รายการอ้างอิง

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2534 . คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ และการแปรสภาพเมล็ด. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร ,กรุงเทพฯ .

งามชื่น คงเสรี . 2531 . คุณภาพหุงต้มรับประทาน และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง , หน้า 94-101. ใน สถาบันวิจัยข้าว. การปรับปรุงคุณภาพข้าวสำหรับผู้ดำเนินธุรกิจโรงสี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร , กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี . 2532 . คุณภาพข้าวสาร และข้าวสุก , หน้า 351-359. ใน การประชุมวิชาการโภชนาการ (ก้าวไปกับโภชนาการเพื่อสุขภาพ) วันที่ 13-15 ธันวาคม 2532 . สถาบันวิจัยโภชนาการ และคณะแพทย์ศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล .

งามชื่น คงเสรี . 2539 . การพัฒนาคำแนะนำการหุงต้มข้าว . เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร "การรักษาคุณภาพข้าวสารและการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งออก" วันที่ 20-22 สิงหาคม 2539 . ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี .

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2534 . การใช้เทคโนโลยีในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้านการเกษตร . สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ,กรุงเทพฯ .

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น . 2526 . การจำแนกข้าว. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ .

Adair , C.B., and others. 1966 . Rice breeding and methods in the United States. Rice in the United States : Varieties and production. Agr. Res. Service. U.S. Dep. Agr. Agr. Handbook No.29.

Akesson, Y.R., Bengtsson, B.L., and Bodrnaes, L.G. 1984 . Freezing of vegetables. U.S.Patent 4,461,781.

A.O.A.C. 1990 . Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Washington, D.C.

Batcher, O.M., Staley, M.G., and Deary, P.A. 1963 . Palatability characteristics of foreign and domestic rices cooked by different methods. Rice J. 66(9):19-24.

Boast, M.F.G. 1985. The technology of freezing. In R.K.Robinson (ed.). Microbiology of frozen food. Elsevier Applied Science Publishers Ltd, England.

Boggs, M.M., Sinnott, C.E., Vasak, O.K., and Kester, E.R.. 1951 . Frozen cooked rice. Food Technol. 5:230.

Buttery, R.G., Juliano, B.O., and Ling, L.C. 1983. Identification of rice aroma compound 2-acetyl-1-pyrroline in pandan leaves. Chem. Ind. (London). 20 : 478.

Decareau, R.V. 1992. Microwave Foods : New Product Development. Food & Nutrition Press, Inc., Connecticut, USA.

Frazier, W.C., and Westhoff, D.C. 1988. Food Microbiology. forth edition, Mc. Graw-Hill Book Company, USA.

Fremery, D.D., and Sayre, R.N. 1968. Poultry : Characteristics and Stability of the Frozen Products. In D.K.Tressler, et al. (ed.). The freezing preservation of foods. vol. 2, fourth edition, AVI Publishing, Westport, USA.

Gunderson, M.F., and Peterson, A.C. 1977. Microbiology of frozen foods. In N.W.Desrosier and D.K. tressler (ed.) . Fundamentals of food freezing. The AVI Publishing Co,Inc, Westport, USA.

Hanenian, R., Mittal, G.S., and Usborne, W.R. 1989. Effects of pre- chilling, freezing rate and storage time on beef patty. J. of Food Sci. 54(3) : 532-535.

International Rice Research Institute. 1972. Annual Report for 1971. Los Bonos, Philippines.

Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled amylose. Cereal Sci. Today. 16(10):334-360.

Juliano, B.O. 1972. The rice caryopsis and its composition. In D.F. Houston (ed.). Rice : Chemistry and Technology. The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota.

Juliano, B.O. 1982. An international survey of methods used for evaluation of cooking and eating qualities of milled rice. IRRI Res. Paper Ser. 77. Int. Rice Res. Inst., Los Bonos, Philippines.

Juliano, B.O. 1985. Criteria and test for quality. In Rice : Chemistry and Technology. The American Association of Cereal Chemists, Inc.., St. Paul, Minnesota.

Juliano, B.O., Onate, L.U., and Mundo, A.M.D. 1965. Relation of starch , protein content and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. J. Food Technol. 19 : 1006-1010.

Juliano, B.O., et al. 1981. International cooperative comparison of instrument methods for cooked rice texture. J. Text. Studies. 12:17.

Kainuma, Y., and Ema, S. 1987. Effect of ratio of water to rice on cooking. Japanese Journal of Economics. 38(7) : 567-575. FSTA Abstracts (1969-1989).

Kangsadalampai, K., and Sungpuag, P. 1984. Laboratory Manual for Food Analysis. Mahidol University, Bangkok.

Mutoh, F., Koizumi, H., Yamasaki, J., and Ando, T. 1978. Process for freezing cooked rice. U.S. Patent 4,086,369.

Olalquiaga, R., Guinard, J.X., and Singh, R.P. 1986. Effect of parboiling and freezing on quality of three Spanish rice varieties. J. of Food Processing and Preservation . 10 : 189-202.

Olson, R.L., and Dietrich, W.C. 1968. Vegetable : Characteristics and the Stability of Frozen Products. In D.K.Tressler, et al. (ed.). The freezing preservation of foods. vol. 2, fourth edition, AVI Publishing, Westport, USA.

Onate, L.U., Angelita, M.D., and Juliano, B.O. 1964. Relationship between protein content and eating quality of milled rice. Philippines Agr. 9 : 441-444.

Paule, C.M., and Powers, J.J. 1989. Sensory and chemical examination of aromatics and non-aromatics rices. J. of Food Sci. 54 : 343-346.

Pomeranz, Y. 1987. Modern Cereal Science and Technology. VCH Publishing, Inc., New York.

Reid, D.S. 1993. Basic physical phenomena in freezing and thawing of plant and animal tissue. In C.P. Mallett (ed.) . Frozen food technology . Blackie Academic & Professional , Cambridge, Great Britain.

Soerensen, L.B., and Jul, M. 1985. Effect of freezing / thawing on foods. In R.K.Robinson (ed.). Microbiology of frozen food. Elsevier Applied Science Publishers Ltd, England.

Tressler, D.K., Van Arsdel, W.B., and Copiry, M.J. 1968. The freezing preservation of foods. Vol. 4 . The AVI Publishing. Westport , USA.

Yajima, I., Yanai, T., Nakamura, M., Sakakibara, H., and Habu, T. 1978. Volatile flavor component of cooked rice. Agr. Biol. Chem. 42 : 1229-1233.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ก.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. ร้อยละของข้าวสารหัก

ชั่งตัวอย่างข้าวสารประมาณ 10 กรัม คัดแยกเมล็ดข้าวสารหักออกจากเมล็ดที่สมบูรณ์ (ข้าวสารหักคือข้าวสารที่หักเกินครึ่งหนึ่งของข้าวเต็มเมล็ด) ชั่งน้ำหนัก และคำนวณดังนี้

$$\text{ข้าวสารหัก (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสารหัก}}{\text{น้ำหนักข้าวสารหัก + น้ำหนักข้าวสารเมล็ดสมบูรณ์}} \times 100$$

2. ร้อยละของข้าวสุกหัก

ชั่งตัวอย่างข้าวสุกประมาณ 5 กรัม เติมน้ำประมาณ 30 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 10 นาที เทลงบนตะแกรงเพื่อสะเด็ดน้ำ คัดแยกเมล็ดข้าวสุกหักออกจากเมล็ดที่สมบูรณ์ (ข้าวสุกหัก คือข้าวที่หักเกินครึ่งของข้าวเต็มเมล็ด) ชั่งน้ำหนัก และคำนวณดังนี้

$$\text{ข้าวสุกหัก (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสุกหัก}}{\text{น้ำหนักข้าวสุกหัก + น้ำหนักข้าวสุกเมล็ดสมบูรณ์}} \times 100$$

3. ความชื้น (ดัดแปลงจาก A.O.A.C., 1990 ข้อ 925.10)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ภาชนะอลูมิเนียม และนำไปอบหาความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นแบบอัตโนมัติ (Moisture Analyzer , MA 30)

4. % freezing loss

คำนวณจากสูตรดังนี้

$$\%\ \text{freezing loss} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสุกก่อนแช่เยือกแข็ง - น้ำหนักหลังแช่เยือกแข็ง}}{\text{น้ำหนักข้าวสุกก่อนแช่เยือกแข็ง}} \times 100$$

5. % weight loss

คำนวณจากสูตรดังนี้

$$\% \text{ weight loss} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสุกก่อนแช่เยือกแข็ง} - \text{น้ำหนักข้าวสุกแช่เยือกแข็งก่อนละลายน้ำแข็ง}}{\text{น้ำหนักข้าวสุกก่อนแช่เยือกแข็ง}} \times 100$$

6. ค่าแรงต้านของข้าวสุก

ตรวจสอบเนื้อสัมผัสข้าวสุก โดยการวัดค่าแรงต้านของข้าวสุกด้วยเครื่อง Instron Model 1140 ตามวิธีการดังต่อไปนี้

6.1 เปิดสวิตช์เครื่อง แล้วตั้งค่าตัวเลือกต่างๆของเครื่องดังนี้

- อัตราเคลื่อนที่หัวกด(speed) เท่ากับ 200 มิลลิเมตร ต่อ นาที
- cross head drive (IN 26 AX , OUT 26 AX , MAX LOAD 500 KGS)
- chart time drive (TIME AX , CHART AX)
- chart to crosshead proportional drive (RATIO 1:1)

6.2 ใช้คานน้ำหนัก (Load bar) ขนาด 50 กิโลกรัม

6.3 นำหัวกดแบบเอกซ์ทรูชั่นเซลล์ (Extrusion cell) ขนาดพื้นที่หน้าตัด 4.8 x 4.8 ตารางเซนติเมตร ไปติดกับคานน้ำหนักให้แน่น วางเซลล์ของเอกซ์ทรูชั่นเซลล์บนฐาน ที่ยึดติดกับเครื่อง ซึ่งเป็นตำแหน่งที่พอดีกับหัวกด

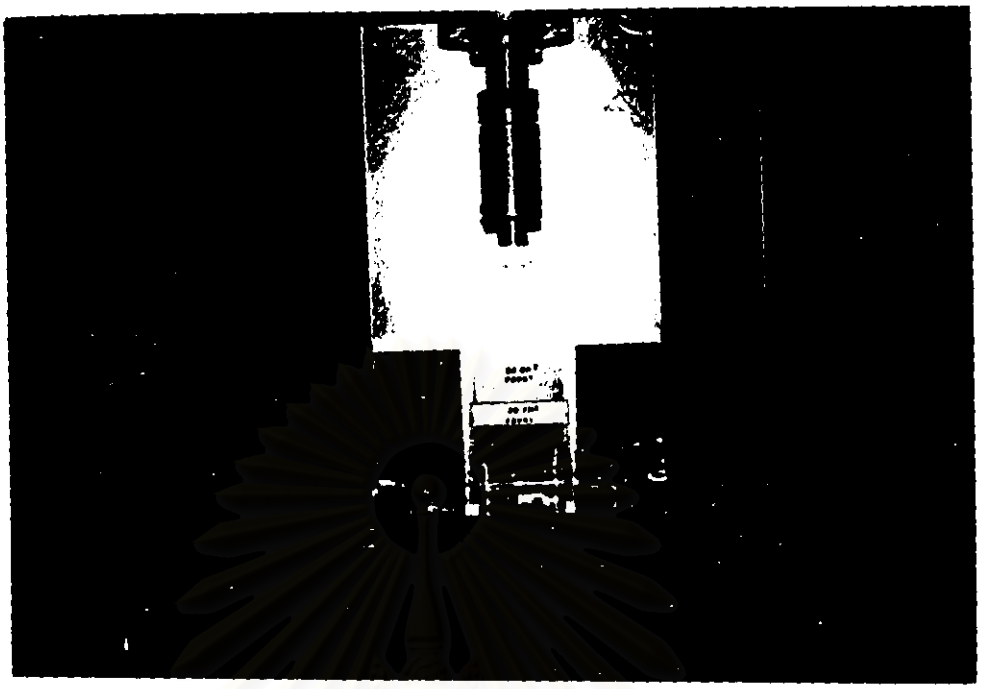
6.4 ใส่ข้าวสุกจำนวน 100 กรัม ลงในเซลล์ ไม่ต้องกดข้าวให้แน่น

6.5 กดปุ่ม Down เพื่อเลื่อนหัวกดลงในเซลล์

6.6 เปิดสวิตช์ที่เครื่องบันทึกผล วางหัวปากกาในตำแหน่งเริ่มต้นของกระดาษกราฟ เมื่อหัวกดเคลื่อนที่ลงใกล้กับข้าวสุกแล้ว ให้กดปุ่ม Start ที่เครื่องบันทึกผล

6.7 หัวกดจะกดข้าวสุกให้ไหลออกมาทางรูด้านล่างของเซลล์ ดังรูปที่ ก1-ก2 และเครื่องบันทึกผลจะบันทึกผลออกมาในรูปของกราฟตามค่าแรงต้านการกดของข้าวสุกหน่วยเป็นกิโลกรัม ต่อ พื้นที่หัวกด

6.8 เมื่อค่าแรงต้านเพิ่มขึ้นจนคงที่ และเริ่มลดลงแล้ว กดปุ่ม Stop และกดปุ่ม Up เพื่อยกหัวกดขึ้นจากเซลล์ที่ใส่ข้าว และนำออกมาทำความสะอาด เพื่อใช้วัดค่าแรงต้านสำหรับตัวอย่างใหม่ต่อไป ตามวิธีการตั้งแต่ข้อ 6.4



รูปที่ ก1 ข้าวสุกที่เริ่มถูกกดออกมาทางเอกซ์ทรูชั่นเซลล์

รูปที่ ก2 ข้าวสุกที่ถูกกดออกมาจนเกือบหมด ทางเอกซ์ทรูชั่นเซลล์

ก.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. ปริมาณอะมิโลส (Juliano , 1971)

1.1 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

บดข้าวสารตัวอย่างให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช ชั่งตัวอย่างแป้งข้าว 0.1000 กรัม (100 มิลลิกรัม) ใส่ในขวด Erlenmeyer flask ขนาด 50 ml เติมเอธานอล 95 % จำนวน 1 มิลลิลิตร และ NaOH 1 นอร์มัล 9 มิลลิลิตร นำไปต้มใน Water bath ประมาณ 5-10 นาที เพื่อทำให้แป้งสุก ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วถ่ายใส่ Volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น และเขย่าให้เข้ากัน

1.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

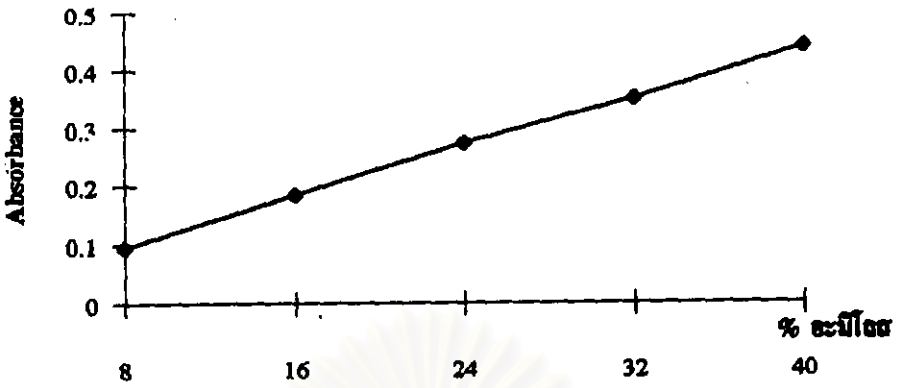
ปิเปตสารละลายตัวอย่างข้อ 1.1 มา 5 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 ml เติม กรดอะซิติก 1 นอร์มัล จำนวน 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน (ชั่งไอโอดีน 0.2 กรัม ผสมกับโปตัสเซียมไอโอไดด์ 2 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร) จำนวน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 20 นาที และ ทำเช่นเดียวกันนี้อีก แต่ไม่ใส่สารละลายตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นแบลงก์(blank) วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างโดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยปรับค่าสารละลายแบลงก์เป็นศูนย์

1.3 การสร้างกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐานโดยชั่งอะมิโลสบริสุทธิ์ (Potato Amylose) 40 มิลลิกรัม แทนตัวอย่างแป้งข้าว และทำเช่นเดียวกับข้อ 1.1 จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐาน จำนวน 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ Volumetric flask ขนาด 100 ml เติมกรดอะซิติก 1 นอร์มัล จำนวน 0.2 , 0.4 , 0.6 , 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ลงในขวดที่มีสารละลายมาตรฐานแต่ละขวดตามลำดับ และเติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และเขียนกราฟระหว่างปริมาณอะมิโลสเป็นกรัมต่อน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (หรือคิดเป็นร้อยละ 8 , 16 , 24 , 32 และ 40 ตามลำดับ) กับค่าการดูดกลืนแสง ดังแสดงในรูปที่ ก3

1.4 การเปลี่ยนค่าการดูดกลืนแสงเป็นปริมาณอะมิโลส

นำค่าการดูดกลืนแสงที่ปริมาณตัวอย่าง 100 มิลลิกรัม มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน แล้วอ่านค่าเป็นร้อยละของอะมิโลสต่อแป้งข้าว 100 กรัม



รูปที่ก3 กราฟมาตรฐานของอะมิโลส

2. ปริมาณโปรตีน (ดัดแปลงจาก A.O.A.C. , 1990 ข้อ 979.09 และ Kangsadalampai และ Sungpuag , 1984)

ชั่งตัวอย่างแป้งข้าวน้ำหนักแน่นอน 0.7 - 2.2 กรัม ใส่ลงในขวดเจลดาล (Kjeldahl) เติม K_2SO_4 10 กรัม และ $CuSO_4$ 0.5 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปย่อยในตู้ดูดควัน ช่วงแรกใช้ไฟอ่อนจนหมดฟอง จึงปรับไฟแรงขึ้น ระหว่างย่อยเขย่าเป็นครั้งคราว ย่อยต่อไปจนสารละลายใส ตั้งทิ้งไว้จนเย็นจึงเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นำไปประกอบกับเครื่องกลั่น เติม NaOH 50% ให้มากเกินพอ หรือจนสารละลายมีสีน้ำตาลเข้ม กลั่นแอมโมเนียจากสารละลายตัวอย่าง และรองรับด้วยสารละลายกรดบอริก 4% 50 มิลลิลิตร ที่หยดอินดิเคเตอร์ 3-4 หยด (เมธิลเรด 1.25 กรัมผสมเมธิลีนบลู 0.825 กรัม ละลายในเอธานอล 90% 1 ลิตร) กลั่นจนได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร และนำสารละลาย ที่กลั่นได้ไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.1 นอร์มัล จนได้สารละลายสีเทา คำนวณหาปริมาณโปรตีนดังสูตร

$$\text{โปรตีน(ร้อยละ)} = \frac{(A-B)\,(N)\,(1.4)\,(5.9)}{W}$$

A = มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรตกับแบลงก์

N = ความเข้มข้น(นอร์มัล)ของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้จริง

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

ก.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

1. ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (Diliello , 1982 และ Kiss , 1984)

นำกล่องข้าวสุกแช่เยือกแข็งมาตั้งทิ้งไว้ให้ละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง บดข้าวสุกให้ละเอียดด้วยเครื่องบดอาหาร ชั่งตัวอย่างน้ำหนัก 11 กรัม ใส่ลงในขวดสารละลาย peptone 0.1 % ปริมาตร 99 มิลลิลิตร โดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ เขย่าให้เข้ากัน ปิเปตมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดที่มีสารละลาย peptone 0.1% จำนวน 9 มิลลิลิตร เพื่อทำเป็น dilution 10^{-2} ทำเช่นนี้อีกจนถึง dilution 10^{-4}

ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ dilution ต่างๆ ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ จานละประมาณ 12-15 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว นำเข้าตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 48-72 ชั่วโมง แล้วนำมานับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้นทั้งหมด รายงานผลจากจานเพาะเชื้อที่นับได้อยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี และคูณกับ dilution factor หน่วยเป็น โคโลนี/กรัมตัวอย่าง

2. ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) (Diliello , 1982 และ Kiss , 1984)

วิธีการเหมือนกับการหาปริมาณ เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เพียงแต่เปลี่ยนชนิดอาหารเลี้ยงเชื้อเป็น Potato Dextrose Agar (PDA) และบ่มที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 4-5 วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (Scoring Test)

ชื่อผู้ทดสอบ_____ วันที่_____

โปรดประเมินตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้าวสุกแช่เยือกแข็ง ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

คุณภาพ								
<u>ลักษณะปรากฏ</u> -เมล็ดข้าวสวยมากและมีเมล็ดหักน้อยมากหรือไม่มีเลย(8-10) -เมล็ดข้าวสวยปานกลางและมีเมล็ดหักปนบ้างเล็กน้อยถึงปานกลาง(5-7) -เมล็ดข้าวสวยพอใช้หรือไม่ดี และมีเมล็ดหักปนมากจนเห็นได้ชัด(1-4)								
<u>สี</u> -สีขาวสว่าง ไม่คล้ำ(8-10) -สีขาวออกเหลืองนวลอ่อนๆ หรือคล้ำเล็กน้อย(5-7) สีขาวออกเหลืองหรือคล้ำมาก(1-4)								
<u>กลิ่น</u> -กลิ่นหอมมาก(8-10) -กลิ่นหอมปานกลาง(5-7) -กลิ่นหอมน้อย(1-4)								
<u>เนื้อสัมผัส</u> -นุ่มพอเหมาะ(8-10) -แฉะหรือแห้งเล็กน้อยแต่ยอมรับได้(5-7) -แห้งกระด้างหรือแฉะมากเกินไป(1-4)								
<u>ความชอบรวม</u> -ชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด(7-9) -ไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อย(4-6) -ไม่ชอบมากที่สุดถึงไม่ชอบปานกลาง(1-3)								

ข้อเสนอแนะ_____

_____

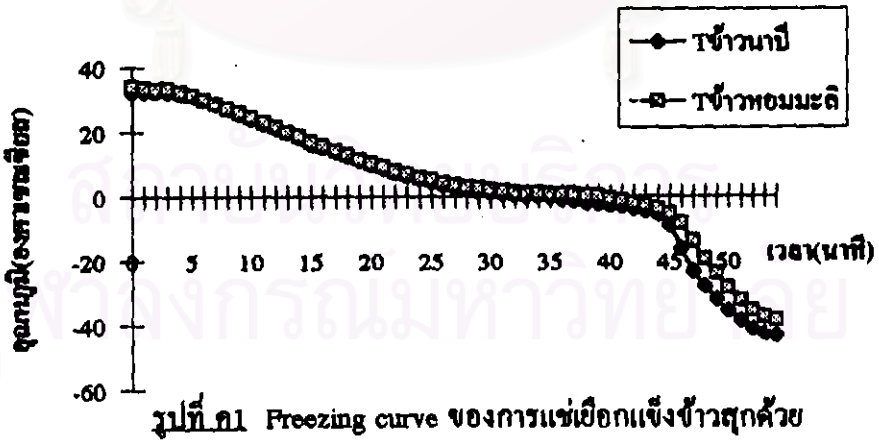
ภาคผนวก ค

ค.1 การหาเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งข้าวสุก

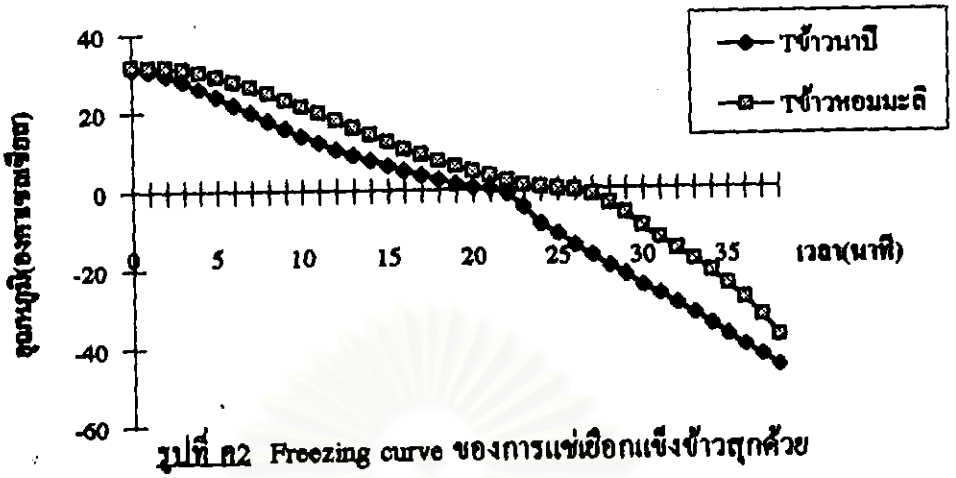
1. วิธีแช่เยือกแข็งโดยใช้ไอไนโตรเจนเหลว

เตรียมข้าวสุกและบรรจุลงในกล่องกระดาษเคลือบไข นำไปแช่เยือกแข็งใน Liquid Nitrogen Freezer โดยใช้ตัวอย่างครั้งละ 8 กล่อง ตั้งอุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็น 3 ระดับคือ -70 - 90 และ -110 องศาเซลเซียส

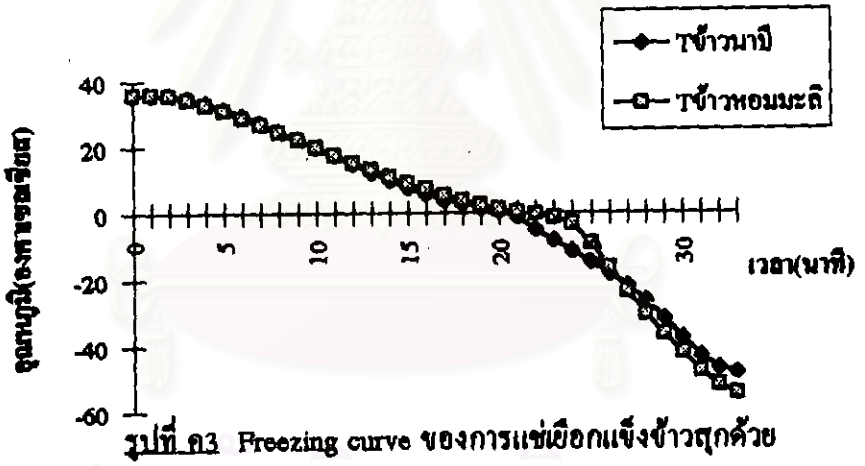
นำกล่องข้าวสุก 1 กล่องมาเจาะและเสียบ probe เข้าไปที่ใจกลางก้อนข้าวสุก เพื่อวัดและติดตามอุณหภูมิในระหว่างแช่เยือกแข็ง โดยต่อสาย probe เข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (CHINO , DR015) นำกล่องดังกล่าววางไว้ในตำแหน่งกลางตู้ เพื่อให้เป็นตำแหน่งที่อุณหภูมิลดต่ำลงช้าที่สุด จับเวลาจนเมื่ออุณหภูมิใจกลางก้อนข้าวถึง -18 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเป็นเวลาที่ใช้แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมินั้นๆ เมื่อนำอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลามาเขียนกราฟจะได้ดังรูปที่ ค1-ค3



รูปที่ ค1 Freezing curve ของการแช่เยือกแข็งข้าวสุกด้วยไอไนโตรเจนเหลว ตั้งอุณหภูมิที่ -70 องศาเซลเซียส



รูปที่ ค2 Freezing curve ของการแช่เยือกแข็งข้าวสุกด้วย ไอไนโตรเจนเหลว ตั้งอุณหภูมิที่ -90 องศาเซลเซียส



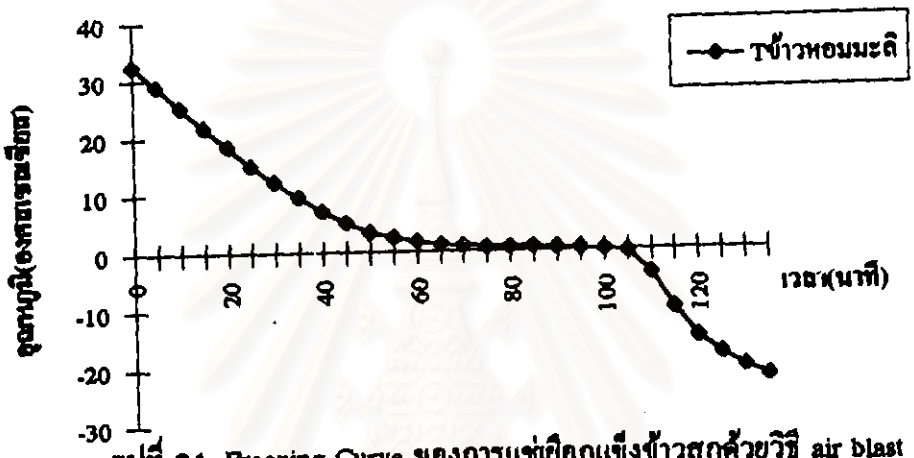
รูปที่ ค3 Freezing curve ของการแช่เยือกแข็งข้าวสุกด้วย ไอไนโตรเจนเหลว ตั้งอุณหภูมิที่ -110 องศาเซลเซียส

จากกราฟรูปที่ ค1-ค3 สามารถหาเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งข้าวสุกให้ใจกลางก้อนข้าวสุกมีอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส คือ 46 33 และ26 นาที เมื่อใช้อุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่ -70 -90 และ-110 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

2. วิธีแช่เยือกแข็งแบบ air blast

เตรียมข้าวสุกและบรรจุลงในกล่องกระดาษเคลือบไข นำไปแช่เยือกแข็งใน air blast freezer โดยใช้ตัวอย่างครั้งละประมาณ 20 กล่อง อุณหภูมิลมเย็นในตู้ประมาณ -32 องศาเซลเซียส

นำกล่องข้าวสุก 1 มาเจาะและเสียบ probe เหมือนในข้อ 1 เพื่อวัดอุณหภูมิใจกลางก้อนข้าวระหว่างแช่เยือกแข็ง และเมื่อนำมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ ค4



รูปที่ ค4 Freezing Curve ของการแช่เยือกแข็งข้าวสุกด้วยวิธี air blast

จากกราฟรูปที่ ค4 สามารถหาเวลาในการแช่เยือกแข็งข้าวสุกด้วยวิธี air blast ที่อุณหภูมิ -32 องศาเซลเซียส คือ 125 นาที (2 ชั่วโมง 5 นาที)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค.2 การหาอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็ง (freezing rate)

หาอัตราเร็วของการแช่เยือกแข็งข้าวสุกด้วยวิธีใช้ไอไนโตรเจนเหลว และวิธี air blast โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$\text{อัตราเร็วแช่เยือกแข็ง (เซนติเมตร/ชั่วโมง)} = \frac{\text{ระยะทางที่สั้นที่สุดของก้อนข้าวสุก วัดจากใจกลางถึงผิว}}{\text{เวลาที่ใช้แช่เยือกแข็งเมื่ออุณหภูมิใจกลางชิ้นอาหารลดต่ำจาก } 0\ ^{\circ}C \text{ ถึง } -18\ ^{\circ}C}$$

ได้ผลดังตารางที่ ค1

ตารางที่ ค1 เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง และอัตราเร็วการแช่เยือกแข็ง เมื่อวิธีแช่เยือกแข็งต่างกัน

วิธีแช่เยือกแข็ง	เวลาที่ใช้แช่เยือกแข็ง(ชั่วโมง)	อัตราเร็วแช่เยือกแข็ง(ซม./ชม.)
ไอไนโตรเจนเหลว -70° C	0.20	8.75
ไอไนโตรเจนเหลว -90° C	0.13	13.46
ไอไนโตรเจนเหลว -110° C	0.10	17.50
air blast	0.42	4.17

หมายเหตุ ระยะทางที่สั้นที่สุดของก้อนข้าวสุกเท่ากับ 1.75 เซนติเมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

<u>การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไนโตรเจนเหลว เมื่อใช้อุณหภูมิแช่เยือกแข็งต่างกัน</u>

หาปริมาณการใช้ไนโตรเจนเหลวเมื่อแช่เยือกแข็งข้าวสุกที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้

1. ใช้ตัวอย่างข้าวสุก 4 กล่อง ใส่ใน chamber ของเครื่อง Cryo- Test Chamber
2. เปิดสวิตช์เครื่อง และเปิดวาล์วที่ถังไนโตรเจนเหลว ตั้งอุณหภูมิที่ต้องการ
3. กดปุ่ม Startเพื่อพ่น(feed) ไนโตรเจนเหลวเข้าสู่ chamber จับเวลาของการพ่นไนโตรเจนเหลวจนอุณหภูมิใน chamber ถึงจุดที่ตั้งไว้ บันทึกเวลา(t_1)
4. นับจำนวนครั้งของการพ่นไนโตรเจนเหลว (N) และเวลาการพ่นไนโตรเจนเหลวต่อครั้ง (t_2) จนครบเวลาที่ตั้งไว้ คือที่อุณหภูมิ -50 องศาเซลเซียส เวลา 57 นาที -70 องศาเซลเซียส เวลา 46 นาที -90 องศาเซลเซียส เวลา 33 นาที และ -110 องศาเซลเซียส เวลา 26 นาที
5. คำนวณเวลาทั้งหมดของการพ่นไนโตรเจนเหลวตลอดการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมินั้น(T) หน่วยเป็นวินาที ดังนี้

$$T = t_1 + Nt_2$$

6. เปรียบเทียบผลดังตารางที่ ง1

<u>ตารางที่ ง1</u> เวลาที่ใช้พ่นไนโตรเจนเหลว เมื่อแช่เยือกแข็งข้าวสุกที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง(องศาเซลเซียส)	เวลาพ่นไนโตรเจนเหลว (วินาที)
-50	83
-70	68.5
-90	77.5
-110	81

จากตารางที่ ง1 พบว่าที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาพ่นไนโตรเจนเหลวน้อยที่สุด หรือคือใช้ปริมาณไนโตรเจนเหลวน้อยที่สุด ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับข้อมูลด้านเทคนิคจาก บริษัท BIG (Bangkok Industrial Gas) ที่แนะนำว่าการแช่เยือกแข็งอาหารด้วยไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ประหยัดที่สุด

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสมจิต ประภาเลิศรัศมี เกิดวันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2508 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต(เกียรตินิยมอันดับสอง) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2530 เคยทำงานที่บริษัทจัมปาก้า จำกัด บริษัทS&P Syndicate จำกัด (มหาชน) และบริษัทอุตสาหกรรมอาหาร ส.ขอนแก่น จำกัด(มหาชน) ตามลำดับ และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2536

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย