รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2535. การตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา. ในเอกสารการประชุมเชิงปฏิบัติการ เรื่องตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา และข้อกำหนดอาหารแช่แข็งเพื่อการส่งออก. 11–15 พฤษภาคม 2535 ณ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ยศเส.

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2533. รายงานผลการวิจัยเรื่องคุณสมบัติและการแปรรูปขนุนสายพันธุ์ต่างๆ ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2539. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คุณค่าอาหารของทุเรียน. 2532. รายงานกิจกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ฉบับ 47 : 89–92.

จริงแท้ ศิริพานิช และธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์. 2543. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 1. นครปฐม : โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.

ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2535. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ดิเรก ฤกษ์หร่าย. 2536. ขนุน. ข่าวสารเกษตรศาสตร์ 38 (ธันวาคม – มกราคม) : 82.

ธวัชชัย รัตน์ชเลศ และ ศิวาพร ธรรมดี. 2542. พันธุ์ไม้ผลการค้าในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : รั้วเขียว.

นฤชิต แวงศรีผ่อง. 2529. การปลูกขนุน. กรุงเทพฯ : พิมพ์สวย.

ประสิทธิ์ ชูติชูเดช. 2537. พืชผักยืนต้น. มหาสารคาม : อภิชาติการพิมพ์.

เปรมปรี ณ สงขลา, บรรณาธิการ. 2541. รวมกลยุทธ์ขนุน. กรุงเทพฯ : เจริญรัฐการพิมพ์.

พเยาว์ รอดโพธิทอง. 2538. การยืดอายุผลไม้บางชนิดหลังการเก็บเกี่ยว. วารสารเทคโนโลยี 16 (ตุลาคม-ธันวาคม) : 10–15.

พาณิชย์จังหวัดชลบุรี, สำนักงาน. 2537. แนวทางการส่งเสริมด้านการผลิต. ในรายงานผลการศึกษาการผลิตและการตลาดขนุน จังหวัดชลบุรี 2536/2537 โครงการพัฒนาตลาดเพื่อสนับสนุนการกระจายการผลิตในระดับจังหวัด, หน้า 17–19.

พิบูลย์ เจียมอนุกูลกิจ. 2542. เรื่องน่ารู้ทางการเกษตร. ข่าวเศรษฐกิจการเกษตร 45 (มิถุนายน) : 2–4.

เพ็ญศิริ อนันต์รักสกุล, วิบูลย์เกียรติ โมฬีรตานนท์, พรภัทรา ปฏิทัศน์, อัจฉรียา จารยะพันธ์ และ อินทราวุธ ฉัตรเกษ. 2531. การวิจัยและพัฒนาวิธีการแช่เย็นทุเรียนสด.

ในเอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่องทุเรียน, หน้า 1–26. 25–26 กุมภาพันธ์ 2531 ณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

สงวนศรี เจริญเหรียญ และวิชาญ วงศ์สิทธิ์. 2537. ผลของการดึงน้ำบางส่วนออกก่อนการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของสับปะรดแช่เยือกแข็ง. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 8 (3) : 44–52.

สมโภชน์ น้อยจินดา. 2537. เทคนิควัดความแน่นเนื้อของผักและผลไม้สด. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 4 (1) : 7–9.

อภิชาติ ศรีสอาด, บรรณาธิการ. 2543. 8 เซียนขนุน. กรุงเทพฯ : ก. พล (1996).

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2525. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสับปะรดเยือกแข็ง มอก. 425-2525. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

ภาษาอังกฤษ

Alonso, J., Canet, W., and Rodriguez, M.T. 1994. Mechanical assessement of texture of sweet cherries : effect of freezing. J. Sci. Food Agri. 66 : 1–7.

Alonso, J., Rodriguez, T., and Canet, W. 1995. Effect of calcium pretreatments on the texture of frozen cherries. Role of pectinesterase in the change in the pectic materials. J. Agri. Food Chem. 43 : 1011–1016.

AOAC. 1995. Official method of analysis. 16 th ed. Washington D.C. : Association of Official Analytical Chemists.

Bartolome, A. P., Ruperez, P., and Fuster, C. 1996. Freezing rate and frozen storage effect on color and sensory characteristic of pineapple fruit slice. J. Food Sci. 61 (1) : 154–156, 170.

Berry, S.K., and Kalra, C.L. 1988, May – June. Chemistry and technology of jack fruit (*Artocarpus heterophyllus*) – a review. Indian Food Packer, 62–76.

Brown, M.S. 1976. Effects of freezing on fruit and vegetable structure. Food Technol. 30 (5) : 108–110.

Burns, J.K., and Pressey, R. 1987. Ca^{2+} in cell walls of ripening tomato and peach. J. Am. Soc. Hort. Sci. 112 (5) : 783–787.

Cano, N.P., and Marin, M.A. 1995. Effect of freezing preservation on dietary fibre content of mango (*Mangifera indica* L.) fruit. European J. Clinic Nutri. 49 : S257–S260.

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.

Cochran, W.C., and Cox, G.M. 1985. Experimental design. New York : John Wiley & Sons.

Fennema, O.R. 1973. Structural and textural deterioration of plant tissue during freezing. In O.R. Fennema, W.D. Powrie, and E.H. Marth (eds.), Low-temperature preservation of food and living matter, pp. 363–369. New York : Marcel Dekker.

Fennema, O.R. 1985. Food chemistry. 2nd ed. New York : Marcel Dekker.

Fils-lycaon, B., and Buret, M. 1990. Loss of firmness and change in pectic fractions during ripening and overripening of sweet cherry. Hort. Sci. 25 (7) : 777–778.

Forni, E., Torreggiani, K., Crivelli, G., Maestrelle, A., Bertolo, G., and Santelli, F. 1990. Influence of osmosis time on the quality of dehydrofrozen kiwi fruit. Acta. Hort. 282 : 425–434.

Fuchigami, M., Hyakumoto, N., and Miyazaki, K. 1995. Programmed freezing affects texture, pectic composition and electron microscopic studies of carrots. J. Food Sci. 60 : 137–141.

He, F., Purcell, A. E., Huber, C. S., and Hess, W. M. 1989. Effects of calcium, sucrose, and aging on the texture of canned great northern beans (*Phaseolus vulgari* L.). J. Food Sci. 54 (2) : 315–318.

Jones, H.F., and Beckett, S.T. 1995. Fruit and Vegetables. In S.T. Beckelt (ed.), Physico-chemical aspects of food processing, pp. 292–314. London : Blackie Academic & Professional.

Jones, P.M.B., and Boulter, D. 1983. The cause of reduced processing time in *Phaseolus vulgaris* following adverse storage conditions. J. Food Sci. 48 : 623.

Kidmose, U. and Martens, H.J. 1999. Changes in texture, microstructure and nutritional quality of carrot slices during blanching and freezing. J. Sci. Food Agri. 79 : 1749–1753.

Kim, W.J., Soslulski, F., and Campbell, S.J. 1978. Formulation and characteristics of low–ester gel from sunflower pectin. J. Food Sci. 43 : 381.

LeMaguer, M. 1988. Osmotic dehydration in food science : review and future direction. In J.J. McGrath and K. Diller (eds.), Low temperature biotechnology : emerging applications and engineering contributions, pp. 229–252. (n.p.).

Lidster, P.D., Tung, M.A., and Yada, R.G. 1979. Effect of preharvest and postharvest calcium treatment on fruit calcium content and the susceptibility of "Van" cherry to impact damage. J. Am. Soc. Hort. 104 (6) : 298–300.

Main, G. L., Morris, J. R., and Wehunt, E. J. 1986. Effect of preprocessing treatments on the firmness and quality characteristics of whole and sliced strawberries after freezing and thermal processing. J. Food Sci. 51 (2) : 391–394.

Mallett, C. P. 1993. Frozen food technology. New York : Academic & Professional.

Marin, M.A., Cano, P., and Fuster, C. 1992. Freezing preservation of four spanish mango cultivars (*Mangifera indica* L.) : chemical and biochemical aspects. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 194 : 566–569.

Martinez – Monzo, J., Martinez – Navarrete, A., Chiralt, A., and Fito, P. 1998. Mechanical and structural changes in apple (var. Granny Smith) due to vacuum impregnation with cryoprotectants. J. Food Sci. 63 : 499–503.

Mohr, W.P. 1971. Freeze – thaw damage to protoplasmic structure, moisture, edible plant tissues. J. Texture Studies. 2 : 316.

Morris, J. R., Main, G.L., and Sistrunk, W.A. 1991. Relationship of treatment of fresh strawberries to the quality of frozen fruit and preserves. J. Food Quality. 14 : 467–479.

Penfield, M.P., and Campbell, A.M. 1990. Experimental food science. 3 rd ed. London : Academic Press.

Perera, C.O., and Baldwin, E.A. 2001. Biochemistry of fruit and its implication on processing. In D. Arthey and P.R. Ashurst (eds.), Fruit processing : nutrition, products, and quality management, p. 25. Gaithersburg : Aspen Publishers.

Ponting, J.D., and Jackson, R. 1972. Pre-freezing processing of Golden Delicious apple slices. J. Food Sci. 37 : 812–814.

Poovaiah, B.W., and Shekhar, V.C. 1978. Effect of calcium infiltration of "Golden

Delicious" apple on fruit firmness and senescence. Hort. Sci. 13 : 357.

Poovaiah, B.W. 1986, May. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Technol, 86–89.

Pukrushpan, T. 1993. Fruit and vegetable processing in Thailand. In.M. Manabe and S. Subhadrabandhu (eds.), Studies on the cultivation and processing of tropical fruit in Thailand, pp. 43–70. (n.p.).

Robbers, M., Singh, R. P., and Cunha, L. M. 1997. Osmotic-convective dehydrofreezing process for drying kiwifruit. J. Food Sci. 62 (5) : 1039–1042, 1047.

Roy, S.S., Taylor, T.A., and Kramer, H.L. 2001. Textural and Ultrastructural changes in carrot tissue as affected by blanching and freezing. J. Food Sci. 66 (1) : 176–180.

Sefa – Dedeh, S., and Stanley, D.W. 1979. Textural implications of the microstructure of legumes. Food Technol. 33 (10) : 77.

Skrede, G. 1996. Fruits. In L. E. Jeremiah (ed.), Freezing effects on food quality, pp. 183-237. New York : Marcel Dekker.

Smith, L.G. 1988. Indices of physiological maturity and eating quality in Smooth Cayenne pine apple. I. Introduction of physiological maturity Queensland, J. Agri. Anim. Sci. 45 (2) : 213–218.

Talburt, W.F. 1955. Sugar in frozen food. In the staff of industrial and engineering chemistry (eds.), Use of sugar and other carbohydrate in the food industry, pp. 89–94. Los Angeles : American Chemical Society.

Torreggiani, D., Forni, E., and Rizzolo, A. 1987. Osmotic dehydration of fruit. Part 2 : Influence of osmosis time on the stability of the processed cherries. J. Food Proc. Pres. 12 : 27–44.

Tregunno, N.B., and Goff, H.D. 1996. Osmodehydrofreezing of apple : structural and textural effects. Food Res. Int. 29 (5–6) : 471–479.

Wrolstad, R.E., Skrede, G., Lea, P., and Enersen, G. 1990. Influence of sugar on anthocyanin pigment stability in frozen strawberries. J. Food Sci. 55 : 1064.

Wu, M.C. 2000. Effect of vacuum packaging on the color of frozen sugar apple (*Annona squamosa* L.). J.Food Quality. 23 : 305–315.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ

ก. 1 การหาเปอร์เซ็นต์เนื้อขนุน (% yield)

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักขนุนสุกทั้งผล (กิโลกรัม)
2. แกะแยกยวงขนุน แล้วแกะเมล็ดออกจากยวง ชั่งน้ำหนักเฉพาะยวงขนุน (กิโลกรัม)
3. คำนวณเปอร์เซ็นต์เนื้อขนุนจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์เนื้อขนุน} = \frac{\text{น้ำหนักเฉพาะยวงขนุนที่แกะเมล็ดออก}}{\text{น้ำหนักผลขนุนทั้งผล}} \times 100$$

ก. 2 การวัดสีด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter (CR, 300 series)

วิธีการ

1. เปิดเครื่อง โดยเลื่อนสวิทช์ power on พร้อมกับกดปุ่ม all data clear
2. กดปุ่ม index set
3. เลือกแหล่งแสง C (CIE Standard Illuminant C) แล้วกดปุ่ม enter
4. กดเลือก calibrate เพื่อป้อนค่า Y x y ตามแหล่งแสงจากแผ่น calibrate
5. นำหัววัดวางลงบนแผ่น calibrate กดปุ่ม mearsure แล้วรอจนเกิดการ reflect ของแสงครบ 3 ครั้ง
6. กดปุ่ม color space select เพื่อเลือกระบบสีที่ต้องการเป็น L, a, b
7. วัดตัวอย่างโดยกดปุ่ม measure สำหรับขนุนจะวัด 5 จุด ต่อ 1 ชิ้น ซ้ำละ 10 ชิ้น จากนั้นเฉลี่ยเป็นหนึ่งค่าในแต่ละซ้ำ
8. กดปุ่ม stat เพื่อให้แสดงค่า max min mean และ SD ค่าที่อ่านได้จากเครื่องคือ ค่า L a และ b โดย

ค่า L แทนค่าความสว่าง

a แทนค่าสีแดง โดย (+) แทนค่าสีแดง

(-) แทนค่าสีเขียว

b แทนค่าสีเหลือง โดย (+) แทนค่าสีเหลือง

(-) แทนค่าสีน้ำเงิน

ก. 3 การวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texturometer (Texture Analyzer, TA. XT2I)

วิธีการ

1. ทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texturometer โดยใช้ใบมีดหัวตัด (รุ่น HDP/BSK)
2. Calibrate force ด้วยตุ้มน้ำหนัก 5 กิโลกรัม
3. กำหนดให้อัตราเร็วของหัวตัดก่อนการทดสอบ (pre speed) เท่ากับ 2.0 mm/s อัตราเร็วหัวตัดขณะทดสอบ (speed test) เท่ากับ 2.0 mm/s และอัตราเร็วของหัวตัดหลังการทดสอบ (post speed) เท่ากับ 10.0 mm/s
4. วางตัวอย่างบนแท่นวางให้ตัวอย่างอยู่ตรงกลางแท่น โดยกำหนดให้ขนาดตัวอย่างกว้าง 4 เซนติเมตร
5. กดปุ่ม run a test เพื่อเลื่อนใบมีดลงมาตัดตัวอย่างจนกระทั่งตัวอย่างขาดจากกัน

ค่าแรงสูงสุดที่อ่านได้จาก curve ค่าแรกคือ ค่า shear force (N)

ก. 4 การหาค่าการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการแช่เยือกแข็ง (% Freezing loss)

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของขนุนก่อนแช่เยือกแข็ง บันทึกค่าที่ได้ (M_1)
2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของขนุนหลังแช่เยือกแข็ง บันทึกค่าที่ได้ (M_2)

วิธีคำนวณ

$$\% \text{ Freezing loss} = (M_1 - M_2) \times 100 / M_1$$

ก. 5 การหาค่าการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการละลายน้ำแข็ง

(% Thawing loss)

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของขนุนก่อนการละลาย บันทึกค่าที่ได้ (M_3)
2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของขนุนหลังการละลาย บันทึกค่าที่ได้ (M_4)

วิธีคำนวณ

$$\% \text{ Thawing loss} = (M_3 - M_4) \times 100 / M_3$$

ก. 6 การหาเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง

ควบคุมอุณหภูมิภายในเนื้อขนุน เริ่มต้นให้อยู่ที่ 28 ± 1°C จากนั้นชั่งขนุน 400 กรัม (ประมาณ 10 ยวง) ลงในถาดอลูมิเนียม แทง thermocouple จากผิวนอกเข้าไปจนถึงกึ่งกลางยวงขนุน

1. การแช่เยือกแข็งแบบ air blast

ลดอุณหภูมิภายในตัวเครื่องให้ถึง –30 °C ความเร็วลม 6 m/s จากนั้นนำถาดที่บรรจุขนุนวางบนตะแกรงภายในเครื่อง เริ่มบันทึกอุณหภูมิภายในเนื้อขนุน และเวลาที่ใช้ตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มต้นจนอุณหภูมิสุดท้ายเป็น –18 °C

2. การแช่เยือกแข็งแบบ cryogenic

ลดอุณหภูมิภายใน chamber ให้อยู่ระหว่าง –20 °C ถึง –25 °C ก่อนที่จะใส่ตัวอย่าง จากนั้นจึงวางถาดที่บรรจุขนุนลงบนตะแกรงใน chamber เริ่มพ่นไอไนโตรเจน ตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ บันทึกเวลาที่ใช้ตั้งแต่อุณหภูมิที่ตั้งไว้จนอุณหภูมิสุดท้ายเป็น –18 °C

หมายเหตุ วิธีการแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคจำเป็นต้องควบคุมความดัน และระดับของ liquid nitrogen ในถังให้สม่ำเสมอทุกครั้ง ในการทดลองควบคุมความดันที่ 200 psi เนื่องจากความดันและระดับของ liquid nitrogen ในถัง มีผลต่ออัตราการพ่นไอไนโตรเจนเข้าสู่ chamber

ก. 7 การหาอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็ง

วัดระยะทางจากผิวหน้าของขนุนจนถึงจุดกึ่งกลางของขนุน หน่วยเป็นเซนติเมตร หารด้วยเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง จนอุณหภูมิภายในถึง –18 °C ซึ่งมีหน่วยเป็นชั่วโมงดังสมการ

$$\text{อัตราเร็ว} = \frac{\text{ระยะทางจากผิวหน้าถึงจุดกึ่งกลาง(cm)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง(hr)}}$$

ก 8 การวิเคราะห์ลักษณะทางเนื้อเยื่อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Scanning Electron Microscope (SEM) (ตามวิธีของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

วิธีการ

1. ตัดตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 5 x 5 x 3 ลูกบาศก์มิลลิเมตร
2. แช่ตัวอย่างในสารละลาย ใน 0.1 M phosphate buffer (pH 7.2) ที่มี glutaraldehyde solution 2.5% นาน 2 ชั่วโมง หรือข้ามคืนในตู้เย็น (เพื่อ fix โปรตีน)
3. ล้างตัวอย่างด้วย phosphate buffer (pH 7.2) 0.1 M 3 ครั้งๆ ละ 20 นาที ทิ้งระยะห่าง 10 นาที
4. แช่ตัวอย่างใน 0.1 M phosphate buffer (pH 7.2) ที่มี osmium tetraoxide solution (OsO_4) ผสมอยู่ 1% นาน 90 นาที ที่อุณหภูมิห้อง (เพื่อ fix ไขมันโดยเฉพาะไขมันไม่อิ่มตัว)
5. ล้างตัวอย่างด้วย phosphate buffer (pH 7.2) 0.1 M 1 ครั้ง แล้วตามด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง ๆ ละ 10 – 15 นาที แต่ละครั้งห่างกัน 10 นาที
6. นำไปกำจัดน้ำออก (dehydrate) ด้วย ethanol series 30 50 70 90 และ 100% 3 ครั้งๆ ละ 10 – 15 นาที (เป็นการค่อยๆ กำจัดน้ำออกจากเซลล์ เพื่อคงรูปเซลล์ให้เหมือนเดิมมากที่สุด)
7. นำตัวอย่างไปทำแห้ง ณ จุดวิกฤต ด้วยวิธี critical point drying (CPD)
8. หักตัวอย่างโดยใช้มีดกรีดนำรอยที่จะหักแล้วใช้คีมคีบหักออกเป็นสองท่อน
9. ติดตัวอย่างบน stub ด้วยเทปสองหน้า หรือน้ำยาทาเล็บ
10. ฉาบทองหนา 20 – 30 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Ion sputter 4 – 5 นาที
11. ศึกษาพร้อมกับบันทึกภาพโครงสร้างของตัวอย่างด้วยเครื่อง SEM (JEOL model JSM – 5410 LV) กำลังขยายต่าง ๆ และพริ้นท์รูปด้วย SONY, Video graphic printer UP – 880

ก. 9 การวิเคราะห์ลักษณะทางเนื้อเยื่อด้วยวิธีทาง Histology

(ตามวิธีของภาควิชาพยาธิวิทยาเขตร้อน คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล)

เครื่องมือ

1. Tissue processor (Sakura)
2. Embedding center (Tissue Tek II)
3. Microtome (A 0 820 Spencer)
4. Vacuum infiltrator (Tissue Tek II)
5. กล้องจุลทรรศน์ (Nikon, UFX – DX)
6. กล้องถ่ายรูป (Nikon, FX – 35DX)

วิธีการ

1. ตัดชิ้นเนื้อขนุนสดทั้งตามขวาง (x – section และตามยาว longitudinal section) ขนาด 1.5 x 0.5 x 0.2 เซนติเมตร
2. แช่ใน fixative ชนิด formalin – aceto – alcohol (FAA) นาน 48 ชั่วโมง
3. ล้างด้วย ethanol 70% 2 ครั้งๆ ละ 10 นาที
4. บรรจุใน stainless steel cassette แล้วนำใส่ใน tissue processor เพื่อ dehydration clearing และ impregnation โดยเริ่มจาก ethanol 80% 1 ชั่วโมง ethanol 90% 3 ครั้ง ๆ ละ 1 ชั่วโมง และ absolute ethanol 3 ครั้ง ๆ ละ 1 ชั่วโมง
5. clearing ด้วย chloroform 3 ครั้งๆ ละ 1 ชั่วโมง
6. infiltration ใน liquefied paraplast 2 ครั้งๆ ละ 2 ชั่วโมง
7. นำ cassette ที่บรรจุชิ้นเนื้อนี้ใส่ลงในเครื่อง Tissue Tek II เพื่อดึงฟองอากาศ และช่วยให้ paraplast ซึมผ่านเข้าในเนื้อเยื่อได้เต็มที่ โดยใช้ความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 30 นาที
8. นำชิ้นเนื้อทั้งหมดตรึงใน liquefied paraplast เมื่อ block ชิ้นเนื้อแข็งตัว จึงนำไปตัดด้วย microtome ให้ section มีความหนา 15 μ
9. ย้อม section ดังกล่าวด้วย safranin 0 นาน 15 ชั่วโมง และ fast green นาน 5 นาที
10. ทำสไลด์ให้แห้งด้วย ethanol 95% 2 ครั้ง ๆ ละ 1 นาที และ absolute ethanol 2 ครั้ง ๆ ละ 1 นาที mount สไลด์ด้วย permount

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

ข. 1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน 3 กรัม ใส่ลงในภาชนะอลูมิเนียมที่อบแห้งมาแล้วที่ 100 °C แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) จนน้ำหนักคงที่
2. นำตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 – 150 °C นานประมาณ 6 ชั่วโมง กรณีที่ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูง จะนำไประเหยน้ำบางส่วนก่อนโดยอบที่อุณหภูมิ 70 – 80°C หรือใช้ความร้อนจาก boiling water bath จนกระทั่งผลิตภัณฑ์เริ่มแห้ง
3. นำออกจากตู้อบลมร้อน ปิดฝาภาชนะอลูมิเนียม แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก
4. อบต่ออีกประมาณ 1 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
5. คำนวณปริมาณความชื้นหรือน้ำหนักที่หายไปตามสูตร

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ(กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ(กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ(กรัม)}} \times 100$$

ข. 2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. Gerhardt Micro –Kjeldahl Digestion Unit
2. ชุดเครื่องกลั่น
3. ฟลาสก์ก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร (Digestion Flask)

สารเคมี

1. สารละลายกรด boric ความเข้มข้น 4 % โดยปริมาตร
2. สารละลายกรด hydrochloric 0.1 N

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. สารละลาย sodium hydroxide ความเข้มข้น 40 %

4. สารละลายกรด sulfuric เข้มข้น

5. คะตะลิสต์ผสม (potassium sulfate ปราศจากน้ำ 10 กรัม และ copper sulfate 0.5 กรัม ผสมกัน)

6. อินดิเคเตอร์ (สารละลาย methyl red และสารละลาย bromocresol green ร้อยละ 1 : 5 ละลายในสารละลาย ethyl alcohol ให้ได้ความเข้มข้น 0.1 %)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน 1 กรัม (หากตัวอย่างเป็นของเหลวใช้ตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร) ใส่ตัวอย่างลงในหลอดย่อย (digestion flask) ทำ blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างควบคู่ไปด้วย

2. เติมคะตะลิสต์ 1 กรัม และสารละลายกรด sulfuric เข้มข้น 20 มิลลิลิตร

3. นำไปย่อยบนเตาย่อย จนได้ของเหลวสีเขียวใส (ใช้เวลา 3 – 4 ชั่วโมง) ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

4. เทสารละลายกรด boric เข้มข้น 4% ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 25 มิลลิลิตร (เพื่อใช้เป็นตัวจับแอมโมเนียที่กลั่นได้จากตัวอย่าง) เติมอินดิเคเตอร์ 2 – 3 หยด นำฟลาสก์ดังกล่าวต่อกันส่วนปลายคอนเดนเซอร์ (condenser) ของเครื่องกลั่น

5. นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้ว ต่อกับเครื่องกลั่น เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิกรัม และสารละลาย sodium hydroxide เข้มข้น 40 % จำนวน 20 มิลลิลิตร

6. ล้างส่วนปลายคอนเดนเซอร์ด้วยน้ำกลั่น ให้น้ำที่ล้างลงในขวดรับสารที่กลั่นแล้วนำสารที่กลั่นได้ทั้งหมดมาไตเตรตด้วยสารละลายกรด hydrochloric เข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึงจุดยุติจากสารละลายสีเขียวเป็นสีชมพูแดง

7. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจน และปริมาณโปรตีน

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{\{(V_a - V_b)N \times 14/100\}}{\text{กรัมตัวอย่าง}} \times 100$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \%\ \text{ไนโตรเจน} \times CF$$

กำหนดให้

v_a = ปริมาณของกรด hydrochloric ที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

v_b = ปริมาณของกรด hydrochloric ที่ใช้ไตเตรต blank

N = ความเข้มข้นของกรด hydrochloric ที่ใช้ไตเตรต

14 = น้ำหนักโมเลกุลของไนโตรเจน

CF = conversion factor สำหรับเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นโปรตีน

เช่น CF ข้าว = 5.7

นม = 6.38

ผลไม้ = 6.25 เป็นต้น

โดยงานวิจัยนี้ใช้ conversion factor เท่ากับ 6.25

ข. 3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. soxhlet apparatus
2. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
3. เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (Vacuum evaporator)
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)

วิธีวิเคราะห์

1. อบขวดก้นกลมที่อุณหภูมิ 105 – 110°C นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแล้ว 2 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1

3. ใส่ห่อตัวอย่างลงใน thimble ใส่ thimble ลงใน extraction tube soxhlet apparatus

4. เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 300 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลมที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนักแน่นอน

5. นำขวดก้นกลมดังกล่าวต่อเข้ากับชุดสกัด สกัดไขมันเป็นเวลา 4 ชั่วโมง คุมอุณหภูมิให้คงที่ 40 – 60 °C เมื่อครบเวลาเอาปิโตรเลียมอีเทอร์ไประเหยในเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ

6. นำขวดก้นกลมซึ่งมีน้ำมันหรือไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 100 ± 2 °C นานประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

7. ชั่งน้ำหนักขวดก้นกลม และคำนวณหาปริมาณไขมัน

$$\text{ปริมาณไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันที่สกัดได้(กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)}} \times 100$$

ข. 4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. เตาเผาเถ้า (Muffle furnace)
2. เตาให้ความร้อน (Hot plate)
3. crucible
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)

วิธีวิเคราะห์

1. นำ crucible พร้อมฝา ไปอบที่อุณหภูมิ 550°C จนได้น้ำหนักคงที่ทำให้เย็นชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ใน crucible แล้วนำตัวอย่างไปเผาบนเตาให้ความร้อนจนตัวอย่างไม่มีควัน

3. นำตัวอย่างไปเผาที่อุณหภูมิ 550 °C ในเตาเผาเถ้า นาน 4 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว

4. ทำตัวอย่างให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาปริมาณเถ้า

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้าหลังเผา(กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)}} \times 100$$

ข. 5 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
2. โถดูดความชื้น (Desiccator)
3. เตาเผาเถ้า (Muffle furnace)
4. buchner funnel พร้อม suction pump

สารเคมี

1. สารละลายกรด sulfuric 5% และ 1.25%
2. สารละลาย sodium hydroxide 5%
3. ethyl alcohol

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้ว (ยกเว้นกรณีที่มีไขมันน้อยกว่า 1% จากการทดลองขนุนมีไขมันมากกว่า 1%) 2 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิกรัม
2. เติมกรด sulfuric 5% 50 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 200 มิลลิกรัม
3. ต้มให้เดือด 30 นาที หมุนบีกเกอร์เป็นครั้งคราว
4. กรอง buchner funnel ผ่านกระดาษกรอง โดยใช้ suction pump ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำร้อน 75 มิลลิลิตร และล้างผ่านกระดาษกรอง
5. ล้างซ้ำอีก 3 ครั้ง โดยใช้น้ำกลั่น ครั้งละประมาณ 50 มิลลิลิตร จากนั้น suction จนแห้ง นำกากที่ได้ใส่บีกเกอร์
6. เติมสารละลาย sodium hydroxide 5% 50 มิลลิลิตร
7. ต้มให้เดือด 30 นาที
8. นำมากรองผ่าน asbestos ใน gooch crucible
9. ล้างด้วยสารละลายกรด sulfuric 1.25% 25 มิลลิลิตร ตามด้วยน้ำกลั่นเดือด 50 มิลลิลิตร และ ethyl alcohol 25 มิลลิลิตร
10. อบ crucible ที่อุณหภูมิ 130 $\pm$ 2 °C นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก
11. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 $\pm$ 15 °C 30 นาที ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก

$$\text{ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไประหว่างการเผาCrucible}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)}} \times 100$$

ข. 6 การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธี Shaffer Somogyi (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. เตาให้ความร้อน (hot plate)
2. vortex mixture

สารเคมี

1. Shaffer – Somogyi carbonate 50 reagent

ชั่ง Na_2CO_3 anhydrous 25 กรัม และ KNa tartrate (Rochelle salt) 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิกรัม ในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร ค่อย ๆ รินสารละลาย $Cu_2SO_4.5H_2O$ (เตรียมโดยใช้ $Cu_2SO_4.5H_2O$ 100 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร) 75 มิลลิลิตร ผ่านกรวยแก้ว และให้ปลายกรวยแก้วอยู่ใต้ระดับของเหลวในบีกเกอร์ ขณะเติมสารละลาย $Cu_2SO_4.5H_2O$ ให้เติม $NaHCO_3$ 20 กรัม คนให้ละลาย เติม KI 5 กรัม แล้วคนให้ละลาย เทสารละลายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 1 ลิตร เติมสารละลาย KIO_3 0.1 N (เตรียมโดยใช้ KIO_3 3.567 กรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่นปรับจนมีปริมาตร 1 ลิตร) 250 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 1 ลิตร กรองสารละลายดังกล่าวผ่านกระดาษกรอง Whatman No.4 ทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนนำไปใช้

2. Iodide – oxalate solution

ชั่ง KI 2.5 กรัม และ $K_2C_2O_4$ 2.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น เทสารละลายลงในขวดปรับปริมาตร และปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร (ต้องใช้ภายใน 1 สัปดาห์)

3. Thiosulfate standard solution

เติมสารละลายมาตรฐาน (standard stock) ของ $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 0.1 N (ละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 25 กรัมในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มให้เดือดไฟอ่อนนาน 5 นาที) ถ่ายใส่ขวดสีชาเก็บในตู้เย็น การใช้สำหรับไตเตรตจะเตรียมสารละลายเข้มข้น 0.005 N จาก standard stock

การ standardization สารละลาย sodium thiosulfate

ชั่ง $K_2Cr_2O_7$ ประมาณ 0.007 – 0.015 กรัม ที่ผ่านการอบแห้งมาแล้วใส่ในฟลาสก์ เติม KI 2 กรัม และน้ำกลั่นประมาณ 8 มิลลิลิตร จากนั้นเติม HCl 1 N 20 มิลลิลิตร เขย่าให้

ละลาย นำไปเก็บในที่มืด 10 นาที แล้วนำไปไตเตรตกับสารละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 0.005 N ที่เตรียมมาจาก standard stock โดยใช้น้ำแป้ง (starch solution) เป็นอินดิเคเตอร์

$$\text{Normality } Na_2S_2O_3 = \frac{\text{น้ำหนัก(กรัม)ของ} K_2Cr_2O_7 \times 1000}{\text{มิลลิลิตรของ} Na_2S_2O_3 \text{ที่ใช้ไตเตรต} \times 49.032}$$

4. อินดิเคเตอร์ (starch solution)

ละลาย soluble starch 0.5 กรัม ในน้ำเดือด 100 มิลลิลิตร จนได้สารละลายใส

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 25 x 200 มิลลิลิตร สารละลายตัวอย่างควรมีน้ำตาลรีดิวซ์ หรือกลูโคสประมาณ 0.5 – 2.5 มิลลิกรัม

2. เติมสารละลาย shaffer 5 มิลลิลิตร ลงในสารละลายตัวอย่างเขย่าให้เข้ากัน และเตรียม blank โดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทนสารละลายตัวอย่าง

3. นำหลอดทดลองไปต้มในอ่างน้ำเดือด 15 นาที แล้วนำไปแช่ในน้ำเย็นนาน 4 นาที (พยายามไม่ให้มีการเขย่า)

4. เติมสารละลาย iodide – oxalate 2 มิลลิลิตร ไปตามด้านข้างของหลอดอย่างระมัดระวัง แล้วเติมสารละลาย H_2SO_4 2 N 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

5 นำไปแช่ในน้ำเย็นนาน 5 นาที (เขย่าทุก ๆ 2 นาที)

6. ไตเตรตสารละลายด้วย $Na_2S_2O_3$ 0.005 N โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ ปริมาณของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ในการไตเตรต blank ลบด้วยปริมาณของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง แล้วหาปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ในรูปกลูโคส จากตารางที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข. 1 Shaffer – Somogyi dextrose (glucose) – thiosulfate equivalent

mg. Glucose = (0.1099) (ml. 0.005 N $Na_2S_2O_3$) + 0.048										
ml	Tenths ml. 0.005 N $Na_2S_2O_3$									
0.005N	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$Na_2S_2O_3$	mg. dextrose in 5 ml of solution									
3	0.378	0.389	0.400	0.411	0.422	0.432	0.444	0.455	0.466	0.477
4	0.488	0.499	0.510	0.521	0.532	0.543	0.554	0.565	0.576	0.587
5	0.598	0.608	0.619	0.630	0.641	0.652	0.663	0.674	0.685	0.696
6	0.707	0.718	0.729	0.740	0.751	0.762	0.773	0.784	0.795	0.806
7	0.817	0.828	0.839	0.850	0.861	0.872	0.883	0.894	0.905	0.916
8	0.927	0.938	0.949	0.960	0.971	0.982	0.993	1.004	1.015	1.026
9	1.037	1.048	1.059	1.070	1.081	1.092	1.103	1.114	1.125	1.136
10	1.147	1.158	1.169	1.080	1.191	1.202	1.213	1.224	1.235	1.246
11	1.257	1.268	1.279	1.290	1.301	1.312	1.323	1.334	1.345	1.356
12	1.367	1.378	1.389	1.400	1.411	1.422	1.433	1.444	1.455	1.466
13	1.477	1.488	1.499	1.510	0.521	1.532	1.543	1.554	1.565	1.576
14	1.587	1.598	1.609	1.620	0.631	1.642	1.653	1.664	1.675	1.686
15	1.697	1.707	1.718	1.729	1.740	1.751	1.762	1.773	1.784	1.795
16	1.806	1.817	1.828	1.839	1.850	1.861	1.872	1.883	1.894	1.905
17	1.916	1.927	1.938	1.949	1.960	1.971	1.982	1.993	2.004	2.015
18	2.026	2.037	2.048	2.059	2.070	2.081	2.092	2.103	2.114	2.125
19	2.136	2.147	2.158	2.169	2.180	2.191	2.202	2.213	2.224	2.235
20	2.246	2.257	2.268	2.279	2.290	2.301	2.312	2.323	2.334	2.345
21	2.356	2.367	2.378	2.389	2.400	2.411	2.422	2.433	2.444	2.455
22	2.466	2.477	2.488	2.499	2.510	2.521	2.532	2.543	2.554	2.565

ข. 7 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%) = 100 – [โปรตีน (%) + ไขมัน (%) + เถ้า (%) + เส้นใย (%) + ความชื้น (%)]

ข. 8 การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) (ดัดแปลงจาก A.O.A.C. 1995)

1. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 N เตรียมโดยชั่ง NaOH 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วเทลงใน volumetric flask ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรครบ 1 ลิตร (น้ำกลั่นที่ใช้จะต้องต้มจนเดือดเพื่อไล่ก๊าซ CO_2 แล้วตั้งทิ้งไว้จนเย็นก่อน)

2. สารละลายมาตรฐาน potassium hydrogen phathalate ($KHC_8H_4O_4$) เตรียมโดยอบ $KHC_8H_4O_4$ ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วนำมาชั่งอย่างละเอียดให้น้ำหนักอยู่ในช่วง 2.0 – 2.4 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นนำมาละลายใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

การหา Normality ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน potassium hydrogen phathalate มา 25 มิลลิลิตร ใส่ใน flask นำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ หาปริมาตรเฉลี่ยของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต คำนวณหา normality ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์จากสูตร

$$\text{Normality NaOH} = \frac{\text{น้ำหนักของ}KHC_8H_4O_4\text{ (กรัม)} \times 1000 \times 25}{\text{ปริมาตรเฉลี่ยของNaOH(ml)} \times 204.23 \times 100}$$

การหาปริมาณกรดทั้งหมด

นำตัวอย่างขนุน 10 กรัม ปั่นผสมกับน้ำกลั่นที่ต้มเดือดแล้วทิ้งให้เย็น 30 มิลลิลิตร (เจือจาง 4 เท่า) กรองกากออก ปิเปตน้ำคั้นจากขนุน 5 มิลลิลิตร ไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N โดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ แล้วคำนวณปริมาณกรดทั้งหมดโดยคิดในรูปของกรดซิตริก ตามสูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (\%)} = \frac{\text{ปริมาตรของNaOH(ml)} \times \text{NNaOH} \times 100 \times 64}{\text{ปริมาตรของน้ำขนุน(ml)} \times 1000}$$

หมายเหตุ ค่าที่คำนวณได้คูณด้วย 4

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ค. 1 การวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด (ตามวิธีของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2535)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างขนุนแช่เยือกแข็งที่ละลายแล้ว 25 กรัม ลงในถุงปลอดเชื้อ เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.8% w/v ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 225 มิลลิลิตร นำถุงตัวอย่างเข้าเครื่องตี (stomacher) นาน 1 นาที สารละลายนี้จะมีความเข้มข้น 10^{-1}

2. ปิเปตสารละลายจากข้อ 1 จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่มีน้ำเกลือฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 9 มิลลิลิตร จะได้เป็น dilution 10^{-2} ทำเช่นนี้จนถึง dilution 10^{-6}

3. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ (plate count agar, PCA) ที่หลอมละลายมีอุณหภูมิประมาณ 45 °C ลงในจานเพาะเชื้อประมาณจานละ 15 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวและไม่มีไอน้ำที่ฝา

4. ปิเปตสารละลายเจือจางที่ระดับต่าง ๆ ตั้งแต่ 10^{-2} จนถึง 10^{-6} 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ ระดับละ 2 plate

5. spread โดยใช้แท่งแก้ว spread ให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ

6. กลับจานเพาะเชื้อ (อาหารเลี้ยงเชื้ออยู่ด้านบน) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 – 37°C นาน 48 ชั่วโมง

7. นับจำนวนจุลินทรีย์ในจานเพาะเชื้อ ซึ่งมีปริมาณ 30 – 300 โคโลนี

8. คำนวณจำนวนจุลินทรีย์ต่อกรัม ตัวอย่างดังนี้

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด = จำนวนโคโลนี x dilution factor

ค. 2 การวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา (ตามวิธีของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2535)

วิธีวิเคราะห์

ทำการทดลองเหมือนการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด แต่เปลี่ยนจาก PCA เป็น potato dextrose agar (PDA) โดยปรับ pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อด้วย tartaric acid 10% จำนวน 18 มิลลิลิตร ต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ 1000 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ง. 1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็ง

TRIANGLE TEST

DIFFERENCE ANALYSIS

วันที่ .....ชื่อผู้ชิม.....อายุ.....เพศ.....

ผลิตภัณฑ์.....

คำแนะนำ ตัวอย่าง 3 ตัวอย่างที่ให้ทดสอบนี้ 2 ตัวอย่างเหมือนกัน มีตัวอย่างหนึ่งจะแตกต่างออกไป โปรดทดสอบและแยกตัวอย่างที่มีความแตกต่างออกจากตัวอย่างที่เหมือนกัน โดยแสดงเครื่องหมาย / ลงในช่องว่าง

(1) รหัส	(2) ตัวอย่างที่แตกต่างจากตัวอย่างอื่น
.....	.....
.....	.....
.....	.....

ความแตกต่างที่พบในข้อ (2) คือ .....

(3) ระดับของความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่เหมือนกัน 2 ตัวอย่าง กับตัวอย่างที่แตกต่างกัน

เล็กน้อย (Slight) .....

ปานกลาง (Moderate) .....

มาก (Much) .....

มากที่สุด (Extreme) .....

(4) การยอมรับ (Acceptability)

ตัวอย่างที่แตกต่างมีการยอมรับมากกว่า.....

ตัวอย่างที่เหมือนมีการยอมรับมากกว่า.....

(5) ข้อเสนอแนะ

..... ขอขอบคุณ

ง. 2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของกระบวนการแช่เยือกแข็งขนุน

แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

วันที่ .....ชื่อผู้ชิม.....อายุ.....เพศ.....

ผลิตภัณฑ์ ขนุนแช่เยือกแข็ง

คำแนะนำ โปรดชิมตัวอย่างขนุนแช่เยือกแข็งดังต่อไปนี้ แล้วกำหนดจุดตัดลงบนเส้นที่กำหนดให้ตามความเข้มของคุณภาพด้านต่าง ๆ

ลักษณะคุณภาพ

สี

1 — 10

สีไม่สม่ำเสมอ (รอยช้ำมาก) — สีสม่ำเสมอ (รอยช้ำน้อย)

กลิ่นขนุน

0 — 10

ไม่มีกลิ่น — มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ

ความหวาน

0 — 10

ไม่หวาน — หวานมาก

เนื้อสัมผัส

0 — 10

นิ่ม — กรอบ

ความชอบรวม

0 — 10

ไม่ชอบมาก — ชอบมาก

ข้อเสนอแนะ

.....

ขอขอบคุณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

วิธีการฝึกฝนและคัดเลือกผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

1. การคัดเลือก

คัดเลือกผู้ทดสอบที่ไม่ bias กับผลิตภัณฑ์ขนุนแช่เยือกแข็ง สุขภาพแข็งแรง จำนวน 20 คน

2. การฝึกฝน

2.1 สร้างความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ โดยการประชุมกลุ่ม เพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกันเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ

2.2 แปรลักษณะเนื้อสัมผัส สี และกลิ่นขนุน ประเมินคุณภาพโดยใช้แบบทดสอบชนิด triangle จำนวน 15 ครั้ง คัดเลือกผู้ทดสอบที่อธิบายลักษณะได้ถูกต้องมากที่สุด จำนวน 12 คน เป็นผู้ทดสอบตลอดการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ ฉ. 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพบางประการของขนุนสดต่างพันธุ์

SOV	df	MS						
		ปริมาณเนื้อขนุน	ขนาดยวง	ความหนาของเนื้อ	ความแน่นของเนื้อสัมผัส	สี		
						L	a	b
พันธุ์ขนุน	2	26.823*	6046.190*	2.917E – 03	132.290*	68.175*	328.990*	1.412*
error	9	1.751	229.829	1.195E – 03	1.562	2.081	4224E – 02	0.128

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีของขนุนสดต่างพันธุ์

SOV	df	MS		
		ปริมาณความชื้น	ปริมาณกรดทั้งหมด	pH
พันธุ์ขนุน	2	21.879*	1.053E – 02*	6.667E – 02
error	9	2.651	5.139E – 04	2.887E – 02

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพบางประการของขนุนต่างพันธุ์หลังละลายน้ำแข็ง

SOV	df	MS					
		การสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการแช่เยือกแข็ง	การสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการละลายน้ำแข็ง	ความแน่นของ เนื้อสัมผัส	สี		
					L	a	b
พันธุ์ขนุน	2	7.368E – 02*	0.110*	1057.521*	145.280*	333.251*	8.212*
error	9	8.722E – 04	6.056E – 04	0.370	0.121	3.448E – 02	0.220

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนต่างพันธุ์แช่เยือกแข็ง

SOV	df	MS				
		สียวง	กลิ่นขนุน	ความหวาน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
พันธุ์ขนุน	2	32.341*	23.097*	64.012*	35.304*	30.015*
block	11	0.332	0.214	0.198	0.514*	0.344
error	130	0.213	0.195	0.222	0.201	0.225

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0.5 – 2%) ความเข้มข้นต่างกัน

SOV	df	MS						
		การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง	การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง	Shear force หลังแช่สารละลาย	Shear force หลังละลายน้ำแข็ง	สี		
						L	a	b
ความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์	3	9.417E – 04	8.473E – 03*	619.376*	331.437*	69.180*	6.691E – 02	4.064*
error	12	6.625E – 04	3.104E – 04	4.345	10.880	0.298	5.058E – 02	0.149

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0.5 - 2%) ความเข้มข้นต่างกัน

SOV	df	MS				
		สีเหลือง	กลิ่นขนุน	ความหวาน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ความเข้มข้นสารละลายแคลเซี่ยมคลอไรด์	3	2.303*	20.288*	0.448	15.818*	5.862*
block	11	1.020*	0.740*	0.362	0.615	0.225
error	177	0.464	0.302	0.244	0.342	0.304

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0.6 – 0.9%) ความเข้มข้นต่างกัน

SOV	df	MS						
		การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง	การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง	Shear force หลังแช่สารละลาย	Shear force หลังละลายน้ำแข็ง	สี		
						L	a	b
ความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์	3	1.425E – 03	2.273E – 03*	488.784*	120.256*	54.327*	2.170E – 02	2.353*
error	12	7.083E – 04	4.313E – 04	9.515	27.482	6.660E – 02	1.330E – 02	2.123E – 02

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0.6 – 0.9%) ความเข้มข้นต่างกัน

SOV	df	MS				
		สีขวง	กลิ่นขนุน	ความหวาน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ความเข้มข้นสารละลายแคลเซี่ยมคลอไรด์	3	0.865*	2.753*	0.276	14.993*	0.983*
block	11	1.785*	0.676*	1.039*	1.268*	1.212*
error	177	0.232	0.358	0.177	0.276	0.269

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายซูโครส ความเข้มข้นต่างกัน

SOV	df	MS						
		การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง	การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง	Shear force หลังแช่สารละลาย	Shear force หลังละลายน้ำแข็ง	สี		
						L	a	b
ความเข้มข้นสารละลายซูโครส	3	4.662E – 02*	5.467E – 03*	80.696*	29.025*	4.096*	1.075*	2.766*
error	12	8.208E – 04	5.250E – 04	3.342	10.468	0.230	5.764E – 02	0.371

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้นต่างกัน

SOV	df	MS				
		สีเหลือง	กลิ่นขนุน	ความหวาน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ความเข้มข้นสารละลายซูโครส	3	13.594*	12.863*	46.182*	4.479*	10.826*
block	11	0.638	0.897*	0.576	0.684	0.874*
error	177	0.466	0.426	0.345	0.414	0.415

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5% w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้นต่างกัน

SOV	df	MS						
		การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง	การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง	Shear force หลังแช่สารละลาย	Shear force หลังละลายน้ำแข็ง	สี		
						L	a	b
ความเข้มข้นสารละลาย	3	9.072E – 02*	1.833E – 04	318.297*	195.132*	26.450*	0.193	0.854*
error	12	6.292E – 04	3.458E – 04	5.186	7.269	0.464	8.800E – 02	0.316

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็ง ที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5% w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้นต่างกัน

SOV	df	MS				
		สีเหลือง	กลิ่นขนุน	ความหวาน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ความเข้มข้นสารละลาย	3	4.575*	24.973*	35.527*	2.261*	10.204*
block	11	0.191	0.358	1.319*	0.328	0.427
error	177	0.339	0.498	0.550	0.373	0.363

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้นต่างกัน

SOV	df	MS						
		การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง	การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง	Shear force หลังแช่สารละลาย	Shear force หลังละลายน้ำแข็ง	สี		
						L	a	b
ความเข้มข้นสารละลาย	3	8.859E – 02*	8.675E – 03*	169.318*	272.379*	14.088*	0.101	10.194*
error	12	7.687E – 04	1.9583E – 04	7.290	6.711	0.325	4.285E – 02	0.717

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้นต่างกัน

SOV	df	MS				
		สีเหลือง	กลิ่นขนุน	ความหวาน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ความเข้มข้นสารละลาย	3	4.150*	19.366*	32.519*	3.072*	5.164*
block	11	0.746*	0.796	0.555	0.911	0.731*
error	177	0.344	0.433	0.404	0.296	0.363

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้นต่างกัน

SOV	df	MS						
		การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง	การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง	Shear force หลังแช่สารละลาย	Shear force หลังละลายน้ำแข็ง	สี		
						L	a	b
ความเข้มข้นสารละลาย	3	0.251*	0.171*	19.492*	430.477*	14.176*	3.912E – 02	10.802*
error	12	9.417E - 04	6.604E – 04	6.042	16.868	0.430	5.680E – 02	0.562

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% w/v แล้วแช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้นต่างกัน

SOV	df	MS				
		สีเหลือง	กลิ่นขนุน	ความหวาน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ความเข้มข้นสารละลาย	3	4.384*	26.584*	22.193*	6.878*	12.922*
block	11	0.377*	0.526	0.712	0.292	0.282
error	177	0.384	0.400	0.404	0.280	0.236

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างกันแล้วแช่ในสารละลายซูโครส 30°Brix

SOV	df	MS						
		การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง	การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง	Shear force หลังแช่สารละลาย	Shear force หลังละลายน้ำแข็ง	สี		
						L	a	b
ความเข้มข้นสารละลาย	3	0.116*	7.649E – 02*	352.226*	385.621*	22.622*	1.544E – 02	9.080*
error	12	6.792E – 04	5.563E – 04	8.721	9.670	0.105	5.509E – 02	0.180

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างกัน แล้วแช่ในสารละลายซูโครส 30°Brix

SOV	df	MS				
		สีเหลือง	กลิ่นขนุน	ความหวาน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ความเข้มข้นสารละลาย	3	2.710*	3.173*	6.767*	6.160*	5.981*
block	11	0.218	0.404	0.336	0.508	0.357
error	177	0.340	0.312	0.277	0.292	0.336

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายต่าง ๆ

SOV	df	MS						
		การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง	การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง	Shear force หลังแช่สารละลาย	Shear force หลังละลายน้ำแข็ง	สี		
						L	a	b
สารละลายต่าง ๆ	3	1.571E – 02*	4.917E – 04	482.180*	251.285*	49.709*	0.117	0.555*
error	12	8.854E – 04	2.750E – 04	9.763	15.398	0.336	6.779E – 02	7.111E – 02

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายต่าง ๆ

SOV	df	MS				
		สียวง	กลิ่นขนุน	ความหวาน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
สารละลายต่าง ๆ	3	82.675*	12.838*	46.454*	46.705*	50.043*
block	11	0.928*	1.951*	0.298	0.801*	1.130*
error	177	0.247	0.136	0.227	0.236	0.265

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคที่อุณหภูมิต่างกัน

SOV	df	MS							
		การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง	การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง	Shear force หลังละลายน้ำแข็ง	สี			จำนวนการพ่น liquid nitrogen	เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง
					L	a	b		
อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง	2	2.291E – 02*	1.286E – 02	68.594*	22.946*	4.258E – 02	1.126E – 02	22.750*	4.731*
error	9	1.417E – 03	6.417E – 04	2.951	0.390	5.269E – 02	0.684	1.389	3.781E – 02

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคที่อุณหภูมิต่างกัน

SOV	df	MS				
		สีย้วง	กลิ่นขนุน	ความหวาน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง	2	33.718*	0.866	0.935	27.301*	24.956*
block	11	0.574*	0.997*	1.074*	0.650	0.922*
error	130	0.262	0.441	0.370	0.385	0.393

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคที่ละลายน้ำแข็งด้วยวิธีต่างกัน

Variance	Levene's Test for Equality of Variances		t – test for Equality of Mean		
	F	Sig	t	df	Sig (2 – tailed)
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง					
Equal variance assumed	0.779	0.398	–4.337	10	0.001
Equal variance not assumed			–4.337	8.833	0.002
Shear force หลังละลายน้ำแข็ง					
Equal variance assumed	2.580	0.139	10.150	10	0.000
Equal variance not assumed			10.150	8.948	0.000
L					
Equal variance assumed	0.054	0.820	0.775	10	0.456
Equal variance not assumed			0.775	9.981	0.456
a					
Equal variance assumed	0.411	0.536	0.364	10	0.724
Equal variance not assumed			0.364	9.569	0.724
b					
Equal variance assumed	0.111	0.745	1.156	10	0.275
Equal variance not assumed			1.156	9.785	0.275

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ. 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคที่ละลายน้ำแข็งด้วยวิธีต่างกัน

Variance	Levene's Test for Equality of Variances		t – test for Equality of Mean		
	F	Sig	t	df	Sig (2 – tailed)
สี					
Equal variance assumed	0.023	0.880	–8.497	118	0.000
Equal variance not assumed			–8.497	117.237	0.000
กลิ่นขนุน					
Equal variance assumed	1.429	0.234	–3.634	118	0.000
Equal variance not assumed			–3.634	115.358	0.000
ความหวาน					
Equal variance assumed	0.048	0.828	–1.136	118	0.258
Equal variance not assumed			–1.136	117.966	0.258
ลักษณะเนื้อสัมผัส					
Equal variance assumed	1.859	0.175	–8.415	118	0.000
Equal variance not assumed			–8.415	115.301	0.000
ความชอบโดยรวม					
Equal variance assumed	0.309	0.580	–6.365	118	0.000
Equal variance not assumed			–6.365	115.365	0.000

ตารางที่ ฉ. 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพของขนุนแช่เยือกแข็งที่เก็บอายุนาน 6 เดือน ในสภาวะแช่เยือกแข็ง

SOV	df	MS				
		การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง	shear force หลังละลายน้ำแข็ง	สี		
				L	a	b
อายุการเก็บ	7	4.514*	998.314*	184.713*	0.280*	53.037*
error	16	1.581E – 02	27.914	0.747	2.890E – 02	1.827

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็งที่เก็บอายุนาน 6 เดือน ในสภาวะแช่เยือกแข็ง

SOV	df	MS				
		สีเหลือง	กลิ่นขนุน	ความหวาน	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
อายุการเก็บ	7	444.677*	323.433*	250.588*	486.798*	516.149*
block	11	0.475*	1.713*	1.255*	0.801*	0.443*
error	365	0.175	0.177	0.164	0.183	0.136

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ. 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีของขนุนแช่เยือกแข็งที่เก็บอายุนาน 6 เดือน ในสภาวะแช่เยือกแข็ง

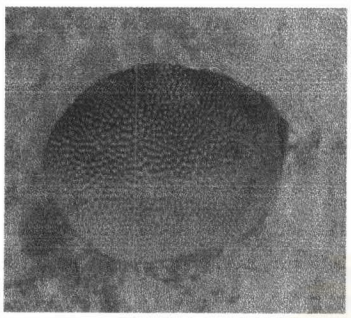
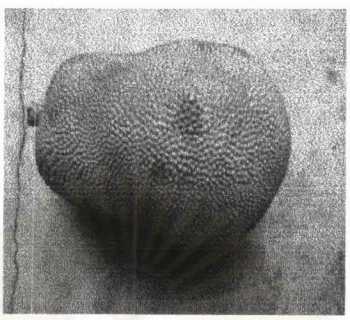
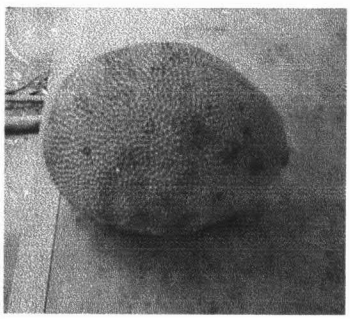
SOV	df	MS		
		น้ำตาลรีดิวซ์	กรดทั้งหมด	ของแข็งที่ละลายได้
อายุการเก็บ	7	0.888*	5.923E – 03*	24.584*
error	16	1.007E – 02	3.333E – 05	1.188

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

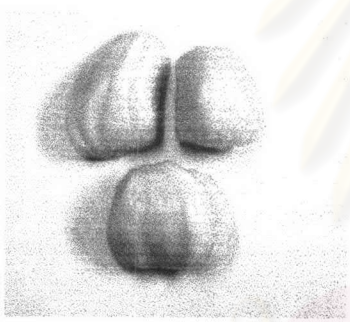
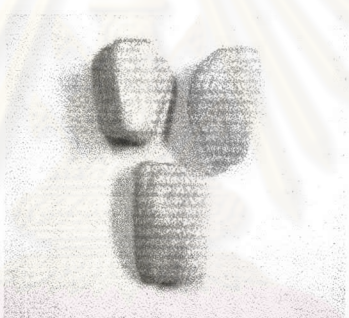
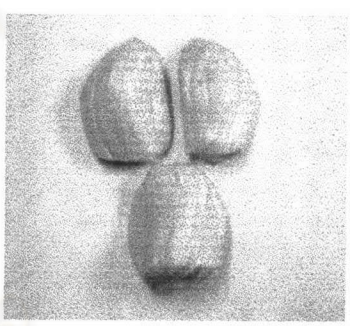
ภาคผนวก ช.

รูปวัตถุดิบและเครื่องมือ

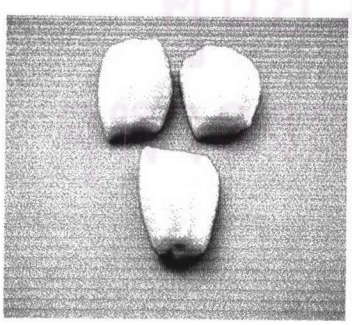
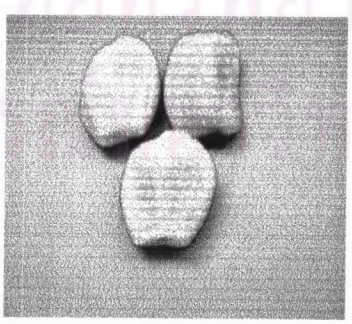
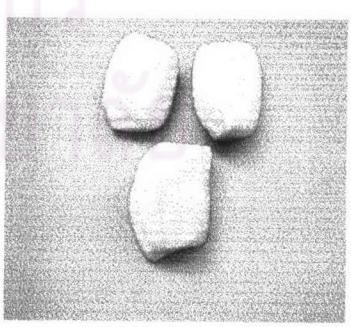
พันธุ์เหลืองบางเตย พันธุ์จำปากรอบ พันธุ์ทองสุดใจ

รูปที่ ช. 1 ผลขนุนสดทั้ง 3 พันธุ์

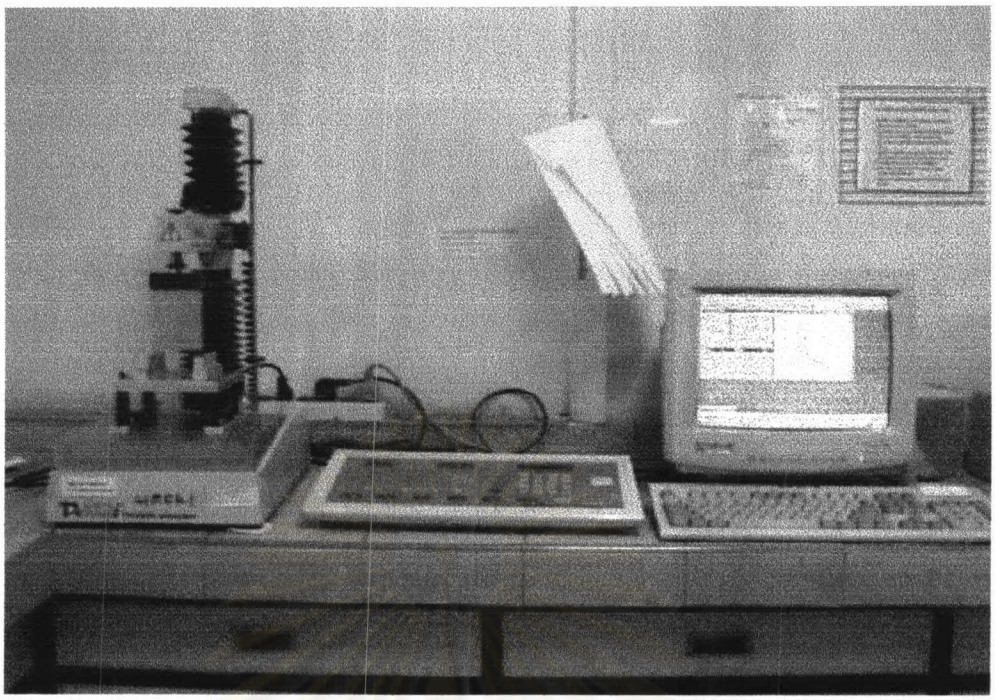
พันธุ์เหลืองบางเตย พันธุ์จำปากรอบ พันธุ์ทองสุดใจ

รูปที่ ช. 2 ยวงขนุนสด 3 พันธุ์

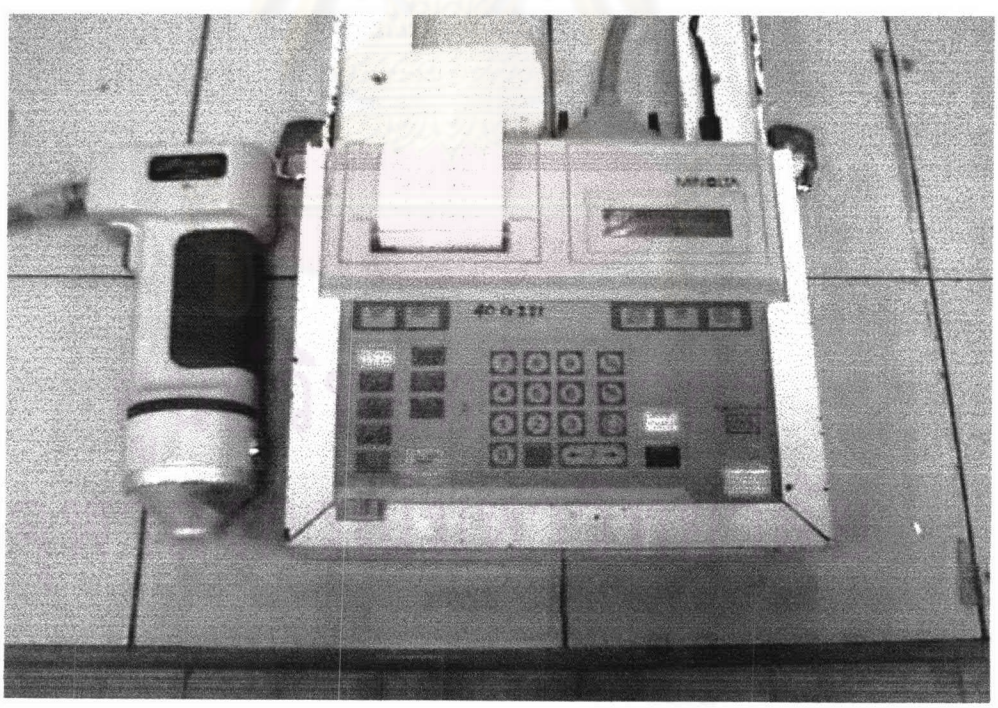




พันธุ์เหลืองบางเตย พันธุ์จำปากรอบ พันธุ์ทองสุดใจ

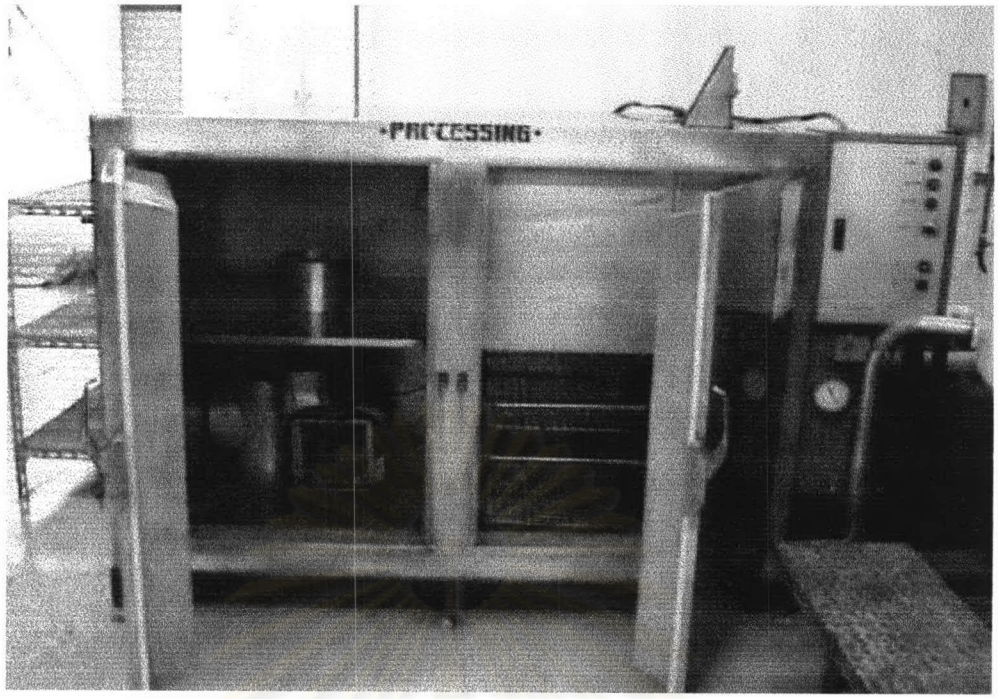
รูปที่ ช. 3 ยวงขนุนหลังละลายน้ำแข็ง



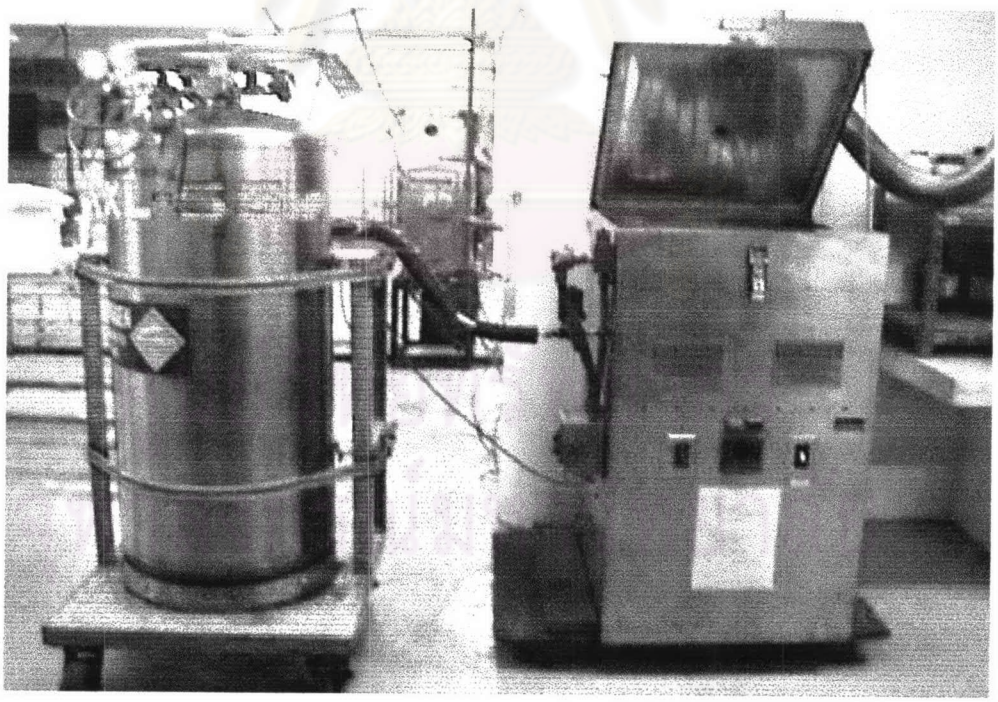
รูปที่ ช. 4 เครื่อง Texturometer



รูปที่ ช. 5 เครื่องวัดสี



รูปที่ ช. 6 เครื่อง Air blast freezer



รูปที่ ช. 7 เครื่อง Cryogenic freezer

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวประภาพรรณ ดุจดา เกิดวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2516 ที่จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปี พ.ศ. 2538 และเข้าทำงาน บริษัทอาหารยอดคุณ จำกัด ตำแหน่งเจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากนั้นได้เข้ารับราชการโปรแกรมเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครปฐม ในปี พ.ศ. 2539 และศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย