บทที่ 3
ลักษณะการผลิตซีอิ๊วไม่ปรุงแต่งสารเคมี

3.1 ความเป็นมาของซีอิ๊ว

ซีอิ๊วเป็นอาหารที่ชาวจีนคิดค้นผลิตขึ้น เป็นเวลานานกว่า 3 พันปีมาแล้ว เริ่มต้นจากพระสงฆ์เป็นผู้ผลิตเนื่องจากถั่วเป็นอาหารที่เป็นแหล่งของโปรตีนและไขมัน ต่อจากนั้นจึงได้ถูกเผยแพร่ไปทั่วประเทศ (ประมาณ 2 พันปีที่ผ่านมา) เช่น ญี่ปุ่น เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากเครื่องปรุงรสนับเป็นอาหารประจำวันที่จะขาดเสียมิได้

ซีอิ๊วคือผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง เป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้มที่มีรสเค็มและมีกลิ่นหอมคล้ายน้ำซุปที่ได้จากการต้มเนื้อ โดยทั่วไปซีอิ๊วได้จากการหมักถั่วเหลืองโดยเติมหรือไม่เติมแป้งสาลีหรือแป้งข้าวเจ้า อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตบางรายอาจผลิตซีอิ๊วโดยขบวนการทางเคมีก็ได้ โดยการผสมถั่วเหลืองกับกรดเกลือ (กรดไฮโดรคลอริก) แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิสูงภายใต้ความดันเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง จะได้ของเหลวสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งจะนำไปผ่านขบวนการลดความเป็นกรดและเติมเกลือแล้วนำไปใช้เป็นซีอิ๊วได้ ซีอิ๊วที่ได้จากขบวนการทางเคมีดังกล่าวข้างต้นแม้จะมีราคาถูกกว่าแต่มีรสและกลิ่นด้อยกว่าซีอิ๊วที่ได้จากการหมัก มีผู้ประมาณไว้ว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของซีอิ๊วที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่นได้จากการผลิตโดยผ่านทั้ง 2 ขบวนการ

ซีอิ๊วมีต้นกำเนิดจากประเทศจีน โดยเป็นผลต่อเนื่องของกรรมวิธีในการถนอมอาหารโดยใช้จุลินทรีย์และเกลือ ซึ่งต่อมามีการเผยแพร่ไปยังประเทศญี่ปุ่น ที่ญี่ปุ่นนี้เองที่ขบวนการทำซีอิ๊วได้รับความสนใจศึกษากันอย่างลึกซึ้ง มีการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมและการหาจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก จนในที่สุดสามารถเลือกและพัฒนาสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่เจริญภายใต้สภาวะที่ถูกควบคุมได้ ผลที่ได้จากการศึกษาข้างต้นสามารถลดความสูญเสียที่เกิดจากการเน่าเสียและยังทำให้ได้ซีอิ๊วที่มีคุณภาพดีอย่างสม่ำเสมอ เป็นผลให้การผลิตซีอิ๊วในประเทศญี่ปุ่นในปัจจุบันเป็นขบวนการที่ทันสมัยและอยู่ภายใต้การควบคุมอย่างดี ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีอย่างเสมอต้นเสมอปลาย

ผู้ผลิตซีอิ๊วรายใหญ่ ๆ ในประเทศญี่ปุ่นยังเห็นความสำคัญของนักวิทยาศาสตร์ที่จะทำการศึกษาวิจัยเพื่อตรวจสอบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น ในทางตรงข้ามผู้ผลิตรายย่อยในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ยังคงใช้ขบวนการผลิตแบบสืบทอดจากบรรพบุรุษอยู่ ซึ่งต่างจากต้นตำรับดั้งเดิมในประเทศจีนเมื่อหลายร้อยปีก่อนเพียงเล็กน้อย ขบวนการดังกล่าวมีการควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สภาวะในการหมักเพียงเล็กน้อย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ซีอิ๊วบูดเน่าหรือได้ซีอิ๊วที่มีคุณภาพต่ำ ตาราง 3.12 แสดงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากถั่วเหลือง จากประเทศต่าง ๆ แถบเอเชีย

ตาราง3.1 ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากถั่วเหลือง จากประเทศต่าง ๆ แถบเอเชีย

ชื่อภาษาอังกฤษ	ประเทศ					
	จีน	อินโดนีเซีย	ญี่ปุ่น	มาเลเซีย	ฟิลิปปินส์	ไทย
Soy sauce	chiang-yu	ketjap	shoyu	kicap	toyo	ซีอิ๊ว
Soybean paste	chiang	tauco	miso	tauco		เต้าเจี้ยว
Fermented whole soybeans	in-shi	taotjo	hamanatto		tao	เต้าซี่
	in-yu					เต้าซี่
Soybean cake		tempeh		tempeh		

ชื่อภาษาอังกฤษบอกเฉพาะชนิดของผลิตภัณฑ์เท่านั้น ในบางประเทศผลิตภัณฑ์อาจมีชื่อเรียกได้มากกว่าหนึ่ง ส่วนผสมและวิธีการทำโดยละเอียดอาจเปลี่ยนแปลงแล้วแต่ประเทศและผู้ผลิต

3.2 ซีอิ๊วกึ่งเคมี และ ซีอิ๊วเคมี

3.2.1 ซีอิ๊วกึ่งเคมี

ในโรงงานผลิตซีอิ๊วบางแห่ง ทำการย่อยถั่วเหลืองและแป้งสาลีให้เป็นสารละลายโดยใช้กรดแทนการย่อยด้วยเอนไซม์ โดยผสมถั่วเหลือง 1 ส่วนกับแป้งสาลี 1 ส่วนและย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ นาน 16-18 ชั่วโมง หรือใช้ส่วนผสมแบบเดียวกันแต่ให้ความร้อนภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 150°ซ. นาน 12 ชั่วโมง ทั้ง 2 วิธีนี้ สุดท้ายต้องนำส่วนผสมมาปรับ pH ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 50% จนได้ pH ประมาณ 4 หรือ 5

หลังจากทิ้งไว้ให้เย็นและรอให้ตกตะกอนหรือกรองเอากากของแข็งออก นำของเหลวที่ได้มาใช้เป็นซีอิ๊วโดยตรงหรือนำมาผสมกับซีอิ๊วที่ได้จากการหมักวิธีดั้งเดิม และ/หรือกับส่วนผสมอื่นเพื่อทำเป็นซอส หรือนำมาเติมเชื้อแบคทีเรียพวกแลคติคและยีสต์เพื่อเพิ่มกลิ่นและรสให้ใกล้เคียงกับซีอิ๊วที่ได้จากการหมักวิธีดั้งเดิม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2 ซีอิ๊วเคมี

ซีอิ๊วเคมี หมายถึง ซีอิ๊วที่ได้จากการใช้กรดเกลือเข้มข้นมาย่อยถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดน้ำมันออกไปแล้ว ใช้เวลาน้อยกว่าการหมักแบบธรรมชาติ ในขณะที่การหมักแบบธรรมชาติจะใช้เวลาอย่างน้อย 3 เดือน ปริมาณกรดอะมิโน (amino acid) ที่ได้จะมากกว่าการหมักแบบธรรมชาติ แต่มีกลิ่นรสด้อยกว่าการหมักแบบธรรมชาติ

เมื่อพูดถึงซีอิ๊วเคมี จะประกอบด้วยกรดอะมิโนเป็นส่วนประกอบสำคัญ กรดอะมิโนเป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่ง ในปัจจุบันเท่าที่ทราบกรดอะมิโนที่มีประโยชน์มีอยู่ด้วยกัน 25 ชนิด เช่น ไลซีน (Lysine) ทริดโตเฟน (Tryptophan) วาลิน (Valine) ลิวซิน (Leucine) อาร์จินิน (Arginine) เป็นต้น เรียกรวม ๆ ว่า กรดอะมิโน ในบทนี้จะพูดถึงการใช้กรดย่อยวัตถุดิบที่เป็นโปรตีน แล้วผ่านการทำให้เป็นกลาง ก็จะได้กรดอะมิโนหลายชนิดออกมาในรูปสารละลาย ดังนั้นจึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "สารละลายกรดอะมิโน" หรือ "สารละลายที่ให้กลิ่นรส" ในปีที่ 40 ของราชวงศ์หมิง (พ.ศ. 1911 - 2189) ได้มีชาวญี่ปุ่นใช้วิธีการทางเคมีสกัดได้กรดอะมิโนผงและเกลือโซเดียม นี่เป็นการพบกรดอะมิโน แล้วได้กลายเป็นอาหารที่มีคุณค่ามากที่สุด กรดอะมิโนที่มีคุณสมบัติรสพิเศษ ได้แก่ กรดกลูตามิค (Glutamaic acid) ในผงชูรสจะประกอบด้วยโซเดียมกลูตาเมท (Sodium glutamate) เป็นส่วนใหญ่ เมื่อใช้กรดเกลือต้มกับถั่วเหลืองก็จะได้กรดอะมิโนหลายชนิด โดยเฉพาะกรดกลูตามิคมากที่สุด รสหอม มีสีของซีอิ๊ว และเกลือ (โซเดียมคลอไรด์ = NaCl) เหมาะที่จะใช้เป็นสารปรุงรส ถ้าหากมีการเติมสีของซีอิ๊วเข้าไปอีกก็จะไม่ต่างจากซีอิ๊วหมักเลย นอกจากนี้การผลิตสารละลายกรดอะมิโนใช้เวลาสั้น การใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบ (ถั่วเหลือง) สูง เครื่องมือที่ใช้ไม่ซับซ้อน ต้นทุนการผลิตต่ำนี่เป็นข้อดีของการผลิตซีอิ๊วเคมี แต่ซีอิ๊วเคมีไม่มีกลิ่นหอมพิเศษ กลิ่นหอมของซีอิ๊วได้จากการเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อน ในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องเทศใดที่จะให้กลิ่นหอมคล้ายกับซีอิ๊วได้ เมื่อไม่นานมานี้ หลังจากการพยายามค้นคว้าและทดลองแล้วพบว่าเมื่อใช้กรดอะมิโนที่มีน้ำตาลอยู่และทำการย่อย ณ อุณหภูมิต่ำ พร้อมกับเติมเชื้อจุลินทรีย์พิเศษลงไปเพื่อทำการหมักจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นหอมคล้ายกับซีอิ๊วหมัก แต่จะให้เหมือนทีเดียวนั้นคงต้องใช้เวลาอันยาวนาน สรุปได้ว่า สารละลายอะมิโนที่ได้จากการย่อยแล้วปรับให้เป็นกลางเท่านั้น จะนำมาใช้เป็นซีอิ๊วนั้นไม่เหมาะสมและจะมาใช้ทดแทนซีอิ๊วก็ไม่ได้

3.3 การผลิตซีอิ๊วไม่ปรุงแต่งสารเคมี

ซีอิ๊วไม่ปรุงแต่งสารเคมีจะได้มาจากการหมักถั่วเหลืองแบบธรรมชาติหรือดั้งเดิมขบวนการหมัก คือ ขบวนการที่เชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเติบโตอยู่ในอาหารทำหน้าที่ในการถนอมอาหารหรือแปรรูปให้เป็นอาหารแบบอื่น ขบวนการหมักที่เก่าแก่ที่สุดที่มนุษย์คุ้นเคยกันดีก็คือ การเปลี่ยนน้ำผลไม้ให้เป็นเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ขบวนการหมักดังกล่าวอาศัยเชื้อส่าหรือยีสต์ อันที่จริงแล้วยังมีจุลินทรีย์อีก 2 กลุ่ม ที่สามารถทำหน้าที่ดังกล่าวได้ คือ แบคทีเรียและเชื้อรา

ขบวนการหมักบางอย่างอาศัยจุลินทรีย์เพียงชนิดเดียว ในขณะที่บางอย่างอาศัยจุลินทรีย์มากกว่า 1 ชนิด ซึ่งอาจใช้จุลินทรีย์หลายชนิดพร้อม ๆ กันหรือใช้แต่ละชนิดเป็นขั้นเป็นตอนก็ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จุลินทรีย์มีอยู่โดยทั่วไปในสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวเรา จุลินทรีย์บางชนิดเป็นสาเหตุของโรคในคนและสัตว์ บางชนิดทำให้อาหาร ธัญญพืช และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เน่าเสีย ซึ่งล้วนแต่ทำความเสียหายให้แก่มนุษย์ อย่างไรก็ตาม จุลินทรีย์ส่วนใหญ่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ไม่ว่าจะในด้านสุขภาพหรือความเป็นอยู่ก็ตาม แบคทีเรียยีสต์และราที่ใช้ในขบวนการหมักต่างก็จัดเป็นจุลินทรีย์ประเภทที่มีประโยชน์

ขบวนการหมักกับขบวนการที่จุลินทรีย์ทำให้อาหารบูดเน่านั้นมีความคล้ายคลึงกันมาก เพราะทั้งสองกรณีต่างก็อยู่บนหลักการที่ว่า เชื้อจุลินทรีย์ใช้สารอาหารที่ได้เพื่อการเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ ความแตกต่างอยู่ตรงที่จุลินทรีย์ที่เราเลือกใช้ในขบวนการหมักนั้น จะเจริญเติบโตและใช้อาหารไปบางส่วนและจะเปลี่ยนอาหารให้เป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ ในขณะที่จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารบูดเน่าไม่ทำเช่นนั้น

เอ็นไซม์ที่จุลินทรีย์ผลิตออกมาสำหรับย่อยอาหารนี้มีผลอย่างมากต่อรสและกลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก โดยเฉพาะซีอิ๊วใช้จุลินทรีย์เหล่านี้และสามารถควบคุมสภาวะในการหมักได้ ซีอิ๊วที่ผลิตขึ้นมาย่อมจะมีคุณภาพดีและยังช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดการเน่าเสียของซีอิ๊วด้วย

3.3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตซีอิ๊วไม่ปรุงแต่งสารเคมี

การทำซีอิ๊ว วัตถุดิบที่สำคัญที่สุดได้แก่ แหล่งโปรตีน (ถั่วเหลืองหรือถั่วเหลืองปราศจากไขมัน) แหล่งคาร์โบไฮเดรต (ข้าวสาลี หรือรำข้าวสาลี) เกลือและน้ำ

1) ถั่วเหลือง โปรตีนที่ได้จากการย่อยถั่วเหลืองเป็นต้นกำเนิดของกลิ่นที่คล้ายเนื้อในซีอิ๊วในโรงงานซีอิ๊วทั่วๆไปนั้นถั่วเหลืองทั้งหมดที่ได้จากการทำให้สุกจะถูกนำไปใช้ในการผลิตซีอิ๊วอย่างไรก็ตามในปัจจุบันโรงงานผลิตน้ำมันถั่วเหลืองสามารถผลิตอาหารจากถั่วเหลืองที่มีไขมันน้อยออกมามากขึ้นโดยเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองในประเทศญี่ปุ่นมีการนำถั่วที่สกัดเอาน้ำมันออกไปแล้วนี้ไปใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนถั่วเหลืองในการผลิตซีอิ๊ว การสกัดน้ำมันออกจากถั่วเหลืองทำได้ 2 ทาง คือ 1) การใช้ความร้อน 2) การทำให้ระเหยโดยการลดความดัน ในขบวนการแรกนั้นจะได้ถั่วสีน้ำตาลเข้มซึ่งไม่เหมาะที่จะใช้ในการผลิตซีอิ๊วเนื่องจากมีกลิ่นเหม็นค่อนข้างรุนแรง ส่วนถั่วที่ได้จากขบวนการที่สองจะมีสีเหลืองอ่อนและมีกลิ่นหอมเหมาะอย่างยิ่งสำหรับการผลิตซีอิ๊ว ในปัจจุบัน 75% ของซีอิ๊วที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่นได้มาจากการใช้ถั่วเหลืองที่สกัดเอาน้ำมันออกแล้วทั้งหมดหรืออย่างน้อยใช้ถั่วเหลืองชนิดนี้เป็นบางส่วน เพราะถั่วชนิดนี้มีราคาถูกกว่าถั่วเหลืองทั่ว ๆ ไปและถูกรา่ย่อยได้มากกว่าในขั้นตอนการหมักโคจิ นอกจากนี้ซีอิ๊วที่ได้ก็ทำให้ใสได้ง่ายกว่าเพราะมีไขมันอยู่ด้วย ด้วยเหตุนี้ จึงได้ซีอิ๊วที่มีคุณภาพและมีความเข้มข้นสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กว่าการใช้ถั่วเหลืองทั่วๆ ไป ดังนั้น หากถั่วเหลืองที่สกัดเอาน้ำมันออกแล้วไม่ทำให้กลิ่นและรสเสียไป ก็น่าจะเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสำหรับการทำซีอิ๊ว จึงขอแนะนำให้ลองใช้ถั่วที่ผ่านการสกัดน้ำมันออกแล้วนี้เป็นวัตถุดิบ โดยในตอนแรกอาจใช้ในปริมาณน้อยเพื่อทดลองว่าจะได้ซีอิ๊วที่มีกลิ่นและรสตามที่เราต้องการหรือไม่

การใช้ถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดน้ำมันออกก็ต้องนำไปนึ่งเช่นเดียวกับถั่วเหลืองทั่ว ๆ ไป โดยนึ่งถั่วซึ่งผสมกับน้ำปริมาณ 1.25 เท่าของน้ำหนักถั่วภายใต้ความดัน 10-13 ปอนด์เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง ทั้งนี้ ไม่ต้องทำการแช่ถั่วก่อนนึ่งแต่อย่างใด หลังจากถั่วสุกและถูกทำให้เย็นอย่างรวดเร็วแล้ว จะได้ถั่วที่มีความชื้นประมาณ 60% (คำนวณจากน้ำหนักของน้ำหารด้วยน้ำหนักของถั่วแห้งแล้วคูณด้วย 100%) ความชื้นที่ได้นี้สูงเกินไปและไม่เหมาะสำหรับการหมักโคจิ เพราะจะทำให้แบคทีเรียเจริญได้ดีกว่าเรา จึงต้องผสมถั่วกับแป้งก่อนที่จะนำไปหมัก

ส่วนประกอบของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองจะประกอบด้วย Cotyledon, Seed coat และ Embryo จากการวิเคราะห์ทางเคมีพอที่จะสรุปส่วนประกอบต่าง ๆ ของถั่วเหลืองได้ดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง (%)

Ash	4.99 %	Sugar	7.97 %
Crude fat	19.63 %	Phosphorus	0.659 %
Crude fiber	5.52 %	Potassium	1.67 %
Crude protein	42.78 %	Calcium	0.275 %

มาตรฐานการเลือกใช้ถั่วเหลือง

ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นการตรวจสอบทางเคมีและฟิสิกส์ ซึ่งมีมาตรฐานดังนี้

1. ถั่วใหม่ดีกว่าถั่วเก่าเพราะความชื้นต่ำ โปรตีนสูงกว่าและถั่วเก่าจะมีเถ้าความเป็นกรดสูง
2. ความแก่-อ่อนของถั่วเหลืองจะต้องเลือกถั่วที่มีเมล็ดเต็ม ถั่วเหลืองอ่อนจะมีเซลลูโลสมาก แต่มีโปรตีน น้ำมันต่ำ และถ้าแก่เกินไปจะทำให้เปลือกหนาและมีคุณภาพต่ำ
3. เมล็ดถั่วเหลืองต้องแห้งพอเหมาะ สีวาว
4. เปลือกบาง เนื้อหนา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ถั่วเมล็ดเบา แมลงทำลาย และสิ่งปลอมปนจะต้องต่ำ

จากมาตรฐานของจีนไต้หวัน (CNS) ได้กำหนดไว้ดังนี้

1. หน่วยน้ำหนัก จะต้องหนักมากกว่า 700 กรัม / ปริมาตร 1 ลิตร
2. ความชื้น น้อยกว่า 14 %
3. เมล็ดแตก น้อยกว่า 20 %
4. เมล็ดที่ถูกแมลงทำลาย น้อยกว่า 3% และจะต้องมีเมล็ดแตก น้อยกว่า 0.5%
5. สิ่งปลอมปน น้อยกว่า 2% โดยร่อนบนตะแกรงที่มีขนาดรู 3.175 มม. (1/8")
6. สีของเมล็ด จะต้องมีสีอื่นปลอมปนได้ น้อยกว่า 2%

2) แป้ง สารที่ได้จากการย่อยแป้งทำให้ซีอิ๊วมีรสหวาน และอาจเป็นต้นกำเนิดของสารที่ให้กลิ่นและรสด้วย ปกติจะใช้แป้งสาลีหรือแป้งข้าวเจ้าคลุกกับถั่วเหลืองเพื่อทำโคจิปริมาณของแป้งที่ใช้มีตั้งแต่ใช้มากเท่ากับน้ำหนักของถั่วแห้งหรืออาจใช้น้อยเป็นครึ่งหนึ่งของน้ำหนักถั่วแห้งแป้งที่ใช้อาจทำให้สุกก่อนหรือไม่ก็ได้

ในญี่ปุ่น แป้งสาลีได้จากการนำข้าวสาลีที่แตกหักหรือข้าวสาลีทั้งเมล็ดมาย่างจนมีสีน้ำตาลอ่อนหรือกรอบแล้วจึงนำไปบดก่อนจะผสมกับถั่ว เมื่อจะทำแป้งสาลีหรือแป้งข้าวเจ้าให้สุก มักใช้วิธีนึ่งมากกว่าย่าง (ใช้ความดัน 10-13 ปอนด์ นาน 20 นาที) อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตซีอิ๊วหลายรายนิยมผสมแป้งดิบกับถั่วโดยตรงซึ่งการผสมแป้งดิบกับถั่วมีข้อเสีย 2 ประการ คือ ในแป้งดิบอาจมีสปอร์ของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะสปอร์ของเชื้อรา ประการที่สองคือ แป้งดิบย่อยยากกว่าแป้งสุกซึ่งทำให้ซีอิ๊วที่ได้ไม่หวานเท่าที่ควร

การใช้แป้งและการเตรียมแป้งแตกต่างกันจะทำให้ได้ซีอิ๊วที่มีกลิ่น สีและรสชาดแตกต่างกันไปด้วย การเลือกใช้ขึ้นกับความพอใจในรสชาดของซีอิ๊วของผู้บริโภค การผสมแป้งยังมีประโยชน์ช่วยลดความชื้นของถั่วสุกอีกประการหนึ่งด้วยโดยสามารถลดความชื้นจาก 60% เหลือไม่เกิน 45% การลดความชื้นก็เพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรามากกว่าแบคทีเรียและยีสต์ในขั้นตอนการหมักโคจิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนประกอบทางเคมีของข้าวสาลี

ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ และสภาพแวดล้อมการปลูก เช่น ที่ดิน ภูมิอากาศ เป็นต้น ส่วนประกอบต่าง ๆ ทางเคมีของข้าวสาลี แสดงในตาราง 3.3

ตาราง 3.3 ส่วนประกอบทางเคมีของข้าวสาลี

โปรตีน	12.5%	เถ้า	1.6-1.8%
แป้ง	72.5%	น้ำตาล	1.5-3.0%
น้ำมัน	1.9-2.1%	ความชื้น	15-16%
ไฟเบอร์	2.6-2.7%		

มาตรฐานการเลือกใช้ข้าวสาลี

เช่นเดียวกับถั่วเหลือง จะต้องมีมาตรฐานดังต่อไปนี้

1. ความชื้นต่ำกว่า 16% นน.เมล็ดหนัก และมีเนื้อแน่น ตากแห้งแล้ว ควรมีความชื้น 12% ตามปกติสามารถใช้ฟันขบแตกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ 3-4 ชิ้น ซึ่งแสดงว่ามีความชื้นต่ำกว่า 12%
2. สิ่งปลอมปน เช่น ทราย หิน ต้องน้อย ไม่มีเมล็ดที่ถูกทำลายจากแมลง
3. เปลืองบาง
4. สีสม่ำเสมอ
5. สุกพอดี ถ้าอ่อนเกินไปจะมีความชื้นสูง โปรตีนต่ำ แก่เกินไปเปลือกจะหนา คุณภาพต่ำ

ปริมาณแป้งในข้าวสาลีมีผลต่อซีอิ๊ว

เนื่องจากข้าวสาลีที่มีปริมาณแป้งมาก เวลาคั่วจะทำให้พองตัว และหลังจากบดแล้วทำการเพาะเลี้ยงเชื้อรา จะทำให้ mycelium เจริญเข้าไปได้ง่าย ปริมาณเอนไซม์ก็สูง ถ้าหากข้าวสาลีที่มีแป้งน้อย เวลาคั่วจะไม่พองตัว หลังจากบดแล้วทำการเพาะเลี้ยงเชื้อจะดูดซึมน้ำได้น้อย mycelium ของเชื้อราเจริญได้ลำบากปริมาณเอนไซม์ก็ต่ำด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) เกลือ เกลือเป็นสารอาหารที่สำคัญต่อร่างกายมนุษย์เกลือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของซีอิ๊วสามารถป้องกันการสุกเกินไปของวัตถุดิบป้องกันการเกิดการเสื่อมเสียและเป็นแหล่งให้รสเค็มนอกจากนี้เกลือยังเป็นวัตถุดิบในการผลิตสารเคมีบางตัว เช่น : NaOH, Na_2CO_3,Na_2SO_4 และ HCl เป็นต้น

คุณสมบัติของเกลือ

ส่วนประกอบที่สำคัญของเกลือ คือ NaCl, NaCl ที่บริสุทธิ์จะอยู่ในรูปผลึก 6 เหลี่ยม ไม่มีสี ใส แต่ในขณะทำจะมีสีเกิดขึ้น เช่น สีขาว สีชา NaCl บริสุทธิ์ ณ 25° ซ จะมี ถ.พ. 2.161 แต่เกลือที่ใช้ในการทำซีอิ๊ว ควรมี ถ.พ. 2.1-2.3 จุดหลอมเหลว 800-803° ซ การละลายของเกลือขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ในน้ำ 100 ml เกลือจะละลายได้ในระดับต่าง ๆ กัน ขณะอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ดังตาราง 3.4

ตาราง3.4 การละลายได้ของเกลือ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ กัน

อุณหภูมิ °ซ	0	5	9	14	25	40	60	80	100
การละลาย (g)	35.52	35.63	35.74	35.87	36.13	36.64	37.25	38.22	39.61

เกลือที่มีขายอยู่ในท้องตลาด นอกจาก NaCl แล้วยังประกอบด้วยความชื้น $MgCl_2$ $CaCl_2$ $MgSo_4$ $CaSO_4$ KCl ทราย อินทรียสารต่าง ๆ ที่ปะปนมาด้วย

ส่วนประกอบของเกลือ

ส่วนประกอบทางเคมีของเกลือขึ้นอยู่กับชนิดแหล่งผลิต และวิธีการผลิตดังตาราง 3.5

ตาราง3.5 ส่วนประกอบเกลือทะเลของประเทศไต้หวัน

ส่วนประกอบ%	ความชื้น	NaCl	$CaSO_4$	$MgSO_2$	$MgCl_2$	KCl	Insoluble substance
ชนิดของเกลือ							
เกรด เอ.	4.03	93.58	0.91	0.16	1.06	0.19	0.144
เกรด บี.	4.63	92.60	0.95	0.42	0.50	0.14	0.170

การแบ่งกรดเกลือ อาศัยปริมาณ NaCl เป็นหลัก ถ้ามากก็เกรดสูง ถ้าน้อยก็เกรดต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
All rights reserved

มาตรฐานในการเลือกใช้เกลือ

มาตรฐานต่อไปนี้เป็นวิธีเก่าโบราณแต่ในปัจจุบันบรรดาโรงงานใช้วิธีวิเคราะห์ทางเคมีมากำหนดเป็นมาตรฐาน

1. สีขาวดั่งหิมะ
2. ผลึกละเอียดและเท่า ๆ กัน
3. แห้งพอเหมาะ และมีปริมาณ NaCl สูง
4. มีสิ่งแปลกปลอม เช่น สารอินทรีย์ ทราย ต่ำ
5. ปริมาณ $MgCl_2$ จะต้องต่ำ และมีรสขมน้อย

ข้อควรระวัง เนื่องจากการวิวัฒนาการทางด้านอุตสาหกรรมเคมีเจริญขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการขายเกลือที่เป็นของเสียจากโรงงานเคมีในราคาที่ถูก เช่น โรงงานผงชูรส จะใช้ NaOH ทำปฏิกิริยากับของเสียที่ได้ เพื่อตกตะกอน MSG (Monosodium glutamate) ที่หลงเหลืออยู่หรือจาก by product ของโรงงานผลิตปุ๋ย ซึ่งเกลือประเภทนี้ประกอบด้วย urea, NH_4Cl ซึ่งเป็นผลเสียต่อการทำซีอิ๊ว

4) น้ำ ในซีอิ๊วจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบถึง 60.70% ดังนั้นน้ำจึงมีผลต่อคุณภาพของซีอิ๊วมาก นอกจากนี้การเตรียมวัตถุดิบก็ต้องใช้น้ำล้างในปริมาณมาก ดังนั้นจึงควรระมัดระวังการใช้น้ำด้วย

น้ำที่ใช้ในการทำซีอิ๊วมีอยู่ 3 ประเภท คือ

1. น้ำที่ใช้กับการละลายเกลือ
2. น้ำที่ใช้แช่ถั่วเหลือง
3. น้ำที่ใช้ทั่ว ๆ ไป

น้ำที่ใช้ในการทำซีอิ๊ว ต่างจากน้ำที่ใช้ในการทำแอลกอฮอล์ น้ำที่ใช้กับซีอิ๊วเพียงแต่อาศัยหลักที่ว่าเป็นน้ำที่ใช้ดื่มได้ก็พอ ดังนั้นมาตรฐานของน้ำที่ใช้กับซีอิ๊วก็ใช้มาตรฐานของน้ำดื่มทั่ว ๆ ไป นอกจากนี้น้ำที่ใช้กับการทำซีอิ๊วไม่ควรมีสารอินทรีย์ แอมโมเนีย และสารแขวนลอยอื่น ๆ

น้ำดื่มที่ดีไม่มีกลิ่น รส ต้องใส โดยปล่อยทิ้งไว้ 1 วัน แล้วไม่มีการตกตะกอน และในน้ำดื่มจะต้องมีปริมาณแร่ธาตุที่เหมาะสม โดยให้ความกระด้างมีอยู่ในช่วง 100-200 พีพีเอ็มของ $CaCO_3$ มาตรฐานของน้ำดื่ม ดังแสดงในตาราง 3.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง3.6 มาตรฐานของน้ำดื่ม

รายการ	ปริมาณที่มีได้	รายการ	ปริมาณที่มีได้
ความกระด้างทั้งหมด	น้อยกว่า 300 พีพีเอ็ม	E. coli	ไม่มี
ของแข็งทั้งหมด	น้อยกว่า 500 พีพีเอ็ม	CN	ไม่มี
กลิ่น	ไม่มี	Hg	ไม่มี
สี	น้อยกว่า 5°	Organic P	ไม่มี
ความขุ่น	น้อยกว่า 2°	Cu	น้อยกว่า 1.0 พีพีเอ็ม
pH	5.8-8.6	Fe, Mn	น้อยกว่า 0.3 พีพีเอ็ม
Ammonia nitrigen	น้อยมาก	Zn	น้อยกว่า 1.6 พีพีเอ็ม
Nitrate nitrogen	น้อยกว่า 10 พีพีเอ็ม	Pb	น้อยกว่า 0.1 พีพีเอ็ม
Cl_2	น้อยกว่า 200 พีพีเอ็ม	Cr	น้อยกว่า 0.05 พีพีเอ็ม
ออกซิเจนที่จะต้องใช้	น้อยกว่า 10 พีพีเอ็ม	As	น้อยกว่า 0.05 พีพีเอ็ม
จุลินทรีย์	น้อยกว่า 100 / ml.	F	น้อยกว่า 0.80 พีพีเอ็ม

3.3.2 จุลินทรีย์ที่สำคัญในขบวนการหมัก

1) รา เชื้อราส่วนใหญ่มีประโยชน์ต่อมนุษย์แม้จะมีบางชนิดที่ทำให้เกิดโรค และทำลายธัญญพืชตลอดจนอาหารที่เก็บสะสมไว้ก็ตามเรามักจะคุ้นเคยกับรามากกว่าแบคทีเรียและยีสต์เพราะมันมีสีขาว ดำหรือสีอื่นสดใส เป็นปุยอยู่บนอาหารที่เสียแล้วอันที่จริงแล้ว รามีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับยีสต์และต้องการสภาวะแวดล้อมสำหรับการเจริญเติบโต และการสืบพันธุ์คล้าย ๆ กัน

โคโลนีของรามักเริ่มต้นจากสปอร์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าสปอร์ดังกล่าวสามารถถูกพัดพาได้ด้วยกระแสลม เราจึงพบสปอร์ของราอยู่ทั่วไปในอากาศแม้จะมีจำนวนน้อยก็ตาม หากสปอร์เหล่านั้นตกลงไปบนแหล่งอาหารที่มีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมแล้ว มันจะให้กำเนิดเป็นเส้นสายจำนวนมากมายและจะแตกกิ่งก้านสาขาแผ่ออกทั่วแหล่งอาหาร ใช้อาหารนั้นต่อไป จนในที่สุดเกิดเป็นโคโลนีซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

โคโลนีของราประกอบด้วยกลุ่มก้อนของเส้นสายเล็ก ๆจำนวนมาก ซึ่งสามารถเจริญครอบคลุมและหยั่งลึกลงไปในอาหารที่มันอาศัยอยู่ได้ หากเรามองผ่านกล้องจุลทัศน์จะพบว่าเส้นสายเหล่านี้ถูกแบ่งออกเป็นท่อน ๆ โดยมีผนังกั้น แต่ละท่อนคล้ายกับแต่ละเซลล์ของยีสต์ที่ไม่สามารถแตกออกมาเป็นเซลล์เดี่ยว ๆ ได้ เมื่อราเจริญไปได้ประมาณ 2-3 วัน จะสร้างก้านชูขึ้นมาในอากาศและปลายก้านดังกล่าวจะมีสปอร์อยู่เป็นจำนวนมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สภาวะแวดล้อมโดยทั่วไปที่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของราคือ ที่ ๆ มีอุณหภูมิปานกลาง มีความเป็นกรดปานกลาง มีความชื้นและเป็นอาหารแข็ง

เมื่อบรรจุลงบ่อหมักใหม่ ๆ เชื้อราที่อยู่ในหัวเชื้อจะหยุดการเจริญเติบโต แต่เวลายิ่งนานการทนอยู่ได้ของเชื้อราก็เริ่มลดลง ระยะเวลาที่อยู่ได้ประมาณ 1-2 เดือน หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ตายไป ประมาณ 3 เดือน เชื้อราแทบจะไม่มีอยู่เลย แต่เอนไซม์ที่ถูกสกัดสร้างออกมานั้นยังคงมีอยู่ในบ่อหมักนอกจากเชื้อราที่ใช้เป็น starter แล้วยังมีเชื้อราบางชนิด เช่น Rhi. Japonicus, clod. Herharum, Pen. Glaucum, Dospora, Monilia, Oidium เป็นต้น แต่ไม่มีผลต่อการหมักซีอิ๊ว

2) แบคทีเรีย แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเว้นแต่จะดูด้วยกล้องจุลทัศน์เท่านั้น อย่างไรก็ตาม หากแบคทีเรียจำนวนนับล้าน ๆ ตัวมาอยู่รวมกันเป็นกลุ่มที่เรียกว่า “โคโลนี” แล้ว เราจะสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แบคทีเรียชนิดที่เป็นสาเหตุของโรคและทำให้อาหารบูดเน่านั้นมีเป็นส่วนน้อยแบคทีเรียชนิดที่ให้คุณประโยชน์ต่อมนุษย์ทั้งในด้านสุขภาพพลานามัยและความเป็นอยู่มีเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งรวมไปถึงแบคทีเรียที่มีบทบาทในขบวนการหมักซีอิ๊วนี้ด้วย หากเราดูแบคทีเรียด้วยกล้องจุลทัศน์ พบว่าส่วนใหญ่จะมีรูปร่างกลม เป็นแท่งหรือเป็นเกลียว อาจเรียงตัวกันอยู่เป็นคู่ เป็นกลุ่มหรือเป็นสาย แบคทีเรียบางชนิดสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวของมันเอง บางชนิดเคลื่อนที่ไม่ได้ ลักษณะต่างๆ ที่กล่าวมานี้สามารถใช้ในการจำแนกแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ออกจากกันได้ แบคทีเรีย 1 ตัวเราเรียกว่า 1 “เซลล์” มันสามารถเพิ่มจำนวนได้โดยขบวนการแบ่งตัวซึ่งในตอนแรกเซลล์จะมีความยาวเพิ่มขึ้นและต่อมาจะแบ่งตัวได้เซลล์ลูกที่มีขนาดเท่ากัน และมีรูปร่างเหมือนกับเซลล์ที่ทำให้กำเนิดเซลล์ใหม่ที่ได้นี้สามารถแบ่งตัวเพื่อแพร่พันธุ์ต่อไปได้อีกเรื่อย ๆ

แบคทีเรียเหมือนกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ ที่ต้องการน้ำและอาหารสำหรับการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ ถ้าแบคทีเรียขาดแคลนสิ่งเหล่านี้ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมก็จะไม่สามารถเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ แบคทีเรียบางชนิดสามารถปรับตัวให้กลายเป็นเซลล์ที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ เช่น ในน้ำเดือด และจะหยุดการเจริญเติบโตไว้ชั่วขณะเซลล์ที่ได้นี้ เรียกว่า “สปอร์” ด้วยเหตุนี้ จึงเป็นการยากที่จะกำจัดแบคทีเรียออกได้หมดแม้จะผ่านการล้างหรือหุงต้มแล้วก็ตาม

อันที่จริงแล้วแบคทีเรียไม่ได้ต้องการเพียงแต่อาหารและน้ำเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ แต่ยังต้องการสภาวะที่เหมาะสมรวมทั้งสารอื่น ๆ ที่จำเป็นด้วย สิ่งเหล่านี้จะแตกต่างกันไปสำหรับแบคทีเรียแต่ละชนิดคุณสมบัติเช่นนี้เป็นประโยชน์ต่อขบวนการหมัก กล่าวคือ เราสามารถควบคุมสภาวะที่ใช้ในการหมักเพื่อลดหรือหยุดยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคหรือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำให้อาหารบูดเน่าได้ ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิ 37° ซ ความเป็นกรดต่ำ และมีความชื้นสูง เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแต่ไม่เหมาะสำหรับยีสต์และรา เป็นต้น

ในการหมักซีอิ๊วจะมีเชื้อแบคทีเรีย เช่น Lactobacillus, Bacillus Acetobacter, Brevibacterium และ Pediococcus เป็นต้น โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ทนความเข้มข้นของเกลือได้สูง ๆ จะมีอยู่ในบ่อขณะหมักตามปกติ แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและโรคนั้นจะอาศัยอยู่ได้น้อยมาก หรือไม่มีเลย ในความเข้มข้นของเกลือ 18% แบคทีเรียที่มีอยู่ได้เหล่านี้สามารถผลิตเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตได้ ทำให้เกิดกรดต่าง ๆ เช่น กรดแลกติก กรดแอซีติก และกรดซัลซินิก ซึ่งช่วยให้การหมักเป็นซีอิ๊วได้เร็วขึ้น ในบรรดาแบคทีเรียที่มีอยู่ lactic acid bacteria สำคัญที่สุด เพราะขณะบรรจุวัตถุดิบลงบ่อหมักนั้น lactic acid bacteria ก็ผลิตกรด lactic ออกมา ทำให้ pH ของวัตถุดิบต่ำลง ทำให้จุลินทรีย์อื่น ๆ ที่เป็นพิษถูกทำลาย ดังนั้น lactic acid bacteria จึงมีบทบาทสำคัญมาก

ประโยชน์ของเชื้อแบคทีเรีย

1. เชื้อราและแบคทีเรียมีการทำงานช่วยกันเพื่อย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนและเพื่อให้ กรดอะมิโนทำปฏิกิริยากับเกลืออินทรีย์ เกิดกรดที่ระเหยได้และไม่ได้ เช่น กรดแลกติก กรดแอซีติก กรดซัคซินิก และ esters
2. ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี
3. ทำให้เกิดกลิ่นหอม

3) ยีสต์ ยีสต์ก็เช่นเดียวกับแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ทั้งในด้านสุขภาพและความเป็นอยู่ เราไม่สามารถมองเห็นยีสต์เดี่ยว ๆ ได้ด้วยตาเปล่า แต่จะมองเห็นได้หากมันอยู่รวมกันเป็นล้าน ๆ เซลล์จนเป็นโคโลนี เมื่อเรามองดูยีสต์ภายใต้กล้องจุลทัศน์ ยีสต์จะมีรูปร่างกลมหรือรี และมักมีติ่งกลม ๆ เล็ก ๆ ติดอยู่ด้วย ยีสต์ 1 ตัว เรียกว่า "1 เซลล์" เช่นเดียวกัน โดยทั่วไปยีสต์จะมีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย

ยีสต์เพิ่มจำนวนโดยขบวนการที่แตกต่างจากแบคทีเรีย กล่าวคือจะเพิ่มจำนวน โดย "การแตกหน่อ" ขบวนการดังกล่าวกินเวลานานกว่าการแบ่งตัวของแบคทีเรีย 5-10 เท่า แสดงว่า การเพิ่มจำนวนของยีสต์จะช้ากว่าการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรีย หากเริ่มต้นด้วยยีสต์ 1 เซลล์ จะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 2 วัน จึงจะมองเห็นโคโลนีได้ด้วยตาเปล่า

ยีสต์สร้างสปอร์ได้เช่นเดียวกับแบคทีเรียเมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม สำหรับการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ แต่สปอร์ของยีสต์ไม่ทนความร้อน เช่น ในน้ำเดือด ได้เท่าสปอร์ของแบคทีเรีย ยีสต์แต่ละชนิดต้องการสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แตกต่างกันไป หากเราควบคุมสภาวะแวดล้อมได้ เราจะสามารถช่วยในการเจริญเติบโตของยีสต์ชนิดที่เราต้องการและหยุดยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์ที่เราไม่ต้องการได้

สภาวะโดยทั่วไปที่เหมาะสำหรับยีสต์คือ ที่ ๆ มีอุณหภูมิปานกลางและเป็นของเหลวที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลและเกลือสูงและมีความเป็นกรดปานกลาง

ในบ่อหมักจะมียีสต์ที่สำคัญ ๆ อยู่ เช่น Zygosaccharomyces soja Zygmajor, Zyg. Japonicus, Zyg, salsus. จัดเป็น Saccharomyces rouxii โดย Lodder และ Kreger-van Rij (1952) ซึ่งยีสต์ดังกล่าวทราบกันในชื่อของยีสต์ซีอิ๊ว Asporoganic, Mycederma, Pichia alcohlophila, Torula. แต่ Zyg, oja และ Zyg. Major มีประโยชน์ต่อการหมักมากที่สุด ยีสต์เหล่านี้ จะย่อยถั่วเหลืองและข้าวสาลีด้วยเอนไซม์ในช่วงทำหัวเชื้อ จะย่อยโปรตีนให้ได้กรดอะมิโนและย่อยแป้งให้ได้มอลโทสย่อยกลูโคสได้ แอลกอฮอล์ CO_2 หรือ lactic acid นอกจากนี้ยังมีกลิ่นหอม

3.4 ขั้นตอนในการผลิตซีอิ๊วไม่ปรุงแต่งสารเคมี

การผลิตซีอิ๊วแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมวัตถุดิบเพื่อหมักซีอิ๊วเป็นวิธีการเบื้องต้นและมีผลต่อขั้นตอนภายหลังด้วย ดังนั้นจะต้องระมัดระวังในการเตรียม การหมักซีอิ๊วนั้น มีวิธีการเตรียมวัตถุดิบดังต่อไปนี้

การคัดเลือกถั่วเหลืองและข้าวสาลี ตามปกติในถั่วเหลืองจะประกอบด้วย หินทราย เศษเหล็กหรือเมล็ดหญ้าต่าง ๆ เป็นสิ่งปลอมปน สำหรับหินทราย เศษเหล็ก ตะปู จะต้องกำจัดออกให้หมด ถ้าไม่เช่นนั้นจะมีผลต่อกระบวนการผลิตโดยเฉพาะเครื่องจักร เครื่องกรอง โดยเฉพาะในเมล็ดหญ้าบางชนิดมีสารเป็นพิษ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของซีอิ๊ว เมื่อสิบปีก่อน ญี่ปุ่นได้กำหนดถั่วเหลืองที่เข้าประเทศว่าจะต้องมีเมล็ดหญ้าปะปนน้อยกว่า 0.07% ในโรงงานเล็ก ๆ ใช้กระด้งที่สานห่าง ๆ เล็กน้อย แล้วใช้พัดลมเป่าเอาเศษทรายและเมล็ดหญ้าออก ต่อมาต้องใช้ตะแกรงขนาดรูต่าง ๆ แยกเอาเศษดินและวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่าออก วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุด ในโรงงานขนาดใหญ่ใช้เครื่องหมุนรอบตัวเองซึ่งจะมีตะแกรงขนาดรูต่าง ๆ แยกเอาดินและเมล็ดหญ้าออก หรือใช้เครื่องสั่นสะเทือนในการคัดเลือก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.2 การแช่ถั่วเหลือง

ในขั้นตอนแรกของการทำซีอิ๊วนั้นถั่วเหลืองจะถูกแช่ในน้ำนาน 1 คืน (หรือ 10-12 ชั่วโมง) โดยให้น้ำไหลผ่านช้า ๆหรือเปลี่ยนน้ำบ่อย ๆ ก็ได้วิธีดังกล่าวจะทำให้ถั่วเหลืองอ่อนนุ่มและช่วยลดเวลาที่ใช้ในการต้มถั่วให้สุกหากไม่มีการเปลี่ยนน้ำระหว่างที่แช่ถั่วหรือไม่ปล่อยให้น้ำไหลผ่านอย่างช้าๆ แล้ว อาจทำให้จุลินทรีย์ที่แฝงตัวอยู่บนผิวของเมล็ดถั่วเจริญเติบโตจนมีจำนวนมากพอที่จะทำให้ถั่วเน่าเสียได้ การเปลี่ยนน้ำเป็นวิธีการล้างเอาจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกไปโดยง่าย ทำให้เหลือจุลินทรีย์จำนวนน้อยจนไม่สามารถทำอันตรายใด ๆ ได้อีก อย่างไรก็ตามขอย้ำว่าวิธีดังกล่าวไม่ได้กำจัดจุลินทรีย์ออกไปได้หมดสิ้น จะสังเกตได้ว่า หากเราแช่ถั่วเหลืองในน้ำที่ไม่มีการถ่ายเทแล้ว จะพบฟองอากาศผุดขึ้นมาบนผิวน้ำ ปรากฏการณ์ดังกล่าวแสดงว่าจุลินทรีย์กำลังทำให้ถั่วเน่าเสีย

การล้างถั่วสามารถทำในถังขนาดใหญ่ที่น้ำไหลเข้าก้นถังอย่างช้า ๆ และถูกปล่อยออกไปทางด้านบนโดยวิธีนี้น้ำสะอาดจะผ่านเมล็ดถั่วเหลืองไปอย่างช้า ๆ พร้อมกับชะล้างเอาแบคทีเรียออกไปด้วย หลังจากนั้น ถั่วเหลืองจะถูกนำไปทำให้สุกทันที ทั้งนี้ก็เพื่อไม่เปิดโอกาสให้จุลินทรีย์ที่ยังคงเหลืออยู่มีโอกาสเจริญเติบโตและสะสมจนมีจำนวนมากได้

ถั่วเหลืองที่ผ่านการคัดเลือกแล้วจะต้องล้างด้วยน้ำ แล้วค่อยแช่ไว้ในน้ำเพื่อทำให้ถั่วเหลืองพองตัว ถั่วเหลืองภายใต้สภาพแห้งไม่เหมาะที่จะนำมานึ่ง เนื่องจากการล้างน้ำนั้น ทำให้ผิวภายนอกเปียกเท่านั้น ส่วนด้านในนั้นยังแข็งเหมือนเดิม สมมติว่าใช้การเพิ่มความดันนึ่งถั่วเหลืองที่ไม่ได้ผ่านการแช่ เวลาทำการหมัก เชื้อก็ยังขาดน้ำอยู่เช่นกัน ดังนั้นจะต้องแช่ถั่วเหลืองให้พองโดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 1 เท่าตัวของน้ำหนักเดิม จนกระทั่งเกิดการสมดุลระหว่างน้ำที่จะถูกดูดซึมเข้าไป จึงจะนำไปนึ่งได้ การแช่และนึ่งถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์กันโดยตรง และจะมีผลต่อการกรองและคุณภาพของซีอิ๊วด้วย ดังนั้นจะต้องระมัดระวังให้ดี

1) วิธีการล้างถั่วเหลือง มีด้วยกันหลายวิธีเช่น ใช้น้ำไหลล้าง ใช้เครื่องกวนล้างและเครื่องจักรล้าง

- การใช้น้ำไหลล้าง โดยบรรจุถั่วเหลืองในถังประมาณ 1/3 แล้วเติมน้ำให้ไหลออกจากถังซึ่งจะพาเอากากหิน เศษหิน เศษทรายและเศษวัสดุอื่น ๆ ที่เบาลอยออกไป รวมทั้งถั่วลอย เมล็ดหญ้าที่ติดมาวิธีนี้ใช้น้ำประมาณ 5 เท่าของน้ำแช่ถั่วเหลือง
- การใช้เครื่องกวนล้าง ส่วนมากใช้ควบกับวิธีแรก การกวนอาจใช้มือ หรือใช้อากาศก็ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การใช้เครื่องจักรล้าง เหมาะสมกับโรงงานใหญ่ๆ ที่ต้องใช้ถั่วเหลือง ที่มีปริมาณมาก ๆ จะประหยัดทั้งแรงงานและเวลา เวลาที่ใช้ในการล้างไม่ควรใช้เวลาให้นานเกินควร

2) วิธีการแช่ถั่วเหลือง สามารถแบ่งได้ 3 วิธีด้วยกัน คือ ใช้น้ำเย็น น้ำอุ่นและน้ำร้อน วิธีแต่ละวิธีการมีดังนี้

- ใช้น้ำเย็นแช่ หมายถึง น้ำ ณ อุณหภูมิห้อง ปกติใช้เวลานานหน่อย สารที่ละลายออกมาก็น้อย เนื่องจากภูมิอากาศของประเทศไม่หนาวมากจึงเหมาะที่จะแช่ในน้ำเย็นก็พอ
- ใช้น้ำอุ่นแช่ โดยใช้น้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 30-40° ซ เวลาที่ใช้จะน้อยกว่าวิธีแรก
- ใช้น้ำร้อนแช่ใช้น้ำที่เดือดแล้วแช่ แม้ว่าจะใช้เวลาที่น้อยที่สุดก็ตาม แต่กระบวนการทำไม่สะดวก และยังทำให้ส่วนประกอบของถั่วเหลืองสูญเสียไปมากด้วย ดังนั้นนอกจากกรณีพิเศษจะไม่ใช้วิธีนี้

3) การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักถั่วเหลืองหลังการแช่ เมื่อแช่ถั่วเหลืองในระดับอุณหภูมิต่างกันและเวลาต่างกันก็จะทำให้ น้ำหนักต่างกันด้วย อุณหภูมิยิ่งสูงและเวลายิ่งนาน น้ำหนักก็ยิ่งเพิ่มมาก

การทดลองหาน้ำหนักเพิ่มของถั่วเหลืองหลังจากการแช่ ณ อุณหภูมิและเวลาต่างกันจากน้ำหนักถั่วเหลืองเดิม 100 กิโลกรัม ทำให้ทราบว่าหลังจากแช่ถั่วเหลืองแล้วจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็น 2.14 - 2.19 เท่าของน้ำหนักเดิม จะหาความเหมาะสมได้จากตาราง3.7

ตาราง3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำที่ใช้แช่กับระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุด

อุณหภูมิน้ำที่ใช้แช่ (°ซ)	20	25	30	35	40	45
เวลา (ชม.)	7.5	6	5	4	3.5	2.5

ดังนั้นในหน้าร้อน อุณหภูมิประมาณ 30° ซ การแช่ถั่วเหลืองใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมงดีที่สุด หน้าหนาวซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 20°ซ ใช้เวลาประมาณ 7 ชั่วโมงครึ่งดีที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการปฏิบัติ เมื่อปล่อยน้ำที่แช่ถั่วเหลืองออกแล้วมีการปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 2-3 ชม. แล้วค่อยนึ่ง หรืออาจจะแช่ก่อนวันหนึ่งหนึ่งวันโดยแช่ไว้สัก 2-3 ชม. ในตอนบ่ายควรปล่อยน้ำทิ้ง ปล่อยทิ้งไว้ข้ามคืนแล้วค่อยนึ่ง เช่นนี้จะทำให้นึ่งสุกได้ยากในหน้าร้อน ถ้าแช่ถั่วเหลืองในตอนบ่าย 1-2 ชม. แล้วปล่อยน้ำทิ้ง ปล่อยไว้ข้ามคืนรุ่งขึ้นถั่วเหลืองจะเกิดความร้อน มีเมือกที่เหนียวซึ่งกำลังจะเริ่มเสียแล้ว น้ำหนักที่เพิ่มก็ไม่ถึง 2 เท่า แม้ว่าจะใช้หม้อนึ่งที่เพิ่มความดันการทำ Starter ก็ไม่ดีพอ ดังนั้นไม่ควรทิ้งไว้นานเกินไปหลังจากปล่อยน้ำที่แช่ออกแล้ว

3.4.3 การทำถั่วเหลืองให้สุก ผึ่งแห้ง และทำให้เย็น

หลังจากแช่ถั่วเหลืองนาน 1 คืนแล้วถั่วจะถูกทำให้สุกโดยการต้มในน้ำเดือด หรือโดยการนึ่ง หากใช้วิธีต้มจะใช้เวลานานประมาณ 2-3 ชั่วโมงหลังจากเดือดแล้ว หากใช้วิธีนึ่งจะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงเมื่อใช้ความดัน 10-13 ปอนด์ การต้มถั่วไม่ได้กำจัดจุลินทรีย์ออกไปหมดเสียเลยทีเดียว เพราะวิธีการดังกล่าว สามารถกำจัดเฉพาะแบคทีเรียที่กำลังเจริญรวมทั้งยีสต์และราเท่านั้น ส่วนแบคทีเรียที่เป็นสปอร์ไม่สามารถกำจัดได้โดยการต้ม ส่วนการนึ่งภายใต้ความดันสามารถกำจัดจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด การทำถั่วให้สุกจะทำให้ได้ถั่วเหลืองที่มีความอ่อนนุ่มขึ้นไปอีก และจะเป็นแหล่งอาหารอย่างดีสำหรับจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตเร็ว

หากปล่อยถั่วที่สุกแล้วนี้ไว้นานเกินไป สปอร์ของแบคทีเรียที่อาจหลงเหลืออยู่หรือจุลินทรีย์ที่ปะปนอยู่ในอากาศในบริเวณนั้นสามารถจะเจริญและเพิ่มจำนวนจนมีจำนวนมากพอที่จะทำให้ถั่วเน่าเสียได้ แม้จะเริ่มต้นจากจุลินทรีย์จำนวนน้อยและไม่สามารถทำอันตรายใดๆ ได้ก็ตาม แต่จุลินทรีย์เหล่านั้นสามารถเจริญเติบโตในถั่วที่มีความอ่อนนุ่มและมีความชื้นสูงได้อย่างรวดเร็วจนทำให้เน่าเสียในที่สุด

การนึ่งถั่วเหลืองมีความสำคัญกว่าการแช่มาก การแช่ที่ดีและการนึ่งที่มีความเหมาะสมจึงจะให้ได้ผลตามที่มุ่งหมาย แต่ว่า การให้ความร้อนสูงเกินไปจะทำให้ Total nitrogen ถูกทำลาย ได้มีชาวญี่ปุ่นทดลองการนึ่งถั่วเหลือง ณ ความดันต่างๆ กัน ซึ่งมีผลต่อโปรตีนที่จะถูกนำใช้ ดังตาราง3.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.8 การนึ่งถั่วเหลืองที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน

ความดัน (กก./ซม.^{2})	ถั่วเหลือง 100 กรัม มี		หลังการนึ่งมี soluble nitrogen (%)	
	ไนโตรเจนทั้งหมด	แอมโมเนียไนโตรเจน	ไนโตรเจนทั้งหมด	แอมโมเนียไนโตรเจน
ปกติ	3.310	1.060	48.44	15.22
0.5	3.812	1.145	58.23	18.03
1.0	3.409	1.045	53.27	16.19
1.5	3.322	0.990	50.34	15.34
2.0	2.937	0.880	46.58	13.95

1) การนึ่งถั่วเหลือง การนึ่งถั่วเหลืองแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1.1) การนึ่งที่ความดันปกติ ใช้เวลา 3-4 ชม. วิธีนี้จะทำให้ถั่วเหลืองได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอแต่การเสียไอน้ำมากเกินไป

1.2) การนึ่งโดยเพิ่มความดัน วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน

ข้อดีของการนึ่งโดยเพิ่มความดัน

- ใช้ไอน้ำน้อย
- ถั่วเหลืองสุกสม่ำเสมอ
- ถั่วเหลืองที่ผ่านการนึ่งโดยวิธีเพิ่มความดันจะมีสีน้ำตาลเข้มและความเปื่อยจะดีกว่าใช้ ความดันปกติ
- สามารถทำได้ครั้งละมาก ๆ

การนึ่งโดยเพิ่มความดันแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

ก) หม้อนึ่ง เพิ่มความดันแบบติดตั้งอยู่กับที่ หลังจากใส่ถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่ไว้แล้วก็ปิดฝาเริ่มไล่อากาศ 15-20 นาที ปิดช่องไอน้ำออก ปล่อยให้ความดันขึ้นระดับ 12-15 ปอนด์/ตารางนิ้ว รักษาระดับ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เอาไว้ประมาณ 30 นาที เปิดท่อไอน้ำร้อนค่อย ๆ ปล่อยไอน้ำร้อนออก ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาที ให้ลดถึงระดับความดันปกติ ตามปกติถั่วเหลือง 100 กก. หลังจากนึ่งแล้วปล่อยให้เย็นจะได้น้ำหนักประมาณ 185 - 190 กก. ระยะเวลาต่าง ๆ ของการใช้ความร้อน ในกระบวนการนี้พอสรุปได้ย่อ ๆ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิห้อง	→ 100°ซ	→ 100°ซ	→ 115-120° ซ	→ 115-120° ซ	→ 100°ซ
ส่งไอน้ำร้อนจนถึง	รักษาเวลา		เริ่มเพิ่มความดัน	รักษาเวลา	ปล่อยไอ
เริ่มปล่อยไอน้ำร้อน	การให้อากาศ		จนถึงระดับที่ต้อง	ในการนึ่ง	ออก 30
ออกใช้เวลา 10นาที	30 นาที		การใช้เวลา 10 นาที	30 นาที	

ข) หม้อนึ่งเพิ่มความดันแบบหมุนรอบตัวเองได้ วิธีการทำคล้ายกับแบบเดิมติดตั้งอยู่กับที่ เพียงแต่ขณะเริ่มเพิ่มความดันและใช้ความดันนึ่งถั่วเหลืองอยู่นั้นจะมีการหมุนเพื่อให้ถั่วเหลืองได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอ

การนึ่งถั่วเหลืองก็เพื่อทำให้ถั่วเหลืองอ่อนนุ่ม ทำให้คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตได้ของจุลินทรีย์ และทำให้จุลินทรีย์ผลิตเอนไซม์ต่าง ๆ ออกมาได้ง่ายขึ้น สำหรับระดับความอ่อนนุ่มของถั่วเหลืองพอที่จะสรุปได้ดังนี้

- สังเกตได้จากสี คือให้ถั่วเหลืองที่นึ่งแล้วมีสีน้ำตาลแดง ถ้าได้สีน้ำตาลอ่อนหรือสีน้ำตาลแก่แสดงว่านึ่งไม่ดี
- ได้กลิ่นหอมของถั่วเหลือง ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม
- ถั่วเหลืองที่นึ่งแล้วไม่ควรมีน้ำติดมามากเกินไป ถ้ามากเกินไป จะทำให้จุลินทรีย์อื่นปะปนได้ง่าย

การนึ่งถั่วเหลืองจะให้ได้ความนุ่มมากน้อยเท่าใดนั้น กำหนดได้ยากมาก ต้องอาศัยประสบการณ์ ตามปกติสามารถใช้หัวแม่มือและนิ้วชี้บี้ถั่วเหลืองที่นึ่งแล้วดูเบา ๆ ถ้าปรากฏว่าเนื้อถั่วเหลืองถูกบี้แบนแต่เปลือกยังดีอยู่แสดงว่าใช้ได้ แต่ถ้าบี้แล้วเนื้อถั่วแตกและออกมาแสดงว่านึ่งไม่พอ เวลาในการแช่ไม่พอแล้วนำมานึ่งจะทำให้หัวเชื้อเสียได้ง่าย ถ้าแช่ได้ถูกต้องตามเวลาและนึ่งให้สุกพอดีจะทำให้ถั่วเหลืองมีปริมาณน้ำมากพอ ทำให้การทำหัวเชื้อลำบากและจุลินทรีย์อื่นปะปนได้ง่ายกว่า แต่เวลาหมักจะถูกย่อยได้ง่าย และเวลาสกัดซีอิ๊วก็ทำได้ง่ายกว่าด้วย ดังนั้นการแช่และนึ่งถั่วเหลืองจะต้องให้ได้ระดับพอเหมาะ

2) ข้อควรระวัง หลังจากนึ่งเสร็จแล้วไม่ควรให้เครื่องหมุนเร็วเกินไป เพราะจะทำให้ถั่วเหลืองที่สุกแล้ว รวมตัวกันเป็นก้อน ๆ ลักษณะเหนียว ๆ ซึ่งมีผลต่อการทำ starter (หัวเชื้อ)

ถั่วเหลืองที่ผ่านการนึ่งแล้ว ควรที่จะรีบทำการหมักทันทีในวันนั้น ถึงแม้วิธีทิ้งไว้ข้ามวันสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ และความสุกของเมล็ดถั่วสม่ำเสมอตลอดจนสีก็เป็นสีเดียวกัน แต่ว่าเวลาทำหัวเชื้อแล้ว เชื้อจะเจริญเติบโตได้ไม่ดีพอ และขณะหมัก การย่อยสลายของโปรตีนไม่ดีพอ

การย่อยโปรตีนในถั่วเหลืองทำให้ได้กลิ่นหอมคล้ายเนื้อของซีอิ๊ว ยิ่งมีการย่อยโปรตีนมากขึ้น ก็จะทำให้ได้ซีอิ๊วที่มีกลิ่นและรสชาดดีขึ้นไปด้วย วิธีการต้มถั่วเหลืองมีผลอย่างมากต่อปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การย่อยของถั่วเหลือง โดยทั่วไปการต้มถั่วที่อุณหภูมิสูงภายใต้ความดันไอน้ำในระยะเวลาสั้น แล้วทำให้ถั่วเย็นลงอย่างรวดเร็ว ทำให้โปรตีนในถั่วย่อยสลายได้ (สูงถึง 88%) ดีกว่าการต้มในน้ำเดือด 2 ชั่วโมง (โปรตีนถูกย่อยเพียง 69%) ในการทำเช่นนี้ผู้ผลิตอาจจะต้องเพิ่มทุนในการจัดหาหม้อต้มโดยใช้ความดันไอน้ำ

สำหรับวิธีการอื่นที่ใช้ในการลดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ทำให้อาหารบูดเน่าได้แก่ การเติมกรดอะซิติก (กรดน้ำส้ม) หรือโซเดียมอะซิเตทลงในน้ำที่ใช้ต้มถั่ว เพื่อทำให้ความเข้มข้นสุดท้ายของสารดังกล่าวในโคจิมีค่าเท่ากับ 0.2-0.8% ซึ่งขึ้นอยู่กับความชื้นของโคจิด้วย หลังจากถั่วสุกแล้ว จะถูกนำไปทำให้แห้งและทำให้เย็นลง โดยการเกลี่ยเมล็ดถั่วบนพื้นผิวเรียบ (เช่น ผิวโต๊ะ) ขนาด 2x3 เมตร ที่มีขอบสูงประมาณ 20 เซนติเมตร เราอาจจะทำการพลิกถั่วได้เป็นครั้งคราวเพื่อช่วยให้ถั่วเย็นเร็วขึ้น

ถั่วเหลืองนึ่งแล้วปล่อยให้เย็น การปล่อยให้ถั่วเหลืองที่นึ่งแล้วเย็น มีประโยชน์สองอย่าง คือ ทำให้อุณหภูมิลดลง และปล่อยให้น้ำระเหยออกไปบ้าง

3.4.4 การคลุกถั่วกับแป้ง

การเติมแป้ง เมื่อลองจับเมล็ดถั่วแล้วพบว่าไม่ร้อน เราจะนำถั่วไปคลุกกับข้าวสาลีบดหรือแป้งสาลีแป้งข้าวเจ้าการผสมแป้งลงไปมากหรือน้อยนั้นแตกต่างกันไปแล้วแต่ผู้ผลิตจุดประสงค์หลักก็เพื่อช่วยลดความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองซึ่งจะทำให้ความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของเชื้อรามากกว่าแบคทีเรียและยีสต์

การทำซีอิ๊วโดยวิธีดั้งเดิมของชาวจีนนั้น มักจะใช้แป้งหนักประมาณ 1 ใน 3 ถึง 1 ใน 2 ของน้ำหนักถั่วเหลืองแห้งที่ใช้ ในขณะที่ชาวญี่ปุ่นจะใช้แป้งมากกว่า โดยอาจใช้แป้งเท่ากับน้ำหนักของถั่วเลยก็ได้ ในที่นี้ขอแนะนำให้ใช้หม้อหมุนใบใหญ่หรือเครื่องผสมปูน (ต้องสะอาดและใช้สำหรับงานนี้เท่านั้น) เพื่อให้ถั่วคลุกเคล้ากับแป้งได้ดียิ่งขึ้น

ถั่วเหลืองหลังนึ่งแล้วมีความชื้นมากกว่า 60% การผสมใช้ถั่วเหลืองที่นึ่งแล้วผสมกับข้าวสาลีที่บดจะทำให้ช่วยลดความชื้นในถั่วเหลืองนึ่งได้ เมื่อผสมข้าวสาลีบดลงไปจะทำให้ได้ความชื้นพอเหมาะกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้พอดี และการผสมจะต้องผสมให้ทั่วถึง อย่าให้มีการจับตัวกันเป็นก้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.5 การปล่อยให้ส่วนผสมของถั่วเหลืองและแป้งอยู่ในถาดเพื่อให้เชื้อราเจริญ

การผลิตซีอิ๊วประกอบด้วย 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ขั้นตอนแรกก็เรียกว่าการหมัก "โคจิ"โดยใช้เชื้อรา ส่วนขั้นตอนที่สองเป็นการหมัก "โมโรมิ" โดยใช้แบคทีเรียและยีสต์ คำว่า "โคจิ" และ "โมโรมิ" มาจากภาษาญี่ปุ่น เป็นประเทศแรกที่ทำการศึกษาการผลิตซีอิ๊วอย่างลึกซึ้ง

1) การเจริญเติบโตของรา ในโรงงานที่ผลิตซีอิ๊วโดยวิธีดั้งเดิมการหมักโคจิจะเริ่มต้นหลังจากการนำส่วผสมของถั่วเหลืองที่ต้มสุกแล้วกับแป้งใส่ในกระด้งไม้ไผ่ โดยให้มีความชื้นประมาณ 45% ไปบ่มที่อุณหภูมิ 30° ซ ราจะขึ้นปกคลุมและชอนไชทั่วอาหารในเวลา 4 วัน ในช่วงแรกจะเห็นราสีขาว แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะกลายเป็นสีเทาหรือสีเขียว ผู้ผลิตซีอิ๊วส่วนใหญ่เชื่อกันว่าราสีเขียวเป็นเชื้อราที่ให้ซีอิ๊วที่มีกลิ่นและรสดีที่สุดคิดค้นและพัฒนาหาวิธีที่เหมาะกับเชื้อราที่ทำให้ซีอิ๊วมีกลิ่นและรสดีตามที่เราต้องการเท่านั้น ซึ่งสามารถทำได้โดยการ "หว่าน" สปอร์ของราลงบนโคจิ วิธีนี้เทียบได้กับหว่านเมล็ดพืชลงบนดินที่เพิ่มผ่านการไถพรวนใหม่ ๆเพื่อให้พืชเจริญเติบโตเร็วว่าวัชพืชนั่นเอง การต้มถั่วให้สุกสามารถทำลายสปอร์ของราที่ติดอยู่กับเมล็ดถั่วเทียบได้กับการกำจัดวัชพืชการเติมสปอร์ของราที่ต้องการใช้ในการหมักโดยทันทีก็เพื่อให้มั่นใจว่า เชื้อราดังกล่าวจะเจริญได้เร็วก่อนหน้าที่เชื้อราอื่น ๆ ที่ปะปนอยู่ในอากาศจะมีโอกาสปนเปื้อนในโคจิ

ขั้นตอนนี้เป็นการถ่ายเอาส่วนผสมของถั่วกับแป้งที่คลุกเคล้ากันดี แล้วเทลงบนถาดและเกลี่ยให้มีความหนาประมาณ 5 เซนติเมตร แล้วนำถาดไปเรียงซ้อนกันบนชั้น จากนั้นทิ้งไว้เพื่อเปิดโอกาสให้ราเจริญเติบโตบนอาหารดังกล่าว ขั้นตอนนี้เรียกว่า "การหมักโคจิ" ราที่เจริญขึ้นมานั้นได้มาจากสปอร์ที่อยู่ในอากาศในบริเวณนั้น ด้วยเหตุที่มีสปอร์ของราอยู่ในอากาศค่อนข้างน้อยจึงต้องใช้เวลานานพอสมควรกว่าจะเกิดโคโลนีของราขึ้น ซึ่งวิธีนี้มีความเสี่ยงอยู่พอสมควร เพราะสปอร์ของราที่ตกลงบนส่วนผสมดังกล่าวนั้นไม่ใช่ราชนิดเดียวกันเสมอไป และอาจเป็นสปอร์ของราที่เป็นอันตรายหรือทำให้อาหารบูดเน่าก็ได้ อย่างไรก็ตาม หากสามารถควบคุมอุณหภูมิบริเวณที่ทำการหมักให้อยู่ในช่วง 30° ซ ได้แล้ว ก็จะช่วยให้ราที่เหมาะสำหรับการทำซีอิ๊วเจริญได้ดียิ่งขึ้น แต่หากอุณหภูมิสูงกว่า 35° ซ หรือต่ำกว่า 25° ซ แล้ว จะทำให้ราที่เราไม่ต้องการเจริญได้ดีกว่า

การหมักโคจิเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการผลิตซีอิ๊ว เพราะราที่เจริญในขั้นตอนนี้จะมีผลต่อกลิ่นและรสของซีอิ๊ว โดยราที่เจริญขึ้นมานั้นจะสร้างน้ำย่อยไปย่อยส่วนผสมของถั่วและแป้งเพื่อนำไปเป็นแหล่งพลังงานและใช้ในการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม ราดังกล่าวไม่สามารถจะใช้อาหารได้หมดหรือแม้กระทั่งสารที่ได้จากการย่อยก็ไม่สามารถใช้ได้หมด สิ่งเหล่านี้สำคัญมากเพราะอาหารที่ถูกย่อยไปบางส่วนนี้จะมีผลต่อความหวาน รสชาดคล้ายเนื้อ และกลิ่นหอมของซีอิ๊ว ยิ่งอาหารดังกล่าวถูกย่อยมากและใช้ไปน้อยเพียงใด คุณภาพของซีอิ๊วที่ได้ก็จะดีมากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้เราสามารถมั่นใจได้ว่าราที่เกิดขึ้นบนโคจิเป็นราเฉพาะที่เราต้องการเท่านั้น ก็จะเป็นผลดีต่อการทำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซีอิ๊ว ซึ่งวิธีที่ทำได้ก็คือ การหว่านสปอร์ของราที่เราต้องการลงบนโคจินั่นเอง เมื่อส่วนผสมของถั่วและแป้งมีราขึ้นอยู่เต็มและเริ่มแห้งก็ถือว่าเป็นอันสิ้นสุดขั้นตอนการหมักโคจิ

2) การบรรจุถาด (starter) หลังจากผสมถั่วเลืองนึ่งและข้าวสาลีบดแล้วให้ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ผสมกับเชื้อในถาดที่ผ่านการอบด้วยไอน้ำและปล่อยให้เย็นแล้วนำถาดนี้ไปวางไว้ในห้องเก็บ การกะปริมาณถั่วเหลืองนึ่ง ข้าวสาลีบดและเชื้อนั้น เมื่อมีความชำนาญก็อาศัยสายตาเป็นเครื่องวัด ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเนื้อ ปริมาณความชื้นในถั่วเหลืองนึ่ง ตลอดจนภูมิอากาศขณะปฏิบัติด้วย ขณะบรรจุถาดนั้นจะเกิดการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังในขณะที่ปฏิบัติ

เมื่ออุณหภูมิห้องเก็บเพิ่มขึ้น แต่อุณหภูมิของ starter ไม่เพิ่มทั้งนี้เพราะความชื้นภายในห้องสูงเกินไป หรือมีจุลินทรีย์อื่นปะปนเข้ามา ถ้าหากความชื้นของ starter สูงเกินไป จะต้องมีการกลับวัตถุดิบในวันที่สองหลังการเตรียม starter เหตุการณ์เช่นนี้จะต้องมีผู้ชำนาญคอยควบคุมอย่างใกล้ชิด ถาดที่นิยมใช้กันมาก ก็คือ กระด้งที่ใช้ไม้ไผ่สาน ซึ่งมีข้อดีคือความร้อนและความชื้นระเหยได้ง่าย

การวางถาดโดยปกติวางเป็นชั้น ๆ บนชั้นวางของ สูงประมาณ 15 ชั้น มีถั่วเหลืองนึ่งและข้าวสาลีบด 2000 กก. ใช้กระด้งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 ซม. สามารถบรรจุได้ 210 กระด้งในฤดูร้อน ถ้าฤดูหนาวบรรจุได้ประมาณ 170 กระด้ง

3) การกลับ starter ครั้งแรก ห้องที่เก็บถาดทำ starter ควรควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 25-28° ซ และหลังจากเติมเชื้อไปแล้ว 8-9 ชม. สปอร์ก็จะเริ่มดูดน้ำและขยายพันธุ์ ซึ่งจะสังเกตได้จากอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น ผู้ควบคุมจะต้องทำการเปลี่ยนชั้นของกระด้งเพื่อทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ หลังจากเติมเชื้อ 14 ชม. จะพบ mycelium สีขาว อุณหภูมิประมาณ 29-30° ซ และการเจริญเติบโตก็จะดำเนินการไปเรื่อย ๆ ซึ่งจะสังเกตได้จากอุณหภูมิสูงขึ้น มี CO_2 เกิดขึ้น หลังจากเติมเชื้อแล้ว 20 ชม. ปริมาณความชื้นจะค่อย ๆ ระเหยไป ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยขณะนั้นประมาณ 36-38° ซ ให้กลับวัตถุดิบครั้งแรก ซึ่งมีประโยชน์ดังต่อไปนี้

- ปรับอุณหภูมิ เนื่องจากขณะที่เชื้อราจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนสูงถึงประมาณ 40° ซ อุณหภูมิสูงจะมีประโยชน์ต่อเชื้อจุลินทรีย์อื่นเจริญเติบโต ซึ่งอาจทำลายเชื้อราที่มีอยู่ ดังนั้นจึงต้องกลับวัตถุดิบ เพื่อทำให้ปริมาณความร้อนและปริมาณ CO_2 ระเหยไปและยังเป็นการให้อากาศที่บริสุทธิ์แก่ starter ด้วย
- ความแห้งของ starter ถ้าวัตถุดิบมีความชื้นมากเกินไป หรือ starter มีความชื้นสูง ซึ่งไม่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโต จึงจำเป็นต้องมีการกลับวัตถุดิบเพื่อลดความชื้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การทำให้แตกกระจาย ขณะเตรียม starter ย่อมมีบางส่วนเกิดการจับกันเป็นก้อนความชื้นภายในย่อมสูง เชื้อราไม่สามารถเจริญได้ดี ดังนั้นการกลับครั้งแรกยังสามารถทำให้พวกที่จับกันเป็นก้อนแตกกระจายออกเป็นก้อนเล็ก ๆ

การกลับ starter นั้นอาศัยการเจริญเติบโตของเชื้อราเป็นหลัก หาใช่เวลาและอุณหภูมิเป็นหลักการกลับ starter ครั้งที่สอง วัตถุประสงค์คล้ายกับครั้งแรก หลังจากกลับ starter ครั้งแรกแล้วอุณหภูมิจะสูงขึ้นเนื่องจากเกิดความร้อน ดังนั้นต้องระมัดระวังนับตั้งแต่นำถาด starter เข้าห้องเก็บจนถึงการกลับ starter ครั้งแรก จะต้องระมัดระวังอุณหภูมิภายในห้อง แต่จากการกลับ starter ครั้งแรกถึงครั้งที่สอง จะต้องระมัดระวังอุณหภูมิของ starter การกลับ starter ครั้งที่สองก็เช่นกันกับครั้งแรก คือ อาศัยการเจริญเติบโตของเชื้อราเป็นหลัก โดยปกติทั่ว ๆ ไป จะกลับ starter ครั้งที่สองหลังจากกลับครั้งแรกแล้ว 5-10 ชม.

หัวเชื้อสำเร็จ หลังการกลับ starter ครั้งที่สอง เชื้อราก็จะเริ่มสร้างสปอร์ ดังนั้นไม่จำเป็นต้องกลับ starter อีก เพียงแต่ปรับอุณหภูมิห้องให้เท่ากับอุณหภูมิของหัวเชื้อ นับตั้งแต่เริ่มเตรียม starter จนถึงขั้นหัวเชื้อสำเร็จใช้เวลาประมาณ 4 วัน

ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของหัวเชื้อ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของหัวเชื้อขึ้นอยู่กับโครงสร้างของห้องและเวลา ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงดังตาราง โดยใช้วัตถุดิบ 1000 กก. ทำหัวเชื้อ

4) ระยะเวลาในการหมักโคจิ จุดประสงค์หลักในการหมักโคจิ คือ การย่อยโปรตีนและแป้ง ดังนั้นระยะเวลาในการหมักโคจิคือเวลาที่ให้ราผลิตเอ็นไซม์ออกมาจำนวนมากที่สุด โดยราจะผลิตเอ็นไซม์ออกมาเมื่อสปอร์เจริญเต็มที่ (หลังจากตากบนกระด้ง 12 ซม.) และจะเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วจนให้ปริมาณสูงสุดเมื่อทำการหมักได้ 48 ซม. (36 ซม. หลังจากสปอร์เจริญเต็มที่) ณ จุดนี้จะทำให้โคจิเปลี่ยนเป็นสีเขียว แสดงว่าสิ้นสุดการหมักโคจิแล้ว เพราะถ้าทิ้งไว้ต่อไปปริมาณเอ็นไซม์ก็ไม่เพิ่มขึ้น หลังจากนั้นจึงนำโคจิไปทำการหมักต่อในโอ่ง (คือขั้นตอนการหมักโมโรมิ) ในระหว่างการหมักโคจินี้มีสิ่งสำคัญที่ต้องระวังมากคือ การปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ชนิดอื่นซึ่งหากมีการปนเปื้อนก็ควรจะหาทางแยกออกไป

กรรมวิธีการหว่านหรือเพาะสปอร์จะให้ผลโคจิเร็วในเวลาเพียง 2 วัน เมื่อเทียบกับการหมักแบบดั้งเดิมโดยขึ้นกับสปอร์ที่อยู่ในบริเวณที่ทำการหมักซึ่งใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน หากระยะเวลาที่ใช้ในการหมักเนิ่นนานออกไปมาก ก็จะมีโอกาสเกิดเชื้อราหลายชนิดมากยิ่งขึ้น ผลก็คือเราไม่อาจคาดคะเนได้ว่าซีอิ๊วที่เราผลิตได้จะมีคุณภาพเช่นใด จะเห็นได้ว่า กรรมวิธีการหว่านสปอร์ของรานี้ไม่เพียงแต่จะลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เราไม่ต้องการ หากยังลดระยะเวลาในการผลิตได้ 2-3 เท่าโดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์ใด ๆ เพิ่มเติมเลย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5) วิธีวัดความชื้นในโคจิ การวัดปริมาณน้ำในโคจิที่หมักแล้วเป็นการยาก แม้จะทราบอยู่แล้วว่า ความชื้นเริ่มต้นก่อนหมักมีค่าเท่ากับ 45% และเมื่อนำไปหมักบนกระด้งค่าความชื้นจะลดลง ปริมาณความชื้นจะลดลงมากหรือน้อยขึ้นกับเวลาที่ใช้ในการหมักและความชื้นของอากาศในบริเวณที่หมัก ถ้าใช้เวลาในการหมักนานและบริเวณนั้นมีความชื้นของอากาศต่ำจะทำให้ได้โคจิที่มีปริมาณความชื้นสุดท้ายต่ำ

การหาปริมาณความชื้นในโคจิทำได้โดยสุ่มเก็บตัวอย่างโคจิที่หมักแล้วมา 3 ตัวอย่าง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 100 กรัมนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105° ซ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง น้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของน้ำในโคจิ 100 กรัม (หรือมีค่าเป็น %) นำค่าของน้ำที่หาได้จากทั้ง 3 ตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ย จะได้ค่าของปริมาณน้ำในโคจิโดยเฉลี่ย

เมื่อทราบความชื้นของโคจิที่หมักแล้ว ก็สามารถหาปริมาณน้ำในโคจิที่น้ำหนักต่าง ๆ กันได้ เช่น ถ้ามีโคจิอยู่ 22 กก. ที่มีความชื้น 40% จะมีน้ำอยู่เท่ากับ 40/100 x 22 กก. = 8 กก. หรือ 8.8 ลิตร ในตารางแสดงไว้ว่า ปริมาณน้ำที่เติมในโคจิก่อนการหมักโมโรมิควรเป็น 21 ลิตร และเมื่อเติมน้ำเกลืออิ่มตัวลงไป 48 ลิตร จะทำให้ได้ค่าความเข้มข้นสุดท้ายของเกลือเท่ากับ 19% ดังนั้นถ้าปริมาณความชื้นของโคจิที่หมักแล้วเปลี่ยนแปลง ปริมาณน้ำที่เติมก่อนการหมักในโมโรมิต้องเปลี่ยนด้วยเพื่อให้ได้ % เกลือสุดท้ายเท่ากับ %

6) แหล่งที่มาของเชื้อรา ผู้ผลิตซีอิ๊วอาจซื้อเชื้อราที่ใช้หมักโคจิได้จากผู้ผลิตสปอร์ชาวญี่ปุ่นหรือชาวไต้หวัน อย่างไรก็ตามรานี้มีราคาแพงและยากที่จะนำมาใช้ได้อย่างเพียงพอ และสม่ำเสมอ ดังนั้นถ้าโรงงานสามารถผลิตสปอร์ใช้เองได้ก็จะเป็นการง่ายและใช้ทุนไม่สูงนัก

ในขั้นต้นเมื่อได้หัวเชื้อสปอร์มา ต้องนำมาแยกเพื่อให้ได้เชื้อที่เราต้องการ เพราะในหัวเชื้อดังกล่าวมักจะประกอบด้วยเชื้ออย่างน้อย 2 ชนิดปนกันในสัดส่วนที่ไม่ทราบแน่ชัด สปอร์ในขวดซึ่งปิดผนึกอย่างแน่นหนานี้สามารถเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นหรือตู้เย็นได้นานหลายเดือนแต่ปริมาณสปอร์ในขวดเล็ก ๆ นี้ไม่เพียงพอที่จะใช้ในการหมักโคจิในโรงงานได้ ดังนั้นทางโรงงานจึงควรจะทำการผลิตสปอร์จำนวนมาก

เชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักซีอิ๊วเป็นเชื้อรา ซึ่งเชื้อราที่เกี่ยวข้องในกระบวนการได้แก่

1. Aspergillus glaucus มีสีเขียวเมื่อยังอ่อน และเมื่อแก่แล้วจะมีสีเขียวแก่น้ำตาล เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 15-20° ซ สามารถผลิตเอนไซม์ที่ย่อยแป้งและโปรตีนได้ แต่ในปริมาณน้อย นอกจากนี้ยังสามารถย่อยน้ำตาล glucose, sucrose และ fiber ได้ ทำให้เกิดกรดอินทรีย์ต่าง ๆ และสี

2. Aspergillus flavus มีสีเขียวหรือสีเหลือง มี spore ซึ่งในตอนแรกจะมีสีเหลืองแล้วเปลี่ยนเป็นสีเหลือง-เขียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. Asp. Niger มีสีน้ำตาลดำ เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 37°ซ ชอบเจริญบนพืชที่มีความชื้นสูง และบนร่างกายสัตว์ มีความสามารถผลิต amylase, maltase และ invertase และผลิตกรด oxalic, citric, glycolic, pyruvic, gluconic ได้

4. Asp. Wentii มีสีขาวในขณะอ่อน เมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลเหลือง และสีกาแฟจะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 37° ซ สามารถผลิต amylase (saccharification), protease และ liquificatin amylase ที่มี activity สูง ถ้าหากเพาะเลี้ยงบน maltose จะได้ gluconic acid, citric acid.

5. Asp. Oryzae พบในกระบวนการหมักไวน์และซีอิ๊ว ในการผลิตซีอิ๊วจะต้องใช้เชื้อราตัวนี้ซึ่งสามารถผลิตเอนไซม์ได้หลายชนิด โดยเฉพาะ protease และ saccharification amylase จะผลิตได้มากที่สุด และมี activity สูงด้วย

เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในหัวเชื้อ ได้แก่

1. Protease มีอุณหภูมิที่เหมาะสม ณ 35-45°ซ และ pH 3.0-5.5
2. Amylase มีอุณหภูมิที่เหมาะสม ณ 30-60°ซ และ pH 4.0-7.0
3. LipaseOxidase

7) วิธีการผลิตสปอร์และการเก็บเชื้อสำหรับโรงงาน

7.1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตสต๊อคเชื้อราหรือสปอร์ของเชื้อราเพื่อใช้ในการหมักโคจินั้น ใช้อุปกรณ์จำนวนน้อยซึ่งมีราคาไม่แพงมากนัก บางอย่างสามารถทำขึ้นเองได้อุปกรณ์ที่จำเป็นที่สุดคือ หม้อนึ่งโดยใช้ความดันไอน้ำที่มีความจุประมาณ 24 ลิตร พร้อมทั้งอุปกรณ์วัดความดัน แต่หากจะมีการขยายโรงงานต่อไปควรใช้ขนาด 40 ลิตร หม้อนึ่งความดันนี้ใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สหุงต้ม อาหารและจะต้องมีถุงพลาสติกทนความร้อน เป็นพลาสติกโพลีโพรไพลีนชนิดเดียวกับถุงที่ใช้ใส่อาหารร้อน ซึ่งความหนาของถุงนี้ต้องทนความดันและคงรูปร่างอยู่ได้ ถ้าต้องการผลิตสปอร์จำนวนมากจะใช้ถุงขนาดใหญ่ (40x60 ซม.) แต่จะไม่สะดวกในการใช้งานและเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากเชื้อชนิดอื่นได้ง่าย ดังนั้นในระยะแรกควรใช้ถุงขนาดเล็ก (22x36 ซม.) ก่อน

7.2) วิธีการเตรียมถุงพลาสติกเลี้ยงเชื้อ วัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของเราอาจแตกต่างกันจากการศึกษาพบว่าสามารถนำข้าวหักชนิดเลวที่สุดมาบดเป็นอาหารหยาบหรือผสมรำข้าวสาลีด้วยก็ได้มาใช้ โดยในถุงพลาสิกแต่ละถุงจะประกอบด้วยวัตถุดิบและน้ำในปริมาณพอเหมาะสอดปากถุงอาหารเข้ากับฝาจุกรูปทรงกระบอก โดยให้ปลายถุงพลาสติกยื่นออกมาบางส่วน แล้วพับส่วนที่ยื่นออกมาคลุมฝาจุกแล้วปิดทับด้วยปลอกยางหรือเทปกาวอีกชั้นหนึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จุกพลาสติกที่ใช้เพาะเลี้ยงเชื้อราส่วนใหญ่จะใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 ซม. ซึ่งเล็กเกินไปสำหรับถุงพลาสติกที่ใช้เพาะสปอร์ ดังนั้นเราจึงใช้กระดาษปิดถุงแทนโดยใช้กระดาษแข็งที่ทำกล่องเด็ก ตัดกระดาษเป็นแผ่นขนาด 5x22 ซม. แล้วม้วนเย็บตรึงหัวท้ายให้อยู่ในรูปของฝาจุกทรงกระบอกกลวงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ซึ่งจุกนี้สามารถใช้ได้ 5-6 ครั้ง

โดยเหตุที่ความแข็งของกระดาษมีคุณสมบัติคล้ายกับปากขวดรูปชมพู่ จึงสามารถอุดด้วยสำลีได้ ทำให้อากาศสามารถผ่านเข้าออกจากถุงได้ แต่จุลินทรีย์และสัตว์เล็ก ๆ ไม่สามารถผ่านเข้าไปได้ คลุมปากถุงที่อุดจุกสำลีด้วยถุงพลาสติกขนาดเล็กอีกชั้นหนึ่ง ขั้นตอนการเตรียมถุงอาหารเลี้ยงเชื้อแสดงไว้ นำถุงที่มีอาหารเลี้ยงเชื้ออยู่ภายในนี้ไปใส่ภาชนะที่ทนความร้อน ซึ่งจะช่วยให้ถุงตั้งตรงในขณะนำไปฆ่าเชื้อ

7.3) การฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ ในปัจจุบันการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำจะใช้ความดันไอน้ำ 1 กก./ตร.ซม. (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว) นาน 20 นิ้ว โดยนำหม้อมาเติมน้ำในปริมาณพอสมควร (ศึกษาจากคู่มือการใช้ที่ได้มาพร้อมกับอุปกรณ์) ใส่ถุงพลาสติกที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อปิดฝาให้แน่น เปิดวาล์วท่อไอน้ำออกแล้วนำมาตั้งบนเตาแก๊สทิ้งไว้จนกว่าจะได้ยินเสียงของไอน้ำ รออีกประมาณ 2 นาทีจึงปิดวาล์วลง เมื่อความดันของไอน้ำขึ้นถึงจุดที่ต้องการจึงเริ่มจับเวลา และควบคุมความดันไม่ให้สูงหรือต่ำกว่า 1 กก./ตร.ม.

จุดประสงค์หลักในการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิด รวมทั้งสปอร์ของแบคทีเรียที่สามารถทนน้ำเดือดได้

เมื่อการฆ่าเชื้อสิ้นสุดลงจึงปิดแก๊สแล้วปล่อยให้เย็นลงจนความดันกลับมาที่ศูนย์แล้วจึงเปิดวาล์วความดัน (อย่าใช้นิ้วมือเปิดเพราะอาจถูกไอน้ำร้อนลวกได้) แล้วจึงเปิดฝาหม้อออก ถุงพลาสติกที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อที่ไม่ต้องการแล้วนี้ ภายนอกถุงอาจจะปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์ได้อีก แต่อาหารภายในถุงยังคงสะอาดปราศจากเชื้อตราบใดที่ยังมีจุกสำลีและกระดาษหุ้มปากถุงอยู่

เมื่อต้องการทำให้ถุงพลาสติกที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อนี้เย็นลงเร็วขึ้น ให้ใช้มือบีบภายนอกถุงเพื่อกระจายเมล็ดข้าวให้แผ่ทั่วภายในถุง เมื่อเมล็ดข้าวเย็นแล้วจึงใส่สปอร์ของเชื้อราลงไป

8) ชนิดของหัวเชื้อหมักโคจิ ถุงพลาสติกที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อนี้ใช้สำหรับเลี้ยงเชื้อ 2 ประเภท คือ ใช้เลี้ยงหัวเชื้อหมักโคจิรุ่นแรกจะทำหน้าที่เป็นสต๊อคสปอร์ที่จะนำไปผลิตหัวเชื้อหมักโคจิรุ่นที่สอง ซึ่งจะถูกนำไปผสมโดยตรงกับโคจิในโรงงานต่อไป หัวเชื้อหมักโคจิทั้ง 2 ประเภทนี้แตกต่างกันที่แหล่งที่มาของเชื้อและความชื้นหัวเชื้อหมักโคจิรุ่นแรกได้จากสปอร์ของเชื้อราที่ผ่านการแยกจนได้เชื้อที่บริสุทธิ์แล้ว (เช่นเชื้อจาก Bangkok MIRCEN) หรือจากเชื้อที่โรงงานเก็บไว้เป็นสต๊อคในห้องเก็บเชื้อของโรงงาน ส่วนหัวเชื้อหมักโคจิรุ่นที่สองได้จากการนำหัวเชื้อโคจิรุ่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แรกมาเลี้ยงต้อในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความชื้นมากกว่าในหัวเชื้อหมักโคจิรุ่นแรก กล่าวคือ หัวเชื้อหมักโคจิรุ่นแรกจะเลี้ยงในอาหารที่ประกอบด้วย ข้าวสาร 50 กรัม ผสมกับน้ำ 7 มล. หรือรำข้าวสาลี 20 กรัม ผสมกับน้ำ 6 มล. แต่หัวเชื้อหมักโคจิรุ่นที่สองจะเลี้ยงในอาหารที่ประกอบด้วย ข้าวสาร 70 กรัมผสมกับน้ำ 20 มล. หรือรำข้าวสาลี 20 กรัมผสมกับน้ำ 20 มล.

8.1) หัวเชื้อหมักโคจิรุ่นแรก การเลี้ยงสปอร์ในถุงพลาสติกต้องทำในห้องที่สะอาด ปราศจากระแสลมแรง ก่อนที่จะทำงานต้องล้างมือให้สะอาด นำขวดหัวเชื้อสปอร์บริสุทธิ์มาเช็ดภายนอกขวดด้วยผ้าก๊อซหรือสำลีที่ชุบ 70% แอลกอฮอล์ปล่อยให้แอลกอฮอล์บนขวดแห้งเองแล้วจึงทำการถ่ายเชื้ออย่างรวดเร็วตามขั้นตอนดังนี้

- ดึงถุงพลาสติกที่หุ้มจุกสำลีของถุงข้าวออกแล้ววางไว้บนโต๊ะโดยเปิดปากถุงไว้
- ดึงจุกสำลีออก แล้วสอดไว้ในถุงพลาสติกที่เปิดอยู่
- เปิดขวดสปอร์และเทถ่ายสปอร์จากขวดลงในถุงข้าว
- ปิดปากถุงด้วยจุกสำลี

หากต้องการใช้สต๊อคเชื้อของโรงงานที่เพาะเลี้ยงไว้บนเมล็ดข้าว จะมีวิธีการที่คล้ายกันเพียงแต่ใช้เมล็ดข้าว 2 เมล็ดในการเพาะเลี้ยงถุงหัวเชื้อโคจิรุ่นแรก 1 ถุง โดยทำตามวิธีเดียวกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจนถึงข้อที่ 2 และดำเนินการต่อไปดังนี้

- ดึงจุกสำลีออกจากขวดสต๊อคเชื้อใส่ถุงพลาสติก
- ลนไฟปากขวด
- จุ่มปากคีบใน 95% แอลกอฮอล์ แล้วลนไฟ
- ใช้ปากคีบ คีบเมล็ดข้าว 2 เมล็ดจากขวดหัวเชื้อสปอร์ใส่ลงในถุงข้าว
- ปิดจุกสำลีลงในถุงข้าวและขวดหัวเชื้อสปอร์ตามเดิมโดยต้องระมัดระวังไม่ให้สัมผัสกับส่วนต่าง ๆ ที่อยู่ภายในถุงและขวด

เมื่อดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าวเสร็จเรียบร้อยแล้วใช้มือบีบถุงพลาสติกเบา ๆ เพื่อทำการคลุกเคล้าสปอร์ของเชื้อราและเมล็ดข้าวให้เข้ากัน เกลี่ยเมล็ดข้าวให้แผ่ออกเป็นแผ่นบาง ๆ แล้วจึงดึงถุงพลาสติกไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7-10 วัน

เมื่อบ่มเชื้อไปได้ระยะหนึ่งข้าวจะถูกปกคลุมไปด้วยราที่มีเส้นใยสีขาว และจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเมื่อรามีการสร้างสปอร์ บางครั้งความชื้นภายในถุงพลาสติกจะทำให้เกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำได้ ดังนั้นเมื่อข้าวเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียว (อายุประมาณ 48 ซม.) จะต้องรีบคลุกเคล้าเชื้อราและข้าวให้เข้ากันแล้วกระจายออกให้ทั่วถุงบ่มต่ออีก 8 วัน ในระหว่างนั้นจะต้องทำการคลุกเคล้าเชื้อรา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กับข้าวให้เข้ากัน 2-3 ครั้ง เมื่อครบ 10 วันจะได้สปอร์นี้จะเก็บไว้ในตู้เย็นได้นานหลายเดือน หัวเชื้อหมักโคจิรุ่นแรก 1 ถุง สามารถนำมาเพาะเลี้ยงหัวเชื้อหมักโคจิรุ่นที่สองได้ถึง 50 ถุง

8.2) หัวเชื้อหมักโคจิรุ่นที่สอง หัวเชื้อหมักโคจิรุ่นที่สองสามารถเตรียมได้โดยใช้วิธีเดียวกับการเตรียมหัวเชื้อหมักโคจิรุ่นแรก สิ่งที่แตกต่างไปคือ ใช้น้ำปริมาณมากกว่าในการผสมกับข้าว และใช้สปอร์ที่ได้จากหัวเชื้อหมักโคจิรุ่นแรกมาเพาะเลี้ยง

การถ่ายเชื้อสปอร์ทำได้ง่ายโดยใช้ช้อนที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการจุ่ม 95% แอลกอฮอล์แล้วลนไฟ หรือใส่ช้อนในถุงพลาสติก แล้วใส่หม้อความดันไอน้ำ ตักหัวเชื้อหมักโคจิรุ่นแรกใส่ในถุงข้าวถุงละครึ่งช้อน เนื่องจากในถุงข้าวที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงหัวเชื้อหมักโคจิรุ่นที่สองนี้ มีความชื้นมากกว่าถุงหัวเชื้อหมักโคจิรุ่นแรก จึงทำให้ราสามารถเจริญได้รวดเร็วกว่าและจะผลิตสปอร์ออกมาจำนวนมากที่สุดภายในเวลา 4-5 วัน ในระหว่างนี้จะต้องคลุกเคล้าเชื้อกับอาหารในถุงให้เข้ากันด้วย หัวเชื้อหมักโคจิรุ่นที่สองนี้จะถูกนไปใช้เป็นหัวเชื้อหมักโคจิสำหรับโรงงานต่อไป แผนผังวิธีการเตรียมหัวเชื้อหมักโคจิรุ่นแรกและรุ่นที่สอง ดังตาราง3.9

ตาราง3.9 ส่วนประกอบของอาหารที่ใช้ในการผลิตสปอร์ในถุงพลาสติก

	ข้าวเจ้า/น้ำ	รำข้าว/น้ำ
โคจิรุ่นแรก	50 กรัม / 7 มล.	20 กรัม / 6 มล.
โคจิรุ่นที่สอง	70 กรัม / 20 มล.	20 กรัม / 20 มล.

9) การเก็บสต๊อคเชื้อไว้ในโรงงาน หัวเชื้อหมักโคจิรุ่นแรกที่เตรียมจากเชื้อที่บริสุทธิ์อาจใช้ได้ไม่นานก็หมด ดังนั้นทางโรงงานจึงควรทำการเลี้ยงเชื้อไว้ใช้เองภายในโรงงาน

ในการเตรียมสต๊อกบริสุทธิ์จะต้องใช้อุปกรณ์ดังนี้ ขวดขนาด 70 มล. จำนวน 11 ขวด กระบอกและเข็มฉีดยาปลายทู่ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 1 ชุด (โดยใส่ในถุงพลาสติกเช่นเดียวกับการฆ่าเชื้อช้อนด้ามยาว) หรืออาจใช้กระบอกและเข็มฉีดยาที่มีขายตามร้ายขายยาแทนก็ได้ (อุปกรณ์เหล่านี้ต้องเตรียมไว้มากกว่าจำนวนที่ต้องการ เผื่อในกรณีที่เทคนิคในการทำผิดพลาด เช่น เข็มไปแตะส่วนนอกของขวด ทำให้สภาวะปราศจากเชื้อของเข็มเสียไป ต้องใช้เข็มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วใหม่ทันที เป็นต้น) และใช้ข้าว (ส่วนใหญ่ใช้ข้าวเหนียว) เป็นอาหารในการเลี้ยงเชื้อรา การเตรียมขวดอาหารเลี้ยงเชื้อ (ข้าว) มีดังนี้ ใส่ข้าว 7 กรัมและน้ำ 3 มล. ลงในขวดขนาด 70 มล. แต่ละขวด แล้วทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้เมล็ดข้าวดูดซึมน้ำแล้วพองตัวขึ้น หลังจากนั้นหมุนขวดเพื่อให้เมล็ดข้าวกระจายแผ่เป็นแผ่นเดียวทั่วพื้นผิวภายใน ปิดปากขวดด้วยจุกสำลีและคลุมด้วยพลาสติกก่อนไปฆ่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อเพื่อกันไม่ให้จุกลำสีเปียกจากการควบแน่นของความร้อนเป็นหยดน้ำในหม้อฆ่าเชื้อ หากจะใช้ขวดที่มีขนาดแตกต่างกัน ต้องปรับปริมาณข้าวและน้ำในอัตราส่วนเดียวกันตลอด

นอกจากนี้ ยังต้องเตรียมขวดจุกเกลียวที่ใส่น้ำ 10 มล. ลงในขวด แล้วปิดจุกหลวม ๆ คลุมด้วยถุงพลาสติกอีกชั้นหนึ่ง จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อ เมื่อฆ่าเชื้อแล้วจึงหมุนปิดจุกให้แน่น

เมื่อขวดเย็นลงแล้ว ให้เตรียมสารละลายของสปอร์ดังนี้

- ทำความสะอาดภายนอกขวดสปอร์ของเชื้อที่บริสุทธิ์โดยเช็ดด้วย 70% แอลกอฮอล์
- เปิดถุงพลาสติกที่คลุมขวดข้าวที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วออกวางถุงพลาสติกไว้บนโต๊ะ โดยให้ปากถุงพลาสติกเปิดไว้
- เปิดจุกเกลียวของขวดที่ใส่น้ำออก วางจุกในถุงพลาสติกที่เปิดไว้
- ถ่ายสปอร์ออกจากขวดลงขวดน้ำ หรือใช้ปากคีบที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว คีบเมล็ดข้าวเมล็ดที่มีสปอร์ขึ้นอยู่เต็มใส่ลงไปในขวดน้ำ
- ปิดจุกขวด และถุงพลาสติกตามเดิม
- เขย่าขวดเพื่อให้สารละลายในขวดผสมให้เข้ากัน แล้วนำสารละลายสปอร์นี้ไปเพาะเลี้ยงต่อในขวดข้าว

การถ่ายสปอร์ลงในขวดข้าง ทำได้ดังนี้

- ใช้กระบอกและเข็มฉีดยาที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายสปอร์ 10 มล.
- วางกระบอกและเข็มฉีดยาลงบนโต๊ะ ระวังไม่ให้เข็มฉีดยาสัมผัสกับสิ่งอื่นใด
- เปิดถุงพลาสติกที่คลุมขวดข้าวออก วางไว้บนโต๊ะ
- เปิดจุกสำลีที่ปิดขวดข้าวออกและวางจุกสำลีในถุงพลาสติก
- ค่อย ๆ หยดสารละลายสปอร์จากกระบอกฉีดยา 1 มล. ลงบนเมล็ดข้าวในขวดให้ทั่ว
- ปิดขวดข้าวด้วยจุกสำลี
- ทำซ้ำข้อ 3 จนถึงข้อ 6 จนครบ 10 ขวด

หลังจากนั้นตั้งขวดทั้งหมดไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 สัปดาห์

อันที่จริงแล้ว การผลิตสปอร์จะเกิดขึ้นมากที่สุดภายใน 1 สัปดาห์ โดยจะพบว่ามีสปอร์สีเขียวขึ้นปกคลุมทั่วเมล็ดข้าว แต่เนื่องจากในช่วงนั้น ในขวดยังมีความชื้นสูงอยู่ ไม่เหมาะกับการเก็บไว้นาน ๆ ดังนั้นเมื่อเพิ่มเวลาในการบ่มเชื้อต่อ เชื้อจะมีความแห้งพอที่จะเก็บไว้ได้นาน เชื้อที่เตรียมได้นี้จะเก็บไว้ในตู้เย็นได้นานอย่างน้อย 1 ปี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

10) วิธีการเติมสปอร์ในการหมักโคจิ การผลิตโคจิในระดับโรงงาน อาจทำได้โดยนำหัวเชื้อหมักโคจิรุ่นที่สองที่ค่อนข้างแห้งมาผสมโดยตรงกับโคจิที่เตรียมไว้ในโรงงาน หรืออีกวิธีหนึ่งโดยใช้หัวเชื้อหมักโคจิรุ่นที่สองที่แห้งมากขึ้นมาผสมกับแป้งก่อน เพื่อผลิตเป็นผลสปอร์ผสมแป้งซึ่งช่วยให้เก็บได้นาน แล้วจึงนำมาผสมกับโคจิที่เตรียมไว้ในโรงงาน

ปริมาณสัดส่วนที่ใช้คือ ใช้หัวเชื้อหมักโคจิรุ่นที่สอง 1 ถุง (70 กรัม) ต่อทุก ๆ 500 กก. (น้ำหนักแห้ง) ของถั่วเหลือง ปริมาณของแป้งที่ใช้คลุกเคล้ากับสปอร์ประมาณ 3-4 กก. แต่อาจเติมแป้งได้อีกจนกว่าส่วนผสมสปอร์และแป้งจะแห้งดี วิธีผสมแป้งก่อนนี้จะช่วยให้สปอร์กระจายเข้ากับถั่วเหลืองได้ดีขึ้นแต่คนงานที่ทำการผสมผงสปอร์กับแป้งควรใส่ผ้าปิดจมูกเพื่อกันการหายใจเอาสปอร์เข้าไป

บางโรงงานอาจใช้หัวเชื้อหมักโคจิรุ่นที่สองที่ได้จากการผสมเชื้อรา 2 ชนิด โดยเชื้อราชนิดแรกจะมีเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยแป้งอยู่มาก ส่วนเชื้อราชนิดที่สองจะมีเอ็นไซม์ที่ใช้ในการย่อยโปรตีนอยู่มาก ทำให้สามารถย่อยแป้งและโปรตีนได้มากที่สุด

11) สิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมในการหมักโคจิในระดับโรงงาน ในการหมักโคจิให้ได้ผลดีนั้น ต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น การต้มถั่วเพื่อให้ถั่วนิ่มและเพื่อทำลายเชื้อราที่ปนเปื้อนอยู่ การเติมแป้งเพื่อลดความชื้นให้มีไม่เกิน 45% และการใช้สปอร์จากเชื้อราที่ผลิตเอ็นไซม์สูง ดังที่ได้อธิบายมาแล้ว ยังมีสภาวะแวดล้อมที่เหลือที่จำเป็นต้องควบคุมอีกคือ อุณหภูมิและความชื้น

11.1) อุณหภูมิ ปัจจัยสำคัญ 2 อย่าง ที่มีผลต่อการควบคุมอุณหภูมิของโคจิ คือ ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการเจริญเติบโตของเชื้อราในโคจิ และอุณหภูมิของอากาศในบริเวณที่ทำการหมักโคจิ เชื้อราก็เช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆที่ให้ความร้อนออกมาขณะเจริญเติบโต และหากมีเชื้อราอยู่ด้วยกันจำนวนมาก ๆ ปริมาณความร้อนจะเพิ่มขึ้นอยู่ตลอดเวลาเมื่อมีการเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งถ้ามีความร้อนมากเกินไปก็อาจทำให้เชื้อราตายได้ จึงควรมีการควบคุมอุณหภูมิเพื่อหลีกเลี่ยงความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นในช่วงแรก

เมื่อเติมเชื้อราลงในโคจิ สปอร์ของเชื้อรายังไม่ได้เจริญเติบโต ทำให้ไม่มีการคายความร้อนออกมาจนกว่าสปอร์จะเริ่มเติบโต เมื่อเวลาผ่านไปราจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิในช่วงนี้สูงขึ้นอย่างรวดเร็วด้วย และหากปล่อยให้เชื้อราเจริญเติบโตหนาแน่นเป็นกลุ่มใหญ่แล้ว จะทำให้เกิดความร้อนสูงอยู่ภายในกลุ่มเชื้อรานั้น ดังนั้นจึงควรแผ่โคจิบนกระด้งไม้ไผ่ให้มีความหนาไม่เกิน 5 ซม. เพื่อจะระบายความร้อนออกได้ง่ายขึ้น ขณะเดียวกันเชื้อราที่อยู่ตรงกลางก็สามารถรับอากาศใหม่เข้าไปได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถ้าวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการหมักโคจิในช่วงเวลา 48 ชม. จะพบว่าในตอนต้นอุณหภูมิของโคจิจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศที่ล้อมรอบและเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชม. อุณหภูมิจะยิ่งสูงขึ้นและสูงขึ้นอย่างรวดเร็วต่อมา ดังนั้นจึงต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกิน 35-37° ซ. (ขึ้นกับสายพันธุ์ของเชื้อราที่ใช้ เพราะจะทำให้เชื้อราที่ต้องการเจริญเติบโตได้น้อยลง) และทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนเจริญเติบโตได้ดีขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเจริญเติบโตของราที่ใช้ในการหมักโคจิคือ 30° ซ. ซึ่งจะต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่อยู่เสมอ วิธีการควบคุมอุณหภูมิมีหลายวิธีต่างกันตามภูมิภาคและฤดูกาลที่ทำการหมัก และเราสามารถวัดอุณหภูมิของโคจิได้ โดยเสี่ยบเทอร์โมมิเตอร์ลงตรงกลางของโคจิ แล้วอ่านค่าของอุณหภูมิออกมา

วิธีการควบคุมอุณหภูมิเมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูงกว่า 30° ซ. ในสภาพดังกล่าว ต้องมีการให้ความเย็นตลอดเวลาตั้งแต่เชื้อราเริ่มเจริญเติบโต อุปกรณ์ที่ให้ความเย็นที่ดีที่สุดในห้องหมักที่เปิดคือ พัดลม แต่ถ้าทำการหมักโคจิในห้องที่ปิดต้องมีระบบทำความเย็นอยู่ตลอดเวลา

วิธีการควบคุมอุณหภูมิเมื่ออากาศมีอุณหภูมิประมาณ 30°ซ. ในช่วงแรกของการหมักยังไม่ต้องมีการให้ความร้อนหรือความเย็น แต่เมื่อเวลาผ่านไป 12 ชม. หากอุณหภูมิของโคจิขึ้นสูงถึง 35-37° ซ. จึงเริ่มให้ความเย็น โดยใช้พัดลมในห้องหมักที่เปิด จนกระทั่งอุณหภูมิไม่สูงขึ้นไปอีก

วิธีการควบคุมอุณหภูมิเมื่ออากาศมีอุณหภูมิต่ำกว่า 30° ซ. (25° ซ. หรือต่ำกว่า) อุณหภูมิระดับนี้สามารถลดความเจริญเติบโตของสปอร์เชื้อราในโคจิได้ขณะเดียวกันทำให้ เชื้อราที่ปนเปื้อนอยู่ที่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำเจริญเติบโตได การแก้ไขโดยปล่อยให้ส่วนผสมของโคจิเป็นกองสูงและใช้กระสอบคลุมก่อนจะนำไปแผ่ในกระด้ง วิธีดังกล่าวจะช่วยเก็บความร้อนไว้ได้บ้าง เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 30° ซ. ขอแนะนำให้ใช้กระด้งเปล่ามาคลุมทับโคจิจะช่วยเก็บความร้อนไว้ได้เพียงพอในขณะเดียวกันโคจิก็สามารถรับอากาศเข้าไปได้ด้วย

สิ่งสำคัญที่ควรทำคือ เมื่อวัดอุณหภูมิของโคจิแล้ว ให้เลือกวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุดในการควบคุมอุณหภูมิให้ใกล้เคียง 30° ซ. ตลอดเวลา เช่น ในประเทศไทยใช้ห้องหมักโคจิแบบเปิดเมื่ออากาศร้อนอาจจะใช้พัดลมเป่าเพื่อให้อุณหภูมิลดลง และเมื่ออากาศเย็นจะใช้กระด้งเปล่าคลุมทับเพื่อเก็บรักษาอุณหภูมิให้สูงขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการดัดแปลงและต้นทุนของผู้ผลิตซีอิ๊ว อย่างไรก็ตามการควบคุมอุณหภูมิในที่โล่งจะทำได้ยากและจะควบคุมความชื้นไม่ได้ สำหรับประเทศไทยความชื้นในอากาศโดยทั่วไปมีค่าสูงอยู่ตลอดเวลาจึงไม่จำเป็นต้องควบคุมความชื้น

11.2) ความชื้น ในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำจำเป็นต้องหมักโคจิในห้องปิด ซึ่งสามารถบุผนังด้วยแผ่นพลาสติกที่มีความหนา วิธีนี้สามารถควบคุมความชื้นได้ประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ไอน้ำช่วย ถ้าจำเป็นอาจมีเครื่องปรับอากาศด้วยก็ได้แต่อุปกรณ์ที่ง่ายที่สุดที่ใช้ในการควบคุมก็คือ พัดลม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.6 การถ่ายเอาถั่วและแป้งที่มีราขึ้นลงไปในน้ำเกลือและบ่มเป็นเวลาหลายเดือน

ในขั้นตอนสุดท้ายของการหมักโคจิ เมื่อส่วนผสมของถั่วเหลืองและแป้งบนกระด้งไม้ไผ่เปลี่ยนเป็นสีเขียว จึงนำไปใส่ในโอ่งดินเผาแล้วเติมน้ำเกลือเรียกส่วนผสมนี้ว่า โมโรมิ ความเข้มข้นสูงของเกลือและน้ำในโมโรมิจะยับยั้งการเจริญเติบโตของรา การย่อยสลายโปรตีนและแป้งโดยเอ็นไซม์ในโคจิ แต่จะสนับสนุนการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยีสต์ที่ทนเกลือได้สูง

แบคทีเรียจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงแรก โดยใช้น้ำตาลที่ได้จากการย่อยสลายแป้งในขบวนการหมักโคจิ ให้กลิ่นและรสออกมา รวมทั้งกรดแลคติกเล็กน้อย ซึ่งเป็นการเพิ่มความเป็นกรดในส่วนผสม ความเป็นกรดนี้จะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของยีสต์ซึ่งจะให้กลิ่น รส และแอลกอฮอล์ออกมาเล็กน้อย

โคจิที่ผ่านการหมักเรียบร้อยแล้วจะถูกนำไปผสมกับน้ำเกลือ โดยทั่วไปจะใช้โคจิประมาณ 20-25 กิโลกรัมต่อน้ำเกลือ 60 ลิตร แล้วบ่มเป็นเวลานานหลายเดือน ขั้นตอนนี้เรียกว่า การหมักโมโรมิ ซึ่งมีความสำคัญเท่า ๆ กับการหมักโคจิ เพื่อให้ได้ซีอิ๊วที่มีกลิ่นและรสดี สิ่งสำคัญในการหมักโมโรมิ คือ ปริมาณของเกลือในน้ำเกลือที่ใช้ในการหมัก จากประสบการณ์พบว่าหากใช้ความเข้มข้นของเกลือ 18-22% จะได้ซีอิ๊วที่มีคุณภาพดี แต่หากความเข้มข้นของเกลือมากหรือน้อยกว่านี้จะทำให้จุลินทรีย์ที่ให้โทษเจริญแทนที่ รายละเอียดเกี่ยวกับการวัดปริมาณเกลือจะกล่าวถึงในบทที่ 4

เมื่อผสมโคจิกับน้ำเกลือแล้ว ราที่ติดมากับโคจิจะตายและน้ำย่อยที่ราสร้างขึ้นก็จะเสื่อมสภาพไม่สามารถทำหน้าที่ได้อีกต่อไป สารต่าง ๆ ที่ได้จากการย่อยในการหมักโคจิจะหลุดลอยออกมาละลายอยู่ในน้ำเกลือ ขณะเดียวกันแบคทีเรียบางชนิดที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเกลือที่มีเกลือเข้มข้น 18-22% ก็จะเริ่มเพิ่มจำนวนโดยการกินสารได้จากการย่อยในการหมักโคจินั้น ในขณะที่แบคทีเรียกำลังเจริญเติบโตอยู่นี้ จะทำให้น้ำเกลือมีความเป็นกรดมากยิ่งขึ้น และยังช่วยเพิ่มกลิ่นและรสให้กับน้ำเกลือดังกล่าวด้วย การที่น้ำเกลือมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นย่อมทำให้ยีสต์สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนโดยใช้สารที่ได้จากการย่อยในการหมักโคจิเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยีสต์ยังเติมกลิ่นและรสให้กับซีอิ๊ว ซึ่งส่วนหนึ่งได้จากการที่ยีสต์ผลิตแอลกอฮอล์ออกมา

การเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยีสต์ที่ทนเกลือนี้เป็นไปอย่างช้า ๆ ทำให้การหมักโมโรมิกินเวลานานหลายเดือน แบคทีเรียและยีสต์เหล่านี้จะเอาชนะจุลินทรีย์ให้โทษอื่นๆ ได้เมื่ออยู่ในที่ ๆ มีออกซิเจนต่ำ ด้วยเหตุนี้ จึงไม่ควรกวนน้ำเกลือในขณะหมักโมโรมิแรงหรือบ่อยเกินไป การหมักโมโนมิสิ้นสุดลงเมื่อผู้ผลิตซีอิ๊วเห็นว่าซีอิ๊วที่ได้มีกลิ่นและรสเป็นที่น่าพอใจแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยสำคัญของขบวนการหมักโมโรมิคือ ความเข้มข้นของเกลือในส่วนผสม ซึ่งจากประสบการณ์ได้สอนให้ชาวญี่ปุ่นรู้ว่า ถ้าใช้เกลือน้อยกว่า 16% จะเกิดการเน่าเสีย แต่ถ้าใช้เกลือความเข้มข้นสูงมากจะทำให้ได้รสชาดที่เค็มมากเกินไป และจากประสบการณ์ของผู้เขียนพบว่า ในประเทศไทยที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าญี่ปุ่น ถ้าใช้ความเข้มข้นเกลือต่ำกว่า 18% และสูงกว่า 25% จะเกิดความเน่าเสีย ดังนั้นถ้าจะป้องกันการเสียหายและต้องซีอิ๊วที่ไม่เค็มเกินไปผู้ผลิตของไทยควรใช้เกลือในช่วง 18-22%

ถ้าโอ่งที่ใช้หมักโมโรมิมีฝาปิด ควรจะเป็นฝารูปกรวย เพื่อป้องกันน้ำที่เกิดจากการควบแน่นหยดบนโมโรมิ ซึ่งจะทำให้บริเวณนั้นมีความเค็มลดลง ทำให้จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดความเสียหายเจริญเติบโตได้

1) สภาวะสำหรับขบวนการหมัก ขบวนการหมักและการทำให้อาหารบูดเน่านั้นเป็นขบวนการเดียวกัน ขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์ที่ให้เจริญอยู่บนอาหาร วิธีที่จะสนับสนุนการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักและหยุดยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและทำให้อาหารบูดเน่าก็คือ ต้องมีการควบคุมสภาวะขณะที่ทำการหมัก สภาวะที่จะเลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการรวมทั้งจุลินทรีย์ ที่ใช้ในการหมักด้วย

สภาวะต่าง ๆ ซึ่งช่วยในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่กล่าวถึงข้างต้นนั้น ประกอบด้วยส่วนประกอบของอาหาร(หมายถึงโครงสร้างทางเคมีของอาหาร),ปริมาณน้ำที่อยู่ในอาหาร, อุณหภูมิของอาหารและบริเวณรอบๆ, ความชื้นในบริเวณนั้นๆ, ความเป็นกรดของอาหาร, ปริมาณของเกลือในอาหาร เราจำเป็นต้องตรวจวัดปัจจัยเหล่านี้เพื่อจะได้ควบคุมไว้ได้ ดังนั้น ข้อควรปฏิบัติอย่างหนึ่งของผู้ผลิตซีอิ๊วก็คือ ควรจะมีอุปกรณ์เพื่อใช้ในการตรวจวัดปัจจัยต่าง ๆ

2) การเตรียมการก่อนการหมัก จากการที่กล่าวแล้วว่า ผลของเกลือในส่วนผสมโมโรมิจะยับยั้งการย่อยโปรตีนและแป้งโดยเอ็นไซม์ที่ได้จากการหมักโคจิ ซึ่งจัดเป็นข้อเสียเพราะว่าการย่อยโปรตีนและแป้งที่ดีมากจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้นดังนั้นจึงต้องแก้ไขโดยเติมน้ำที่ปราศจากเกลือลงในโคจิที่อยู่ในโอ่งโมโรมิก่อนที่จะเติมน้ำเกลือ ถ้าใช้โคจิที่มีอายุ 48 ชม. จะทำให้อุณหภูมิในส่วนผสมโมโรมิขึ้นสูงถึง 50° ซ. ซึ่งจะเป็นการดีถ้าปล่อยทิ้งไว้ไม่เกิน 4 ชม. เพราะจะทำให้มีการย่อยโปรตีนและแป้งได้มากกว่าปกติ อย่างไรก็ตาม จะต้องมีการเพิ่มปริมาณ (%) ของเกลือในน้ำที่เติมเพื่อชดเชยกับน้ำที่เติมลงไปก่อน

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของน้ำและน้ำเกลืออิ่มตัวที่เติมลงในโคจิที่มีน้ำหนักและความชื้นต่าง ๆ กัน ที่มักมีการเติมน้ำเกลืออิ่มตัวปริมาณ 48 ลิตร ลงไปหลังจากผสมโคจิกับน้ำแล้ว 4 ชม.ทางโรงงานจะต้องตรวจสอบปริมาณน้ำในโคจิที่หมักได้ที่แล้วเพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณน้ำปราศจากเกลือที่จะเติมลงไปในโคจินั้นก่อน แสดงในตาราง 3.10

ตาราง 3.10 ปริมาณน้ำและน้ำเกลืออิ่มตัวที่ใส่ในโคจิที่หมักแล้ว น้ำหนักต่าง ๆ กัน และมีความชื้นโดยเฉลี่ย 40% (ความชื้นในช่วง 0-60%)

น้ำหนัก (กก.)	ปริมาณน้ำที่เติม (ลิตร)	ปริมาณน้ำเกลือ 31% (ลิตร)	ปริมาตรสุดท้าย (ลิตร)	ช่วง % เกลือสุดท้าย
20	20	46	66-74-78	22-19-18
22	20	47	67-76-80	22-19-18
24	20	48	68-78-82	22-19-18
26	20	49	69-79-85	22-19-18
28	20	49	69-80-86	22-19-18
30	20	51	70-82-88	22-19-18
32	20	52	72-85-91	22-19-18

ดังนั้น เมื่อเวลาผ่านไป 4 ชม. เติมน้ำเกลืออิ่มตัวปริมาณ 48 ลิตร (ความเข้มข้นเกลือ 31% ดูข้อ 3) ลงในโอ่ง ผสมให้เข้ากันจะได้ความเข้มข้นเกลือสุดท้าย 19% อย่างไรก็ตามจะมีการระเหยของน้ำในระหว่างการหมักโมโรมิกลางแดดเป็นเวลานานหลายเดือน ซึ่งจะทำให้ได้ค่าความเข้มข้นของเกลือประมาณ 22% หรือมากกว่านั้น

ในขั้นตอนก่อนการหมักโมโรมินี้จะกระตุ้นให้มีการย่อยแป้งและโปรตีนในถั่วเป็นครั้งสุดท้ายด้วยเอ็นไซม์ในโคจิ ก่อนที่จะถูกยับยั้งเนื่องจากเติมเกลือลงไป ทำให้ได้ซีอิ๊วที่มีคุณภาพดีขึ้น

3) การเตรียมน้ำเกลือ น้ำเกลือหมายถึงการนำเกลือไปละลายในน้ำ ความเข้มข้นของน้ำเกลือมีผลต่อคุณภาพของซีอิ๊วโดยตรง เกลือเป็นสารป้องกันการเสียของวัตถุดิบในการทำซีอิ๊วที่สำคัญ ปริมาณน้ำที่ใช้ไม่แน่นอน เช่น ความเข้มข้นต่ำ ซีอิ๊วจะเกิดการเสียได้ ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ ถ้าความเข้มข้นสูงจะมีความสามารถในการป้องกันการเสียได้สูงเกินไป จนทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ช้าลง ถ้าหากความเข้มข้นของน้ำเกลือไม่สม่ำเสมอคุณภาพของซีอิ๊วที่ได้ก็ต่างกันไปด้วย ดังนั้นจะต้องควบคุมความเข้มข้นของน้ำเกลือให้คงที่ทุกครั้ง

การเตรียมน้ำเกลือส่วนมากใช้น้ำเย็น ณ อุณหภูมิห้องมาละลายเกลือ อาจจะใช้ถังไม้หรือบ่อซีเมนต์ ถ้าจะใช้น้ำร้อนก็ให้ละลายในหม้อธรรมดาโดยเติมน้ำแล้วให้ความร้อน 60-100° ซ. ค่อย ๆ เติมเกลือแล้วคนปรับให้ได้ความเข้มข้นตามที่ต้องการ

ประโยชน์ของการใช้น้ำร้อนเตรียมน้ำเกลือ

1. สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับเกลือหรือน้ำได้
2. ละลายเร็วกว่า
3. ทำให้ใสเร็ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อดีข้อเสียของการใช้น้ำร้อนและน้ำเย็นเตรียมน้ำเกลือนั้น สรุปไว้ในตาราง 3.11

ตาราง3.11 การละลายของเกลือเมื่อใช้น้ำร้อนและน้ำเย็น

	NaCl	$CaCl_2$	$CaSo_4$	$MgCl_2$	$MgSO_4$	Na_2SO_4
น้ำ 0° ซ. ปริมาณ 100 ส่วน	35.5	28.6	2.3	130.0	25.8	4.7
น้ำ 100° ซ. ปริมาณ 100 ส่วน	39.2	56.6	2.2	367.0	71.4	43.0

แม้ว่าน้ำร้อนจะมีข้อดีดังกล่าวมากมายก็ตาม แต่เพื่อเศรษฐกิจของโรงงาน และอีกประการหนึ่ง ข้อดีดังกล่าวก็อาจจะไม่แน่นอน ดังนั้นในไต้หวันเองไม่นิยมใช้น้ำร้อนในการเตรียมน้ำเกลือ

ในปัจจุบันในโรงงานขนาดใหญ่ ใช้บ่อละลายเกลือแบบน้ำไหล โรงงานระดับกลางหรือเล็กกว่าใช้บ่อละลายเกลือแบบเคลื่อนที่ได้

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเกลือ ถ.พ. และ °Be' การแสดงบ่งความเข้มข้นของน้ำเกลือทำได้หลายวิธี เช่น เปอร์เซ็นต์ ถ.พ. และ °Be' เกลือที่บริสุทธิ์ละลายในน้ำกลั่นแล้วจะมีเปอร์เซ็นต์ ถ.พ. และ °Be' ที่แน่นอน แต่ในโรงงานไม่ได้ใช้เกลือที่บริสุทธิ์ ดังนั้นน้ำเกลือที่มี ถ.พ. เท่ากัน อาจจะมีปริมาณเกลือที่แท้จริงต่างกันก็ได้

ปริมาณของเกลือที่ใช้และการปรับความเข้มข้นของน้ำเกลือ ตามปกติการทำซีอิ๊วใช้เกลือที่มีความเข้มข้น 19.5-20.0 °Be' ซึ่งไต้หวันและญี่ปุ่นนิยมใช้ ความเข้มข้นในระดับนี้

การกำหนดอุณหภูมิของน้ำเกลือ น้ำเกลือเมื่อมีอุณหภูมิสูงจะมีความเจือจาง แต่ถ้ามีอุณหภูมิต่ำจะมีความเข้มข้น น้ำบริสุทธิ์ปกติ ณ ที่อุณหภูมิน้อยกว่า 4° ซ. จะขยายตัว แต่น้ำเกลือยังหดตัวอยู่

การเปลี่ยนแปลงของ °Be' ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ สมมติให้ใช้อุณหภูมิ 15° ซ. เป็นอุณหภูมิที่มาตรฐาน สามารถกำหนดสูตรการคำนวณได้ดังนี้

4) การปรับค่าความเข้มข้นของน้ำเกลือ เนื่องจากคุณภาพของเกลือที่ใช้มีความแตกต่างกัน ดังนั้นภายหลังการละลายเกลือแล้วจะต้องมีการตรวจหาความเข้มข้น และมีวิธีการปรับความเข้มข้นให้ได้ตามต้องการ ดังนี้

- ความเข้มข้นต่ำเกินไป ถ้าหากความเข้มข้นต่ำกว่าทุก 0.1 °Be' ให้เติมเกลือ 1.6 กิโลกรัมต่อน้ำเกลือ 1 กิโลลิตร ใช้ได้กับน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นระหว่างค่า 19-20 °Be' แต่ได้กล่าวตั้งแต่ต้นแล้วว่าคุณภาพเกลือที่ใช้ต่างกัน ตามปกติน้ำเกลือ 1 กิโลลิตรเติมเกลือ 1.75-1.90 กิโลกรัม เมื่อละลายหมดก็จะให้ความเข้มข้นสูงขึ้น 0.1 °Be'

- ความเข้มข้นสูงเกินไป ถ้าหากความเข้มข้นสูงกว่าทุก 0.1 °Be' ให้เติมน้ำ 6.4 ลิตรต่อน้ำเกลือ 1 กิโลลิตร แต่วิธีนี้ใช้ได้เมื่อน้ำเกลือมีความเข้มข้นระหว่าง 20-21 °Be'

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถ้าหากมากกว่านี้อาจไม่แน่นอนสำหรับความเข้มข้นสูงกว่า 20 °Be' ในปริมาณ 1 กิโลลิตร ถ้าจะปรับให้ได้ความเข้มข้น 20 °Be' สามารถปรับได้ดังตารางความแตกต่างของความเข้มข้นยิ่งมาก ค่าที่ได้ยิ่งไม่แน่นอน แสดงในตาราง 3.12

ตาราง3.12 การปรับความเข้มข้นของน้ำเกลือที่สูงกว่า 20 °Be' ให้มีความเข้มข้น 20 °Be'

ความเข้มข้นเดิม (°Be')	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ปริมาณน้ำที่เติมใน 1 กิโลลิตร ของน้ำเกลือ (ลิตร)	64	129	196	265	336	408	480	552	625	700

5) การวัดความเข้มข้นของเกลือและการเติมเกลือ

วิธีคำนวณปริมาณเกลือ ค่าความเข้มข้นของเกลือในน้ำสามารถบ่งบอกได้หลายแบบ แต่ที่นิยมที่สุดในโรงงานทั่วไป คือ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายถึงน้ำหนักของเกลือ (หน่วยเป็นกรัม) ที่ละลายในน้ำ 100 มล. เช่น สารละลายเกลือเข้มข้น 20% แสดงว่ามีเกลือหนัก 20 กรัม ละลายในน้ำ 100 มล. การคำนวณ % เกลือนี้ทำได้โดยใช้น้ำหนักเกลือ หารด้วยปริมาตรของน้ำแล้วคูณด้วย 100% (เช่น 20/100x100%) ในการเตรียมสารละลายเกลือจะต้องชั่งน้ำหนักเกลือให้แม่นยำก่อนแล้วจึงเติมน้ำลงไปเพื่อที่จะปรับปริมาตรสุดท้ายให้ได้ 100 มล.

6) วิธีวัดปริมาณเกลือ การชั่งน้ำหนักเกลือแต่ละครั้งมักจะไม่แม่นยำ เพราะเกลือไม่แห้งและสะอาดจริง เช่น เกลือแห้งในประเทศไทยจะมีน้ำอยู่ 12% แสดงว่าในเกลือหนัก 1 กก. จะมีเกลือจริง ๆ อยู่ไม่เกิน 880 กรัม ดังนั้น เพื่อความแม่นยำ จึงมีการวัดปริมาณเกลือโดยใช้วิธีทางเคมี อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกบางโรงงานทำการวัดความเข้มข้นของเกลือ โดยใช้เครื่องมือไฮโดรมิเตอร์พิเศษที่เรียกว่า ซาลิโนมิเตอร์ ซึ่งจะวัดความเข้มข้นของเกลือออกมาเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ เกลือวิธีวัดทำโดยจุ่มซาลิโนมิเตอร์ลงในสารละลายเกลือ เมื่อซาลิโนมิเตอร์ลอยขึ้นมา ให้อ่านค่าที่ขีดตรงกับระดับผิวของสารละลายเกลือ ซาลิโนมิเตอร์นี้ต่างจากไฮโดรมิเตอร์ที่ใช้วัดสารละลายน้ำตาล แอลกอฮอล์หรือสารละลายอื่น ต้องระวังอย่าใช้ปนกัน เพราะจะทำให้อ่านค่าออกมาไม่แม่นยำเท่าที่ควร นอกจากนี้ยังมีไฮโดรมิเตอร์อีกชนิดหนึ่งที่จะให้ค่าเป็น °Baume ใช้วัดได้ทั้งความเข้มข้นของน้ำตาลหรือเกลือในน้ำ แต่จะไม่อ่านค่าออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถแปลกลับไปเป็นค่าเปอร์เซ็นต์อีกทีหนึ่ง การเปลี่ยนค่า °Baume ไปเป็นเปอร์เซ็นต์เกลือแสดงอยู่ในตาราง ตัวอย่างเช่น สารละลายเกลือ 23% จะอ่านค่าออกมาเท่ากับ 18.5 °Baume นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้วัดความเข้มข้นของเกลือ แต่มีราคาแพง

338.51
ฟ192ก
เลขหมู่.....
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7) วิธีการเจือจาง เนื่องจากความแม่นยำในการวัดความเข้มข้นของเกลือในโมโรมิมีความสำคัญมาก และการวัดโดยใช้ซาลิโนมิเตอร์มักมีความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากผู้อ่านได้ ดังนั้นวิธีการแก้ไขอีกวิธีหนึ่ง คือ อาศัยหลักการของเกลือโซเดียมคลอไรด์ ตาราง 3.13 แสดงการเปลี่ยนค่า °Baume เป็นค่า % ของเกลือ

ตาราง 3.13 การเปลี่ยนค่า °Baume เป็นค่า % ของเกลือ

°Baume	% เกลือ	°Baume	% เกลือ
13.8	16	19.2	24
14.5	17	19.8	25
15.2	18	20.5	26
15.8	19	21.2	27
16.5	20	22.5	29
17.2	21	23.2	30
17.8	22	23.8	31
18.5	23		

*ค่าที่ได้เหล่านี้ สำหรับเกลือโซเดียมคลอไรด์บริสุทธิ์ที่ 29° ซ. (ไม่ใช่เกลือทะเลซึ่งจะมีโซเดียมคลอไรด์อยู่ประมาณ 98%)

ส่วนประกอบหลักของเกลือทะเล ที่สามารถละลายน้ำได้ไม่เกิน 31% ที่อุณหภูมิ 20° ซ. หรือประมาณ 33% ที่อุณหภูมิ 35° ซ. ดังนั้นถ้าเติมเกลือนี้ลงในน้ำจนมากเกินพอ ผสมให้เข้ากันจะได้สารละลายเกลือที่อิ่มตัวซึ่งจะมีความเข้มข้นสุดท้ายของเกลือเท่ากันที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นต้องวัดอีก

สารละลายเกลือที่อิ่มตัวนี้ สามารถนำมาเตรียมเป็นสารละลายเกลือความเข้มข้นต่าง ๆ ได้ โดยการผสมกับน้ำปริมาตรต่าง ๆ กัน เช่น ใช้น้ำ 30 ลิตรผสมกับสารละลายเกลือเข้มข้น 31% 48 ลิตร จะได้สารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นสุดท้าย 19% (ตัวอย่างวิธีคำนวณ คือ 48 ลิตร x 31% = 1488 ลิตร-% แล้วหารด้วยปริมาตรสุดท้าย 78 ลิตร จะได้ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 19%)

8) วิธีการเจือจางแบบง่าย ๆ นอกจากวิธีหาเปอร์เซ็นต์เกลือดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีอีกวิธีหนึ่งซึ่งจะวัดค่าเปอร์เซ็นต์เกลือออกมาได้เหมือนกันคือ กำหนดน้ำหนักที่แน่นอนของโคจิที่หมักแล้ว ก่อนที่จะนำไปใส่ลงในโอ่งโมโรมิ แล้วเขียนตารางที่แสดงปริมาตรน้ำในโคจิที่มีความชื้นอยู่ในช่วง 0-60% เลือกปริมาตรน้ำที่เหมาะสมที่จะเติมกับปริมาตรของสารละลายเกลืออิ่มตัว เพื่อให้ได้เกลือที่มีค่าความเข้มข้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 18-22%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางนี้ทำขึ้นสำหรับโรงงานที่ใช้โคจิที่หมักแล้ว 22 กก. ใส่ลงในโอ่งโมโรมิ 1 ใบ เติมน้ำ 20 ลิตร และเติมสารละลายเกลืออิ่มตัว (31% เกลือ) 47 ลิตร พบว่าจะได้โมโรมิที่มีความเข้มข้นเกลือสุดท้ายอยู่ในช่วง 18-22% โรงงานซีอิ๊วในไทยส่วนใหญ่จะผลิตโคจิหมักที่มีความชื้นโดยเฉลี่ย 40% หลังจากใช้เวลาหมักนาน 8 ชม. ซึ่งแสดงว่าในโอ่งโมโรมิมีน้ำหนักมากหรือน้อยกว่า 22 กก. ปริมาตรน้ำและการละลายเกลืออิ่มตัวที่ใช้ผสมก็ต้องเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในตาราง 3.14

ตาราง 3.14 แสดงความเข้มข้นสุดท้ายของเกลือของโคจิที่หมักแล้ว หนัก 22 กิโลกรัม ที่ความชื้นต่าง ๆ กัน

% ความชื้น	ปริมาตรน้ำในถั่ว (ลิตร)	ปริมาณน้ำที่เติม (ลิตร)	ปริมาณน้ำทั้งหมด (ลิตร)	ปริมาตรน้ำเกลือ (31%) (ลิตร)	ปริมาตรทั้งหมด (ลิตร)	%เกลือสุดท้าย
0	0	20	20	47	67.0	21.7
4	0.9	20	20.9	47	67.9	21.5
8	1.8	20	21.8	47	68.8	21.2
12	2.6	20	22.6	47	69.6	20.9
16	3.5	20	23.5	47	70.5	20.7
20	4.4	20	24.4	47	71.4	20.4
24	5.3	20	25.3	47	72.3	20.2
28	6.2	20	26.2	47	73.2	19.9
32	7.0	20	27.0	47	74.0	19.7
36	7.9	20	27.9	47	74.9	19.5
40	8.8	20	28.8	47	75.8	19.2
42	9.2	20	29.2	47	76.2	19.1
44	9.7	20	29.7	47	76.7	19.0
46	10.1	20	30.1	47	77.1	18.9
48	10.6	20	30.6	47	77.6	18.8
50	11.0	20	31.0	47	78.0	18.7
52	11.4	20	31.4	47	78.4	18.6
54	11.9	20	31.9	47	78.9	18.5
56	12.3	20	32.3	47	79.3	18.4
58	12.8	20	32.8	47	9.8	18.3
60	13.2	20	33.2	47	80.2	18.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

9) การหมักซีอิ๊วในบ่อหรือในโอ่ง หลังจากที่เตรียมหัวเชื้อเรียบร้อยแล้ว ก็พร้อมที่จะนำมาผสมกับวัตถุดิบ หลักที่จะใช้หมักในถังไม้หรือบ่อปูนซีเมนต์ ซึ่งการออกแบบโครงสร้างมีผลต่อการเป็นซีอิ๊วเร็วหรือช้าด้วย วิธีโบราณอาศัยแสงแดดให้ความร้อน แต่ในปัจจุบันอาศัยการสร้างห้องหมักที่มีความสะอาดและแสงผ่านได้สะดวก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิและการถ่ายเทของลมจะต้องพอเหมาะ ในอดีตมีบางโรงงานใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ แต่ในปัจจุบันไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากในได้หวันเองหน้าหนาวอุณหภูมิจะต่ำกว่า 10° ซ. อุณหภูมิต่ำก็มีผลต่อระยะเวลาการหมัก คือจะต้องใช้เวลานานกว่าปกติ

ในการหมักโมโรมิ สามารถใช้ถังหมักขนาดใหญ่ที่ทำด้วยคอนกรีตหรือไฟเบอร์กลาสแทนโอ่งขนาด 60 ลิตรแบบดั้งเดิมได้ ถังขนาดใหญ่นี้ลึก 1.3 เมตร กว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร สามารถจุโมโรมิได้ 1000 ลิตร ซึ่งเทียบเท่ากับใช้โอ่ง 17 ใบ ถังหมักดังกล่าวนี้มีขนาดพอเหมาะ ไม่ใหญ่เกินไปสำหรับโรงงานขนาดเล็ก ในระหว่างการหมักควรมีการกวนเบา ๆ ในเวลาสั้น ๆ วันละ 1-2 ครั้ง วิธีกวนที่ดีที่สุดคือ ให้อากาศเข้าทางก้นถัง 2-3 ครั้งแต่ละครั้งให้เป็นฟองอากาศขนาดใหญ่ และต้องกดส่วนผสมโมโรมิให้จมน้ำเกลือ เพื่อกันไม่ให้ผิวหน้าแห้ง

10) การเปลี่ยนแปลงของกระบวนการหมัก จากตารางนี้เป็นการทดลองของชาวญี่ปุ่น และตัวเลขเรียงอันดับนั้นเป็นผลของแต่ละบ่อที่ใช้หมักของโรงงานเดียวกัน ดังนั้นจึงมีค่าแตกต่างกันบ้าง จะเห็นว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดกับอะมิโนไนโตรเจนนั้นสูงสุดเมื่อการหมักผ่านไปเป็นเวลา 4-5 เดือน แสดงในตาราง 3.15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.15 การวิเคราะห์ระยะต่าง ๆ ของการหมักซีอิ๊ว (%)

อันดับ	เวลา	ถ.พ.	Total Solid	เกลือ	ไนโตรเจนทั้งหมด	อะมิโนไนโตรเจน	น้ำตาล	Total acid	Volatile acid
1	2 วัน	21.32	30.32	18.80	0.47	0.09	6.53	0.17	-
2	10 วัน	22.37	33.07	18.30	0.77	0.21	8.50	0.25	-
3	1 เดือน	23.64	35.81	17.95	0.95	0.32	11.10	0.29	-
4	2 เดือน	24.32	37.21	18.00	1.09	0.42	12.14	0.35	-
5	3 เดือน	24.64	38.49	17.85	1.26	0.52	12.49	0.39	-
6	4 เดือน	24.72	38.45	18.35	1.29	0.56	12.49	0.39	0.01
7	5 เดือน	23.32	37.45	17.40	1.43	0.65	8.36	0.50	0.02
8	6 เดือน	22.42	36.30	17.65	1.44	0.66	5.95	0.55	0.02
9	7 เดือน	22.80	37.56	17.80	1.54	0.67	5.55	0.58	0.02
10	8 เดือน	22.80	37.01	18.75	1.49	0.65	5.38	0.55	0.02
11	9 เดือน	22.62	37.05	18.10	1.49	0.66	4.64	0.56	0.02
12	10 เดือน	22.44	36.53	17.75	1.48	0.67	4.81	0.54	0.02
13	11 เดือน	22.52	35.88	18.35	1.47	0.70	3.37	0.54	0.02
14	12 เดือน	22.40	26.52	17.95	1.48	0.71	4.08	0.52	0.01
15	14 เดือน	22.70	38.11	18.25	1.53	0.74	5.32	0.59	0.01
16	15 เดือน	22.65	36.98	18.30	1.49	0.72	5.20	0.56	0.01

11) ระยะเวลาในการหมัก ระยะเวลาที่ใช้หมักโมโรมิจะแตกต่างกันไปแล้วแต่ผู้ผลิต แต่ส่วนใหญ่จะใช้เวลาหมักนานเพื่อให้ได้ซีอิ๊วที่มีคุณภาพดีเช่นในไทยส่วนใหญ่ใช้เวลาหมัก 3 เดือน ในญี่ปุ่นใช้เวลาหมักนาน 6 เดือนถึง 1 ปี ทำให้ได้ซีอิ๊วที่มีรสชาดดีและขายได้ในราคาที่สูงกว่าปกติ อย่างไรก็ตามควรใช้เวลาหมักไม่น้อยกว่า 3 เดือน และไม่จำเป็นต้องหมักกลางแดดซึ่งเป็นวิธีดั้งเดิมที่ทำในประเทศไทย ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักไม่ใช่ปัจจัยสำคัญมากนักเพราะต้องอาศัยแสงแดดด้วย การหมักในภาชนะที่มีฝาปิดจะช่วยลดความจำเป็นในการปรับความเข้มข้นของเกลือในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังป้องกันไม่ให้ผิวหน้าของโมโรมิแห้งและยังป้องกันไม่ให้ความชื้นเพิ่มขึ้นเนื่องจากการควบแน่น ซึ่งจะทำให้เกิดความเน่าเสียที่สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการกวนเบา ๆ

12) การคนหรือกวน หลังจากผสมหัวเชื้อและวัตถุดิบแล้วจะต้องมีการคนหรือกวน การกวนมีผลต่อการหมักและความสุกของวัตถุดิบ ถ้าหากกวนไม่ตรงตามเวลา ปล่อยทิ้งไว้หลาย ๆ สัปดาห์ จะทำให้ผิวหน้าเป็นสีขาวทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ กลิ่นหอมของซีอิ๊วจะหายไปแต่ถ้ากวนมากเกินไปจะทำให้เกิดลักษณะเหนียวหนืดเกินไป ซึ่งเป็นผลเสีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

12.1) วัตถุประสงค์ของการกวนหรือคน

- ทำให้น้ำเกลือผสมได้ทั่วถึง ป้องกันการสูญเสียขณะหมัก
- ทำให้เอนไซม์ในหัวเชื้อละลายได้เร็วขึ้น ช่วยทำให้การหมักเร็วขึ้น
- ช่วยระบาย CO_2 ที่เกิดจากเชื้อยีสต์และแบคทีเรีย และช่วยเพิ่ม O_2
- ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ขยายพันธุ์ได้เร็ว
- ป้องกันเชื้อที่ไม่ต้องการ CO_2 (Anaerobic) ไม่ให้เจริญเติบโตได้
- ทำให้อุณหภูมิสม่ำเสมอ
- ป้องกันบริเวณผิวหน้าสัมผัสกับอากาศแล้วเกิดราขึ้น

12.2) วิธีการกวน มี 2 วิธี

- ใช้แรงมนุษย์ โดยใช้ไม้พาย แต่เปลืองแรงงาน และเวลามาก
- ใช้เครื่องจักร โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1-2 แรงม้า ความดันขนาด 5-7 ปอนด์ (หรือมากกว่า) ใช้ท่อยางต่อกับท่อเหล็กจุ่มลงไปในบ่อหมัก แล้วให้อากาศลงสู่ด้านล่างเกิดการกวนขึ้น วิธีการนี้แม้ว่าไม่ใช้แรงงานมาก ประหยัดเวลา แต่ถ้าความดันต่ำเกินไปวัตถุดิบที่อยู่ด้านล่างก็อาจจะไม่ถูกกวนด้วย ถ้าความดันสูงก็จะเกิดการกระเด็นออกจากบ่อ

12.3) ระดับการกวน ระดับการกวนขึ้นอยู่กับเวลาของการบรรจุลงบ่อใกล้ไกล การบรรจุลงบ่อจะต้องกวนครั้งแรกมีวัตถุประสงค์ที่จะผสมหัวเชื้อกับน้ำเกลือ ดังนั้นไม่ต้องกวนมากเกินไป ถ้ากวนแรงเกินไป จะทำให้ถั่วเหลืองและข้าวสาลีแตกละเอียดยิ่งขึ้น ทำให้เกิดลักษณะเหนียวซึ่งจะไปขัดขวางการหมัก สำหรับการกวนในระยะที่สองจะต้องมากหน่อย ระยะสุดท้ายจะต้องน้อยลงจากการทำซีอิ๊วในโรงงานได้หวันแบ่งเป็นเวลา 6 เดือน (มาตรฐาน) ระยะ 6 เดือนแบ่งเป็น 7 ระยะไม่เท่ากัน แสดงในตาราง 3.16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.16 จำนวนการกวนในแต่ละระยะ

ระยะ / ฤดู	ระยะที่ 1 ระยะหมักด้วยเกลือ (วัน)	ระยะที่ 2 ระยะการย่อยสลาย (วัน)	ระยะที่ 3 ระยะการหมักสูงสุด (วัน)	ระยะที่ 4 ระยะหลังการหมัก (วัน)	ระยะที่ 5 ระยะค่อย ๆ เข้าสู่จุดหมาย (วัน	ระยะที่ 6 ระยะที่ได้ (วัน)	ระยะที่ 7 ระยะรอบรรจุ (วัน)	เวลาที่ใช้ในการผลิต (เดือน)
ใบไม้ผลิ	0-12	13-40	41-120	71-120	121-150	151-180	มากกว่า 181	6
ร้อน	0-7	8-25	26-60	61-90	91-120	121-150	มากกว่า 151	5
ใบไม้ร่วง	0-12	13-40	41-70	71-120	121-150	151-180	มากกว่า 181	6
หนาว	0-5	16-50	51-90	91-150	151-180	181-210	มากกว่า 211	7
ใช้พายกวน ใช้เครื่องจักรกวน	วันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 20-25 ครั้ง วันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 5-8 นาที	วันละ 1-2 ครั้งๆละ 30 -35 ครั้ง วันละ 1-2 ครั้ง ๆ ละ 10-12 นาที	วันละ 1-2 ครั้งๆละ 50 -60 ครั้ง วันละ 1-2 ครั้งๆ ละ 10-12 นาที	วันละ 1ครั้ง ครั้งละ 20 -25 ครั้ง วันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 10 - 12 นาที	ทุกๆ 3-4 วัน ต่อครั้งๆ ละ 10-15 ครั้ง ทุกๆ 3-4 วัน ต่อครั้งๆ ละ 5-6 นาที	ทุกๆ 4-5 วัน ต่อครั้งๆ ละ 10-15 ครั้ง ทุกๆ 4-5 วัน ต่อครั้งๆละ 5-6 นาที	ทุกๆ 5-6 วัน ต่อครั้งๆ ละ 10-12 ครั้ง ทุกๆ 5-6 วัน ต่อครั้งๆละ 4-5 นาที	

13) การเติมเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ เชื้อจุลินทรีย์ที่ให้ผลการหมักโมโรมิดีจะเจริญเติบโตในที่มีความเข้มข้นเกลือสูง ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวยังมีอยู่น้อยในธรรมชาติ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ต้องใช้เวลาในการหมักนาน บางโรงงานพยายามลดเวลาที่ใช้ในการหมักโดยการเติมเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ลงในโมโรมิ วิธีการเตรียมและการเก็บรักษาเชื้อไม่ยุ่งยากแหล่งที่มาของเชื้อเช่นเดียวกับเชื้อรา เชื้อที่เหมาะในการเติมลงไปคือแบคทีเรียพวกที่ให้กรดแลคติค เช่น Pediococcus cerevisiae และยีสต์ เช่น Saccharomycesrouxii และ Torulopsis versatilis

14) การปรับความเข้มข้นเกลือครั้งสุดท้าย จากที่กล่าวมาข้างต้น ถ้าใช้เวลาในการหมักโมโรมิมานาน โดยเฉพาะถ้าหมักตากแดด จะทำให้มีน้ำระเหยออกไปและทำให้ความเข้มข้นของเกลือมีค่าสูงขึ้น เป็นผลให้น้ำซีอิ๊วที่แยกออกมามีความเข้มข้นเกลือสูงกว่า 22% ซึ่งบางครั้งสูงถึง 27% ทำให้ซีอิ๊วที่ได้มีรสเค็มมากเกินไป ด้วยเหตุนี้จึงต้องเติมน้ำลงไปแทนที่น้ำที่ระเหยออกไป เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นเกลือให้อยู่ที่ 19%

อย่างไรก็ดีการวัดปริมาณเกลือในซีอิ๊วโดยใช้ซาลิโนมิเตอร์จะให้ค่าที่ไม่แม่นยำนักเพราะในซีอิ๊วมีโปรตีนและน้ำตาลอยู่มาก ดังนั้นจึงควรหาปริมาณเกลือโดยใช้วิธีทางเคมี

การลดความเข้มข้นของเกลือในซีอิ๊วอาจทำได้โดยนำซีอิ๊วจากโอ่งหลายๆ ใบมาผสมรวมกันในถังขนาดใหญ่ที่ทราบปริมาตรแล้ว ผสมให้เข้ากัน เก็บตัวอย่างมาวัดความเข้มข้นของเกลือ ถ้าเค็มไปก็เติมน้ำลงไปจนได้ความเข้มข้นที่ต้องการแล้วจึงนำไปบรรจุขวดและฆ่าเชื้อต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.7 การแยกเอาส่วนที่เป็นน้ำ (ซีอิ๊ว) ออกจากกากถั่ว

1) ซีอิ๊วดิบ ซีอิ๊วที่ได้จากการสกัด ยังไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ ดังนั้นจึงเรียกว่า ซีอิ๊วดิบ ในซีอิ๊วดิบจะประกอบด้วย insoluble solid จำนวนมาก ทำให้เกิดการขุ่นในซีอิ๊วดิบที่ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปล่อยทิ้งไว้ในบ่อเพื่อทำให้ใส insoluble solid เหล่านี้ ถ้าไม่จำกัดให้หมดไปในขั้นนี้จะทำให้ลำบากในการกำจัดเมื่อให้ความร้อนแล้ว ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของซีอิ๊วที่ได้

การตกตะกอนในบ่อของซีอิ๊วดิบใช้เวลาประมาณ 7 วัน เวลากรองจะต้องเติม filter aid เช่น asbestos, diatomaceaes เป็นต้น

2) การสกัดซีอิ๊ว เมื่อหมักได้ที่แล้วจะต้องมีการกวนก่อน ค่อยนำมาสกัดเอาน้ำซีอิ๊ว

- การผสมซีอิ๊วที่ได้ก่อนการสกัด เพื่อที่จะให้ได้คุณภาพของซีอิ๊วเป็นอย่างเดียว เช่น กลิ่นหอม รส และสี ดังนั้นก่อนการสกัดจำต้องผสมซีอิ๊วที่หมักในระยะเวลาต่างกัน ตามปกติซีอิ๊วหมัก 1 ปี จะมีกลิ่นหอมกว่า, 2 ปี รสดี, 3 ปีสีดี ดังนั้นการผสมจึงต้องใช้ซีอิ๊วใหม่และเก่าผสมกัน

- เครื่องมือที่ใช้ในการสกัด ซีอิ๊วที่ผสมกันเรียบร้อยแล้ว จะนำมาแยกส่วนที่เป็นของเหลวกับส่วนที่เป็นกาก่อน การสกัดมีความสำคัญต่อโรงงานมาก ดังนั้นนับได้ว่าการสกัดซีอิ๊วต้องใช้ความระมัดระวัง และเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่ง ซีอีซที่ได้จากการหมักจะมีความเหนียวมาก ไม่สามารถใช้วิธีการกรองอย่างง่าย ๆ ได้ เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดมี 3 อย่าง คือ 1. Lever press 2. Screw press 3. Water or oil press สำหรับเครื่องมือสกัดแบบ lever และ screw press ที่ใช้แรงงานมนุษย์นั้นจะได้ผลน้อยที่สุด สำหรับโรงงานขนาดเล็ก ถ้าเป็นโรงงานขนาดกลางให้ได้ซีอิ๊วหมัก 5 ลิตร ใช้ถุงผ้าขนาดกว้างยาว 1 x 1 เมตร 400 ใบ สกัดด้วย water press ที่มีความดันสูงจนกระทั่งกากที่ได้มีความชื้น 28-32% (ถ้าใช้ถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบจะต้องแยกชั้นของน้ำมันกับซีอิ๊วก่อน ป้องกันการละลายหน้าของน้ำมัน) จะได้ผลดีที่สุด แต่ต้นทุนสูงที่สุดด้วย ตามธรรมดาอัตราการสกัดจะทำได้ 60-85%

3) กากซีอิ๊ว การสกัดซีอิ๊ว ถ้าหากแรงกดไม่พอ จะทำให้เหลือกากถึง 25% แต่ในปัจจุบันมีเครื่องมือที่ดี ดังนั้นจะมีกากเหลือ 15%

กากซีอิ๊วแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กากครั้งแรก และกากครั้งที่สอง

- กากครั้งแรก หมายถึง กากที่เหลือจากการสกัดครั้งแรก
- กากครั้งที่สอง หมายถึง กากที่ได้จากกากครั้งแรกเติมน้ำเกลือสกัดอีกครั้ง

ในปัจจุบันโรงงานขนาดใหญ่ มีเครื่องมือสกัดที่มีประสิทธิภาพสูง หลังจากสกัดครั้งแรกกากที่ได้จะมีความชื้น 28-32% ถ้าหากจะเติมน้ำเกลือ หรือน้ำ แล้วสกัดอีกครั้งหนึ่งจะเป็นการไม่คุ้ม ดังนั้นจึงมีการสกัดเพียงครั้งเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประโยชน์ของกากซีอิ๊ว กากซีอิ๊วที่ได้จะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงมาก บางแห่งสามารถนำไปผลิตเป็นซีอิ๊วเกรดต่ำได้ ดังในญี่ปุ่น จะนำกากซีอิ๊วนี้มาเติม HCl ที่มีความเข้มข้น 6-8% ในปริมาณ 2.5-3 เท่าของกากซีอิ๊ว ให้ความร้อน 10 ชม. ปรับให้เป็นกลาง แล้วเติมหัวเชื้อที่ทำจากรำข้าวสาลีหรือกากมะพร้าวที่ผ่านการคั้นกะทิไปใช้แล้วปล่อยให้หมักประมาณ 1 เดือน ก็จะได้ซีอิ๊วเกรดต่ำ หรือนำกากซีอิ๊วมาตีป่น, ต้ม แล้วทำให้เย็น ทำหัวเชื้อ แล้วหมักอีก 2-3 เดือน ก็จะได้ซีอิ๊วเกรดต่ำ แต่ในไต้หวันเอง ไม่ได้นำกากซีอิ๊วมาผลิตซีอิ๊วอีก แต่นำเป็นไปเป็นอาหารสัตว์ โรงงานขนาดใหญ่จะขายให้แก่โรงงานอาหารสัตว์ หลังอบแห้งแล้วจะผสมกับอาหารอื่น ๆ สำหรับโรงงานระดับเล็ก-กลาง อาจจะใช้เลี้ยงหมูเอง หรือขายให้ผู้เลี้ยงหมูหรือปลาในแถบนั้น ซึ่งได้ราคาดี กากซีอิ๊วจะประกอบด้วย N, P, K ซึ่งเป็นปุ๋ยได้อย่างดี

4) วิธีการต้มซีอิ๊ว

วัตถุประสงค์

- ฆ่าเชื้อ ในซีอิ๊วดิบ จะประกอบด้วยแบคทีเรีย เชื้อรา ยีสต์และเอนไซม์ ซึ่งเมื่อผ่านการให้ความร้อนแล้วจะถูกทำลายไป แล้วยังสามารถทำให้ซีอิ๊วเก็บไว้ได้นานด้วย
- กำจัดสารที่ตกตะกอน เมื่อซีอิ๊วดิบถูกความร้อนก็จะทำให้โปรตีนส่วนที่ตกตะกอนได้รวมตัวกันเป็นตะกอนลงมา ซึ่งทำให้ซีอิ๊วที่ได้ใส
- ช่วยเพิ่มกลิ่นหอมในซีอิ๊วดิบจะมีกลิ่นที่ไม่ค่อยดีปะปนอยู่ ดังนั้นกลิ่น หอมจึงไม่สามารถจะกระจายออกมาได้ ทำให้กลิ่นไม่เจริญอาหาร ดังนั้นเมื่อผ่านความร้อนแล้วก็จะทำให้กลิ่นหอมนั้นแสดงออกมาทำให้เจริญอาหาร
- ช่วยเพิ่มสีและความเข้มข้น ปกติซีอิ๊วจะมีสีค่อนข้างอ่อนความเข้มข้นต่ำ เมื่อให้ความร้อนไอน้ำระเหยไป ทำให้สีเข้มข้นขึ้น และมีความเข้มข้นมากขึ้น ถ้าหากจะมีการปรุงแต่งกลิ่น สี และสารกันบูด ก็จะไม่เติมในระยะที่จะเสร็จกระบวนการให้ความร้อน

อุณหภูมิที่ใช้ตามปกติใช้ 60-70° ซ. ต่อมาได้รับการร้องขอจากผู้บริโภคจึงใช้อุณหภูมิ 80-83° ซ. เพื่อที่จะทำให้สารกันบูดละลายได้หมด แต่ถ้าหากอุณหภูมิสูงเกินไปก็จะทำให้เกิดกลิ่นไหม้ หลังจากใช้ความร้อนแล้วจะต้องปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 2-3 วัน เพื่อขจัดน้ำมันที่ลอยอยู่ผิวหน้าหรือตะกอนที่ตกอยู่ข้างล่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5) การเปลี่ยนแปลงของซีอิ๊วหลังจากการให้ความร้อน

5.1) การเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกซ์ ที่เห็นได้ชัดเจนก็คือสีจะเข้มข้น กลิ่นหอมขึ้น ปริมาณซีอิ๊วที่ได้จะลดลง ตามปกติปริมาตรจะลดลง 4-10% ทางด้านการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของเกลือนั้นสรุปแสดงในตาราง 3.17

ตาราง 3.17 การเปลี่ยนแปลง °Be' ของซีอิ๊วหลังให้ความร้อน

ตัวอย่าง	°Be' ก่อนให้ความร้อน	°Be' หลังให้ความร้อน
1	23.5	25.0
2	25.0	27.0
3	23.5	24.0
4	27.0	27.0
5	25.5	27.0

5.2) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ชาวญี่ปุ่นได้สรุปไว้แสดงในตาราง 3.18

ตาราง 3.18 การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีของซีอิ๊วหลังให้ความร้อน

ตัวอย่าง	°Be'	Soluble solid %	NaCl %	Sugar %	Total nitrogen %	Amino nitrogen %	Alcohol %	ปริมาตร ml
ซีอิ๊วดิบ	23.7	36.27	18.23	4.30	1.481	0.681	2.42	100
ซีอิ๊วผ่านความร้อน	23.95	38.17	18.98	4.46	1.524	0.691	1.76	96.05

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนนั้นสามารถสรุปไว้เป็นตาราง 3.19

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.19 การเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนหลังการให้ความร้อน (ใช้ซีอิ๊วที่หมัก 12 เดือน ให้ความร้อน 80±3° ซ. เวลา 5 ชม.) คิดจาก Total nitrogen 1.0 mg/ml.

กรดอะมิโน	ซีอิ๊วดิบ	ซีอิ๊วที่ผ่านความร้อนแล้ว
Aspartic acid	3.93	4.06
Threonine	2.40	2.46
Serine	3.18	3.26
Glutamic acid	7.09	6.86
Proline	2.79	2.70
Glycine	1.55	1.51
Alanine	4.12	4.08
Cystine	น้อย	น้อย
Valine	3.42	3.50
Methionine	1.58	1.48
Isoloucine	3.14	3.06
Leucine	3.44	3.55
Tyrosine	0.53	0.53
Phenylalanine	1.96	2.06
Lysine	5.81	5.63
Histidine	0.93	0.84
Arginine	1.18	1.19

3.4.8 การเติมน้ำเกลือลงในกากถั่ว แล้วทำการบ่มต่อจะได้ซีอิ๊วที่มีคุณภาพต่ำลงมา

1) ซีอิ๊วเกรดหนึ่ง เมื่อทำการหมักโมโรมิเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการแยกน้ำเกลือ (น้ำซีอิ๊ว) ที่ได้ออกจากส่วนผสมของถั่วและแป้งที่ไม่ถูกย่อย ซึ่งสามารถทำได้โดยการเทหรือรินเอาน้ำเกลือออกมาอย่างระมัดระวัง หรืออาจใช้การกรองหรือใช้แรงอัดก็ได้ขึ้นกับผู้ผลิต จากนั้นจึงนำน้ำซีอิ๊วที่ได้ไปทำให้ใสโดยการกรองหรือทิ้งไว้ให้ตกตะกอน แล้วนำไปบรรจุขวดหรืออาจบ่มต่ออีกก็ได้ ซีอิ๊วที่ได้นี้เรียกว่าซีอิ๊วเกรดหนึ่ง ซึ่งหากมีคุณภาพดีแล้วจะมีความเหนียวเล็กน้อย มีความเค็ม มีสีน้ำตาล มีรสชาดคล้ายเนื้อ และมีกลิ่นหอม

2) อิ๊วเกรดสอง กากถั่วและแป้งที่เหลือจากการทำซีอิ๊วเกรดหนึ่งนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ 2 ทาง คือ นำไปหมักโมโรมิต่อโดยการผสมกับน้ำเกลืออีกครั้งหนึ่ง ซึ่งสามารถทำเช่นนี้ได้อีกหลายครั้ง ทำให้ได้ซีอิ๊ว (เกรดสอง) ที่มีคุณภาพลดลง มีความเหนียวลดลง และมีสีจางกว่าซีอิ๊วเกรดหนึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อทำการแยกซีอิ๊วเกรด 1 ออกจากโอ่งโมโรมิแล้ว ให้เติมน้ำเกลือเข้มข้น 19% ลงไปอีก เพื่อหมักต่อไป จะได้ซีอิ๊วเกรด 2 ออกมา วิธีง่ายที่สุด คือ เติมน้ำเกลืออิ่มตัวลงไป 40 ลิตร พร้อมกับเติมน้ำลงไป 25 ลิตร แล้วหมักต่ออีก 3 เดือน แยกเอาน้ำซีอิ๊วเกรด 2 ออกมา ถ้าต้องการซีอิ๊วเกรด 3 ก็เติมน้ำเกลือและน้ำลงไปหมักต่ออีกครั้งหนึ่ง ส่วนอีกทางหนึ่งคือนำไปบรรจุขวดเป็นเต้าเจี้ยวสำหรับปรุงอาหาร

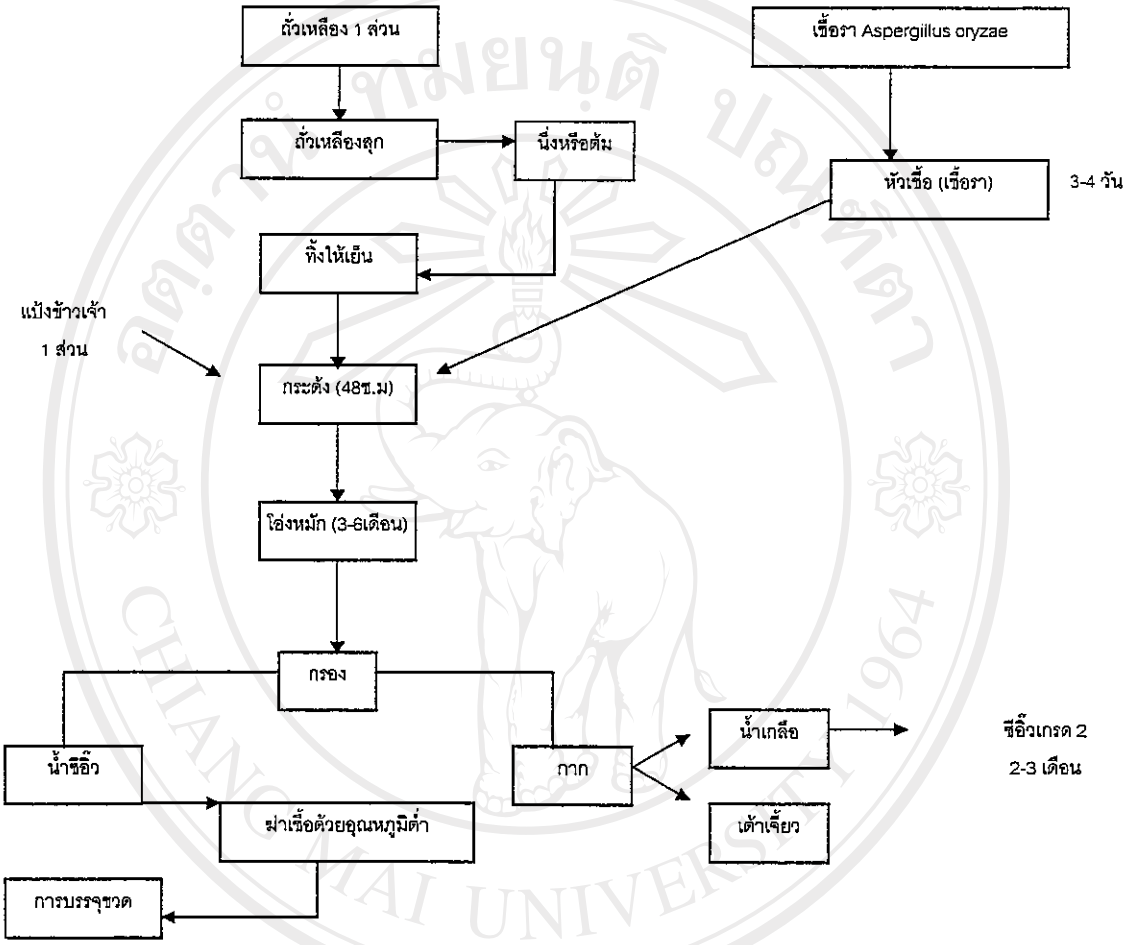
3) เต้าเจี้ยว ในเมืองไทยเต้าเจี้ยวเตรียมได้จากของแข็งที่เหลือจากการแยกซีอิ๊วออกไปแล้วจากถั่วหมัก (โมโรมิ) ในการเตรียมวิธีนี้ ครึ่งหนึ่งหรือทั้งหมดของถั่วเหลืองยังคงสภาพอยู่ บางครั้งผลิตภัณฑ์นี้ได้โดยตรงจากการลดปริมาณน้ำที่เติมระหว่างการหมักถั่ว เต้าเจี้ยวที่ได้จะเป็นเกรดดีที่สุด

หลังจากที่มีการแนะนำให้โรงงานให้เชื้อราที่มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงไปแล้วเต้าเจี้ยวที่ผลิตได้มีส่วนประกอบสีขาวปนอยู่และเปลี่ยนเป็นสีเข้มได้อย่างรวดเร็ว จากการศึกษาพบว่าส่วนสีขาวคือผลึกของกรดอะมิโนชนิดไทโรซีน โดยกรดอะมิโนนี้ได้มาจากโปรตีนในถั่วเหลืองซึ่งมีปริมาณมากเพราะใช้เอนไซม์ที่มีกิจกรรมสูง ผลึกนี้มีคุณสมบัติละลายน้ำได้น้อย (เพียง 0.453 กรัม/ลิตร ที่ 25° ซ.) ไม่เป็นอันตายและช่วยเพิ่มรสชาดด้วย

ดังนั้น การพบเต้าเจี้ยงสีเข้มแสดงว่ามีการย่อยสลายโปรตีนและแป้งได้ดีและมากและคาดหมายได้ว่า เต้าเจี้ยวจะมีรสดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แผนผังขั้นตอนการผลิตซีอิ๊วในประเทศไทย



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved