บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

เห็ด (Mushroom)

เห็ดเป็นพืชชั้นต่ำจำพวกฟันไจชนิดหนึ่ง จัดอยู่ใน Class Basidiomycetes หรือ Club Fungi ถือว่าเป็นฟันไจที่มีวิวัฒนาการสูงสุด มีลักษณะเป็นเส้นใยที่มีผนังกั้น เมื่อถึงระยะสร้างเซลล์สืบพันธุ์เส้นใยจะรวมเป็นกลุ่มก้อนมีลักษณะคล้ายดอกซึ่งเรียกกันว่า ดอกเห็ด ทำหน้าที่สร้าง Basidiospore เพื่อใช้ในการสืบพันธุ์ (กลุ่มบัณฑิตเกษตรก้าวหน้า, 2538) ดอกเห็ดมีรูปร่างแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดฟันไจ โดยปกติจะมีรูปร่างคล้ายร่มกาง แต่บางชนิดมีรูปร่างคล้ายปะการัง และบางชนิดคล้ายรังนก มีตั้งแต่ขนาดเล็กเท่าหัวไม้ขีดไฟจนถึงขนาดใหญ่เท่าลูกฟุตบอล สีของดอกเห็ดมีทั้งสีสวยสะดุดตาและสีกลมกลืนไปกับสภาพแวดล้อม แหล่งกำเนิดของดอกเห็ดจะแตกต่างกันไป บางชนิดเกิดในป่าบนภูเขา บนดิน ในทุ่งนา บนตอไม้ และบนเห็ดด้วยกันเอง เห็ดบางชนิดรับประทานได้ บางชนิดเป็นเห็ดพิษ ชนิดที่มีพิษมากถ้ารับประทานอาจถึงตายได้ เห็ดมีทั้งที่เนื้อแห้งแข็งเหมือนไม้ไม่นิยมนำมารับประทาน ส่วนเห็ดที่มีเนื้ออ่อนนุ่มหรือกรุบกรอบจัดเป็นอาหารจำพวกผัก (อนงค์ จันทร์ศรีกุล, 2520) นับได้ว่าเห็ดเป็นอาหารชนิดหนึ่งที่คนทั่วโลกรู้จักและรับประทานมานานแล้ว แต่การรู้จักและรับประทานเห็ดในแต่ละท้องถิ่นแตกต่างกันไป เช่น ยุโรป จีน และไทย รู้จักและรับประทานเห็ดแชมปิญอง เห็ดหอม และเห็ดฟางเป็นส่วนใหญ่ตามลำดับ จากการที่มีผู้นิยมรับประทานเห็ดเพิ่มขึ้นจึงทำให้เห็ดที่เกิดเองตามธรรมชาติไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงได้มีการศึกษาวิธีการเพาะเห็ดขึ้น โดยประเทศฝรั่งเศสเป็นชาติแรกที่เพาะเห็ดได้สำเร็จเมื่อประมาณ 250 ปีมาแล้ว สำหรับประเทศไทยไม่มีหลักฐานแน่ชัดว่ารู้จักและรับประทานเห็ดตั้งแต่เมื่อไร แต่คนไทยรู้จักและรับประทานเห็ดมานานแล้วโดยเฉพาะเห็ดฟางที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เนื่องจากเกษตรกรนำฟางมากองสุมเพื่อเป็นอาหารสัตว์ พอฝนตกลงมาจนความชื้นพอเหมาะก็จะงอกเป็นดอกเห็ดฟาง ส่วนการเพาะเห็ดเริ่มครั้งแรกในพ.ศ. 2475 โดยอาจารย์ก่าน ชลวิจารณ์ ได้ศึกษาการเพาะเห็ดฟางจนเป็นผลสำเร็จและได้ริเริ่มเพาะเห็ดชนิดอื่นๆอีกมากมาย เช่น เห็ดหูหนู เห็ดหอม และเห็ดนางรม เป็นต้น ในปัจจุบันมีการเพาะเห็ดกันทั่วทุกภาคของประเทศ อาจเนื่องจากเพราะไทยเป็นประเทศ

เกษตรกรรมจึงทำให้มีวัสดุเหลือจากพืชเศษฐกิจชนิดต่างๆที่สามารถนำมาดัดแปลงเพาะเห็ดได้เป็นอย่างดี ประกอบกับสภาพอากาศที่มีสภาวะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดเกือบทุกชนิด (ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์, 2529) เห็ดที่มีผู้นิยมเพาะกันมากที่สุดในประเทศไทยนั้น ได้แก่ เห็ดฟางเนื่องจากมีจุดเด่นที่น่าสนใจหลายประการคือ 1) เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางอาหารสูง 2) สามารถใช้วัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตร เช่น ฟางข้าวมาเป็นวัสดุในการเพาะได้ 3) ใช้พื้นที่และเวลาน้อยในการเพาะ 4) ได้ปุ๋ยหมักจากวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดฟางแล้ว เป็นต้น (อานนท์ เอื้อตระกูล, 2530)

เห็ดฟาง (Straw Mushroom)

เห็ดฟางมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Volvariella volvacea* และมีชื่อสามัญว่า Straw mushroom หรือ Paddy mushroom แต่คนไทยนิยมเรียกว่าเห็ดฟางหรือเห็ดบัว โดยธรรมชาติเห็ดฟางเป็นเห็ดที่พบในเขตร้อนชื้น เจริญงอกงามตามกองปุ๋ยหมัก กองฟางเก่าๆ กองขยะที่เผาและทิ้งไว้ตามดินที่มีอินทรีย์วัตถุมากๆ และตามกองเศษไม้ใบหญ้า เป็นต้น เจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีความชื้นและอุณหภูมิสูง โดยปกติสปอร์จะงอกเป็นเส้นใยได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 40°C ดังนั้นการเพาะเห็ดฟางจึงนิยมเพาะในฤดูฝนเป็นส่วนใหญ่ (กลุ่มบัณฑิตเกษตรก้าวหน้า, 2538)

สันนิษฐานกันว่าการเพาะเห็ดฟางเริ่มครั้งแรกในจังหวัดแคนตัน มณฑลกวางตุ้ง ประเทศจีน แล้วขยายออกไปตอนใต้แถบจังหวัดกวางสี เกียงลี ฟูเกน ยูนาน และประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมถึงประเทศไทยด้วย (พัฒนพงศ์ สืบนุการณ์, 2532)

<u>การจำแนกลักษณะทางพฤษศาสตร์ของเห็ดฟาง</u>

Class	Basidiomycetes
Subclass	Holobasidiomycetes
Order	Agricales
Family	Amanitaceae
Genus	Volvariella
Species	Volvacea

ลักษณะวงจรชีวิตของเห็ดฟาง (พัฒนพงศ์ สืบนุการณ์, 2532)

วงจรชีวิตของเห็ดฟางแบ่งโดยกว้างๆเป็น 3 ระยะคือ ระยะสปอร์เห็ด ระยะเส้นใยเห็ด และระยะดอกเห็ด

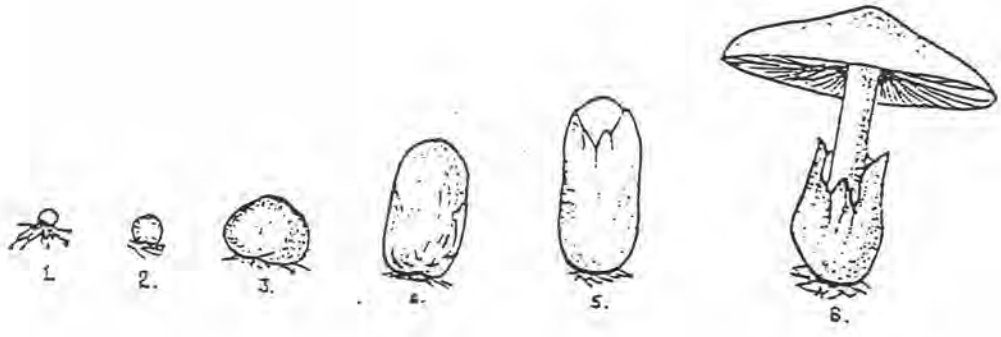
1 ระยะสปอร์เห็ด เป็นระยะของเห็ดที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วสร้างสปอร์เพื่อใช้ในการสืบพันธุ์ และเมื่อสปอร์เหล่านี้ปลิวไปตกในบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสม เช่น มีความชื้น อาหาร และ pH ที่เห็ดต้องการ สปอร์ก็จะงอกเป็นเส้นใยขั้นต้น (Primary mycelium)

2 ระยะเส้นใยเห็ด ระยะนี้แบ่งได้เป็น 2 ช่วงคือ

(1) ระยะเส้นใยขั้นต้น เป็นเส้นใยที่เจริญมาจาก basidiospore มีนิวเคลียสหนึ่งอัน เส้นใยมีผนังกั้น

(2) ระยะเส้นใยขั้นที่สอง เกิดจากเส้นใยขั้นต้น 2 เซลล์มาแตะกันทำให้ไซโตพลาสซึมของเซลล์หนึ่งไหลเข้าไปอีกเซลล์หนึ่งกลายเป็นเซลล์ที่มี 2 นิวเคลียส แต่นิวเคลียสทั้งสองจะไม่รวมตัวกัน เซลล์ใหม่จะขยายตัวและรวมตัวเป็นเส้นใย

3 ระยะดอกเห็ด ในระยะนี้แบ่งขั้นตอนการพัฒนาของดอกเห็ดไว้ 6 ระยะดังรูปที่ 1 คือ



รูปที่ 1 ลักษณะการพัฒนาของดอกเห็ด

(1) จุดเริ่มแรกของการเกิดดอกเห็ด (Pinhead stage) ระยะนี้จะเกิดหลังจากโรยเชื้อเห็ดแล้ว โดยปกติในวันที่ 5-7 เส้นใยเห็ดจะรวมตัวเป็นจุดขาวเล็กๆที่อุณหภูมิ 28-32°C

(2) ระยะดอกเห็ดรูปกระดุมเล็ก (Tiny button stage) เป็นระยะต่อจากระยะแรกประมาณ 15-30 ชั่วโมง เป็นระยะที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว และดอกเห็ดมีลักษณะกลมยกตัวขึ้นจากวัสดุเพาะ หากผ่าด้านในดูจะยังไม่เห็นการแยกเป็นหมวกดอกเห็ดได้ชัดเจน เพียงแต่มีรูปเค้าโครงของก้าน โดยสังเกตจากที่มีช่องว่างเล็กๆระหว่างปลอกหุ้มและก้านเกิดขึ้น

(3) ระยะรูปกระดุม (Button stage) คือระยะที่ดอกเห็ดมีการขยายตัวด้านความกว้างของดอก ส่วนมากจะมีลักษณะกลมหรือรียาว ฐานโตกว่าส่วนปลาย หากผ่าดูภายในจะเห็นมีการแบ่งตัวเป็นก้าน ดอก และกลีบดอกอย่างชัดเจน แต่ส่วนของหมวกและก้านดอกยังเล็กอยู่ ระยะนี้ต่อเนื่องจากระยะที่ 2 ประมาณ 12-20 ชั่วโมง

(4) ระยะรูปไข่ (Egg stage) เป็นระยะที่ดอกเห็ดเริ่มมีการเจริญเติบโตด้านความยาวของก้านดอกและความกว้างของหมวกดอก ส่วนปลอกหุ้มดอกจะยืดไปตามความยาวของก้าน ทำให้ปลอกหุ้มดอกบางลงและเรียวยาวขึ้นคล้ายรูปไข่ เป็นระยะที่ต่อเนื่องจากระยะที่ 3 ส่วนจะเร็วหรือช้าขึ้นกับอุณหภูมิ กล่าวคือหากอุณหภูมิสูงกว่า 32°C ใช้เวลาเพียง 8-12 ชั่วโมง แต่หากอุณหภูมิต่ำกว่านี้การเติบโตของดอกเห็ดในขั้นตอนนี้จะช้าลงไปตามลำดับ ส่วนมากผู้เพาะจะทำการเก็บเกี่ยวในระยะนี้เพราะเป็นระยะที่ให้น้ำหนักสูงสุด เหมาะที่จะจำหน่ายสดหรือนำไปแปรรูป

(5) ระยะปริดอก (Elongation stage) ต่อเนื่องจากระยะที่ 4 ประมาณ 3-6 ชั่วโมง เป็นช่วงการเติบโตของก้านและหมวกดอกอย่างรวดเร็ว ทำให้ส่วนบนสุดของปลอกหุ้มดอกเห็ดแตกออก ส่วนสีของผิวหมวกดอกเมื่อสัมผัสกับบรรยากาศทำให้มีสีคล้ำขึ้น แต่ก้านดอกและครีบภายใต้หมวกดอกจะยังเป็นสีขาว ระยะนี้เห็ดมีรสหวานและก้านเหนียวพอสมควรคล้ายกับดอกเห็ดโคน ดังนั้นจึงเป็นระยะที่นิยมบริโภคมากที่สุด แต่เห็ดในระยะนี้เก็บรักษาให้สดคงรูปอยู่ได้นานยากมาก

(6) ระยะแก่เต็มที่ (Mature stage) คือระยะที่ส่วนของก้านดอกและหมวกมีการขยายตัวเต็มที่ ส่วนครีบของดอกจะสร้างสปอร์และสีของครีบจะเข้มขึ้นเรื่อยๆจนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ ก้านดอกเหนียว หมวกอ่อนนุ่มแตกหักและหลุดง่าย มีช่วงเวลาห่างจากระยะที่ 5 เพียง 2-4 ชั่วโมง ระยะนี้ไม่เป็นที่นิยมบริโภคมากนัก

เห็ดฟางเป็นผักชนิดหนึ่งที่อุดมไปด้วยโปรตีน เกลือแร่ และวิตามิน (อานนท์ เอื้อตระกูล, 2530) ดังผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเห็ดฟางสดในตารางที่ 2.1 และ Amino Acid Score ของกรดอะมิโนจำเป็นในเห็ดฟางตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของดอกเห็ดฟางสด 100 กรัม

ส่วนประกอบทางเคมี	ปริมาณ (%)	ชนิดแร่ธาตุและวิตามิน	ปริมาณ (มิลลิกรัม)
ความชื้น	88.9	แคลเซียม	71.0
โปรตีน	3.4	ฟอสฟอรัส	677.0
ไขมัน	1.8	เหล็ก	17.1
คาร์โบไฮเดรต	3.9	โซเดียม	374.0
เยื่อใย	1.4	โปตัสเซียม	3455.0
เถ้า	-	วิตามินบี1	1.2
พลังงาน	44.0 (แคลอรี)	วิตามินบี2	3.3
		วิตามินซี	71.0
		ไนอาซีน	20.2

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2521)

จากตารางที่ 2.1 จะพบว่าเห็ดฟางสดเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีโปรตีนสูงโดยมีปริมาณโปรตีนเทียบเท่ากับนมวัวซึ่งมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 3.4% นอกจากนี้เห็ดฟางยังประกอบด้วยเกลือแร่และวิตามินที่จำเป็นบางอย่าง เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินบี1 วิตามินบี2 และวิตามินซี (กรมวิชาการเกษตร, 2521 และ Walting, 1979) แต่ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ไม่ได้รายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในเห็ด ทั้งๆที่มีแร่ธาตุหลายชนิดในเห็ด ดังนั้นจึงคาดว่าในส่วนประกอบทางเคมีของเห็ดน่าจะมีเถ้าเป็นส่วนประกอบด้วย

ตารางที่ 2.2 Amino Acid Score ของกรดอะมิโนจำเป็นในเห็ดฟาง

กรดอะมิโน	Amino Acid Score
Isoleucine	81.62
Leucine	73.05
Lysine	80.52
Methionine + Crysteine	39.71
Phenylalanine + Tyrosine	278.78
Threonine	96.62
Tryptophan	167.50
Valine	79.86

ที่มา : รัฐพล ศรประเสริฐ (2538)

จากค่า Amino Acid Score (ตารางที่ 2.2) ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน FAO/WHO Amino Pattern (1973) พบว่าโปรตีนในเห็ดฟางมีปริมาณ Phenylalanine + Tyrosine และ Tryptophan เกิน 100 แสดงว่าโปรตีนในเห็ดมีกรดอะมิโนเหล่านี้ในอัตราส่วนที่มากเพียงพอแก่ความต้องการของร่างกาย ดังนั้นเห็ดฟางจึงน่าจะเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีสำหรับ Phenylalanine + Tyrosine และ Tryptophan

กระบวนการแปรรูปเห็ดแช่เยือกแข็ง

กระบวนการแปรรูปเห็ดแช่เยือกแข็งมีขั้นตอนสำคัญ 6 ขั้นตอนคือ การทำความสะอาด คัดขนาดและตัดแต่ง การลดปฏิกิริยาสีน้ำตาล การลดการสูญเสียน้ำหนักในเห็ด การแช่เยือกแข็ง การเก็บรักษาเห็ดแช่เยือกแข็ง และการละลายน้ำแข็ง โดยแต่ละขั้นตอนเคยมีผู้ศึกษาไว้ดังนี้

2.1 การทำความสะอาด คัดขนาด และตัดแต่ง

ขั้นตอนแรกในการผลิตเห็ดแช่เยือกแข็งคือการทำความสะอาดเห็ดเพื่อกำจัดดิน,เศษฟาง และสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์โดยเฉพาะจุลินทรีย์พวก rod shape ในขั้นตอนการแปรรูปต่อไป โดยล้างเห็ดในน้ำผสมคลอรีนมากกว่าหรือเท่ากับ 50 ppm. (Tressler, Aredel and Copley, 1968)

ก่อนนำเห็ดเข้าแช่เยือกแข็งต้องทำการคัดขนาดและตัดแต่งเห็ดให้มีคุณภาพสม่ำเสมอ เพื่อสะดวกในการแปรรูป ในมาตรฐานการผลิตเห็ดฟางกระป๋อง กระทรวงอุตสาหกรรม (มอก. 73-2517) ได้แบ่งขนาดของดอกเห็ดที่ตัดแต่งแล้วดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ขนาดของดอกเห็ดฟาง

ขนาดของดอกเห็ด	กว้าง (ม.ม.)	ยาว (ม.ม.)
เล็ก	15-25	15-25
กลาง	26-30	26-40
ใหญ่	มากกว่า 30	มากกว่า 40

ที่มา : กระทรวงอุตสาหกรรม (มอก. 73-2517)

การตัดแต่งเห็ดก่อนแช่เยือกแข็งมีการตัดแต่งได้หลายแบบคือ แบบไม่ผ่า แบบผ่าสอง และแบบผ่าสี่ ทั้งนี้ขึ้นกับความต้องการของตลาดและรูปแบบการนำไปใช้ (Desrosier and Tressler, 1977)

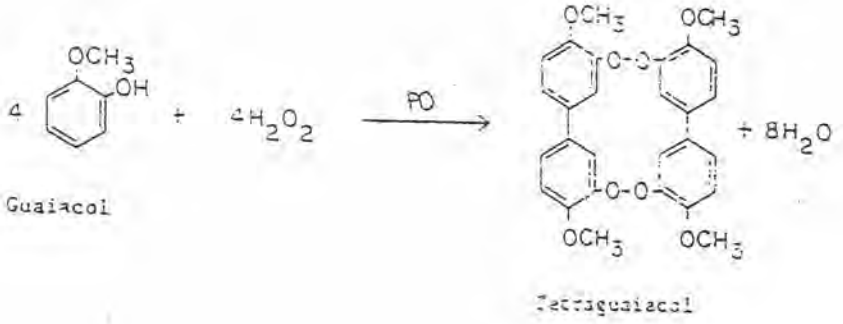
2.2 <u>การลดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเห็ด</u>

เห็ดฟางสดโดยทั่วไปมีสีขาวถึงครีม (อนงค์ จันทร์ศรีกุล, 2520) แต่เมื่อเห็ดเกิดบาดแผลหรือบอบช้ำ เอนไซม์ในเนื้อเยื่อจะถูกปล่อยออกมารวมตัวกับสับสเตรทที่อยู่ในเนื้อเยื่อของเห็ดเช่นเดียวกันแต่อยู่ในเนื้อเยื่อคนละชั้น ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทำให้เห็ดมีสีคล้ำไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และในช่วงการเก็บเห็ดแช่เยือกแข็งผลึกน้ำแข็งอาจทิ่มแทงเซลล์เห็ดทำให้เอนไซม์ถูกปล่อยออกมาและเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้แม้เก็บเห็ดที่อุณหภูมิต่ำ(-20°C) (Gormley, 1986)

Embs and Markakis (1966) พบว่าเอนไซม์สำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเห็ดแชมปิญองคือเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) เนื่องจากในเห็ดสดมีอัตราส่วนของเอนไซม์ PPO : Peroxidase (PO) เท่ากับ 10 : 3 และจากสมการทางจลนพลศาสตร์ซึ่งเขียนแทนปฏิกิริยาได้ดังนี้

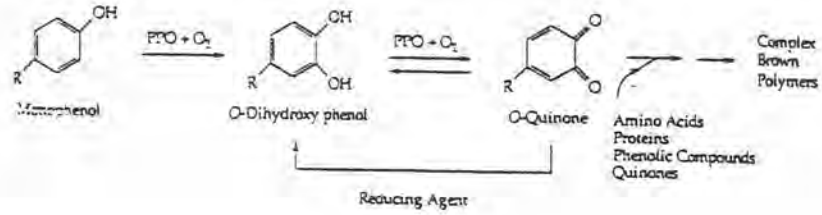
$$En + S \underset{k2}{\overset{k1}{\rightleftharpoons}} EnS \xrightarrow{k3} P + En$$

โดยให้ k_1, k_2 และ k_3 แทน Michaelis constant ส่วน En, S, EnS และ P แทนเอนไซม์ สับสเตรท สารประกอบเชิงซ้อนของเอนไซม์กับสับสเตรท และผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ พบว่า activity ของเอนไซม์ PPO : PO เท่ากับ 3 : 1 เนื่องจากค่าคงที่การรวมตัวของสารประกอบเชิงซ้อนของเอนไซม์และสับสเตรท(k_1) มีค่าน้อยกว่าการแยกตัวของสารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าว (k_2) ไปเป็น En และ S ดังนั้น guaiacol (ไม่มีสี) ซึ่งเป็นสับสเตรทของ PO จะถูกออกซิไดซ์ไปเป็น tetraguaiacol (มีสีน้ำตาล) ได้ในสภาวะที่มี H_2O_2 อย่างเพียงพอเท่านั้นโดยมีปฏิกิริยาดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของ PO

จากรูปที่ 2 พบว่าต้องใช้ H_2O_2 ถึง 4 โมเลกุลจึงจะเกิดสีน้ำตาล 1 โมเลกุล (Whitaker, 1972) ดังนั้น PO จึงอาจไม่ใช่เอนไซม์สำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเห็ดส่วนใหญ่ ดังนั้น การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจึงน่าจะเกิดจากเอนไซม์ PPO (EC 1.10.3.1) ซึ่งมีชื่อตามระบบว่า O-diphenol : O_2 oxidoreductase และมีชื่อสามัญหลายชื่อ เช่น ไทโรซิเนส แคเทคอลเลส โพลีฟีนอลออกซิเดส ฟีโนเลส และ โปเทโตออกซิเดส เป็นเอนไซม์ที่พบทั่วไปในผักผลไม้ จัดเป็น copper containing enzyme การเกิดปฏิกิริยาเป็นผลมาจากเอนไซม์ PPO ไปเติมหมู่ไฮดรอกซิลให้สารประกอบพวกโมโนฟีนอลในเนื้อเยื่อเห็ดในสภาวะที่มีออกซิเจนแล้วเกิดเป็นสารออโทไดฟีนอล ซึ่งจะถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็นสารออโทควิโนน สารควิโนนที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงและทำปฏิกิริยาต่อกับสารประกอบฟีนอล กรดอะมิโน และสารอื่นๆโดยไม่ใช้เอนไซม์ แล้วเกิดเป็นสารที่มีโครงร่างซับซ้อนดังรูปที่ 3 (Sapers, 1993)



รูปที่ 3 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ PPO

โดยทั่วไป pH ที่เหมาะสมในการทำงานของ PPO ในผักผลไม้ทั่วไปมีค่า 6.0 - 7.0 (Embs and Markakis, 1966) แต่สภาวะที่เหมาะสมในเห็ดแชมปิญองคือ pH 6.0-6.5 และอุณหภูมิ 30-35°C (Fang, Ou and Lee, 1976)

เนื่องจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลต่อลักษณะปรากฏและการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีการศึกษาหาวิธียับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลหลายวิธีด้วยกัน เช่น ใช้สารเคมีเพื่อไปจับ active site ของเอนไซม์ (Pierpoint, 1969) หรือใช้ความร้อนทำให้เอนไซม์เสียสภาพธรรมชาติ ปรับสภาพ pH ให้ไม่เหมาะต่อการทำงานของเอนไซม์ โดยปรับ pH ให้ต่ำกว่า 3 ซึ่งจะสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ (Hutchings, 1994)

Fang, Ou and Lee (1976) ได้ทดลองเปรียบเทียบผลการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยแช่เห็ดในสารละลายเคมีต่างๆคือ $Na_2S_2O_5$ 0.5%, $NaPO_3$ 0.5%, EDTA 0.1%, ascorbic acid 0.1% และสารละลายผสมของ EDTA และ $Na_2S_2O_5$ 0.1% แล้วจึงนำเห็ดไปแช่เยือกแข็งแบบ Individual quick freezing (I.Q.F.) และเก็บที่อุณหภูมิ -36 °C เป็นเวลา 120 วัน พบว่าการแช่เห็ดในสารละลาย $Na_2S_2O_5$ 0.5% สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเห็ดได้ดีที่สุด และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า L value และคะแนนการยอมรับด้านสีสูงสุด เพราะสารในกลุ่มของซัลไฟต์สามารถทำปฏิกิริยากับ O-quinone ทำให้ O-quinone ไม่สามารถทำปฏิกิริยาต่อไปเป็นสารสีน้ำตาลได้ (Sapers et al., 1994)

Steinbuch (1979) ได้ศึกษาการยับยั้งเอนไซม์ในเห็ดแชมปิญองแช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast โดยการกำจัดออกซิเจนซึ่งเป็นสารตัวหนึ่งในการทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเห็ด แล้วบรรจุเห็ดหั่นแช่เยือกแข็งในสภาวะสุญญากาศเปรียบเทียบกับการเก็บเห็ดในสภาวะปกติทั้งที่

ผ่านการลวกและไม่ผ่านการลวก พบว่าการกำจัดออกซิเจนสามารถช่วยชะลอการทำงานของเอนไซม์ในเห็ดได้ และให้เห็ดที่มีคุณภาพการยอมรับด้านสี รสชาติ และเนื้อสัมผัสตลอดช่วงการเก็บ 3 เดือนที่อุณหภูมิ -20°C ดีกว่าการเก็บในสภาวะปกติทั้งที่ผ่านการลวกและไม่ผ่านการลวก

การลวกเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถยับยั้ง PPO ได้ดี เนื่องจากเอนไซม์ชนิดนี้ไม่ทนความร้อน แต่การลวกที่นานเกินไปอาจมีผลเสียต่อกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือทำให้เห็ดเหนียวขึ้นและเกิดการสูญเสียรูปร่างและมีลักษณะปรากฏที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Gormley and Walshe, 1982)

2.3 <u>การลดการสูญเสียน้ำหนักในเห็ด</u>

การสูญเสียน้ำหนักระหว่างกระบวนการผลิต เป็นปัญหาสำคัญอีกปัญหาหนึ่งในการผลิตเห็ดแช่เยือกแข็ง การสูญเสียน้ำหนักเป็นผลจากการสูญเสียน้ำและของแข็งในระหว่างแปรรูป ซึ่งมีผลต่อต้นทุนการผลิตและการยอมรับของผู้บริโภค (Gormley and Walshe, 1982)

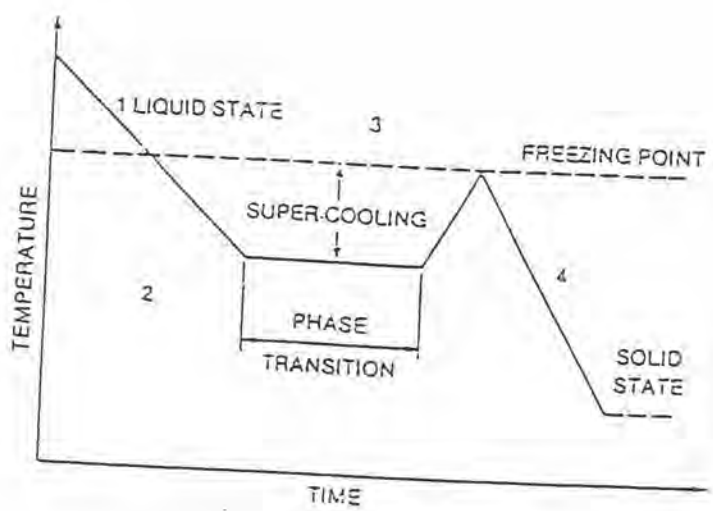
Gormley and Walshe (1982) พบว่าของแข็งที่สูญเสียในระหว่างการลวกและการฆ่าเชื้อใน retort ของการผลิตเห็ดแชมปิญองกระป๋องส่วนมากเป็นสารพวกคาร์โบไฮเดรท ดังนั้นจึงได้ทดลองเติมแป้งในน้ำลวกเพื่อป้องกันการสูญเสียของของแข็งที่ละลายน้ำได้ระหว่างการลวกและการฆ่าเชื้อ โดยแปรระดับแป้งเป็น 0, 1, 2, และ 4% ก่อนนำเห็ดไปบรรจุกระป๋องและเติมน้ำเกลือ พบว่าในน้ำลวกที่ไม่เติมแป้งให้ค่า blanching loss สูงถึง 7.5% เปรียบเทียบกับการเติมแป้ง 4% ในน้ำลวกมีค่า blanching loss เพียง 1.9% แสดงว่าแป้งช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการลวกได้ แต่การทดลองที่ความเข้มข้นแป้ง 4% น้ำลวกมีความหนืดมากเกินไปทำให้แป้งไปเคลือบผนังของเครื่องลวก ดังนั้นจึงพิจารณาที่ความเข้มข้นแป้ง 2% ซึ่งให้ค่า total shrinkage 14.6% จึงช่วยลดการหดตัวของเห็ดได้เมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเข้มข้นแป้ง 0% ซึ่งมีค่า total shrinkage 20.1% และยังมีค่าน้อยกว่าในน้ำลวกที่เติมแป้ง 4% และการเติมแป้งในน้ำลวกยังไม่มีผลต่อสี และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

Gormley (1984) ได้ศึกษาการนำ xanthan gum มาช่วยลดปัญหาการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการลวกในการผลิตเห็ดแชมปิญองแช่เยือกแข็ง โดยนำเห็ดมาแช่ในสารละลาย xanthan gum ในสภาวะสุญญากาศ 560 mmHg อุณหภูมิ 22-26°C เป็นเวลา 30 นาที แปรระดับ xanthan gum เป็น 5 ระดับ คือ 0, 0.25, 0.5, 0.75 และ 1% แล้วแช่ต่อในสภาวะปกติเป็นเวลา 10 นาที นำไปลวกและแช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast และเก็บที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 3 เดือน

พบว่าการแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum 1% มีค่า %blanching loss และ %weight loss ต่ำที่สุด หรือสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักในกระบวนการผลิตเห็ดแช่เยือกแข็งได้

2.4 การแช่เยือกแข็ง

การแช่เยือกแข็ง เป็นวิธีการถนอมอาหารวิธีหนึ่งที่สามารถคงคุณภาพอาหารในช่วงการเก็บระยะยาวได้ เนื่องจากอุณหภูมิของอาหารจะลดลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ทำให้สามารถลดปฏิกิริยาเคมี และการทำงานของเอนไซม์ ตลอดจนช่วยชะลอการเจริญเติบโตรวมทั้ง activity ของจุลินทรีย์ได้ นอกจากนี้การเปลี่ยนสถานะจากน้ำไปเป็นน้ำแข็งหลังจากการแช่เยือกแข็ง จะทำให้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ทำให้ค่า a_w ลดลงจนถึงจุดที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Fennema and Powrie, 1964) ปรากฏการณ์ที่น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งอธิบายได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงสถานะของสารละลายในผลิตภัณฑ์ระหว่างการแช่เยือกแข็ง
ที่มา : Fennema, Powire and Marth (1973)

ขั้นที่ 1 ผลิตภัณฑ์มีการระบายความร้อนออกไป ทำให้ส่วนของน้ำในอาหารมีอุณหภูมิลดลง แต่ไม่เกิดการเปลี่ยนสถานะจากน้ำไปเป็นน้ำแข็ง

ขั้นที่ 2 อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะลดลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง แต่น้ำในผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในสถานะของเหลวอยู่ เรียกว่า จุดเย็นตัวยิ่งยวด (super cooling) เป็นจุดที่สารละลายในผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งแต่ไม่เกิดผลึกน้ำแข็ง

ขั้นที่ 3 หลังจากจุดเย็นตัวยิ่งยวดผ่านไปเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์จะเกิดความร้อนเนื่องจากเกิดผลึกน้ำแข็ง ทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นและเริ่มเกิดผลึกน้ำแข็ง ถือเป็นจุดเยือกแข็ง (freezing point)

ขั้นที่ 4 เป็นช่วงที่น้ำในผลิตภัณฑ์ เปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็งจนกระทั่งมีอุณหภูมิคงที่ ซึ่งเมื่อถึงจุดนี้น้ำในอาหารไม่สามารถเปลี่ยนเป็นน้ำแข็งได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำที่จะเปลี่ยนเป็นน้ำแข็งนั้นขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

<u>สาเหตุการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารแช่เยือกแข็ง</u>

การศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแช่เยือกแข็ง จะเป็นแนวทางในการหาวิธีการที่จะควบคุมกระบวนการแช่เยือกแข็ง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีตามความต้องการของผู้บริโภค สาเหตุที่ทำให้อาหารแช่เยือกแข็งเสื่อมเสียคุณภาพระหว่างการแช่เยือกแข็ง เนื่องจากการนำความร้อนออกจากอาหารในช่วงแช่เยือกแข็ง มีผลให้อุณหภูมิของอาหารลดลง และมีการเปลี่ยนสถานะจากน้ำไปเป็นน้ำแข็ง ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดังนี้ (Fennema and Powrie, 1964)

1. Mechanical damage เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรระหว่างการแช่เยือกแข็ง ทำให้น้ำเกิดการขยายตัวในขณะที่สารอื่นๆหดตัว อาหารที่มีน้ำในปริมาณสูงและมีอากาศภายในเซลล์น้อยจะเกิดการขยายตัวอย่างชัดเจน แต่อาหารที่มีน้ำในปริมาณต่ำและมีอากาศภายในเซลล์มากจะมีการขยายตัวน้อย ตัวถูกละลายจะมีอิทธิพลต่อการขยายตัวเช่นกัน โดยจะไปรวมตัวกับน้ำ หรือทำให้ super cooling ยาวนานขึ้น มีผลให้ปริมาณน้ำซึ่งจะเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งลดลง การขยายตัวหรือการหดตัวดังกล่าวจึงทำให้อาหารเกิดความเสียหายได้

ชนิดและขอบเขตของ Mechanical damage จะขึ้นกับลักษณะของอาหารและอัตราเร็วของการเปลี่ยนสถานะ เช่น ในเนื้อเยื่อพืชซึ่งแข็งและเซลล์เรียงตัวไม่เป็นระเบียบ การหดตัวหรือ

การขยายตัวระหว่างการแช่เยือกแข็ง จะทำให้เกิดการแยกตัวของเซลล์ เซลล์แตก หรือทำให้ส่วนประกอบภายในเซลล์เสียหายได้

2. Concentration damage การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของตัวถูกละลายและสารแขวนลอยในระหว่างการเปลี่ยนสถานะจากน้ำไปเป็นน้ำแข็ง อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง pH, acidity และ ionic strength ซึ่งจะมีผลต่อ hydrophilic colloids, emulsion และการขยายตัวของโครงสร้างเซลล์ ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็ง โดยการแช่เยือกแข็งแบบช้าจะทำให้เกิด concentration damage ดังกล่าวได้มากกว่าการแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็ว

Gormley (1972) ได้ศึกษาวิธีการแช่เยือกแข็งเห็ดแชมปิญองด้วย freon เปรียบเทียบกับ air blast จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสของเห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลายซึ่งใช้วิธีทดสอบแบบ Pair comparison test panel พบว่าในด้านเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบ 18 คน ยอมรับเห็ดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วย freon มากกว่า ($p \leq 0.001$) และผู้ทดสอบยังบอกด้วยว่า เห็ดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วย air blast ให้เนื้อสัมผัสที่เหนียวคล้ายยาง ส่วนในด้านรสชาติ ผู้ทดสอบ 15 คนยอมรับเห็ดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วย freon มากกว่า ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เพราะวิธีการแช่เยือกแข็งแบบ freon มีอัตราการแช่เยือกแข็งเร็วกว่า air blast จึงทำให้เนื้อเยื่อของเห็ดถูกทำลายน้อยกว่า เห็ดที่ได้จึงเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่า

Fang, Ou and Lin (1974) ศึกษาวิธีการแช่เยือกแข็งเห็ดแชมปิญองแบบ I.Q.F. เปรียบเทียบกับวิธี air blast พบว่า วิธีการแช่เยือกแข็งแบบ I.Q.F. ให้ค่าความสว่าง (L) และการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่า air blast เนื่องจาก I.Q.F. ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งน้อยกว่า จึงทำให้ช่วงเวลาการทำงานของเอนไซม์ในเห็ดขณะแช่เยือกแข็งทำงานได้น้อยลง ดังนั้นเห็ดจึงขาวกว่า นอกจากนี้การใช้ I.Q.F. ยังทำให้ค่า drip loss และ shear value ต่ำกว่า air blast ทั้งนี้อาจเนื่องจากการแช่เยือกแข็งแบบ air blast มีอัตราการแช่เยือกแข็งช้า และเกิดผลึกน้ำแข็งภายนอกเซลล์ จึงทำให้น้ำภายในเซลล์ถูกดึงออกมาเพิ่มขนาดของผลึกที่เกิดภายนอกเซลล์ ทำให้เซลล์หดตัวและลดขนาดลง เห็ดที่นำมาละลายจึงมีค่า drip loss สูงกว่าการแช่เยือกแข็งด้วย I.Q.F. ซึ่งเป็นการแช่เยือกแข็งที่มีอัตราการแช่เยือกแข็งเร็ว ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก และจากผลการทดสอบเนื้อสัมผัส พบว่าเห็ดที่แช่เยือกแข็งด้วย air blast ให้ค่า shear value สูงกว่าหรือแสดงว่าเห็ดมีความเหนียวมากกว่าการแช่เยือกแข็งแบบ I.Q.F.

2.5 การเก็บรักษาเห็ดแช่เยือกแข็ง

ในช่วงการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งในสภาพแช่เยือกแข็ง แม้ว่าอาหารที่อยู่ในสภาวะดังกล่าวจะมีความเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยา แต่อาจมีการเปลี่ยนแปลงจนทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพระหว่างการเก็บในอัตราที่ขึ้นกับอุณหภูมิ โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดน้อยเมื่ออุณหภูมิต่ำ การเสื่อมเสียมักเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีหรือทางฟิสิกส์ แต่ไม่ใช่เกิดจากจุลินทรีย์ เนื่องจากจะมีจุลินทรีย์เหลืออยู่น้อยมากระหว่างการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็ง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่อาจเกิดขึ้นคือ การสลายตัวของวิตามินซี การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของโปรตีน ไขมัน การเปลี่ยนสี และกลิ่นของอาหาร เป็นต้น (Jeremiah, 1996) ดังนั้นโดยทั่วไปผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งมักเก็บที่อุณหภูมิ -18°C หรือต่ำกว่า โดยต้องควบคุมอุณหภูมิในช่วงการเก็บให้คงที่ตลอดอายุผลิตภัณฑ์ แต่บางครั้งอาจหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการเก็บไม่ได้ แต่ต้องพยายามให้เกิดน้อยที่สุด คือ ไม่มากกว่า 2°C (Mallett, 1993)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพ ดังนี้

1. การเกิด recrystallization เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกิดขึ้นของผลึกน้ำแข็ง เป็นสาเหตุให้คุณภาพของอาหารลดลง การเกิด recrystallization ในอาหารมีหลายแบบ แต่ที่สำคัญคือ migratory recrystallization โดยจะทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีปริมาณลดลง ทำให้ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กที่เกิดจากการแช่เยือกแข็งที่มีอัตราเร็วสูงเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ปรากฏการณ์นี้มักเกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่คงที่ เช่น การเปิดประตูหรืออากาศร้อนภายนอกเข้าไปในเครื่องแช่เยือกแข็ง พื้นที่ผิวหน้าของอาหารที่ใกล้แหล่งให้ความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ผลึกน้ำแข็งบางส่วนจะละลาย ผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดใหญ่จะมีขนาดเล็กลง ส่วนผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 2 ไมโครเมตร) จะละลายเป็นน้ำ ทำให้ความดันไอน้ำเพิ่มขึ้น น้ำจึงเคลื่อนที่ไปสู่บริเวณที่มีความดันไอน้ำต่ำกว่า ทำให้อาหารบริเวณที่ใกล้แหล่งความร้อนมีความชื้นลดลง และเมื่ออุณหภูมิลดลงอีกครั้ง น้ำที่ละลายจะไม่สามารถเกิดนิวเคลียสใหม่ แต่จะไปรวมตัวกับผลึกน้ำแข็งที่เหลืออยู่ทำให้ขนาดผลึกน้ำแข็งใหญ่ขึ้น (Fellows, 1990)

2. การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา น้ำบริเวณผิวหน้าของอาหารสูญเสียได้โดยการระเหิดของน้ำแข็งหรือการระเหยของน้ำ ทำให้ชิ้นอาหารหดตัวหรือแข็งขึ้น น้ำหนักผลิตภัณฑ์ลดลง และเกิดการหักเหของแสงบริเวณที่สูญเสียน้ำผิดแปลกไปจากบริเวณอื่น สีของชิ้นอาหาร

จึงผิดแปลกไป ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า freezer burn สามารถควบคุมได้โดยบรรจุอาหารในภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ (Mallett, 1993)

Fang, Ou and Lin (1974) ได้ศึกษาคุณภาพของเห็ดแชมปิญองแช่เยือกแข็งในสภาวะการเก็บที่ (-36°C, 40 วัน) และอุณหภูมิไม่คงที่ (-36°C, 40วัน โดยในระยะเวลาการเก็บนี้ได้นำเห็ดมาเก็บที่ 20°C เป็นเวลา 0.5 ช.ม.) พบว่าการเก็บเห็ดแช่เยือกแข็งในสภาวะที่อุณหภูมิไม่คงที่จะมีค่า L value และ drip loss ต่ำกว่า แต่มีค่า shear value สูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิคงที่ ซึ่งแสดงว่าเห็ดที่เก็บในสภาวะอุณหภูมิไม่คงที่มีสีคล้ำ และเนื้อสัมผัสเหนียวขึ้น

2.6 <u>การละลายน้ำแข็ง</u>

การละลายน้ำแข็งเป็นขั้นตอนที่อาหารมีความเสี่ยงต่อความเสียหายด้านต่างๆมากที่สุด เช่น การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของของเหลว การเกิด recrystallization mechanical damage และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ตลอดจนการทำงานของเอนไซม์ หลังการละลายอาหารจะไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพปกติได้ แต่จะขึ้นกับชนิดของอาหารด้วย โดยปกติเนื้อเยื่อพืชหลังละลายแล้วจะมีลักษณะอ่อนนิ่ม ในขณะที่เนื้อเยื่อสัตว์จะมีลักษณะใกล้เคียงกับก่อนแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการละลายจะมีของเหลวสูญเสียจากเนื้อเยื่อเรียกว่า leakage หรือ drip ความรุนแรงของการสูญเสียของเหลวจะขึ้นกับชนิดของอาหาร พื้นที่ผิว และสภาวะของการแช่เยือกแข็ง การเก็บ และการละลาย (Fennema and Powrie, 1964)

วิธีการละลายผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งมี 2 หลักการ คือ

1. การนำความร้อนจากผิวไปสู่ภายในผลิตภัณฑ์ เป็นการให้ความร้อนไปที่ผิวของผลิตภัณฑ์ โดยให้ผิวของผลิตภัณฑ์สัมผัสกับแหล่งให้ความร้อน เช่น แผ่นโลหะร้อน อากาศร้อน น้ำอุ่น หรือไอน้ำภายใต้สภาวะสุญญากาศ

2. การสร้างความร้อนให้เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ เป็นการทำให้เกิดความร้อนขึ้นในผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธีการเกิดความต้านทางไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ ไดอิเลคตริก หรือไมโครเวฟ หากเนื้อเยื่ออาหารมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน การให้ความร้อนแบบนี้ จะรวดเร็วกว่าการให้ความร้อนโดยการนำ แต่ในอาหารแช่เยือกแข็งที่มีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกันจะทำให้เกิดการดูดกลืนพลังงานไม่เท่ากัน มีผลให้อาหารบางส่วนอาจได้รับความร้อนมากเกินไป ก่อนที่ส่วนอื่นจะถูกละลาย (Fennema, 1975)

Sanchez-Pineda delas Infantas, Arias- Sanchez and Gomez-Ruiz (1996) ได้ศึกษาวิธีการละลายน้ำแข็งของหน่อไม้ฝรั่งตัดแท่งหนา 14 มิลลิเมตร ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast อุณหภูมิ -30°C และเก็บในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ -20 °C เป็นเวลา 6 เดือน โดยแปรวิธีการละลายน้ำแข็งเป็น 2 วิธี คือ ปล่อยให้ละลายช้าๆ ที่อุณหภูมิห้อง และแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 60°C จากการทดสอบผลทางเนื้อสัมผัสด้วยแรง shear value พบว่าการละลายน้ำแข็ง โดยการแช่ตัวอย่างในน้ำร้อน จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสเหนียวกว่าการปล่อยให้ละลายช้าๆที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิหน่อไม้ฝรั่งแช่เยือกแข็งกับน้ำร้อนต่างกันมาก ทำให้น้ำแข็งบริเวณผิวนอกผลิตภัณฑ์เกิดการละลายอย่างรวดเร็ว ในขณะที่อุณหภูมิภายในหน่อไม้ฝรั่งยังต่ำอยู่ จึงทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของน้ำภายในเซลล์ออกมาภายนอกเซลล์ หน่อไม้ฝรั่งแช่เยือกแข็งที่ละลายโดยวิธีนี้จึงสูญเสียน้ำมาก และมีเนื้อสัมผัสที่เหนียวกว่าการละลายที่อุณหภูมิห้องที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ผิวและภายในแกนกลางของผลิตภัณฑ์น้อยกว่า ดังนั้นการละลายจะเป็นไปแบบช้าๆ ทำให้น้ำในเซลล์เคลื่อนที่ออกมาภายนอกเซลล์จึงน้อยกว่าการละลายในน้ำร้อน