H 33215

รายงานการวิจัย

ประเภทโครงงานนักศึกษา

เรื่อง

การป้องกันการเสื่อมคุณภาพของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็ง

(Prevention of Quality Deterioration in Frozen Oyster Mushroom (Pleurotus sajor-caju)

โดย

นางไพรัตน์ โสภาโณดร
นางสาวนวรัตน์ พืชมงคล
นายปกรณ์ แก้วเจือ

สมด.
เลขหมู่ TP444.M8 พ๙๒ 2535 ค.1
เลขทะเบียน 017431
-7 ต.ค. 2535

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2535

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการใช้สารเคมีเพื่อควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนางฟ้า ซึ่งเป็นปัญหาหลักในการผลิตเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งพบว่า การใช้สารละลายกรดซิตริกที่ค่าพีเอช 4 และ5 ร่วมกับความร้อน สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้เท่าเทียมกัน แต่น้อยกว่าการใช้สารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์เข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ สภาวะที่เหมาะสมคือการแช่เห็ดนางฟ้าในสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์เข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 7 นาที ภายใต้สุญญากาศก่อนการแช่เยือกแข็ง จะได้เห็ดที่มีลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเห็ดสดมากที่สุด

เมื่อผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°ซ เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าคุณภาพของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งลดลง แต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

Abstract

Prevention of browning, a major quality deterioration of frozen oyster mushroom, by treating with citric acid and potassium metabisulfite was studied. Solution of citric acid at both pH of 4 and 5 corporated with heat treatment could similarly prevent browning but showed less effectiveness than 0.2% potassium metabisulfite solution. Soaking in 0.2% potassium metabisulfite solution for 7 min under vacuum prior to freezing resulted in the most accepted appearance and texture of frozen oyster mushroom.

After 3 months storage at -20°C, the quality of frozen oyster mushroom was decreased but still accepted.

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญรูป	ค
บทนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
- องค์ประกอบและประโยชน์ของเห็ดนางฟ้า	4
- อายุการเก็บรักษา	4
- การแช่เยือกแข็งเห็ด	7
- ปัญหาคุณภาพของเห็ดแช่เยือกแข็ง	11
- แนวทางป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของเห็ด	12
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	19
ผลการทดลองและวิจารณ์	23
สรุปผลการทดลอง	36
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	
ภาคผนวกที่ 1 วิธีการตรวจสอบคุณภาพและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	39
ภาคผนวกที่ 2 แบบทดสอบชิม	50
ภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติของผลการทดลอง	51

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเห็ด Pleurotus species 5

ตารางที่ 2 กรดอะมิโนที่จำเป็นในเห็ด Pleurotus sajor-caju 6

ตารางที่ 3 ปริมาณเกลือแร่ที่พบในเห็ด Pleurotus species 7

ตารางที่ 4 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากเกลือซัลไฟท์ต่างๆ 17

ตารางที่ 5 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่อนุญาตให้มีในผักและผลไม้ที่จำหน่ายในอเมริกา 17

ตารางที่ 6 ค่า Browning index (OD_{420nm}) ของเห็ดนางฟ้า ที่ผ่านการแช่ใน สารละลายกรดซิตริก ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกัน 24

ตารางที่ 7 ค่า Browning index (OD_{420nm}) และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้าง ในเห็ดนางฟ้า เมื่อแช่ในสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ 27

ตารางที่ 8 ค่า Browning index (OD_{420nm}) ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งตลอดเวลา การเก็บรักษาที่ -20 °ซ 28

ตารางที่ 9 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Shear press (กรัม/ตารางเซนติเมตร) ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งตลอดเวลาการเก็บรักษาที่ -20 °ซ 30

ตารางที่10 เปอร์เซนต์ Drip loss ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งตลอดเวลา การเก็บรักษาที่ -20 °ซ 31

ตารางที่11 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งตลอด การเก็บรักษาที่ -20 °ซ 33

ตารางที่12 องค์ประกอบทางเคมีของเห็ดนางฟ้าสด 35

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า Browning index (OD_{420nm}) ของเห็ดนางฟ้าที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก 51

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า Browning index (OD_{420nm}) ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็ง ที่ผ่านการเก็บรักษาที่ -20 °ซ 52

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า Shear press ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็ง ที่ผ่านการเก็บรักษาที่ -20 °ซ 53

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า Drip loss ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็ง ที่ผ่านการเก็บรักษาที่ -20 °ซ 54

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็ง ที่ผ่านการเก็บรักษาที่-20°ซ 55

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 ลักษณะดอกเห็ดนางรม	3
รูปที่ 2 ลักษณะดอกเห็ดนางฟ้า	3
รูปที่ 3 ลักษณะของเครื่องมือแช่เยือกแข็งชนิดใช้กระแสลมเย็นแบบอุโมงค์	9
รูปที่ 4 ลักษณะของเครื่องมือแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัส	9
รูปที่ 5 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจนิค	10
รูปที่ 6 ผลของ pH ต่อความว่องไวในปฏิกิริยาของเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	15
รูปที่ 7 ความคงตัวต่อความร้อนของเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	15
รูปที่ 8 อัตราการแช่เยือกแข็งเห็ดนางฟ้า	26

บทนำ

เห็ดนางฟ้า (Pleurotus sajoa-caju) บางครั้งอาจเรียกว่าเห็ดนางรมแขก หรือเห็ดนางรมอินเดีย จัดเป็นเห็ดนางรมชนิดหนึ่งที่ได้นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ.2518 โดย ดร.ศิริพงษ์ บุญ-หลง มีลักษณะดอกหนาปานกลาง เนื้อแน่น รสชาติดีพอสมควร สามารถเจริญได้ดีในอาหารหลายชนิด และเกิดดอกได้ดีเมื่ออากาศเริ่มหนาวเย็น ระยะที่ออกดอกเห็ดดีคือปลายหน้าฝนต่อกับต้นฤดูหนาว (ดีพร้อม ไชยางศ์เกียรติ,2520)

ปัจจุบันได้มีการเพาะปลูกกันอย่างแพร่หลาย ก่อให้เกิดแนวทางการเก็บถนอมรักษา เพื่อให้สามารถมีบริโภคได้ตลอดทั้งปีและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ วิธีการในการถนอมรักษาอาหารที่ได้รับความนิยมในสมัยใหม่วิธีหนึ่งคือ การแช่เยือกแข็ง เนื่องจากสามารถคงลักษณะคล้ายของสดมากที่สุด และนำมาปรุงหรือประกอบอาหารได้สะดวก จึงได้ทำการศึกษากระบวนการแช่เยือกแข็งเห็ดนางฟ้า แต่เนื่องจากเห็ดนางฟ้าประกอบด้วยเอ็นไซม์กลุ่มโพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase) ที่เป็นสาเหตุสำคัญให้เกิดการเปลี่ยนสีโดยกระบวนการเกิดสีน้ำตาล (Enzymatic browning) ภายหลังการเก็บเกี่ยว (Prestamo and Fuster,1982) นอกจากนี้เห็ดนางฟ้ามีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เกิดความบอบช้าได้ง่าย อาจก่อให้เกิดลักษณะเนื้อนิ่มเนื่องจากกระบวนการแช่เยือกแข็งและการทำละลาย

ดังนั้นในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางป้องกันการเกิดสีน้ำตาล และรักษาคุณภาพเนื้อสัมผัสของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็ง เพื่อประโยชน์ต่อการพัฒนาการผลิตเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งต่อไป

การตรวจเอกสาร

เห็ดนางฟ้ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Pleurotus sajor-caju จัดอยู่ใน

class : Basidiomycetes

order : Agaricales

family : Agaricaceae

species : Pleurotus (ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ, 2523)

ลักษณะของเห็ดชนิดนี้มีรูปร่างลักษณะคล้ายกับเห็ดนางรมมาก แต่หมวกดอกเห็ดมีสีคล้ำกว่าและหนากว่าเห็ดนางรมเล็กน้อย ก้านดอกจะเป็นเนื้อเดียวกันกับหมวก ลักษณะของดอกเห็ดจะเว้าตรงกลาง ผิวด้านบนโค้งเรียบ อ่อนนุ่มและกลมขอบดอกจะห้อยลงมาด้านล่างเมื่อโตเต็มที่ ด้านหลังดอกจะมีลักษณะเป็นครีบ (รูปที่ 1 และ 2) (นิรนาม, 2530)

ได้มีรายงานจากเกษตรกรผู้เพาะเห็ดนางฟ้าในเขตกรุงเทพฯ ซึ่งเคยทดลองเพาะเห็ดชนิดอื่นๆมาแล้ว แต่ปัจจุบันได้หันมาเพาะเห็ดนางฟ้าเพียงอย่างเดียว โดยให้เหตุผลว่าการเพาะเห็ดนางฟ้าให้ผลผลิตสูงกว่า คือผลผลิตอยู่ในระหว่าง 300-350 กรัมต่อถุงก้อนเชื้อที่มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (นิรนาม, 2530)

วัสดุที่ใช้เพาะเห็ดนางฟ้าสามารถใช้วัสดุเศษเหลือทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบ อาจใช้เพียงชนิดเดียว หรือผสมกันหลายชนิดหลายอัตราส่วน วัสดุที่นิยมใช้ เช่น ฟาง ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว ไส้นุ่น เศษใบไม้ใบหญ้า หรือแม้แต่วัสดุที่ใช้เพาะเห็ดอื่นๆแล้วก็สามารถนำมาใช้เพาะเห็ดนางฟ้าได้ นอกจากนี้อาจเติมอาหารเสริมลงไปคลุกเคล้าผสมด้วย เพื่อเพิ่มปริมาณอาหารให้มากขึ้น เช่น รำละเอียด รำหยาบ กากถั่วปน เป็นต้น ในอัตราประมาณ 3-10 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก (นิรนาม, 2530)

การเติมสารเคมีบางชนิดในรูปของเกลืออนินทรีย์ เช่น แมกนีเซียมซัลเฟต แอมโมเนียม-ซัลเฟต ยิบซั่ม และปุ๋ยดับเบิลซุปเปอร์ฟอสเฟต ลงไปในกองปุ๋ยหมักเพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อเห็ดนั้น แม้ว่าโดยหลักการแล้ว เห็ดไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง แต่เมื่อเติมปุ๋ยเหล่านี้ลงไปในกองปุ๋ยหมัก จุลินทรีย์จำพวกบักเตรีหลายชนิดจะเจริญขึ้นได้ดี และบางส่วนของปุ๋ยได้กลายเป็นอินทรีย์วัตถุในตัวของบักเตรี ซึ่งเห็ดจะสามารถนำไปใช้ภายหลังได้ (นิรนาม, 2530)

รูปที่ 1 ลักษณะดอกเห็ดนางรม

ที่มา : นิรนาม (2530)

รูปที่ 2 ลักษณะดอกเห็ดนางฟ้า

ที่มา : นิรนาม (2530)

องค์ประกอบและประโยชน์ของเห็ดนางฟ้า

ได้มีการวิเคราะห์องค์ประกอบของเห็ดในสปีชีส์ (Species) Pleurotus แสดงผลในตารางที่ 1 เห็ดเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญและมีปริมาณโปรตีนอยู่สูง โปรตีนในเห็ดประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบทั้ง 8 ชนิด และมีเกลือแร่ที่ร่างกายต้องการอย่างครบถ้วน ดังตารางที่ 2 และ 3 เห็ดมีแป้ง ไขมัน หรือแคลอรี่ต่ำมาก จึงเหมาะสำหรับคนอ้วน ผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง เห็ดมีโซเดียมต่ำมาก เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคไตอักเสบ โรคหัวใจ มีรายงานการพบสาร Reteine ซึ่งเป็นที่ยอมรับจากสถาบันต่างๆ ว่าสามารถป้องกันหรือรักษาโรคมะเร็งได้ โดยสาร Reteine จะพบในเห็ดเฉพาะที่บานหรือเห็ดแก่ เป็นตัวชะลอการเจริญหรือยับยั้งการเติบโตของเนื้องอกได้ (อานนท์ เลิศตระกูล, 2523)

อายุการเก็บรักษา

เห็ดเป็นอาหารที่เสื่อมเสียได้ง่าย เนื่องจากมีน้ำเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่สูง มีเนื้ออ่อนนิ่ม จึงต้องแปรรูปหรือบริโภคภายใน 2 วัน หลังการเก็บเกี่ยว (Bano and Singh,1972) การใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษา ทำให้ปฏิกิริยาต่างๆของเอ็นไซม์ดำเนินไปอย่างช้าๆ มีผลทำให้ลดอัตราการหายใจของผักลง ลดอัตราการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ ลดการสูญเสียไวตามิน ลดการคายน้ำ ลดการเจริญและการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ จึงทำให้สามารถเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น จากการทดลองของ Kader(1980) ได้เก็บเห็ดฝรั่ง (Agaricus bisporus) ที่อุณหภูมิ 0-5° ซ ความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้เก็บ ประมาณ 90-95 เปอร์เซนต์ ภายใต้บรรยากาศออกซิเจน 21 เปอร์เซนต์และคาร์บอนไดออกไซด์ 10-15เปอร์เซนต์ พบว่าเก็บรักษาเห็ดไว้ได้ประมาณ 7 วัน แต่การใช้วิธีแช่เยือกแข็งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานหลายเดือน จากการทดลองของVan(1969) ได้ทำการแช่เยือกแข็งเห็ดฝรั่ง(Agaricus bisporus)และเก็บที่อุณหภูมิ -12°ซ, -18°ซ และ -23°ซ พบว่าสามารถเก็บไว้ได้ 3-4, 8-10 และ 12-14 เดือน ตามลำดับ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเห็ดใน Pleurotus species

สปีชีส์	ความชื้นเริ่มต้น (%)	โปรตีน* (Nx4.38)	ไขมัน*	คาร์โบ* ไฮเดรต	เส้นใย*	เถ้า*	พลังงาน (Kcalต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
Pleurotus eous	92.2	17.5	1.0	59.2	12.0	9.1	261
P.florida	91.5	18.9	1.7	58.0	11.5	9.3	265
P.flabellatus	91.0	21.6	1.8	57.4	11.9	10.7	271
P.ostreatus	73.7	10.5	1.6	81.8	7.5	6.1	367
P.opuntia	58.0	8.9	2.4	72.9	7.5	15.8	330
P.limpidu	93.0	38.7	9.4	46.6	27.6	5.3	313

* หน่วยเป็น % on dry weight basis

ที่มา : Bano และคณะ (1963)

ตารางที่ 2 กรดอะมิโนที่จำเป็นในเห็ด Pleurotus sajo-caju

กรดอะมิโน	ปริมาณ(กรัมอะมิโน/100กรัมโปรตีนทั้งหมด)
Leucine	7.0
Isoleucine	4.4
Valine	5.3
Tryptophan	1.2
Lysine	5.7
Threonine	5.0
Phenylalanine	5.0
Tyrosine	6.3
Cystine	1.2
Methionine	1.8
Arginine	6.2
Histidine	2.2
Total essential amino acids (รวมทั้ง arginine และ histidine)	43.4

ที่มา : Bano และคณะ (1963)

ตารางที่ 3 ปริมาณเกลือแร่ที่พบในเห็ด Pleurotus species

Species	Ca	P	K	Fe	Cd	Zn	Cu	Pb
	(mg/100 grams)					(ppm)		
Pleurotus eous	23	1410	4570	90	0.4	82.7	17.8	1.5
P.florida	24	1850	4660	184	0.5	115.4	15.8	1.5
P.flabellatus	24	1550	3760	124	0.5	58.6	21.9	1.4
P.sajor-caju	20	760	3260	124	0.3	129.0	12.2	3.2
P.ostreatus	33	1348	3793	15.2	nd*	nd	nd	nd

* nd ไม่ได้ทำการทดสอบ

ที่มา : Bano และ Rajarathnam (1963)

การแช่เยือกแข็งเห็ด

การแช่เยือกแข็งเป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีการพัฒนากรรมวิธีและเครื่องมือในการแช่เยือกแข็ง ตลอดจนภาชนะบรรจุ ทำให้การแช่เยือกแข็งสามารถรักษาคุณภาพของผลไม้และผักโดยเฉพาะในด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นรส ได้ดีกว่ากรรมวิธีการบรรจุกระป๋องหรือการทำแห้ง การแช่เยือกแข็งสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้ผักและผลไม้เสื่อมเสีย ลดอัตราเร็วของปฏิกิริยาเอ็นไซม์ และปฏิกิริยาทางเคมีที่ไม่พึงประสงค์ อันเนื่องมาจากผลของการลดอุณหภูมิให้ต่ำลงร่วมกับการลดปริมาณน้ำในอาหารลง โดยเปลี่ยนเป็นผลึกน้ำแข็งจึงมีปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2529)

การแช่เยือกแข็งที่นิยมในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น

1.การแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น

วิธีนี้ทำได้โดยนำอาหารใส่ในถาดหรือตั้งบนสายพานโปร่ง แล้วค่อยๆเคลื่อนผ่านอุโมงค์ที่มีอากาศเย็นอุณหภูมิ -18 ถึง -34 °ซ หรือต่ำกว่า โดยอากาศเย็นจะเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของอาหาร(รูปที่3) วิธีนี้เป็นวิธีที่ถูกหลักเศรษฐกิจที่สุด(ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก,2529) สามารถใช้ได้กับอาหารที่มีขนาดและรูปร่างต่างกันได้ อย่างไรก็ตามวิธีนี้อาจมีผลเสียคือ ถ้าควบคุมสภาวะไม่ดี จะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำในผลิตภัณฑ์มากเกินไป โดยเฉพาะหากไม่บรรจุหีบห่อและภาชนะบรรจุอาจเกิดลักษณะโป่งออก ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ(Fenema,1975)

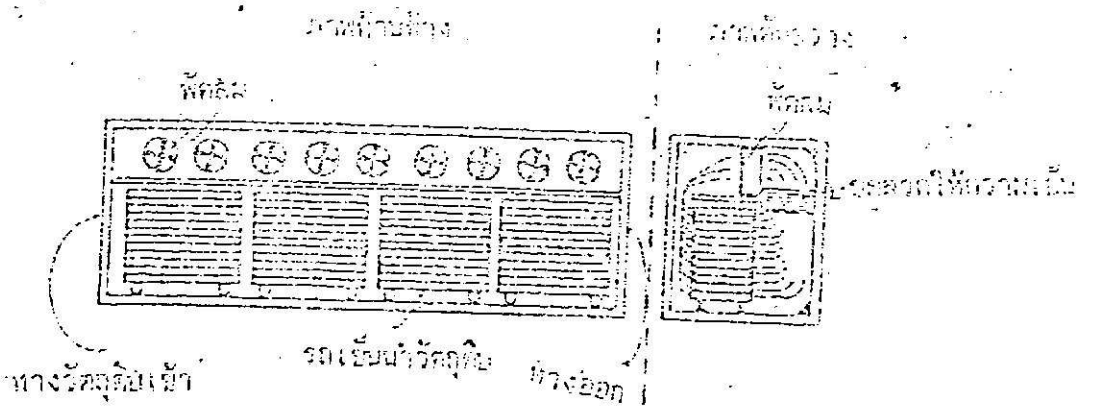
2.วิธีการแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัส

วิธีนี้เป็นการให้อาหารสัมผัสกับผิวหน้าของแผ่นโลหะที่เย็น ซึ่งเกิดจากสารให้ความเย็น ผลิตภัณฑ์อาหารจะถูกอัดอยู่ระหว่างโลหะเย็น 2 แผ่น ซึ่งสามารถปรับระยะความกว้างได้(รูปที่4) วิธีการแช่เยือกแข็งแบบนี้ สามารถลดการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์ ไม่จำเป็นต้องทำการละลายเครื่องมือ การโป่งหรือบวมของผลิตภัณฑ์จะมีน้อย แต่มีข้อเสียคือใช้เวลานานและผลิตภัณฑ์ต้องมีความหนาสม่ำเสมอ

3.วิธีการแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจนิก

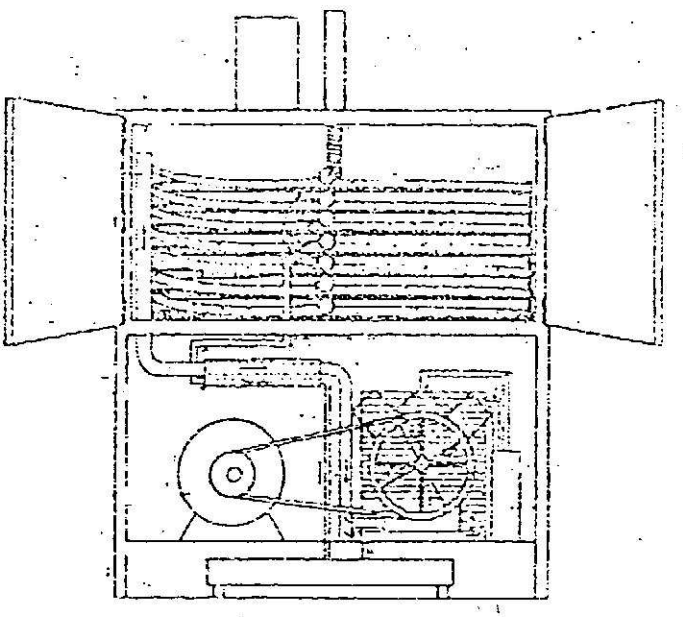
เป็นวิธีที่มีอัตราการแช่เยือกแข็งที่เร็วมาก ทำโดยการให้อาหารที่บรรจุหีบห่อหรือไม่ได้บรรจุ ที่มีขนาดเล็กสัมผัสกับสารที่ให้ความเย็นขณะที่มีการเปลี่ยนสถานะ โดยส่วนใหญ่จะใช้ไนโตรเจนเหลว โดยให้อาหารเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในห้องหรืออุโมงค์ ซึ่งแบ่งเป็น 3 ส่วน

ส่วนแรกจะมีพัดลมเป่าไอเย็นจากส่วนที่2เข้ามาเพื่อให้มีอุณหภูมิลดลง เมื่อผ่านเข้าสู่ส่วนที่2 อาหารจะมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว จากนั้นจะเคลื่อนที่เข้าสู่ส่วนที่3 เพื่อปรับอุณหภูมิให้เท่ากันทั้งผลิตภัณฑ์ (รูปที่ 5) วิธีนี้มีข้อเสียคือ มีค่าดำเนินการสูง แต่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียได้น้อยมาก



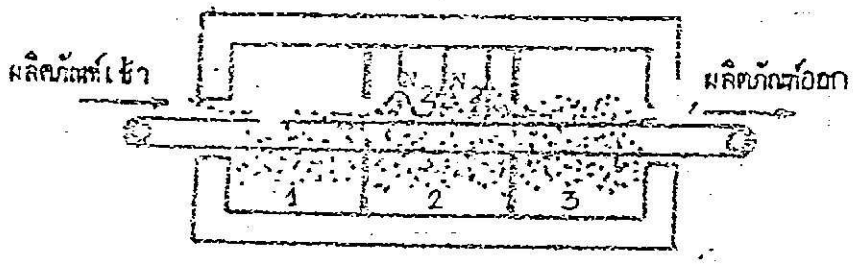
รูปที่ 3 ลักษณะของเครื่องมือแยกเลือกแข็งชนิดใช้กระแสลมเย็นแบบลูโมงค์

ที่มา : Nickerson and Ronsivalli (1976)



รูปที่ 4 ลักษณะของเครื่องมือแยกเลือกแข็งแบบเพลทสัมผัส

ที่มา : Nickerson and Ronsivalli (1976)



ฉนวน

รูปที่ 5 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบไดรโอเจนิก

ที่มา : Fennema (1975)

4.วิธีการแช่เยือกแข็งโดยจุ่มในสารให้ความเย็น

นำผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุหีบห่อหรือไม่ได้บรรจุจุ่มในของเหลวที่เป็นสารให้ความเย็นหรือโดยการพ่นสารให้ความเย็นที่เป็นของเหลวบนผลิตภัณฑ์อาหาร หรืออาจใช้สารที่ช่วยทำให้สภาวะของการทำให้เย็นด้วยวิธีอื่นเป็นไปอย่างรวดเร็ว สารดังกล่าว ได้แก่ โพรพิลีนไกลคอล กลีเซอรอล โซเดียมคลอไรด์ แคลเซียมคลอไรด์ และของผสมระหว่างเกลือกับน้ำ แม้ว่าวิธีนี้จะไม่แพร่หลายแต่ก็ใช้เป็นวิธีแช่เยือกแข็งสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้กระป๋องเข้มข้น ผลิตภัณฑ์สัตว์ปีกและบางครั้งใช้กับปลา และกุ้ง วิธีนี้จัดเป็นวิธีแช่เยือกแข็งชนิดเร็วปานกลาง และมีอัตราการแช่เยือกแข็งเร็ว โดยเฉพาะกับอาหารที่ไม่มีการบรรจุหีบห่อ หรือมีขนาดไม่ใหญ่นัก สามารถเปลี่ยนเป็นกระบวนการแบบต่อเนื่องได้ ข้อเสียของวิธีนี้คือการหาสารให้ความเย็นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ได้ยาก (Fennema, 1975)

ปัญหาคุณภาพของเห็ดแช่เยือกแข็ง

ปัญหาหลักของเห็ดแช่เยือกแข็งเมื่อนำมาละลายน้ำแข็งคือ การเกิดสีน้ำตาลและการสูญเสียเนื้อสัมผัส

1.การเกิดสีน้ำตาล

การเปลี่ยนแปลงสีในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษาของผลิตผลผักและผลไม้ เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาที่เรียกว่า Browning reaction เมื่อเนื้อเยื่อของผักมีรอยแผลอันเกิดจากการตัดหรือช้ำ บริเวณนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล การเกิดสีน้ำตาลขึ้นนี้ไม่ได้เกิดจากเม็ดสี แต่เกิดจากปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ (Enzymatic browning) หรืออาจจะไม่มีเอ็นไซม์ (Non-enzymatic browning) ก็ได้

1.1 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอ็นไซม์

เป็นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารจำพวกฟีนอล (Phenol) และ โพลีฟีนอล (Polyphenol) โดยเอ็นไซม์ชนิดเดียวแต่เรียกต่างๆกันหลายชื่อ เช่น

-ฟีนอลออกซิเดส (Phenol oxidase) หรือฟีนอลเลส (Phenolase)

-โพลีฟีนอลออกซิเดส(Polyphenol oxidase)หรือโพลีฟีนอลเลส(Polyphenolase)

การป้องกันอาจทำได้หลายวิธี เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมใหม่ให้ไม่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอ็นไซม์ เช่น การเติมกรดเพื่อลดค่าพีเอช การใช้สารลดออกซิเจน การป้องกันไม่ให้สัมผัสกับอากาศ และการใช้ความร้อนโดยการลวก เป็นต้น

1.2 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่มีเอ็นไซม์

จากการศึกษาพบว่าการเกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุและมีปัจจัยที่จะต้องควบคุมหลายอย่าง การเกิดสีน้ำตาลโดยไม่มีเอ็นไซม์อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

1.2.1 ปฏิกิริยาระหว่างกรดอินทรีย์กับน้ำตาล

1.2.2 ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไนโตรเจนกับกรดอินทรีย์

1.2.3 ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไนโตรเจนกับน้ำตาล (Millard reaction)

ฉะนั้นการเกิดสีน้ำตาลอาจเกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งหรือหลายปฏิกิริยารวมกัน (ประชา บุญสิริกุล และ อรวินท์ ไทรกี , 2519)

2. การสูญเสียเนื้อสัมผัส

การอ่อนตัวของเนื้อสัมผัสในผักที่ผ่านการเก็บรักษา เกิดจากการสลายตัวของสารพวกเพคติน ซึ่งเป็นสารที่เชื่อมเซลล์ต่างๆ เข้าด้วยกันทำให้เนื้อเยื่อคงรูปและมีความแข็ง โดยปกติเพคตินจะอยู่ในรูปที่ซับซ้อนและไม่ละลายน้ำเรียกโปรโตเพคติน (Protopectin) เมื่อผ่านการเก็บรักษาจะมีเอ็นไซม์โปรโตเพคติเนส (Protopectinase) กาแลคทิวโรเนส (Galacturonase) และเมทธิลเอสเทอเรส (Methylesterase) เปลี่ยนแปลงสภาพโปรโตเพคติน (Protopectin) ให้เป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนลง (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527)

แนวทางป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของเห็ด

โดยปกติก่อนจะทำการแปรรูปหรือถนอมอาหารโดยวิธีใดก็ตามจะต้องเตรียมวัตถุดิบเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ดี เราไม่สามารถทำการแช่เยือกแข็งให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ดีได้หากใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพต่ำทั้งทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่เราต้องคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพดีคือต้องมีลักษณะwholesome ปราศจากตำหนิ ขนาดสม่ำเสมอ มีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นน้อยและไม่มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527)

นอกเหนือจากขั้นตอนดังกล่าวแล้วอาจจะใช้กรรมวิธีบางอย่างร่วมด้วย เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณค่าอาหารให้น้อยที่สุด คือการลวก (blanching) การจุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ ($Na_2S_2O_5$) หรือการจุ่มในสารละลายกรดซิตริกร่วมกับการใช้ความร้อน

1. การลวก

การลวกเป็นการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบที่อุณหภูมิตั้งแต่ 70-100 °ซ ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเพื่อเป็นการยับยั้งปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ ซึ่งเป็นตัวการที่สำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น และรสชาติของอาหารในระหว่างแปรรูปหรือการเก็บรักษา Pretamo และ Fuster (1982) พบว่าเห็ดฝรั่ง(Agaricus bisporus) ที่ไม่ผ่านการลวก เมื่อนำไปแช่เยือกแข็งและเก็บที่ -20 °ซ จะเกิดสีน้ำตาล และกลิ่นรสเปลี่ยนแปลงไป

การทดสอบที่จะบอกถึงความเพียงพอในการลวกทำได้โดยการตรวจสอบเอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส(Peroxidase)ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ที่ทนร้อนที่สุดตัวหนึ่ง การทดสอบทำโดยใส่ชิ้นของเนื้อเยื่อพืชลงในหลอดทดสอบ เติมน้ำ 5 มล.และสารละลายไกเอคอล (guaiacol)เข้มข้น 1 เปอร์เซนต์ในแอลกอฮอล์กับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 0.5 เปอร์เซนต์ อย่างละ 1 มล.ลงไป เขย่าหลอดทดสอบ สังเกตุการเปลี่ยนสี 2-5 นาที ถ้าการลวกเพียงพอจะไม่เปลี่ยนสี การเกิดสีน้ำตาลแดงแสดงว่าเอ็นไซม์ยังมีกิจกรรมอยู่ (ประสิทธิ์ อติวีระกุล,2527)

จุดประสงค์ของการลวก

1.ยับยั้งปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ อันเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่นและรสชาติของอาหารในระหว่างการแปรรูปหรือการเก็บรักษา ซึ่งในกระบวนการใช้อุณหภูมิต่ำ เช่นการระเหยภายใต้ความดันต่ำ การพ่นแห้ง การทำแห้งแบบระเหิด (Freeze drying) เป็นต้น อุณหภูมิมักไม่สูงพอที่จะยับยั้งเอ็นไซม์ได้

2.ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อของอาหาร ทำให้นุ่มขึ้นหลังคืนรูปในกรณีการทำแห้ง

3.ขจัดสารให้กลิ่นรสที่ไม่ดี เช่น กลิ่นเหม็นเขียว รสขม ทำให้ผักมีรสชาติดีขึ้น

4.ช่วยรักษาแคโรทีนและไวตามินซีไว้ได้ดีขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา

5.ทำให้วัตถุดิบสะอาดและลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

6.เป็นการไล่อากาศออกจากเซลพืช ทำให้ลดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อาจเกิดขึ้น

แต่ในการลวกอาจทำให้เกิดข้อเสียได้คือ ทำให้เกิดการสูญเสียของแข็งที่ละลายน้ำได้ (water soluble solids)และกรดแอสคอร์บิก(ascorbic acid)ทั้งนี้เพราะกรดแอสคอร์บิกมีความไวต่อความร้อน จึงมักสูญหายไปในระหว่างการลวกเสมอ เห็ดชิ่งมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกน้อยทำให้ไม่เพียงพอที่จะป้องกันการเกิดสีน้ำตาล การเสียรสชาติ กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัส จึงมีความจำเป็นต้องมีการทดแทนโดยการเติมกรดแอสคอร์บิกลงไปในน้ำที่ใช้ลวกและเติมไปเรื่อยๆ เพื่อให้ยังคงมีกรดแอสคอร์บิกเป็นตัวป้องกันการเกิดออกซิเดชัน(antioxidant) ทำให้เห็ดไม่เกิดการเปลี่ยนสี นอกจากนี้ยังมีผลต่อ pH และ acidity คือทำให้ pH เพิ่มขึ้นและacidity ลดลง (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527)

วิธีการลวกโดยทั่วไปมี 3 แบบคือ

1.การแช่ในน้ำร้อน (Immersion in hot water) ซึ่งการลวกโดยวิธีนี้ไม่เหมาะสม กล่าวคือสารอาหารที่ละลายน้ำได้ (water soluble nutrient) จะละลายไปในน้ำที่ใช้ลวก

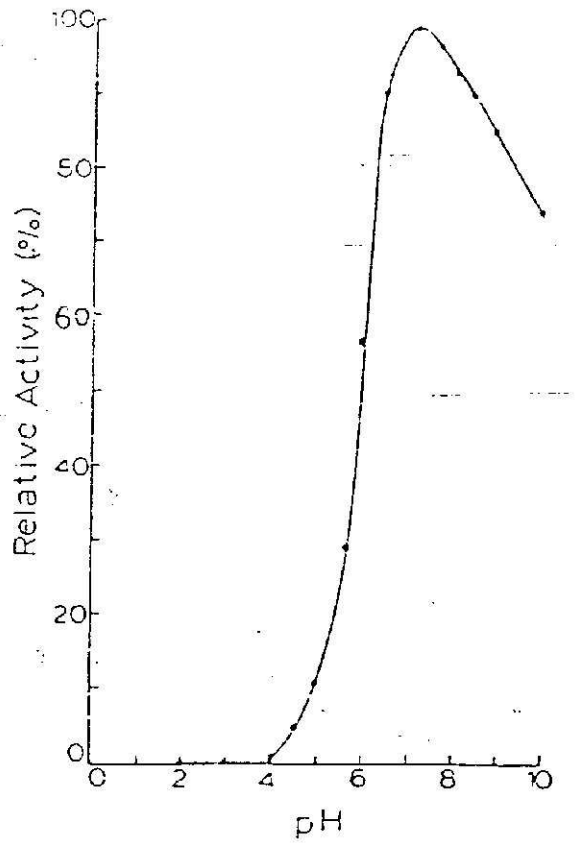
2.การแช่ในไอน้ำร้อน (Immersion in steam) วิธีนี้แม้จะช่วยรักษาสารอาหารไว้แต่เทคนิคในการทำยากที่จะควบคุมกว่าวิธีแรก และเครื่องมือที่ใช้ก็เป็นเครื่องมือเฉพาะ

3.การใช้พลังงานความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ (Microwaves) มักใช้กับพวกผักชิ้นใหญ่ๆ ซึ่งการลวกวิธีนี้มีข้อดีคือ การซึมซาบเข้าไปด้านในของอาหารได้ดีมาก และทำให้เกิดความร้อนอย่างรวดเร็วโดยมีน้ำเป็นตัวดูดพลังงานแล้วเกิดความร้อนขึ้น การสูญเสียสารอาหารน้อยกว่าวิธีทั่วๆไป ส่วนข้อเสียเปรียบคือ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงและทำให้อาหารมีลักษณะแห้งเนื่องจากการสูญเสียน้ำ

2. <u>การแช่ในสารละลายกรด</u>

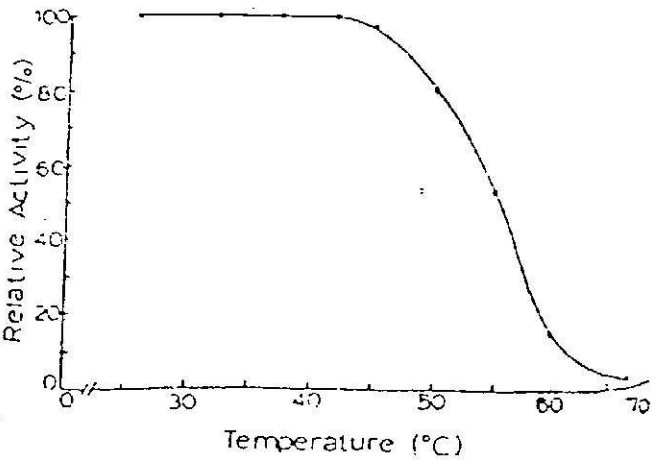
ในเห็ดทั่วไปจะประกอบด้วยเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสทั้งในรูปของ Activeและ Latent form ซึ่งมีกิจกรรมเพิ่มขึ้นตลอดเวลาระหว่างการเก็บ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทำให้เกิดเมลานิน (Melanin) ได้มีการศึกษาเพื่อที่จะยับยั้งเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส โดยการนำเห็ดกระดุม (<u>Agaricus bisporus</u>) แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกซนิดแอล 0.1 เปอร์เซนต์ และสารละลายผสมระหว่างโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ กับ โซเดียมฟอสเฟต 0.1 เปอร์เซนต์ แช่นาน 5 นาที ที่ 10 องศาเซลเซียส ก่อนการลวก (Fang,et al.,1976)

McCord และ Kilara (1983) ได้ศึกษาควบคุมกิจกรรมของเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสด้วยการใช้กรดซิตริกร่วมกับการลวกก่อนการแปรรูปพบว่าทั้งปฏิกิริยาโดยเอ็นไซม์ และ ไม่มีเอ็นไซม์ทำให้เกิดเมลานิน การใช้กรดซิตริกที่พีเอชประมาณ 3.5 มีผลในการรักษาสีของเห็ดได้โดยที่ระดับพีเอชต่ำจะมีผลลดความว่องไวของเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส คือปฏิกิริยาจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อพีเอชลดลงจาก 7 ถึง 4 และจะค่อยๆลดลงเมื่อพีเอชมากกว่า 7 (แสดงในรูปที่ 6) การลดพีเอชให้ต่ำเพียงอย่างเดียวนั้นไม่ใช่การปรับปรุงสีที่ดีแต่กรดที่ใช้ต้องสามารถแทรกซึมผ่านผนังของเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสด้วย ที่ค่าพีเอช 6.5 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 25 ถึง 45° ซ เอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสซึ่งคงตัว 10 นาที จะยังคงว่องไว แต่ในช่วงอุณหภูมิ 45-70 ° ซ ความว่องไวของปฏิกิริยาลดลงทีละน้อยจนไม่มีปฏิกิริยาของเอ็นไซม์เหลืออยู่ (แสดงในรูปที่ 7)



รูปที่ 6 ผลของ pH ต่อความว่องไวในปฏิกิริยาของเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

ที่มา : McCord และ Kilara (1983)



รูปที่ 7 ความคงตัวต่อความร้อนของเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

ที่มา : McCord และ Kilara (1983)

จากการทดลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตและแปรรูปเห็ดได้โดย การใช้น้ำที่มีคุณสมบัติเป็นกรดในกระบวนการลวกซึ่งกรดที่นิยมใช้คือกรดซิตริก มีผลรักษาสีของเห็ดได้เพราะสามารถยับยั้งทั้งปฏิกิริยาโดยเอ็นไซม์(โดยการลดพีเอช)และปฏิกิริยาไม่มีเอ็นไซม์ (โดยโมเลกุลของกรดซิตริก) เมื่อใช้กรดซิตริกเป็นตัวร่วมในกระบวนการลวก ทำให้สามารถลดอุณหภูมิที่ใช้ลวกและยังมีผลในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาของเอ็นไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสด้วย

3. การแช่ในสารละลายซัลเฟอร์

การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการถนอมรักษาผักและผลไม้เป็นวิธีที่เก่าแก่ มีรายงานการใช้สารละลายซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการเก็บรักษาเชอร์รี่ขึ้นระหว่างปี ค.ศ.1920-1930 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปก๊าซหรือรูปสารละลาย มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ ป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ ทำให้ป้องกันการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกและแคโรทีนในอาหาร สามารถป้องกันการเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ ยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลทั้งที่เกิดจากเอ็นไซม์และที่ไม่ได้เกิดจากเอ็นไซม์ มีราคาถูก และเป็นสารซึ่งสามารถถูกขจัดออกจากอาหารได้ง่าย การถนอมโดยการแช่ในสารละลายซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและรวดเร็ว ช่วยให้สามารถถนอมรักษาผักและผลไม้ปริมาณมากๆได้ จุดประสงค์นอกเหนือจากการถนอมรักษาแล้ว สารละลายนี้ยังช่วยฟอกสีธรรมชาติของผักและผลไม้ให้จางลง ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้ในการเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในการแช่ผักและผลไม้ อาจใช้ในรูป ก๊าซ เกลือซัลไฟท์ ไบซัลไฟท์ หรือเมตาไบซัลไฟท์ สำหรับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากสารประกอบซัลไฟท์ต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4 (ประสิทธิ์ อดิวีระกุล , 2527)

ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผักและผลไม้ต้องมีการควบคุมให้มีปริมาณที่พอเหมาะ ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะทำให้มีผลต่อกลิ่นรสได้ ปริมาณที่ต้องการขึ้นกับ

1.ข้อกำหนดในทางกฎหมาย ซึ่งในแต่ละประเทศมีข้อกำหนดให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่แตกต่างกันไป ตัวอย่างปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่อนุญาตให้ใช้ในผักและผลไม้ชนิดต่างๆในอเมริกา แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากเกลือซัลไฟท์ต่างๆ

สารประกอบ	สูตรโครงสร้าง	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์(%)
แคลเซียมซัลไฟท์	$CaSO_3.1^1H_2O$	23.0
โพแตสเซียมซัลไฟท์	K_2SO_3	33.0
โซเดียมซัลไฟท์	Na_2SO_3	50.8
โพแตสเซียมไบซัลไฟท์	$KHSO_3$	53.3
โซเดียมไบซัลไฟท์	$NaHSO_3$	61.6
โพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์	$K_2S_2O_5$	67.4
โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์	$Na_2S_2O_5$	57.7

ที่มา : Joslyn (1970)

ตารางที่ 5 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่อนุญาตให้มีในผักและผลไม้ที่จำหน่ายในอเมริกา

ชนิดผักหรือผลไม้	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)
แอปเปิล	1,000-2,000
แอปริคอต	2,000-4,000
ท้อ	2,000-4,000
แพร์	1,000-2,000
ลูกเกด	1,000-1,500
มันฝรั่ง(สี่เหลี่ยม)	200-500
มันฝรั่งผง	200-400
มันเทศ(สี่เหลี่ยม)	200-500
แครอท(สี่เหลี่ยม)	500-1,000
กะหล่ำปลี(หั่นฝอย)	1,500-2,500

ที่มา : Roberts และ McWeeny (1972)

2.อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา อายุการเก็บของผักและผลไม้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ ในระหว่างการเก็บรักษาซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะสูญเสียไปเรื่อยๆ การเก็บที่อุณหภูมิสูงหรือระยะเวลายาวนานอาจต้องใช้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สูงขึ้น(ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2529)

ได้มีการศึกษาถึงผลของการใช้สาร preservative ต่อคุณภาพของเห็ด พบว่าสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (KMS) 0.1 เปอร์เซนต์ จะปรับปรุงสีของเห็ด และยับยั้งการเจริญของพวกรา ยีสต์และบักเตรีเป็นเวลา 10 วัน ส่วนโซเดียมเบนโซเอตและแคลเซียมโพรพิออเนตก็มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดังกล่าว แต่ไม่มีผลในด้านสีของเห็ด ส่วนเห็ดที่ไม่ได้ preservative จะมีจุลินทรีย์มากหลังจากทำการแช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Bano and Singh,1972)

Bano และ Singh (1972) ได้ศึกษาการใช้ส่วนผสมของ KMS 0.1 เปอร์เซนต์ ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก 0.1 เปอร์เซนต์ กรดซิตริก 0.2 เปอร์เซนต์ และโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.1 เปอร์เซนต์ พบว่าเห็ดมีสีใกล้เคียงกับเห็ดสดมาก แต่พบจุดสีน้ำตาลในเห็ดที่แช่ในสารละลายที่ไม่มีกรดแอสคอร์บิก นอกจากนี้ยังพบว่า ผลของความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ต่ำกว่า 500 ppm จะมีผลในการเก็บรักษาเห็ดได้ไม่ถึง10วัน ระยะเวลาการเก็บเห็ดจะลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

Fang และคณะ (1971) ได้ศึกษาผลของการใช้สารเคมี ต่อลักษณะเนื้อของเห็ดที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิด พบว่าการแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซนต์และลวกในน้ำเดือด 2 นาที ก่อนการทำแห้งจะมีค่า Lee Kramer shear press ต่ำและเมื่อพิจารณาถึงคะแนนของเนื้อสัมผัสในการทดสอบชิมจะได้คะแนนต่ำ ส่วนตัวอย่างที่แช่ในสารละลายซัลเฟอร์ไดออกไซด์200 ppm จะได้คะแนนในการทดสอบชิมสูง และให้ค่า Lee Kramer shear press สูงกว่า ซึ่งจากการทดลองสรุปได้ว่าการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำให้เห็ดมีเนื้อสัมผัสดี ไม่นิ่มเกินไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัสดุ

1.1 เห็ดนางฟ้า (Pleurotus sajor-caju) จากฟาร์มเห็ดคุณประยูร บ้านคานจง กิ่งอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอก 4-7 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่างเพื่อทำการทดลองในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ.2534

1.2 สารเคมี

- กรดซิตริก ระดับคุณภาพ BP
- โพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ ระดับคุณภาพ AR
- สารเคมีอื่น ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ องค์ประกอบทางเคมี และBrowning index ของเห็ดนางฟ้า ระดับคุณภาพ AR

2. อุปกรณ์

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตและเก็บรักษาเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็ง

-เครื่องแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัส (Contact plate freezer) ของกลุ่มบริษัท Samifi Babcock Samifi Internationale. ประเทศอิตาลี

-กล่องใส่เห็ดที่ใช้สำหรับแช่เยือกแข็งขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 16x20x5.5 เซนติเมตร

-ห้องเก็บอุณหภูมิ -20 °ซ

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

-เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ Model 20 ของบริษัท Baush & Lomb

-เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) Model H-103 N ของบริษัท Kokusan

-เครื่องปั่น (Blender)

-เครื่อง Shear press ของบริษัท G-R Electric Mfg ประเทศสหรัฐอเมริกา

-ชุดกลั่นสำหรับหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

-ชุดวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

3. วิธีการทดลอง

3.1 การศึกษาผลของกรดซิตริกต่อการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนางฟ้า

3.1.1 คัดเลือกเห็ดนางฟ้าที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางดอก 4-7 เซนติเมตร และมีสภาพสมบูรณ์ ล้างด้วยน้ำสะอาด ตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ 5 นาที แล้วตัดก้านดอกให้เหลือความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร

3.1.2 ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนางฟ้า อันประกอบด้วย

-ปริมาณกรดซิตริก (พีเอช 4 และ 5)

-เวลาในการแช่ (2 และ 3 นาที)

-อุณหภูมิในการแช่ (40 45 และ 50 °ซ)

นำเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3.1.1 มาศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล โดยแช่ในสารละลายกรดซิตริก พีเอช 4 และ 5 ที่อุณหภูมิ 40 45 และ 50 °ซ เป็นเวลา 2 และ 3 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ 5 นาที แล้วทำการวิเคราะห์ค่า Browning index ตามวิธีของ Meydav และคณะ (1977) ดูรายละเอียดในภาคผนวกที่ 1

3.1.3 เปรียบเทียบค่า Browning index ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกัน ร่วมกับการสังเกตุลักษณะทางกายภาพของเห็ดนางฟ้า เพื่อคัดเลือกสภาวะที่มีค่า Browning index ต่ำและมีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเห็ดสด

3.2 การศึกษาผลของโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ต่อการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนางฟ้า

3.2.1 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.1.1

3.2.2 ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนางฟ้า คือเวลาในการแช่ (2,3,4 และ 5 นาที) ในสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์

นำเห็ดนางฟ้าที่เตรียมไว้มาแช่ในสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 2,3,4 และ 5 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ 5 นาที วิเคราะห์ค่า Browning index ตามวิธีของ Meydav และคณะ (1977) และหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้าง (A.O.A.C.,1984) ดูรายละเอียดในภาคผนวกที่ 1

3.2.3 เปรียบเทียบค่า Browning index และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างร่วมกับการสังเกตุลักษณะเนื้อสัมผัส ภายใต้สภาวะการแช่ที่เวลาต่าง ๆ กัน เพื่อคัดเลือกสภาวะที่มีค่า Browning index ต่ำ และมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างไม่เกิน 100 ppm. (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก,2529) รวมทั้งมีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเห็ดสด

3.3 อัตราการแช่เยือกแข็งเห็ดนางฟ้า

นำเห็ดนางฟ้าที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางดอก 4-7 เซนติเมตร น้ำหนัก 150 กรัม และมีสภาพสมบูรณ์ ล้างด้วยน้ำสะอาด ตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ 5 นาที แล้วตัดก้านดอกให้เหลือความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ใส่กล่องขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 16x20x5.5 เซนติเมตร ที่ใช้สำหรับแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัส ทำการแช่เยือกแข็ง และจดบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุกๆ 3 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิคงที่ เพื่อหา Freezing time ของเห็ดนางฟ้าก่อนที่จะศึกษาผลของวิธีปฏิบัติก่อนการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา

3.4 ศึกษาผลของวิธีปฏิบัติก่อนการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา

3.4.1 วิธีปฏิบัติก่อนการแช่เยือกแข็ง

- การใช้สารละลายกรดซิตริก นำเห็ดนางฟ้าภายใต้สภาวะที่เหมาะสม (จากการศึกษาข้อ 3.1)ร่วมกับการบรรจุแบบปกติ โดยมีเห็ดนางฟ้าที่แช่ในน้ำเดือด 3 นาที บรรจุแบบปกติเป็นชุดควบคุม ชุดการทดลองนี้ได้ศึกษาการบรรจุแบบปกติเพียงอย่างเดียวเนื่องจาก Prestamo และ Fuster (1982) พบว่าการแช่เยือกแข็งเห็ดฝรั่ง (Agaricus bisporus) ร่วมกับการบรรจุแบบสูญญากาศจะไม่มีผลต่อสี เนื้อสัมผัส และกลิ่นของเห็ดฝรั่งแช่เยือกแข็งที่มีอายุการเก็บรักษาน้อยกว่า 8 เดือน

- การใช้สารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ คัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสม (จากการศึกษาข้อ 3.2) ร่วมกับการบรรจุแบบสูญญากาศ และแบบปกติ โดยมีเห็ดนางฟ้าที่แช่ในน้ำธรรมดา 3 นาที ร่วมกับการบรรจุแบบสูญญากาศและแบบปกติเป็นชุดควบคุม

นำเห็ดนางฟ้าที่ผ่านขั้นตอนการปฏิบัติจากข้อ 3.4.1 มาทำการแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัส ที่อุณหภูมิของเครื่อง -40 °ซ เป็นเวลา 63-66 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน

3.4.2 ศึกษาผลของวิธีปฏิบัติก่อนการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพ และอายุการเก็บรักษา จะนำเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งทุกชุดการทดลองมาตรวจสอบคุณภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกๆ 2 อาทิตย์ ดังนี้คือ

-Browning index ตามวิธีของ Meydav และคณะ (1977)

-Drip loss ตามวิธีของ ไพศาล วุฒิจำนงค์ (2531)

-ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง Shear press

-การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่น และความชอบรวม โดยการใช้แบบทดสอบชิมแบบ 9 point hedonic scaleวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการวิเคราะห์ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยDMRT

3.5 <u>การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเห็ดนางฟ้าสด</u> ได้แก่

3.5.1 ความชื้น (A.O.A.C.,1984)

3.5.2 เถ้า (A.O.A.C.,1984)

3.5.3 โปรตีน (Kjeldahl method. A.O.A.C.,1984)

3.5.4 ไขมัน (A.O.A.C.,1984)

3.5.5 คาร์โบไฮเดรต จากการคำนวณ

รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวกที่ 1

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของกรดซิตริกต่อการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนางฟ้า

จากการศึกษาผลของกรดซิตริกต่อการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนางฟ้า เพื่อกำหนดสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็ง โดยใช้ปัจจัยที่แตกต่างกัน คือปริมาณกรดซิตริก (พีเอช 4 และ 5) เวลาในการแช่ (2 และ 3 นาที) และอุณหภูมิในการแช่ (40,45 และ 50°ซ) พบว่าแต่ละปัจจัยมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) แต่เมื่อใช้ทุกปัจจัยดังกล่าวร่วมกันจะไม่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 1) และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ DMRT พบว่าที่ระยะเวลาในการแช่นาน 2 นาที ค่าพีเอชของสารละลายกรดซิตริกเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า Browning index เพิ่มขึ้นทุกระดับอุณหภูมิ แต่ค่า Browning index จะลดลงเมื่อใช้เวลาในการแช่นานขึ้น ส่วนผลของอุณหภูมิ พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่า Browning index จะลดลง แต่เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการแช่นาน 3 นาที การลดลงของค่า Browning index ไม่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6)

ดังนั้นจึงเลือกสภาวะที่เหมาะสม คือมีค่า Browning index ต่ำ และมีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเห็ดสด และเป็นวิธีที่ประหยัดอันได้แก่ การใช้สารละลายกรดซิตริกที่พีเอช 4 และ 5 อุณหภูมิ 40°ซ เป็นเวลา 3 นาที คือสภาวะที่เหมาะสมในการปฏิบัติต่อเห็ดนางฟ้า ก่อนการแช่-เยือกแข็งเพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป

ตารางที่ 6 ค่า Browning index (OD_{420nm}) ของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดซิตริก ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกัน

สารละลายกรดซิตริก	อุณหภูมิ(°ซ)	เวลาที่ใช้ในการแช่(นาที)	
		2	3
pH 4	40	0.064*a	0.062 a
	45	0.063 ab	0.061 a
	50	0.060 b	0.059 a
pH 5	40	0.067 a	0.063 a
	45	0.065 ab	0.062 a
	50	0.063 b	0.061 a

*ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของทีเอช ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) โดยการวิเคราะห์ DMRT

2. ผลของโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ต่อการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนางฟ้า

จากการศึกษาผลของโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ ($K_2S_2O_5$) ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนางฟ้า โดยการแช่ในสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 2,3,4 และ 5 นาที โดยพิจารณาจากค่า Browning index ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง และลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าเวลาในการแช่มีผลต่อค่า Browning-index และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเห็ดนางฟ้า ดังตารางที่ 7 คือเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่าBrowning index ลดลง และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างเพิ่มขึ้น แต่ทุกชุดการทดลองมีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเห็ดสด และมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างไม่เกิน 100 ppm ซึ่งเป็นปริมาณที่ยอมรับได้ในอาหารที่ใช้บริโภคโดยตรง (Lueck,1980) จึงได้ทำการทดลองเพิ่มเวลาในการแช่เป็น 7 และ 8 นาที ได้ผล คือปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเห็ดนางฟ้าเพิ่มขึ้น แต่ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) จึงได้เลือกสภาวะที่เหมาะสม คือแช่เห็ดนางฟ้าในสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 7 นาที เพื่อนำไปศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป

3. อัตราการแช่เยือกแข็งเห็ดนางฟ้า

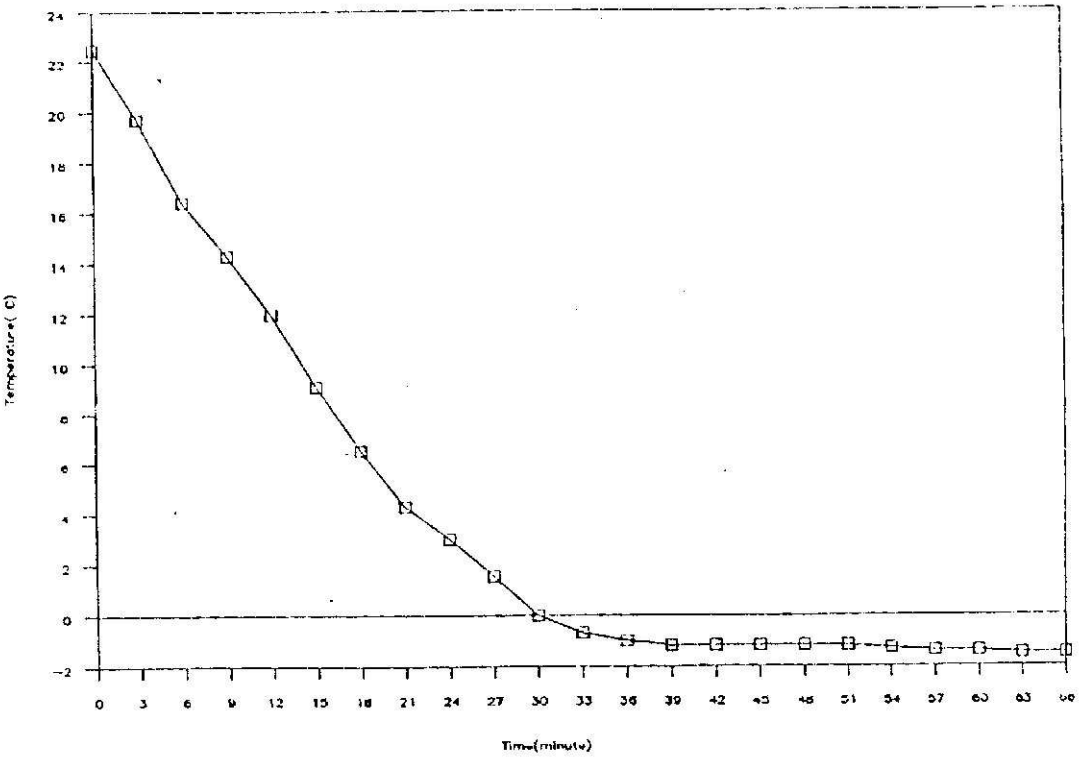
จากการศึกษาอัตราการแช่เยือกแข็งเห็ดนางฟ้า ด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสที่อุณหภูมิของเครื่องประมาณ -40 °ซ พบว่าเห็ดนางฟ้ามีอุณหภูมิเริ่มต้นก่อนการแช่เยือกแข็งประมาณ 22.4-22.8 °ซ โดยเห็ดนางฟ้าที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอก 4-7 เซนติเมตร ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งจนกระทั่งจุดกึ่งกลางของเห็ดนางฟ้ามีอุณหภูมิคงที่ประมาณ (-2) - (-1) °ซ นาน 63-66 นาที (รูปที่ 8) โดยพบว่าจุดเยือกแข็งของเห็ดนางฟ้ามีค่าใกล้เคียงกับจุดเยือกแข็งของน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากเห็ดนางฟ้าที่ใช้ในการทดลองนี้มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ 93.58 เปอร์เซนต์ ซึ่งใกล้เคียงกับการรายงานของ Bano และ Rajarathnam (1963) ว่าเห็ดนางฟ้ามีน้ำเป็นองค์ประกอบ 91.0 - 93.0 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 7 ค่า Browning index (OD_{420nm}) และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเห็ดนางฟ้า เมื่อแช่ในสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์

เวลาที่แช่(นาที)	Browning index	ปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในเห็ด (ppm)
2	0.068* a	14.19 a
3	0.063 b	14.87 b
4	0.059 c	15.01 c
5	0.055 d	15.23 d
7	-	17.57 e
8	-	17.73 e

*ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) โดยการวิเคราะห์ DMRT



รูปที่ 8 อัตราการแช่เยือกแข็งเห็ดนางฟ้า

4. ผลของวิธีปฏิบัติก่อนการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็ง

จากการศึกษาผลของการใช้สารละลายกรดซิตริกร่วมกับความร้อนและการบรรจุแบบปกติ โดยมีเห็ดนางฟ้าที่แช่ในน้ำเดือด 3 นาที บรรจุแบบปกติเป็นชุดควบคุม และการใช้สารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ร่วมกับการบรรจุแบบสูญญากาศและแบบปกติ โดยมีเห็ดนางฟ้าที่แช่ในน้ำธรรมดา 3 นาทีร่วมกับการบรรจุแบบสูญญากาศและแบบปกติเป็นชุดควบคุม เพื่อปรับปรุงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งได้ผลดังนี้คือ

4.1 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

- สี วัดในรูป Browning index (OD_{420nm}) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 8 พบว่าค่า Browning index ของทุกชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง($p<0.01$)(ตารางผนวกที่ 2) ค่า Browning index เริ่มต้นของชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซิตริกร่วมกับความร้อน (ชุดการทดลองที่ 1และ2) และชุดที่แช่ในน้ำเดือด 3 นาที (ชุดการทดลองที่ 3) มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนชุดการทดลองที่ใช้สารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ และการใช้น้ำธรรมดาร่วมกับการบรรจุแบบปกติและแบบสูญญากาศ (ชุดการทดลองที่ 4 5 6 และ 7) มีค่าใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของวัตถุดิบเริ่มต้น เมื่อเก็บรักษาครบ 3 เดือน พบว่าชุดการทดลองที่ผ่านการแช่ในน้ำเดือดนาน 3 นาที จะมีค่า Browning index เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซิตริกร่วมกับความร้อนมีค่า Browning index สูงกว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอุณหภูมิที่ใช้ร่วมกับสารละลายกรดซิตริก คือ 40°ซ มีผลยับยั้งเอ็นไซม์เพียงบางชนิดเท่านั้น เมื่อเก็บนานขึ้นจึงอาจเกิดปฏิกริยาสีน้ำตาลจากเอ็นไซม์ได้อีก สำหรับการใช้กรดซิตริกที่pH 4 และ 5 ให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ส่วนการใช้สารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ให้ผลดีกว่าการแช่ด้วยน้ำธรรมดา เมื่อเปรียบเทียบวิธีการบรรจุแบบสูญญากาศและแบบปกติของเห็ดที่ผ่านการแช่น้ำธรรมดา และสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ พบว่าชุดการทดลองที่บรรจุแบบสูญญากาศ(ชุดการทดลองที่ 4 และ 6)จะมีค่า Browning-index น้อยกว่าการบรรจุแบบปกติ (ชุดการทดลองที่ 5และ7) เนื่องจากการบรรจุแบบสูญญากาศเป็นการกำจัดออกซิเจนซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอ็นไซม์ (ประชา บุญสิริกุล และอรวินท์ โทรกี,2519)

ตารางที่ 8 ค่า Browning index (OD_{420nm}) ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งตลอดเวลาการเก็บที่ -20 °ซ

ชุดการทดลอง*	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
1	0.059 b	0.072 bc	0.070 d	0.071 c	0.084 c	0.085 b	0.085 b
2	0.057 b	0.073 b	0.072 d	0.072 c	0.080 c	0.085 b	0.085 b
3	0.057 b	0.056 d	0.058 e	0.060 d	0.063 e	0.064 e	0.066 d
4	0.066 a	0.068 c	0.078 c	0.078 b	0.069 d	0.070 d	0.070 d
5	0.065 a	0.068 c	0.084 b	0.082 b	0.072 d	0.080 c	0.080 c
6	0.067 a	0.082 a	0.083 b	0.082 b	0.093 b	0.085 b	0.098 a
7	0.068 a	0.080 a	0.089 a	0.098 a	0.098 a	0.099 a	0.102 a

* 1 = ชุดการทดลองที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกพีเอช 4 อุณหภูมิ 40 °ซ เวลา 3 นาที
2 = ชุดการทดลองที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกพีเอช 5 อุณหภูมิ 40 °ซ เวลา 3 นาที
3 = ชุดการทดลองที่แช่ในน้ำเดือด เวลา 3 นาที
4 = ชุดการทดลองที่แช่ในสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ เวลา 7 นาที ร่วมกับการบรรจุแบบสูญญากาศ
5 = ชุดการทดลองที่แช่ในสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ เวลา 7 นาที ร่วมกับการบรรจุแบบปกติ
6 = ชุดการทดลองที่แช่ในน้ำธรรมดา เวลา 3 นาที ร่วมกับการบรรจุแบบสูญญากาศ
7 = ชุดการทดลองที่แช่ในน้ำธรรมดา เวลา 3 นาที ร่วมกับการบรรจุแบบปกติ

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของแต่ละชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.01$) โดยการวิเคราะห์ DMRT

- ลักษณะเนื้อสัมผัส เมื่อวัดด้วยเครื่อง Shear press ได้ผลแสดงดังตารางที่ 9 พบว่าค่า shear press ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) แต่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) (ตารางผนวกที่ 3) ที่เวลาเริ่มต้นทุกชุดการทดลองมีค่า Shear press ที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเก็บนานขึ้นชุดการทดลองที่ใช้โพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ (ชุดการทดลองที่ 4 และ 5) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ เพราะซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีผลทำให้เนื้อสัมผัสดี และให้ค่า Lee Kramer shear press สูง (Fang,et al.,1972) สำหรับวิธีการบรรจุแบบสูญญากาศและแบบปกติของเห็ดที่ผ่านการแช่น้ำธรรมดา และแช่สารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ 0.2 เปอร์เซนต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) (เปรียบเทียบชุดการทดลองที่ 4 กับ 5 และ 6 กับ 7)

- ค่า Drip loss ได้ผลแสดงดังตารางที่ 10 พบว่าทุกชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) (ตารางผนวกที่ 4) ที่เวลาเริ่มต้นค่า drip loss ของทุกชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของวัตถุดิบเริ่มต้น แต่เมื่อเก็บนานขึ้น พบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายกรดซิตริกร่วมกับความร้อน (ชุดการทดลองที่ 1 และ 2) มีค่า Drip loss สูงกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำเดือด และชุดการทดลองที่ใช้สารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ (ชุดการทดลองที่ 4 และ 5) มีค่า drip loss ต่ำกว่าชุดการทดลองที่แช่น้ำธรรมดา สำหรับวิธีการบรรจุแบบสูญญากาศและแบบปกติของเห็ดที่ผ่านการแช่น้ำธรรมดา และแช่สารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ 0.2 เปอร์เซนต์ ให้ค่าที่แตกต่างกันน้อยมาก

4.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งทุกชุดการทดลอง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกระยะ 2 สัปดาห์ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 9 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Shear press (กรัม/ตารางเซนติเมตร) ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็ง ตลอดเวลาการเก็บที่ -20 °ซ

ชุดการทดลอง	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
1*	6.63 a	7.25 a	5.18 cd	7.19 ab	5.67 a	6.00 a	6.59 b
2	5.76 a	4.92 b	5.80 cd	6.50 ab	5.11 a	5.38 a	4.89 b
3	4.93 a	5.52 ab	4.43 d	3.66 c	6.90 a	6.43 a	6.57 b
4	5.83 a	6.45 ab	8.73 a	6.90 ab	6.59 a	5.40 a	8.35 a
5	5.95 a	6.37 ab	7.84 ab	5.72 b	6.66 a	6.60 a	8.49 a
6	6.49 a	6.47 ab	6.12 bcd	6.33 ab	5.49 a	5.59 a	5.50 b
7	6.10 a	6.89 a	6.80 bc	7.83 a	6.17 a	5.61 a	4.95 b

*เหมือนตารางที่ 8

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของแต่ละชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.01$) โดยการวิเคราะห์ DMRT

ตารางที่ 10 แสดงเปอร์เซนต์ Drip loss ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็ง ตลอดเวลาการเก็บรักษาที่-20 °ซ

ชุดการทดลอง	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
1*	6.10 d	32.00 bc	31.48 b	32.11 c	32.08 cd	33.03 c	34.51 b
2	2.43 e	31.30 c	32.45 b	32.74 c	29.72 d	29.32 d	29.39 c
3	26.90 a	21.51 d	25.85 c	22.44 d	22.74 e	22.56 e	22.23 d
4	2.51 e	32.49 bc	32.26 b	33.47 bc	35.06 b	35.44 c	35.29 b
5	14.49 b	31.15 c	30.44 b	34.43 bc	34.39 bc	35.19 c	36.08 b
6	8.50 cd	34.72 ab	37.05 a	35.90 b	40.28 a	39.17 b	40.17 a
7	9.51 c	35.49 a	35.47 a	40.81 a	38.32 a	42.40 a	39.35 a

*เหมือนตารางที่ 8

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของแต่ละชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.01$) โดยการวิเคราะห์ DMRT

- สี คะแนนการยอมรับสีของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งได้ผลแสดงดังตารางที่ 11 ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง($p<0.01$) (ตารางผนวกที่ 5) โดยมีคะแนนการยอมรับลดลงเมื่อลายุการเก็บนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการวัดค่าสีโดยการใช้ค่า Browning index คือมีค่า Browning index ลดลง ทุกชุดการทดลองที่เวลาเริ่มต้นได้รับการยอมรับใกล้เคียงกันคือชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก และเมื่อเก็บรักษาครบ 3 เดือน พบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ ร่วมกับการบรรจุแบบสูญญากาศได้รับการยอมรับสูงสุดคือชอบปานกลาง เพราะสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ เป็นตัวช่วยปรับปรุงสีของเห็ด (Bano and Singh,1972) และการบรรจุแบบสูญญากาศเป็นการกำจัดออกซิเจนซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอ็นไซม์

- เนื้อสัมผัส ได้ผลแสดงดังตารางที่ 11 พบว่าเนื้อสัมผัสของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งทุกชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง($p<0.01$)(ตารางผนวกที่ 5) เมื่อเริ่มต้นทุกชุดการทดลองได้รับคะแนนการยอมรับที่แตกต่างกันคือ ชุดการทดลองที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก pH 5 อุณหภูมิ 40°ซ เวลา 3 นาที ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดคือชอบมาก เมื่อเก็บรักษาครบ 3 เดือนยังคงได้รับการยอมรับมากกว่า สำหรับวิธีการบรรจุพบว่าเมื่อเริ่มต้นการบรรจุแบบปกติได้รับการยอมรับมากกว่าการบรรจุแบบสูญญากาศ แต่เมื่อเก็บรักษาครบ 3 เดือน พบว่าคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกัน

- กลิ่น คะแนนการทดสอบได้ผลแสดงดังตารางที่11 คะแนนการยอมรับกลิ่นของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) แต่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง($p<0.01$) (ตารางผนวกที่ 5) เมื่อเริ่มต้นทุกชุดการทดลองจะได้คะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่เมื่อเก็บนานขึ้น พบว่าชุดการทดลองที่ลวกในน้ำเดือดจะได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดคือ ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง เนื่องจากการลวกจะช่วยขจัดสารที่ให้กลิ่นรสไม่ดี (ประสิทธิ์ อติวีระกุล,2527) ส่วนการใช้สารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ ได้รับคะแนนการยอมรับสูงกว่าการแช่ด้วยน้ำธรรมดา เมื่อเปรียบเทียบวิธีการบรรจุแบบสูญญากาศและแบบปกติของเห็ดที่ผ่านการแช่น้ำธรรมดาและสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ พบว่าชุดการทดลองที่บรรจุ

ตารางที่ 11 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งตลอดการเก็บรักษาที่ -20° ซ

คุณลักษณะ	ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
		0	2	4	6	8	10	12
สี	1*	7.0** ab	6.1 ab	6.0 c	5.6 b	5.8 b	5.8 bc	5.8 b
	2	7.0 ab	5.1 b	7.5 a	7.3 a	6.0 b	6.3 b	6.0 b
	3	6.6 ab	5.9 ab	6.5 bc	6.4 ab	5.9 b	5.8 bc	5.9 b
	4	7.4 a	6.8 a	7.4 ab	7.3 a	7.4 a	7.4 a	7.0 a
	5	6.0 b	6.1 ab	6.0 c	6.0 b	5.3 b	5.3 c	5.3 b
	6	6.4 ab	5.8 ab	5.5 c	5.4 b	5.3 b	5.3 c	5.3 b
	7	6.5 ab	5.8 ab	6.4 c	6.4 ab	5.4 b	5.0 c	5.4 b
เนื้อสัมผัส	1	6.0 cd	5.4 b	6.0 b	6.0 b	5.9 b	5.8 b	6.0 b
	2	7.9 a	7.8 a	8.0 a	8.0 a	7.9 a	7.9 a	8.0 a
	3	7.4 ab	7.6 a	8.0 a	8.0 a	7.6 a	7.4 a	7.6 a
	4	6.1 cd	5.8 b	5.0 c	4.9 c	4.5 c	4.8 c	4.6 c
	5	6.6 bc	5.9 b	6.0 b	5.8 bc	5.5 b	5.4 bc	5.5 bc
	6	5.6 bc	5.4 b	5.6 bc	5.5 bc	5.4 b	5.3 bc	5.3 bc
	7	6.6 bc	5.5 b	6.5 b	6.4 b	5.4 b	5.3 bc	5.3 bc
กลิ่น	1	6.1 a	5.4 a	5.5 ab	5.0 c	5.3 bcd	5.0 cd	5.0 c
	2	5.8 a	5.1 a	5.5 ab	5.4 bc	5.0 cd	5.6 abc	5.0 c
	3	6.5 a	5.8 a	6.5 a	6.5 a	6.8 a	6.5 a	6.6 a
	4	5.4 a	5.1 a	5.5 ab	5.4 bc	5.4 bcd	5.3 bcd	5.4 bc
	5	5.5 a	5.1 a	6.0 ab	6.1 ab	6.3 ab	6.3 ab	6.3 ab
	6	5.6 a	5.4 a	5.1 b	4.9 c	4.6 d	4.4 d	4.8 c
	7	5.6 a	5.4 a	5.0 b	5.0 c	5.9 abc	5.6 abc	4.6 c
ความชอบรวม	1	7.0 a	7.1 a	6.9 a	6.7 a	6.1 a	6.0 a	5.8 a
	2	7.1 a	6.9 a	6.8 a	6.6 a	6.3 a	6.2 a	5.8 a
	3	6.0 b	6.0 b	5.9 b	5.8 b	5.9 a	5.4 b	5.3 b
	4	6.9 a	6.5 a	6.5 ab	6.0 ab	6.0 a	5.9 a	5.9 a
	5	6.8 a	6.7 a	6.9 a	6.3 a	6.0 a	5.6 ab	5.8 a
	6	6.0 b	5.5 b	5.4 bc	5.0 c	5.0 b	4.8 c	4.6 c
	7	6.0 b	5.6 b	5.5 bc	5.3 bc	5.0 b	4.8 c	4.4 c

*เหมือนตารางที่ 8

**คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบชิม 8 คน และมีความหมายว่าชอบมากที่สุด=9,ชอบมาก=8,...,ไม่ชอบที่สุด = 1
อักษรที่เหมือนกันแต่ละสดมภ์ ในแต่ละคุณลักษณะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$)โดยการวิเคราะห์DMRT

แบบสูญญากาศ(ชุดการทดลองที่ 4 และ 6) ได้รับการยอมรับใกล้เคียงกับการบรรจุแบบปกติ (ชุดการทดลองที่ 5 และ 7)

- ความชอบรวม คะแนนการทดสอบได้ผลแสดงดังตารางที่11 สำหรับคะแนนการยอมรับรวมของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งทุกชุดการทดลอง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p< 0.01$) (ตารางผนวกที่ 5) ซึ่งเป็นผลจากคุณภาพสี เนื้อสัมผัส และกลิ่นที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเริ่มต้น ชุดการทดลองที่ใช้กรดซิตริก (ชุดการทดลองที่ 1 และ 2) กับชุดการทดลองที่ใช้สารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์(ชุดการทดลองที่ 4 และ 5) มีคะแนนการยอมรับใกล้เคียงกันทุกช่วงเวลา คือชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และสูงกว่าชุดการทดลองที่แช่น้ำเดือด 3 นาทีและแช่น้ำธรรมดา เมื่อเก็บรักษานานขึ้นคะแนนความชอบรวมลดลงทุกชุดการทดลอง แต่ชุดการทดลองที่ 1 2 4 และ 5 จะได้รับการยอมรับสูงกว่าชุดอื่นๆ (ชุดการทดลองที่ 3 6 และ 7) สำหรับวิธีการบรรจุ พบว่าการบรรจุแบบสูญญากาศและแบบปกติ(ชุดการทดลองที่ 4 และ 5 กับ 6 และ 7) จะได้รับคะแนนความชอบรวมที่ใกล้เคียงกันทุกช่วงเวลาที่ทดสอบ

5. <u>การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเห็ดนางฟ้าสด</u>

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเห็ดนางฟ้าสด ที่ได้จากฟาร์มเห็ดคุณประยูรได้ผลแสดงดังตารางที่ 12 พบว่าเห็ดนางฟ้ามีความชื้นสูงถึง 93.58 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักทั้งหมด มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน เส้นใยและเถ้าอยู่ 65.65 19.70 8.13 และ 6.36เปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ BanoและRajarathnam(1963) ส่วนปริมาณไขมันในเห็ดนางฟ้าเท่ากับ0.16 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้งซึ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของBano และ Rajarathnam(1963)คือมีไขมันระหว่าง1.0 ถึง9.4เปอร์เซนต์ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเห็ดนางฟ้าที่ใช้วิเคราะห์มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีของเห็ดนางฟ้าสด

องค์ประกอบ	ปริมาณ(%ของน้ำหนักแห้ง*)
ความชื้น	93.58 ± 0.786
คาร์โบไฮเดรต **	65.65 ± 0.000
โปรตีน	19.70 ± 1.054
ไขมัน	0.16 ± 1.3×10^{-4}
เส้นใย	8.13 ± 0.156
เถ้า	6.36 ± 0.022

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 4 ซ้ำ

**ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการคำนวณ

สรุปผลการทดลอง

ผลของการแช่เห็ดนางฟ้าในสารเคมีก่อนการแช่เยือกแข็งเพื่อยับยั้งการเปลี่ยนสี และรักษาความคงตัวของเนื้อสัมผัสของเห็ด โดยการใช้สารละลายกรดซิตริก และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมของการใช้กรดซิตริกคือพีเอช 4 และ 5 อุณหภูมิ 40° ซ เป็นเวลา 3 นาที สำหรับการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ สภาวะที่เหมาะสมคือการแช่เป็นเวลานาน 7 นาที เนื่องจากมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างน้อยกว่า 100 ppm และมีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเห็ดสด

เมื่อทำการแช่เยือกแข็งเห็ดนางฟ้าด้วยเครื่องเพลทสัมผัสพบว่าใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งจนกระทั่งจุดกึ่งกลางของเห็ดนางฟ้ามีอุณหภูมิคงที่ประมาณ -2 -(-1)° ซ นาน 63-66 นาที

เมื่อเก็บรักษาที่ -20°ซ พบว่าการใช้สารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์เข้มข้น 0.2 เปอร์เซนต์ นาน 7 นาที ช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งได้ดีกว่าการใช้สารละลายกรดซิตริก pH 4 และ 5 และช่วยรักษาเนื้อสัมผัสของเห็ด แต่ให้ค่า Drip loss ที่ใกล้เคียงกัน การใช้สารละลายกรดซิตริกที่ pH 4 และ 5 ให้ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในแต่ละคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นเนื้อสัมผัส ซึ่งpH 5ได้รับการยอมรับสูงกว่า สำหรับวิธี พบว่าการบรรจุแบบสูญญากาศช่วยรักษาสีของเห็ดได้ดีกว่าการบรรจุแบบปกติ

เอกสารอ้างอิง

นิรนาม 2530. การเพาะเห็ดนางรมนางฟ้า. กองบรรณาธิการเฉพาะกิจ. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม บางเขน กรุงเทพฯ. หน้า 8-27.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2520. เห็ดนางฟ้า. เห็ดวิทยา. 1(9):323-332.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2523. การเพาะเห็ดและเห็ดบางชนิดในประเทศไทย. ภาควิชาชีววิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ:88-101.

ประชา บุญยสิริกุล และ อรวินท์ โกรกี. 2519. อาหาร. สมาคมเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทย กรุงเทพ. หน้า 140.

ประสิทธิ์ อติวีระกุล. 2527. เทคโนโลยีของผลไม้และผัก. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. 361 หน้า.

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2529. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. 458 หน้า

ไพศาล วุฒิจำนงค์. 2531.เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. 36 หน้า.

อานนท์ เลิศระกูล. 2523. การเพาะเห็ดนางรม. กองวิจัยโรคพืช. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 50 หน้า.

A.O.A.C. 1984. Official methods of analysis of the association of official chemists.14 th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Bano,Z. and Rajarathnam,S. 1963. Pleurotus mushroom as nutritious food. Central Food Technological Research Institute Mysore 570013,India.

Bano,Z. and Singh,N.S. 1972. Steeping preservative of an edible mushroom (Agaricus bisporus). J.Food Sci Technol. 9(1):13-15.

Fang,T.T., Footrakul,P. and Luh,B.S. 1971. Effect of blanching,chemical treatment and freezing methods on quality of freeze-dried mushrooms. Food Technol.36:1044-1048.

Fang,T.T.,Ou,S.M. and Lin,C.H. 1976. Effects of chemical treatments before or after blanching and freezing methods on the quality of frozen mushrooms. Mushroom Science. 9(1):319.

Fennema,O.R. 1975. Water and ice. Principles of Food Science : Part I Food Chemistry. ed.O.R. Fennema. Marcel Dekker, Inc.,New York and Basel. p 126.

Joslyn,M.A. 1970. Methods in food analysis 2nd ed. Acadimic Press, New York.

Kader,A.A.1980. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. Food Technol.34(3):51-53.

Lueck,E.1980. Antimicrobial food additive:characteristics,uses,effects. Springer-Verlag,Berlin,Heidelberg,New York.

McCord,J.D.and Kilara,A.1983.Control of enzymatic browning in processed mushrooms (Agaricus bicporus). J. Food Science. 48:1479.

Meydav,S.,Saguy,I., and Kopelman,J.J. 1977. Browning determination in citrus products. J. Agric. Food Chem. 25:602.

Nickerson,J.T.R. and Ronsivalli,L.J. 1976. Elementary Food Science.The AVI Publishing Co; Westport,Conn.

Prestamo,G.and Fuster,C. 1982. Influence of various treatment and blanching on the quality of mushroom. Refrigeration Sci.& Technol. 4:290-296.

Roberts,A.C., and McWeeny,D.J. 1972. The uses of sulfer dioxide in the food industry. Food Technol.7:221.

Van Arsdel,W.B. 1969.Estimating quality change from a known temperature history. In:Quality of Frozen Foods. John Wiley & Sons,New York.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1

วิธีการตรวจสอบคุณภาพและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเห็ดนางฟ้า

1.การวิเคราะห์ค่า Browning index (Meydav.et al.,1977)

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1.เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) Model H-103 N ของบริษัท Kokusan

2.เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ Model 20 ของบริษัท Baush & Lomb

3.เครื่องปั่น (Blender)

4.เครื่องชั่งน้ำหนัก 3 ตำแหน่ง

5.แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซนต์

วิธีวิเคราะห์

1.1 นำเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งที่ผ่านการทำละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 4° ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มา 30 กรัม เติมแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซนต์ 70 กรัม

1.2 ปั่นผสมในเครื่องปั่น ใช้ความเร็วต่ำเป็นเวลา 2 นาที

1.3 นำไปเซนตริฟิวก์ที่อุณหภูมิ 20°ซ ความเร็ว 4,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที

1.4 แยกส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร

2.การวิเคราะห์หาเปอร์เซนต์ Drip loss (ไพศาล วุฒิจำนงค์,2531)

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดรูปชมพู่ (Flask)

2. กรวย

3. ถุงพลาสติก

4. เครื่องชั่งน้ำหนัก 3 ตำแหน่ง

วิธีวิเคราะห์

2.1 นำเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งที่เก็บที่ -20° ซ มาชั่งน้ำหนักประมาณ 10-15 กรัม (w_1)

2.2 นำเห็ดนางฟ้าจากข้อ 1 วางในกรวยที่มีขวดรูปชมพู่รองรับ แล้วใส่ในถุงพลาสติก ผูกปากถุงให้แน่น

2.3 เก็บที่อุณหภูมิ 4° ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.4 ชั่งน้ำหนักเห็ดในกรวย (w_2)

เปอร์เซนต์ Drip loss = $(w_1 - w_2) \times 100 / w_1$

3.การวิเคราะห์ค่า Shear press

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

- เครื่อง Shear press

วิธีวิเคราะห์

3.1 นำเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งที่ผ่านการทำละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 4° ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาตัดตามแนวขนานกับก้านดอกให้มีความกว้างประมาณ 1เซนติเมตร

3.2 วัดความเหนียวด้วยเครื่อง Shear press ที่ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

- ก้านดอก
- รอยต่อของก้านดอกกับส่วนของดอก
- ส่วนของดอก

4.การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (A.O.A.C.,1984)

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. ชุดกลั่นหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์
2. 0.1 N Iodine solution
3. 10% Sodium bicarbonate solution
4. 1% Starch solution
5. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น

วิธีวิเคราะห์

4.1 เติมน้ำ 250 มล. ในขวดกลั่น ต้มให้เดือดเป็นเวลา 5 นาที

4.2 เติม 10% Sodium bicarbonate solution 5 มล.

4.3 ชั่งตัวอย่างอาหารแห้งที่บดละเอียดจำนวน 10 กรัม บนกระดาษกรอง แล้วม้วนใส่ในขวดกลั่น

4.4 ต่อเครื่องกลั่นให้ปลายหลอดแก้วจุ่มอยู่ในบีกเกอร์รองรับที่เติมน้ำ 200 มล.กับน้ำแป้ง 2 มล.

4.5 เติม 0.1 N Iodine solution ที่อยู่ในบิวเรต ลงในบีกเกอร์รองรับ 1 หยด

4.6 เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 25 มล.ลงในขวดกลั่นและปิดจุกทันที

4.7 ให้ความร้อนกับขวดกลั่น โดยให้ของเหลวเดือดภายใน 2 นาที

4.8 สังเกตุดูความเร็วของการเปลี่ยนแปลงของสารละลายในบีกเกอร์รองรับ ค่อยๆเติม 0.1 N Iodine solution จากบิวเรตเพื่อให้ Iodine solution ยังเหลืออยู่เล็กน้อยเสมอและคนบีกเกอร์รองรับเบาๆ

4.9 เมื่อการกลั่นดำเนินต่อไป โดยที่การเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้นช้าลงแล้ว เติม Iodine solution ทีละหยด แล้วคนทุกครั้ง จุดยุติเกิดขึ้นใช้เวลามากกว่า 1 นาทีในการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายในขวดรองรับหลังการเติม Iodine solution การกลั่นและการไตเตรตจะเสร็จสิ้นภายใน 15 นาที

$$ppm\ SO_2 = 0.0032 \times (A-B) / \text{น้ำหนักตัวอย่าง}$$

1 มล.ของ 0.1 N Iodine solution = 0.0032 กรัมของ SO_2

A = ปริมาตรของ 0.1 N Iodine solution ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง

B = ปริมาตรของ 0.1 N Iodine solution ที่ใช้ในการไตเตรต blank

5. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (A.O.A.C.,1984)

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Aluminium can)
2. ตู้อบไฟฟ้า (Electric oven)
3. เดสิกเคเตอร์ (Desiccator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีวิเคราะห์

5.1 อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105° ซ 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในเดสิกเคเตอร์ จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะถึงที่อุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก

5.2 กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

5.3 ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแล้ว นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105° ซ เป็นเวลาประมาณ 4-5 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ในเดสิกเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีก และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

ปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละของน้ำหนัก = $\frac{100 \times \text{ผลต่างน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$

6.การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (A.O.A.C.,1984)

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. เตาเผา (Muffle furnace)
2. เครื่องชั่งไฟฟ้า
3. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible)
4. เดสิกเคเตอร์ (Desiccator)

วิธีวิเคราะห์

6.1 เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600° ซ เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง นำออกจากเตาเผาใส่ในเดสิกเคเตอร์ ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก

6.2 กระทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 2.1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

6.3 ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 ° ซ นาน 3-4 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทาอ่อน นำออกจากเตาเผาใส่ในเดสิกเคเตอร์ ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก แล้วนำกลับไปเผาอีก ประมาณ 30 นาที กระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{100(w_2-w)}{w_1-w}$$

w = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบเป็นกรัม

w_1 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างก่อนเผาเป็นกรัม

w_2 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังเผา

7.การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method (A.O.A.C.,1984)

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์ย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask ขนาด 250-300 มล. และ Heating mantle)
2. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน (Semi-microdistillation Apparatus)
3. ขวด (Erlenmeyer flask) ขนาด 100 มล.
4. ปิเปต (Pipette) ขนาด 5 และ 10 มล.
5. บิวเรตต์ (Buret) ขนาด 25 มล.
6. ลูกแก้ว (Glass bead)
7. กระดาษกรอง
8. สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) และ โพแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตราส่วน 1:10
9. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Conc.-H_2SO_4)
10. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 60 เปอร์เซนต์
11. กรดบอริกเข้มข้น 4 เปอร์เซนต์
12. กรดเกลือเข้มข้น 0.02 นอร์มอล
13. อินดิเคเตอร์ (Indicator) เป็นสารผสมระหว่างเมทิลเรด เมทีลีนบลู และโบรโมคลีซอลกรีน

วิธีวิเคราะห์

7.1 ชั่งน้ำหนักบนกระดาษกรองให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.1-1.0 กรัม ห่อให้มิดชิด ใส่ลงในขวดย่อยไปรตีน (Kjaldahl flask)

7.2 ใส่สารผสมระหว่าง $CuSO_4$ และ K_2SO_4 5 กรัม

7.3 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มล.

7.4 ใส่ลูกแก้ว

7.5 ย่อยบนเตาไฟ (Heating mantel) จนกระทั่งได้สารละลายใส

7.6 ปล่อยทิ้งให้เย็น

7.7 เติมน้ำกลั่นร้อนลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว

7.8 ปล่อยทิ้งให้เย็น นำมาถ่ายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล. ใช้น้ำกลั่นล้างคอขวดให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.

7.9 จัดอุปกรณ์กลั่นรวมทั้งเปิดสวิทช์ไฟและเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่น(Condenser)

7.10 นำขวด (Erlenmeyer flask) ขนาด 100 มล. ซึ่งบรรจุกรดบอริกเข้มข้น 4 เปอร์เซนต์ ปริมาตร 5 มล. ผสมน้ำกลั่น 5 มล. และเติมอินดิเคเตอร์เรียบร้อยแล้ว ไปรองรับของเหลวที่กลั่น โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

7.11 ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปต (Transfer pipette) ขนาดความจุ 10 มล. ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 20 มล.

7.12 กลั่นประมาณ นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

7.13 ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับกรดเกลือเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง

7.14 ทำ blank ตามข้อ 1-13 ยกเว้นไม่ใส่ตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีนร้อยละของน้ำหนัก (กรัม)} = \frac{(A-B) \times N \times 14 \times 6.25}{W}$$

A = ปริมาตรของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ติเตรดกับตัวอย่างของอาหารเป็น มล.

B = ปริมาตรของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ติเตรดกับ blank

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็นนอร์มัลลิตี

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

8.การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน โดยวิธีการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ในขวดกลั่น (A.O.A.C. ,1984)

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดกลมสำหรับใส่ตัวทำละลาย ซอคเลท (Soxhlet) เครื่องควบแน่น (Condenser) และเตาให้ความร้อน (Heating mantel)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (Extraction thimble)
3. สำลี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เดสิกเคเตอร์
6. ปิโตรเลียมอีเทอร์ หรือเฮกเซน (Petroleum ether หรือ Hexane)

วิธีวิเคราะห์

8.1 อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมันซึ่งมีความจุ 250 มล. ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ และชั่งน้ำหนักให้ทราบแน่นอน

8.2 ชั่งน้ำหนักบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ถ้าตัวอย่างเป็นอาหารชนิดที่มีไขมันมาก ให้ชั่ง 1.2 กรัม ถ้าเป็นชนิดที่มีไขมันน้อย ให้ชั่ง 3.5 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยใยแก้วหรือสำลีเพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

8.3 นำหลอดใส่ตัวอย่างใส่ลงในซอคเลท

8.4 เติมตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์หรือเฮกเซนลงในขวดหาไขมันประมาณ 150 มล. แล้ววางบนเตา

8.5 ประกอบเข้ากับชุดสกัดไขมัน ซึ่งมีซอคเลท และเครื่องควบแน่นพร้อมทั้งเปิดน้ำหล่อเครื่องควบแน่นและเปิดสวิทช์ไฟให้ความร้อน

8.6 ใช้เวลาในการสกัดไขมัน 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารตัวทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่น ด้วยอัตรา 150 หยด ต่อนาที

8.7 เมื่อครบ 14 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอคเลท และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อย

8.8 นำขวดหาไขมันนั้นไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90° ซ ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก และอบซ้ำนานครั้งละ 15 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน} = (w_1 - w_2) \times 100 / w$$

w_1 = น้ำหนักขวดรวมไขมัน

w_2 = น้ำหนักขวด

w = น้ำหนักตัวอย่าง

9.การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใย (A.O.A.C.,1984)

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. ชุดหาปริมาณเส้นใย
2. กระดาษกรองชนิด Ashless
3. ผ้ามัสลิน
4. กรวยกรอง
5. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Crucible)
6. ตู้อบไฟฟ้า
7. เตาเผา (Muffle furnace)
8. เดสิกเคเตอร์
9. กรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.25 เปอร์เซนต์
10. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.25 เปอร์เซนต์
11. เอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซนต์

วิธีวิเคราะห์

9.1 ใส่ตัวอย่างซึ่งผ่านการขจัดไขมันออกแล้วลงในบีกเกิร์ทรงสูงสำหรับวิเคราะห์หาเส้นใย ขนาด 600 มล.

9.2 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.25 เปอร์เซนต์ ปริมาตร 200 มล.

9.3 วางบีกเกอร์บนอุปกรณ์ให้ความร้อนซึ่งต่อเข้ากับอุปกรณ์ควบแน่น แล้วเปิดน้ำหล่อเครื่องควบแน่น พร้อมเปิดสวิทช์ไฟ

9.4 ต้มโดยการต้มให้เดือดนาน 30 นาที

9.5 กรองขณะร้อนผ่านผ้ามัสลินหรือกระดาษกรอง

9.6 ล้างด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งหมดความเป็นกรด

9.7 ถ่ายกากที่ได้ลงในบีกเกอร์ใบเดิม

9.8 เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.25 เปอร์เซนต์ ปริมาตร 200 มล.

9.9 วางบีกเกอร์บนอุปกรณ์ให้ความร้อนซึ่งต่อกับอุปกรณ์ควบแน่นเช่นเดิม และต้มต่อไปอีก 30 นาที

9.10 กรองขณะร้อนผ่านกระดาษกรองแบบ Ashless

9.11 ล้างด้วยน้ำร้อนจนน้ำล้างหมดความเป็นด่าง

9.12 ล้างด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซนต์ ปริมาตร 10 มล.

9.13 นำกระดาษกรองพร้องกากใส่ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบ นำไปอบแห้งในตู้อบไฟฟ้า อุณหภูมิ 105° ซ ประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์

9.14 ชั่งน้ำหนักและอบซ้ำอีกครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

9.15 นำถ้วยกระเบื้องเคลือบพร้อมกากที่อบแห้งแล้วไปเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 600° ซ นาน 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์

9.16 ชั่งน้ำหนักและเผาซ้ำอีกครั้งละ 60 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

ภาคผนวกที่ 2

แบบทดสอบชิม

ตัวอย่างชุดที่.....

ชื่อ.....วันที่.....เวลา.....

ผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็ง

โปรดชิมตัวอย่างเหล่านี้แล้วให้คะแนนตามลำดับความชอบ ดังนี้

ชอบมากที่สุด	=	9
ชอบมาก	=	8
ชอบปานกลาง	=	7
ชอบเล็กน้อย	=	6
เฉยๆ	=	5
ไม่ชอบเล็กน้อย	=	4
ไม่ชอบปานกลาง	=	3
ไม่ชอบมาก	=	2
ไม่ชอบที่สุด	=	1

คุณลักษณะ ตัวอย่าง

สี

เนื้อสัมผัส

กลิ่น

ความชอบรวม

ข้อเสนอแนะ.....

ขอบคุณ

ภาคผนวกที่ 3

การวิเคราะห์ทางสถิติของผลการทดลอง

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า Browning index (OD_{420nm}) ของเห็ดนางฟ้าที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	11	0.00010983	0.00000998	4.99 **
เวลาในการแช่(t)	1	0.00002817	0.00002817	14.08 **
อุณหภูมิ(te)	2	0.00004133	0.00002067	10.33 **
ค่า pH (p)	1	0.00002817	0.00002817	14.08 **
t x te	2	0.00000533	0.00000267	1.33 ns
t x p	1	0.00000150	0.00000150	<1
te x p	2	0.00000133	0.00000067	<1
t x te x p	2	0.00000400	0.00000200	1.00 ns
ERROR	12	0.00002400	0.00000200	
TOTAL	23	0.00013383		

cv = 2.3 %

** = significant at 1% level

ns = not significant

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า Browning index (OD_{420nm}) ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็ง ที่ผ่านการเก็บรักษาที่ -20 °ซ

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	48	0.0692	0.00144	67.70 **
ระยะเวลาการเก็บรักษา(s)	6	0.0208	0.00347	162.91 **
วิธีปฏิบัติ(t)	6	0.0374	0.00624	292.98 **
s x t	36	0.0109	0.00030	14.28 **
ERROR	49	0.0010	0.00021	
TOTAL	97	0.0703		

cv = 2.7 %

** = significant at 1% level

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า Shear press ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาที่ -20 °ซ

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	48	100	2.083	2.93 **
ระยะเวลาการเก็บรักษา(s)	6	5	0.833	1.07 ns
วิธีปฏิบัติ(t)	6	27	4.500	6.40 **
sxt	36	68	1.943	2.66 **
ERROR	49	35	0.704	
TOTAL	97	135		

cv = 13.6%

** = significant at 1% level

ns = not significant

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า Drip loss ของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาที่ -20 °ซ

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	48	9373	195	155.84 **
ระยะเวลาการเก็บรักษา(s)	6	6339	1057	626.75 **
วิธีปฏิบัติ(t)	6	1240	207	122.57 **
s x t	36	1794	50	29.56 **
ERROR	49	83	2	
TOTAL	97	9455		

cv = 4.4 %

** = significant at 1% level

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเห็ดนางฟ้าแช่เยือกแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาที่ -20 °ซ

คุณลักษณะ	SV	DF	SS	MS	F
สี	ระยะเวลาการเก็บรักษา(s)	6	108	18.000	19.94 **
	วิธีปฏิบัติ(t)	6	46	7.667	8.46 **
	sxt	36	42	1.167	1.29 ns
กลิ่น	ระยะเวลาการเก็บรักษา(s)	6	8	1.333	1.27 **
	วิธีปฏิบัติ(t)	6	83	13.833	13.12 **
	sxt	36	38	1.056	1.00 ns
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บรักษา(s)	6	365	60.833	79.88 **
	วิธีปฏิบัติ(t)	6	26	4.333	5.62 **
	sxt	36	56	1.556	2.05 **
ความชอบรวม	ระยะเวลาการเก็บรักษา(s)	6	13	2.167	1.95 **
	วิธีปฏิบัติ(t)	6	165	27.500	25.66 **
	sxt	36	142	3.944	3.70 **

** = significant at 1% level

ns = not significant