รายการอ้างอิง

_____. 2536. บรอคโคลี ผักต่อต้านมะเร็ง. ข่าวสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 34 (372,เมษายน):12.

กลุ่มพืชผัก กรมส่งเสริมการเกษตร. 2537. เอกสารข้อมูลพืชผักเศรษฐกิจ. กรมส่งเสริมการเกษตร.

จรัญ จันทลักขณา. 2534. สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช.

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพมหานคร : โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2525. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสับปะรดแช่เยือกแข็ง มอก. 425. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2523. วิธีวิเคราะห์อาหารทางจุลินทรีย์ เล่ม 1 อาหารกระป๋อง มอก. 335 เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม.

AOAC. 1990. Office method of analysis. Washington D.C. : Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Aurel, T., Dagbjartsson, B. and Salomonsdotti, E. 1976. A comparative study of freezing quality of seafoods obtained by using differnt freezing method. J. Food Sci. 41 : 1165-1167.

Block, G., and Langseth, L. 1994. Antioxidant vitamins and disease preventation. Food Tech. July : 80-84.

Bomben, J.C., Dietrich, W.C., Hudson J.S., Hamiton, H.K. and Farkas, D.F. 1975. Yield and solid loss in steam blanching, cooling, and freezing vegetable. J.Food Sci. 40 : 660-664.

Burnette, F.S. 1977. Peroxidase and its relationship to food flavour and quality. J. Food Sci. 42 : 1-6.

Carroad, P.A., Swartz, J.B., and Bomben, J.L. 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.

Cook, D.J.,and Herriott. 1973. Quality control : off-flavour in frozen vegetables . Food Process Ind . 42 : 35-39.

Dietrich, W.C., Feinburg, B., Olson, R.L., Roth, T.L. and Winter, F.H. 1977. Freezing of vegetable. New York : Marcel Dekker.

Eheart , M. S., and Odland D. 1973a. Use of ammonium compounds for chlorophyll retention in frozen green vegetables. J. Food Sci. 38 : 202-205.

Eheart , M.S., and Odland D. 1973b. Quality of frozen green vegetables blanched in four concentrations of ammonium bicarbonate. J.Food Sci. 38: 954-958.

Ensuminger, A. H., Ensuminger, M.E., Konlande, J. E., and Robson J.R. 1994. Food science and nutrition encyclopedia. 2nd ed. USA : .CRC Press .

De man, J.M. 1990. Principles of food chemistry. 2nd ed. USA : Van Nostrand Reinhold.

Fellows, P.J. 1990. Food science and nutrition encyclopedia. 2nd ed. New York : Ellis Holywood.

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

Forni, E., Crivelli, G., Polesello, A. and Ghezzi, M. 1991. Changes in peas due to freezing and storage. J. Food Process preserv. 15 : 379-389.

Fuchigami, M., Hyakumoto, N. and Miyazaki, K. 1995. Programmed freezing affects texture, pectic composition and electron microscopic structures of carrot. J. Food Sci. 60(1) : 137-141.

Fuchigami, M., Hyakumoto, N. and Miyazaki, K., Nomura, T. and Sasaki, J. 1994. Texture and histoiogical structure of carrots frozen at a programmed rate and thawed in an electrostatic field. J. Food Sci. 56(6) : 1994.

Gross, Jeana. 1991. Pigment in vegetable : chlorophylls and carotenoid . New York : Van Nostrand Reinhold.

Halpin, B.E and Lee,C.Y. 1987. Effect of blanching on enzyme activity and quality changes in green peas. J.Food Sci. 52(4) : 1002-1005.

Hendry, G.A.F., and Houghton, J.D. 1996. Natural food colorants. 2nd ed. London : Blackie acedamic & professional.

Huthings, J.B. 1994. Food colour and apperance. London : Chapman & Hall.

Kalra, C.L., Kulkarni,.S. G. and Berry, S.K. 1987. The carrot(Daucus Carota L.) a most popular root vegetable. Indian Food Pack. 41(6) : 46-73.

Kim, N. and Hung, Y. 1994. Freeze-cracking in foods as affected by physical properties. J. Food Sci. 59(3) : 669-674.

Luh, B.S. and Woodroof, J.G. 1975. Commercial vegetable processing. Westport, conn. : The AVI Publishing.

Mallett, C.P. 1993. Frozen food technology. London : Blackie acedamic & professional.

Meyer, L.H. 1978. Food chemistry. New York : The AVI Publishing.

Muftugil, N. 1986. Effect of different type of blanching on the color and the ascorbic acid and chlorophyll of green bean. J. Food Process Preserv. 10 : 69-76.

National canners association research. 1976. Laboratory manual for food canners and processors. Westport, conn. : The AVI Publishing .

Nonnecke, I. L. 1989. Vegetable production. New York : Van nostrand Reinhold.

Odland, D. and Eheart,M.S. 1975. Ascorbic acid,mineral and quality retention in frozen broccoli blanched in water,steam and ammonia-steam. J.Food Sci. 40 : 1004-1007.

Onyewu, P.N.,Daun, H. abd Ho., C. 1982. Formation of two thermal degradation product of β-carotene. J. Agric Food Chem. 30 : 1147-1151.

Pala, M. 1982-4. Effect of different pretreatment on the quality of deep frozen green beans and carrots . Refrig Sci Technol. 224-231.

Park, Y. W. 1987. Effect of freezing ,thawing ,drying and cooking on carotene retention in carrots, broccoli and spinach. J. Food Sci. 52(4): 1022-1025.

Parrish, D.B. 1977. Determination of vitamin A in foods. Crit Rev Food Sci Nutr. 375-394.

Pizzocaro, F. and Monteverdi R. 1985. Blanching prefreezing in some brassicas. Industric Alimentari. 24 (231) 783-787. FSTA. 1986. 18 (6) : 91.

Powrie, W.D. 1984. Chemical effects during storage of frozen foods. J. Chem Educ. 61(4) : 340-347.

Rangana, S. 1977. Manual of analysis of fruit and vegetable product. New Delhi : McGraw-Hill Publishing.

Rahman, A.R., Henning, W.L. and Westcott D.E. 1971. Histological and physical changes in carrots as affected by blanching , cooking, freezing , freeze drying and compression. J. Food Sci. 36 : 500-502.

Schwastz, S.J. and Lorenzo,T.V. 1991. Chlorophyll stability during continuous aseptic processing and storage. J. Food Sci. 56(4) : 1059.

Shewfelt, R.I., Batal, K.M., and Heaton, E.K. 1983. Broccoli storage: effect of N^5-benzyladenine, packaging and icing on color of fresh broccoli. J.Food Sci. 48:1594.

Strange, D.J. 1994. Calorimetry method by liquid nitrogen immersion. Bangkok : Bangkok Industrial Gas Co., Ltd. (Unpublished Manuscript).

Tee, E-siong. 1992. Carotinoid and retinoids in human nutrition. Crit Rev Food Sci Nutr. 31(1/2) : 103-163.

Vamos-Vigyozo, L. 1981. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruit and vegetable. Crit Rev Food Sci Nutr. 15 : 49-127.

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

Wu, C., Luh, B. S., Ben-Shalom, N.and Levi, A. 1987. Enzyme, texture, and quality changes in diced carrots during blanching, freezing, and frozen storage. Food Science, China. 14 (4):306-316.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ก.1 วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

1.1 การวัดแอคติวิตี้ (activity) ของเอนไซม์ peroxidase

ตามวิธีของ National canner association reseach laboratories (1976)

สารเคมี

1. guaiacol solution 1%
2. hydrogen peroxide solution 0.5%

วิธีทดลอง

1. เลือกตรงส่วนผักที่สัมผัสกับความร้อนน้อยที่สุด เช่นตรงกลางชั้นที่มีความหนาและใหญ่มากที่สุด ทำให้ผักลวกเย็นลงที่อุณหภูมิห้องก่อนใช้
2. ตัดตรงชิ้นในของเนื้อเยื่อด้วยมีด Stainless 5 g. บดให้ละเอียด
3. ใส่เนื้อเยื่อจำนวน 5 g. ลงในหลอดทดลองขนาดความกว้าง 1 นิ้ว
4. เติมน้ำกลั่น 5 ml และ guaiacol 1 ml และสารละลาย H_2O_2 1ml
5. หลังจากการเติมสารละลาย เขย่าขวดทดลอง แล้วตั้งทิ้งไว้ สังเกตปฏิกิริยา หลังจาก 2-5 นาที

การตรวจสอบปฏิกิริยา

Negative : ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

Trace : เกิดสีน้ำตาลแดงเป็นจุดๆโดยเฉพาะตรง vein

Light positive : เกิดสีน้ำตาลอ่อน ทั้งชิ้นเนื้อเยื่อหรือเกิดสีน้ำตาลเข้มบางชิ้น

Positive : เกิดปฏิกิริยาอย่างรุนแรง

* ทั้ง Negative และ Trace ถือว่าการลวกยับยั้งได้เพียงพอ

1.2 การหาปริมาณ β-carotene

ดัดแปลงจากวิธีของ Ranganna (1977)

สารเคมี

1. acetone
2. petroleum ether (b.p. 65-70 °C)
3. anhydrous sodium sulfate
4. standand β-carotene
5. acetonitrile
6. methanol
7. dichlorometane
8. chloroform

เครื่องมือ

non-reverse phase HPLC ของ Shimadzu รุ่น LC-3A ใช้ column ขนาด 4.6 mmID ยาว 25 cm บรรจุด้วย C_{18}-silica gel detector ของ LDC รุ่น 4100 mobile phase เป็น acetonitrile : dichlorometane : methanol (70:20:10), flow rate 1.6 ml/min.

การสร้างกราฟมาตรฐานของ β-carotene (standard curve of β-carotene)

1. เตรียมสารละลาย β-carotene stock ; ชั่งสาร β-carotene ด้วยน้ำหนักที่แน่นอน 25 mg นำมาละลายใน chloroform 2.5 ml และปรับปริมาตรด้วย petroleum ether ลงใน volumetric flask ปรับปริมาตรให้เป็น 250 ml จะได้ความเข้มข้นของ β-carotene เป็น 0.1 mg/ml หรือ 100 μg/ml

2. ดูดสารละลาย stock มา 2,4,5,6,8,10 ml ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย petroleum ether จะมีความเข้มข้น β-carotene ตามลำดับดังนี้ 2,4,5,6,8 และ 10 μg/ml

3. ทำ calibration curve นำสารละลายมาตรฐาน β-carotene ที่ความเข้มข้นต่างๆ จากข้อ 2 วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC injection volume ครั้งละ 20 μl แล้วเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้ peak ของβ-carotene (แกนY) กับความเข้มข้นของ β-carotene (แกน X) จะได้กราฟเส้นตรง แสดงดังรูป ก-1

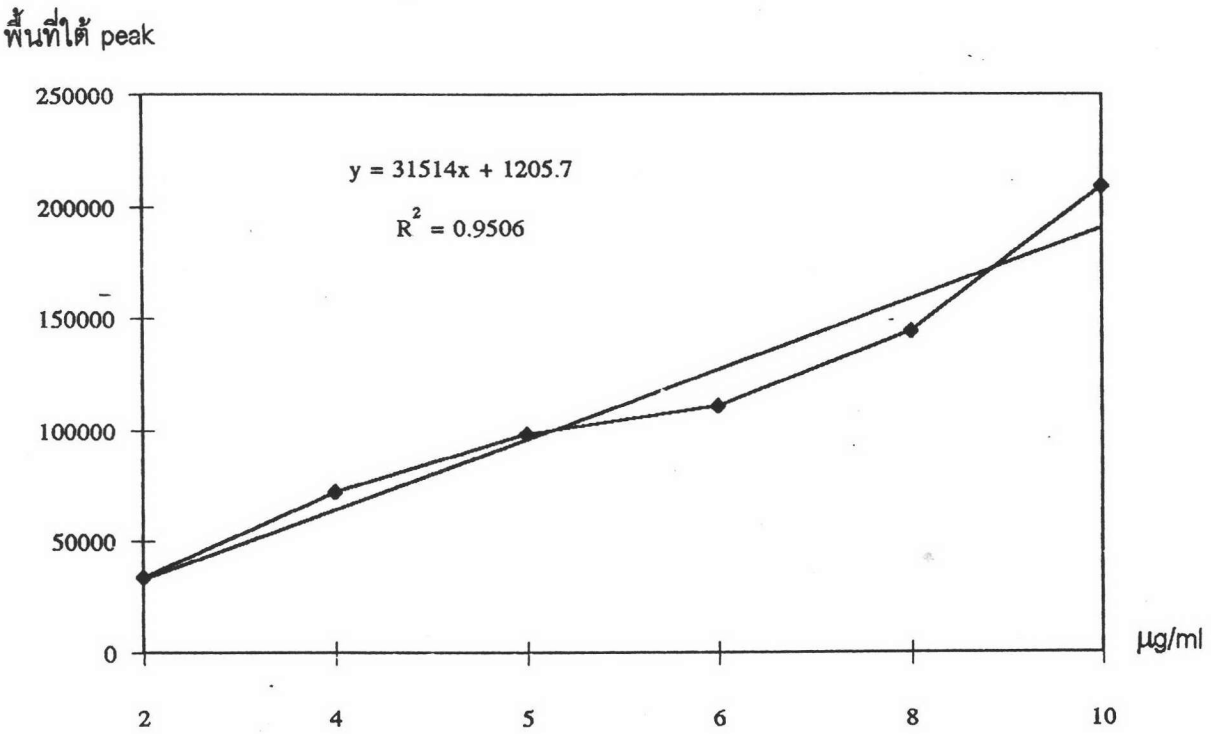
การสกัด

1. ชั่งตัวอย่าง 5-10 g นำมาบดละเอียดในโกร่งบด สกัดด้วยด้วย acetone นำสารละลายที่สกัดได้ กรองผ่านก้อนสำลีลงใน flask สกัดและกรองต่อจนกระทั่งตัวอย่างไม่มีสี

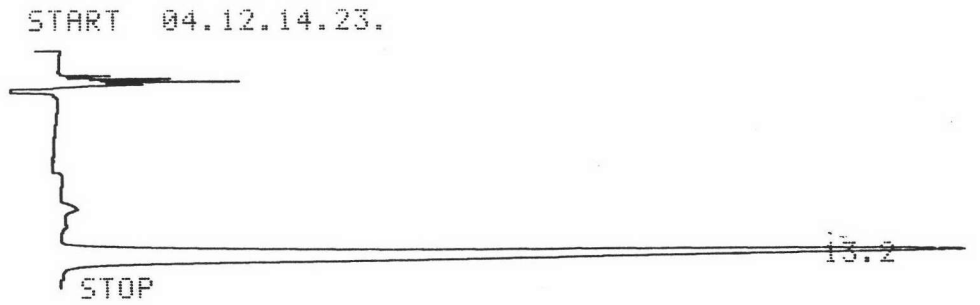
2. ถ่าย filtrate ลง separating funnel แล้วเติม petroleum ether ลงไป 10-15 ml

3. ถ่าย pigment เข้าสู่ petroleum ether phase โดยเจือจาง acetone ด้วย น้ำผสม sodium sulphate 5% สกัด acetone phase ซ้ำด้วย petroleum ether สกัดจนกว่าไม่มีสีเหลืองปรากฏใน acetone phase

4. กรองส่วนสกัดของ petroleum ether ผ่าน anhydrous sodium sulfate ถ่ายลง volumetric flask ปรับปริมาตร petroleum ether และนำไปวิเคราะห์ HPLC ตัวอย่าง peak และ retention time ของ β-carotene ที่ได้จาก β-carotene มาตรฐานและแครอต แสดงดังภาพที่ ก-2 และ ก-3 ตามลำดับ



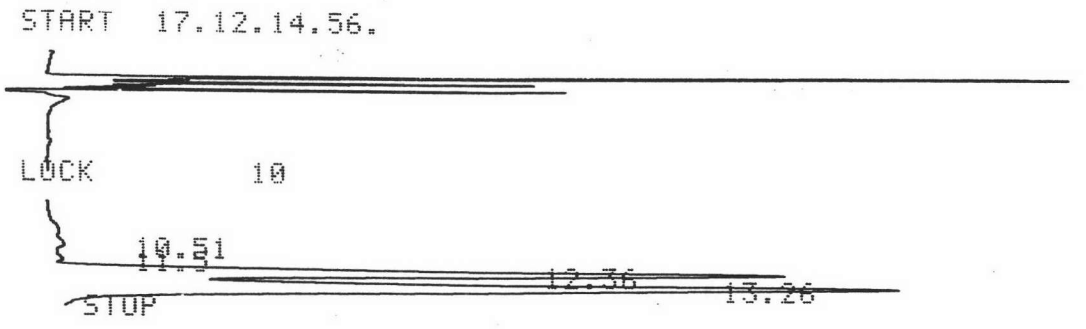
<u>รูปที่ ก-1</u> กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้ peak กับปริมาณความเข้มข้นของ β-carotene µg/ml



C-R1A
SMPL # 00
FILE # 1
REPT # 3704
METHOD 41

#	NAME	TIME	CONC	MK	AREA
0		13.2	99.9999		144079
	TOTAL		99.9999		144079

รูปที่ ก-2 peak ของ β-carotene มาตรฐาน (retention time ประมาณ 13 นาที) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC



C-R1A
SMPL # 00
FILE # 1
REPT # 3872
METHOD 41

#	NAME	TIME	CONC	MK	AREA
0		10.51	0.293		626
0		11.5	0.2272		486
0		12.36	39.9417		85453
0		13.26	59.538	V	127378
	TOTAL		99.9999		213944

รูปที่ ก-3 peak ของ β-carotene ได้จากแครอตสดวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

1.3 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์รวม

ตามวิธีของ AOAC : 942.04 (1990)

สารเคมี

1. pure acetone

2. ether

3. calcium carbonate

4. anhydrous sodium sulfate

เครื่องมือ

Spectrophotometer

วิธีการ

1. บดตัวอย่างผักให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน

2. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 5-10 กรัม เติม calcium carbonate เล็กน้อย

3. สกัดคลอโรฟิลล์โดยใช้ pure acetone 100 มล ปั่นให้เข้ากันในเครื่องบดผสม

4. กรองส่วนใสของสารละลายที่สกัดได้ผ่านกระดาษกรอง แล้วสกัดซ้ำอีก ด้วย acetone 85 % จนกระทั่งสารละลายไม่มีสี

5. กรองส่วนที่สกัดได้ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มล. ล้างกระดาษกรองและปรับปริมาตรโดยใช้ acetone 85 %

6. ตวง ether และสารละลายที่สกัดได้อย่างละ 50 มล. ใส่ในกรวยแยก เขย่าเพื่อสกัดคลอโรฟิลล์

7. เติมน้ำกลั่นให้ไหลลงข้างกรวย จนเกิดชั้นน้ำซึ่งแยกจากชั้น ether จากนั้นไขส่วนของชั้นน้ำทิ้งไป

8. ล้างส่วนที่มี ether ด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 10 มล. ทำซ้ำ 5 - 10 ครั้ง หรือจนชั้นของ ether ปราศจาก acetone

9. ถ่ายส่วนสกัด etherลงในขวดวัดปริมาณขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรโดยใช้ ether

10. ถ่ายสารละลาย ether สกัดจากขวดวัดปริมาตรลงในขวดสีชา ซึ่งมี anhydrous sodium sulfate 5 กรัม

11. รอจนสารละลายใส ปิเปตส่วนใสใส่ขวดแห้ง วัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง spectrophotometer

การวัดปริมาณคลอโรฟิลล์โดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

1. นำ cuvette สะอาด 2 อันซึ่งให้ค่าการดูดกลืนแสงเท่ากัน โดยใช้ ether เป็นตัวอ้างอิง

2. ใส่ ether ลงใน cuvette อันหนึ่งเพื่อทำเป็น blank ส่วนอีกอันหนึ่งใส่สารละลายที่สกัดได้

3. อ่านค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 658-665 นาโนเมตร ปรับจนได้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร

4. บันทึกค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ได้ ที่ความยาวคลื่น 642.5 และ 660 นาโนเมตร

การคำนวณผล

ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ สามารถใช้คำนวณหาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ทั้งหมด คลอโรฟิลล์ a และ b โดยใช้สมการดังนี้

1. ปริมาณคลอโรฟิลล์ ทั้งหมด (มก./ลิตร)=
(7.12*ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร)+(16.8*ค่าการดูดกลืนแสงที่ 642.5 นาโนเมตร)

2. ปริมาณคลอโรฟิลล์ a (มก./ลิตร)=
(9.93*ค่าการดูดกลืนแสงที่ 660 นาโนเมตร)-(0.771*ค่าการดูดกลืนแสงที่ 642.5 นาโนเมตร)

3. ปริมาณคลอโรฟิลล์ b (มก./ลิตร)=
(17.6*ค่าการดูดกลืนแสงที่ 642.5 นาโนเมตร)-(2.81*ค่าการดูดกลืนแสงที่ 660 นาโนเมตร)

ก.2 วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ

2.1 การหา % yield ของผักหลังการลวก

ตามวิธีของCarroad และคณะ (1980)

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง ก่อนลวก บันทึกค่าที่ได้ (M_1)

2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างหลังลวกทันทีก่อนการทำให้เย็น บันทึกค่าที่ได้ (M_2)

วิธีการคำนวน

% yield ของผักหลังการลวก = M_2*100/M_1

2.2 <u>การหา % yield ของผักหลังทำให้เย็น</u>

ตามวิธีของCarroad และคณะ (1980)

<u>วิธีการ</u>

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง ก่อนทำให้เย็น บันทึกค่าที่ได้ (M_2)

2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างหลังทำให้เย็น ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ บันทึกค่าที่ได้ (M_3)

<u>วิธีการคำนวน</u>

% yield ของผักหลังการลวก = M_3*100/M_2

2.3 <u>การหาปริมาณร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็งและการละลายหลังแช่เยือกแข็ง</u>

ดัดแปลงจาก AOAC:984.25 1990

<u>วิธีการ</u>

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างหลังการลวก ซึ่งพร้อมจะนำไปแช่เยือกแข็ง บันทึกค่าที่ได้ (M_3)

2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างหลังการแช่เยือกแข็งทันที บันทึกค่าที่ได้ (M_4)

<u>วิธีการคำนวน</u>

% การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง = $(M_3-M_4)/M_3*100$

2.4 <u>การหาปริมาณร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายหลังแช่เยือกแข็ง</u>

ดัดแปลงจาก AOAC:984.25 1990

<u>วิธีการ</u>

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างก่อนการละลายน้ำแข็ง บันทึกค่าที่ได้ (M_5)

2. นำมาละลายน้ำแข็ง โดยเก็บไว้ที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างหลังละลายและทำให้สะเด็ดน้ำ บันทึกค่าที่ได้ (M_6)

<u>วิธีการคำนวน</u>

% การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลาย = $(M_5-M_6)/M_5*1002.7$

2.5 การวัดสีผลิตภัณฑ์

เครื่องมือ เครื่องวัดสี (spectrophotometer Model SPM 50) แสดงดังรูปที่ ก.4

วิธีทดลอง

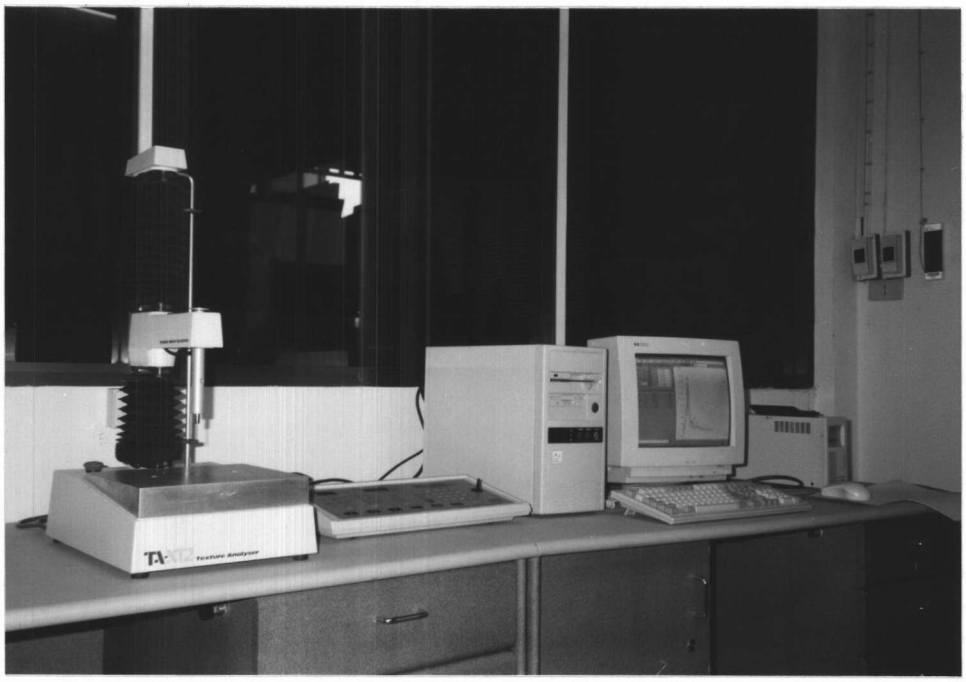
แครอต

1. เปิดเครื่องวัด เลือกหมวดอ่านค่าสีเป็น L, a*, b*
2. นำตัวอย่างแครอตลูกเต๋ามาครั้งละ 1 ชิ้น วางตัวอย่างที่เตรียมไว้บนกระดาษขาว
3. วางหัวอ่านทาบบนผิวตัวอย่าง และกดปุ่มให้อ่านค่า

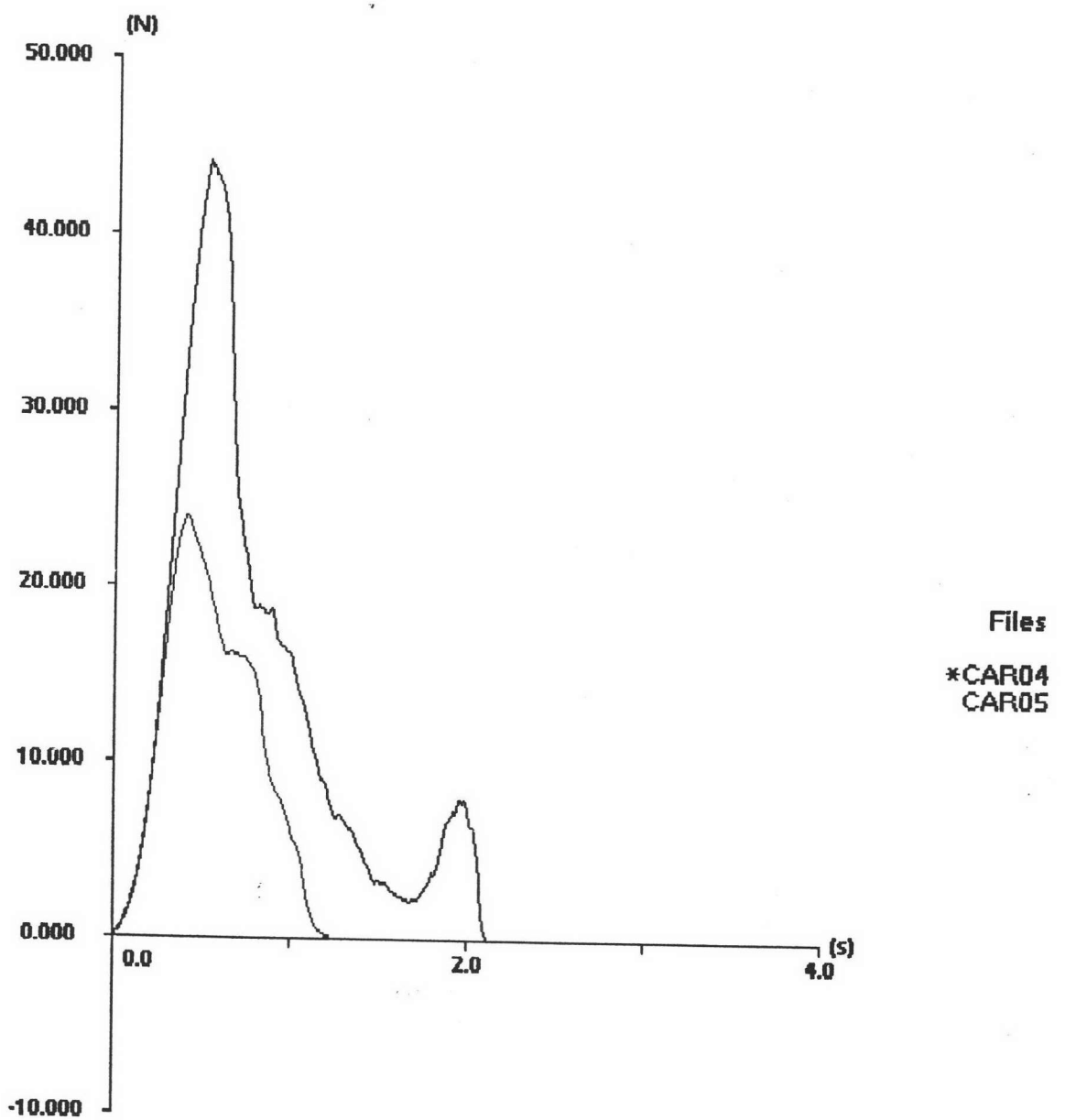
บรอคโคลี

1. เปิดเครื่องวัด เลือกหมวดอ่านค่าสีเป็น L, a*, b*
2. เตรียมตัวอย่างบรอคโคลี โดยใช้มีดผ่านเฉพาะส่วนดอก
3. วางตัวอย่างให้ชิดกันไม่ให้มีช่องว่าง แล้วใช้ฟิมล์พลาสติกที่มีความใสวางทาบลงบนลงตัวอย่าง
4. วางทาบหัวอ่านทาบบนผิวตัวอย่าง และกดปุ่มให้อ่านค่า

รูปที่ ก.4 เครื่องวัดสี (spectrophotometer Model SPM 50



<u>รูปที่ ก-5</u> เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyser รุ่น TA.XT2)



รูปที่ ก-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงและเวลาในการวัดค่าความแน่นเนื้อของแครอต (วัดแรงที่ตำแหน่ง peak สูงสุดเป็นค่าความแน่นเนื้อ)

2.7 การหาปริมาณการใช้ไนโตรเจนเหลวและปริมาณความร้อนที่ถูกกำจัดออกในการแช่เยือกแข็ง

ตามวิธีของ Strange (1994)

อุปกรณ์

1. ตาชั่งดิจิตอลสำหรับชั่งน้ำหนัก
2. นาฬิกาจับเวลา
3.. ภาชนะหุ้มฉนวนสำหรับบรรจุไนโตรเจนเหลว (ถัง Dewar) แสดงดังรูปที่ ก-7

รูปที่ ก-7 ภาชนะหุ้มฉนวนสำหรับบรรจุไนโตรเจนเหลว (ถัง Dewar)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

2. เติมไนโตรเจนเหลวลงในถัง Dewar และปล่อยให้สมดุลย์ระยะเวลาหนึ่ง

3. ชั่งน้ำหนักถัง Dewar บนตาชั่งอันใหญ่ บันทึกค่าน้ำหนักเป็นค่า a เริ่มจับเวลา

4. เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที บันทึกค่าน้ำหนัก เป็นค่า b

5. นำตัวอย่างหย่อนลงในถัง Dewar อย่างทันทีทันใด การหย่อนตัวอย่างลงในถังจะต้องทำอย่างระมัดระวัง ไม่ให้มีกระเซ็นออกนอกถัง และจับเวลาในช่วงทำปฏิกิริยา ตัวอย่างที่ถูกหย่อนลงไปในถัง Dewar จะเป็นผลให้ไนโตรเจนเหลวในถัง Dewar เกิดการเดือดที่รุนแรงอยู่ระยะหนึ่ง ปฏิกิริยาจึงสิ้นสุด การสังเกตการสิ้นสุดของปฏิกิริยา สังเกตได้จากไนโตรเจนหยุดเดือด และผิวหน้าของไนโตรเจนจะเรียบ บันทึกน้ำหนักที่จุดสิ้นสุดปฏิกิริยา เป็นค่า c และบันทึกเวลาในช่วงทำปฏิกิริยา เป็นค่า d

6. หลังจากนั้นอีก 1 นาที บันทึกค่าน้ำหนักอีกครั้งเป็น ค่า e

การคำนวน

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง สามารถนำมาคำนวณหาค่าที่ต้องการได้ดังนี้

1. Net sample weight หาได้จากการชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนหย่อนลงในถัง Dewar

2. Initial scale reading เป็นค่าน้ำหนักของไนโตรเจนเหลว ณ จุดที่กำลังจะหย่อนตัวอย่าง บันทึกเป็น b

3. Calculated total initial weight เป็นค่าน้ำหนักของไนโตรเจนเหลวกับตัวอย่างก่อนการเกิดปฏิกิริยา คือค่าในข้อ 1 บวกข้อ 2

4. Final scale reading เป็นค่าน้ำหนักของไนโตรเจนเหลวกับตัวอย่างหลังจากที่ปฏิกิริยาสิ้นสุด ซึ่งก็คือค่า c

5. Gross LIN boil off เป็นค่าน้ำหนักของไนโตรเจนเหลวที่ใช้ไปในการทำให้ตัวอย่างที่มีค่าอุณหภูมิหนึ่งลดลงเหลืออุณหภูมิของไนโตรเจนเหลวหรือ อีกนัยหนึ่งคือ ค่าน้ำหนักของไนโตรเจนเหลวที่ใช้ดำเนินปฏิกิริยา หาได้จากการนำค่าในข้อ 3 - ข้อ4

6. Heat leak ในการดำเนินปฏิกิริยานั้น นอกจากไนโตรเจนเหลวส่วนหนึ่งถูกใช้ในการทำให้ชิ้นงานตัวอย่างมีอุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิของไนโตรเจน นอกจากนี้ยังมีไนโตรเจนอีกส่วนหนึ่งที่หายไป ซึ่งสามารถหาได้จาก [(a - b) + (c - e)/ 2] *(d)

7. Net LIN Boil off จากข้อ 5 และข้อ 6 ทำให้สามารถหาค่าน้ำหนักไนโตรเจนเหลวที่ใช้ในการดำเนินปฏิกิริยาการแช่เยือกแข็งได้ คือ นำค่าในข้อ 5 - ข้อ 6

8.จะสามารถหาปริมาณไนโตรเจนเหลวที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งตัวอย่างจากอุณหภูมิหนึ่งลงมายังอุณหภูมิของไนโตรเจนเหลวได้ในหน่วยของ Unit LIN / Unit Product โดยนำค่าในข้อ 7 / ข้อ 1 ค่าในข้อ 8 ที่ได้เป็นค่าที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างที่ค่าอุณหภูมิหนึ่งลงมาที่อุณหภูมิของไนโตรเจนเหลว แต่ในสภาพการผลิตจริง ๆ แล้ว เราต้องการแช่แข็งผลิตภัณฑ์จากที่อุณหภูมิหนึ่ง (Inlet Temp.) ลงมาสู่อุณหภูมิที่ต้องการ (Outlet Temp) คือ -18°C ดังนั้นในการทดลองจริงแล้วจะต้องทำการทดลองดังนี้

- จาก Inlet Temp. ลงมาสู่อุณหภูมิของไนโตรเจนเหลว 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย
- จาก Outlet Temp. ลงมาสู่อุณหภูมิของไนโตรเจนเหลว 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ในข้อ 8 ของทั้ง 2 ส่วนมาลบกันจะได้ Differential Consumption ซึ่งก็คือค่าของไนโตรเจนเหลงที่ใช้ในการแช่แข็งผลิตภัณฑ์จาก Inlet Temperature ลงมาสู่ Outlet Temperature ที่เราต้องการ และสามารถหาปริมาณความร้อนที่ถูก Remove ออกได้โดยคูณกับค่าความร้อนของการกลายเป็นไอของไนโตรเจน

DIFF. CONSUMP. *85.5 BTU/lb

DIFF. CONSUMP. *188.45 BTU/Kg

DIFF. CONSUMP. *0.189 BTU/g

DIFF. CONSUMP. *198.87 KJ/Kg

<u>การคำนวนหาปริมาณไนโตรเจนที่ต้องใช้</u>

LIN consumption = Btu Removal/Btu Available GAS

$$= \frac{\text{Btu/lb} \times 1.2 \text{ (system losses)}}{85.8 + 0.245\,[-(-320-(nT))]}$$

nT =freezer operating temparature

<u>ตัวอย่างการคำนวณ LIN Consumption</u>

Condition : Freezer temparature -175 °F

Calorimetry of sample from 24 °F to 0 °F

$$\frac{91.81 \text{ Btu/lb.}}{85.8+0.245\left[-(-320\ ^\circ\text{F}-(-175\ ^\circ\text{F}))\right]} \times 1.2 = 0.91 \text{ lbs. LIN/ibs.product}$$

2.8 <u>การหาเวลาที่ต้องใช้ในการแช่เยือกแข็ง</u>

จะต้องหาเวลาที่ต้องใช้ในการแช่เยือกแข็งสำหรับวิธีแช่เยือกแข็งแต่ละวิธี จนอุณหภูมิสุดท้ายของตัวอย่างที่ศึกษาเป็น -18 °C ทำโดยใช้ thermocouple แทง ณ จุดกึ่งกลางของผักที่นำมาแช่เยือกแข็ง และควมคุมอุณหภูมิเริ่มต้นของผักให้อยู่ในช่วง 20-25 °C วิธีแช่เยือกแข็งแบบ Air Blast จะควมคุมอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวกลางในการแช่เยือกแข็ง โดยทำให้อุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิต่ำสุดของตู้แช่เยือกแข็ง ต่อจากนั้นจะใส่ตัวอย่างเข้าไปในตู้แช่เยือกแข็งและบันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวกลางทันที ปริมาณของตัวอย่างที่ใส่แต่ละครั้งคงที่ คือ วิธี Air Blast ใส่แครอตครั้งละ 10 ถุง บรอคโคลี ครั้งละ 8 ถุง และจะจัดเรียงถุงตัวอย่างเป็นชั้นเดียวลงบนตะแกรงในตู้แช่เยือกแข็ง แสดงดังรูปที่ ก-8 บันทึกเวลาที่ใช้ตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มต้น จนอุณหภูมิสุดท้ายเป็น -18 °C

สำหรับวิธีแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว จะทำให้อุณหภูมิของตัว chamber อยู่ที่ประมาณ -60 ถึง -70 °C แสดงดังรูปที่ ก-9 ก่อนที่จะใส่ตัวอย่าง แครอตใส่ครั้งละ 200 กรัม บรอคโคลี 600 กรัม โดยมีผ้าขาวบางวางอยู่บนตะแกรงลวด และ บันทึกเวลาที่ใช้ตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มต้นจนอุณหภูมิสุดท้ายเป็น -18 °C

รูปที่ ก-8 Air Blast Freezer

รูปที่ ก.9 ถังไนโตรเจนเหลว XL-55HP กับ Cryo-test Chamber Model CT-1818-12F

2.9 การศึกษาโครงสร้างเซล ด้วย SEM (scanning electron microscopy)

ตามวิธีของ Wu และคณะ (1987)

สารเคมี

1. glutaraldehyde solution 2.5%

2. cacodylate buffer

เครื่องมือ

Scanning electron microscopy : JEOL รุ่น JSM-35

วิธีทดลอง

1. ตัดผลิตภัณฑ์เป็นลูกบาศก์ขนาด 0.5*0.5*0.5 cm

2. แช่ตัวอย่างใน gluraraldehyde solution 2.5% ที่อยู่ใน cacodylate buffer 0.1M ที่ pH 7.0 นาน 2 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

3. กำจัดน้ำออกด้อยเครื่อง critical point dryer (CPD)

4. ฉาบทองหนา 15-20 nm ด้วยเครื่อง ion sputter

5. ศึกษาพร้อมกับบันทึกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง SEM กำาลังขยาย 150 เท่า

ก.3 วิธีวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

การหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

ดัดแปลงจากวิธีของ มอก. 335 (2523)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate count agar สำหรับการหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

2. Potato dextrose agar สำหรับการหายีสต์และรา

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ละลายน้ำแข็งและบดละเอียดแล้ว 10 g ใส่ในขวดที่มีน้ำกลั่น 90 ml เพื่อเจือจาง ผสมให้เข้ากัน จะได้ความเข้มข้น 1 ต่อ 10 หรือให้เจือจางต่อไปจนกว่าจะอ่านจำนวนจุลินทรีย์ได้ 30 ถึง 300 โคโลนี

2. ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่าง จากข้อ 1 ที่มีความเข้มข้นต่างๆ 1 ml ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ ความเข้มข้นละ 2 จาน

3. เทอาหารเลี้ยงเชื้อที่หลอมเหลวแล้ว มีอุณหภูมิประมาณ 45 $^{\circ}$ C ลงในจานเพาะเชื้อ จานละประมาณ 10 ถึง 15 ml ผสมให้เข้ากัน

4. ตั้งทิ้งไว้ให้แข็ง กลับจานเพาะเชื้อสำหรับ Plate count agar แล้วนำไปอบเพาะเชื้อ (incubate) ที่อุณหภูมิ 35 ถึง 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

5. นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อซึ่งมีประมาณ 30 ถึง 300 โคโลนี หาค่าเฉลี่ย แล้วคำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัม

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ข.1 แครอต

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบชิม .....วันที่ .....

คำชี้แจง โปรดทำการประเมินตัวอย่างแครอตที่ผ่านการลวกต่อไปนี้ในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม ทดสอบชิมในแต่ละตัวอย่างและให้คะแนนที่สามารถอธิบายความรู้สึกของท่านได้ดีที่สุด

¤ คุณลักษณะ	รหัสผลิตภัณฑ์				
ลักษณะปรากฏ ผิวเหี่ยวย่นมาก เสียรูปทรง (1-5) ผิวค่อนข้างเต่งตึง เสียรูปทรงเล็กน้อย เป็นที่ยอมรับ (6-10) ผิวเต่งตึงดีมาก ไม่เหี่ยวย่น (10-15)					
สี สีส้มออกเหลืองซีดหรือคล้ำ (1-5) สีส้มออกเหลืองซีดเล็กน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (6-10) สีส้มชัดเจนของแครอต (11-15)					
กลิ่นรส มีกลิ่นรสแปลกปลอมมาก (1-5) มีกลิ่นรสแปลกแปลกเล็กน้อย แต่มีกลิ่นรสแครอตเป็นที่ยอมรับ (6-10) ไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอม มีกลิ่นรสแครอตตามธรรมชาติ (10-15)					

<u>ลักษณะเนื้อสัมผัส</u> เนื้อนิ่มและเละ (1-5) เนื้อไม่นิ่มเละแต่ไม่แข็งกรอบ เป็นที่ยอมรับ (6-10) เนื้อมีความแข็งกรอบดี (11-15)					
<u>การยอมรับรวม</u> ชอบมากที่สุด ชอบมาก ชอบปานกลาง ชอบเล็กน้อย เฉยๆ ไม่ชอบเล็กน้อย ไม่ชอบปานกลาง ไม่ชอบมาก ไม่ชอบมากที่สุด					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

..... ขอบคุณค่ะ

ข.2 บรอคโคลี

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบชิม .....วันที่ .....

คำชี้แจง โปรดทำการประเมินตัวอย่างบรอคโคลีที่ผ่านการลวกต่อไปนี้ในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม ทดสอบชิมในแต่ละตัวอย่างและให้คะแนนที่สามารถอธิบายความรู้สึกของท่านได้ดีที่สุด

คุณลักษณะ	รหัสผลิตภัณฑ์	
ลักษณะปรากฏ ดอกและก้าน ดอกและก้านเหี่ยว เสียรูปทรง ไม่เป็นที่ยอมรับ (1-5) ดอกและก้านค่อนข้างเต่งตึงเล็กน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับ(6-10) ดอกและก้านเต่งตึงดี หรือ ผิวก้านไม่มีลักษณะหลุดลอก (11-15)		
สี ดอก สีเขียวคล้ำหรือสีเขียวปนเหลืองออกน้ำตาล (1-5) สีเขียวเข้มสดปานกลาง แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (6-10) สีเขียวเข้มสดมากชัดเจน (11-15) ก้าน สีเขียวคล้ำหรือเขียวปนเหลืองออกน้ำตาล (1-5) สีเขียวเข้มสดปานกลาง แต่ยังเป็นที่ยอมรับ (6-10) สีเขียวเข้มมากชัดเจน (11-15)		
กลิ่นรส มีกลิ่นรสแปลกปลอมมาก (1-5) มีกลิ่นรสแปลกปลอมเล็กน้อย แต่มีกลิ่นรส บรอคโคลี เป็นที่ยอมรับ (6-10) ไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอม มีกลิ่นบรอคโคลีตามธรรมชาติ (11-15)		

<u>ลักษณะเนื้อสัมผัส</u> <u>ดอก</u> นิ่มและเละ (1-5) ไม่นิ่มเละ แต่ไม่แข็งกรอบ ยังเป็นที่ยอมรับ (6-10) มีความแข็งกรอบดี (11-15) <u>ก้าน</u> เนื้อนิ่มและเละ (1-5) เนื้อไม่เละแต่ไม่แข็งกรอบ เป็นที่ยอมรับ (6-10) เนื้อแข็งกรอบดี (11-15)		
<u>การยอมรับรวม</u>		
ชอบมากที่สุด		
ชอบมาก		
ชอบปานกลาง		
ชอบเล็กน้อย		
เฉยๆ		
ไม่ชอบเล็กน้อย		
ไม่ชอบปานกลาง		
ไม่ชอบมาก		
ไม่ชอบมากที่สุด		

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

..... ขอบคุณค่ะ

ประวัติผู้เขียน

นางสาวอาภาพรรณ ปัตตะแวว เกิดวันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2513 ที่จังหวัดสิงห์บุรี ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2 สาขาเทคโนโลยีทางอาหารและโภชนาศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม เมื่อปีการศึกษา 2356 และในปีเดียวกันได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย