บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การศึกษาจุลินทรีย์ที่มีผลต่อการผลิตมั่ม

สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์มั่มพื้นบ้านที่มีวางขายตามท้องตลาด ซึ่งมีระยะเวลาในการหมัก 2 หรือ 3 วัน จาก 3 จังหวัดคือ เชียงใหม่ ชัยภูมิ และขอนแก่น เพื่อนำตัวอย่างมาทำการแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีผลต่อการผลิตมั่มในอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ Plate Count Agar (PCA) และ Potato Dextrose Agar (PDA) จึงนำตัวอย่างที่เลี้ยงในอาหารทั้ง 2 ชนิดไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมงเพื่อดูจำนวนของโคโลนีที่ได้จากการทดลอง

ตาราง 4.1 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในอาหารชนิดต่างๆ

ชนิดอาหาร	จำนวนจุลินทรีย์ที่พบ log N (cfu/g)		
	เชียงใหม่	ชัยภูมิ	ขอนแก่น
PCA	9.20	9.23	8.95
PDA	6.95	6.60	5.70
MRS	9.29	9.40	9.38

จากการตรวจ และนับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Plate Count Agar (PCA) พบว่าลักษณะของโคโลนีที่ขึ้นในอาหารมีความคล้ายคลึงกันทำให้การแยกลักษณะความแตกต่างของโคโลนีที่พบในอาหารเลี้ยงเชื้อทำได้ยาก อีกทั้งยังระบุได้ยากว่าโคโลนีที่ขึ้นในอาหารชนิด Plate Count Agar (PCA) นั้นโคโลนีใดเป็นของจุลินทรีย์ที่มีผลต่อการหมักมั่ม หรือว่าโคโลนีชนิดใดเป็นของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติค เนื่องจากอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Plate Count Agar (PCA) นั้นเป็นอาหารที่ใช้เพื่อทำการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ ดังนั้นจุลินทรีย์ที่ขึ้นในอาหารประเภทนี้จึงเป็นจำนวนจุลินทรีย์ที่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในมั่มทั้งหมด ซึ่งอาจจะมีจุลินทรีย์ที่ไม่ได้เป็นตัวการสำคัญในการหมักหรือพวกที่ทำให้เกิดโรคปะปนมา ดังนั้นจึงไม่ทำการคัดแยกโคโลนีในอาหารชนิด Plate Count Agar (PCA) ออกมา

ในการนับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Potato Dextrose Agar (PDA) พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญในอาหารชนิดนี้มีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับอาหารชนิด Plate Count Agar (PCA) และจากการตรวจเอกสารต่างๆพบว่าในอาหารประเภทเนื้อหมักเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นตัวการสำคัญต่อกระบวนการผลิตนั้น ส่วนมากเป็นจุลินทรีย์ประเภทแลคติคแอซิดแบคทีเรียมากกว่า พวกยีสต์ หรือรา ที่สามารถเจริญได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Potato Dextrose Agar (PDA) ดังนั้นจึงไม่นำโคโลนีของเชื้อที่พบในอาหารชนิดนี้มาทำการคัดแยกเพื่อนำมาเป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นของการหมักผลิตภัณฑ์มั่ม จึงได้ทำการทดลองการคัดแยกเพื่อหาเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญการหมักผลิตภัณฑ์มั่มอีกครั้ง โดยเลือกใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ประเภทแลคติคแอซิดแบคทีเรีย

ดังนั้นในการแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นตัวการสำคัญในการหมักมั่ม จึงได้เลือกใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด MRS (de Man Rogosa Sharpe) medium ในการคัดแยกแทนซึ่ง MRS เป็นอาหารที่มีความแพร่หลายในการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียชนิดที่สร้างกรดแลคติค โดยได้รับการพัฒนาสูตรจาก de Man *et al.* ซึ่งได้มีการทดลองศึกษาค้นคว้าสูตรอาหารนี้ และพบว่าอาหารชนิดนี้มีความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงพวกแลคติคแอซิดแบคทีเรียทุกตัว (นงเยาว์,2535)

ในการทดลองทำการเลี้ยงเชื้อในอาหารชนิด MRS agar เพื่อทำการหาจุลินทรีย์ที่เป็นตัวการสำคัญในการหมักมั่ม สามารถที่จะแยกลักษณะหลักของโคโลนีที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดนี้หลังจากเพาะเลี้ยงในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงออกได้เป็น 7 ลักษณะหลักต่างกันออกเป็นดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะของโคโลนีที่พบมากในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Lactobacilli MRS agar

1. โคโลนีเจริญบนผิวหน้าของอาหาร มีสีขาวทึบ ขอบกลม มีลักษณะนูน และมีขนาดประมาณ 1-2 มิลลิเมตร พบเฉลี่ยประมาณร้อยละ 26
2. โคโลนีเจริญบนผิวหน้าของอาหาร มีสีขาวใส ขอบกลม มีลักษณะนูน และมีขนาดประมาณ 1-2 มิลลิเมตร พบเฉลี่ยประมาณร้อยละ 17
3. โคโลนีเจริญอยู่ในอาหาร ลักษณะกลมแบน แต่จะมีการเจริญของโคโลนีงอกออกไปด้านหนึ่ง พบเฉลี่ยประมาณร้อยละ 12
4. โคโลนีเจริญอยู่บนอาหาร มีสีขาว ขอบกลม นูน แต่มีการเจริญของโคโลนีอีกแบบด้านใต้ ซึ่งมีลักษณะกลม แบน ขนาดตั้งแต่ 2-4 มิลลิเมตร พบเฉลี่ยประมาณร้อยละ 3
5. โคโลนีเจริญอยู่ใต้อาหาร (ติดกับเพลท) โดยมีลักษณะสีขาว กลม ขนาดประมาณ 5 มิลลิเมตร พบเฉลี่ยประมาณร้อยละ 7
6. โคโลนีเจริญอยู่ใต้อาหาร (ติดกับเพลท) โดยมีลักษณะสีขาว กลมและมีการแผ่ไปรอบๆ (คล้ายไข่ดาว) ขนาดประมาณ 0.5 มิลลิเมตร – 1 เซนติเมตร พบเฉลี่ยประมาณร้อยละ 14
7. โคโลนีเจริญในอาหาร โดยมีลักษณะกลม นูนทั้งสองด้านคล้ายเลนส์นูน ขนาด 2-4 มิลลิเมตร พบเฉลี่ยประมาณร้อยละ 21

ลักษณะหลักสำคัญทั้ง 7 ชนิดนี้ สามารถพบได้จากตัวอย่างมั่มทั้ง 3 จังหวัด ดังนั้นจึงได้มีการให้หมายเลขในแต่ละชนิดของโคโลนีในแต่ละจังหวัด คือ 1ชม (เชียงใหม่) ถึง 7ชม(เชียงใหม่) ส่วนตัวอย่างมั่มที่นำมาจากจังหวัดชัยภูมิก็มีการให้หมายเลขของโคโลนี คือ 1ชภ(ชัยภูมิ) ถึง 7ชภ (ชัยภูมิ) และตัวอย่างมั่มที่นำมาจากจังหวัดขอนแก่นก็มีการให้หมายเลข คือ 1ขก (ขอนแก่น) ถึง 7ขก (ขอนแก่น) ดังนั้นจากตัวอย่างมั่มทั้ง 3 จังหวัดสามารถแยกโคโลนีหลักๆออกมาทั้งหมดได้ 7 ลักษณะ และไอโซเลทรวมได้ทั้งหมดเป็น 21 ไอโซเลท หลังจากนั้นจะนำไปทำการ Streak plate ในอาหารชนิด MRS agar เพื่อทำให้เชื้อที่คัดเลือกออกมาแล้วนั้นเป็นเชื้อบริสุทธิ์

นำเอาไอโซเลททั้ง 21 ไอโซเลทจากขั้นตอนข้างต้นมาทดสอบคุณสมบัติเพิ่มเติม โดยทำการตรวจสอบการผลิตกรดของเชื้อแต่ละไอโซเลท โดยนำไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด MRS broth ซึ่งมีการเติม Indicator คือ Bromocresol green ร้อยละ 2 ลงไป (สุรชัย, 2546) เพื่อทำการยืนยันว่าไอโซเลทที่แยกได้จากตัวอย่างมั่มทั้ง 3 จังหวัดที่เจริญบนอาหารชนิด MRS agar นั้นสามารถเจริญได้และผลิตกรดออกมาจริง ผลจากการทดลองพบว่าเชื้อที่แยกได้ทั้ง 21 ไอโซเลท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นั้นสามารถเจริญและผลิตกรดได้ สังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของสีอินดิเคเตอร์ของ Bromocresol green จากสีเขียวเป็นสีเหลือง หมายถึงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการทดลองเลี้ยงเชื้อแต่ละไอโซเลทมีการสร้างกรดขึ้นมา รวมทั้งเซลล์ของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตหรือเพิ่มจำนวนได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด MRS broth แล้วตกตะกอนนอนก้นในหลอดทดลอง

ขั้นตอนการสำรวจรูปร่างของแบคทีเรียแต่ละไอโซเลท เพื่อศึกษาข้อมูลให้ชัดเจนขึ้น เพื่อทำการคัดแยกหรือแบ่งกลุ่มชนิดของแบคทีเรีย ซึ่งสามารถทำการทดสอบได้โดยการส่องกล้องเพื่อดูลักษณะของเซลล์ว่ามีลักษณะเป็นแบบใด โดยใช้เทคนิคการย้อมสีกรัมในการตรวจสอบ (งามนิจ, 2539) ซึ่งจากการทดลองพบว่าทุกไอโซเลทย้อมติดสีกรัมบวก และมีลักษณะหลักๆที่พบอยู่ 2 ชนิดคือ Bacillus และ Coccus

ในการคัดเลือกจุลินทรีย์เพื่อนำมาทำการศึกษาต่อไปนั้น สามารถนำขั้นตอนต่างๆ ที่ได้ทำการทดลองมาแล้วนั้นมาใช้เพื่อประกอบการพิจารณา โดยมีขั้นตอนการพิจารณาดังนี้ คือ

1. แบ่งกลุ่มจุลินทรีย์โดยการสังเกตลักษณะการเจริญบนอาหารเพาะเลี้ยงเฉพาะ
2. ศึกษาสัณฐานวิทยาหลังการย้อมสีกรัมของเซลล์ในแต่ละกลุ่ม
3. ใช้เกณฑ์ของจำนวนแบคทีเรียที่มีปริมาณมากกว่าในแต่ละกลุ่มเป็นการคัดเลือกเชื้อมาศึกษา
4. ใช้เกณฑ์ว่าภายในกลุ่มเดียวกันลักษณะสัณฐานวิทยาใดพบในหลายพื้นที่กว่าเพื่อพิจารณาในลักษณะสัณฐานนั้นเป็นเชื้อเริ่มต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 การจัดกลุ่มของเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากตัวอย่างผลิตภัณฑ์มั่ม 3 จังหวัดคือเชียงใหม่ ชัยภูมิ และขอนแก่น

Bacillus	1	2	3	4	5	6	7
เชียงใหม่		2ชม			5ชม	6ชม	**7ชม**
ขอนแก่น	1ขก					**6ขก**	7ขก
ชัยภูมิ	**1ชภ**				5ชภ	6ชภ	
Coccus	1	2	3	4	5	6	7
เชียงใหม่	1ชม		3ชม	4ชม			
ขอนแก่น		2ขก	**3ขก**	4ขก	5ขก		
ชัยภูมิ		2ชภ	3ชภ	4ชภ			7ชภ

ขั้นตอนต่อไปเป็นการตรวจวิเคราะห์การจำแนกสายพันธุ์แบคทีเรียจากเชื้อที่แยกได้ ว่าเป็นเชื้อชนิดใด โดยจะทำการเลือกเชื้อออกมาจากแต่ละจังหวัด ซึ่งการคัดเลือกมีการเลือกออกมาดังนี้คือ กลุ่มที่ 1 (โคโลนีลักษณะที่ 1 และ2) คือไอโซเลทหมายเลข 2ชม 1ขก 1 ชภ ซึ่งมีลักษณะการขึ้นของโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Lactobacilli MRS agar คล้ายกันมาก และลักษณะของเซลล์เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยวิธีการย้อมสีกรัมก็มีความคล้ายกัน แต่ทั้งนี้ลักษณะของโคโลนีลักษณะที่ 1 ซึ่งเป็นเชื้อที่สัณฐานวิทยาแบบแท่งและมีจำนวนมากกว่า โดยพบใน 2 พื้นที่คือ 1 ขก และ 1 ชภ ดังนั้นจึงเลือกตัวแทนของกลุ่มนี้ คือ ไอโซเลท ของ 1ชภ ออกมาเป็นเชื้อเริ่มต้นเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์ว่าเป็นเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียชนิดใด ส่วนกลุ่มที่ 2 (โคโลนีลักษณะที่ 3 และ 4) ซึ่งเป็นลักษณะที่พบมากที่สุดมีสัณฐานเป็นคู่ติดกันหรือ เซลล์ 4 เซลล์เรียงติดกัน (Tetrad formation) และเป็นลักษณะที่พบทั้งสามจังหวัดและน่าจะเป็นเชื้อที่มีทั่วไปและเป็นตัวการสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์มั่ม ทั้งนี้จากผลการทดลองพบว่าโคโลนีของลักษณะที่ 3 จะพบจำนวนมากกว่าลักษณะที่ 4 ดังนั้นในการคัดเลือกจึงทำการเลือกตัวแทนเป็นเชื้อไอโซเลทหมายเลข 3ขก ออกมาเป็นเชื้อเริ่มต้นเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์ว่าเป็นเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียชนิดใด กลุ่มที่ 3 (โคโลนีลักษณะที่ 5 และ6) คือ ไอโซเลทหมายเลข 5ชม 6ชม 6ขก 5ชภ และ 6ชภ ลักษณะของโคโลนีที่พบในอาหารเลี้ยงเชื้อรวมทั้งจากการส่องดูลักษณะเซลล์ด้วยการย้อมสีกรัมพบว่า มีความคล้ายกัน และเชื้อที่น่าสนใจคือเชื้อในลักษณะที่ 6 เนื่องจากมีจำนวนของโคโลนีที่พบมากกว่าลักษณะที่ 5 ดังนั้นจึงเลือกไอโซเลทหมายเลข 6 ขก ออกมาเป็นตัวแทนของกลุ่มเป็นเชื้อเริ่มต้นเพื่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำการตรวจวิเคราะห์ว่าเป็นเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียชนิดใด ส่วนลักษณะที่ 4 (โคโลนีของกลุ่มที่ 7) มีความแตกต่างจากโคโลนีลักษณะอื่นและมีจำนวนมาก ซึ่งอาจจะเป็นลักษณะโคโลนีของเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่มีความสำคัญในการหมักผลิตภัณฑ์มั่ม ดังนั้นจึงทำการเลือกตัวแทน คือ ไอโซเลทของ 7ชม ออกมาทำการตรวจวิเคราะห์ว่าเป็นเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียชนิดใด

ทั้งนี้ในการคัดเลือกลักษณะของเชื้อที่พบมากในแต่ละจังหวัดแทนการเลือกเชื้อลักษณะอื่นที่พบน้อยหรือพบในบางจังหวัด เพราะว่าในการเลือกเชื้อที่มีปริมาณมากกว่านั้นหมายถึงเป็นการเลือกเชื้อที่มีพบมากหรือเป็นตัวการหลักสำคัญในการหมักผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถเจริญได้ดีหรืออยู่รอดได้ในระบบของผลิตภัณฑ์มั่ม ซึ่งจะทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์มั่ม ส่วนเชื้อที่ไม่ได้เลือกออกมานั้น อาจเป็นเชื้อที่อยู่รอดได้น้อยหรือเจริญได้ไม่ดีนักในระบบการหมักของมั่ม หรืออาจเป็นเชื้อที่พบเฉพาะในท้องถิ่นนั้นๆ ซึ่งทั้งนี้หมายความถึงเชื้อที่พบในบางจังหวัดหรือเป็นเชื้อที่พบในปริมาณน้อยด้วย

ผลที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งได้มาจากการคัดแยกสามารถที่จะจำแนกชนิดของเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียออกเป็นชนิดต่างๆได้ โดยวิธีการสร้างกรดจากคาร์โบไฮเดรต (Fermentative production of acid form) ดังนี้

7ชม (เชียงใหม่)	:	*Lactobacillus cellobiosus*
3ขก (ขอนแก่น)	:	*Pediococcus acidilactici*
6ขก (ขอนแก่น)	:	*Lactobacillus plantarum2*
1ชภ (ชัยภูมิ)	:	*Lactobacillus plantarum1*

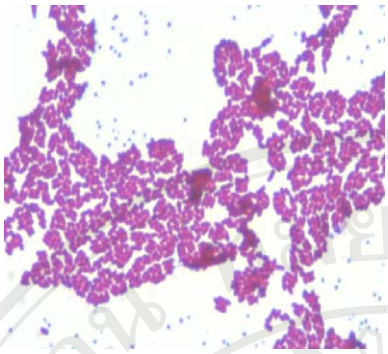
ในจากการตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่า เชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่แยกได้จากผลิตภัณฑ์มั่ม คือ เชื้อชนิด *Lactobacillus plantarum1* และ *Lactobacillus plantarum2* มีลักษณะความแตกต่างกันเพียงขนาดของเซลล์เท่านั้น โดยที่ *Lactobacillus plantarum*1 จะมีขนาดของเซลล์ที่สังเกตได้จากการย้อมสีกรัม แล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะมีขนาดใหญ่กว่า *Lactobacillus plantarum2* แต่ในด้านการทดสอบทางเคมี พบว่าเชื้อทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงให้รหัสของเชื้อทั้งสองชนิดแตกต่างกัน

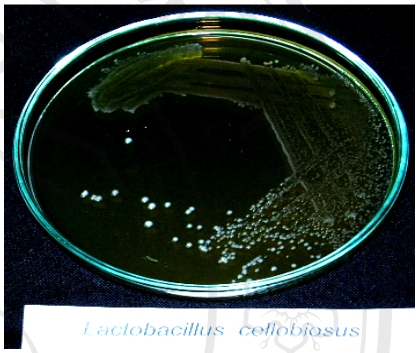
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการตรวจเอกสารเพิ่มเติมในด้านการศึกษาชนิด และปริมาณเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่สำคัญในการหมักผลิตภัณฑ์มั่ม พบว่าเชื้อที่พบมากที่สุดคือ *Pediococcus cerevisiae* และ *Lactobacillus plantarum* (งามนิจ, 2539) ซึ่งให้ผลในการทดลองใกล้เคียงกันคือ เชื้อชนิด Coccus มีการพบจำนวน 11 ไอโซเลท และลักษณะส่วนมากของเชื้อเป็นแบบอยู่ติดกันเป็นคู่ หรือ เซลล์ 4 เซลล์เรียงติดกัน (Tetrad Formation) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าเป็นเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรีย ชนิด *Pediococcus acidilactici* ส่วนเชื้อชนิด Bacillus มีจำนวน 10 ไอโซเลท และผลจากการวิเคราะห์บางตัวพบว่าเป็นเชื้อประเภท แลคติคแอซิดแบคทีเรีย ชนิด *Lactobacillus plantarum1, Lactobacillus plantarum2* และ *Lactobacillus cellobiosus*

รูปในลักษณะต่างๆของเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรีย ที่แยกได้จากจังหวัดเชียงใหม่ สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ คือ เมื่อนำเชื้อที่ได้มาทำการย้อมสีกรัมดูลักษณะของเซลล์และการติดสีพบว่าเซลล์ติดสีกรัมบวก ซึ่งให้สีม่วงหรือสีน้ำเงิน ลักษณะของเซลล์เป็นรูปแท่งค่อนข้างสั้น (ภาพ 4.1) และเมื่อนำไปเลี้ยงในอาหารเหลวชนิด Lactobacilli MRS พบว่ามีความขุ่นเกิดขึ้นและจะมีตะกอนเซลล์ไปเกาะตามด้านข้างของหลอด (ภาพ 4.2) และเมื่อนำเชื้อชนิดเดียวกันไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งของ Lactobacilli MRS โดยการ Pour plate จะพบว่าเกิดโคโลนีในลักษณะต่างๆกัน โดยโคโลนีที่พบนั้นขึ้นได้ทั้งบนผิวอาหาร ในอาหาร และใต้อาหารซึ่งติดกับเพลททำให้เกิดเป็นวงกลมๆสีขาว (ภาพ 4.3) เมื่อนำเชื้อไปเขี่ยลงบนอาหารแข็งชนิด Lactobacilli MRS โดยวิธีการ Streak plate จะพบว่ามีเชื้อเกิดขึ้นตามรอยที่ทำการลากและมีรูปร่างลักษณะเหมือนโคโลนีที่ขึ้นบนอาหารแข็งโดยวิธีการ Pour plate (ภาพ 4.4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved





ภาพ 4.1 (ซ้ายบน)เซลล์รูปแบบแท่งสั้นของเชื้อชนิด *Lactobacillus cellobiosus* ที่ผ่านการย้อมสีกรัม

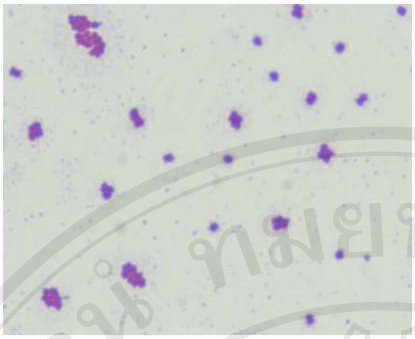
ภาพ 4.2 (ขวาบน)เชื้อ *Lactobacillus cellobiosus* ที่ได้รับการเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว(Broth)

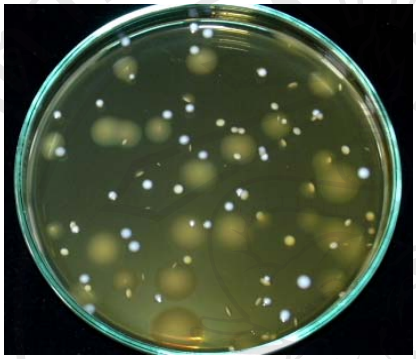
ภาพ 4.3 (ซ้ายล่าง)เชื้อ *Lactobacillus cellobiosus* ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งโดยวิธี Pour plate

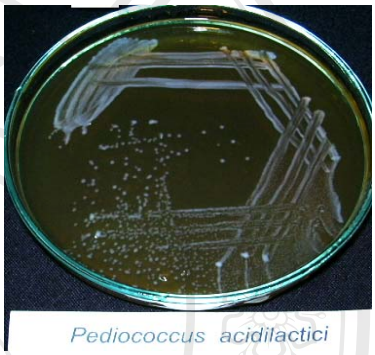
ภาพ 4.4 (ขวาล่าง)เชื้อ *Lactobacillus cellobiosus* ที่ทำการ Streak plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง

ส่วนเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่แยกได้จากจังหวัดขอนแก่นในลักษณะต่างๆ สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ คือ เมื่อนำเชื้อที่ได้มาทำการย้อมสีกรัมดูลักษณะของเซลล์และการติดสีพบว่าเซลล์ติดสีกรัมบวก ซึ่งให้สีม่วงหรือสีน้ำเงิน ลักษณะของเซลล์เป็นรูปกลมและติดกันแบบ 1 คู่และ 2 คู่ หรือเกาะกันเป็นกลุ่ม และมีน้อยมากที่จะอยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ (ภาพ 4.5) และเมื่อนำไปเลี้ยงในอาหารเหลวชนิด Lactobacilli MRS พบว่ามีความขุ่นเกิดขึ้นทั่วทั้งหลอดยกเว้นบริเวณใต้ผิวอาหารเหลวประมาณ 0.3 มิลลิเมตรจะไม่มีความขุ่น ซึ่งความขุ่นที่เกิดขึ้นในหลอดหมายถึงมีจำนวนเซลล์เพิ่มมากขึ้น (ภาพ 4.6) และเมื่อนำเชื้อชนิดเดียวกันไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งของ Lactobacilli MRS โดยการ Pour plate จะพบว่าเกิดโคโลนีในลักษณะต่างๆกัน โดยโคโลนีที่พบนั้นขึ้นได้ทั้งบนผิวอาหาร ในอาหาร และใต้อาหารซึ่งส่วนที่ติดกับเพลทจะทำให้เกิดเป็นวงกลมๆสีขาวขึ้น (ภาพ 4.7) และเมื่อนำเชื้อชนิดเดียวกันเขี่ยลงบนอาหารแข็งชนิด Lactobacilli MRS โดยวิธีการ Streak plate จะพบว่ามีเชื้อเกิดขึ้นตามรอยที่ทำการลากและมีรูปร่างลักษณะเหมือนโคโลนีที่ขึ้นบนอาหารแข็งโดยวิธีการ Pour plate (ภาพ 4.8)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved







ภาพ 4.5 (ซ้ายบน)เซลล์รูปแบบกลมของเชื้อชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่ผ่านการย้อมสีกรัม

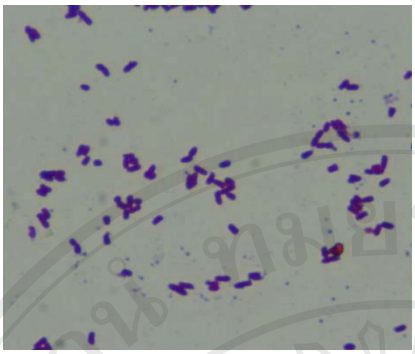
ภาพ 4.6 (ขวาบน)เชื้อ *Pediococcus acidilactici* ที่ได้รับการเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว(Broth)

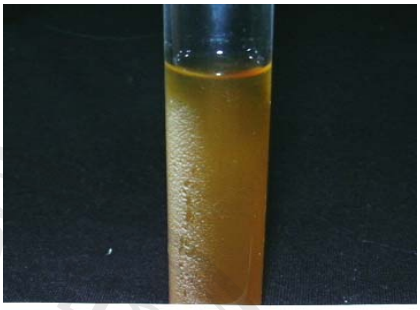
ภาพ 4.7 (ซ้ายล่าง)เชื้อ *Pediococcus acidilactici* ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งโดยวิธี Pour plate

ภาพ 4.8 (ขวาล่าง)เชื้อ *Pediococcus acidilactici* ที่ทำการ Streak plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง

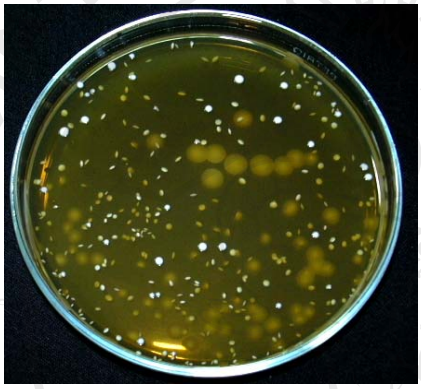
ส่วนเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่แยกได้จากจังหวัดขอนแก่นอีกชนิด สามารถอธิบายลักษณะของรูปต่างๆได้ดังต่อไปนี้ คือ เมื่อนำเชื้อที่ได้จากขอนแก่นมาทำการย้อมสีกรัมดูลักษณะของเซลล์และการติดสีพบว่าเซลล์ติดสีกรัมบวก ซึ่งให้สีม่วงหรือสีน้ำเงิน ลักษณะของเซลล์เป็นรูปแท่งค่อนข้างสั้น (ภาพ 4.9) และเมื่อนำไปเลี้ยงในอาหารเหลวชนิด Lactobacilli MRS พบว่ามีความขุ่นเกิดขึ้นและจะพบว่ามีตะกอนเซลล์ไปเกาะที่ด้านข้างของหลอด ซึ่งหมายถึงว่า เชื้อมีการแบ่งเซลล์และมีจำนวนเซลล์เพิ่มมากขึ้น (ภาพ 4.10) และเมื่อนำเชื้อชนิดเดียวกันไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งของ Lactobacilli MRS โดยการ Pour plate จะพบว่าเกิดโคโลนีในลักษณะต่างๆกัน โดยโคโลนีที่พบนั้นขึ้นได้ทั้งบนผิวอาหาร ในอาหาร และใต้อาหารซึ่งติดกับเพลททำให้เกิดเห็นเป็นวงกลมๆสีขาวขึ้นแบบต่างๆ(ภาพ 4.11) และเมื่อนำเชื้อไปเขี่ยลงบนอาหารแข็งชนิด Lactobacilli MRS โดยวิธีการ Streak plate จะพบว่ามีเชื้อเกิดขึ้นตามรอยที่ทำการลากและมีรูปร่างลักษณะเหมือนโคโลนีที่ขึ้นบนอาหารแข็งโดยวิธีการ Pour plate (ภาพ 4.12)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved





Lactobacillus plantarum2



Lactobacillus plantarum2

ภาพ 4.9 (ซ้ายบน)เซลล์รูปแบบแท่งสั้นของเชื้อชนิด *Lacotbacillus plantarum2* ที่ผ่านการย้อมสีกรัม

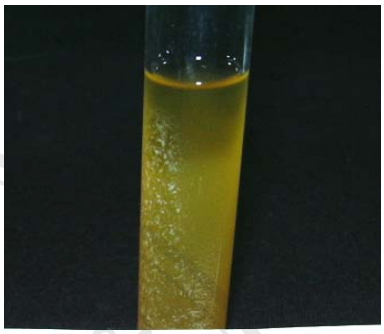
ภาพ 4.10 (ขวาบน)เชื้อ *Lacotbacillus plantarum2* ที่ได้รับการเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว(Broth)

ภาพ 4.11 (ซ้ายล่าง)เชื้อ *Lacotbacillus plantarum2* ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งโดยวิธี Pour plate

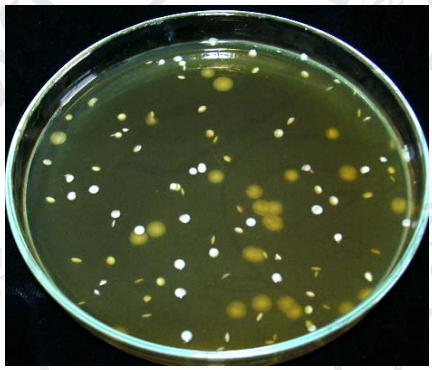
ภาพ 4.12 (ขวาล่าง)เชื้อ *Lacotbacillus plantarum2* ที่ทำการ Streak plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง

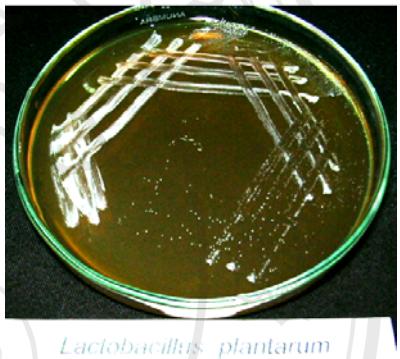
เชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่แยกได้จากจังหวัดชัยภูมิ สามารถอธิบายลักษณะของรูปต่างๆได้ดังต่อไปนี้ คือ เมื่อนำเชื้อที่ได้จากชัยภูมิ มาทำการย้อมสีกรัมดูลักษณะของเซลล์และการติดสีพบว่าเซลล์ติดสีกรัมบวก ซึ่งให้สีม่วงหรือสีน้ำเงิน ลักษณะของเซลล์เป็นรูปแท่ง (ภาพ 4.13) และเมื่อนำไปเลี้ยงในอาหารเหลวชนิด Lactobacilli MRS พบว่ามีความขุ่นเกิดขึ้นซึ่ง หมายถึงว่าเชื้อมีการแบ่งเซลล์และมีจำนวนเซลล์เพิ่มมากขึ้น (ภาพ 4.14) และเมื่อนำเชื้อชนิดเดียวกันไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งของ Lactobacilli MRS โดยการ Pour plate จะพบว่าเกิดโคโลนีในลักษณะต่างๆกัน โดยโคโลนีที่พบนั้นขึ้นได้ทั้งบนผิวอาหาร ในอาหาร และใต้อาหารซึ่งติดกับเพลททำให้เกิดเห็นเป็นวงกลมๆสีขาวขึ้น ซึ่งมีสีขาว (ภาพ 4.15) และเมื่อนำเชื้อไปเขี่ยลงบนอาหารแข็งชนิด Lactobacilli MRS โดยวิธีการ Streak plate จะพบว่ามีเชื้อเกิดขึ้นตามรอยที่ทำการลากและมีรูปร่างลักษณะเล็กกว่าโคโลนีที่ขึ้นบนอาหารแข็งโดยวิธีการ Pour plate เล็กน้อยแต่มีความหนาแน่นในการขึ้นมากกว่า (ภาพ 4.16)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



Lactobacillus plantarum





Lactobacillus plantarum

ภาพ 4.13 (ซ้ายบน)เซลล์รูปแบบแท่งของเชื้อชนิด *Lacotbacillus plantarum1* ที่ผ่านการย้อมสีกรัม

ภาพ 4.14 (ขวาบน)เชื้อ *Lacotbacillus plantarum1* ที่ได้รับการเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว(Broth)

ภาพ 4.15 (ซ้ายล่าง)เชื้อ *Lacotbacillus plantarum1* ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งโดยวิธี Pour plate

ภาพ 4.16 (ขวาล่าง)เชื้อ *Lacotbacillus plantarum1* ที่ทำการ Streak plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 รายละเอียดการตรวจวิเคราะห์เพื่อจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์มั่ม จากตัวอย่างผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน

Characteristics	*Reaction*			
	Lactobacillus cellobiosus	*Pediococcus acidilactici*	*Lactobacillus plantarum2*	*Lactobacillus plantarum1*
Gram reaction	+ve	+ve	+ve	+ve
Fermentative production of acid form :				
glycerol	-	-	-	-
erythritol	-	-	-	-
D-arabinose	-	-	-	-
L-arabinose	+	+	+	+
ribose	+	+	+	+
D-xylose	+	+	-	-
L-xylose	-	-	-	-
adonitol	-	-	-	-
β-methyl-D-xyloside	-	-	-	-
galactose	-	+	+	+
D-glucose	+	+	+	+
D-fructose	+	+	+	+
D-mannose	+	+	+	+
L-sorbose	-	-	-	-
rhamnose	-	-	-	-
dulcitol	-	-	-	-
inositol	-	-	+	+
mannitol	-	-	+	+
sorbitol	-	-	+	+
α-methyl-D-mannoside	-	-	+	+
α-methyl-D-glucoside	-	-	+	+
N-acetyl-glucosamine	-	+	+	+
amygdaline	-	-	+	+
arbutine	-	-	+	+

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3(ต่อ) รายละเอียดการตรวจวิเคราะห์เพื่อจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์มั่มจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน

Fermentative production of acid form (*continued*)	*Lactobacillus cellobiosus*	*Pediococcus acidilactici*	*Lactobacillus plantarum2*	*Lactobacillus plantarum1*
esculine	+	+	+	+
salicine	-	+	+	+
cellobiose	+	+	+	+
maltose	+		+	+
lactose	-		+	+
melibiose	-	-	-	-
sucrose	+	-	+	+
trehalose	-	+	+	+
inuline	-	-	-	-
melezitose	-	-	+	+
D-raffinose	-	-	-	-
starch	-	-	-	-
glycogene	-	-	-	-
xylitol	-	-	-	-
β-gentiobiose	-	+	-	-
D-turanose	-	-	-	-
D-lyxose	-	-	-	-
D-tagatose	-	+	-	-
D-fucose	-	-	-	-
L-fucose	-	-	-	-
D-arabitol	-	-	-	-
L-arabitol	-	-	-	-
gluconate	+	-	-	-
2-keto-gluconate	-	-	-	-
5-keto-gluconate	-	-	-	-

หมายเหตุ: +ve = Gram positive bacteria + = Possitive reaction
- = Negative reaction

ที่มา : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการจำแนกเชื้อ (Identification) แต่ละชนิดว่าเป็นชนิดใดนั้น สามารถสังเกตได้จากความสามารถในการย่อยสารต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ โดยเชื้อแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการย่อยสารแต่ละชนิดได้ไม่เหมือนกัน ดังนั้นจึงอาศัยคุณสมบัติเฉพาะของการย่อยที่แตกต่างกันนี้เป็นการจำแนกว่าเชื้อแต่ละชนิดเป็นเชื้อชนิดใด

ตาราง 4.3 แสดงให้เห็นว่าเชื้อทั้ง 4 ชนิดคือ เชื้อ *Lactobacillus cellobiosus, Pediococcus acidilactici, Lactobacillus plantarum2* และ *Lactobacillus plantarum1* มีความสามารถในการย่อยสารที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิดได้เหมือนกัน หรือแตกต่างออกไป กล่าวคือ การทดสอบโดยเชื้อทั้ง 4 ชนิดที่มีความแตกต่างกันออกไปมีดังนี้คือ D-xylose มีเชื้อที่สามารถย่อยได้คือ *Lactobacillus cellobiosus* และ *Pediococcus acidilactici* เท่านั้น ส่วน Galactose, N-acetyl-glucosamine, Trehalose และ Salicine มีเชื้อ 3 ชนิดที่สามารถย่อยได้ แต่มีเชื้อเพียง 1 ชนิดเท่านั้นคือเชื้อ *Lactobacillus cellobiosus* ที่ไม่สามารถย่อยได้ ส่วน Inositol, Lactose และ Melezitose มีเชื้อ 2 ชนิดที่สามารถย่อยได้คือ *Lactobacillus plantarum*1 และ *Lactobacillus plantarum*2 ส่วน Maltose และ Sucrose เชื้อทั้ง 3 ชนิดสามารถย่อยได้แต่มีเชื้ออยู่ 1 ชนิดคือ *Pediococcus acidilactici* เท่านั้นที่ไม่สามารถย่อยได้ ส่วน ß-gentiobiose และ D-tagatose มีเพียงเชื้อ *Pediococcus acidilactici* เท่านั้นที่สามารถย่อยได้ โดยเชื้ออีก 3 ชนิดไม่สามารถย่อยได้ ส่วน Gluconate มีเพียงเชื้อ *Lactobacillus cellobiosus* ที่สามารถย่อยได้ โดยเชื้ออีก 3 ชนิดไม่สามารถย่อยได้

การศึกษาการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

เมื่อทราบชนิดของเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่ได้จากการคัดแยกในผลิตภัณฑ์มั่ม ว่าเป็นเชื้อชนิดใดแล้ว ในขั้นตอนต่อไปจึงทำการหากราฟการเจริญ (Growth curve) โดยในการทดลองจะทำการเลี้ยงเชื้อทั้งหมดที่ทำการคัดแยกได้ในอาหารประเภท Lactobacillus MRS broth แล้วทำการวัดทุกๆ 3 ชั่วโมงเพื่อดูอัตราการเจริญเติบโต ซึ่งวัดได้จากการวัดคุณลักษณะของการดูดกลืนแสง ร่วมกับการนับจำนวนเซลล์ของจุลินทรีย์ ที่เวลาต่างๆ

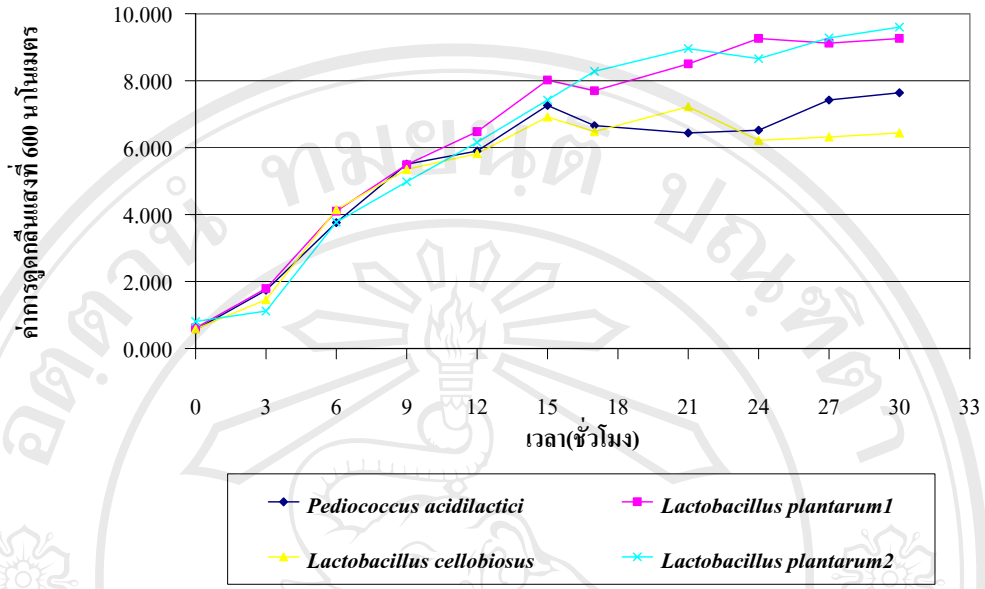
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการทดลองโดยการวัดคุณลักษณะการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร(nm)ได้ผลการทดลองตามตาราง 4.4 โดยมีกราฟการเจริญเติบโตตามภาพ 4.17 และการเจริญเติบโตของเชื้อที่เวลาเดียวกันตามตาราง 4.5

ตาราง 4.4 การดูดกลืนแสงที่เวลาต่างๆจากการเจริญเติบโตของเชื้อบริสุทธิ์ชนิดแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่แยกได้จากผลิตภัณฑ์มั่ม

ชั่วโมง	คุณลักษณะการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร			
	Lactobacillus cellobiosus	*Pediococcus acidilactici*	*Lactobacillus plantarum2*	*Lactobacillus plantarum1*
0	0.582	0.567	0.807	0.614
3	1.460	1.740	1.120	1.790
6	4.150	3.760	3.770	4.100
9	5.350	5.510	4.980	5.490
12	5.820	5.900	6.160	6.480
15	6.920	7.260	7.420	8.018
17	6.480	6.660	8.280	7.700
21	7.220	6.440	8.960	8.500
24	6.220	6.520	8.660	9.260
27	6.320	7.420	9.280	9.120
30	6.440	7.640	9.600	9.260

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.17 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่แยกได้จากมั่ม

ตาราง 4.5 การเจริญเติบโตของเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่แยกได้จากผลิตภัณฑ์มั่ม

ชั่วโมง	จำนวนเซลล์ log N (cfu/ml)			
	Lactobacillus cellobiosus	*Pediococcus acidilactici*	*Lactobacillus plantarum2*	*Lactobacillus plantarum1*
0	9.74	9.00	8.90	10.01
3	8.91	9.02	9.00	-
6	9.54	-	9.15	-
9	9.83	9.83	10.00	10.05
12	10.81	10.77	10.10	-
15	-	11.41	-	10.98
17	9.32	10.78	11.07	10.96
21	10.11	-	10.63	-
24	10.07	10.40	-	10.44
27	9.76	10.35	11.38	10.16
30	-	-	-	-

หมายเหตุ: - หมายถึงนับจำนวนไม่ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้จากผลิตภัณฑ์มั่ม พบว่าเชื้อทั้งสี่ชนิด คือ เชื้อ *Pediococcus acidilactici, Lactobacillus plantarum2, Lactobacillus plantarum1* และ *Lactobacillus cellobiosus* มีช่วง log phase อยู่ในช่วงประมาณชั่วโมงที่ 3 – 15 และคุณลักษณะที่วัดได้นั้นสามารถนำไปคำนวณหาคุณลักษณะอัตราการเจริญจำเพาะ (specific growth rate,μ) (บุษบา, 2542) ได้ดังนี้

อัตราการเจริญ $dx/dt = \mu . x$ ———— 1

เมื่อ dx = คุณลักษณะที่เพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพในช่วงเวลา dt

$dx/x = \mu . dt$ ———— 2

เมื่อ integrate สมการที่ 2 จะได้

$x_t = x_0 . e^{\mu t}$ ———— 3

เมื่อ x_0 = คุณลักษณะมวลชีวภาพ หรือความขุ่นเริ่มต้นเมื่อ t = 0

x_t = คุณลักษณะมวลชีวภาพ หรือความขุ่นภายหลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา t ชั่วโมง

e = ฐานของ natural logarithm

เมื่อใส่ natural logarithm ในสมการที่ 3 จะได้

$\ln . x_t = \ln . x_0 + \mu t$ ————4

ดังนั้น $\mu = \ln(x_t / x_0) / t$ ————5

อัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Pediococcus acidilactici*

$\mu = [\ln(x_2 / x_0)] – [\ln (x_1 - x_0)] / t$

$= [\ln (7.260 / 0.567) – \ln (1.740 / 0.567)]/(15 - 3)$

μ_{Pa} = **0.119 ชั่วโมง$^{-1}$**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Lactobacillus plantarum1*

μ = $[\ln(x_2 / x_0)] - [\ln (x_1 - x_0)] / t$

= $[\ln (8.018 / 0.614) - \ln (1.790 / 0.614)]/(15 - 3)$

μ_{Lp1} = **0.125 ชั่วโมง $^{-1}$**

อัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Lactobacillus plantarum2*

μ = $[\ln(x_2 / x_0)] - [\ln (x_1 - x_0)] / t$

= $[\ln (8.960/0.804) - \ln (3.770/0.804)]/(21-6)$

μ_{Lp2} = **0.104 ชั่วโมง $^{-1}$**

อัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *Lactobacillus cellobiosus*

μ = $[\ln(x_2 / x_0)] - [\ln (x_1 - x_0)] / t$

= $[\ln (6.920 / 0.582) - \ln (1.460 / 0.582)]/(15 - 3)$

μ_{Lc} = **0.130 ชั่วโมง $^{-1}$**

นอกจากนี้ในการทดลองยังทำการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์มั่มพื้นบ้าน จากทั้งสามจังหวัด คือ เชียงใหม่ ชัยภูมิ และขอนแก่น ที่มีอายุการเก็บ 1 , 2 และ 3 วัน มาทำการหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ประเภท Enterobacteriaceae หรือ Coliform bacteria ที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบ อุปกรณ์ หรืออาจจะมาจากการผลิตที่มีความสะอาดไม่เพียงพอ โดยทำการทดสอบในอาหารเหลว Lauryl Sulphate Tryptose broth (LST) และ Brillient Green Lactose Bile broth (BGLB) และทำการบ่มที่ อุณหภูมิ 37 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง โดยนับจำนวนหลอดที่มีก๊าซเกิดขึ้นในหลอดดักก๊าซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 ผลของจำนวนเชื้อ Enterobacteriaceae หรือ Coliform bacteria ในผลิตภัณฑ์มั่มจากท้องตลาดจังหวัด เชียงใหม่ ชัยภูมิ ขอนแก่น ในช่วงเวลาการหมักแต่ละวัน

วันที่	จำนวน เอ็มพีเอ็นต่อกรัม (MPN/g)		
	เชียงใหม่	ชัยภูมิ	ขอนแก่น
1	>2,400	>2,400	>2,400
2	>2,400	23	400
3	400	9	23

จากการทดลองหาจำนวนเชื้อชนิด Enterobacteriaceae หรือ Coliform bacteria ในผลิตภัณฑ์พื้นบ้านทั้งสามจังหวัด คือ เชียงใหม่ ชัยภูมิ และ ขอนแก่น พบว่าในวันที่ 1 ของการหมักพบว่าวันแรกของการหมักจะมีจำนวนเชื้อที่พบมากที่สุด โดยเมื่อนำไปคำนวณเทียบกับตารางคุณลักษณะ Most Probable Number (MPN) (ภาคผนวก ค) พบว่ามีจำนวนของเชื้อมากกว่า 2,400 MPN / g และจำนวนเชื้อที่พบจะมีจำนวนลดลงเมื่อเวลาการในการหมักเพิ่มขึ้น

ในขั้นตอนนี้สามารถสรุปได้ว่าเชื้อประเภท Enterobacteriaceae หรือ Coliform bacteria ที่มีในผลิตภัณฑ์มั่มจะมีจำนวนลดลง เมื่อใช้เวลาในการหมักผลิตภัณฑ์มั่มนานขึ้น เนื่องจากพวกแลคติคแอซิดแบคทีเรียจะมีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น รวมทั้งมีการผลิตกรดแลคติคออกมาทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างในผลิตภัณฑ์ลดลง และการสูญเสียความชื้นซึ่งส่งผลให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์มั่มลดลงนั้น เป็นผลให้เชื้อพวก Enterobacteriaceae หรือ Coliform bacteria ไม่สามารถเจริญหรืออยู่รอดต่อไปได้ และทำให้มีจำนวนลดลง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับ Bacus (1984) และ Gilliland (1966) ที่แสดงให้เห็นว่าเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรีย สามารถผลิตกรดแลคติคจากน้ำตาลซึ่งส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง และมีผลต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโทษ โดยที่ Nurmi (1969) พบว่าจำนวน Coliform bacteria จะลดลงอย่างเห็นได้ชัดโดยการยับยั้งของเชื้อ Lactobacilli และการเติมเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียลงไปในระบบเนื้อจะมีผลทำให้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ลดลงถึง 4.0 – 4.5 ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณของเชื้ออื่นๆที่ไม่ใช่แลคติคแอซิดแบคทีเรียลดลง เพราะฉะนั้นเมื่อเวลาหมักผลิตภัณฑ์มั่มนานขึ้น หรือเมื่อมีจำนวนเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น จำนวนของ Enterobacteriaceae หรือ Coliform bacteria ในผลิตภัณฑ์มั่มจะมีจำนวนลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพมั่มที่ผลิตโดยวิธีพื้นบ้านดั้งเดิมและวิธีใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

4. 2.1 การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์มั่ม

การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์มั่มในการทดลองโดยใช้วิธี Ideal ratio profile test เพื่อหาคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์มั่ม โดยให้ผู้ทดสอบชิมกรอกข้อมูลที่ได้จากการทดสอบลงในแบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ดังภาคผนวก ข และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเป็นตัวกำหนดแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มั่ม เพื่อให้ตรงกับความคิดหรือความต้องการของผู้บริโภค

ผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบชิมโดยวิธีการ Ideal ratio profile test ซึ่งผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คน ได้ให้คุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆซึ่งในการทดสอบครั้งนี้จะได้คุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์มั่มในแบบต่างๆ ดังนี้

ด้านลักษณะปรากฏ

ผู้ทดสอบชิมบอกถึงลักษณะทางด้าน สีของผลิตภัณฑ์(น้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้ม)	15 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงลักษณะทางด้าน ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์	9 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงลักษณะทางด้าน ความแฉะของผลิตภัณฑ์	2 คน

กลิ่นและรสชาติ

ผู้ทดสอบชิมบอกถึงลักษณะทางด้าน รสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์	11 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงลักษณะทางด้าน กลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์	7 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงลักษณะทางด้าน รสเค็มของผลิตภัณฑ์	7 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงลักษณะทางด้าน กลิ่นตับของผลิตภัณฑ์	4 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงลักษณะทางด้าน กลิ่นเครื่องเทศของผลิตภัณฑ์	4 คน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้านลักษณะของเนื้อสัมผัส

ผู้ทดสอบชิมบอกถึงลักษณะทางด้าน ความนุ่มความแข็งของผลิตภัณฑ์	14 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงลักษณะทางด้าน ความแห้งของผลิตภัณฑ์	4 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงลักษณะทางด้าน การรวมตัวกันของผลิตภัณฑ์	3 คน
ผู้ทดสอบชิมบอกถึงลักษณะทางด้าน ความแข็งแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์	2 คน

ตามข้อมูลของการทดลองที่ได้ สามารถบอกถึงลักษณะสำคัญด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์มั่ม โดยเลือกเอาลักษณะที่ผู้ทดสอบชิมตั้งแต่ 7 คนจากผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คนให้ความสำคัญ ซึ่งเรียงจากลำดับมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้ คือ สีของผลิตภัณฑ์ ความเป็นเนื้อเดียวกัน รสเปรี้ยว รสเค็ม กลิ่นเฉพาะ และความนุ่มความแข็งของผลิตภัณฑ์ ซึ่งแต่ละคุณลักษณะที่ได้จากการทดสอบชิมมีคุณลักษณะสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะต่างกันออกไปดังตาราง 4.7

ตาราง 4.7 คุณลักษณะในผลิตภัณฑ์มั่มตัวอย่างต้นแบบและค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะ (Numerical product profile)

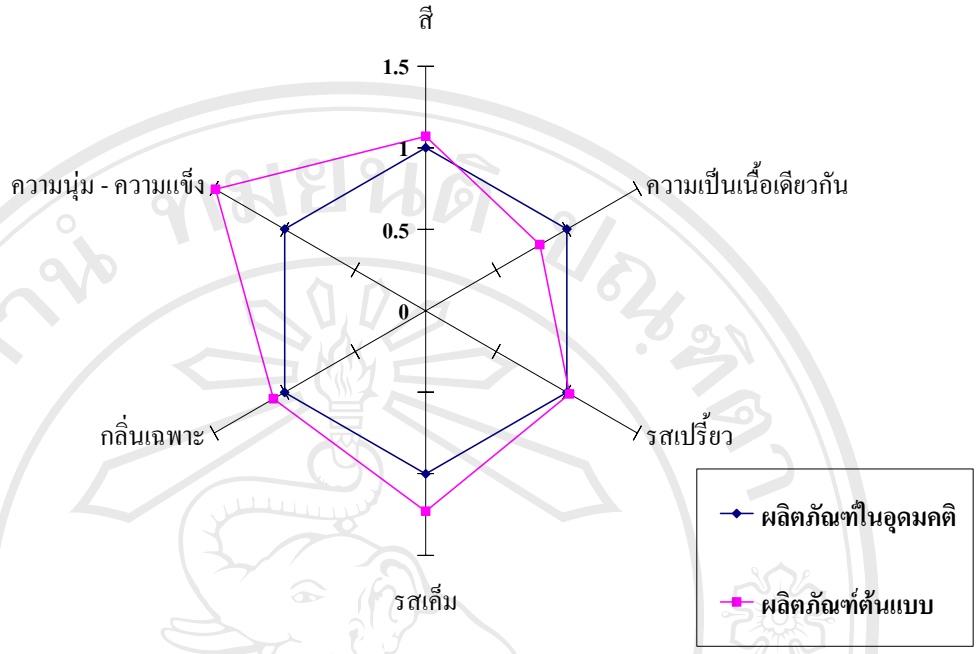
ลักษณะ	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
สี	1.07 ± 0.23
ความเป็นเนื้อเดียวกัน*	0.81 ± 0.13
รสเปรี้ยว	1.02 ± 0.21
รสเค็ม*	1.23 ± 0.16
กลิ่นเฉพาะ	1.08 ± 0.20
ความนุ่มความแข็ง*	1.49 ± 0.35

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลแสดงในค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* คือคุณลักษณะที่มีความแตกต่างกันกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ซึ่งสามารถแสดงออกมาได้ในรูปของเค้าโครงผลิตภัณฑ์ (Cyclic profile) ดังภาพ 4.18

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.18 เค้าโครงผลิตภัณฑ์มั่มของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ในการวิเคราะห์เพื่อทดสอบว่าคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์มั่ม ด้านใดมีความแตกต่างจากคุณลักษณะในอุดมคติ (Ideal) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มั่มขั้นตอนต่อไปนั้น พบว่า ลักษณะในด้านความเป็นเนื้อเดียวกัน (0.81$\pm$0.13) รสเค็ม (1.23$\pm$0.16) และความนุ่มความแข็ง (1.45$\pm$0.35) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$) จากคุณลักษณะในอุดมคติ (Ideal)

ส่วนลักษณะด้านสี (1.07$\pm$0.23) รสเปรี้ยว (1.02$\pm$0.21) และกลิ่นเฉพาะ (1.08$\pm$0.20) นั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) แต่ว่าลักษณะทั้งสามคือด้านสี รสเปรี้ยว และกลิ่นเฉพาะ ก็เป็นลักษณะที่มีความสำคัญในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผู้ทดสอบชิมได้ทำการกำหนดขึ้นมาว่าเป็นลักษณะสำคัญในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นก็ควรได้รับการพิจารณาเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยที่ลักษณะของผลิตภัณฑ์มั่มที่ตรงตามความต้องการของผู้ทดสอบชิมนั้นลักษณะทางด้านสี รสเปรี้ยว และกลิ่นเฉพาะควรมีปริมาณลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 การเปรียบเทียบคุณภาพมั่มที่ผลิตโดยวิธีพื้นบ้านกับการผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

การทดลองนี้เป็นการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman Design เพื่อหาส่วนผสมหรือปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มั่ม นอกจากเนื้อและตับที่มีการกำหนดอัตราส่วนผสมไว้เป็นที่แน่นอนแล้วคือ 10 : 2 โดยส่วนผสมอื่นที่คาดว่ามีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มั่มคือกระเทียม ข้าวคั่วบด เกลือ ข้าวเหนียวสุก โซเดียมไนไตรท์ เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นคือ *Pediococcus acidilactici, Lactobacillus plantarum1, Lactobacillus plantarum2* และ *Lactobacillus cellobiosus* รวมทั้งเป็นการเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิตภัณฑ์มั่มพื้นบ้านและผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

จากการทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยต่างๆที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลอง พบว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลต่อลักษณะและคุณภาพทั้งทางด้านประสาทสัมผัส ทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์มั่ม ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นแสดงดังตาราง 4.8 - 4.9

ตาราง 4.8 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman Design (แสดงในรูปคุณลักษณะคะแนนสัดส่วนเฉลี่ย)

สิ่งทดลอง	สี	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	รสเปรี้ยว	รสเค็ม
1	0.92±0.17	0.73±0.23	0.70±0.28	0.96±0.31
2	0.96±0.15	0.87±0.11	0.79±0.32	1.25±0.23
3	1.01±0.19	0.75±0.18	0.79±0.33	1.30±0.19
4	1.04±0.20	0.70±0.18	0.79±0.31	1.15±0.37
5	0.86±0.23	0.67±0.21	0.78±0.32	0.90±0.29
6	0.89±0.18	0.78±0.16	0.72±0.30	0.76±0.29
7	0.89±0.21	0.76±0.17	0.74±0.25	0.88±0.24
8	0.89±0.26	0.78±0.20	0.77±0.33	0.96±0.20
9	1.00±0.17	0.76±0.16	0.77±0.28	0.99±0.38
10	0.82±0.31	0.68±0.17	0.84±0.33	1.21±0.15
11	1.04±0.23	0.73±0.18	0.75±0.28	1.27±0.24
12	0.88±0.18	0.75±0.21	0.71±0.28	0.91±0.32

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.8(ต่อ) แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman Design (แสดงในรูปคุณลักษณะคะแนนสัดส่วนเฉลี่ย)

สิ่งทดลอง	กลิ่นเฉพาะ	ความนุ่มความแข็ง	การยอมรับรวม
1	0.88±0.29	1.26±0.18	0.49±0.18
2	0.92±0.20	1.21±0.08	0.49±0.14
3	0.97±0.19	1.27±0.15	0.43±0.17
4	0.91±0.22	1.31±0.21	0.41±0.15
5	0.89±0.19	1.22±0.08	0.45±0.17
6	0.90±0.14	1.26±0.13	0.49±0.20
7	0.89±0.21	1.20±0.06	0.56±0.13
8	0.81±0.15	1.24±0.10	0.48±0.17
9	0.91±0.12	1.26±0.09	0.44±0.15
10	0.95±0.17	1.22±0.08	0.42±0.20
11	0.85±0.16	1.22±0.07	0.50±0.17
12	0.84±0.19	1.19±0.05	0.48±0.23

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 4.9 แสดงผลการทดสอบทางด้านเคมี และทางกายภาพ ที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman Design

สิ่งทดลอง	ความเป็นกรดเป็นด่าง	ปริมาณกรดแลคติค (ร้อยละ)	คุณลักษณะแรงเฉือน(นิวตัน)
1	5.35±0.01	0.29±0.01	53.67±3.97
2	5.73±0.02	0.27±0.01	51.58±6.37
3	5.65±0.01	0.27±0.01	52.51±9.41
4	5.52±0.01	0.29±0.02	56.88±19.38
5	5.29±0.01	0.30±0.01	53.19±4.51
6	5.21±0.01	0.29±0.02	54.63±10.19
7	5.22±0.01	0.33±0.01	56.05±5.85
8	5.63±0.01	0.28±0.01	54.11±10.10
9	5.56±0.00	0.29±0.02	56.59±10.04
10	5.53±0.01	0.31±0.01	57.03±2.69
11	5.83±0.01	0.26±0.01	54.88±7.38
12	5.72±0.01	0.27±0.01	53.70±6.08

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10 แสดงถึงปัจจัยและผลกระทบ (Effect) ที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้การทดสอบแบบ t-test ในการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman Design

ปัจจัย		สี		ความเป็นเนื้อเดียวกัน		รสเปรี้ยว		รสเค็ม	
		Effect	t-test	Effect	t-test	Effect	t-test	Effect	t-test
A	กระเทียม	**-0.037**	**-2.467b**	-0.017	-0.850	0.015	1.000	-0.014	-0.219
B	ข้าวคั่วบด	**0.090**	**6.000d**	**-0.047**	**-2.350b**	0.001	0.067	0.100	1.562
C	เกลือ	**0.053**	**3.533c**	0.010	0.500	**0.051**	**3.400c**	**0.290**	**4.531d**
D	ข้าวเหนียวสุก	0.000	0.000	0.023	1.150	0.019	1.267	0.106	1.656
E	โซเดียมไนไตรท์	**0.033**	**2.200a**	**0.057**	**2.850c**	-0.025	-1.667	-0.026	-0.406
F	เชื้อ *Pa*	**-0.060**	**-4.000c**	**-0.043**	**-2.150a**	0.001	0.067	-0.030	-0.469
G	เชื้อ *Lp1*	0.027	1.800	-0.023	-1.150	0.011	0.733	-0.004	-0.063
H	เชื้อ *Lp2*	**-0.043**	**-2.867b**	-0.020	-1.000	**0.031**	**2.067a**	-0.050	-0.781
I	เชื้อ *Lc*	0.013	0.867	0.020	1.000	0.021	1.400	-0.046	-0.719
J	Dummy	0.013	0.867	0.007	0.350	-0.021	-1.400	-0.086	-1.344
K	Dummy	0.017	1.133	0.027	1.350	-0.001	-0.067	0.030	0.469

หมายเหตุ: a คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 (t-table= 1.886)

b คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 (t-table= 2.282)

c คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (t-table= 2.920)

d คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (t-table= 4.303)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10(ต่อ) แสดงถึงปัจจัยและผลกระทบ (Effect) ที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้การทดสอบแบบ t-test ในการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman Design

	ปัจจัย	กลิ่นเฉพาะ		ความนุ่มความแข็ง		การยอมรับรวม	
		Effect	t-test	Effect	t-test	Effect	t-test
A	กระเทียม	**0.030**	**2.143a**	0.017	0.586	-0.024	-0.923
B	ข้าวคั่วบด	0.017	1.214	0.037	1.276	0.034	1.308
C	เกลือ	0.017	1.214	0.013	0.448	-0.030	-1.134
D	ข้าวเหนียวสุก	**0.053**	**3.786c**	-0.003	-0.103	0.004	0.154
E	โซเดียมไนไตรท์	**-0.030**	**-2.143a**	0.007	0.241	0.024	0.923
F	เชื้อ *Pa*	**-0.030**	**-2.143a**	-0.023	-0.793	0.026	1.000
G	เชื้อ *Lp1*	0.017	1.214	0.013	0.448	0.000	0.000
H	เชื้อ *Lp2*	0.023	1.643	0.013	0.448	0.036	-1.385
I	เชื้อ *Lc*	-0.010	-0.714	0.003	0.103	0.004	0.154
J	Dummy	0.000	0.000	0.037	1.276	0.014	0.539
K	Dummy	0.020	1.426	-0.017	-0.589	0.034	1.308

หมายเหตุ: a คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 (t-table= 1.886)

b คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 (t-table= 2.282)

c คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (t-table= 2.920)

d คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (t-table= 4.303)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.11 แสดงถึงปัจจัยและผลกระทบ (Effect) ที่มีต่อคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มั่ม โดยใช้การทดสอบแบบ t-test ในการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman Design

ปัจจัย	ความเป็นกรดเป็นด่าง		ปริมาณกรดแลคติค (ร้อยละ)		แรงเฉือน (นิวตัน)	
	Effect	t-test	Effect	t-test	Effect	t-test
A กระเทียม	-0.164	-1.215	0.009	1.500	-0.143	-0.132
B ข้าวคั่วบด	0.026	0.193	-0.009	-1.500	0.103	0.095
C เกลือ	**0.256**	**1.896a**	**-0.015**	**-2.500b**	-0.140	-0.129
D ข้าวเหนียวสุก	-0.026	-0.193	0.011	1.833	0.007	0.006
E โซเดียมไนไตรท์	0.064	0.474	**-0.015**	**-2.500b**	-0.650	-0.601
F เชื้อ *Pa*	-0.090	-0.667	**0.015**	**2.500b**	0.507	0.469
G เชื้อ *Lp1*	-0.084	-0.622	**0.015**	**2.500b**	**2.883**	**2.664b**
H เชื้อ *Lp2*	-0.084	-0.622	0.005	0.833	0.217	0.201
I เชื้อ *Lc*	-0.056	-0.415	0.011	1.833	0.330	0.305
J Dummy	-0.180	-1.333	0.009	1.500	0.147	0.136
K Dummy	-0.064	-0.474	-0.009	-1.500	-1.523	-1.408

หมายเหตุ: a คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 (t-table= 1.886)

b คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 (t-table= 2.282)

c คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (t-table= 2.920)

d คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (t-table= 4.303)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาปัจจัยหรือส่วนผสมที่มีอิทธิพลของแต่ละสูตรในการทดลอง เพื่อทดลองหาผลกระทบต่อคุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์มั่มทางด้านประสาทสัมผัส ทางด้านเคมี และกายภาพ ซึ่งแสดง ดังตาราง 4.10 - 4.11 ทำให้สามารถที่จะแบ่งปัจจัยที่ทำการศึกษาออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ปัจจัยหลัก (Main effect) ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพในด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด และปัจจัยรอง ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์มั่มเช่นเดียวกัน แต่จะมีอิทธิพลหรือมีผลกระทบต่อคุณภาพน้อยกว่าปัจจัยหลัก และแผนการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลที่ศึกษาในการทดลองนี้ เป็นการศึกษาผลของปัจจัยที่มีอิทธิพลหลักเท่านั้น ไม่สามารถที่จะอธิบายผลของปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกัน (Interaction effect) ของปัจจัยที่ศึกษาได้

ดังนั้นการพิจารณาถึงคุณลักษณะ และคุณลักษณะที่ได้จากการวิเคราะห์ที่บอกให้ทราบถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์มั่ม ซึ่งเป็นปัจจัยต่างๆมีอิทธิพลแล้ว ยังต้องมีการพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากปัจจัยนั้นๆด้วยว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์มั่มมากน้อยเพียงใด โดยในการพิจารณาจะใช้ที่ระดับความเชื่อมั่นตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป ($p \leq 0.20$) เพื่อเป็นการลดปัญหาการมองข้ามปัจจัยที่น่าจะมีความสำคัญไป (ไพโรจน์, 2545)

ในการพิจารณาว่าส่วนผสมใดเป็นปัจจัยหลัก หรือส่วนผสมใดเป็นปัจจัยรองนั้น สามารถพิจารณาได้จากจำนวนผลกระทบหรืออิทธิพลของส่วนผสมนั้นๆ ที่เกิดขึ้นต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์มั่มในด้านต่างๆว่ามีผลกระทบเกิดขึ้นมากหรือน้อยเพียงใด โดยปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มั่มได้แก่ เกลือ โซเดียมไนไตรท์ และเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ทั้งนี้เนื่องจากส่วนผสมดังกล่าวมีอิทธิพลทางด้านประสาทสัมผัส ทางด้านเคมี และทางกายภาพที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพในด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์มากที่สุด โดยส่วนผสมต่างๆที่เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลในสิ่งทดลองต่างๆสามารถอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

เกลือ จากการศึกษาถึงอิทธิพลของเกลือต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มั่มในด้านต่างๆ พบว่า การเพิ่มเกลือลงไปในสูตรส่วนผสมจะมีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านสี และรสเปรี้ยว โดยการใช้เกลือที่ระดับสูงจะมีผลในการทำให้คุณลักษณะการทดสอบทางประสาทสัมผัสเข้าใกล้คุณลักษณะในอุดมคติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($p \leq 0.10$) ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองนี้ให้ความสอดคล้องกับพันธิตรา (2546) ที่รายงานว่าการใช้เกลือที่ระดับสูงในไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์ จะทำให้คุณลักษณะการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีเข้าใกล้คุณลักษณะในอุดมคติมากขึ้น เนื่องจากในสภาวะที่มีเกลือในผลิตภัณฑ์นั้นจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ชนิด *Micrococcus varians* สามารถเจริญเติบโตได้ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งแบคทีเรียดังกล่าว สามารถทำให้เกิดสีแดงที่มีความคงทนในผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารไนไตรท์และไนเตรท ส่วนคุณลักษณะการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยวนั้น ก็ให้ผลสอดคล้องกับรายงาน ไส้กรอกเปรี้ยวของพันธิตรา (2546) ซึ่งพบว่า การใช้เกลือที่ระดับสูงจะทำให้การยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว มีค่าการทดสอบเข้าใกล้คุณลักษณะในอุดมคติมากขึ้นเช่นกัน เนื่องจากเกลือซึ่งเป็นส่วนประกอบในการผลิต เป็นตัวช่วยคัดเลือกสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่ต้องการโดยที่เชื้อบริสุทธิ์ที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มั่มนั้น เป็นเชื้อประเภทที่มีความสามารถในการทนเกลือได้ (Halophiles) เช่นเดียวกันกับเชื้อที่ใช้ในการพัฒนาไส้กรอกเปรี้ยวโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ส่วนการใช้เกลือที่ระดับสูงจะทำให้รสเค็มมีคุณลักษณะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเกลือเป็นส่วนประกอบที่ให้รสเค็มในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นถ้าใช้ในปริมาณหรือสัดส่วนที่มากขึ้นย่อมทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเค็มเพิ่มขึ้น ในการทดสอบคุณลักษณะทางด้านเคมี พบว่า เกลือจะส่งผลให้คุณลักษณะความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 ($p \leq 0.20$) และคุณลักษณะกรดแลคติคลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 ($p \leq 0.15$) ซึ่งจากผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานไส้กรอกเปรี้ยวของ พันธิตรา (2546) กล่าวคือ เกลือมีผลต่อผลิตภัณฑ์มั่ม เช่นเดียวกับ ชลกมล และวาสนา (2541) เนื่องจากเกลือเป็นเครื่องปรุงที่สำคัญที่ใช้ในการถนอมอาหาร เป็นสารที่ให้รสชาติเค็ม และเป็นปัจจัยในการคัดเลือกชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ เนื่องจากแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคมีความสามารถในการทนเกลือ (Halophiles) และแลคติคแอซิดแบคทีเรียบางตัวจะถูกเร่งการเจริญด้วยเกลือที่ความเข้มข้นต่ำ (Zaika and Kissinger, 1979) แต่ถ้าหากมีการใส่เกลือมากเกินไปในผลิตภัณฑ์ เกลือจะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรีย เนื่องจากเกลือมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ เนื่องจากอนุมูลของโซเดียมคลอไรด์ รวมทั้งเกลือทำให้แรงดันออสโมติกในเซลล์ของจุลินทรีย์เปลี่ยนไป ทำให้เซลล์มีการเสียน้ำ และเกลือเป็นตัวทำลายเอนไซม์บางชนิด ทำให้โปรตีนเกิดการสลายตัว และเสียคุณสมบัติการทำงาน ส่งผลให้เกิดการหยุดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (ลักขณา, 2540)

โซเดียมไนไตรท์ จากการศึกษาถึงอิทธิพลของโซเดียมไนไตรท์ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มั่มในด้านต่างๆ พบว่าการเพิ่มโซเดียมไนไตรท์ลงไปในสูตรส่วนผสมจะมีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านสี เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 ($p \leq 0.20$) โดยให้ผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานไส้กรอกเปรี้ยวของพันธิตรา (2546) ว่าการใช้ปริมาณโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับสูง มีผลทำให้การยอมรับทางด้านสีของผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะเข้าใกล้คุณลักษณะในอุดมคติมากกว่าการใช้ที่ระดับต่ำ โดยที่เนื้อที่มีการเติมโซเดียม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ไนไตรท์ลงไปจะมีสีแดง และการเติมโซเดียมไนไตรท์ลงไปยังช่วยรักษาสีแดงที่มีในเนื้อไว้ เนื่องมาจากปฏิกิริยาการแตกตัวให้สารไนตริกออกไซด์ เพื่อเข้าทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินได้ไนโตรโซมไมโกลบินซึ่งมีสีแดงชมพู และเมื่อถูกความร้อนตามกระบวนการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนจะทำให้ไนโตรโซไมโอโกลบินเปลี่ยนเป็นไนโตรโซฮีโมโครมซึ่งมีสีแดงที่มีความคงตัว โดยจะไม่ถูก ออกซิไดส์ หรือรีดิวส์ (Krol and Tinbergen, 1974) ส่วนในด้านความเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อใช้ปริมาณโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับสูง จะมีผลในการทดสอบทางประสาทสัมผัสเข้าใกล้กับคุณลักษณะในอุดมคติมากขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 90 ($p \leq 0.10$) และพบว่าการเพิ่มปริมาณโซเดียมไนไตรท์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงจากคุณลักษณะในอุดมคติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 80 ($p \leq 0.20$) โดยให้ผลในการทดลองขัดแย้งกับรายงานของ Sanz *et al*.(1997) รวมทั้ง Gonzalez and Diez. (2002) ที่พบว่าการใช้โซเดียมไนไตรท์ในระดับ 150 ppm จะไม่มีผลต่อการชะลอการเจริญของเชื้อประเภทแลคติคแอซิดแบคทีเรีย แต่จะมีผลในการยับยั้งการเจริญของ Enterobacteriaceae ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับเปรมศิริ (2545) ที่รายงานว่าการใช้โซเดียมไนไตรท์ในปริมาณ 500 ppm จะมีผลในการชะลอการเจริญของแลคติคแอซิดแบคทีเรีย และยังมีผลในการชะลอการเกิดปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชัน ทำให้สารระเหยที่มีผลต่อกลิ่นรสของแหนมได้แก่ สารประกอบอัลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ และเอสเทอร์ มีปริมาณลดลง ซึ่งการเติมไนไตรท์ลงในผลิตภัณฑ์ยังมีผลในทำการทำหน้าที่เป็นสารกันหืน และป้องกันการเกิดการหืนของไขมันในผลิตภัณฑ์ (ลักขณา, 2540) ดังนั้นการเติมโซเดียมไนไตรท์ในระดับสูงจึงมีผลต่อการเกิดกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์มั่ม ทั้งนี้ประโยชน์ในการใช้ไนไตรท์เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก นอกเหนือไปจากคุณสมบัติในด้านการให้สี รสชาติ และกลิ่นรสที่ดีในผลิตภัณฑ์แล้ว ยังส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งจะเป็นที่ยอมรับมากกว่าการใช้เกลือเป็นส่วนผสมเพียงอย่างเดียว(เยาวลักษณ์, 2536) ส่วนในด้านการผลิตกรดแลคติคพบว่าการเติมโซเดียมไนไตรท์ในปริมาณสูง ทำให้กรดแลคติคที่ได้มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 ($p \leq 0.15$) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับพันธิตรา (2546) ที่พบว่าการใช้โซเดียมไนไตรท์ในปริมาณสูงจะทำให้ปริมาณกรดแลคติคลดลง ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของไนไตรท์ที่สามารถยับยั้งการเจริญของพวกเชื้อจุลินทรีย์ได้ และยังสามารถป้องกันการงอกของสปอร์ของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ โดยเฉพาะพวก *Clostridium botulinum* (เยาวลักษณ์, 2536) ซึ่งไม่ต้องการให้มีการเจริญในอาหารประเภทเนื้อหมัก และศิวาพร (2535) อธิบายว่าไนไตรท์จะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผนังเซลล์ และเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส (Dehydrogenase) ของจุลินทรีย์ การทำงานของระบบไซโตโครม (Cytochrome system) จะเกิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ความผิดปกติไปด้วย ดังนั้นจากผลการทดลองในเรื่องของการผลิตกรดแลคติคนี้น่าจะมีผลเกี่ยวเนื่องกับการผลิตกลิ่นเฉพาะที่ดีของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการเจริญของแลคติคแอซิดแบคทีเรียจะมีการสร้างกรดร่วมกับการผลิตสารที่ให้กลิ่นเฉพาะที่ดีในผลิตภัณฑ์ออกมาด้วย เมื่อมีการเติมโซเดียมไนไตรท์ในระดับสูง ซึ่งมีผลต่อการผลิตกรดของแลคติคแอซิดแบคทีเรีย ทำให้การผลิตกรดแลคติคและกลิ่นเฉพาะลดลงด้วย

เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น จากผลการทดลองพบว่าการใช้เชื้อบริสุทธิ์ชนิด *Pediococcus acidilactici* และ *Lactobacillus plantarum1* ในการผลิตผลิตภัณฑ์มั่ม จะส่งผลให้คุณลักษณะทางเคมี คือกรดแลคติค เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 ($p \leq 0.15$) เนื่องจากการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นลงไปในผลิตภัณฑ์ ทำให้ในกระบวนการหมักมั่มมีจำนวนแลคติคแอซิดแบคทีเรียเริ่มต้นอยู่ในปริมาณมาก โดยที่แบคทีเรียที่เติมลงไปนั้นเป็นแบคทีเรียที่ได้มาจากการคัดเลือกจากผลิตภัณฑ์พื้นบ้านที่มีอยู่แล้ว ซึ่งแบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้เป็นตัวการสำคัญในการหมักมั่มและผลิตกรดแลคติคออกมา ดังนั้นการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นลงไปในระบบการหมักของมั่มจึงมีผลทำให้มีการเจริญและผลิตกรดแลคติคเร็วขึ้น จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 ($p \leq 0.20$) โดยที่เชื้อชนิด Lactobacilli จะถูกกระตุ้นให้มีการผลิตกรดโดยเครื่องเทศมากกว่าเชื้อชนิด Pediococci (Bacus, 1984) ส่วนในด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี พบว่าการเติมเชื้อบริสุทธิ์ชนิด *Pediococcus acidilactici* และ *Lactobacillus plantarum2* ลงไปในระบบการหมักของมั่ม จะมีผลทำให้คุณลักษณะในอุดมคติลดลงจากที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($p \leq 0.10$) และ ร้อยละ 85 ($p \leq 0.15$) ตามลำดับ และการเพิ่มปริมาณของเชื้อ *Lactobacillus plantarum1* ลงไปในระบบการหมักมั่ม ทำให้มีผลต่อด้านแรงเฉือนที่เพิ่มมากขึ้นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 ($p \leq 0.15$) เนื่องจากการที่เชื้อ *Lactobacillus plantarum1* ผลิตกรดออกมามากในผลิตภัณฑ์จะทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพและเกิดการจับตัวกันได้ดีขึ้น

เชื้อบริสุทธิ์ชนิด *Pediococcus acidilactici* จะทำให้คุณลักษณะในอุดมคติทางด้านกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 ($p \leq 0.20$) ซึ่งให้ผลการทดลองขัดแย้งกับ ปรีชา (2530) ที่รายงานว่าเชื้อนี้เป็นเชื้อประเภท Homofermentative ให้กรดแต่ไม่ให้ก๊าซ ซึ่งจะพบได้ทั่วไปในอาหารหมักเช่นในการผลิตซีอิ้วและน้ำปลา แบคทีเรียชนิดนี้จะเป็นตัวการทำให้เกิดกลิ่นรสที่ดีในผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนปัจจัยรองที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มั่มได้แก่ กระเทียม ข้าวคั่วบด และข้าวเหนียว เพราะปัจจัยดังกล่าวมีอิทธิพลหรือมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์มั่มเช่นเดียวกัน แต่จะมีอิทธิพลหรือมีผลกระทบต่อคุณภาพน้อยกว่าปัจจัยหลัก

กระเทียม จากการศึกษาถึงอิทธิพลของกระเทียมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มั่มในด้านต่างๆ พบว่า การเพิ่มกระเทียมลงไปในผลิตภัณฑ์ จะทำให้คุณลักษณะการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 ($p \leq 0.15$) และการเพิ่มกระเทียม จะมีผลในด้านกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 ($p \leq 0.20$) ซึ่งให้ผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานของ ไพโรจน์ และคณะ (2539) ที่รายงานว่าการใช้กระเทียมบดละเอียดระดับสูงในแหนมจะมีผลทำให้ความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระเทียมเป็นส่วนประกอบที่ให้รสชาติ และกลิ่นตามธรรมชาติแก่ผลิตภัณฑ์แล้ว ยังพบว่ากระเทียมยังเป็นตัวกระตุ้นให้การผลิตกรดที่ดีต่อผลิตภัณฑ์ด้วย รวมทั้งจะเป็นตัวกระตุ้นให้เชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียผลิตกรดได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้การสร้างกรดในผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพขึ้น โดยที่แมงกานีสในกระเทียม เป็นปัจจัยสำคัญในการกระตุ้นเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียให้มีการผลิตกรดระหว่างการหมัก (Zaika and Kissinger; 1979, 1984)

ข้าวคั่วบด ในการทดลองพบว่าจะทำให้คุณลักษณะการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และทำให้ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 ($p \leq 0.15$)

ข้าวเหนียว จากการศึกษาถึงอิทธิพลของข้าวเหนียวต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มั่มในด้านต่างๆพบว่า การเพิ่มปริมาณข้าวเหนียวจะส่งให้คุณลักษณะด้านกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์เข้าใกล้กับค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($p \leq 0.10$) นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมปริมาณข้าวเหนียวมากขึ้น จะทำให้ปริมาณกรดแลคติคเพิ่มขึ้นโดยสอดคล้องกับรายงานผลการทดลองของ ไพโรจน์ และคณะ (2539) ว่าการใช้ข้าวเหนียวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในการผลิต จะให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์หลังการผลิตมากที่สุด ซึ่งน้ำตาลรีดิวส์จะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติคทำให้มีปริมาณกรดแลคติคเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากข้าวเหนียวเป็นส่วนผสมที่มีในสูตรการผลิตนอกจากจะมีการเติมลงไปเพื่อเพิ่มปริมาณของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังเพิ่มสารอาหารที่เป็นแหล่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญปัจจัยหนึ่งต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะมีการย่อยโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนประเภทข้าว ทำให้จุลินทรีย์มีกิจกรรมในการสร้างหรือผลิตกรดแลคติคออกมามากขึ้นรวมทั้งสารอื่นๆ เช่น กรดอะซิติก คาร์บอนไดออกไซด์ เอทธานอล และกรดบิวทีริกด้วย (Pederson,1971) ซึ่งสารทั้งหมดนี้ทำให้เกิดรสเปรี้ยว และกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่า การใช้ข้าวเหนียวในระดับสูงจะทำให้คุณลักษณะด้านกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์มีค่าเข้าใกล้กับค่าในอุดมคติมากขึ้น

4.3 การศึกษาสูตรและปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตมั่ม

แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอนดังนี้

4.3.1 การศึกษาปัจจัยด้านสูตรการผลิตที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมั่มโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

จากผลการทดลองในตอนที่ 4.2.2 ที่มีการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman Design ทำให้ทราบถึงปัจจัยสำคัญหรือปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของระบบการผลิตมั่ม ซึ่งปัจจัยหลักที่มีผลกระทบคือ เกลือ โซเดียมไนไตรท์ และเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นส่วนปัจจัยที่ไม่สำคัญหรือปัจจัยรอง จะมีการกำหนดระดับที่มีความเหมาะสม โดยพิจารณาในด้านวิชาการและทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในด้านปัจจัยรองคือ กระเทียม ข้าวคั่วบด และข้าวเหนียว จะมีการใช้ในระดับที่ต่างกัน โดยระดับที่ใช้นั้นดูได้จากผลกระทบในการทดลองด้านประสาทสัมผัส หรือทางเคมีที่เกิดขึ้นว่าการใช้ในระดับสูงหรือต่ำจะให้ผลดีกว่ากัน ซึ่งจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่ากระเทียมจะมีการใช้ที่ระดับสูง (ร้อยละ 20) เนื่องจากในระดับสูงจะให้คุณลักษณะในด้านกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์สูงกว่าระดับต่ำ (ร้อยละ 10) ข้าวคั่วบดจะมีการใช้ที่ระดับต่ำ (ร้อยละ 1) เนื่องจากต้องการผลในด้านความเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนการใช้ข้าวเหนียวที่ระดับสูง (ร้อยละ 10)จะทำให้มีกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์เข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากกว่าการใช้ในระดับต่ำ (ร้อยละ 5) และทำให้มีปริมาณกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์มั่มมีสูงกว่าเช่นกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นำแผนการทดลองที่ได้วางไว้มาทำการผลิตมั่ม ซึ่งแต่ละสิ่งทดลองทั้งหมดนั้นจะนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพ โดยผลที่ได้แสดงดังตาราง 4.12

ตาราง 4.12 แสดงผลของเกลือและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มั่ม ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ที่ได้จากการทดลองแบบ 2^2 Factorial Experimental in Central Composite Design

สิ่งทดลอง	สี	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	รสเปรี้ยว	รสเค็ม
1	0.86±0.11	0.75±0.19	0.89±0.12	0.92±0.14
2	0.73±0.16	0.83±0.19	0.90±0.13	0.95±0.13
3	0.99±0.21	0.81±0.13	0.91±0.12	0.92±0.14
4	0.77±0.14	0.86±0.18	0.99±0.18	0.98±0.26
5	0.93±0.24	0.82±0.17	0.98±0.13	0.86±0.16
6	0.77±0.13	0.85±0.16	0.95±0.14	1.01±0.11
7	0.93±0.12	0.86±0.15	0.97±0.18	0.94±0.13
8	0.90±0.13	0.79±0.17	0.92±0.14	0.93±0.14
9	1.04±0.13	0.77±0.17	0.87±0.13	0.95±0.14
10	0.98±0.04	0.89±0.12	0.90±0.12	0.95±0.18
11	1.00±0.20	0.76±0.14	0.87±0.16	0.96±0.14

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในรูป ค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.12 (ต่อ) แสดงผลของเกลือและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มั่ม ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ที่ได้จากการทดลองแบบ 2^2 Factorial Experimental in Central Composite Design

สิ่งทดลอง	กลิ่นเฉพาะ	ความนุ่มความแข็ง	การยอมรับรวม
1	0.95±0.15	0.95±0.20	0.69±0.09
2	0.87±0.18	1.25±0.26	0.61±0.11
3	0.99±0.13	1.25±0.23	0.64±0.10
4	1.00±0.13	0.87±0.21	0.81±0.09
5	0.94±0.11	1.03±0.16	0.69±0.13
6	0.99±0.11	0.95±0.29	0.73±0.08
7	1.03±0.12	1.09±0.23	0.68±0.11
8	0.98±0.20	0.93±0.22	0.72±0.13
9	0.96±0.17	1.10±0.33	0.62±0.12
10	1.01±0.11	0.84±0.20	0.67±0.14
11	0.95±0.16	1.24±0.32	0.66±0.11

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในรูป ค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 4.13 แสดงผลของเกลือและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์มั่ม ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ที่ได้จากการทดลองแบบ 2^2 Factorial Experimental in Central Composite Design

สิ่งทดลอง	ความเป็นกรดเป็นด่าง	ปริมาณกรดแลคติค (ร้อยละ)
1	5.07±0.00	0.24±0.01
2	4.98±0.00	0.26±0.01
3	5.05±0.00	0.25±0.00
4	5.02±0.01	0.24±0.01
5	5.06±0.00	0.26±0.01
6	5.14±0. 01	0.24±0.01
7	5.03±0.00	0.23±0.01
8	5.05±0.00	0.23±0.01
9	5.01±0. 01	0.23±0.00
10	5.08±0. 01	0.24±0.01
11	5.05±0.00	0.25±0.01

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในรูป ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.14 แสดงผลของเกลือและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ที่ได้จากการทดลองแบบ 2^2 Factorial Experimental in Central Composite Design

สิ่งทดลอง	L	a	b	ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)
1	60.01 ± 0.33	10.2 ± 0.15	11.46 ± 0.25	29.08±2.04
2	61.31 ± 0.15	9.84 ± 0.16	11.47 ± 0.07	33.94±1.69
3	58.59 ± 0.21	11.30 ± 0.12	10.37 ± 0.15	38.84±1.23
4	60.23 ± 0.06	10.92 ± 0.14	10.56 ± 0.10	29.13±1.48
5	57.70 ± 0.09	10.07 ± 0.17	10.17 ± 0.27	55.34±1.53
6	60.83 ± 0.14	11.32 ± 0.20	10.67 ± 0.14	30.75±1.65
7	56.79 ± 0.22	11.83 ± 0.13	10.82 ± 0.22	36.25±2.33
8	59.42 ± 0.31	13.19 ± 0.17	10.60 ± 0.13	32.87±2.28
9	58.20 ± 0.20	12.96 ± 0.08	10.19 ± 0.18	30.88±3.24
10	59.40 ± 0.25	12.41 ± 0.20	10.27 ± 0.30	35.88±1.59
11	59.80 ± 0.17	11.81 ± 0.30	10.56 ± 0.27	35.72±1.75

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในรูป ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

นำข้อมูลที่ได้ทั้งทางประสาทสัมผัส ทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาสมการถดถอย (Multiple regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของค่าการตอบสนองกับปริมาณเกลือ และโซเดียมไนไตรท์ โดยสมการความสัมพันธ์ที่ได้จะต้องเป็นสมการที่มีนัยสำคัญ และเนื่องจากสมการถดถอยที่ได้ยังเป็นสมการถดถอยที่ยังไม่ได้ทำการถอดรหัส ดังนั้นจึงต้องทำการถอดรหัสก่อน (Decoding) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Mathcad 7 Professional หรือคำนวณจากสมการ คือ

$$\text{ปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัส} = \frac{\text{ค่าจริง} - (\text{ค่าที่ระดับสูง} + \text{ค่าที่ระดับต่ำ})/2}{(\text{ค่าที่ระดับสูง} + \text{ค่าที่ระดับต่ำ})/2}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการวิเคราะห์ได้สมการถดถอยที่มีนัยสำคัญ 2 สมการ ซึ่งสมการนี้จำเป็นต้องถอดรหัสก่อน จึงสามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าของผลการตอบสนองได้ สมการถดถอยที่มีนัยสำคัญที่ทำการถอดรหัสแล้วของผลิตภัณฑ์มั่มที่ได้จากการผันแปรปริมาณเกลือ และ โซเดียมไนไตรท์ แสดงดังตาราง 4.15

ตาราง 4.15 แสดงสมการถดถอยที่มีนัยสำคัญของผลิตภัณฑ์มั่มที่ได้จากการผันแปรปริมาณเกลือและโซเดียมไนไตรท์

ค่าสังเกต	สมการความสัมพันธ์	R^2
สี	$1.007 - 0.072 *NaCl – 0.0896 *(NaCl)^2 – 0.0571 *(NaNO_2)^2$	0.841
รสเค็ม	$0.943 + 0.0378 *NaCl$	0.791

หมายเหตุ: NaCl คือ เกลือแกง โดยปริมาณซึ่งใช้อยู่ในช่วงร้อยละ 1 – 2

$NaNO_2$ คือโซเดียมไนไตรท์ โดยปริมาณที่ใช้อยู่ในช่วง 75 – 125 ppm

ตาราง 4.16 แสดงสมการถอดรหัสที่มีนัยสำคัญของผลิตภัณฑ์มั่มที่ได้จากการผันแปรปริมาณเกลือและโซเดียมไนไตรท์

ค่าสังเกต	สมการความสัมพันธ์	R^2
สี	$- 0.497 + 0.9312 *NaCl - 0.3584 *(NaCl)^2 + 0.01827 *NaNO_2 - 0.00009136 *(NaNO_2)^2$	0.841
รสเค็ม	$0.8297 + 0.0755 *NaCl$	0.791

หมายเหตุ: NaCl คือเกลือแกง โดยปริมาณซึ่งใช้อยู่ในช่วงร้อยละ 1 – 2

$NaNO_2$ คือโซเดียมไนไตรท์ โดยปริมาณที่ใช้อยู่ในช่วงร้อยละ 75 – 125 ppm

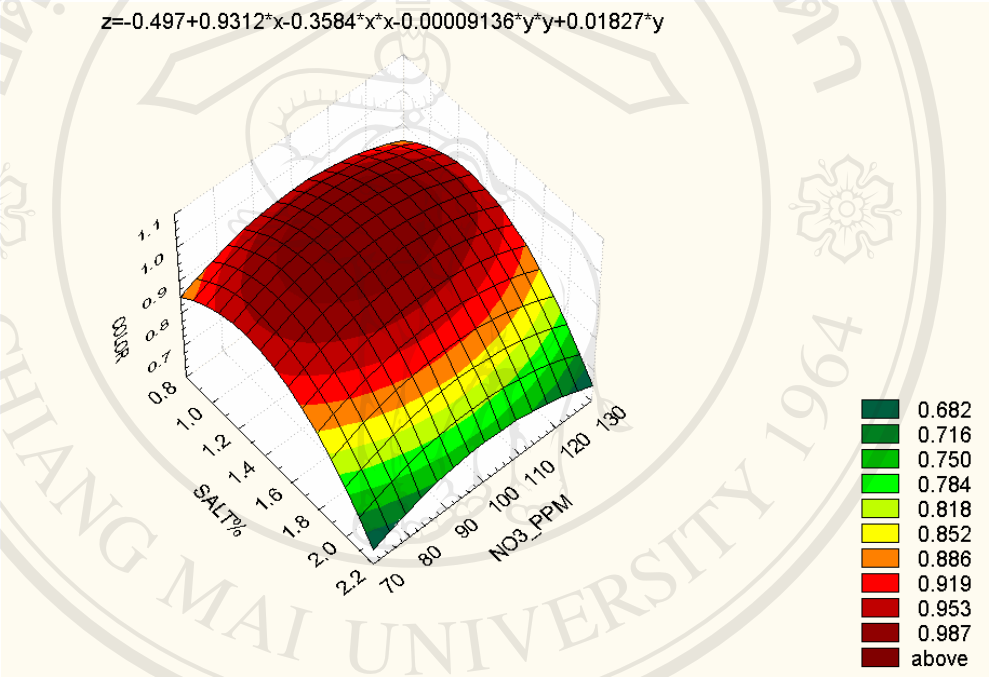
การหาปริมาณของเกลือ และโซเดียมไนไตรท์ที่มีความเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์มั่มสามารถทำได้โดยการพิจารณาจากค่าคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของเกลือ และโซเดียมไนไตรท์ ได้แก่ สี และรสเค็ม ซึ่งปริมาณของเกลือ และโซเดียมไนไตรท์ที่มีความเหมาะสมนั้น คือ ระดับที่ทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนของผลิตภัณฑ์มีค่าเข้าใกล้กับ 1.00 หรือค่าในอุดมคติ (Ideal ratio profile) มากที่สุด

สำหรับสมการรสเค็มที่วิเคราะห์ได้อยู่ในรูปสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) อธิบายได้ว่า ปริมาณเกลือที่เติมลงไปนั้นมีความสัมพันธ์กับรสเค็มที่วิเคราะห์ได้เป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

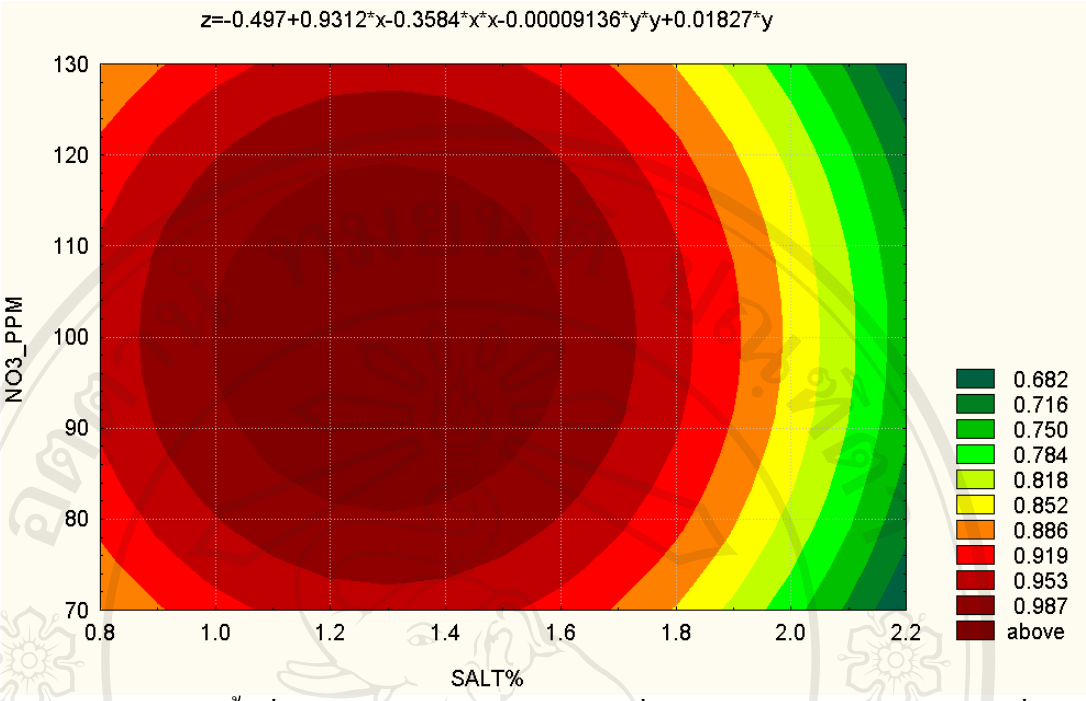
แบบเส้นตรง (Linear effect) ส่วนปริมาณของโซเดียมไนไตรท์ที่เติมลงไปในช่วงของ 75 – 125 ppm ไม่มีผลในเรื่องของรสเค็ม

ในสมการคุณภาพด้านของสี สามารถอธิบายได้ว่า การเติมเกลือ และโซเดียมไนไตรท์มีความสัมพันธ์ต่อคุณภาพทางด้านสี ดังนั้นการแทนค่าของปริมาณเกลือ และโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับต่างๆในช่วงที่ศึกษาลงในสมการคุณภาพในด้านของสี แล้วพิจารณาค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้ระดับที่เหมาะสมคือ ระดับที่จะทำให้ค่าสัดส่วนเฉลี่ยมีค่าเข้าใกล้ค่าอุดมคติหรือ 1.00 มากที่สุด

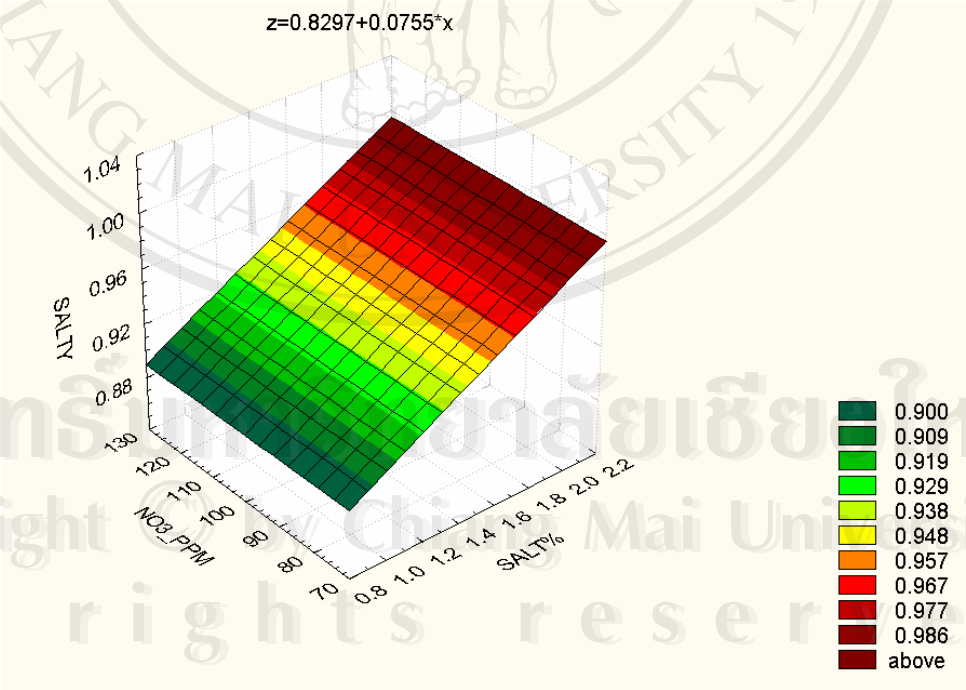


ภาพ 4.19 แสดงรูปแบบกราฟพื้นที่ตอบสนองของสีในผลิตภัณฑ์เมื่อใช้เกลือ และโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.20 แสดงรูปพื้นที่ตอบสนองของสีในผลิตภัณฑ์เมื่อใช้เกลือ และโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับต่างกัน



ภาพ 4.21 แสดงรูปพื้นที่ตอบสนองของรสเค็มในผลิตภัณฑ์เมื่อใช้เกลือที่ระดับต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการหาปริมาณหรือสัดส่วนที่เหมาะสมของการใช้ เกลือ และโซเดียมไนไตรท์ทำได้โดยการทำ Partial derivatives สมการที่ได้จากการถอดรหัสแล้ว คือ

$$\text{สี} = -0.497 + 0.9312 * NaCl - 0.3584 * (NaCl)^2 + 0.01827 * NaNO_2 - 0.00009136 * (NaNO_2^2)$$

$$\delta \text{สี} / \delta NaCl = 0.9312 - 0.7168 * NaCl$$

$$NaCl(\text{ร้อยละ}) = 1.30$$

$$\text{สี} = -0.497 + 0.9312 * NaCl - 0.3584 * (NaCl)^2 + 0.01827 * NaNO_2 - 0.00009136 * (NaNO_2^2)$$

$$\delta \text{สี} / \delta NaNO_2 = 0.01827 - 1.826 * 10^{-4}$$

$$NaNO_2 = 100 \text{ ppm}$$

แก้สมการหาค่าที่เหมาะสมของปริมาณเกลือที่เหมาะสม

$$\text{รสเค็ม}(1) = 0.8297 + 0.0755 * NaCl$$

$$NaCl(\text{ร้อยละ}) = 2.25$$

ดังนั้นการศึกษาสูตรด้านการผลิตที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มั่มโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น สามารถสรุปได้ว่าปริมาณเกลือที่เหมาะสม คือที่ระดับร้อยละ (1.30+2.25) / 2 = 1.78 หรืออยู่ในช่วงร้อยละ 1.30 – 2.25 ซึ่งพบว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลิตกรดของแลคติคแอซิดแบคทีเรีย เพราะเชื้อชนิดนี้มีความทนต่อเกลือ และจะถูกเร่งการเจริญเติบโตที่ความเข้มข้นของเกลือต่ำ โดยการใช้เกลือในช่วงร้อยละ 2 – 3 จะทำให้ลักษณะของเนื้อ สี และความน่ารับประทานดีที่สุด (Zaika *et al*., 1979) ส่วน Gilliland (1985) ได้ทำการทดลองหมักไส้กรอกพบว่าปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ 2.5 ,3.0 และ3.5 ที่ระดับ 2.5 จะใช้เวลาการหมักน้อยที่สุดคือ 16 ชั่วโมง ในขณะที่ระดับ3.0 และ 3.5 จะใช้เวลาการหมักที่ 18 และ 19 ชั่วโมงตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณการใช้โซเดียมไนไตรท์ที่ระดับ 100 ppm พบว่าเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยนี้ในการทดลอง

ดังนั้นสูตรพื้นฐานของการผลิตมั่มได้รับการพัฒนา และทำการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณของเกลือ และโซเดียมไนไตรท์ที่เหมาะสมจะทำให้ได้สูตรมั่มที่ได้รับการพัฒนาแล้วออกมาเป็นดังนี้

ตาราง 4.17 สูตรพื้นฐานของมั่มและสูตรของมั่มที่ได้รับการพัฒนาจากการทดลอง

ส่วนผสมหลัก	ปริมาณที่ใช้ในสูตร			
เนื้อหมู	ร้อยละ 100			
ตับหมู	ร้อยละ 20 (ของเนื้อหมู)			
ส่วนผสมรอง	สูตรพื้นฐาน(ก่อนได้รับการพัฒนา)		สูตรที่ได้รับการพัฒนา	
ข้าวเหนียวสุก	ร้อยละ 5	(ของเนื้อหมู)	ร้อยละ 10	(ของเนื้อหมู)
ข้าวคั่วบด	ร้อยละ 5	(ของเนื้อหมู)	ร้อยละ 1	(ของเนื้อหมู)
กระเทียม	ร้อยละ 10	(ของเนื้อหมู)	ร้อยละ 20	(ของเนื้อหมู)
เกลือ	ร้อยละ 3	(ของเนื้อหมู)	ร้อยละ 1.78	(ของเนื้อหมู)
โซเดียมไนไตรท์	ร้อยละ 0.02	(ของเนื้อหมู)	ร้อยละ 0.01	(ของเนื้อหมู)
เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น	0 log cfu/g	(ของเนื้อหมู)	6 log cfu/g	(ของเนื้อหมู)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.2 การศึกษาปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่เหมาะสมในการผลิตมั่ม

การศึกษาปริมาณของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในการผลิต เป็นการศึกษาเรื่องปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์มั่ม โดยเชื้อเริ่มต้นที่จะนำมาใช้ในการศึกษาทดลองนั้น คือ เชื้อบริสุทธิ์ชนิด *Pediococcus acidilactici* ซึ่งมีอิทธิพลมากกว่าเชื้อบริสุทธิ์ชนิดอื่น ซึ่งจะนำมาศึกษาโดยจะใช้การวางแผนการทดลองแบบ Completely Random Design (CRD) ในระดับ 4 - 6 log cfu/g ส่วนเชื้อบริสุทธิ์ชนิด *Lactobacillus plantarum1, Lactobacillus plantarum2* และ *Lactobacillus cellobiosus* ที่เติมลงไปในผลิตภัณฑ์มั่มนั้น ให้ผลเป็นที่น่าพอใจในการทดลองทางประสาทสัมผัสด้าน สี รสเปรี้ยว การผลิตกรด และแรงเฉือน จึงไม่ตัดออกจากการทดลองแต่จะใช้เชื้อบริสุทธิ์กลุ่มดังกล่าวนี้ที่ระดับ 6 log cfu/g ในการทดลองซึ่งเป็นระดับเดิมที่ได้มีการทดลองใช้ในการทดลองตอนที่ 4.2.2 และในการผลิตจะใช้สูตรส่วนผสมที่ได้มาจากการทดลองตอนที่ 4.2.2 - 4.3.1 ซึ่งเป็นการหาสูตรหรือส่วนผสมของการผลิตที่เหมาะสม โดยในการทดลองนี้จะมีการกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาคือ 30 องศาเซลเซียส และทุกสิ่งทดลองจะทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

ตาราง 4.18 การศึกษาปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น (*Pediococcus acidilactici*) ที่เหมาะสมในการผลิตมั่ม โดยมีการทดลองแบบ Completely Random Design (CRD)

สิ่งทดลองที่	ปริมาณเชื้อที่ใช้ log N (cfu/g)
1	4
2	5
3	6

ทุกสิ่งทดลองทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

ผลของการทดลองที่ 4.3.2 เรื่องของการใช้เชื้อบริสุทธิ์ชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่แตกต่างกันในแต่ละสิ่งทดลอง ทำให้ผลิตภัณฑ์มั่มมีคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส เคมี และกายภาพ ได้ผลการทดลองดังตาราง โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาความแปรปรวน หรือ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.19 แสดงผลของปริมาณเชื้อบริสุทธิ์ชนิด *Pediococcus acidilactici* ต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มั่ม ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ที่ได้จากการทดลองแบบ Completely Random Design (CRD)

สิ่งทดลอง	สี	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	รสเปรี้ยว	รสเค็ม	กลิ่นเฉพาะ	ความนุ่มความแข็ง	การยอมรับรวม
1.1	0.90±0.17	0.93±0.07	0.87±0.18	0.97±0.08	0.98±0.22	1.13±0.21	0.72±0.05
1.2	0.91±0.16	0.97±0.06	0.85±0.17	0.94±0.07	0.97±0.10	1.19±0.20	0.73±0.09
1.3	0.95±0.15	0.96±0.04	0.84±0.15	0.96±0.07	0.93±0.15	1.12±0.10	0.73±0.06
X_1	**0.92±0.16^{a}**	**0.95±0.06^{b}**	**0.85±0.17^{a}**	**0.96±0.07**	**0.96±0.16^{a}**	**1.15±0.17**	**0.73±0.07^{a}**
2.1	0.94±0.16	0.93±0.09	0.88±0.13	0.96±0.11	1.03±0.12	1.03±0.11	0.74±0.09
2.2	0.95±0.15	0.92±0.07	0.90±0.10	0.97±0.06	1.02±0.07	1.16±0.15	0.73±0.06
2.3	0.95±0.13	0.88±0.14	0.91±0.15	0.98±0.06	1.02±0.15	1.17±0.18	0.74±0.08
X_2	**0.95±0.14^{ab}**	**0.91±0.10^{ab}**	**0.90±0.16^{b}**	**0.97±0.08**	**1.02±0.11^{b}**	**1.12±0.16**	**0.73±0.07^{a}**
3.1	0.97±0.17	0.86±0.14	0.97±0.08	1.08±0.19	1.02±0.12	1.07±0.06	0.77±0.07
3.2	0.95±0.13	0.87±0.11	0.94±0.07	1.05±0.17	1.04±0.10	1.12±0.12	0.76±0.09
3.3	1.01±0.15	0.87±0.14	0.96±0.07	0.97±0.08	1.05±0.14	1.29±0.28	0.76±0.06
X_3	**0.98±0.14^{b}**	**0.87±0.13^{a}**	**0.96±0.12^{c}**	**1.03±0.16**	**1.03±0.11^{b}**	**1.16±0.20**	**0.76±0.07^{b}**

หมายเหตุ: : ค่าของข้อมูลแสดงในรูป ค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันหมายถึง เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

X_1 : คือค่าสัดส่วนเฉลี่ยทั้งหมดของสิ่งทดลองที่ 1

X_2 : คือค่าสัดส่วนเฉลี่ยทั้งหมดของสิ่งทดลองที่ 2

X_3 : คือค่าสัดส่วนเฉลี่ยทั้งหมดของสิ่งทดลองที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.20 แสดงผลของปริมาณเชื้อบริสุทธิ์ชนิด *Pediococcus acidilactici* ต่อคุณภาพทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์มั่ม ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ที่ได้จากการทดลองแบบ Completely Random Design (CRD)

สิ่งทดลอง	ความเป็นกรดเป็นด่าง	ปริมาณกรดแลคติค (ร้อยละ)
1.1	5.27±0.01	0.25±0.01
1.2	5.28±0.00	0.26±0.00
1.3	5.29±0.01	0.24±0.00
X_1	**5.28±0.01^b**	**0.25±0.01^a**
2.1	5.25±0.01	0.27±0.01
2.2	5.26±0.01	0.25±0.00
2.3	5.26±0. 00	0.23±0.00
X_2	**5.26±0.01^a**	**0.25±0.02^a**
3.1	5.23±0.01	0.27±0.01
3.2	5.24±0.01	0.28±0.00
3.3	5.26±0. 00	0.28±0.01
X_3	**5.24±0.02^a**	**0.28±0.01^b**

หมายเหตุ: : ค่าของข้อมูลแสดงในรูป ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันหมายถึง เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

X_1 : คือค่าเฉลี่ยทั้งหมดของสิ่งทดลองที่ 1

X_2 : คือค่าเฉลี่ยทั้งหมดของสิ่งทดลองที่ 2

X_3 : คือค่าเฉลี่ยทั้งหมดของสิ่งทดลองที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.21 แสดงผลของปริมาณเชื้อบริสุทธิ์ชนิด *Pediococcus acidilactici* ต่อคุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์มั่ม ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ที่ได้จากการทดลองแบบ Completely Random Design (CRD)

สิ่งทดลอง	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)
1.1	59.00±0.43	10. 30±0.16	11.65±0.27	34.47±6.98
1.2	59.73±0.25	10.79±0.11	10.63±0.29	34.09±4.76
1.3	59.63±0.38	10.51±0.13	10.53±0.11	34.33±3.26
X_1	**59.45±0.46^b**	**10.53±0.24^a**	**10.94±0.55^c**	**34.30±5.02**
2.1	57.42±0.22	11.73±0.17	9.30±0.14	32.82±1.96
2.2	57.42±0.20	13.01±0.08	9.44±0.27	36.32±4.92
2.3	57.33±0.37	11.85±0.13	9.50±0.14	35.41±5.21
X_2	**57.39±0.26^a**	**11.53±0.40^b**	**9.42±0.20^b**	**34.85±4.37**
3.1	57.94±0.30	11.84±0.13	8.14±0.09	35.71±5.21
3.2	58.22±0.32	11.36±0.11	8.53±0.22	36.21±2.63
3.3	57.21±0.20	11.23±0.12	8.67±0.13	34.09±4.02
X_3	**57.79±0.51^a**	**11.48±0.29^b**	**8.45±0.27^a**	**35.34±4.02**

หมายเหตุ: : ค่าของข้อมูลแสดงในรูป ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษในคอลัมน์เดียวกันที่มีความแตกต่างกันหมายถึง เป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

X_1 : คือค่าเฉลี่ยทั้งหมดของสิ่งทดลองที่ 1

X_2 : คือค่าเฉลี่ยทั้งหมดของสิ่งทดลองที่ 2

X_3 : คือค่าเฉลี่ยทั้งหมดของสิ่งทดลองที่ 3

ตารางที่ 4.19 แสดงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มั่มเมื่อใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่ระดับต่างกัน พบว่า การใช้เชื้อที่ระดับต่างกันมีผลต่อการยอมรับทางด้านประสามสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในด้านของสี ความเป็นเนื้อเดียวกัน รสเปรี้ยวกลิ่นเฉพาะ และการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี เมื่อมีการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่ระดับ 6 log cfu/g จะทำให้มีค่าการยอมรับเข้าใกล้กับ 1.00 มากที่สุด (ค่าในอุดมคติ) คือ 0.98 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนการใช้ที่ 5 log cfu/g จะไม่มีความแตกต่างกับระดับ 4 และ 6 log cfu/g อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่ระดับ 4 log cfu/g จะทำให้ค่าการยอมรับในเรื่องการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเป็นเนื้อเดียวกัน เข้าใกล้กับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ 0.95 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนการใช้ที่ 5 log cfu/g จะไม่มีความแตกต่างกับระดับ 4 และ 6 log cfu/g อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การยอมรับด้านรสเปรี้ยวเมื่อใช้เชื้อเริ่มต้นชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่ระดับต่างกัน จะมีผลทำให้การทดสอบประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยวมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ที่ระดับ 6 log cfu/g จะทำให้ค่าทางประสาทเข้าใกล้กับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ 0.96 โดยระดับการใช้เชื้อชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่ระดับ 6 log cfu/g สอดคล้องกันกับรายงานของพันธิตรา (2546) ซึ่งรายงานว่าระดับของเชื้อ *Pediococcus cerevisiae* และ *Lactobacillus plantarum* ที่ทำให้การยอมรับด้านรสเปรี้ยวมีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุดคือ ระดับที่ปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับ 6 log cfu/g ซึ่งการยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ที่ได้เท่ากับ 0.99

ในด้านกลิ่นเฉพาะเมื่อใช้เชื้อเริ่มต้นที่ระดับ 5 log cfu/g จะทำให้ค่าทางประสาทเข้าใกล้กับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ 1.02 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ที่ระดับ 5 log cfu/g จะไม่มีความแตกต่างกับระดับ 6 log cfu/g อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งการใช้ดังกล่าวที่ระดับ 5 - 6 log cfu/g ก็น่าจะมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มั่นมีลักษณะของกลิ่นเฉพาะที่เหมาะสมได้ ซึ่งปริมาณการใช้ที่ระดับดังกล่าว

ในด้านการยอมรับรวม พบว่าเมื่อมีการใช้เชื้อเริ่มต้นที่ระดับ 6 log cfu/g จะทำให้ค่าการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส มีค่าในการยอมรับมากที่สุด คือ 0.76 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และการใช้เชื้อที่ระดับ 4 และ 5 log cfu/g จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสนี้การใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นชนิด *Pediococcus acidilactici* ในปริมาณต่างกันไม่มีผลต่อด้านรสเค็ม ความนุ่มความแข็งของผลิตภัณฑ์มั่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตาราง 4.20 แสดงคุณภาพทางด้านเคมีเมื่อใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่ระดับต่างกัน มีผลทำให้ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$) ซึ่งการใช้เชื้อที่ระดับ 6 log cfu/g สิ่งทดลองจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำที่สุด (5.24) ส่วนการใช้เชื้อที่ระดับ 5 และ 6 log cfu/g ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$) เมื่อใช้เชื้อที่ระดับ 4 log cfu/g ซึ่งมาจากปริมาณของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่ทำการเติมลงไปในผลิตภัณฑ์ โดยที่การเติมปริมาณเชื้อที่ระดับสูงลงไปในผลิตภัณฑ์สูงย่อมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการหมักได้เร็วกว่าการเติมปริมาณเชื้อที่ระดับต่ำ

สำหรับปริมาณกรดแลคติค พบว่าการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่ระดับต่างกันมีผลทำให้ปริมาณกรดแลคติค มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$) ซึ่งการใช้เชื้อที่ระดับ 6 log cfu/g สิ่งทดลองจะมีปริมาณกรดแลคติคสูงสุด (0.28) ส่วนการใช้เชื้อที่ระดับ 4 และ 5 log cfu/g ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$) เมื่อใช้เชื้อที่ระดับ 6 log cfu/g

ตาราง 4.21 แสดงคุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์มั่ม เมื่อใช้ปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่ระดับต่างกันมีผลทำให้ค่า L (ความสว่าง) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$) ซึ่งการใช้เชื้อที่ระดับ 4 log cfu/g สิ่งทดลองจะมีค่า L (ความสว่าง)สูงสุด (59.45) ส่วนการใช้เชื้อที่ระดับ 5 และ 6 log cfu/g ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$) เมื่อใช้เชื้อที่ระดับ 4 log cfu/g

ส่วนค่า a (สีแดง - สีเขียว) เมื่อใช้ปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่ระดับต่างกันมีผลทำให้ค่า a (สีแดง - สีเขียว) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$) ซึ่งการใช้เชื้อที่ระดับ 6 log cfu/g สิ่งทดลองจะมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่า a (สีแดง - สีเขียว) เท่ากับ 11.48 ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้เชื้อดังกล่าวที่ระดับ 5 log cfu/g อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งได้ค่าสี a เท่ากับ 11.53 แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$) เมื่อใช้เชื้อที่ระดับ 4 log cfu/g ซึ่งมีค่า a (สีแดง - สีเขียว) ต่ำสุด

ส่วนค่า b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) เมื่อใช้ปริมาณเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่ระดับต่างกันมีผลทำให้ค่า b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$) ซึ่งการใช้เชื้อที่ระดับ 6 log cfu/g สิ่งทดลองจะมีค่า b (สีเหลือง - สีน้ำเงิน) น้อยสุด(8.45)

สำหรับค่าแรงเฉือนในแต่ละสิ่งทดลองของผลิตภัณฑ์ พบว่า ปริมาณการใช้เชื้อเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่ระดับต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าแรงเฉือนที่วัดได้ของผลิตภัณฑ์มั่มในการทดลองนี้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 34.30 – 35.34 นิวตัน

เมื่อพิจารณาผลการทดลองพบว่าปริมาณของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นชนิด *Pediococcus acidilactici* ที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์มั่มคือ ที่ระดับ 6 log cfu/g เนื่องจากผลในด้านการยอมรับทางด้านสี รสเปรี้ยว กลิ่นเฉพาะ และการยอมรับรวมให้ค่าเข้าใกล้กับค่าในอุดมคติมากที่สุด รวมทั้งให้ผลทางด้านคุณภาพทางเคมี และกายภาพที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์มั่มโดยเฉพาะทางด้านความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณกรดแลคติค ลักษณะสีที่ปรากฏและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับ Coretti (1978) ที่รายงานว่าการใช้เชื้อจุลินทรีย์บริสุทธิ์เริ่มต้น *Pediococcus cerevisiae, Lactobacillus* spp และ *Micrococcus lactic* จะให้ผลดีหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของเชื้อที่ใช้ โดยที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมของเชื้อที่ใช้ในการทดลองคือ 4 -5 log cfu/g ส่วนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมนั้นควรใช้ที่ระดับความเข้มข้น 6-7 log cfu/g จึงจะให้ผลดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 การศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมของมั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาผลของระยะเวลาในการหมัก ต่อกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มั่มโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ซึ่งจะกำหนดระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักคือ 30 องศาเซลเซียส แล้วทำการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการหมักผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยการใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สูตรที่ได้รับการพัฒนา

จากการทดลองตอนที่ 4.2.2 - 4.3.2 ซึ่งเป็นการหาอัตราส่วนผสมต่างๆที่เหมาะสม จะได้สูตรการผลิตมั่มที่เหมาะสมดังต่อไปนี้

1. เนื้อหมูบดละเอียด	1000	กรัม
2. ตับหมูลวกบดละเอียด	200	กรัม
3. กระเทียม	200	กรัม
4. ข้าวเหนียว	100	กรัม
5. ข้าวคั่วบด	10	กรัม
6. เกลือ	17.8	กรัม
7. โซเดียมไนไตรท์	0.100	กรัม (100 ppm)
8. เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น 4 สายพันธุ์ๆละ	6	log cfu/g

ตาราง 4.22 การศึกษาระยะเวลาในการหมักผลิตภัณฑ์มั่ม โดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น โดยมีการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

สิ่งทดลองที่	เวลาที่ใช้ในการหมัก (ชั่วโมง)
1	24
2	48
3	72

โดยทุกสิ่งทดลองจะทำจำนวน 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส เคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์ จะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการหาความแปรปรวนหรือ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)

จากผลการทดลองที่ได้แสดงไว้ในตาราง 4.23, 4.24 และ 4.25 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลของเวลาที่ใช้ในการหมักในแต่ละสิ่งทดลอง ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นมีคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส เคมีและกายภาพมีค่าดังต่อไปนี้

ตาราง 4.23 แสดงผลของเวลาที่ใช้ในการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มั่ม โดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

ระยะเวลาการหมัก (ชั่วโมง)	สี	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	รสเปรี้ยว	รสเค็ม
24	0.89 ± 0.04^{a}	0.93 ± 0.03	0.86 ± 0.02^{a}	0.94 ± 0.03
48	0.91 ± 0.04^{a}	0.96 ± 0.02	0.97 ± 0.02^{b}	0.99 ± 0.03
72	1.01 ± 0.02^{b}	0.93 ± 0.03	1.07 ± 0.04^{c}	1.02 ± 0.02

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แสดงบนข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่แตกต่างกัน หมายถึงเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 4.23(ต่อ) แสดงผลของเวลาที่ใช้ในการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มั่มโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

ระยะเวลาการหมัก (ชั่วโมง)	กลิ่นเฉพาะ	ความนุ่ม ความแข็ง	การยอมรับรวม
24	0.94 ± 0.04	1.02 ± 0.01^{a}	0.73 ± 0.02^{a}
48	0.98 ± 0.03	1.06 ± 0.04^{a}	0.76 ± 0.01^{ab}
72	0.96 ± 0.03	1.19 ± 0.08^{b}	0.69 ± 0.02^{ac}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าสัดส่วนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แสดงบนข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่แตกต่างกัน หมายถึงเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.24 แสดงผลของเวลาที่ใช้ในการหมักต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์มั่มโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

ระยะเวลาการหมัก (ชั่วโมง)	ความเป็นกรดเป็นด่าง	ปริมาณกรดแลคติค (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำ (ร้อยละ)
24	5.22 ± 0.06^{a}	$0.20 \pm 0.0\,1^{a}$	63.48 ± 1.70^{a}
48	4.97 ± 0.02^{b}	0.25 ± 0.01^{b}	59.42 ± 1.64^{b}
72	4.81 ± 0.01^{c}	0.28 ± 0.01^{c}	53.18 ± 2.10^{c}

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แสดงบนข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่แตกต่างกัน หมายถึงเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 4.25 แสดงผลของเวลาที่ใช้ในการหมักต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มั่มโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

ระยะเวลาการหมัก (ชั่วโมง)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)
24	55.89 ± 0.81	10.18 ± 0.48^{a}	9.28 ± 0.72	30.84 ± 0.64
48	55.87 ± 0.40	10.22 ± 0.19^{ab}	8.83 ± 0.16	31.84 ± 1.52
72	54.97 ± 0.75	11.18 ± 0.30^{c}	8.77 ± 0.27	32.64 ± 0.48

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แสดงบนข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่แตกต่างกัน หมายถึงเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เทคนิคเค้าโครงสัดส่วนเป็นการทดสอบดูเค้าโครงลักษณะผลิตภัณฑ์ ด้วยค่าสัดส่วน เป็นวิธีที่ใช้วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนาทางประสาทสัมผัส โดยจะให้ผู้ทดสอบชิมประเมินค่าตัวอย่างของผลิตภัณฑ์โดยใช้สเกลเพื่อให้แสดงค่ามากหรือน้อยของลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ค่าคะแนนที่ผู้ทดสอบชิมให้กับลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์จะถูกหารด้วยค่าคะแนนที่ถูกกำหนดว่าดีเลิศหรือค่าในอุดมคติ (Ideal) ค่าเฉลี่ยที่ได้สามารถนำมาเปรียบเทียบโดยตรงกับเค้าโครงลักษณะที่ต้องการซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.00 ซึ่งการทดสอบทางด้านเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ หรือการใช้สเกลในการทดสอบ จะสามารถอธิบายคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของ

ผลิตภัณฑ์ในแง่การเปรียบเทียบเชิงปริมาณของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พยายามพัฒนาให้เป็นที่ยอมรับมากที่สุด (ไพโรจน์, 2545)

ตาราง 4.23 แสดงผลของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ที่ใช้ระยะเวลาในการหมักต่างกันคือ 24, 48 และ 72 ชั่วโมงพบว่าเวลาในการหมักที่ต่างกันจะมีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกันในด้านของ สี รสเปรี้ยว เนื้อสัมผัส(ความนุ่มความแข็ง) และการยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าการหมักโดยใช้เวลา 72 ชั่วโมงจะทำให้มีค่าสีของผลิตภัณฑ์มั่มเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากที่สุดคือ 1.01 ± 0.02 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนการใช้เวลาในการหมักที่ 24 และ 48 ชั่วโมงซึ่งมีค่าเป็น 0.89 ± 0.04 และ 0.91 ± 0.04 จะไม่มีความแตกต่างซึ่งกันและกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ด้านรสเปรี้ยว พบว่าเมื่อทำการหมักผลิตภัณฑ์นานขึ้นจะทำให้รสเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้น โดยที่เวลา 48 ชั่วโมงจะทำให้ค่ารสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มั่มเข้าใกล้กับค่าในอุดมคติมากที่สุดคือ 0.97 ± 0.02 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบคุณลักษณะทางด้านรสเปรี้ยว พบว่ามีความสัมพันธ์กับความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณกรดแลคติค โดยมีค่า $r = -0.934$ ($p \leq 0.001$) และ 0.912 ($p \leq 0.001$) ตามลำดับ

ด้านเนื้อสัมผัส(ความนุ่มความแข็ง) ของผลิตภัณฑ์ พบว่าการหมักที่เวลา 24 ชั่วโมงจะมีค่าทางประสาทสัมผัสเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ 1.02 ± 0.01 และการหมักที่ 48 ชั่วโมง มีค่าการยอมรับเป็น 1.06 ± 0.04 โดยระยะเวลาในการหมักทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และจากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (ความนุ่มความแข็ง) ของผลิตภัณฑ์กับค่า ปริมาณน้ำ และแรงเฉือนในผลิตภัณฑ์ พบว่ามีความสัมพันธ์ $r = -0.855$ ($p \leq 0.003$) และ0.778 ($p \leq 0.014$) ตามลำดับ

ส่วนด้านการยอมรับรวม พบว่าที่ระยะเวลาการหมัก 24 และ48 ชั่วโมงจะทำให้ค่าการยอมรับรวมมีค่าคือ 0.73 ± 0.02 และ 0.76 ± 0.01 ตามลำดับโดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตามในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเป็นเนื้อเดียวกัน รสเค็ม และกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์ พบว่าที่ระยะเวลาในการหมักต่างกันไม่มีผลต่อการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการทดลองดังตาราง 4.24 ในการทดสอบทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น พบว่าเมื่อใช้ระยะเวลาในการหมักต่างกันคือ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง จะทำให้ ความเป็นกรดเป็นด่างลดลง และปริมาณกรดแลคติคเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กล่าวคือ เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นแบคทีเรียแลคติคที่เจริญในผลิตภัณฑ์จะผลิตกรดออกมาส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง และจะมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบแลคติคเพิ่มขึ้น และความสัมพันธ์ของความเป็นกรดเป็นด่างกับปริมาณกรดแลคติค มีค่าความสัมพันธ์ $r = -0.979$ ($p\leq0.001$)

สำหรับค่าปริมาณน้ำของผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้เวลาในการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่าค่าปริมาณน้ำที่วัดได้มีค่าเป็น ร้อยละ 63.48 ± 1.70, 59.42 ± 1.64 และ 53.18 ± 2.10ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์จะสูญเสียปริมาณน้ำออกไปมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มมากขึ้น

ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 4.25 การทดสอบด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์มั่ม เมื่อระยะเวลาในการหมักต่างกัน พบว่า ระยะเวลาไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านค่าสี L (ความสว่าง) และค่าสี b (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าสี L ที่วัดได้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 54.97 – 55.89 และค่าสี b ที่วัดได้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 8.77 – 9.28

ส่วนการทดสอบในด้านการวัดค่าสี a (สีแดง-เขียว)ของผลิตภัณฑ์พบว่าระยะเวลาในการหมักมีผลทำให้ค่าสี a ในผลิตภัณฑ์ที่ทำการวัดในแต่ละระยะเวลา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ใช้การหมักเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง (เวลานานที่สุดในการทดลอง) จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a สูงที่สุด โดยค่า a ของผลิตภัณฑ์ที่หมักเป็นเวลา 24 และ48 ชั่วโมงพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะแตกต่างกันกับการหมักที่ 72 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับค่าแรงเฉือน พบว่าระยะเวลาในการหมักไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าแรงเฉือนมีค่าอยู่ในระหว่าง 30.84 – 32.64 นิวตัน

ดังนั้นในการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า ระยะเวลาการหมักที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตมั่มโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นคือที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง โดยในการทดลองนี้ให้ความสำคัญที่การทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งพบว่าที่ระยะเวลา ดังกล่าวจะให้ค่าการทดสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆเข้าใกล้ค่าในอุดมคติ (Ideal) มากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์สุดท้าย

จากการทดลองตอนที่ 4.3 – 4.4 สามารถสรุปปริมาณของส่วนผสมและกระบวนการในการผลิตมั่ม โดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นได้ดังนี้

1.	เนื้อหมูบดละเอียด	1000	กรัม
2.	ตับหมูลวกบดละเอียด	200	กรัม
3.	กระเทียม	200	กรัม
4.	ข้าวเหนียว	100	กรัม
5.	ข้าวคั่วบด	10	กรัม
6.	เกลือ	17.8	กรัม
7.	โซเดียมไนไตรท์	0.100	กรัม (100 ppm)
8.	เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น 4 สายพันธุ์ๆละ	6	log cfu/g

นำส่วนผสมทั้งหมดมาอัดลงในไส้คอลลาเจนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 มิลลิเมตร มัดไส้ให้มีขนาดความยาวประมาณ 15 เซนติเมตร จากนั้นนำไปหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทำการทดสอบทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ซึ่งผลที่ได้แสดงในตารางต่อไปนี้

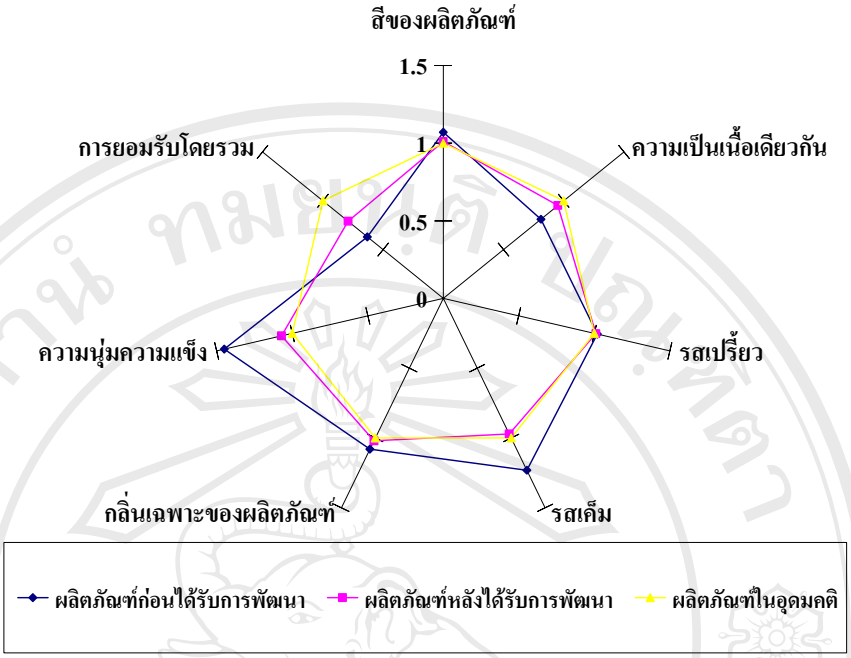
ตาราง 4.26 คุณภาพประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

ค่าวิเคราะห์	ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของ Ideal ratio scores
สีของผลิตภัณฑ์	1.01±0.13
ความเป็นเนื้อเดียวกัน	0.95±0.10
รสเปรี้ยว	1.01±0.10
รสเค็ม	0.97±0.08
กลิ่นเฉพาะ	1.02±0.08
ความนุ่มความแข็ง	1.07±0.11*
การยอมรับโดยรวม	0.81±0.06*

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในรูปค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* หมายถึงเป็นค่าที่มีความแตกต่างกับค่าในอุดมคติ (1.00) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.22 เค้าโครงผลิตภัณฑ์มั่มที่ได้รับการพัฒนาแล้วเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติและผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะได้รับการพัฒนา

ตาราง 4.27 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

ค่าวิเคราะห์	ปริมาณที่วิเคราะห์ได้
โปรตีน (ร้อยละ)	25.46±0.43
ไขมัน (ร้อยละ)	8.91±1.20
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	2.93±0.44
ปริมาณน้ำ (ร้อยละ)	59.51±1.00
น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	0.45±0.01
เถ้า (ร้อยละ)	2.62±0.03
เส้นใย (ร้อยละ)	0.57±0.11
ความเป็นกรดเป็นด่าง	4.79±0.01
ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติค (ร้อยละ)	0.16±0.01
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w)	0.835±0.021

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.28 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

ค่าวิเคราะห์	ปริมาณที่วิเคราะห์ได้
ค่าสี L	36.33±0.41
ค่าสี a	10.35±0.12
ค่าสี b	6.75±0.79
ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)	24.06±2.26

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 4.29 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

ค่าวิเคราะห์	ปริมาณที่วิเคราะห์ได้
แลคติคแอซิดแบคทีเรีย	9.21 log cfu/g
ราและยีสต์	ต่ำกว่า 10 cfu/g
Enterobactereaceae	ตรวจไม่พบ

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มั่ม ที่ผลิตโดยกระบวนการผลิตที่ได้จากการทดลองที่เหมาะสมแล้วนำมาสร้างกราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ดังภาพ 4.22 พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ซึ่งประกอบด้วยลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ ความเป็นเนื้อเดียวกัน รสเปรี้ยว รสเค็ม กลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์ ความนุ่มความแข็ง มีค่าใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติ หรือ 1.00 และจากการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนเฉลี่ยกับค่าในอุดมคติของผลิตภัณฑ์ในทุกลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าทุกลักษณะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นลักษณะทางด้านความนุ่มความแข็งของผลิตภัณฑ์ และด้านการยอมรับรวมที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับค่าในอุดมคติ ซึ่งลักษณะทางด้านความนุ่มความแข็งที่มีค่ามากกว่าลักษณะของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ สามารถบอกได้ว่าลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบนั้น มีลักษณะแข็งมากกว่าลักษณะของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ หรือที่ผู้บริโภคต้องการ ส่วนค่าทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีค่าต่ำกว่าลักษณะของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) สาเหตุอาจเนื่องมาจากลักษณะความนุ่มความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่มีมากกว่าค่าในอุดมคติ ทำให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนค่าการยอมรับโดยรวมลดลงได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ พบว่าผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น มีคุณภาพที่ดี พบเชื้อราในปริมาณที่ไม่เกิน 10 cfu/g และไม่พบเชื้อ Enterobactereaceae ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นนั้นมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

4.6 การศึกษา Sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

การศึกษา Sorption isotherm เป็นการทดลองเพื่อทำการศึกษาเรื่องของปริมาณน้ำอิสระในอาหารของผลิตภัณฑ์มั่ม เนื่องจากน้ำที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญภายในเซลล์ ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายของสารต่างๆ ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี และกายภาพ รวมทั้งส่งผลให้อาหารเกิดการเน่าเสียได้ ดังนั้นการทดลองนี้เป็นการทำการทดลองเพื่อที่จะสามารถทำให้ทราบถึงลักษณะของน้ำในผลิตภัณฑ์มั่ม และการออกแบบสภาวะการเก็บที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ ว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตตามสูตรและกระบวนการที่ได้ตามวิธีการทดลองนั้นมีลักษณะเป็นอย่างไร

ผลการทดลองในขั้นตอนการศึกษาปริมาณน้ำ การศึกษาปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่า Sorption isotherm ในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น พบว่า ค่าที่ทำการศึกษามีผลดังแสดงในตารางดังต่อไปนี้

ตาราง 4.30 แสดงผลของความแตกต่างของปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์มั่มเมื่อเวลาหมักต่างกัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลาในการหมัก (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ)
0	67.81 ± 0.58^{a}
24	64.01 ± 0.14^{b}
48	57.02 ± 0.81^{c}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แสดงบนข้อมูลในสดมภ์เดียวกันที่แตกต่างกัน หมายถึงเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.31 แสดงผลของความแตกต่างของปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในผลิตภัณฑ์มั่มเมื่อเวลาหมักต่างกัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เวลาในการหมัก (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำอิสระ(a_w)
0	0.881 $\pm$ 0.052
24	0.876 $\pm$ 0.053
48	0.865 $\pm$ 0.056

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 4.32 Equilibrium Moisture Content (EMC) ของผลิตภัณฑ์มั่มในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกัน

สารละลายเกลืออิ่มตัว	Tw	Tsw	DM	Ew	Ew-Tsw	EMC
Lithium chloride	5.7486	7.0109	0.5425	6.3028	-0.7081	0.0216
Potassium acetate	5.5450	7.4552	0.8210	6.3850	-1.0702	0.0231
Magnesium chloride	5.9422	7.8864	0.8356	6.8150	-1.0714	0.0445
Potassium carbonate	5.8635	7.952	0.89765	6.8098	-1.1422	0.0542
Magnesium nitrate	5.6070	7.5028	0.8147	6.5587	-0.9441	0.1680
Potassium iodide	5.9536	7.9677	0.8657	7.0519	-0.9159	0.2686
Sodium chloride	5.8192	7.7230	0.8182	6.9698	-0.7532	0.4059
Potassium chloride	5.6558	7.8309	0.9349	7.3163	-0.5146	0.7762
Potassium sulfate	5.5442	6.8712	0.5674	6.6705	-0.2007	0.9798

โดยค่า

Tw =Tare weight หาได้จากการชั่งน้ำหนักกระดาษกรองที่มีความชื้นสมดุลกับระบบในภาชนะ (กรัม)

Tsw =Tare sample weight หาได้จากการชั่งน้ำหนักกระดาษกรองรวมกับน้ำหนัก ตัวอย่างครั้งแรก (กรัม)

DM =Dry Matter ของตัวอย่างหาได้จากการนำตัวอย่างไปหาร้อยละของน้ำหนักของของแข็งแล้วนำมาคำนวณด้วยสูตรดังนี้

DM ของตัวอย่าง = (Tsw-Tw) * (ปริมาณของแข็งของตัวอย่างมั่มเริ่มต้น)

DM ของตัวอย่าง = (Tsw-Tw) * (1-ปริมาณน้ำ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Ew =Equilibrium weight หาได้จากการชั่งน้ำหนักกระดาษกรองรวมกับน้ำหนักตัวอย่างภายหลัง 72 ชั่วโมง (สภาวะสมดุล) ; (กรัม)

EMC =Equilibrium Moisture Content (กรัมของน้ำ / กรัมของของแข็ง) หาได้จาก

EMC = (Original water + Moisture gain) / DM ของตัวอย่าง

เมื่อ Moisture gain = (Ew – Tsw) ; (กรัม)

Original water = (Tsw - Tw) * Moisture content ; (กรัม)

ตัวอย่างการคำนวณ

DM ตัวอย่าง = (7.0109 – 5.7486) * 0.4298; DM ตัวอย่าง = 0.5425

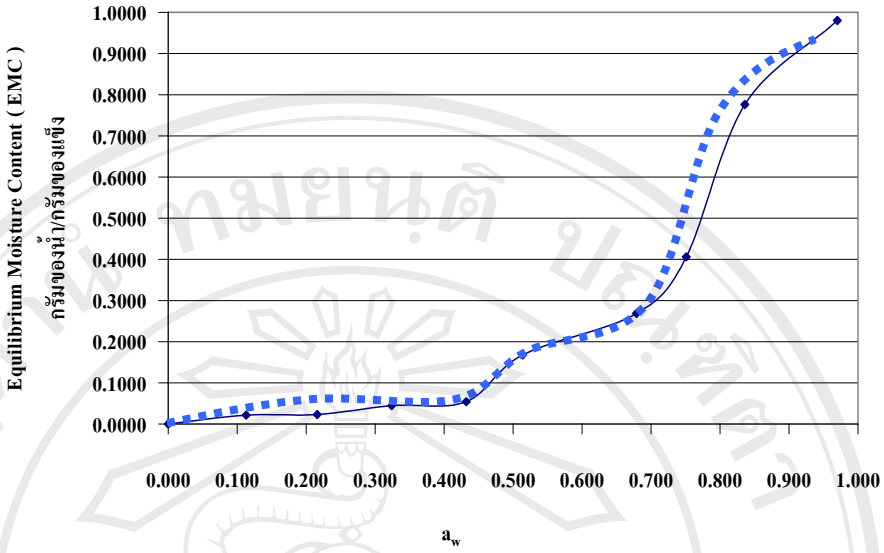
Original water = (7.0109 – 5.7486) * 0.5702; Original water= 0.7198

EMC = [0.7198+(-0.7081)] / 0.5425; EMC = 0.0216

ตาราง 4.33 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของค่า Equilibrium Moisture Content (EMC) ของผลิตภัณฑ์มั่มต่อสารละลายเกลืออิ่มตัวที่ระดับ a_w ต่างกัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

สารเคมี	ค่า a_w	Equilibrium Moisture Content (EMC) กรัมของน้ำ/กรัมของแข็ง
Lithiuim chloride	0.113	0.0216
Potassium acetate	0.216	0.0231
Magnesium chloride	0.324	0.0445
Potassium carbonate	0.432	0.0542
Magnesium nitrate	0.514	0.1680
Potassium iodide	0.679	0.2686
Sodium chloride	0.751	0.4059
Potassium chloride	0.836	0.7762
Potassium sulfate	0.970	0.9798

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.23 Sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

ผลการทดลองในตาราง 4.30 แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นคือ 0, 24 และ 48 ชั่วโมงจะทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงลดลง โดยมีค่าดังต่อไปนี้ 67.81$\pm$0.58, 64.01$\pm$0.14 และ 57.02$\pm$0.81 ตามลำดับ โดยปริมาณน้ำที่ลดลงในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) และความสัมพันธ์ของเวลาในการหมักกับปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์โดยมีค่า $r = -0.936$ ($p\leq 0.001$)

ส่วนค่าของปริมาณน้ำอิสระ (a_w)ในผลิตภัณฑ์มั่ม ดังตาราง 4.31 พบว่าที่ระยะเวลาในการหมักต่างกัน ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำอิสระ (a_w)ที่แตกต่างกันในผลิตภัณฑ์มั่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq 0.05$) โดยช่วงปริมาณน้ำอิสระ (a_w)ของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นนั้นนับตั้งแต่ชั่วโมงเริ่มต้น (0 ชั่วโมง)จนสิ้นสุดเวลาในการหมักที่ดีที่สุด (48 ชั่วโมง)จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.865-0.881

ผลการทดลองในการหาค่า Sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นหลังจากการหมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมงพบว่า ถ้ามีการเก็บผลิตภัณฑ์มั่มที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำๆ (ที่ค่า a_w ต่ำ) ก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์มั่มซึ่งมีปริมาณน้ำสูงกว่าถูกสิ่งแวดล้อมดูดความชื้นออกไปทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำลดลง แต่ถ้าหากนำผลิตภัณฑ์ไปเก็บที่ความชื้นสูงๆ (ที่ค่า a_w สูง) ก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์มั่มดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ก่อให้เกิดปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์สูงขึ้นได้ (ดังภาพ 4.23 และตาราง 4.33)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยการใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นมีความสามารถในการดูดความชื้นจากอากาศได้ดี ดังนั้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีการดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ตัวผลิตภัณฑ์เอง ทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้พบว่ากราฟความสัมพันธ์ที่ได้มีความชันค่อนข้างมากในช่วงของที่มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w) สูง โดยมีรูปแบบของกราฟที่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงแรกซึ่งมีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w) อยู่ในช่วง 0.1-0.6 และเส้นกราฟจะชันขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงปลายซึ่งมีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w)อยู่ในช่วง 0.7-0.9 โดยรูปแบบดังกล่าวจะบ่งบอกลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้ว่าเป็นพวกมีปริมาณน้ำตาลและเกลือสูง (นิธิยา, 2545)

จากการทดลองนี้ทำให้ได้แนวคิดในการศึกษาวิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นได้ว่าที่ฤดูกาลต่างๆเช่นฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน ที่มีความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกันออกไป น่าจะมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มั่ม โดยเฉพาะด้านปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส รวมทั้งทางด้านจุลินทรีย์ซึ่งจะใช้แนวทางนี้ไปใช้ในการวางแผนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในการทดลองครั้งต่อไป

4.7: การศึกษาการใช้สารเคมีและสภาวะการเก็บเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 7.1 ศึกษาปริมาณและวิธีการใช้สารเคมียืดอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

การนำสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทมาใช้ในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น จำเป็นที่จะต้องทราบความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและเวลาในการใช้แช่ที่เหมาะสม เพื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารละลายนี้มาหาปริมาณของกรดซอร์บิคที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดตามพระราชบัญญัติอาหาร พศ. 2522 โดยในการทดลองนี้จะนำผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่ได้จากการทดลองตอนที่ 4 มาใช้ในการศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาเพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทและเวลาในการแช่ผลิตภัณฑ์ในสารละลายที่เหมาะสม โดยทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ทุกสิ่งทดลองโดยการนำมาหาปริมาณกรดซอร์บิคที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงในตาราง 4.34

ตาราง 4.34 ปริมาณกรดซอร์บิคที่วิเคราะห์ได้จากทุกสิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท (ร้อยละ)	เวลาที่ใช้ในการแช่ (นาที)	ปริมาณกรดซอร์บิคที่เหลือ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
1	3.17	1.15	420.30±2.65
2	8.83	1.15	913.17±0.58
3	3.17	1.85	484.50±0.47
4	8.83	1.85	1,163.51±0.48
5	2.00	1.50	297.94±2.18
6	10.00	1.50	965.98±2.37
7	6.00	1.00	705.63±1.26
8	6.00	2.00	892.18±2.18
9	6.00	1.50	705.35±0.82
10	6.00	1.50	709.19±2.51
11	6.00	1.50	820.30±2.89

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของสารละลายและเวลาที่ใช้ในการแช่ที่มีความเหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น โดยการหาสมการถดถอย (Stepwise multiple regression) จะได้สมการออกมาดังนี้คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สมการถดถอยที่ยังไม่ได้ถอดรหัส

ปริมาณกรดซอร์บิค = 734.368 + 264.601*X + 72.301*Y $R^2 = 0.918$

หมายเหตุ : X คือ ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท(ร้อยละ)

Y คือ เวลาที่ใช้ในการแช่(นาที)

เมื่อทำการถอดรหัสของสมการที่ได้จะได้สมการใหม่ดังนี้

สมการถดถอยที่ถอดรหัสแล้ว

ปริมาณกรดซอร์บิค = 120.5635 + 66.15025*X + 144.602*Y $R^2 = 0.918$

หมายเหตุ : X คือ ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท(ร้อยละ)

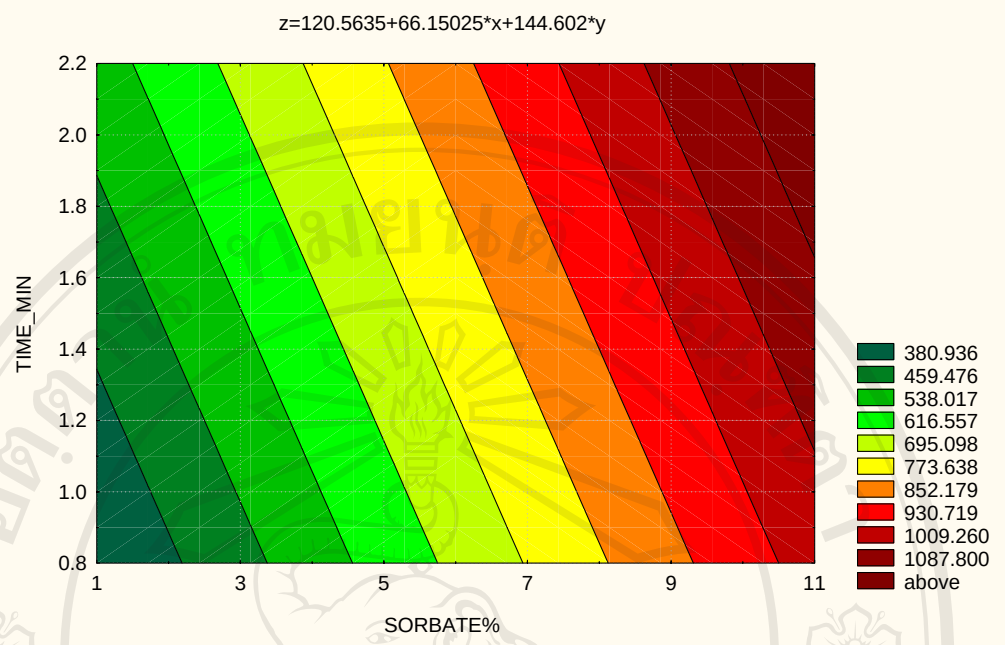
Y คือ เวลาที่ใช้ในการแช่(นาที)

จากสมการที่ได้พบว่า ปริมาณของกรดซอร์บิคที่พบในผลิตภัณฑ์นั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทที่ใช้ และเวลาที่ใช้ในการแช่สารละลายด้วย

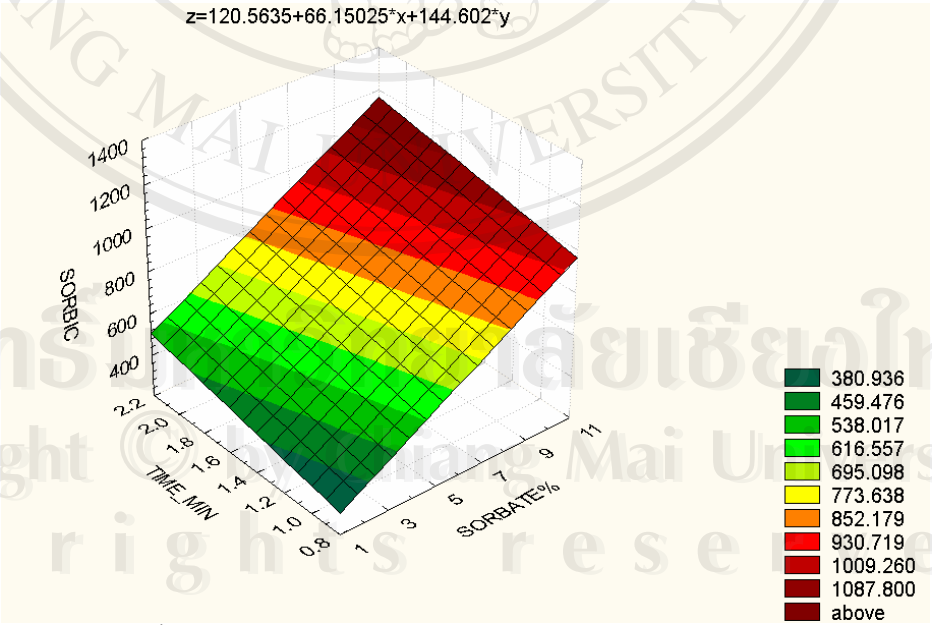
ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 ซึ่งมีการอนุญาตให้ใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในอาหารได้ในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (พระราชบัญญัติอาหาร, 2522) และจากการทดลองสามารถหาปริมาณการใช้โปแตสเซียมซอร์เบทร่วมกับเวลาที่ใช้ในการแช่สารละลายได้โดยดูได้จากภาพ 4.24 และภาพ 4.25 ร่วมกับตาราง 4.34 โดยพิจารณาได้ว่าการแช่ผลิตภัณฑ์มั่ม ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นลงไปในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทที่ระดับร้อยละ 10 เป็นเวลานาน 1.5 นาทีจะทำให้มีปริมาณของกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์มีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐานสูงสุดที่กฎหมายกำหนดไว้ให้ใช้ได้คือที่ระดับ 965.98 $\pm$ 2.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงสามารถกำหนดปริมาณความเข้มข้นของโปแตสเซียมซอร์เบท (ร้อยละ) ร่วมกับเวลาที่ใช้ในการแช่ได้ดังนี้คือ โปแตสเซียมซอร์เบทร้อยละ 10 แช่นาน 1.50 นาที ซึ่งจะเป็นสภาวะที่ใช้กับสิ่งทดลองหรือผลิตภัณฑ์มั่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.24 แสดงพื้นที่ตอบสนองของปริมาณกรดซอร์บิค (ppm)เมื่อใช้ปริมาณโปแตสเซียมซอร์เบท (ร้อยละ) และเวลา (นาที)ที่ใช้ในการแช่แตกต่างกัน



ภาพ 4.25 แสดงพื้นที่ตอบสนองแบบ 3 มิติของปริมาณกรดซอร์บิค (ppm)เมื่อใช้ปริมาณโปแตสเซียมซอร์เบท (ร้อยละ) และเวลา (นาที)ที่ใช้ในการแช่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนที่ 7.2 ศึกษาผลของสภาวะและวิธีการบรรจุต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

นำการทดลองในตอนที่ 2.2 ถึงตอนที่ 4.4 มาทำการศึกษาวิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น โดยให้สิ่งทดลองดังตาราง 3.7

จากนั้นทำการจำลองสภาวะอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ ประมาณร้อยละ 51 (ฤดูร้อน) ประมาณร้อยละ 73 (ฤดูหนาว) และประมาณร้อยละ 84 (ฤดูฝน)(กรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเชียงใหม่, 2548) โดยมีการเก็บรักษาสิ่งทดลองซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์ต่างกันที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วทำการสุ่มวิเคราะห์คุณภาพของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทุก 1 สัปดาห์ จะได้ผลการทดลองทางด้านจุลินทรีย์ เคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสตามลำดับดังนี้

การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในระหว่างการเก็บรักษา

ตาราง 4.35 แสดงถึงสัดส่วนของเชื้อราที่พบในกลุ่มตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ โดยจะรายงานเป็นร้อยละของถุงบรรจุของผลิตภัณฑ์ที่พบเชื้อรา เทียบกับจำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่มีทั้งหมด โดยสังเกตได้ว่า ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะเสื่อมเสียเร็วกว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ส่วนผลิตภัณฑ์ที่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท จะมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานมากกว่า 5 สัปดาห์ โดยที่ไม่พบเชื้อราในสภาวะการเก็บต่างๆกัน หรืออาจกล่าวได้ว่า พบเชื้อราในปริมาณที่ < 10 cfu/g ในทุกสภาวะการเก็บรักษา

ตาราง 4.36 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเชื้อราที่พบในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ในระหว่างการเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ที่สภาวะแบบป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น และชนิดที่เก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 84 ในสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะเสื่อมเสียจากเชื้อราก่อน โดยที่ปริมาณของเชื้อรามีมากจนสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ส่วนการเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73 และ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 แบบที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ซอร์เบทจะเสื่อมเสียจากเชื้อราที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยจะมีเชื้อราที่มีลักษณะเดียวกันกับที่ขึ้นในสองสภาวะข้างต้นเจริญบนมั่มเป็นจำนวนมาก (ลักษณะไฮฟาเป็นสีขาว) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ ปรีชา (2531) ที่รายงานว่าการเจริญของเชื้อราบนผิวของมั่มมีสาเหตุเนื่องมาจากความชื้นของมั่ม ลดลงอย่างไม่มีความสม่ำเสมอกันทำให้บริเวณผิวของมั่มแห้งและแข็ง ส่งผลให้อัตราการซึมผ่านของน้ำจากภายในออกมาที่บริเวณผิวเป็นไปได้ยาก และการที่ช่วงแรกของการเก็บรักษาไม่มีการเจริญเติบโตของเชื้อรานั้นเพราะความชื้นที่ผิวของมั่ม ซึ่งไม่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของเชื้อรา แต่เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้น ความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์มั่ม จะค่อยๆ แทรกผ่านออกมาเพื่อรักษาสมดุลของมั่ม ดังนั้นความชื้นที่ผิวจึงเพิ่มสูงขึ้นกว่าช่วงแรกซึ่งเหมาะแก่การเจริญเติบโตของเชื้อรา

ส่วนการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทของทุกสภาวะ พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ที่เวลามากกว่า 5 สัปดาห์ โดยสามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นได้ว่าสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทมีคุณสมบัติในการชะลอ หรือยับยั้งการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์จากเชื้อราได้ (Banwart, 1989; Davidson and Branen, 1993) ซึ่งจากการทดลองให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยในเรื่องการใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากเชื้อราให้นานขึ้น โดย ธารา (2540) รายงานว่าการใช้สารโปแตสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้นร้อยละ 2 และร้อยละ 3 ในพลับ 2 สายพันธุ์ ร่วมกับการบรรจุในสภาวะแบบสุญญากาศ โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะทำให้ลูกพลับกึ่งแห้งเก็บรักษาได้นานถึง 16 สัปดาห์ เช่นเดียวกันกับ ภัทวรา (2543) ได้ศึกษาการยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ปลาหมักกึ่งแห้ง พบว่าการใช้โปแตสเซียมซอร์เบท ร้อยละ 0.092 ร่วมกับการบรรจุหีบห่อแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะเป็นวิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ดีที่สุด ซึ่งทำให้ปริมาณของเชื้อยีสต์และเชื้อรามีแนวโน้มที่ลดลง ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณโปแตสเซียมซอร์เบท ร่วมกับการปรับสภาวะบรรยากาศจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาหมักกึ่งแห้งดียิ่งขึ้นนอกจากนี้ยังให้ผลสอดคล้องกับ พันธิตรา (2546) ซึ่งรายงานว่าการแช่ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวลงในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ร้อยละ 3.5 นาน 1 นาที ร่วมกับการบรรจุแบบปิดผนึกสุญญากาศ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ปลอดจากเชื้อราได้เป็นเวลานานกว่า 16 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.35 แสดงการเปลี่ยนแปลงของการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากเชื้อราในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ปริมาณหน่วยของตัวอย่างที่พบเชื้อรา (ร้อยละ)					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	0	20	60	100	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0	30	80	100	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0	0	0	100	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0	0	0	100	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	0	0	0	0	0	0
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0	0	0	0	0	0
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0	0	0	0	0	0
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ: ตัวเลขที่รายงานในตารางคือร้อยละของจำนวนถุงตัวอย่างที่เชื้อราเจริญและสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.36 แสดงการเปลี่ยนแปลงของการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากเชื้อราในผลิตภัณฑ์มั่นที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ปริมาณเชื้อรา (cfu/g)					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	<10	>1000(ถุงที่มีรา) <10(ถุงที่ไม่มีรา)	>1000(ถุงที่มีรา) <10(ถุงที่ไม่มีรา)	>1000	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	<10	>1000(ถุงที่มีรา) <10(ถุงที่ไม่มีรา)	>1000(ถุงที่มีรา) <10(ถุงที่ไม่มีรา)	>1000	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	<10	<10	<10	>1000	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	<10	<10	<10	>1000	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	<10	<10	<10	<10	<10	<10
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	<10	<10	<10	<10	<10	<10
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	<10	<10	<10	<10	<10	<10
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	<10	<10	<10	<10	<10	<10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในระหว่างการเก็บรักษา

ตาราง 4.37 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์มั่ม ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสิ่งทดลองเดียวกันเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น (ทุกสัปดาห์) ปริมาณของกรดซอร์บิคที่วัดได้ในผลิตภัณฑ์ของแต่ละสิ่งทดลอง โดยเฉลี่ยจะมีค่าลดลงและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นสิ่งทดลองที่บรรจุในถุงที่มีการป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น เมื่อสัปดาห์ที่ 4 และ 5 รวมทั้งสิ่งทดลองที่เก็บไว้ที่ความชื้นร้อยละ 73 เมื่อสัปดาห์ที่ 1 และ 2 จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์มั่ม ของทุกสิ่งทดลองเมื่อทำการเปรียบเทียบกันในแต่ละสัปดาห์เริ่มจาก 0 สัปดาห์ จนถึงระยะเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าทุกสิ่งทดลองของแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นที่ระยะเวลา 5 สัปดาห์ของสิ่งทดลองที่มีการเก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73 และ 84 จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การศึกษาปริมาณกรดซอร์บิค ในแต่ละสิ่งทดลองระหว่างการเก็บรักษาจะมีปริมาณของกรดซอร์บิคที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่มีช่วงของปริมาณกรด ซอร์บิคอยู่ระหว่าง 621.40 ถึง 911.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม(ppm) ในสัปดาห์ที่ 1 มีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาจนถึงสัปดาห์ที่ 5 ซึ่งพบปริมาณกรดซอร์บิคในปริมาณ 449.93 ถึง 546.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับรายงานของภัทวรา (2543) ที่พบว่าปริมาณกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์ปลาหมักกึ่งแห้ง จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น เช่นเดียวกันกับรายงานของพันธิตรา (2546) ซึ่งได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวระหว่างการเก็บรักษา พบว่าเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นก็จะมีผลทำให้ปริมาณของกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งการทดลองในแต่ละผลิตภัณฑ์นั้นจะให้ผลในแนวทางเดียวกันกับผลิตภัณฑ์มั่ม ที่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดซอร์บิคลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งนี้ผลจากการลดลงของกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์ เนื่องมาจากกรดซอร์บิคได้ทำหน้าที่ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ และกรดซอร์บิคมีโครงสร้างเหมือนกรดไขมันไม่อิ่มตัวจึงสลายไปได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เกิดเป็นสารประกอบคาร์บอนิลต่างๆ ได้แก่ โครโตนัลดีไฮด์ มาโลนัลดีไฮด์ อะเซตัลดีไฮด์ และเบต้าคาร์บอกซิแลคโตลีน (Sofos and Busta, 1993) แต่ในบางสภาวะเชื้อราบางสายพันธุ์กลับสามารถเมตาบอไลซ์ซอร์เบทให้เป็นแหล่งคาร์บอนได้ และแบคทีเรียบางสายพันธุ์ก็มีความทนทานต่อซอร์เบท และสามารถย่อยสลายซอร์เบทได้เช่นเดียวกันหากอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมโดยเฉพาะแบคทีเรียแลคติค ซึ่งการย่อยสลายซอร์เบทนั้นจะกลายไปเป็นสารประกอบพวก Ethyl sorbate , 4-hexenoic acid, 1-ethoxyhexa-2,4-diene และ 2-ethoxyhexa-4,5-diene ซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติเสมอๆ เช่นในไวน์ที่ใช้ซอร์เบทและมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สูง (Sofos and Busta,1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.37 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ปริมาณกรดซอร์บิค (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกัน	910.01±1.90 ^{a}	879.84±2.97 ^{b1}	562.96±0.82 ^{c1}	594.24±1.65 ^{d1}	535.80±1.43 ^{e1}	537.72±0.48 ^{e1}
การแลกเปลี่ยนความชื้น						
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	910.01±1.90 ^{a}	725.65±1.71 ^{b2}	615.91±0.95 ^{c2}	573.94±1.71 ^{d2}	502.61±0.48 ^{e2}	449.93±0.48 ^{f2}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	910.01±1.90 ^{a}	621.40±1.43 ^{b3}	667.76±0.48 ^{c3}	554.46±1.71 ^{d3}	435.67±1.26 ^{e3}	546.50±2.18 ^{f3}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	910.01±1.90 ^{a}	911.66±0.48 ^{a4}	545.95±1.26 ^{b4}	417.56±0.48 ^{c4}	421.67±0.48 ^{d4}	451.85±1.65 ^{e2}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในระหว่างการเก็บรักษา

ตาราง 4.38 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนในผลิตภัณฑ์มั่มใน แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ของสิ่งทดลองที่บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น ที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าแรงเฉือนก็มีค่าลดลง โดยแต่ละสัปดาห์จะมีความแตกต่างกันอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ในระยะเวลาเริ่มต้นจะมีแรงเฉือนอยู่ที่ 31.95$\pm$1.68 นิวตัน แต่เมื่อระยะเวลาเข้าสู่สัปดาห์ที่ 2 ค่าแรงเฉือนจะลดลงมาอยู่ที่ 8.33$\pm$0.01 นิวตัน ส่วนสภาวะการเก็บแบบบรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น และผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นพบว่าผลิตภัณฑ์มั่ม มีค่าแรงเฉือนลดลงเช่นกัน โดยที่ระยะเวลาเริ่มต้นจะมีแรงเฉือนอยู่ที่ 32.66$\pm$2.14นิวตัน และเมื่อสัปดาห์ที่ 5 จะมีแรงเฉือนอยู่ที่ 12.44$\pm$0.16 นิวตัน

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนในสิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 ที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าแรงเฉือนก็มีค่าลดลงเช่นเดียวกัน โดยแต่ละสัปดาห์จะมีความแตกต่างกันอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงเฉือนลดลงจาก 32.66$\pm$2.14 นิวตันลดลงเหลือ 21.59$\pm$1.99 นิวตันโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ที่ระยะเวลา 0 ถึง 1 สัปดาห์ และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 จนถึง 5 สัปดาห์ค่าแรงเฉือนในผลิตภัณฑ์จะอยู่ในช่วงระหว่าง14.54$\pm$2.15 ถึง 17.10$\pm$0.58 นิวตันโดยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ในสิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสามารถเก็บไว้ได้เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ และค่าแรงเฉือนที่ระยะเวลา 0 ถึง 2 สัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$) และค่าแรงเฉือนในสัปดาห์ที่ 0 ถึง 2 จะมีค่า ลดลงจาก 31.95$\pm$1.68 นิวตันจนถึง 10.01$\pm$0.01 นิวตัน ส่วนสิ่งทดลองที่เก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์เดียวกันแต่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าที่ระยะเวลา 0 ,1และ 2 สัปดาห์จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 ถึง 5 สัปดาห์

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของสิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73 และไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสามารถเก็บรักษาได้ 2 สัปดาห์และสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกับสัปดาห์ที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าแรงเฉือนจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลามากขึ้น ส่วนในสิ่งทดลองเดียวกันที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าในด้านแรงเฉือนที่ระยะเวลา 0 , 1 และ 2 สัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$)เมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 ถึง 5 สัปดาห์

ในสิ่งทดลองแต่ละสิ่งทดลอง จะมีแรงเฉือนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งในสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 2 ทั้งที่แช่ และไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ในสภาวะการเก็บต่างๆกัน โดยมีแรงเฉือนในสัปดาห์ที่ 1 เฉลี่ยประมาณ 13.08 ถึง 26.00 นิวตัน และมีแนวโน้มลดลง โดยมีค่าเฉลี่ยของแรงเฉือนในสัปดาห์ที่ 2 ประมาณ 8.33 ถึง 22.44 นิวตัน อย่างไรก็ตามในช่วงการเก็บที่ 3 ถึง 5 สัปดาห์ของสิ่งทดลองที่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท จะมีแนวโน้มของค่าแรงเฉือนลดลง โดยมีค่าประมาณ 12.44 ถึง 14.54 นิวตัน ในสัปดาห์ที่ 5 ของการเก็บรักษา

การที่ค่าแรงเฉือนลดลงในผลิตภัณฑ์มั่ม ให้ผลสอดคล้องกับรายงานผลการทดลองของพันธิตรา (2546) ในการศึกษาแรงเฉือนในของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวซึ่งพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นจะทำให้ค่าแรงเฉือนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวมีค่าลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคยังคงมีกิจกรรมในการผลิตกรดออกมา ทำให้เกิดลักษณะเป็นของเหลวในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเมื่อนำไปให้ความร้อนเพื่อปรุงให้สุกก่อนทำการวัดค่าแรงเฉือนจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงเฉือนลดลง และค่าแรงเฉือนที่ลดลงอาจจะมีสาเหตุมาจากโครงสร้างโปรตีนโดยเฉพาะพันธะเปปไทด์ สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์โปรติโอไลติค (Proteolytic enzyme) ของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมักพบเหตุการณ์เช่นนี้ในไส้กรอกหมักทั่วไป (ไพโรจน์และคณะ, 2539)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.38 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงเฉือนในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	แรงเฉือน (นิวตัน)					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	31.95±1.68^{a}	20.66±0.16^{b3}	8.33±0.01^{c1}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	31.95±1.68^{a}	13.08±0.42^{b1}	10.30±0.50^{c2}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	31.95±1.68^{a}	13.73±0.14^{b12}	10.01±0.01^{c2}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	31.95±1.68^{a}	15.91±0.71^{b2}	17.63±0.14^{b6}	-	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	32.66±2.14^{a}	14.93±0.17^{bc12}	16.45±0.15^{b5}	14.95±0.44^{bc2}	12.98±0.48^{bd2}	12.44±0.16^{d1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	32.66±2.14^{a}	21.59±1.99^{b3}	15.26±0.37^{c4}	17.10±0.58^{c3}	16.95±0.77^{c3}	14.54±2.15^{c1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	32.66±2.14^{a}	26.00±0.73^{b4}	22.44±0.57^{c7}	12.58±0.08^{d1}	10.87±0.7^{d1}	13.48±2.56^{d1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	32.66±2.14^{a}	20.33±0.31^{b3}	14.25±0.87^{c3}	12.14±0.88^{cd1}	11.31±0.86^{d1}	12.99±1.84^{cd1}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างแสดงในตาราง 4.39 พบว่าสิ่งทดลองที่เก็บในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น ที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาจากวันที่ 0 จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 4.72$\pm$0.01 แต่เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ 2 สัปดาห์จะทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้นเป็น 4.80$\pm$0.01 และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะมีความแตกต่างกัน เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์ถึง4 สัปดาห์ จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นไปเป็น 5 สัปดาห์โดยค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะลดลงจากวันที่ 0 คือ4.70$\pm$0.01 ถึงวันที่ 5 คือ 4.52$\pm$0.01

ความเป็นกรดเป็นด่างของสิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 ที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0 สัปดาห์จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 4.72$\pm$0.01 แต่เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะเพิ่มขึ้นเป็น 4.77$\pm$0.01 และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 5 สัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทุกสัปดาห์ ยกเว้นสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ของสิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 โดยสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทสามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 5 สัปดาห์โดยที่ไม่เสื่อมเสียจากเชื้อรา และค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ระยะเวลา 0 ,1 ,2 และ 4 สัปดาห์จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่สัปดาห์ที่ 3 และสัปดาห์ที่ 5 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสัปดาห์ที่ 0 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ซึ่งทั้งสองสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนสิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 73 และไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสามารถเก็บรักษาได้ 2 สัปดาห์โดยที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป 2 สัปดาห์ ส่วนสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสามารถเก็บได้อย่างน้อย 5 สัปดาห์ โดยไม่เสื่อมเสียจากเชื้อรา และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์จากสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงจาก 4.70 ± 0.01 ถึง 4.51 ± 0.01

โดยภาพรวมพบว่าในสิ่งทดลองที่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ต่ำกว่าสิ่งทดลองที่ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ในช่วงเวลาการเก็บรักษาที่ 1 และ 2 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามในสิ่งทดลองกลุ่มที่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ที่สภาวะการเก็บต่างๆกัน โดยมีค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่างในช่วง 3 ถึง 5 สัปดาห์เป็น 4.55 ถึง 4.55 และ 4.49 ถึง 4.52 ตามลำดับ

ผลการทดลองการศึกษาด้านความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นนี้ สอดคล้องกับรายงานของกิตติวรรณ (2546) ซึ่งทำการศึกษาผลของอายุการเก็บของมั่ม โดยศึกษาผลของโซเดียมไนไตรท์ โซเดียมแอสคอร์เบท และการรมควันต่อคุณภาพ และอายุการเก็บ พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าความเป็นกรดเป็นด่างในผลิตภัณฑ์มั่มจะลดลง

ในด้านความเป็นกรดเป็นด่างที่เพิ่มขึ้นในสิ่งทดลองที่ไม่ได้แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ซึ่งทำให้มีอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สั้น พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในผลิตภัณฑ์ก็มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเชื้อราบางชนิดใช้กรดแลคติคเป็นแหล่งอาหารทำให้ปริมาณกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์ลดลง และส่งผลให้ปริมาณเชื้อราในผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้นจนทำให้เกิดการเสื่อมเสียได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.39 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	4.72 ± 0.01^{a}	4.65 ± 0.01^{b4}	4.80 ± 0.01^{c7}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	4.72 ± 0.01^{a}	4.67 ± 0.01^{b4}	4.77 ± 0.01^{c6}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	4.72 ± 0.01^{a}	4.76 ± 0.01^{b6}	4.76 ± 0.01^{b4}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	4.72 ± 0.01^{a}	4.72 ± 0.01^{a5}	4.77 ± 0.01^{b5}	-	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	4.70 ± 0.01^{a}	4.64 ± 0.01^{b3}	4.55 ± 0.01^{c3}	4.55 ± 0.01^{c1}	4.55 ± 0.01^{c1}	4.52 ± 0.01^{d2}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	4.70 ± 0.01^{a}	4.55 ± 0.01^{b1}	4.49 ± 0.01^{c1}	4.52 ± 0.01^{d2}	4.53 ± 0.01^{d2}	4.52 ± 0.01^{e2}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	4.70 ± 0.01^{a}	4.57 ± 0.01^{b2}	4.52 ± 0.01^{c2}	4.50 ± 0.01^{d3}	4.48 ± 0.01^{e3}	4.49 ± 0.01^{d1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	4.70 ± 0.01^{a}	4.55 ± 0.01^{b1}	4.52 ± 0.01^{c2}	4.55 ± 0.01^{b1}	4.48 ± 0.01^{d3}	4.51 ± 0.01^{c2}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์แสดงในตาราง 4.40 พบว่าสิ่งทดลองที่เก็บไว้ในถุงป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น แต่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย โปแตสเซียมซอร์เบท ปริมาณกรดที่พบในผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และสัปดาห์ที่ 0 มีค่าร้อยละ 0.13 ± 0.01 สัปดาห์ที่ 1 มีค่าร้อยละ 0.21 ± 0.01 สัปดาห์ที่ 2 มีค่าลดลงเหลือร้อยละ 0.19 ± 0.01 และสิ่งทดลองที่เก็บไว้ในถุงป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น แล้วแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้ปริมาณกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์ที่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่สัปดาห์ที่ 2 และ 4 กับ สัปดาห์ที่ 3 และ5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้ปริมาณของกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจากร้อยละ 0.15 ± 0.01 ไปเป็นร้อยละ 0.37 ± 0.01

ส่วนการเก็บผลิตภัณฑ์มั่มที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 พบว่าสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท มีระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ 2 สัปดาห์ ซึ่งปริมาณกรดแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่สัปดาห์ที่ 0 มีค่าร้อยละ 0.13 ± 0.01 สัปดาห์ที่ 1 มีค่าร้อยละ 0.19 ± 0.01 และสัปดาห์ที่ 2 มีค่าลดลงเป็นร้อยละ 0.16 ± 0.01 แต่สิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทสามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 5 สัปดาห์ โดยที่ปริมาณของกรดแลคติคของแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งสัปดาห์ที่ 0 มีปริมาณกรดแลคติกอยู่ร้อยละ 0.15 ± 0.01และสัปดาห์ที่ 5 จะมีปริมาณกรดแลคติคเพิ่มขึ้นที่ปริมาณร้อยละ 0.33 ± 0.01

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 พบว่าสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท มีระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ 2 สัปดาห์ และสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าแต่ละสัปดาห์มีปริมาณกรดแลคติคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ยกเว้นสัปดาห์ที่ 3 และ สัปดาห์ที่ 4 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่ปริมาณกรดสูงสุดคือสัปดาห์ที่ 5 ซึ่งมีปริมาณของกรดแลคติคอยู่ที่ร้อยละ 0.36 ± 0.01

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนสิ่งทดลองที่ได้มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 73 และไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสามารถเก็บรักษาได้ 2 สัปดาห์โดยที่ปริมาณกรดแลคติคของสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเทียบกับสัปดาห์เริ่มต้น ส่วนสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสามารถเก็บได้อย่างน้อย 5 สัปดาห์โดยไม่เสื่อมเสียจากเชื้อรา และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์จากสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่สัปดาห์ที่1 และ 2 จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะมีผลต่อปริมาณกรดแลคติคที่เพิ่มขึ้น

โดยภาพรวมปริมาณกรดแลคติคในสิ่งทดลองกลุ่มที่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท มีปริมาณกรดแลคติคที่มากกว่ากลุ่มที่ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทั้งในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 อย่างไรก็ตามในสิ่งทดลองที่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทั้งที่ 3 และ 5 สัปดาห์ของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณกรดแลคติคในสัปดาห์ที่ 5 อยู่ในช่วงร้อยละ 0.33 ถึง 0.42

ทั้งนี้จากผลการทดลองพบว่ามีความสอดคล้องกับกิตติวรรณ (2546) ที่ศึกษาอายุการเก็บของมั่ม โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกันกับพันธิตรา (2546)ที่ทำการศึกษาปริมาณของกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวในระหว่างการเก็บรักษา ก็พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์จะมีค่าสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.40 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ปริมาณกรดแลคติค (ร้อยละ)					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	0.13±0.01 ^{a}	0.21±0.01 ^{b2}	0.19±0.01 ^{c2}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0.13±0.01 ^{a}	0.19±0.01 ^{b1}	0.16±0.01 ^{c1}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0.13±0.01 ^{a}	0.20±0.01 ^{b2}	0.18±0.01 ^{c2}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0.13±0.01 ^{a}	0.20±0.01 ^{b2}	0.21±0.01 b ^{b3}	-	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	0.15±0.01 ^{a}	0.23±0.01 ^{b3}	0.28±0.01 ^{c4}	0.36±0.01 ^{d1}	0.28±0.01 ^{c1}	0.37±0.01 ^{d2}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0.15±0.01 ^{a}	0.23±0.01 ^{b4}	0.28±0.01 ^{c4}	0.35±0.01 ^{d1}	0.31±0.01 ^{e2}	0.33±0.01 ^{f1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0.15±0.01 ^{a}	0.26±0.01 ^{b4}	0.28+0.01 ^{c4}	0.32±0.01 ^{d2}	0.32±0.01 ^{d23}	0.36±0.01 ^{e2}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0.15±0.01 ^{a}	0.28±0.01 ^{b5}	0.28±0.01 ^{b4}	0.30±0.01 ^{c3}	0.33±0.01 ^{d3}	0.42±0.01 ^{e3}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w)ในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w)ในผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตาราง 4.41 พบว่าสิ่งทดลองที่เก็บไว้ในถุงป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น ที่ทั้งไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท และแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท การเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ในแต่ละสัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าของน้ำที่เป็นประโยชน์ของสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทอยู่ในช่วง 0.825 ± 0.019 ถึง 0.827 ± 0.012 และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทอยู่ในช่วง 0.814 ± 0.017 ถึง 0.832 ± 0.020

ส่วนการเก็บผลิตภัณฑ์มั่มที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาของสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าของน้ำที่เป็นประโยชน์ของสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.825 ± 0.019 ถึง 0.839 ± 0.020 และค่าของน้ำที่เป็นประโยชน์ของสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.801 ± 0.025 ถึง 0.832 ± 0.020

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาของสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นกัน โดยค่าของน้ำที่เป็นประโยชน์ของสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.818 ± 0.021 ถึง 0.835 ± 0.022 และค่าของน้ำที่เป็นประโยชน์ของสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.822 ± 0.015 ถึง 0.839 ± 0.022

สิ่งทดลองที่ได้มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 73 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาของสิ่งทดลองทั้งสองไม่ได้ทำให้ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นกัน โดยค่าของน้ำที่เป็นประโยชน์ของสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.820 ± 0.020 ถึง 0.843 ± 0.021 และค่าของน้ำที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นประโยชน์ของสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.824±0.016 ถึง 0.844±0.018

นอกจากนี้ในทุกสิ่งทดลองในช่วงเวลาการเก็บรักษา 0 ถึง 5 สัปดาห์พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันด้านค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ในตัวผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.41 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์(a_w)ในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w)					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	0.825±0.019 [a]	0.827±0.012[a1]	0.825±0.015[a1]	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0.825±0.019 [a]	0.825±0.020[a1]	0.839±0.020[a1]	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0.825±0.019 [a]	0.818±0.021[a1]	0.835±0.022[a1]	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0.825±0.019 [a]	0.820±0.022 [a1]	0.843±0.021[a1]	-	-	-
แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	0.832±0.020 [a]	0.826±0.017[a1]	0.825±0.013[a1]	0.814±0.017[a1]	0.820±0.017[a1]	0.821±0.019[a1]
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0.832±0.020 [a]	0.821±0.015 [a1]	0.824±0.019[a1]	0.832±0.014[a1]	0.817±0.025[a1]	0.814±0.022[a1]
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0.832±0.020 [a]	0.822±0.015[a1]	0.839±0.022[a1]	0.825±0.012[a1]	0.832±0.021[a1]	0.832±0.020[a1]
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0.832±0.020 [a]	0.824±0.016 [a1]	0.833±0.020[a1]	0.829±0.012[a1]	0.844±0.018[a1]	0.825±0.027[a1]

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ในผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตาราง 4.42 พบว่าสิ่งทดลองที่เก็บไว้ในถุงป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น ที่ทั้งไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท และผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ด้านการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L ในแต่ละสัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าสี L ของสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทมีค่าสี L จะอยู่ในช่วง 58.68 ± 0.22 ถึง 56.28 ± 0.02 และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทมีช่วงของค่าสี L จะอยู่ในช่วง 59.18 ± 0.10 ถึง 54.03 ± 0.21

ในการเก็บผลิตภัณฑ์มั่มที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาของสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ค่าสี L มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ค่าสี L ก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)ทุกสัปดาห์ยกเว้นสัปดาห์ที่ 0 และ 1 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าค่าสี L ของสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีค่าอยู่ระหว่าง 59.63 ± 0.18 ถึง 56.28 ± 0.02 และค่าสี L ของสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีค่าอยู่ระหว่าง 59.18 ± 0.10 ถึง 54.04 ± 0.07

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาของสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทมีค่าสี L ของสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ค่าสี L ของสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับสัปดาห์ที่ 3 ,4 และ5 โดยที่สัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สิ่งทดลองที่ได้มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 73 และไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ก็ให้ผลการทดลองเหมือนกันคือ ค่าสี L จะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่จะลดลงสัปดาห์ที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน ($p \leq 0.05$) และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทในแต่ละสัปดาห์ก็จะพบว่าค่าสี L มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี L ของสัปดาห์สุดท้ายจะมีค่าลดลงมาน้อยกว่าสัปดาห์แรกซึ่งในผลการทดลองนี้ให้ผลสอดคล้องกับ พันธิตรา (2546) ซึ่งศึกษาค่าสี L ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวซึ่งพบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าสี L ในผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง

นอกจากนี้ในสิ่งทดลองทุกสิ่งทดลองในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่า L อยู่ในช่วงไม่เกิน 60 อย่างไรก็ตามในระยะเวลาการเก็บรักษา 3 ถึง 5 สัปดาห์ ค่า L ในสิ่งทดลองที่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นสิ่งทดลองที่เก็บในถุงป้องกันความชื้น และสิ่งทดลองที่เก็บในความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ84 โดยทั้งหมดจะมีค่าสี L อยู่ในช่วง 54 ถึง 57

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.42 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสี L ในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ค่าสี L					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	56.28 ± 0.02^{a}	58.68 ± 0.22^{b3}	57.21 ± 0.30^{c45}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	56.28 ± 0.02^{a}	59.63 ± 0.18^{b6}	56.73 ± 0.28^{c34}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	56.28 ± 0.02^{a}	58.96 ± 0.08^{b4}	56.21 ± 0.17^{a23}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	56.28 ± 0.02^{a}	59.80 ± 0.10^{b6}	56.91 ± 0.25^{a4}	-	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	59.18 ± 0.10^{a}	56.80 ± 0.03^{b1}	55.27 ± 0.09^{c1}	54.77 ± 0.13^{d1}	57.18 ± 0.04^{e1}	54.03 ± 0.21^{f1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	59.18 ± 0.10^{a}	59.15 ± 0.04^{a5}	55.75 ± 0.08^{b12}	55.33 ± 0.09^{c2}	56.18 ± 0.04^{d2}	54.04 ± 0.07^{e1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	59.18 ± 0.10^{a}	59.62 ± 0.11^{a6}	$59.18+0.39^{a5}$	57.14 ± 0.05^{b3}	55.67 ± 0.13^{c3}	55.46 ± 0.08^{c2}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	59.18 ± 0.10^{a}	57.71 ± 0.016^{b2}	55.72 ± 0.020^{d12}	56.20 ± 0.55^{c4}	57.41 ± 0.02^{b4}	55.65 ± 0.25^{d3}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ในผลิตภัณฑ์แสดงในตาราง 4.43 พบว่าสิ่งทดลองที่เก็บไว้ในถุงป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น ทั้งที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท และผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ด้านการเปลี่ยนแปลงของค่าสี a ในแต่ละสัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าสี a ของสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทมีค่าสี a ในช่วง 11.54 ± 0.01 ถึง 4.55 ± 0.04 และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทมีค่าค่าสี a จะอยู่ในช่วง 11.71 ± 0.18 ถึง 4.06 ± 0.06

ในการเก็บผลิตภัณฑ์มั่มที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาของสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ค่าสี a มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.94 ± 0.01 ถึง 11.54 ± 0.01 และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ค่าสี a ก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทุกสัปดาห์ โดยจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 11.71 ± 0.18 ถึง 4.15 ± 0.02

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาของสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะทำให้ค่าสี a ของแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ค่าสี a ของสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่สัปดาห์ที่ 3 และ5 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 73 และไม่ผ่านการแช่สารลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่ามีผลของค่าสี a ในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทในแต่ละสัปดาห์ก็จะพบว่าค่าสี L มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ผลิตภัณฑ์มั่มพบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไปในสัปดาห์แรก ค่าสี a ของผลิตภัณฑ์จะมีค่าลดลง และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ค่าสี a จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของพันธิตรา (2546) ว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวจะ

มีค่าสี a สูงต่ำสุดเมื่อเก็บรักษาไว้ที่เวลา 6 วัน และค่าสี a จะมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อเก็บรักษาไว้ที่เวลา 10 และ 12 วัน

อย่างไรก็ตามในทุกสิ่งทดลองของแต่ละสัปดาห์ในการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในด้านค่าสี a

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.43 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสี a ในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ค่าสี a					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	11.54 ± 0.01^{a}	4.55 ± 0.04^{b5}	8.26 ± 0.09^{c4}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	11.54 ± 0.01^{a}	3.94 ± 0.16^{b3}	7.43 ± 0.01^{c3}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	11.54 ± 0.01^{a}	4.57 ± 0.02^{b5}	6.71 ± 0.03^{c2}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	11.54 ± 0.01^{a}	3.07 ± 0.01^{b1}	6.78 ± 0.04^{c2}	-	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	11.71 ± 0.18^{a}	4.54 ± 0.05^{b5}	9.72 ± 0.04^{c5}	7.75 ± 0.01^{d1}	4.06 ± 0.06^{e1}	7.05 ± 0.08^{f1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	11.71 ± 0.18^{a}	4.15 ± 0.02^{b4}	8.24 ± 0.10^{c4}	7.22 ± 0.06^{d2}	4.56 ± 0.02^{e2}	6.46 ± 0.08^{f2}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	11.71 ± 0.18^{a}	4.80 ± 0.05^{d6}	10.07 ± 0.09^{b1}	5.89 ± 0.06^{c3}	4.52 ± 0.02^{e2}	5.80 ± 0.14^{c3}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	11.71 ± 0.18^{a}	3.47 ± 0.04^{b2}	7.36 ± 0.09^{c3}	6.09 ± 0.11^{d4}	4.33 ± 0.03^{e3}	5.00 ± 0.07^{f4}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ในผลิตภัณฑ์แสดงในตาราง 4.44 พบว่าสิ่งทดลองที่เก็บไว้ในถุงป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น ในส่วนที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท สัปดาห์ที่ 0 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กันกับสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ซึ่งในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าทุกสัปดาห์ค่าสี b ในผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ในการเก็บผลิตภัณฑ์มั่มที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาของแต่ละสัปดาห์ของสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ค่าสี b มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10.06 ± 0.11 ถึง 11.65 ± 0.13 และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าทุกสัปดาห์ค่าสี b ในผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 9.79 ± 0.09 ถึง 13.23 ± 0.03

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 พบว่าสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท สัปดาห์ที่ 0 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับสัปดาห์ที่ 1 และ 2 แต่สัปดาห์ที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าทุกสัปดาห์ค่าสี b ในผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยแต่ละสัปดาห์ค่าสี b จะมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น

สิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 73 และไม่ผ่านการแช่สารลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่ามีผลของค่าสี b ในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าสีจะเพิ่มมากขึ้นจาก 10.06 ไปเป็น 12.21 และจะลดลงมาเป็น 11.33 ในสัปดาห์ที่ 3 และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทในแต่ละสัปดาห์ก็จะพบว่าค่าสี L มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ยกเว้นสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 2 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ในแต่ละสิ่งทดลองของการเก็บรักษา 1 ถึง 5 สัปดาห์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)ในด้านของค่าสี b โดยค่าเฉลี่ยของค่าสี b ตั้งแต่สัปดาห์แรกถึงสัปดาห์ที่ 5 จะมีค่าในช่วง 10 ถึง 14

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.44 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสี b ในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ค่าสี b					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	10.06 ± 0.11^{a}	11.74 ± 0.10^{b3}	11.49 ± 0.66^{b4}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	10.06 ± 0.11^{a}	11.65 ± 0.13^{b3}	10.72 ± 0.12^{c3}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	10.06 ± 0.11^{a}	11.33 ± 0.16^{b2}	11.30 ± 0.69^{b4}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	10.06 ± 0.11^{a}	12.21 ± 0.02^{b4}	11.33 ± 0.01^{c43}	-	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	10.58 ± 0.12^{a}	11.22 ± 0.04^{b2}	9.04 ± 0.03^{c1}	9.98 ± 0.16^{d1}	13.40 ± 0.05^{e2}	11.94 ± 0.18^{f1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	10.58 ± 0.12^{a}	11.27 ± 0.05^{b2}	9.79 ± 0.09^{c2}	11.40 ± 0.05^{d2}	13.23 ± 0.03^{e1}	12.73 ± 0.04^{f2}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	10.58 ± 0.12^{a}	10.80 ± 0.05^{b1}	10.07 ± 0.14^{c2}	11.76 ± 0.18^{d3}	13.28 ± 0.09^{e1}	12.70 ± 0.17^{f2}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	10.58 ± 0.12^{a}	11.61 ± 0.04^{b3}	10.72 ± 0.01^{a3}	11.98 ± 0.11^{c4}	13.92 ± 0.06^{d3}	13.27 ± 0.10^{e3}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงค่า Thiobabituric acid value (TBA value) ของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์ในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงค่า TBA value ของผลิตภัณฑ์มั่มในตาราง 4.45 พบว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ในถุงที่ป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นในสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสัปดาห์ที่ 0 ,1 และสัปดาห์ที่ 2 มีค่าของ TBA value แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าของ TBA value ในผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 3.91 ในสัปดาห์แรกเป็น 15.69 ในสัปดาห์ที่ 2 และในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทพบว่าทุกสัปดาห์มีค่า TBA value แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งจะมีค่าต่ำกว่าในสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท โดยจะมีค่า TBA value อยู่ระหว่าง 1.84 ถึง 5.89

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 ในสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าค่า TBA value ในสัปดาห์ที่ 0, 1 และ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า TBA value จะมีค่า 3.91 ,9.77 และ21.80ตามลำดับ และในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าในระยะเวลาการเก็บรักษาแต่ละสัปดาห์ ค่า TBA value มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยจะมีค่า TBA value อยู่ในช่วงระหว่าง 2.89 ถึง 14.66

ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 พบว่าในสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ค่า TBA value ของสัปดาห์ที่ 0, 1 และ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า TBA value จะมีค่าเป็น 3.91, 8.53 และ 21.56 ตามลำดับ ส่วนสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าค่า TBA value ในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นสัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 3 และสัปดาห์ที่ 5 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในสิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นไว้ที่ระดับร้อยละ 73 ที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทพบว่าค่า TBA value ของสัปดาห์ที่ 0, 1 และ 2 มีค่าเป็น 3.91, 16.78 และ 21.42 ตามลำดับ และในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่จะมีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับทุกสัปดาห์ที่ 2 ถึง สัปดาห์ที่ 5 โดยค่า TBA value จะอยู่ในช่วงระหว่าง 2.89 ถึง 7.54

และในแต่ละสิ่งทดลองของแต่ละสัปดาห์ของสิ่งทดลองในช่วงเวลาการเก็บรักษา 0 ถึง 5 สัปดาห์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 2 ในสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่า TBA value ในแต่ละสิ่งทดลองที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นนั้น พบว่าให้สอดคล้องกับรายงานของภัทวรา (2543) ในการศึกษาค่า TBA value ในผลิตภัณฑ์ปลาหมักกึ่งแห้ง มีการเปลี่ยนแปลงค่า TBA value ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาเป็นดังนี้ ช่วงแรกคือ วันที่ 0 ถึงวันที่ 14 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นวันที่ 14 ถึงวันที่ 21 ค่า TBA value จะมีค่าลดลง เช่นเดียวกันกับผลิตภัณฑ์มั่ม ที่มีค่า TBA value เพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์แรกจนถึงสัปดาห์ที่ 2 แต่เมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 3 จะมีค่า TBA value ลดลง การที่ TBA value ลดลงไม่ได้หมายความว่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันลดลง แต่เป็นเพราะว่าในที่ที่อุณหภูมิสูง มาโลนัลดีไฮด์ที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะไม่คงตัว สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นไปเป็นสารอื่น และสามารถรวมตัวกับกรดอะมิโนหรือสารประกอบคาร์บอนิลอื่นๆได้ ส่งผลให้วิเคราะห์ค่า TBA value ได้ต่ำลงลักษณะการลดลงของ TBA value เมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นเป็นเช่นเดียวกันกับการเก็บรักษาปลาซาร์ดีนเค็มอบแห้งทั้งที่บรรจุในถุงแบบบรรยากาศปกติ แบบสุญญากาศ และแบบใช้ก๊าซไนโตรเจน ที่ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 สัปดาห์ (Sophonphong, 1991)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.45 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Thiobabituric acid value (TBA value)ในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ค่า Thiobabituric acid value (TBA value)มิลลิกรัมของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	3.91 ± 0.03^{a}	7.48 ± 0.05^{b1}	15.69 ± 0.16^{c1}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	3.91 ± 0.03^{a}	9.77 ± 0.02^{b2}	21.80 ± 0.17^{c2}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	3.91 ± 0.03^{a}	8.53 ± 0.01^{b3}	21.56 ± 0.01^{c3}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	3.91 ± 0.03^{a}	16.78 ± 0.12^{b4}	21.42 ± 0.23^{c3}	-	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	2.89 ± 0.31^{a}	3.90 ± 0.23^{b5}	5.89 ± 0.05^{c4}	1.84 ± 0.01^{d1}	2.37 ± 0.02^{e1}	4.90 ± 0.02^{f1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	2.89 ± 0.31^{a}	5.47 ± 0.05^{b6}	14.66 ± 0.10^{c5}	13.36 ± 0.01^{d2}	13.15 ± 0.09^{e2}	10.36 ± 0.01^{f2}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	2.89 ± 0.31^{a}	4.99 ± 0.01^{b7}	13.93 ± 0.10^{c6}	13.09 ± 0.02^{d3}	13.77 ± 0.01^{c3}	13.16 ± 0.06^{d3}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	2.89 ± 0.31^{a}	3.02 ± 0.01^{a8}	6.27 ± 0.02^{c7}	5.62 ± 0.03^{b4}	6.90 ± 0.02^{d4}	7.54 ± 0.02^{e4}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์ในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์มั่มในตาราง 4.46 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ในถุงที่ป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และสัปดาห์ที่ 3 ,4และสัปดาห์ที่ 5 จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลิตภัณฑ์มั่มที่เก็บรักษาไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 ในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสีของผลิตภัณฑ์ในสัปดาห์ที่ 0 กับสัปดาห์ที่ 5 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และสัปดาห์ที่1 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 พบว่าการทดลองทางประสาทสัมผัสทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ของทุกสัปดาห์ ของสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท สัปดาห์ที่ 0 จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับสัปดาห์ที่1และ 2 ซึ่งสัปดาห์ที่ 1และ 2ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสัปดาห์ที่ 2 มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

สิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 73 ซึ่งไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าการทดลองทางประสาทสัมผัสทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ของทั้งสัปดาห์ที่ 0กับสัปดาห์ที่ 1 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างกันกับสัปดาห์ที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่สิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์พบว่าสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่สัปดาห์ที่ 3 ,4 และสัปดาห์ที่ 5ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.46 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกัน	0.95±0.11	-	-	-	-	-
การแลกเปลี่ยนความชื้น						
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0.95±0.11	-	-	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0.95±0.11 ^{a}	0.71±0.31 ^{b1}	0.70±0.24 ^{b1}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0.95±0.11 ^{a}	0.88±0.25 ^{a12}	0.62±0.30 ^{b1}	-	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกัน	0.86±0.14 ^{a}	0.88±0.25 ^{a12}	1.06±0.21 ^{b2}	0.96+0.22 ^{ab12}	0.98±0.12 ^{ab1}	0.90±0.13 ^{ab1}
การแลกเปลี่ยนความชื้น						
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0.86±0.14 ^{a}	0.98±0.34 ^{ab1}	0.99±0.27 ^{ab2}	0.99±0.17 ^{ab2}	0.92±0.14 ^{ab1}	1.06±0.14 ^{b2}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0.86±0.14 ^{ab}	0.99±0.17 ^{bc2}	1.06±0.24 ^{c2}	0.80±0.26 ^{a1}	0.98±0.16 ^{bc1}	0.98±0.08 ^{bc12}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0.86±0.14 ^{ab}	1.02±0.24 ^{b2}	0.80±0.19 ^{a1}	0.88±0.19 ^{ab12}	0.90±0.18 ^{ab1}	0.94±0.16 ^{ab12}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าสัดส่วนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์ในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์มั่มในตาราง 4.47 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ในถุงที่ป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าการทดสอบค่าทางประสาทสัมผัสทางด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของทุกสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.79 ± 0.24 ถึง 0.89 ± 0.18

ผลิตภัณฑ์มั่มที่เก็บรักษาไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 ในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าการทดลองทางประสาทสัมผัสทางด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของทุกสัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.81 ± 0.22 ถึง 0.89 ± 0.11

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 พบว่าการทดลองทางประสาทสัมผัสทางด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของทุกสัปดาห์ ของสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง0.72 ± 0.28 และ 0.77 ± 0.23 และสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทก็พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นกัน ซึ่งการทดลองนี้ให้ผลสอดคล้องกับรายงานของพันธิตรา (2546) ว่าระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการนำผลิตภัณฑ์ไปทำให้สุกโดยให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีการควบคุมการให้ความร้อนที่สม่ำเสมอกัน จึงทำให้สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมามีความใกล้เคียงกัน

สิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 73 ซึ่งไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าการทดลองทางประสาทสัมผัสทางด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของทั้งสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่สิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสัปดาห์ที่1 จนถึงสัปดาห์ที่ 5ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ยังพบว่าในทุกสิ่งทดลองในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 1 ส่วนสัปดาห์อื่นๆพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.47 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเป็นเนื้อเดียวกัน					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	0.77±0.23	-	-	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0.77±0.23	-	-	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0.77±0.23^{a}	0.77±0.25^{a12}	0.72±0.28^{a1}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0.77±0.23^{a}	0.87±0.17^{a2}	0.73±0.26^{a1}	-	-	-
แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	0.89±0.18^{a}	0.79±0.24^{a12}	0.80±0.20^{a1}	0.80±0.25^{a1}	0.84±0.17^{a1}	0.83±0.16^{a1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0.89±0.18^{a}	0.81±0.22^{a12}	0.86±0.19^{a1}	0.85±0.18^{a1}	0.89±0.11^{a1}	0.85±0.15^{a1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0.89±0.18^{a}	0.70±0.29^{a12}	0.77±0.20^{a1}	0.80±0.18^{a1}	0.86±0.19^{a1}	0.80±0.13^{a1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0.89±0.18^{a}	0.64±0.33^{b1}	0.72±0.24^{ab1}	0.78±0.16^{ab1}	0.86±0.21^{b1}	0.86±0.13^{b1}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าสัดส่วนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์ในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มั่มในตาราง 4.48 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ในถุงที่ป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทนั้นผลจากการทดสอบค่าทางประสาทสัมผัสทางด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ทุกสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.99 ± 0.30 ถึง 1.17 ± 0.16

ผลิตภัณฑ์มั่มที่เก็บรักษาไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 ในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าการทดลองทางประสาทสัมผัสทางด้านรสเปรี้ยวในสัปดาห์ที่ 0และสัปดาห์ที่ 1 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่สัปดาห์ที่ 2 3, 4 และสัปดาห์ที่ 5 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 พบว่าสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท มีค่าทางประสาทสัมผัสทางด้านรสเปรี้ยวของสัปดาห์ที่ 0 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับสัปดาห์ที่1 และ2 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)ซึ่งกันและกัน ส่วนสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทพบว่าสัปดาห์ที่ 0 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับสัปดาห์ที่ 4 แต่สัปดาห์ที่ 1, 2 ,3 และ 5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 73 ซึ่งไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าการทดลองทางประสาทสัมผัสทางด้านรสเปรี้ยวของทั้งสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่สิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทพบว่าสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับสัปดาห์ที่ 4

นอกจากนี้ในทุกสิ่งทดลองที่ทำการเก็บรักษาที่สภาวะการเก็บรักษาต่างกัน ปรากฏว่าในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 มีค่าทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยวความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทในสัปดาห์ที่ 3 ถึงสัปดาห์ที่ 5 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ในการทดลองนี้ให้ผลการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองในเรื่องของกรดแลคติคที่วิเคราะห์ได้ในผลิตภัณฑ์ในแต่ละสัปดาห์ โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นจะมีปริมาณของกรดแลคติคเพิ่มขึ้นและให้ผลสอดคล้องกับรายงานของพันธิตรา (2546) ที่ศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นจะส่งผลให้การยอมรับด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้นจากค่าในอุดมคติ (1.00)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.48 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยว					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	1.04±0.16	-	-	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	1.04±0.16	-	-	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	1.04±0.16 ^{a}	0.77±0.34 ^{b1}	0.82±0.30 ^{b1}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	1.04±0.16 ^{a}	0.85±0.30 ^{a12}	0.85±0.31 ^{a1}	-	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	1.01±0.14 ^{a}	0.99±0.30 ^{a12}	1.15±0.14 ^{a2}	1.15±0.21 ^{a1}	1.17±0.16 ^{a1}	1.15±0.14 ^{a1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	1.01±0.14 ^{b}	0.86±0.22 ^{a12}	1.14±0.22 ^{bc2}	1.22±0.13 ^{c1}	1.25±0.15 ^{c1}	1.14±0.10 ^{bc1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	1.01±0.14 ^{a}	1.04±0.28 ^{a2}	1.12±0.19 ^{ab2}	1.10±0.22 ^{ab1}	1.24±0.19 ^{b1}	1.06±0.23 ^{a1}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	1.01±0.14 ^{a}	1.00±0.31 ^{a12}	1.11±0.22 ^{ab2}	1.10±0.21 ^{ab1}	1.25±0.13 ^{b1}	1.11±0.21 ^{ab1}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าสัดส่วนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์ในระหว่างการเก็บรักษา

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์มั่มในตาราง 4.49 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ในถุงที่ป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทนั้นการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยรสเค็มอยู่ระหว่าง 0.86 ± 0.22 ถึง 0.97 ± 0.33

การเก็บผลิตภัณฑ์มั่มไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 ในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ในแต่ละสัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่ค่าสัดส่วนเฉลี่ยรสเค็มของผลิตภัณฑ์จะอยู่ในช่วง 0.87 ± 0.30 ถึง 0.93 ± 0.33

ผลิตภัณฑ์มั่มที่ได้เก็บรักษาไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 พบว่าสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท มีค่าทางประสาทสัมผัสทางด้านรสเค็มทั้ง 3 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่ค่าสัดส่วนเฉลี่ยรสเค็มของผลิตภัณฑ์จะอยู่ในช่วง 0.79 ± 0.30 ถึง 0.91 ± 0.19 ส่วนสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ก็ให้ผลการทดสอบด้านรสเค็มที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าสัดส่วนเฉลี่ยรสเค็มจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะอยู่ในช่วง 0.80 ± 0.25 ถึง 0.97 ± 0.22

สิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 73 ในสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าการทดลองทางประสาทสัมผัสทางด้านรสเค็มของทั้ง 3 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบทางด้านรสเค็มพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.83 ± 0.25 ถึง $0.91+0.07$ และในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทพบว่าในแต่ละสัปดาห์ค่ารสเค็มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.82 ± 0.29 ถึง 0.97 ± 0.22

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตามในสิ่งทดลองทุกสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านการทดสอบด้านรสเค็มแต่อย่างใด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.49 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสเค็ม					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	0.83±0.25	-	-	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0.83±0.25	-	-	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0.83±0.25 [a]	0.91±0.19 [a]	0.79±0.30 [a]	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0.83±0.25 [a]	0.91±0.07 [a]	0.88±0.25 [a]	-	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	0.87±0.30 [a]	0.89±0.12 [a]	0.86±0.36 [a]	0.89±0.21 [a]	0.97±0.33 [a]	0.86±0.22 [a]
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0.87±0.30 [a]	0.92±0.25 [a]	0.87±0.41 [a]	0.89±0.23 [a]	0.93±0.33 [a]	0.89±0.19 [a]
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0.87±0.30 [a]	0.97±0.22 [a]	0.88±0.31 [a]	0.80±0.25 [a]	0.95±0.29 [a]	0.94±0.15 [a]
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0.87±0.30 [a]	0.94±0.21 [a]	0.86±0.33 [a]	0.82±0.29 [a]	0.97±0.22 [a]	0.86±0.13 [a]

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าสัดส่วนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์ในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์มั่มดังแสดงไว้ในตาราง 4.50 สามารถอธิบายได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นได้ในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท นั้นการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์ในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจะมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 0.97 ± 0.14 ถึง 1.16 ± 0.37

ผลิตภัณฑ์มั่มที่เก็บรักษาไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 ในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท เมื่อทำการทดสอบทางด้านกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์ในแต่ละสัปดาห์พบว่า ทุกสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบจะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.97 ± 0.26 ถึง 1.13 ± 0.29

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มั่มความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 พบว่าสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ให้ค่าในการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นเฉพาะทั้ง 3 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท เมื่อทดสอบด้านกลิ่นเฉพาะพบว่าในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นกัน

สิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 73 ในสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าการทดลองทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นเฉพาะของทั้ง 3 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ได้มีการเก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์เดียวกัน แต่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าการทดสอบประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์ของสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนสัปดาห์อื่นๆพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตามในทุกสิ่งทดลองของการเก็บรักษาที่สภาะต่างกัน ในสัปดาห์ที่ 1 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนที่สัปดาห์อื่นๆ ปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.50 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเฉพาะ					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกัน	0.90±0.11	-	-	-	-	-
การแลกเปลี่ยนความชื้น						
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0.90±0.11	-	-	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0.90±0.11 ^{a}	0.85±0.17 ^{a1}	0.97±0.36 ^{a}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0.90±0.11 ^{a}	0.96±0.25 ^{a12}	0.90±0.37 ^{a}	-	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกัน	1.03±0.22 ^{a}	1.13±0.24 ^{a23}	1.07±0.23 ^{a}	1.08±0.14 ^{a}	1.16±0.37^{a}	0.97±0.14 ^{a}
การแลกเปลี่ยนความชื้น						
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	1.03±0.22 ^{a}	0.97±0.26 ^{a12}	1.02±0.26^{a}	1.05±0.14^{a}	1.13±0.29 ^{a}	1.01±0.09 ^{a}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	1.03±0.22 ^{a}	1.18±0.28 ^{a3}	1.07±0.23 ^{a}	1.00±0.15 ^{a}	1.09±0.36 ^{a}	1.00±0.27 ^{a}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	1.03±0.22 ^{ab}	1.06±0.27 ^{ab23}	1.11±0.22 ^{ab}	1.04±0.15^{ab}	1.21±0.31^{b}	0.98±0.26^{a}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าสัดส่วนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มความแข็งของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์ในระหว่างการเก็บรักษา

ตาราง 4.51 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มความแข็งของผลิตภัณฑ์ได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นได้ในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท นั้นสัปดาห์ที่ 1 ค่าที่ได้อยู่ในช่วง 1.30$\pm$0.18 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับสัปดาห์อื่นๆที่ค่าสัดส่วนเฉลี่ยการทดสอบอยู่ในช่วงระหว่าง 0.96 กับ 1.06

ผลิตภัณฑ์มั่มที่เก็บรักษาไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 ในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท เมื่อทำการทดสอบทางด้านความนุ่มความแข็งของผลิตภัณฑ์ในแต่ละสัปดาห์พบว่า สัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์ที่ 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และสัปดาห์อื่นเมื่อทดสอบแล้วพบว่าค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลิตภัณฑ์มั่มที่เก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 พบว่าสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ให้ค่าในการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความนุ่มความแข็งทั้ง 3 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ผ่านการผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสัปดาห์ที่ 3 มีความแตกต่างกันกับสัปดาห์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อทดสอบผลิตภัณฑ์ทางด้านความนุ่มความแข็งพบว่าในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 73 ในสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าทุกสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่วัดได้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 1.03 ถึง 1.15 และในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายพบว่าการทดสอบประสาทสัมผัสด้านความนุ่มแข็งของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)เช่นเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และจากการทดทดสอบประสาทสัมผัสด้านความนุ่มแข็งของผลิตภัณฑ์พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่สัปดาห์ 3 จนถึงสัปดาห์ที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของทุกสิ่งทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.51 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มความแข็งของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มความแข็ง					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
<u>ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกัน	1.03±0.17	-	-	-	-	-
การแลกเปลี่ยนความชื้น						
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	1.03±0.17	-	-	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	1.03±0.17^{a}	0.92±0.41^{a1}	0.83±0.35^{a1}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	1.03±0.17^{a}	1.15±0.23^{a23}	1.06±0.32^{a12}	-	-	-
<u>แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท</u>						
บรรจุในถุงชนิดป้องกัน	1.06±0.19^{a}	1.30±0.18^{b3}	0.97±0.39^{a12}	1.06±0.27^{a}	1.15±0.32^{ab}	0.97±0.17^{a}
การแลกเปลี่ยนความชื้น						
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	1.06±0.19^{ab}	0.96±0.25^{ab12}	0.84±0.25^{a1}	1.10±0.31^{b}	1.07±0.31^{ab}	1.05±0.38^{ab}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	1.06±0.19^{ab}	1.27±0.22^{a3}	1.23±0.41^{a2}	1.20±0.28^{b}	1.16±0.33^{a}	1.14±0.20^{a}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	1.06±0.19^{a}	1.12±0.31^{a123}	0.93±0.37^{a1}	1.01±0.24^{a}	1.10±0.21^{a}	1.02±0.20^{a}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าสัดส่วนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์ในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมแสดงไว้ดังตาราง 4.52 สามารถอธิบายการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นได้ ในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท นั้นสัปดาห์ที่ 0 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในช่วง 0.78 $\pm$0.16 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับสัปดาห์อื่นๆที่ค่าการทดสอบมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยลดลงเหลือ 0.43$\pm$0.12 ในสัปดาห์ที่ 5

ผลิตภัณฑ์มั่มที่เก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 ในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท เมื่อทำการทดสอบทางด้านการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ในแต่ละสัปดาห์พบว่า สัปดาห์ที่ 0 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับทุกสัปดาห์

ผลิตภัณฑ์มั่มที่การเก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51 พบว่าสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทของสัปดาห์ที่ 0 ให้ค่าในการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ 2 ส่วนสิ่งทดลองที่ผ่านการผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ในสัปดาห์ที่ 0 มีความแตกต่างกันกับสัปดาห์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

สิ่งทดลองที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 73 ในสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสัปดาห์ที่ 0 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 2 ส่วนในสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่าสัปดาห์ที่ 0 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับทุกสัปดาห์

ผลจากการทดลอง พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นจะส่งผลค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้านการยอมรับรวมลดลง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของกิตติวรรณ (2546) ซึ่งทำการศึกษาการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มั่มเช่นกัน โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสก็จะมีค่าลดลงเช่นกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.52 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น

สภาวะการเก็บและการแช่สารละลาย	ค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	0.62±0.17	-	-	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0.62±0.17	-	-	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0.62±0.17^{a}	0.38±0.18^{b1}	0.42±0.24^{b}	-	-	-
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0.62±0.17^{a}	0.42±0.24^{b1}	0.43±0.26^{b}	-	-	-
แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท						
บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น	0.78±0.16^{a}	0.63±0.23^{b2}	0.55±0.22^{bc}	0.57±0.15^{bc}	0.49±0.20^{bc}	0.43±0.12^{c}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84	0.78±0.16^{a}	0.42±0.22^{c1}	0.60±0.19^{b}	0.52±0.16^{bc}	0.52±0.20^{bc}	0.44±0.12^{c}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 51	0.78±0.16^{a}	0.52±0.21^{b12}	0.44±0.14^{b}	0.48±0.13^{b}	0.46±0.18^{b}	0.45±0.15^{b}
ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73	0.78±0.16^{a}	0.47±0.19^{b1}	0.52±0.22^{b}	0.52±0.18^{b}	0.49±0.15^{b}	0.44±0.15^{b}

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าสัดส่วนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

หมายเลขที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.53 การเปรียบเทียบค่าทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ในระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะการแช่สารละลายโปแตสเซียม ซอร์เบท ความชื้นสัมพัทธ์ และระยะเวลาที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณเริ่มต้น	ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท				แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท			
	สัปดาห์ 0	ป้องกัน (สัปดาห์)	84 (สัปดาห์)	51 (สัปดาห์)	73 (สัปดาห์)	ป้องกัน (สัปดาห์)	84 (สัปดาห์)	51 (สัปดาห์)	73 (สัปดาห์)
ปริมาณกรดซอร์บิค (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	910.01	-	-	-	-	537.80 (5)	449.93 (5)	546.50 (5)	415.85 (5)
ความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)	4.72-4.70	4.80 (2)	4.77 (2)	4.76 (2)	4.77 (2)	4.52 (5)	4.52 (5)	4.49 (5)	4.51 (5)
ปริมาณกรดแลคติค(ร้อยละ)	0.13-0.15	0.19 (2)	0.16 (2)	0.18 (2)	0.21 (2)	0.37 (5)	0.33 (5)	0.36 (5)	0.42 (5)
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์(a_w)	0.825-0.832	0.825 (2)	0.839 (2)	0.835 (2)	0.843 (2)	0.821 (5)	0.814 (5)	0.832 (5)	0.825 (5)
TBA value (มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม)	3.91-2.89	15.69 (2)	21.80 (2)	21.56 (2)	21.42 (2)	4.90 (5)	10.36 (5)	13.16 (5)	7.54 (5)
แรงเฉือน (นิวตัน)	31.95-32.66	8.33 (2)	10.30 (2)	10.01 (2)	17.63 (2)	12.44 (5)	14.54 (5)	13.48 (5)	12.99 (5)
ค่าสี L	56.28-59.18	57.21 (2)	56.73 (2)	56.21 (2)	56.91 (2)	54.03 (5)	54.04 (5)	55.46 (5)	55.65 (5)
ค่าสี a	11.54-11.71	8.26 (2)	7.43 (2)	6.71 (2)	6.78 (2)	7.05 (5)	6.46 (5)	5.80 (5)	5.00 (5)
ค่าสี b	10.06-10.58	11.49 (2)	10.72 (2)	11.30 (2)	11.33 (2)	11.94 (5)	12.73 (5)	12.70 (5)	13.27 (5)
เชื้อราและยีสต์ (ร้อยละ)	0	20 (1)	30 (1)	100 (3)	100 (3)	0 (5)	0 (5)	0 (5)	0 (5)

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์แสดงเป็นค่าเฉลี่ย และตัวเลขในวงเล็บ ( ) เป็นสัปดาห์สุดท้ายที่วิเคราะห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.54 การเปรียบเทียบค่าทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ในระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท ความชื้นสัมพัทธ์ และระยะเวลาที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณเริ่มต้น	ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท				แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท			
	สัปดาห์ 0	ป้องกัน (สัปดาห์)	84 (สัปดาห์)	51 (สัปดาห์)	73 (สัปดาห์)	ป้องกัน (สัปดาห์)	84 (สัปดาห์)	51 (สัปดาห์)	73 (สัปดาห์)
สี	0.95-0.86	-	-	0.70 (2)	0.62 (2)	0.98 (5)	1.06 (5)	0.98 (5)	0.94 (5)
ความเป็นเนื้อเดียวกัน	0.77-0.89	-	-	0.72(2)	0.73 (2)	0.83 (5)	0.85 (5)	0.80 (5)	0.86 (5)
รสเปรี้ยว	1.04-1.01	-	-	0.82 (2)	0.85 (2)	1.15 (5)	1.14 (5)	1.06 (5)	1.11 (5)
รสเค็ม	0.83-0.87	-	-	0.79 (2)	0.88 (2)	0.86 (5)	0.89 (5)	0.94 (5)	0.86 (5)
กลิ่นเฉพาะ	0.90-1.03	-	-	0.97 (2)	0.90 (2)	0.97 (5)	1.01 (5)	1.00 (5)	0.98 (5)
ความนุ่มความแข็ง	1.03-1.06	-	-	0.83 (2)	1.06 (2)	0.97 (5)	1.05 (5)	1.14 (5)	1.02 (5)
การยอมรับโดยรวม	0.62-0.78	-	-	0.42 (2)	0.43 (2)	0.43 (5)	0.44 (5)	0.45 (5)	0.44 (5)

หมายเหตุ : ค่าทางประสาทสัมผัสของข้อมูลแสดงเป็นค่าสัดส่วนเฉลี่ย และตัวเลขในวงเล็บ( ) เป็นสัปดาห์สุดท้ายที่วิเคราะห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวิเคราะห์ในตอนต้นจะเห็นได้ว่า ในการศึกษาด้านอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์มั่มนั้นในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท จะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าโดยสามารถเก็บได้อย่างน้อย 5 สัปดาห์โดยไม่เสื่อมเสียจากเชื้อรา แต่ในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะพบว่ามีเชื้อราเกิดขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 และที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงชนิดป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นเริ่มเสื่อมเสียเมื่อเก็บรักษาภายใน 1 สัปดาห์ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73 และ 51 จะเสื่อมเสียจากเชื้อราเมื่อเก็บไว้ที่ 3 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้ในการเก็บนั้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์จากเชื้อรา โดยการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไว้ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 84 หรือการบรรจุผลิตภัณฑ์ไว้ในถุงป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้น จะทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียเร็วกว่าการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73 และ 51 ส่วนปริมาณของกรดซอร์บิค พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้มีปริมาณของกรดซอร์บิคที่ลดลง โดยสัมพันธ์กับค่า TBA value ในผลิตภัณฑ์ที่สูงขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าถ้าหากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นานขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียได้

ในด้านค่าความเป็นกรดเป็นด่าง พบว่าที่ระยะเวลา 0 สัปดาห์จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 4.70-4.72 แต่เมื่ออายุเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์มั่มที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้น ทั้งนี้สาเหตุมาจากในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทเริ่มมีการเสื่อมเสีย และแลคติคแอซิดแบคทีเรียผลิตกรดได้น้อย ทำให้มีแบคทีเรียชนิดอื่นที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียเริ่มเจริญเติบโตจึงทำให้ผลิตภัณฑ์เริ่มมีการเสื่อมเสีย โดยดูได้จากปริมาณกรดแลคติคที่ลดลง เชื้อราที่เพิ่มขึ้น และค่า TBA value ในผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มสูงขึ้นจากเดิมในปริมาณสูง แต่ในผลิตภัณฑ์มั่มที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง เนื่องจากสภาวะของผลิตภัณฑ์เช่นส่วนผสม และอุณหภูมิ มีความเหมาะสมต่อการเจริญของแลคติคแอซิดแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์มั่มจึงมีการผลิตกรดแลคติคเพิ่มขึ้น ดังนั้นในสภาวะเช่นนี้ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เสื่อมเสีย ซึ่งสามารถสังเกตได้จากค่า TBA value ในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท จะมีค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท แต่ทั้งนี้ค่า TBA value ของผลิตภัณฑ์มั่มในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเช่นกัน ค่าสี L พบว่าในผลิตภัณฑ์ที่ไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีค่าสี L เพิ่มขึ้น แต่ในผลิตภัณฑ์ที่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีแนวโน้มค่าสี L ลดลงจากเดิม ในด้านค่าสี a ในผลิตภัณฑ์ทั้งที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แช่ และไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบททุกความชื้นสัมพัทธ์ จะมีค่าสี a ลดลงจากเดิมทั้งสองสภาวะ ด้านค่าสี b พบว่าในผลิตภัณฑ์ทั้งที่แช่ และไม่แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบททุกความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสี b เพิ่มขึ้น

ความสัมพันธ์ของค่าทางการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์มั่มในระหว่างการเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกัน กับค่าการทดสอบด้านอื่นๆ สามารถอธิบายได้ว่า สาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มั่มไม่ได้รับการยอมรับคือ ลักษณะด้านรสเปรี้ยว เนื่องจากผลิตภัณฑ์มั่มที่ผ่านระยะเวลาการหมัก 2 วันยังมีความชื้นในผลิตภัณฑ์อยู่เพียงพอที่จะทำให้แบคทีเรียแลคติคเจริญต่อได้และสร้างกรดต่อไปทำให้เมื่อเก็บรักษานานขึ้น จะทำให้ปริมาณกรดแลคติคและคุณลักษณะด้านรสเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้ค่าการยอมรับรวมต่อผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงเมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น นอกจากนี้การผลิตกรดของแลคติคแอซิดแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น มีผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ลดลง ค่าแรงเฉือน(นิวตัน)ลดลง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับลักษณะทางด้านความนุ่มแข็งของผลิตภัณฑ์ ที่พบว่ามีค่าลดลงเมื่อเก็บระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทั้งนี้สาเหตุมาจากกรดแลคติคทำให้โปรตีนเสียสภาพ ความเกาะกันของโปรตีนลดลง และยังสัมพันธ์กับค่าความเปรี้ยวที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อค่าการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ด้วย ทั้งนี้อาจจะมีลักษณะผิดปกติของผลิตภัณฑ์อย่างอื่นอีกที่ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น นั้นคือด้านการหืนของผลิตภัณฑ์ โดยที่สามารถสังเกตได้จากค่า TBA value ที่เพิ่มสูงขึ้น (ค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ไม่มีในแบบทดสอบ) จึงน่าจะส่งผลกระทบต่อค่าการยอมรับโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์เช่นกัน

จากขั้นตอนการทดลองที่ผ่านมานี้สามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้แช่สารละลายโปแตสเซียมซอร์เบท แต่มีข้อเสียของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาได้นานนั้นก็มีการเพิ่มขึ้นของกรดแลคติคด้วย ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้นั้นมีรสเปรี้ยวมากขึ้น ซึ่งแตกต่างกันกับลักษณะของผลิตภัณฑ์พื้นบ้านซึ่งการเก็บรักษาโดยทั่วไปคือการแขวนทิ้งไว้ให้แห้ง หรือนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นซึ่งทั้งสองสภาวะนี้สามารถยับยั้งหรือชะลอการสร้างกรดของแบคทีเรียประเภทแลคติคได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์มั่มที่ผลิตโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นซึ่งมีการใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ตาราง 4.55 ต้นทุนการผลิต ผลิตภัณฑ์มั่มโดยเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น โดยการใช้สูตรและกระบวนการผลิตได้รับการพัฒนาแล้ว

ส่วนประกอบ	ปริมาณที่ใช้(กรัม)	ราคาต่อกิโลกรัม	ราคาวัตถุดิบที่ใช้(บาท)
เนื้อสะโพกหมู	1,000	95	95
ตับหมู	200	120	24
กระเทียม	200	65	13
ข้าวเหนียว	100	20	2
ข้าวคั่วบด	10	15	0.15
เกลือ	17.8	10	0.178
โซเดียมไนไตรท์	0.100	820	0.082
ไส้คอลลาเจน			4.62
MRS broth			12
รวม	1,528		151.03
คิดเทียบ	1,000		98.84
ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยบรรจุ(350 กรัม)			49.42

- ค่าภาชนะบรรจุ 3.00 บาท/ซอง
- ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในกระบวนการ ค่าโสหุ้ย ค่าแรงงาน โดยทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 30 ของค่าวัตถุดิบและค่าภาชนะบรรจุ ดังนั้นคิดเป็นเงิน 15.73 บาท ต่อหน่วยบรรจุ
- ต้นทุนการผลิตต่อผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยบรรจุ (350 กรัม)
  - ค่าวัตถุดิบ 68.15 บาท
  - ค่าภาชนะบรรจุ 3.00 บาท
  - ค่าใช้จ่ายอื่นๆ 15.73 บาท
    - รวม **68.15** บาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved