# รายการอ้างอิง


ภาษาไทย

กรมวิชาการเกษตร. 2521. การวิเคราะห์องค์ประกอบของเห็ดฟาง. อ้างถึงใน อานนท์ เอื้อตระกูล. การเพาะเห็ดฟาง. กรุงเทพมหานคร: แสงทวีการพิมพ์, 2530.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ข้อมูล. 2539. ผักสดส่งออกนอกกว่าสองพันล้านบาท. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ (อัดสำเนา).

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ข้อมูล. 2541. ข้อมูลการส่งออกผักแช่เยือกแข็งของประเทศไทยระว่างปี 2535-2540. ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ข้อมูล: กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2517. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเห็ดฟางกระป๋อง มอก.73-2517.

กลุ่มบัณฑิตเกษตรก้าวหน้า. 2538. รวมเรื่องการเพาะเห็ดในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์กลุ่มเกษตรก้าวหน้า.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2540. การเพาะเห็ดฟางแบบกองเตี้ย. วารสารข่าวเกษตรและเทคโนโลยี (มกราคม): 1-15.

ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์. 2529. เทคโนโลยีการเพาะเห็ด. กรุงเทพมหานคร: สามัคคีสาร.

พัฒนพงษ์ สืบนุการณ์. 2532. เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการเพาะเห็ดเศรษฐกิจ. หน้า 1-20. 19-20 สิงหาคม 2532. ณ อาคารศูนย์เรียนรวมและฟาร์มผสมผสาน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535. การทดสอบทางประสาทสัมผัส. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รัฐพล ศรประเสริฐ. 2538. การเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนในเส้นใยเห็ดและดอกเห็ด. วารสารอาหาร 25 (กรกฎาคม-กันยายน): 178-184.

เสียงทอง นุตาลัยและคณะ. 2536. การพัฒนาเห็ดฟางเพื่อการส่งออก ใน เอกสารสรุปการสัมมนาทิศทางการผลิตและการตลาดพืชผัก (หน่อไม้ฝรั่ง ข้าวโพดฝักอ่อน เห็ด). หน้า 273-284. 3-6 กุมภาพันธ์ ณ โรงแรมโกลเด้นดราก้อน จังหวัดนนทบุรี.

อนงค์ จันทร์ศรีกุล. 2520. เห็ดเมืองไทย. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

อานนท์ เอื้อตระกูล. 2530. การเพาะเห็ดฟาง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร :

แสงทวีการพิมพ์.

อาภาพรรณ ปัตตะแวว. 2540. การผลิตแครอตและบรอคโคลีแช่เยือกแข็งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งแบบพ่นลมและไครโอจีนิค. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Burt, L.H. 1955. Processed food and method of preparation. US. Patent 2,728,676.

Carroad, P.A.; Swartz, J.B.; and Bomben, J.L. 1980. Yield and solid loss in water and steam blanching, water and air cooling, freezing, and cooking of broccoli spear. J. Food Sci. 45: 1408-1410.

Daudin, J.D. 1992. Freezing technology of meat and meat products, pp. 5-31. New York: Ellis Horwood.

Deman, S.M.; Deman, L.; and Gupta, S. 1986. Texture and microstructure of soybean curd (tofu) as affected by different coagulants. Food Microstructure 5: 83-89.

Desrosier, N.W.; and Evers, C.F. 1947. Fundamentals of food freezing. Westport: AVI.

Desrosier, N.W.; and Tressler, D.K. 1977. Fundamentals of food freezing. Westport: AVI.

Dura, S.; and Tuzel, Y. 1996. Effects of post-harvest applied chemicals on some quality parameters of cultivated mushrooms ( *Agaricus bisporus*). Turkish J. Agriculture and Forestry 20(3): 207-211.

Embs, R.J.; and Markakis, P. 1966. The mechanism of sulfite inhibition of browning caused by polyphenol oxidase. J. Food Sci. 31(6): 807-811.

Fang, T.T.; Ou, S.M.; and Lee, M.L. 1976. Investigation on the activities of polyphenol oxidase and peroxidase of cultivated mushrooms and their inhibitors. Mushroom Sci. 9(1): 47-53

Fang, T.T.; Ou, S.M.; and Lin, C.H. 1974. Effect of chemical treatments before or after blanching and freezing methods on the quality of frozen mushrooms. Mushroom Sci. 9(1): 319-331.

Fellows, P.J. 1990. Food processing technology: Principle and practice. West Sussex

England: Ellis Horwood.

Fennema, O.R. 1975. Pricioles of food science. New York: Marcel Dekker.

Fennema, O.R.; Karel,M.; and Lund, D.B. 1975. Physical principles of food preservation. New York: Marcel Dekker.

Fennema, O.R.; and Powrie, W.D. 1964. Fundamental of low temperature food preservation. Advance in Food Reseach 13(2): 220-225.

Fennema, O.R.; Powrie, W.D.; and Marth, E.H. 1973. Low temperature preservation of foods and living matter. New York: Marcel Dekker.

Glicksman, M. 1969. Gum technology in the food industry. New York: Academic Press.

Gormley, T.R. 1972. Quality Evaluation of frozen mushroom. Mushroom Sci. 8: 209-219.

Gormley, T.R. 1984. Studies on reducing shrinkage and improving sensory quality of frozen mushroom. In Thermal processing and quality of food, pp. 701-705. Ireland: Irish Republic.

Gormley, T.R. 1986. Mushroom processing retaining colour without lossing weight. Farm and Food Research 17(3): 71-73.

Gormley, T.R.; and Walshe, P.E. 1982. Reducing shrinkage in canned and frozen mushroom. Irish J. Food Sci. and Tech. 6(2): 165-175.

Gormley, T.R.; and Walshe, P.E. 1986. Shrinkage in canned mushroom treated with xanthan gum as a pre-blanch soak treatment. J. Food Tech. 21(1): 67-70.

Hutchings, J.B. 1994. Food colour and appearrance. New York: Blackie Academic and Professional.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1982. Microorganisms in foods (2 nd. ed.). New York: Academic Press.

Jeremiah, L.E. 1996. Freezing effects on food quality. New York: Marcel Dekker.

Mallett, C.P. 1993. Frozen food technology. London: Blackie Academic and Professional.

Mau, J.L.; Chyau, C.C.; Li, J.Y.; and Tseng, Y.H. 1997.Flavor compounds in straw mushrooms *Volvariella volvacea* harvested at different stage of maturity.

J. Agric Food Chem. 45(12): 4726-4729.

McCord, J.D.; and Kilara, A. 1983. Control of enzymatic browning in processed mushrooms (*Agaricus bisporus*). J. Food Sci. 48(8): 1479-1483.

Pierpoint, W.S. 1969. O-quinones formed in plant extracts: their reactions with amino acids and peptides. Biochem J. 609-618.

Sanchez-Pineda de las Infantas, M.T.; Arias-Sanchez, A.; and Gomez-Ruiz, M.D. 1996. Influence of freezing and thawing on texture of white asparagus. Alimentaria 271: 109-115.

Sanderson, G.R. 1981. Polysaccharide in foods. Food Tech. 35(7): 50-83.

Sapers, G.M. 1993. Browning of foods control by sulfites, antioxidants and other means. Food Tech. 47(10): 75-84.

Sapers, G.M.; Miller, R.L.; Miller, F.C.; Cooke, P.H.; and Choi, S.W. 1994. Enzymatic browning control in minimally processed mushrooms. J. Food Sci. 59(5): 1042-1047.

Steinbuch, E. 1979. Technical note: quality retention of unblanched frozen vegetables by vacuum packing. J. Food Tech. 14: 321-323.

Tressler, D.K.; Aredel, W.B.; and Copley, M.J. 1968. The freezing preparation of foods Vol 3. 4th ed. Westport: AVI.

Tressler, D.K.; and Evers, C.F. 1947. The freezing preservation of food. 2nd ed. New York: AVI.

Walting, R. 1979. Mushrooms and toadstools. Oxford: Oxford University Press.

Whitaker, J.R. 1972. Principles of enzymology for the food science. New York: Marcel Dekker.

Whistler, R.L. 1973. Industrial gum. New York : Academic Press.

Whistler, R.L. 1993. Industrial gums polysaccharides and their derivatives. 3rd ed. San Diego : Academic Press.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

## วิธีเคราะห์ทางกายภาพ

ก.1.1 การวัดค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter (CR 300 series)

วิธีทดลอง

- กดปุ่ม Power On
- กดปุ่ม Index Set เลือก Menu เพื่อเปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสงเป็น C (CIE standard Illuminant C)
- กดปุ่ม Calibrate แล้วใส่ค่า Y x y ตามแผ่นมาตรฐาน แล้วเอา Measuring Head วางบนแผ่นมาตรฐานกดปุ่ม Measuring Head แล้วรอให้แสงสะท้อน 3 ครั้ง
- วัดค่าความสว่างของตัวอย่าง โดยวาง Measuring Head บริเวณที่ต้องการวัดค่าส แล้วกด Measuring Head เพื่ออ่านค่าในการวัดค่าความสว่างของผิวภายนอกเห็ดจะวัดดอกเดียวกัน 3 จุด จากนั้นเฉลี่ยเป็นหนึ่งค่า ในแต่ละทรีตเม้นต์จะใช้ตัวอย่าง 4 ดอก ค่าที่อ่านได้จากเครื่องคือ ค่าความสว่าง ( L)

ก.2.1 การหาค่า %weight gain ของเห็ดหลังแช่สารละลายกัม

ดัดแปลงจากวิธีของ Carroad , Swartz and Bomben (1980)

วิธีการ

- ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเห็ดก่อนแช่สารละลายกัม (หรือน้ำหนักเห็ดหลังการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาล) บันทึกค่าที่ได้ ($M_1$)
- ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเห็ดหลังแช่สารละลายกัม บันทึกค่าที่ได้ ($M_2$)

วิธีคำนวณ

%weight gain = $(M_2 - M_1) \times 100 / M_1$

ก.2.2 การหาค่า %blanching loss ของเห็ดเนื่องจากการลวก

ดัดแปลงจากวิธีของ Carroad, Swartz and Bomben (1980)

วิธีการ

- ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเห็ดก่อนการลวก (น้ำหนักเห็ดหลังแช่กัม) บันทึกค่าที่ได้ ($M_3$)

- ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเห็ดหลังการลวกที่ผ่านการทำให้เย็นใน cooling water 5นาที และทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงลวด 10 นาที บันทึกค่าที่ได้ ($M_4$)

วิธีคำนวณ

%blanching loss = $(M_3 - M_4) \times 100 / M_3$

ก.2.3 การหาค่า %freezing loss ของเห็ดเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง

ดัดแปลงจากวิธีของ Carroad , Swartz and Bomben (1980)

วิธีการ

- ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเห็ดก่อนแช่เยือกแข็ง (น้ำหนักเห็ดหลังการลวก) บันทึกค่าที่ได้($M_5$)

- ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเห็ดหลังการแช่เยือกแข็ง บันทึกค่าที่ได้ ($M_6$)

วิธีคำนวณ

%freezing loss = $(M_5 - M_6) \times 100 / M_5$

ก.2.4 การหาค่า %thawing loss ของเห็ดเนื่องจากการละลาย

ดัดแปลงจากวิธีของ Carroad, Swartz and Bomben (1980)

วิธีการ

- ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเห็ดก่อนการละลาย (น้ำหนักเห็ดหลังการแช่เยือกแข็ง) บันทึกค่าที่ได้ ($M_7$)

- ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเห็ดหลังการละลายในตู้เย็นเป็นเวลา 15 ชั่วโมง และทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงลวด 5 นาที บันทึกค่าที่ได้ ($M_8$)

วิธีคำนวณ

%thawing loss = $(M_7 - M_8) \times 100 / M_7$

ก.2.5 การหาค่า %total loss ของเห็ดหลังกระบวนการผลิต

ดัดแปลงจากวิธีของ Carroad, Swartz and Bomben (1980)

วิธีการ

- ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเห็ดก่อนแช่สารละลายกัม บันทึกค่าที่ได้ ($M_1$)
- ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเห็ดหลังละลาย บันทึกค่าที่ได้ ($M_2$)

วิธีคำนวณ

%total loss = $(M_2 - M_1) \times 100 / M_1$

ก.3.1 การวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texturometer (Lloyd Instrument, T2000)

วิธีทดลอง

- ทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texturometer โดยใช้หัวเจาะที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 ซ.ม. โดยติดตั้งเข้ากับ load cell ของเครื่อง
- ปรับความเร็วการเคลื่อนที่ของ load cell เป็น 150 mm/min
- ยึดกระดาษกราฟกับเครื่อง recorder ตั้งปรับค่าแรงที่อ่านให้เป็นศูนย์
- วางตัวอย่างบนแท่นวาง ให้ตัวอย่างอยู่ตรงกลางแท่น
- กดปุ่ม down เพื่อเลื่อนหัวเจาะลงมาที่ตัวอย่างจนกระทั่งทะลุตัวอย่าง ได้กราฟลักษณะแหลมที่เครื่อง recorder กดปุ่ม up เพื่อเลื่อนหัวเจาะขึ้นกลับตำแหน่งเดิม
- ค่าแรงสูงสุดที่อ่านได้จาก curve ค่าแรก คือ ค่า shear value (N) ของเห็ด
- คำนวณค่าแรงให้สอดคล้องกับค่า factor ที่ตั้งที่เครื่อง Texturometer และเครื่อง recorder

ก.4.1 การศึกษาโครงสร้างของตัวอย่างด้วย SEM (Scanning Electron Microscope)

ตามวิธีของ DeMan, DeMan and Gupta (1986)

สารเคมี

- glutaraldehyde solution 2.5%
- phosphate buffer (pH 7.2) 0.1M
- osmium tetraoxide solution 1%

- ethanol

<u>เครื่องมือ</u>

Scanning Electron Microscope ของ JEOL รุ่น JSM-5410 LV

<u>วิธีทดลอง</u>

- ตัดตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็กๆขนาด 5X5X3 ลูกบาศก์มิลลิเมตร
- แช่ตัวอย่างในสารละลาย glutaraldehyde solution ใน 0.1M phosphate buffer (pH 7.2) 2.5% นาน 2 ชั่วโมง หรือข้ามคืนในตู้เย็น (เพื่อ fix โปรตีน)
- ล้างตัวอย่างด้วย phosphate buffer (pH 7.2) 0.1M 3 ครั้งๆละ 20 นาที ทิ้งระยะห่าง 10 นาที
- แช่ตัวอย่างใน osmium tetraoxide solution ใน 0.1M phosphate buffer (pH 7.2) 1% นาน 90 นาทีที่อุณหภูมิห้อง (เพื่อ fix ไขมัน โดยเฉพาะไขมันไม่อิ่มตัว)
- ล้างตัวอย่างด้วย phosphate buffer (pH 7.2) 0.1M 1 ครั้ง แล้วตามด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้งๆละ 10-15 นาที แต่ละครั้งห่างกัน 10 นาที
- นำไปกำจัดน้ำออก (dehydrate) ด้วย ethanol series 30% 50% 70% 90% และ 100% 3 ครั้งๆ ละ 10-15 นาที (เป็นการค่อยๆ กำจัดน้ำออกจากเซลล์ เพื่อคงรูปเซลล์ให้เหมือนเดิมมากที่สุด)
- นำตัวอย่างไปทำแห้ง ณ จุดวิกฤต ด้วยวิธี critical print drying (CPD)
- หักตัวอย่าง โดยใช้มีดกรีดนำรอยที่จะหักแล้วใช้คีมคีบหักออกเป็นสองท่อน
- ติดตัวอย่างที่หักแล้วบน stub ด้วยเทปสองหน้า หรือกาว
- ฉาบทองหนา 20-30 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง sputter 4-5 นาที
- ศึกษาพร้อมกับบันทึกภาพโครงสร้างของตัวอย่างด้วยเครื่อง SEM (JEOL model JSM-5410 LV) กำลังขยาย 500 เท่า

ก.5.1 <u>ปริมาณการใช้ liquid nitrogen เมื่อใช้อุณหภูมิแช่เยือกแข็งต่างกัน</u>

ตามวิธีของอาภาพรรณ ปัตตะแวว (2540)

<u>วิธีการ</u>

- ใช้ตัวอย่างเห็ด 40 ดอก ใส่ใน chamber ของเครื่อง Cryo-Test Chamber
- เปิดสวิตช์เครื่อง และเปิดวาล์วที่ถัง liquid nitrogen ตั้งอุณหภูมิที่ต้องการ

- กดปุ่ม start เพื่อพ่น (feed) liquid nitrogen เข้าสู่ chamber จับเวลาของการพ่น liquid nitrogen จนอุณหภูมิใน chamber ถึงจุดที่ตั้งไว้ บันทึกเวลา ($t_1$)

- จำนวนครั้งของการพ่น liquid nitrogen (N) และเวลาการพ่น liquid nitrogen ต่อครั้ง ($t_2$) จนครบเวลาที่ตั้งไว้ คือที่อุณหภูมิ –50 องศาเซลเซียส เวลา 19 นาที 20 วินาที, –60 องศาเซลเซียส เวลา 12 นาที 50 วินาที, –70 องศาเซลเซียส เวลา 11 นาที 40 วินาที และ –80 องศาเซลเซียส เวลา 9 นาที 55 วินาที

- คำนวณเวลาทั้งหมดของการพ่น liquid nitrogen ตลอดการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมินั้น (T) หน่วยเป็นวินาที ดังนี้

$$T = t_1 + N(t_2)$$

ก.5.2 <u>การหาค่า liquid nitrogen ที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งเห็ด</u>

ตามวิธีของบริษัท BIG (Bangkok Industrial Gas Co., Ltd.)

calorimetry เป็นกรรมวิธีในการวิเคราะห์อุณหภูมิโดยการวัดพลังงานในรูปของความร้อน โดยมีหลักการคือ วัดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวัตถุที่ใช้ทดสอบกับวัตถุอ้างอิงซึ่ง calorimetry โดย liquid nitrogen นี้จะวัดค่าน้ำหนักของ liquid nitrogen ที่ใช้ไปในการทำให้วัตถุที่ทดสอบมีอุณหภูมิลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิของ liquid nitrogen (-320°F) ซึ่งในที่นี้ถือว่าเป็นวัตถุอ้างอิง จุดประสงค์ที่แท้จริงของ calorimetry lab คือ หาปริมาณการใช้ liquid nitrogen ในการแช่เยือกแข็งอาหารจากอุณหภูมิหนึ่งมาสู่อุณหภูมิที่ต้องการ

<u>อุปกรณ์</u>

- ตาชั่งดิจิตอลสำหรับวัดน้ำหนักของวัตถุตัวอย่าง (ความละเอียด 0.00 กรัม)
- ตาชั่งดิจิตอลสำหรับวัดน้ำหนักของ liquid nitrogen ที่ใช้ (ความละเอียด 0.0 กรัม)
- นาฬิกาจับเวลา
- ภาชนะหุ้มฉนวนสำหรับบรรจุ liquid nitrogen (ถัง Dewar)

<u>วิธีการทดลอง</u>

- เติม liquid nitrogen ลงในถัง Dewar และปล่อยให้สมดุลระยะเวลาหนึ่ง
- ชั่งน้ำหนักถัง Dewar บนตาชั่งอันใหญ่ เริ่มจับเวลา บันทึกค่าน้ำหนักลงในแถว ของตาราง ก.1
- เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที บันทึกค่าน้ำหนักลงในแถว b

- หลังจากบันทึกค่าตามข้อ 3 แล้ว ให้นำตัวอย่างที่ต้องการทดสอบหย่อนลงในถัง Dewar ทันที (ตัวอย่างจะต้องผ่านการชั่งน้ำหนักและบันทึกผลลงในข้อ 1) การหย่อนตัวอย่างลงในถัง Dewar จะต้องระวังไม่ให้ liquid nitrogen ในถัง Dewar กระเด็น

- ตัวอย่างจะทำให้ liquid nitrogen ในถัง Dewar เกิดการเดือดรุนแรงระยะหนึ่ง ปฏิกิริยาจึงสิ้นสุดลง การสิ้นสุดของปฏิกิริยาสังเกตได้จาก liquid nitrogen หยุดเดือด และผิวหน้าของ liquid nitrogen จะเรียบ บันทึกน้ำหนักที่จุดสิ้นสุดปฏิกิริยานี้ลงใน c

- หลังจากนั้นอีก 1 นาที บันทึกน้ำหนักอีกครั้งในแถว d

- ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1-6 อีกครั้ง บันทึกผลลงในช่องที่ 2

<u>การคำนวณ</u>

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาคำนวณค่าที่ต้องการได้ดังนี้

- net sample weight หาได้จากการชั่งน้ำหนักของตัวอย่างก่อนหย่อนลงในถัง Dewar

- initial scale reading เป็นค่าน้ำหนักของ liquid nitrogen ณ จุดที่กำลังหย่อนตัวอย่าง ซึ่งก็คือ ค่าที่บันทึกในแถว b

- calculated total initial weight เป็นค่าน้ำหนักของ liquid nitrogen รวมกับตัวอย่างก่อนการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งคือค่าในข้อ 1 บวกข้อ 2

- final scale reading เป็นค่าน้ำหนักของ liquid nitrogen รวมกับตัวอย่างหลังจากที่ปฏิกิริยาสิ้นสุด ซึ่งก็คือค่าที่บันทึกในแถว c

- gross liquid nitrogen boil off เป็นค่าน้ำหนักของ liquid nitrogen ที่ใช้ไปในการทำให้ตัวอย่างที่มีอุณหภูมิหนึ่งลดลงจนอุณหภูมิเท่ากับ liquid nitrogen หรือค่าน้ำหนักของ liquid nitrogen ที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา หาได้จากข้อ 3 ลบข้อ 4

- heat leak ในการดำเนินปฏิกิริยานั้น liquid nitrogen ส่วนหนึ่งถูกใช้ไปในการทำให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิ liquid nitrogen นอกจากนี้ยังมี liquid nitrogen อีกส่วนหนึ่ง ซึ่งจะต้องสูญเสียไปตลอดเวลา ไม่ว่าจะมีการดำเนินปฏิกิริยาหรือไม่ก็ตาม เรียกว่า steady state losses ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$\left[((a-b)+(c-d))\,/\,2\right] \times (c-b)$$

wt. wt. min.

- net liquid nitrogen boil off จากข้อ 5 และ 6 สามารถหาน้ำหนัก liquid nitrogen ที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาการแช่เยือกแข็งคือ ค่าในข้อ 5 ลบข้อ 6

- สุดท้ายจะสามารถหาปริมาณ liquid nitrogen ที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งตัวอย่าง จาก

อุณหภูมิหนึ่งลงมายังอุณหภูมิของ liquid nitrogen ได้ในหน่วยของ unit liquid nitrogen / unit product โดยนำค่าในข้อ 7 / ข้อ 1 ได้เป็นค่าในข้อ 8 เป็นค่าที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างที่อุณหภูมิหนึ่งลงมาอุณหภูมิหนึ่งลงมายังอุณหภูมิของ liquid nitrogen แต่ในสภาพการผลิตจริงเราต้องการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์จากที่อุณหภูมิหนึ่ง (inlet temperature) ลงมาสู่อุณหภูมิที่ต้องการ (outer temperature) ไม่ใช่อุณหภูมิของ liquid nitrogen ดังนั้นในการทดลองจริง จะต้องทำการทดลองดังนี้

- จาก inlet temperature ลงมาสู่อุณหภูมิของ liquid nitrogen 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยจาก outlet temperature ลงมาสู่อุณหภูมิของ liquid nitrogen 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย จากนั้นจึงนำคาที่ได้ในข้อ 8 ของทั้ง 2 ส่วนมาลบกัน จะได้ differential consumption ซึ่งก็คือค่าของ liquid nitrogen ที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ จาก inlet temperature ลงสู่ outlet temperature ที่ต้องการ
- หาปริมาณความร้อนที่ถูก remove ออกได้ โดยคูณกับค่าความร้อนของการกลายเป็นไอของ liquid nitrogen (differential consumption X 85.5 Btu/lb.) ผลที่ได้แสดงดังตาราง ก.1

ตาราง ก.1 การหาปริมาณ liquid nitrogen ที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งเห็ด

inlet temperature 26°C outlet temperature -18°C

| | 1 | | 2 | | 1 | | 2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | time | weight | time | weight | time | weight | time | weight |
| a | 0 | 5176.50 | 0 | 5149.40 | 0 | 5223.20 | 0 | 5215.50 |
| b | 1 | 5175.80 | 1 | 5148.90 | 1 | 5222.00 | 1 | 5215.10 |
| c | 2.45 | 5152.30 | 2.45 | 5129.10 | 1.40 | 5217.20 | 1.40 | 5209.00 |
| d | 3.45 | 5151.90 | 3.45 | 5128.70 | 2.40 | 5216.50 | 2.40 | 5208.10 |

1. net sample weight
2. initial scale reading (b)
3. calculated total initial weight (1+2)
4. final scale / reading (c)
5. gross liquid nitrogen boil off (3-4)
6. heat leak $\left[((a-b) + (c-d)) / 2\right] \times (c-b)$
7. net liquid nitrogen boil off (5-6)
8. gram liquid nitrogen / gram product (7 / 1)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9.31 | 7.32 | 10.68 | 13.85 |
| 5175.80 | 5148.90 | 5222.00 | 5215.10 |
| 5185.11 | 5156.22 | 5232.68 | 5228.95 |
| 5152.30 | 5129.10 | 5217.20 | 5209.00 |
| 32.81 | 27.12 | 15.48 | 19.95 |
| 0.87 | 0.65 | 0.38 | 0.26 |
| 31.94 | 26.47 | 15.10 | 19.69 |
| 3.43 | 3.62 | 1.41 | 1.42 |

inlet temperature 26°C liquidnitrogen consumption 3.53

outlet temperature -18°C liquidnitrogen consumption 1.42

differential consumption 2.11

heat removal 0.40 btu/g

# ภาคผนวก ข

## การวิเคราะห์ทางเคมี

ข.1 การทดสอบ แอคติวิตี้ของเอนไซม์ polyphenoloxidase

ตามวิธีของวิชาปฏิบัติการเคมีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารเคมี

- Catechol 0.1 M

วิธีทดลอง

- หยดสารละลาย Catechcol 3-4 หยด ลงบนผิวดอกเห็ดที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่สภาวะต่างๆ ทรีตเม้นต์ละ 3 ดอก
- ทิ้งให้เห็ดสัมผัสอากาศที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง

การตรวจสอบปฏิกิริยา

เกิดสีม่วงคล้ำบนผิวภายนอกเห็ด เป็น +

ไม่เกิดการเปลี่ยนสีบนผิวภายนอกเห็ด เป็น -

# ภาคผนวก ค

## การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ค.1 การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

ตามวิธีของ ICMSF (1982)

วิธีวิเคราะห์

- นำเห็ดแช่เยือกแข็งที่ละลายแล้ว 50 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 450 มิลลิลิตร
- ปั่นตัวอย่างให้ละเอียดด้วย blender ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว สาระลายที่ได้ถือเป็น dilution $10^{-1}$
- ปิเปตสารละลายมา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่มีน้ำกลั่น จำนวน 9 มิลลิลิตร เพื่อทำเป็น $10^{-2}$ ทำเช่นนี้อีกจนถึง dilution $10^{-4}$
- ปิเปตสารละลายเจือจางที่ระดับต่างๆ 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว dilution ละ 2 plate เทอาหารเลี้ยงเชื้อ (plate count agar,PCA) ที่อุณหภูมิประมาณ 45 °C ลงในจานเพาะเชื้อประมาณจานละ 15-20 มิลลิลิตร หมุนจานไปมาเพื่อให้สารละลายเจือจางและอาหารเลี้ยงเชื้อผสมกัน ทิ้งให้แข็งตัว
- นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ที่เจริญในจานเพาะเชื้อ 30-300 โคโลนี
- คำนวณผลออกมาเป็นจำนวนจุลินทรีย์ต่อกรัมตัวอย่าง

การคำนวณ

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด = จำนวนโคโลนี x dilution factor

ค.2 การวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา

ตามวิธีของ ICMSF (1982)

วิธีการทดลอง

ทำการทดลองเหมือนการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แตเปลี่ยนจาก PCA เป็น potato dextrose agar (PDA) และปรับ pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อด้วย tataric acid 10% จำนวน 1 ml ต่อ อาหาร 100 ml

# ภาคผนวก ง

## แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ง.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาชนิดของสารละลายกัม อุณหภูมิในการแช่เยือกแข็ง วิธีการละลาย และอายุการเก็บผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็ง

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

คำชี้แจง ประเมินตัวอย่างเห็ดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งต่อไปนี้ในด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ทดสอบชิมในแต่ละตัวอย่างและให้คะแนนที่สามารถอธิบายความรู้สึกของท่านได้มากที่สุด

| คุณลักษณะ | รหัสผลิตภัณฑ์ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| ลักษณะปรากฏ<br>- ภายนอก<br>ผิวเหี่ยวย่นมาก เสียรูปทรง (1-4)<br>ผิวเหี่ยวย่นและเสียรูปทรงเล็กน้อย (5-7)<br>ผิวเต่งตึงดี ไม่เสียรูปทรง (8-10)<br>-ภายใน<br>มีรอยช้ำมาก (1-4)<br>มีรอยช้ำปานกลาง (5-7)<br>มีรอยช้ำเล็กน้อย (8-10) | | | | |
| สีภายนอก<br>สีคล้ำมาก (1-5)<br>สีค่อนข้างเหลือง (6-10)<br>สีขาวครีมเหมือนเห็ดลวกทั่วไป (11-15) | | | | |

| คุณลักษณะ | รหัสผลิตภัณฑ์ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| <u>กลิ่นรส</u><br>มีกลิ่นรสแปลกปลอมมาก (1-5)<br>มีกลิ่นรสแปลกปลอมเล็กน้อย แต่มีกลิ่นรสเห็ดเป็นที่ยอมรับ (6-10)<br>ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม มีกลิ่นรสเห็ดตามธรรมชาติ (11-15) | | | | |
| <u>ลักษณะเนื้อสัมผัส</u><br>เหนียวมากหรือนิ่มเละมาก (1-5)<br>เหนียวปานกลาง (6-10)<br>เหนียวเล็กน้อยยอมรับได้ (11-15) | | | | |
| <u>ความชอบรวม</u><br>ชอบมากที่สุด | | | | |
| ชอบมาก | | | | |
| ชอบปานกลาง | | | | |
| ชอบเล็กน้อย | | | | |
| เฉยๆ | | | | |
| ไม่ชอบเล็กน้อย | | | | |
| ไม่ชอบปานกลาง | | | | |
| ไม่ชอบมาก | | | | |
| ไม่ชอบมากที่สุด | | | | |

ข้อเสนอแนะ.....

..... ขอบคุณค่ะ

ง.2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาปริมาณ glycine ที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงกลิ่นรสของเห็ดแช่เยือกแข็ง

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

คำชี้แจง โปรดทำการประเมินตัวอย่างเห็ดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งต่อไปนี้ในด้านกลิ่นรส ทดสอบชิมในแต่ละตัวอย่างและทำเครื่องหมาย x หน้าข้อความที่อธิบายความรู้สึกของท่านได้มากที่สุด

| รหัส 419 | รหัส 172 | รหัส 386 |
|---|---|---|
| ___ มีกลิ่นรสเห็ดตามธรรมชาติมาก | ___ มีกลิ่นรสเห็ดตามธรรมชาติมาก | ___มีกลิ่นรสเห็ดตามธรรมชาติมาก |
| ___มีกลิ่นรสเห็ดตามธรรมชาติปานกลาง | ___มีกลิ่นรสเห็ดตามธรรมชาติปานกลาง | ___มีกลิ่นรสเห็ดตามธรรมชาติปานกลาง |
| ___มีกลิ่นรสเห็ดตามธรรมชาติเล็กน้อย | ___มีกลิ่นรสเห็ดตามธรรมชาติเล็กน้อย | ___มีกลิ่นรสเห็ดตามธรรมชาติเล็กน้อย |
| ___ มีกลิ่นรสแปลกปลอมเล็กน้อย | ___ มีกลิ่นรสแปลกปลอมเล็กน้อย | ___ มีกลิ่นรสแปลกปลอมเล็กน้อย |
| ___ มีกลิ่นรสแปลกปลอมปานกลาง | ___ มีกลิ่นรสแปลกปลอมปานกลาง | ___ มีกลิ่นรสแปลกปลอมปานกลาง |
| ___ มีกลิ่นรสแปลกปลอมมาก | ___ มีกลิ่นรสแปลกปลอมมาก | ___ มีกลิ่นรสแปลกปลอมมาก |

ข้อเสนอแนะ.....

.....ขอบคุณค่ะ

# ภาคผนวก จ

## ภาชนะบรรจุ

จ.1 รายละเอียดเกี่ยวกับภาชนะบรรจุ (บริษัท สตรองแพ็ค จำกัด (มหาชน)

ชื่อผลิตภัณฑ์ : Nylon 15μ / adhesive / LLDPE 120μ

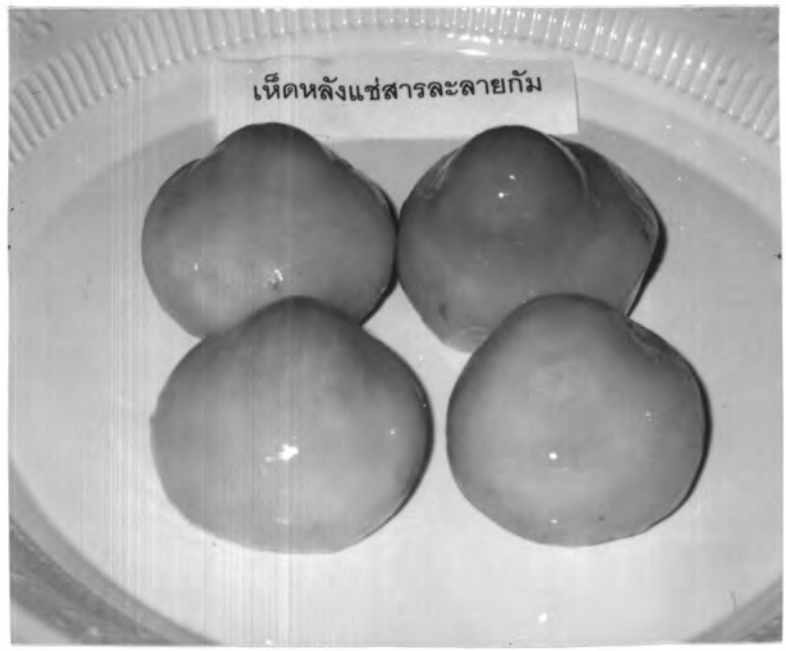
**ตาราง จ.1** รายละเอียดเกี่ยวกับภาชนะบรรจุ

| | | | วิธีตรวจวัด |
|---|---|---|---|
| 1. material specification | Nylon 15μ / adhesive / LLDPE 120μ | | infrared spectrophotometer |
| | thickness (μ) | 141±7% | dial gauge |
| | grammage ( g / $m^2$) | 132.30±7% | balance meter |
| 2. dimension | width (mm) | 210±3 | manual method |
| | length (mm) | 250±3 | manual method |
| 3. tensile strength (kg / 10 mm) | md | ≥ 3.00 | tensile tester speed 500mm / min sample dimension 10 x 60 mm |
| | cd | ≥ 4.50 | |
| 4. heatseal strength (kg / 15mm) (at 150°C, 2 kg / $cm^2$, 1 sec) | | ≥ 5.00 | tensile tester speed 300mm / min sample dimension 15 x 60 mm. |
| 5. adhesive strength (kg / 25 mm) | Nylon / LLDPE | ≥ 1.00 | tensile tester speed 300mm / min sample dimension 25 x 60 mm. |
| 6. friction | metal / inside | 0.90-1.25 | telemetric instumentab arloy sweden |
| | metal / outside | 0.70-0.85 | |

ภาคผนวก ฉ

ลักษณะของเห็ดหลังผ่านกระบวนการผลิตขั้นตอนต่าง ๆ

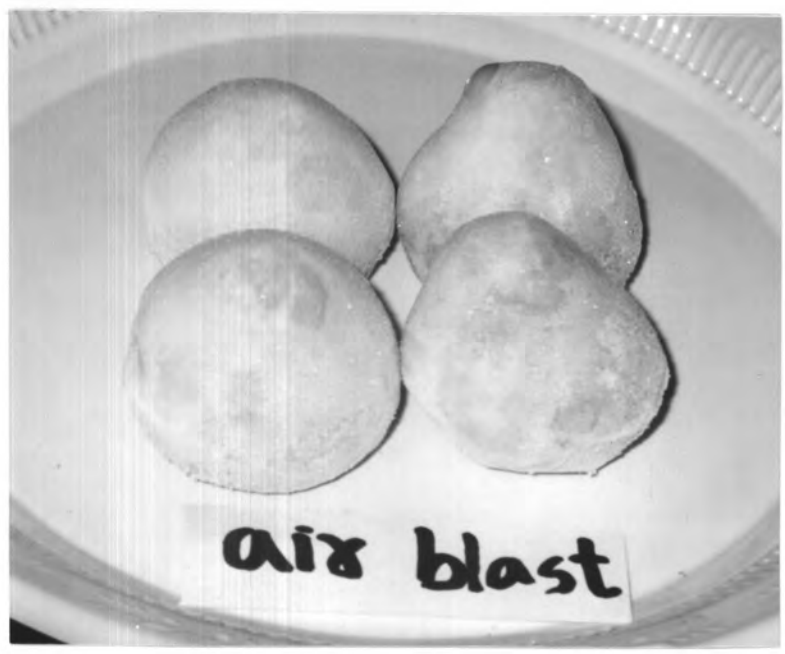
รูปที่ 13 ลักษณะเห็ดสด



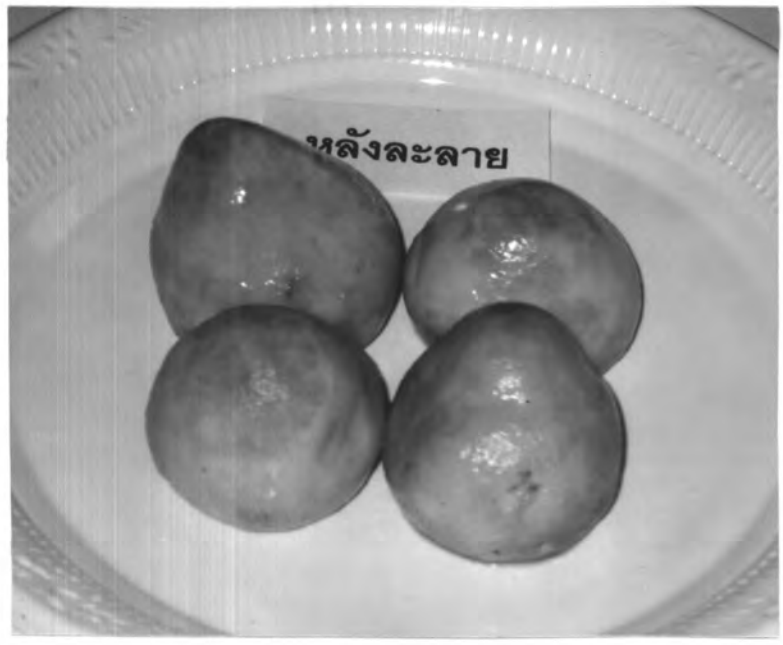

**รูปที่** 14 ลักษณะเห็ดหลังผ่านการแช่สารละลาย xanthan gum 0.75% ที่สภาวะสุญญากาศ 30 นิ้วปรอท เป็นเวลา 30 นาที

**รูปที่** 15 ลักษณะเห็ดหลังผ่านการลวกในน้ำเดือด 2 นาที

**รูปที่** 16 ลักษณะเห็ดหลังผ่านการแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคอุณหภูมิ –70°C




**รูปที่** 17 ลักษณะเห็ดหลังแช่เยือกแข็งด้วย air blast ที่อุณหภูมิลมเย็น -32°C




**รูปที่** 18 ลักษณะเห็ดที่แช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคหลังผ่านการละลายในตู้เย็น

# ประวัติผู้เขียน

นางสาว อภิรดี สัจจมงคล เกิดวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2516 ที่จังหวัดกาฬสินธุ์ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีมื่อปีการศึกษา 2537 และเริ่มศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538

# ประวัติผู้เขียน

นางสาว อภิรดี สัจจมงคล เกิดวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2516 ที่จังหวัดกาฬสินธุ์ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีมื่อปีการศึกษา 2537 และเริ่มศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538