บทที่ 2

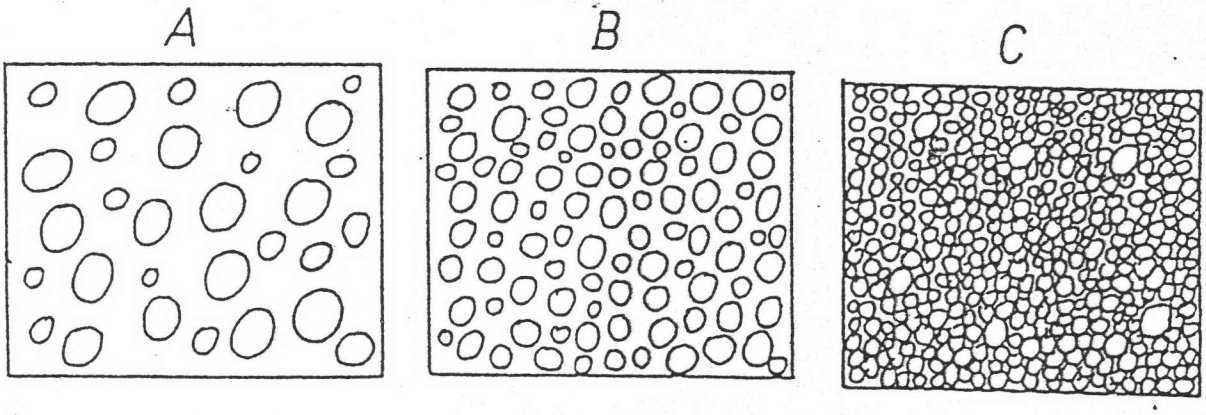
วารสารปริทัศน์

สิ่งที่สำคัญในการผลิตนุกัต คือ การเลือกใช้วัตถุดิบและขั้นตอนการผลิตที่เหมาะสมเพื่อให้ได้นุกัตที่มีคุณภาพดีและลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต้องการ

2.1 ส่วนประกอบในการผลิตนุกัต

2.1.1 ส่วนที่ตีให้ขึ้นฟู

ในส่วนที่ตีให้ขึ้นฟู จะใช้สารที่ตีให้ขึ้นฟู น้ำ และน้ำตาลไอซิ่งตีพร้อมกัน เมื่อตีส่วนที่ตีให้ขึ้นฟู โฟมจะเกิดขึ้นโดยที่สารที่ตีให้ขึ้นฟูจะห่อหุ้มฟองอากาศไว้ภายใน ซึ่งปริมาณฟองอากาศจะทำให้ความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของนุกัตลดลง และเป็นผลให้นุกัตมีเนื้อสัมผัสที่เบา ระหว่างการตีส่วนที่ตีให้ขึ้นฟูนี้ ขนาดของฟองอากาศจะลดลงและจำนวนฟองอากาศเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1 (Meiners และคณะ, 1984)



รูปที่ 2.1 ลักษณะโฟมของส่วนที่ตีให้ขึ้นฟูเมื่อระยะเวลาในการตีให้ขึ้นฟูต่างกัน

A ฟองอากาศขนาดใหญ่ จำนวนฟองอากาศน้อย เมื่อตีในระยะแรก

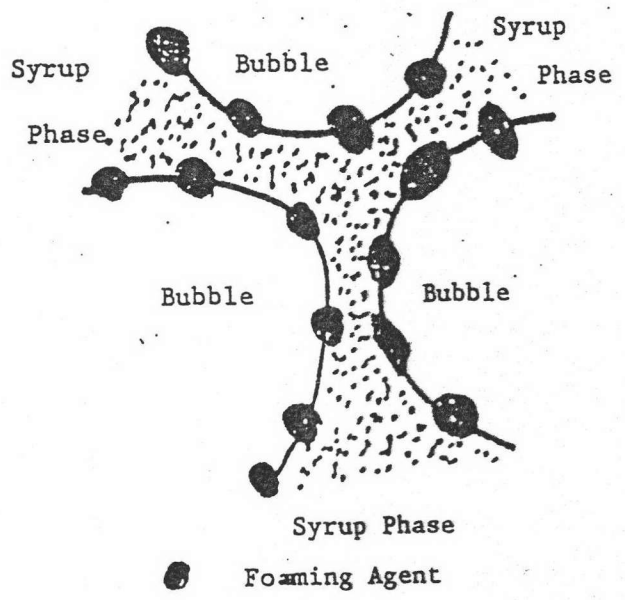
B ฟองอากาศขนาดกลาง จำนวนฟองอากาศเพิ่มขึ้น เมื่อตีในระยะต่อมา

C ฟองอากาศขนาดเล็กลงอีก จำนวนฟองอากาศเพิ่มขึ้นอีก เมื่อสิ้นสุดการตี

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เสถียรภาพของโฟมขึ้นอยู่กับ ปริมาณสารที่ตีให้ขึ้นฟู น้ำ และน้ำตาลไอซิ่ง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับเวลา และความเร็วในการตีให้ขึ้นฟู ซึ่งเสถียรภาพของโฟมโปรตีนหาได้โดยจับเวลาที่ใช้ในการทำให้น้ำหนักโฟมลดลง 50% (drainage 50%) (Kuehler และ Stine, 1974) เสถียรภาพของโฟมมีผลมาจากความหนาแน่นและความหนืดของของไหล ดังนั้นน้ำตาลไอซิ่งซึ่งลดความหนาแน่น และเพิ่มความหนืด จะเพิ่มเสถียรภาพให้โฟม แต่จะลดปริมาตรโฟมที่ได้

สารที่ตีให้ขึ้นฟู เป็นโปรตีนที่มีความสามารถในการรวมฟองอากาศเล็กๆ เข้าไปในส่วนผสมของของเหลว สารที่ตีให้ขึ้นฟูจะให้โครงสร้างที่เป็นโฟมโดยการลดแรงตึงผิวที่จุดซึ่งผิวของอากาศสัมผัสกับส่วนของของเหลว ดังนั้นโปรตีนซึ่งมีทั้งกลุ่มของ hydrophilic และ hydrophobic อยู่ภายในโครงสร้างจะเรียงตัวโดยที่ผิวของฟองอากาศจะดูดซับส่วนของ hydrophobic และส่วนผสมของของเหลวละลายในส่วนของ hydrophilic ดังแสดงในรูปที่ 2 (Lees, 1991)



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งของสารที่ตีให้ขึ้นฟูระหว่างฟองอากาศและส่วนของของเหลว

ชนิดของสารที่ตีให้ขึ้นฟูที่ใช้ในการผลิตนูกัต ได้แก่

2.1.1.1 <u>โปรตีนจากไข่ขาว</u> สามารถดูดซึมน้ำได้ง่ายและเกิดเป็นฟิล์มบางๆรอบฟองอากาศที่จับไว้ในระหว่างกระบวนการตีให้ขึ้นฟู โครงสร้างของโฟมที่มีเสถียรภาพจะให้เนื้อสัมผัสที่ร่วน (short) และทำให้การตกผลึกของน้ำตาลทรายช้าลง (Swanson,1929) จากงานวิจัยของ Phillips, Haque และ Kinsella,1987 ซึ่งใช้สารละลายโปรตีนจากไข่ขาว 5 % และใช้เครื่อง double beater Sunbeam ® ในการตีโปรตีนจากไข่ขาวให้ขึ้นฟูที่ความเร็วรอบในการตี 417 รอบ/นาที พบว่า เมื่อเวลาในการตีให้ขึ้นฟูของไข่ขาวเพิ่มขึ้นจาก 5 นาที เป็น 10 นาที จะทำให้อัตราส่วนของน้ำหนักของโฟมโปรตีนที่ลดลงจากน้ำหนักของสารละลายโปรตีนเมื่อเทียบกับน้ำหนักของโฟมโปรตีนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (% overrun) เพิ่มขึ้น เนื่องจากการรวมกันของ ovomucin และ globulins แต่เสถียรภาพของโฟมจะลดลงเมื่อเวลาในการตีให้ขึ้นฟูของไข่ขาวเพิ่มขึ้นจาก 5 นาที เป็น 10 นาที เนื่องจากการรวมกันของ ovomucin และ lysozyme complex ที่ไม่ละลายมากขึ้น และ จากงานวิจัยของ Garibaldi และคณะ, 1968 พบว่า เมื่อให้ความร้อนกับไข่ขาวที่อุณหภูมิสูงกว่า 90°C ไข่ขาวจะสูญเสียสมบัติในการตีให้ขึ้นฟู และovomucin-lysozyme complexในไข่ขาวจะเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ(denaturation)

2.1.1.2 <u>โปรตีนที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์</u> เตรียมโดยนำโปรตีนจากถั่วเหลืองมาย่อยสลายด้วยเอนไซม์เปปซิน จนมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 14,000 อยู่ 92 % น้ำหนักโมเลกุลในช่วง 14,000 - 30,000 อยู่ 2 % และน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่า 30,000 อยู่ 6 % (Gunther,1979) ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ และเมื่อตีให้ขึ้นฟูจะให้โฟมที่เสถียรต่อน้ำเชื่อมเคี่ยวที่อุณหภูมิสูงและไขมัน และถึงแม้เมื่อเวลาในการตีให้ขึ้นฟูที่นานเกินไปก็จะไม่ทำให้ปริมาตรของโฟมลดลง (Dziezak,1989)

2.1.1.3 <u>โปรตีนที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนนมด้วยเอนไซม์</u> ละลายน้ำได้ และเมื่อตีให้ขึ้นฟูจะให้โฟมที่ไม่เสถียร จึงต้องมีน้ำตาลทรายหรือกลูโคสเพื่อให้โฟมมีเสถียรภาพดีขึ้น โปรตีนที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนนมด้วยเอนไซม์จะให้โฟมที่มีเสถียรภาพต่อการเติมน้ำเชื่อมเคี่ยวที่อุณหภูมิสูงและสามารถเก็บรักษาความชื้นได้ดี ทำให้สามารถควบคุมการสร้างผลึกน้ำตาลทรายขนาดใหญ่ในลูกกวาดได้(Manifie,1989)และเมื่อเวลาในการตีให้ขึ้นฟูนานขึ้นจะทำให้ % overrun เพิ่มขึ้นและเสถียรภาพของโฟมเพิ่มขึ้น (Phillips,Haque และ Kinsella,1987)

2.1.2 ส่วนของน้ำเชื่อมเคี่ยวที่อุณหภูมิสูง

ในส่วนของน้ำเชื่อมเคี่ยวที่อุณหภูมิสูง จะประกอบด้วยน้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป น้ำและสารที่ใช้ยับยั้งการตกผลึกของน้ำตาลทราย ได้แก่ ซอร์บิทอล มอลโทเด็กซ์ทริน ซึ่งจะเคี่ยวจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด นูกัตที่มีเนื้อสัมผัสแบบร่วนจะมีสัดส่วนของน้ำตาลทรายสูงกว่าหรือปริมาณกลูโคสไซรัปต่ำกว่านูกัตที่มีเนื้อสัมผัสแบบเคี้ยวได้

2.1.2.1 น้ำตาล เป็นสารที่ให้ความหวาน น้ำตาลที่ใช้ ได้แก่

2.1.2.1.1 น้ำตาลทราย เป็นสารให้ความหวานและมีสมบัติในการดูดซับความชื้นจากบรรยากาศภายนอก (hygroscopicity) ต่ำ การละลายของน้ำตาลทรายจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การกวน (agitation) ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลทรายอิ่มตัวยิ่งยวดลดลง (Hartel,1987) และเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น การอิ่มตัวยิ่งยวดของน้ำตาลทรายจะเพิ่มขึ้น ทำให้ขนาดของผลึกน้ำตาลทรายใหญ่ขึ้น (Lees,1965)

2.1.2.1.2 น้ำตาลอินเวิร์ต มีสมบัติในการดูดซับความชื้นจากบรรยากาศภายนอกสูง สามารถเก็บรักษาความชื้น (humectant) และยับยั้งการตกผลึกอีกครั้งของน้ำตาลทราย (Smythe,1971) แต่ในเวลาเดียวกัน น้ำตาลอินเวิร์ตมีความหนืดที่ต่ำมาก ปริมาณที่ใช้ในนูกัตไม่เกิน 15 % โดยอาจเติมเป็นส่วนผสมหรือเกิดขึ้นในระหว่างการเคี่ยวน้ำเชื่อม (Martin,1955)

2.1.2.1.3 น้ำตาลไอซิ่ง เตรียมโดยการบดน้ำตาลทรายขาวและใช้เป็นเชื้อของผลึกน้ำตาล (seed crystals) เพื่อทำให้นูกัตมีเนื้อสัมผัสแบบร่วน (Manifie ,1989)

2.1.2.2 กลูโคสไซรัป เป็นสารที่เพิ่มความหนืดของสารละลายน้ำตาลทรายอิ่มตัวยิ่งยวด (supersaturated sucrose) จึงลดการตกผลึกของน้ำตาลทราย กลูโคสไซรัปแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ตาม DE ซึ่งคือ % น้ำตาลรีดิวซิ่งทั้งหมดที่แสดงในรูปของน้ำตาลเด็กซ์โตรส ดังนี้ (Manifie,1989)

2.1.2.2.1 กลูโคสไซรัปชนิด DE ต่ำ (36-38 DE) มีความหนืดสูง และความหวานต่ำ ยับยั้งการตกผลึกของน้ำตาลทราย และมีสมบัติในการดูดซับความชื้นจากบรรยากาศภายนอกต่ำ เป็นสารที่ป้องกันการยุบตัวของโฟมในนูกัต ให้เนื้อ (body) และให้เนื้อสัมผัสที่มีความรู้สึกในการเคี้ยว (chewy)

2.1.2.2.2 กลูโคสไซรัปชนิด DE ปกติ (42 DE) มีความหนืดต่ำกว่า แต่ความหวานสูงกว่ากลูโคสไซรัปชนิด DE ต่ำ

2.1.2.2.3 กลูโคสไซรัปชนิด DE สูง (50 DE ขึ้นไป) มีความหนืดต่ำและความหวานสูง ยับยั้งการตกผลึกของน้ำตาลทรายได้ และเก็บรักษาความชื้นได้สูง

2.1.2.3 มอลโทเด็กซ์ทริน คือกลูโคสไซรัปชนิดหนึ่ง เป็นผงสีขาวที่มีความชื้นน้อยกว่า 5 % และมีค่า DE อยู่ระหว่าง 3-20 มีความหนืดสูง และความหวานต่ำ สามารถยับยั้งการตกผลึกของน้ำตาลทราย และมีสมบัติในการดูดซับความชื้นจากบรรยากาศภายนอกต่ำ เป็นสารที่ป้องกันการยุบตัวของโฟมในนูกัต ให้เนื้อ และให้เนื้อสัมผัสที่มีความรู้สึกในการเคี้ยว (Manifie, 1989)

2.1.2.4 ซอร์บิทอล คือน้ำตาลแอลกอฮอล์ มีค่าความหวานเป็นครึ่งหนึ่งของน้ำตาลทราย ทำให้นูกัตมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น ยับยั้งการตกผลึกของน้ำตาลทราย และสามารถเก็บรักษาความชื้น ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียความชื้นไปยังบรรยากาศภายนอกได้ช้าลง การเติมซอร์บิทอลตั้งแต่ 5 % ขึ้นไปในลูกกวาดจะให้เนื้อสัมผัสที่นุ่ม เช่น นูกัตที่ใช้ซอร์บิทอล 5-10 % จะมีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม และเมื่อเติมซอร์บิทอล 5-15 % อุณหภูมิในการเคี่ยวน้ำเชื่อมควรจะเพิ่มขึ้น 1-3°C (Lees และ Jackson, 1973)

2.1.2.5 น้ำ ใช้เป็นตัวทำละลาย และให้ความชื้นแก่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะควบคุมความนุ่มของผลิตภัณฑ์

2.1.3 ส่วนประกอบอื่นๆ

ในส่วนประกอบอื่นๆเพิ่มเติมที่ใช้ ได้แก่ ไขมัน อีมัลซิไฟเออร์ นม และถั่ว

2.1.3.1 ไขมัน โดยทั่วไปนูกัตจะประกอบด้วยไขมันไม่เกิน 5 % (Martin, 1955) ซึ่งจะช่วยควบคุมการตกผลึกของน้ำตาลทรายโดยการลดอัตราการสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์ ให้ความรู้สึกในการเคี้ยว และมี plasticity ให้เนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนและง่ายต่อการตัด ไขมันที่ใช้ได้แก่ hydrogenated vegetable fat และ milk fat (Manifie, 1989)

2.1.3.2 อีมัลซิไฟเออร์ เป็นสารที่ลดแรงตึงผิวที่จุดซึ่งไขมันและน้ำมาสัมผัสกันเพื่อผสมและเกิดเป็นอีมัลชัน อีมัลซิไฟเออร์จะให้ความรู้สึกในการเคี้ยว และสำหรับนูกัตที่เคลือบด้วยช้อกโกแลต อีมัลซิไฟเออร์จะช่วยลดความหนืดของช้อกโกแลต อีมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาด ได้แก่ เลซิติน, mono- และ diglycerides, sorbitan ester และ polysorbate 60 (Dziezak,1989)

2.1.3.3 นม มีสมบัติในการให้เนื้อ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ ในการผลิตนูกัตจะใช้นมผงพร่องมันเนย ซึ่งจะให้เนื้อสัมผัสที่ร่วน (Manifie,1989)

2.1.3.4 ถั่ว ส่วนใหญ่ที่ใช้คือถั่วลิสงคั่ว การเติมถั่วจะเพิ่มเนื้อสัมผัสและช่วยลดความหวานในผลิตภัณฑ์ และสำหรับนูกัตที่เคลือบด้วยช้อกโกแลต จะช่วยให้เกิดกลิ่นของช้อกโกแลตได้เต็มที่ (Dziezak,1989)

2.2 กระบวนการผลิตนูกัต (Lees และ Jackson,1973)

2.2.1 การผลิตแบบ batch

การผลิตนูกัตแบบ batch ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การเตรียมส่วนที่ตีให้ขึ้นฟู การเตรียมส่วนของน้ำเชื่อมเคี่ยวที่อุณหภูมิสูง และการผสมส่วนที่ตีให้ขึ้นฟูกับน้ำเชื่อมเคี่ยวที่อุณหภูมิสูงเข้าด้วยกัน โดยที่การผลิตในแต่ละขั้นตอนของการผลิตแบบ batch มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1.1 การเตรียมส่วนที่ตีให้ขึ้นฟู

ชั่งน้ำหนักสารที่ตีให้ขึ้นฟู น้ำตาลไอซิ่ง และน้ำ

↓

ละลายส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

↓

ตีให้ขึ้นฟูในเครื่องผสมด้วยความเร็วสูงตามเวลาที่กำหนด

2.2.1.2 การเตรียมส่วนของน้ำเชื่อมเคี่ยวที่อุณหภูมิสูง

ชั่งน้ำหนักน้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป น้ำ และส่วนประกอบอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ซอร์บิทอล มอลโทเด็กซ์ทริน เป็นต้น

↓

เคี่ยวน้ำเชื่อมจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดในหม้อเคี่ยว

2.2.1.3 การผสมส่วนที่ดีให้ขึ้นฟู และน้ำเชื่อมเคี่ยวที่อุณหภูมิสูงเข้าด้วยกัน

เติมส่วนของน้ำเชื่อมเคี่ยวลงในส่วนผสมของสารละลายที่ดีให้ขึ้นฟู

↓

ผสมให้เข้ากันในเครื่องผสมด้วยความเร็วต่ำ

↓

เติมไขมันและอีมัลซิไฟเออร์ ผสมที่ความเร็วต่ำ

↓

เติมถั่วและผสมที่ความเร็วต่ำ

2.2.2 การผลิตแบบต่อเนื่อง

การผลิตนูกัตแบบต่อเนื่อง ในการเตรียมส่วนที่ดีให้ขึ้นฟู และการเตรียมส่วนของน้ำเชื่อมเคี่ยวที่อุณหภูมิสูงนั้นขั้นตอนจะเหมือนกับการผลิตแบบ batch แต่การผสมส่วนที่ดีให้ขึ้นฟู และน้ำเชื่อมเคี่ยวที่อุณหภูมิสูงเข้าด้วยกันนั้นทำได้โดยปั๊มส่วนของน้ำเชื่อมเคี่ยวที่อุณหภูมิสูงส่วนของสารละลายที่ดีให้ขึ้นฟู และอากาศภายใต้ความดันเข้าไปในเครื่องผสม ผสมให้เข้ากันในเครื่องผสมด้วยความเร็วต่ำ แล้วจึงเติมไขมัน และ อีมัลซิไฟเออร์ ผสมที่ความเร็วต่ำ และเติมถั่ว ผสมที่ความเร็วต่ำอีกครั้ง