็นสวนเก่ามากแล้วขาดการปรับปรุงพันธ์ หรือบำรุงรักษาไม่ดีพอ จึงทำให้มะพร้าวมีขนาดผลเล็กและราคาก็ถูกกว่ามะพร้าวประจวบคีรีขันธ์ ด้วยดังแสดงในตารางที่ 12 (44)

ตารางที่ 12 ราคามะพร้าวผล ปี 2526-2528 (บาท/ร้อยผลคละ)

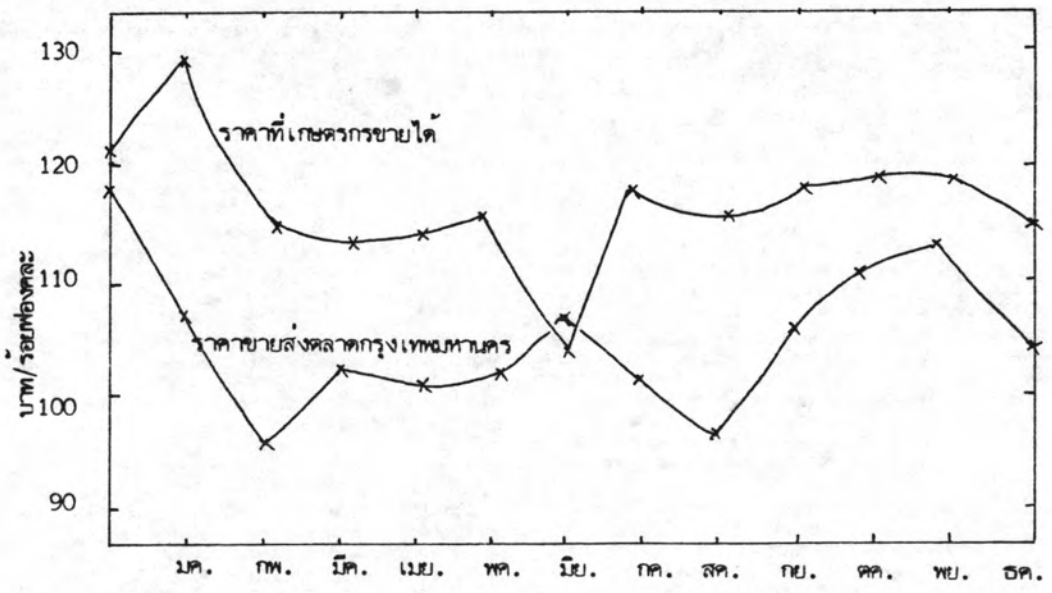
| ปี พ.ศ. | 2526 | | 2527 | | 2528 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| เดือน | ประจวบฯ | สุราษฎร์ฯ | ประจวบฯ | สุราษฎร์ฯ | ประจวบฯ | สุราษฎร์ฯ |
| ม.ค. | 240 | 200 | 700 | 450 | 700 | 500 |
| ก.พ. | 250 | 220 | 750 | 500 | 500 | 400 |
| มี.ค. | 300 | 230 | 600 | 550 | 320 | 325 |
| เม.ย. | 350 | 220 | 650 | 450 | 280 | 275 |
| พ.ค. | 340 | 220 | 550 | 500 | 220 | 250 |
| มิ.ย. | 310 | 220 | 480 | 350 | 200 | 220 |
| ก.ค. | 330 | 240 | 450 | 375 | - | 180 |
| ส.ค. | 380 | 265 | 500 | 400 | - | - |
| ก.ย. | 400 | 290 | 500 | 400 | - | - |
| ต.ค. | 650 | 350 | 530 | 530 | - | - |
| พ.ย. | 600 | 350 | 600 | 450 | - | - |
| ธ.ค. | 680 | 400 | 700 | 550 | - | - |

ราคามะพร้าวไม่แน่นอนมีการเปลี่ยนแปลงตลอดปี ดังรูปที่ 9 ช่วงที่มีราคาถูก คือ พ.ค.-ก.ย. เนื่องจากผลผลิตออกมาก บางปีราคาถูกมากอย่างปี 2528 นี้ เหลือ 200-300 บาท/ร้อยผลคละ ซึ่งเกษตรกรจะขายได้ที่สวนในราคาต่ำกว่านั้นประมาณ 200-225 บาท (45) ดังนั้น จะเห็นได้ว่าเกษตรกรจะขาดทุนมาก และไม่สามารถขายผลผลิตของตนได้ จึงก่อให้เกิดปัญหาทางเศรษฐกิจภายในประเทศขึ้น และถ้าหากได้ส่งเสริมให้มีอุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าวมากขึ้น จะเป็นการลดปัญหาความเดือดร้อนของเกษตรกรลงได้บ้าง

ไข่ไก่ ราคาไข่ไก่สดเปลี่ยนแปลงตลอดปี เช่นเดียวกับราคามะพร้าว แต่การเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก อยู่ในช่วง 96-118 บาท/ร้อยฟองคละ เฉลี่ย 103 บาท จากรูปที่ 10 จะเห็นว่าราคาขายส่งตลาดกทม. ถูกกว่าราคาที่เกษตรกรขายได้ ดังนั้น การซื้อไข่ควรซื้อจากตลาดค้าส่งกทม. (45)




รูปที่ 9 ราคามะพร้าวทับสะแก ปี 2527




รูปที่ 10 ราคาไข่ไก่สด ปี 2527

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



วัตถุดิบอื่น ๆ แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 13 จะเห็นได้ว่าวัตถุดิบเกือบทุกชนิด-

ตารางที่ 13 ปริมาณผลผลิตและราคาวัตถุดิบ ปี 2527 (45)

| วัตถุดิบ | ปริมาณผลผลิต | | ราคา | |
|---|---|---|---|---|
| น้ำตาลทราย | 0.94 | ล้านกระสอบ | 1,102 | บาท/กระสอบ |
| แป้งสาลี [1] | 1.48 | แสนตัน | 9,122 | บาท/ตัน |
| แป้งสาลี (นำเข้า) | 3.67 | หมื่นตัน | 4,818 | บาท/ตัน |
| แป้งข้าวโพด (ส่งออก) | 3.76 | พันตัน | 4,082 | บาท/ตัน |
| น้ำมันพืช | 4.35 | หมื่นตัน | 6.58 | บาท/กก. |
| ใบเตย | | - | 8 | บาท/กก. |

[1]แป้งสาลี แปรรูปในประเทศโดยมีการนำเข้าข้าวสาลีปีละ 2 แสนตัน แปรรูปได้แป้งอัตราร้อยละ 74 (10)

-เป็นผลิตผลเกษตรภายในประเทศ ยกเว้นเฉพาะแป้งสาลีที่ต้องมีการนำเข้าข้าวสาลีจากต่างประเทศ นอกจากนั้น พบว่าวัตถุดิบทุกชนิดมีราคาไม่แพง และสามารถหาได้ง่ายตลอดปี

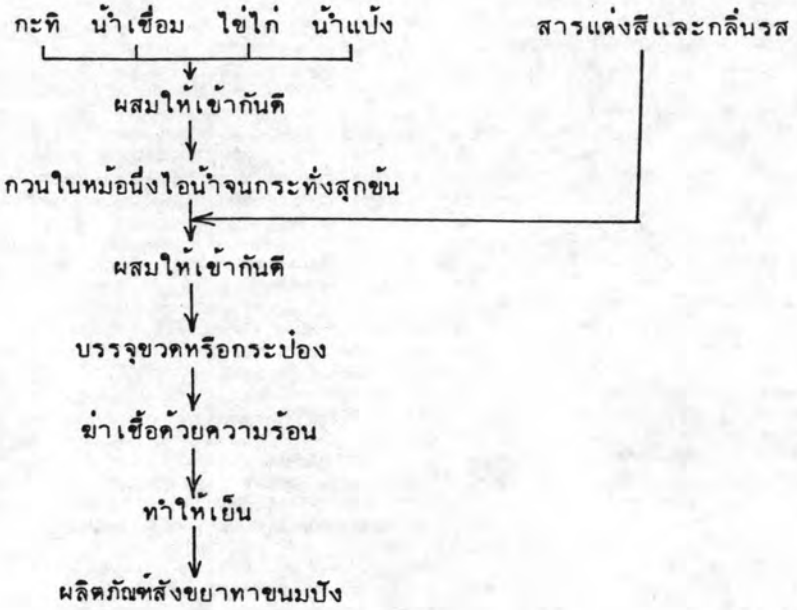
### 3. กรรมวิธีการผลิต

เริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบ ดังนี้ (4, 12-14)

- มะพร้าวนำมาตึงกาบออก กระเทาะกะลา ปอกผิวดำ ขูดผสมน้ำในอัตราส่วนมะพร้าวต่อน้ำ = 4/3 และคั้นเอากะทิ
- น้ำตาลทราย เตรียมเป็นน้ำเชื่อม 65 องศาบริกส์
- ไข่ไก่ ตอกแล้ว ตีให้ไข่แดงและไข่ขาวเข้ากัน
- แป้งสาลี ผสมน้ำพอประมาณ
- ใบเตย หั่นขวางใบให้ฝอย แล้วคั้นเอาแต่น้ำข้น ๆ

นำกะทิ น้ำเชื่อม ไข่ไก่ น้ำแป้ง ผสมกันตามขั้นตอนในรูปที่ 11 กวนจนสุก เติมสารแต่งสีและกลิ่นรส ผสมแล้วบรรจุขวด ปิดฝา และฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน

<u>รูปที่ 11</u> แผนผังแสดงขั้นตอนการผลิตสังขยาทาขนมปัง




<u>การผสมให้เข้ากันดี</u> (46) การผสมกะทิกับของเหลวอื่นให้เข้ากันดีแบบ O/W emulsion จะถาวรหรือไม่ขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายประการ คือ

1. อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิส่วนผสมสูงกว่า อุณหภูมิตู้เย็นการกระจายตัวจะดีกว่า เพราะแรงดึงผิวของของเหลวจะลดลง แต่ถ้าสูงมากไปสารช่วยในการกระจายตัวบางอย่าง เช่น โปรตีนจากไข่จะแข็งตัว และสูญเสียคุณสมบัติการเป็นสารช่วยกระจายตัวตามธรรมชาติ จึงทำให้เกิดการแยกตัวได้

2. ลักษณะโดยธรรมชาติของสารช่วยกระจายตัวของน้ำมัน สิ่งที่ช่วยให้เกิด emulsion ที่สำคัญได้แก่ ไข่แดง วุ้นเจลลาติน เพ็คทิน เคซีอิน แป้งสตาร์ช วุ้นจากสาหร่ายทะเล และแอลบิวมินในไข่ขาว สิ่งเหล่านี้จะไปลดความตึงของผิวของน้ำมัน ซึ่งจะลดลงมากน้อยเพียงใด ย่อมมีผลสะท้อนต่อความถาวรของการกระจายตัวของน้ำมันกับของเหลวอื่นมากน้อยเพียงนั้น ถ้าความตึงผิวของเม็ดน้ำมันสูงจะทำให้เกิดการกระจายตัวของของทั้งสองเกิดได้ยาก แม้ว่าเกิดแล้วก็อาจทำให้ถาวรได้ยากเช่นกัน ถ้าเป็นไข่แดงจะช่วยให้น้ำมันและของเหลวอื่นเข้ากันดียิ่งและแยกกันยาก และถ้าเป็นสารพวกโปรตีนจะมีคุณสมบัติขึ้นกับความสามารถในการละลาย pH อุณหภูมิและเกลือ เป็นต้น

3. ระยะที่เติมสารช่วยการกระจายตัวของน้ำมัน ควรเติมก่อนที่จะเติมสารพวกที่เป็นน้ำมัน

4. วิธีการตีอาจใช้เครื่องตีไข่ เครื่องผสม หรือ homogenizer ถ้าตีด้วย homogenizer อนุภาคน้ำมันจะมีขนาดเล็กมาก และช่วยให้อิมัลชั่นถาวรขึ้น นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอัตราเร็ว ความแรงในการตี ระยะเวลาการตี ถ้าอัตราเร็วไป ตีแรงไปอาจเกิดการแยกตัวได้ง่าย ถ้าอัตราช้าตีน้อยไปการรวมตัวนั้นอาจไม่ถาวร

5. วิธีเติมสิ่งที่ทำหน้าที่เป็นตัวกระจาย อาจค่อย ๆ เติมระหว่างการตีผสมเพื่อให้การกระจายเป็นไปอย่างรวดเร็ว

6. ความเป็นกรด-ด่าง มีผลต่อสถานะทางประจุไฟฟ้าของน้ำมันและโปรตีน ถ้าเป็นที่ Isoelectric point ของโปรตีน ตัวอย่างเช่น ที่ pH 4.8-5.0 โปรตีนจากไข่จะตกตะกอนและสูญเสียคุณสมบัติตามธรรมชาติ ในการเป็นสารช่วยการกระจายตัวของไขมัน

7. ความเข้มข้นของสารช่วยการกระจายตัว ถ้ามากพอก็จะห่อหุ้มเม็ดไขมันได้อย่างแน่นหนาทำให้ถาวรได้ลักษณะข้นและหนืดมาก

8. การเก็บรักษา ถ้าเก็บในที่ร้อนมีแรงสั่นสะเทือนสูงจะเป็นการเร่งทำให้การแยกตัวเกิดขึ้นเร็ว และในทางตรงข้าม ถ้าเก็บในที่เย็นและนิ่งจะเป็นการรักษาสภาพอิมัลชั่นไว้ได้นาน

<u>การฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุขวดแก้วปิดสนิท</u> (47)

<u>อุปกรณ์</u> อุปกรณ์ที่ใช้เป็น stationary retort อาจเป็นแบบตั้งหรือแบบนอนก็ได้ ตามรูปที่ 12-13 สิ่งที่ต้องการเน้นได้แก่

1. ช่องว่างระหว่างตะกร้าใส่ขวดกับผนังหม้อนึ่งความดัน ควรมีขนาดต่ำสุด 1.5 นิ้ว เพื่อให้การหมุนเวียนน้ำสะดวก และควรมีที่ล็อคตัวตะกร้าด้วย เพื่อช่วยให้มีช่องว่างเท่า ๆ กัน

2. ที่ว่างเหนือผิวน้ำภายในหม้อนึ่ง ควรสูงอย่างน้อยที่สุด 4 นิ้ว

3. ระบบหมุนเวียนน้ำในหม้อทำเพื่อให้ความร้อนกระจายตัวอย่างทั่วถึง โดยใช้วิธีดึงน้ำจากก้นหม้อผ่าน suction manifold ไปปล่อยออกตามรูต่าง ๆ ที่ท่อบนของหม้อ ขนาดต่ำสุดของท่อหมุนเวียนต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 14

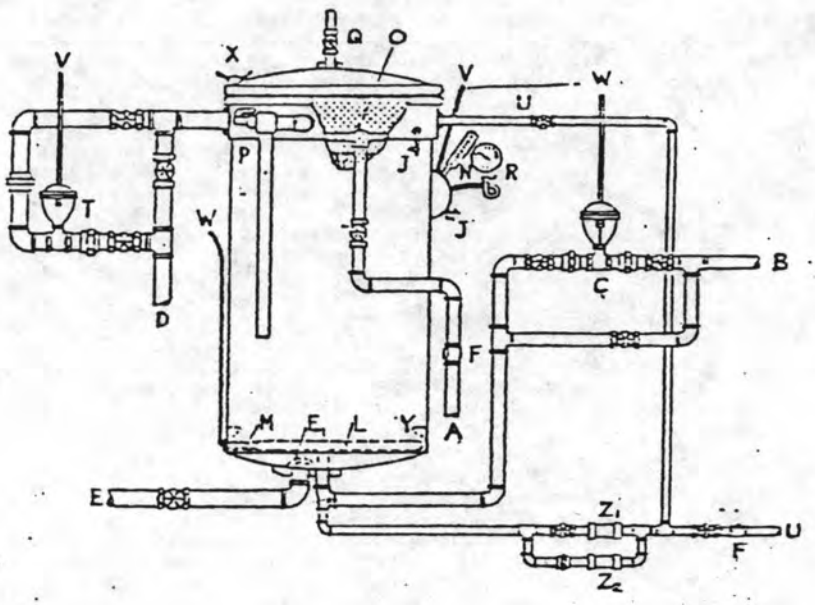
ไ 17916218

ตารางที่ 14 ขนาดของท่อต่าง ๆ ภายในระบบหมุนเวียนน้ำของรีทอร์ท

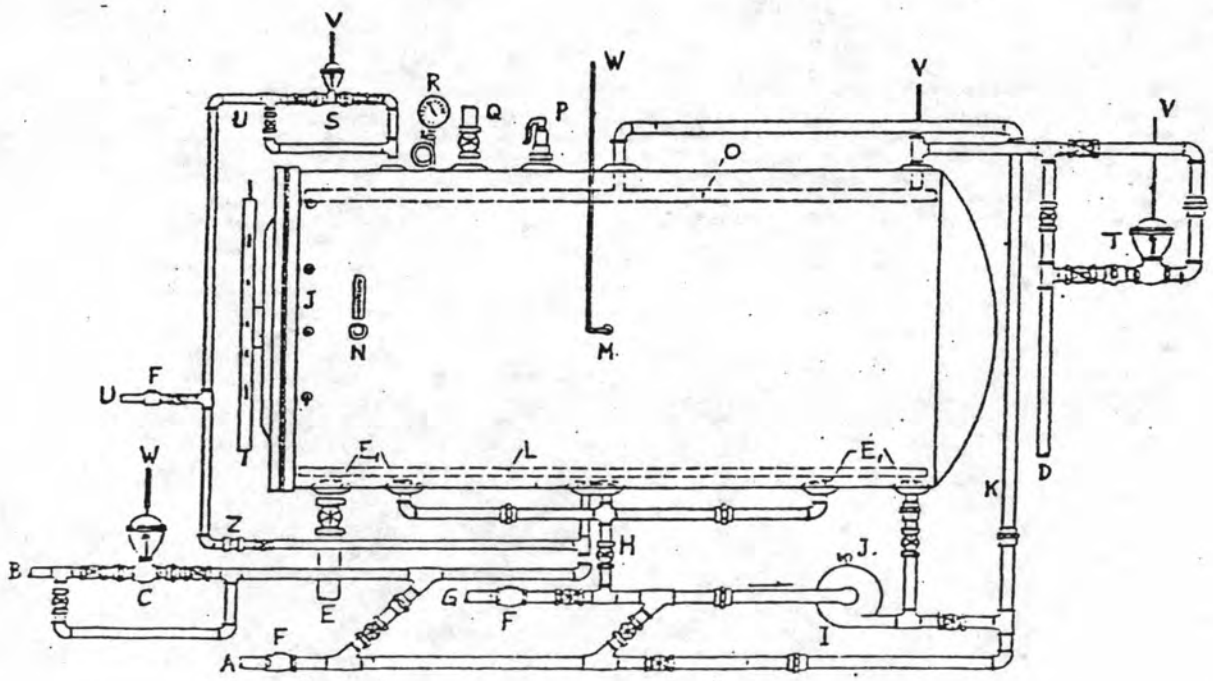
| ขนาดของ | รีทอร์ทขนาดสั้นกว่า 15 ฟุต | รีทอร์ทขนาดยาวกว่า 15 ฟุต |
|---|---|---|
| 1. Suction manifold (H) | 2 นิ้ว | $2\frac{1}{2}$ นิ้ว |
| 2. Suction outlets (H) | $1\frac{1}{2}$ นิ้ว | 2 นิ้ว |
| จากรีทอร์ทไปยัง | จำนวนน้อยที่สุด 2 อัน | จำนวน 1 อันต่อทุก 8 ฟุต |
| manifold | | หรือเศษของ 8 ฟุต |
| 3. ท่อหมุนเวียนและปั๊ม (I-K) | 2 นิ้ว | $2\frac{1}{2}$ นิ้ว |
| 4. ท่อกระจายน้ำ (O) | 2 นิ้ว | $2\frac{1}{2}$ นิ้ว |

**Basic Requirements for Retorts Used in Processing Glass**

A Water line
B Steam line
C Temperature control
D Overflow line
E Drain line
$E_1$ Screens
F Check Valves
G Line from hot water storage
H Suction line and manifold
I Circulating pump
J Petcocks
K Recirculating line
L Steam distributor
M Temperature controller bulb
N Thermometer
O Water spreader
P Safety valve
Q Vent valve
R Pressure guage
S Inlet air control
T Pressure control
U Air line
V To pressure control instrument
W To temperature control instrument
X Wing nuts—8 required
Y Crate support
$Z_1$ Constant flow orifice valve used during come-up
$Z_2$ Constant flow orifice valve used during cook



รูปที่ 12 รีทอร์ทแบบตั้ง



รูปที่ 13 รีทอร์ทแบบนอน

รูที่ท่อกระจายน้ำ ด้านบนควรทำการเจาะให้ห่างกันอย่างสม่ำเสมอ และมีพื้นที่รวมกันไม่มากกว่าพื้นที่หน้าตัดของท่อที่นำน้ำออกจากปั๊ม ปากท่อ suction outlets ควรปิดด้วยตะแกรง เพื่อกันสิ่งสกปรกไม่ให้เข้าไปในท่อหมุนเวียนน้ำ เป็นการป้องกันปั๊มเสียและรูน้ำตันได้ ถ้าปั๊มเสียควรมีสัญญาณเตือนบอกด้วย และควรมี bleeder ไว้ด้วย เพื่อไล่อากาศตอนเริ่มเดินปั๊ม

4. การจ่ายน้ำร้อน ควรมีการเตรียมน้ำร้อนเพื่อจ่ายเข้าหม้อโดยเฉพาะ เพื่อลด come-up time และป้องกัน thermal shock โดยทำอ่างเก็บน้ำร้อนพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและเทอร์โมมิเตอร์ไว้ ทำการเดินท่อไอน้ำเพื่อเป็นแหล่งให้ความร้อน และเดินท่อรับน้ำหล่อเย็นจากหม้อนึ่ง เพื่อเก็บน้ำไว้ใช้สำหรับครั้งต่อไปได้ ท่อน้ำร้อนจากอ่างนี้ควรต่อกับระบบหมุนเวียนน้ำของหม้อนึ่งด้านความดันตรงด้าน suction ของปั๊ม เพื่อปั๊มจะได้สามารถดูดน้ำร้อนจากอ่างนี้เข้าหม้อได้โดยสะดวก การรักษาระดับน้ำควรรักษาไว้ไม่ให้ท่วมถึงท่อกระจายน้ำด้านบน

<u>ขวดแก้ว/การบรรจุ</u>

ขวดแก้วที่ใช้เป็นพวกที่ปิดฝาโลหะแบบเสียดทานหรือแบบ Lug type หรือแบบ threaded ซึ่งไม่มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บความดันภายในขวด และทำการแปรรูปในรีทอร์ทที่บรรจุน้ำและอัดลมด้วยเพื่อทำให้ฝาปิดสนิทตลอดการแปรรูป

ช่องว่างเหนืออาหารในขวดไม่ควรต่ำกว่า 6% ของปริมาตรภาชนะ (อุณหภูมิตอนปิดฝา 130 องศาฟาร์เลนไฮร์ หรือ 54 องศาเซลเซียส) เมื่ออาหารขวดจะฆ่าเชื้อที่ 240 องศาฟาร์เลนไฮร์ 250 องศาฟาร์เลนไฮร์ แต่ถ้าจะใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อสูงกว่านี้ช่องว่างขนาดนี้จะไม่พอเพียงสำหรับการขยายตัวของอาหารและทำให้ฝารั่วได้ระหว่างอบฆ่าเชื้อ (ควรเว้นประมาณ 10% ของปริมาตรขวด)

โดยทั่วไปอุณหภูมิการบรรจุผลิตภัณฑ์ควรสูงกว่า 54 องศาเซลเซียส แต่ถ้าเกิดกรณีอุณหภูมิการบรรจุต่ำกว่านี้ ก็ต้องเว้นช่องว่างให้ใหญ่ขึ้นเผื่อสำหรับการขยายตัวของอาหาร

เมื่อต้มผลิตภัณฑ์ที่ 240-250 องศาฟาร์เลนไฮร์ ความดันรีทอร์ทควรเป็น 20-32 ปอนด์/นิ้ว$^2$ ซึ่งจะใช้แรงดันเท่าไรขึ้นอยู่กับชนิดของฝาขวดและสภาพการบรรจุและการปิดฝา

<u>การตีระหัส</u>

ภาชนะบรรจุทุกชนิดควรตีระหัสโดยทำเครื่องหมายบอกเวลา หรือช่วงเวลาการบรรจุของแต่ละรุ่น ซึ่งอย่างน้อยที่สุดต้องแสดงวันที่ผลิต เพื่อช่วยให้ง่ายต่อการตรวจเช็คกำลังผลิตและตรวจสอบอายุผลิตภัณฑ์ การตีระหัสบนฝาอาจทำให้ฝากัดกร่อนได้ ดังนั้น จึงควรตีระหัสที่ฝาด้วยหมึกพิมพ์แทน

การใช้ตัวพิมพ์โลหะตอกลงบนฝา

กระบวนการอบฆ่าเชื้อ

เนื่องจากสังขยาทาขนมปังเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ดังนั้น จึงต้องใช้ความร้อนภายใต้ความดันในการอบฆ่าเชื้อ โดยปริมาณความร้อนที่ต้องการอย่างน้อยที่สุดเพื่อทำลายสปอร์ของ Clostridium botulinum นั่นคือต้องมีค่า $F_o$ ไม่ต่ำกว่า 3 (47-50)

เนื่องจากประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อขึ้นอยู่กับความทนทานความร้อนและปริมาณของบักเตรีในผลิตภัณฑ์ก่อนอบ ดังนั้น จึงต้องรักษาความสะอาดทุกขั้นตอนการผลิตเพื่อลดปริมาณบักเตรีให้เหลือน้อยที่สุดก่อนจะเข้าอบ

ความรวดเร็วของการขนส่งและการฆ่าเชื้อ

ถ้าช่วงเวลาระหว่างบรรจุและปิดฝาหรือระหว่างปิดฝาและฆ่าเชื้อนานเกินไปก็อาจทำให้มีปัญหาการสูญเสียสภาพสูญญากาศ การเกิดกลิ่น-รส ผิดปกติและการเสื่อมเสียแบบเปรี้ยวได้ ดังนั้นการแปรรูปควรทำหลังจากปิดฝาภายในครึ่งชั่วโมง หรือถ้าจำเป็นต้องรอนานกว่านี้เพื่อให้ของเต็มรีทอร์ทก็ควรมีการทดลองดูก่อน

การจัดวางขวดอาหารในรีทอร์ท

การแพร่ความร้อนในอาหารกระป๋องที่เป็นของเหลวไหลได้อิสระจะเป็นแบบการพาความร้อน (convection) ดังนั้น ควรตั้งกระป๋องขึ้นเพื่อช่วยให้การไหลเวียนสะดวก

สำหรับในอาหารที่มีส่วนแข็ง ๆ ขวางการไหลเวียนของเหลว ทิศทางการไหลเวียนความร้อนจะไม่แน่นอน จึงจำเป็นที่จะต้องมีการจัดวางเพื่อช่วยเสริมประสิทธิภาพในการแพร่กระจายความร้อนให้ดีขึ้นตัวอย่างเช่น หน่อไม้ฝรั่งควรจัดเรียงในแนวตั้งเพื่อให้อัตราการแพร่กระจายความร้อนรวดเร็ว ถ้าผลิตภัณฑ์เป็นถั่วและถั่วลันเตาซึ่งมีขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอและกระจายตัวทั่วตัวกลางที่เป็นของเหลว อัตราการกระจายความร้อนของอาหารไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง แม้ว่าจะวางขวดอาหารไว้ในลักษณะใดก็ตาม ดังนั้น อาจวางขวดแบบตั้งหรือนอนก็ได้

การวางขวดซ้อนกัน

ควรวางขวดซ้อนกันในลักษณะที่ช่วยให้น้ำในรีทอร์ทไหลเวียนได้อย่างสะดวกและไม่ควรใช้ตะกร้าที่เจาะรูน้อยไปหรือหนาเกินไป เพราะทำให้การกระจายความร้อนช้า

ควรทำตะกร้าให้ซ้อนกันได้พอดี และบรรจุขวดอาหารได้โดยที่ระดับขวดบนไม่สูงเกินขอบตะกร้าขึ้นมา

อุณหภูมิเริ่มต้น (Initial Temperature)

คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอาหารขวดตอนที่เริ่มเปิดไอน้ำเข้ารีทอร์ท ก่อนทำการอบฆ่าเชื้อควรตรวจเช็ค อุณหภูมิเริ่มต้น โดยนำตัวอย่างมาเขย่าให้เข้ากันดีก่อนแล้วตรวจวัดอุณหภูมิ ตัวอย่างนี้ จะเป็นตัวแทนของขวดที่เย็นที่สุดในรีทอร์ทตอนเริ่มปล่อยไอน้ำเข้าซึ่งจะมีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เฉพาะสิ่งเท่านั้น โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิเริ่มต้นจะอยู่ในช่วง 130-170 องศาฟาร์เลนไฮร์ (หรือ 54-76.6 องศาเซลเซียส)

วงจรการอบฆ่าเชื้อ

ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ส่วนมากพบว่าคุณภาพสูงสุดจะเกิดเมื่อเวลาขึ้นถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อเร็วที่สุด และอุณหภูมิ ระยะเวลาการฆ่าเชื้อถูกต้อง และทำให้เย็นอย่างรวดเร็วและทันที วิธีการนี้นอกจากช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพแล้วยังช่วยประหยัดเวลาการแปรรูปของแต่ละรุ่นและช่วยทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลงได้ สิ่งนี้จะสำคัญมากยิ่งขึ้นอีกเมื่ออุณหภูมิการฆ่าเชื้อมากกว่า 240 องศาฟาร์เลนไฮร์ ระหว่างการอบฆ่าเชื้อมีรายละเอียดหลายอย่างที่ต้องสังเกต เพื่อให้เกิดผลการแปรรูปที่วางใจได้ดังนี้

1. ระดับน้ำ ในรีทอร์ทแบบตั้งระดับน้ำเริ่มต้นควรจะพอเพียงที่จะท่วมตะกร้าบรรจุขวดอาหาร คือ เมื่อวางตะกร้าลงแล้วน้ำจะไหลล้นออกทางท่อน้ำล้นพอดี อุณหภูมิของน้ำที่เข้ารีทอร์ท ควรทำให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอาหารขวด เพื่อป้องกันขวดแตกร้าว และเพื่อส่งเสริมการกระจายความร้อนอย่างรวดเร็ว ถ้าอุณหภูมิของน้ำมากกว่าอาหารขวด 15 องศาฟาร์เลนไฮร์ โอกาสที่ฝารั่วก็เกิดขึ้นได้ น้ำที่ท่วมขวดอาหารควรสูงประมาณ 6 นิ้ว และไม่ควรมีขวดอาหารเกินขึ้นไปจากชั้นบนสุดขวดสองขวด

สำหรับการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพของรีทอร์ทแบบนอน ควรทำแท็งค์เก็บน้ำ เพื่อที่ทันทีทันใดที่รีทอร์ทถูกปิด น้ำจะไหลจากแท็งค์เข้าสู่รีทอร์ทจนกระทั่งท่วมชั้นบนของขวดอาหารประมาณ 6 นิ้ว อุณหภูมิของน้ำควรจะใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในขวดอาหารเวลาที่ปิดฝา การใช้น้ำที่อุณหภูมิสูงกว่ามาก ๆ อาจเป็นสาเหตุให้ฝารั่วได้ การใช้น้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่ามาก ๆ อาจจะเป็นเหตุให้อุณหภูมิเริ่มต้นลดลง ระดับน้ำต้องรักษาไว้ที่ 6 นิ้ว เหนือขวดอาหารตลอดช่วงทำให้ร้อนขึ้น ช่วงฆ่าเชื้อ และทำให้เย็น

2. ความดันลม ลมที่อัดเข้าด้านล่างของรีทอร์ท ควรทำทันทีหลังปิดฝารีทอร์ทและเมื่อเปิดไอน้ำเพื่อให้อุณหภูมิขึ้นถึงช่วงฆ่าเชื้อ ทำการฆ่าเชื้อและทำให้เย็นจะต้องรักษาความดันตลอดวงจรการอบฆ่าเชื้อนั้น ๆ

3. Come-up time การจับเวลาการฆ่าเชื้อจะเริ่มเมื่อเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทที่

ตัวรีทอร์ทถึงอุณหภูมิที่ต้องการ และควรตรวจเช็คว่าการวัดของเทอร์โมมิเตอร์ และเครื่องบันทึกอุณหภูมิตรงกันเสมอ

4. <u>การทำให้เย็น</u> เมื่อครบเวลาการฆ่าเชื้อ ปิดไอน้ำ และคงความดันรีทอร์ทไว้ด้วยลมการหล่อเย็นควรทำให้เย็นประมาณ 100 องศาฟาร์เลนไฮร์ (45 องศาเซลเซียส) เพื่อปล่อยให้น้ำที่ติดตามกระป๋องระเหยไปเอง (ป้องกันการเป็นสนิม) เมื่อตั้งทิ้งไว้

สำหรับน้ำหล่อเย็นควรจะสะอาดและเติมคลอรีนอย่างน้อย 1 ppm.

<u>เทคนิคการฆ่าเชื้อสำหรับอาหารที่บรรจุกระป๋อง</u> (48-50)

ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ คล้ายคลึงกับที่ใช้กับอาหารบรรจุขวดแก้ว แต่ว่าไม่จำเป็นต้องมีอ่างน้ำร้อน และใช้ไอน้ำแทนการใช้น้ำร้อน ดังนั้น ระบบการทำงานการควบคุมจึงง่ายกว่า สะดวกกว่า เร็วกว่า และไม่ต้องระมัดระวังเรื่องขวดแตกเนื่องจาก thermal shock หรือฝารั่วอย่างอาหารที่บรรจุขวดแก้ว

## 4. <u>ภาชนะบรรจุ</u>

ภาชนะบรรจุปิดสนิท อาจเป็นขวดแก้วหรือกระป๋องที่สามารถป้องกันจุลินทรีย์รักษาสภาพสูญญากาศได้ (15, 52) และมีสุขลักษณะตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข (53, 54)

4.1 <u>ขวดแก้ว</u> ควรเป็นชนิดใส เพื่อให้ผู้บริโภคสังเกตเห็นลักษณะผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน มีปากกว้าง เพื่อความสะดวกในการใช้จิ้ม หรือตักทาบนขนมปัง ทนต่อความร้อนและแรงดันสูง ๆ ภายในหม้อนึ่งความดันได้ มีความเหนียวทนต่อแรงกระทบกระแทก ฝาด้านนอกอาจเป็นอลูมิเนียมเหล็กเคลือบดีบุกหรือพลาสติก ด้านในอาจเป็นแผ่นคอร์ก กระดาษแข็งหรือวัสดุอื่นที่มีไว้ เพื่อรองรับแรงกดช่วยทำให้ปิดสนิทได้ โดยมีแผ่นพลาสติกหรือ อลูมิเนียมฟอยล์ป้องกันเศษคอร์ก เศษกระดาษ หลุดลงไปในอาหารอีกชั้นหนึ่ง ฝาและขวดต้องมีคุณสมบัติไม่เป็นพิษไม่ทำปฏิกริยากับอาหาร ปิดได้สนิทและเปิดได้ง่าย แก้วมีความดีกว่าโลหะเพราะอาหารทั่วไปไม่เป็นด่าง ไม่กัดแก้วออกมา แก้วมีความใสทนแรงขีดข่วน ทนต่อไขมัน และแรงดันสูง ๆ ได้ ข้อเสียของแก้ว คือ ไม่ทนด่าง เปราะ และน้ำหนักมาก

หลักการทำแก้วพื้นฐาน คือ นำทรายแก้ว (Silica Sand) มาเผาให้ร้อนจนหลอมละลายเป็นของเหลว แต่ทรายต้องการความร้อนสูงมากจึงจะหลอมเหลว ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้โซดาแอช ($Na_2CO_3$) เป็นตัวช่วยให้ทรายหลอมละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่าเดิม คือ ใช้อุณหภูมิประมาณ 2600 องศาฟาเลนไฮร์ ถ้าใช้ส่วนผสมเฉพาะทรายและโซดาแอช แก้วที่ได้จะเปราะมาก

จึงเติมหินปูนบดละเอียดเข้าไปเพื่อทำให้แก้วมีคุณภาพดีขึ้น ถ้าใส่ตะกั่วผสมลงไปด้วยจะได้แก้วที่ใส และมีความแวววาวมากขึ้น ถ้าใช้โบโรซิลิเกต (borosilicate) แทนโซดาแอชแก้วที่ได้จะทนความร้อนได้สูงมาก จึงใช้ในการทำถ้วยชามที่ใช้ในเตาอบ และเครื่องมือห้องทดลอง นอกจากนั้นถ้าต้องการให้มีสีสันต่าง ๆ ก็อาจผสมสารที่ให้สีลงไป ก่อนที่ส่วนประกอบต่าง ๆ จะหลอมละลาย เมื่อส่วนผสมของแต่ละอย่างตามสัดส่วนที่ถูกต้องในเตาหลอมละลายดีแล้ว ก็พร้อมที่จะนำมาทำให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ต่อไปได้ เช่น ถ้าจะทำขวดแก้วหรือหลอดไฟฟ้า น้ำแก้วจะถูกตัดลงในแม่แบบตามแบบที่ต้องการด้วยเครื่องอัตโนมัติ หลังจากได้แก้วตามรูปที่ต้องการแล้วปล่อยให้เย็นลงช้า ๆ เพื่อให้แก้วมีความแข็งตัวและความเหนียว

องค์ประกอบของแก้วโดยประมาณ แสดงไว้ในตารางที่ 15 สำหรับส่วนผสมอื่น ๆ นั้น ได้แก่ $MgO$, $Al_2O_3$, $BaO_2$, $K_2O$, $Fe_3O_4$ ซึ่งมีอยู่อย่างละเล็กน้อย เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงของแก้ว

ตารางที่ 15 ส่วนผสมของการผลิตแก้ว

| ส่วนผสม | ภาชนะบรรจุ | แก้วทนไฟ |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 71.5-73.5 | 80.0-81.0 |
| $CaO$ | 7.8-10.8 | 0.0-0.2 |
| $Na_2O$ | 12.5-15.5 | 3.9-4.5 |
| อื่น ๆ | 0.94-7.55 | 14.27-16.5 |

ถ้าแก้วปะทะกัน อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะทำให้แก้วแตกได้ง่าย ดังนั้น การใช้สารเคลือบแก้วจึงช่วยเพิ่มความแข็งแรง และช่วยเพิ่มการไหล (flowing) เช่น การบรรจุอาหารเด็กอ่อนอาจผลิตได้ 500 ขวด/นาที การเข้าออกต้องการความเร็วสูง ซึ่งมีการปะทะกันและต้องการสารช่วยหล่อลื่น สารที่ใช้คือ stearate, oleate, polyethylene นอกจากนี้ ยังมีสารเพิ่มความมันผิวแก้วและเพิ่มความแข็งแรง ได้แก่ tinchloride, titanium chloride เป็นต้น

4.2 <u>กระป๋อง</u> ควรเป็นชนิด 2 ชิ้นมีฝาเดียวหรือ Drawn Can เพราะเป็นแบบที่ไม่มีตะเข็บด้านข้างและด้านล่างช่วยให้โอกาสรั่วน้อย มีขนาดบรรจุพอเหมาะสำหรับจะบริโภคในครั้งหนึ่ง ๆ วัสดุที่ใช้ทำตัวกระป๋องและฝา ควรเป็นแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ที่ด้านในเคลือบแลคเกอร์อีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันอาหารกัดกร่อนโลหะ โดยเฉพาะกันอาหารที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบอย่าง

สังขยาทาขนมปัง สำหรับด้านนอกของฝาควรเคลือบแลคเกอร์ด้วยเพื่อความสวยงาม และช่วยลดปริมาณดีบุกที่ใช้เคลือบให้บางลงได้ สารเคลือบควรเป็นพวก oleoresinous enamel ชนิด C ซึ่งป้องกัน black-sulfide discoloration ได้เนื่องจากมี ZnO เป็นส่วนผสมเมื่อเป็น Zns จะมีสีขาวและไม่เป็นรอยด่างดำ lining compound ที่ใช้หยอดรอบ ๆ ขอบในของฝาควรเป็นชนิด solvent base ที่ใช้ได้กับอาหารทั่วไป

ข้อเสียของการใช้กระป๋อง คือ การเคลือบแลคเกอร์อาจไม่ทั่วถึงและก่อให้เกิดปัญหาการกัดกร่อน ทำให้ดีบุกละลายออกมามากขึ้นตามเวลา และอุณหภูมิในการเก็บรักษา ดังนั้น สีกลิ่นและรสชาติอาหารอาจเปลี่ยนแปลงไปจนผู้บริโภคไม่ยอมรับ