รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กุลยา จันทร์อรุณ. 2533. เคมีอาหาร. กรมการฝึกหัดครู. 315 หน้า

ธเนศ กองประเสริฐ. 2535. การพัฒนาอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตผลเกษตรของประเทศไทย. วารสารเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ. 17: 37-52.

นิรมิตร กิจรุ่งเรือง, ศิริพร เหล่าเทิดพงษ์, ประพันธ์ โอสถาพันธ์, ชาาญณรงค์ ดวงสะอาด และ สมจิตต์ บุญสุขใจ. 2528. การเปรียบเทียบพันธ์แคนตาลูป. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 2: 7-9

บุศราภา ลีละวัฒน์ และ ปราณี อ่านเปรื่อง. 2536. การผลิตสารสกัดจากปลาอย่างต่อเนื่องโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพโปรติเอสตรึงรูป ตอนที่ 1: การศึกษาลักษณะเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพปาเป่นและนิวเตรสตรึงรูปสำหรับผลิตสารสกัดจากน้ำนึ่งปลา. วารสารอาหาร. 23: 115-127

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2535. เอนไซม์ทางอาหาร. ตอนที่ 1 พิมพ์ครั้งที่ 2 ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 308 หน้า

วิภาดา ศุภจรรยา และ ปราณี อ่านเปรื่อง. 2537. การผลิตหัวน้ำเชื้อทุเรียนเข้มข้นโดยใช้เอนไซม์. วารสารอาหาร. (กำลังตีพิมพ์)

สมศักดิ์ ดำรงเลิศ. 2528. ฟลูอิไดเซชั่น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 255 หน้า

อรุณี เพียรทวีรัชต์ และ ปราณี อ่านเปรื่อง. 2536. ผลของเพคติเนส เซลลูเลส และ อะมัยเลส ต่อการผลิตน้ำกล้อยหอม. วารสารอาหาร 23: 74-87

ภาษาอังกฤษ

Anaya, M.L., Lopez, M.C.A., and Arjona, J.L. 1982. Continuous clarification of pectin solutions in a basket reactor with immobilized comercial pectinases. In Dupuy, P. (ed.), Use of enzyme in food technology, Technique et. Documentation Lavoisier. 503-512.

A.O.A.C. 1984. Official method of analysis of the assosiation of official analytical chemists. 14th ed. Virginia: Assosiation of Official Analytical Chemists.

Beckharn, E.J., Lebbee, M.D., and Underkofler, L.A. 1965. Production and use of microbial enzymes for food processing. J. Agr. Food Chem. 13: 30-34

Benkova, L.R., Mrackova, M., and Babor, K. 1980. Endo - D - galacturonanase immobilized by a covalent binding to hydroxyalkyl methacrylate gels: Preparation and properties. Collection Czechoslov. Chem. Commun. 45: 163-168

Benkova, L.R., Omelkova, J., and Kubanex, V. 1982. Endo - D - galacturonanase immobilized by adsorption on porous polyethyleneterephthalate. Collection Czechoslov. Chem. Commun. 47: 2716-2722

Benkova, L.R., Omelkova, J., Veruovic, B., and Kubanex, V. 1983. Endopolygalacturonase immobilized on a porous poly (2, 6 - Dimethyl - p - phenyleneoxide). Biotech. Lett. 11: 737-742

Bindra, U., Manjrekar, S.P., and Jain, S.C. 1973. A study on the chemical composition and characteristics of musk-melon (Cucumis melo) variety hara-madhu. Indian Food Packer 27: 41-43

Bissett, F., and Sternberg, D. 1978. Immobilization of Aspergillus β- Glucosidase on chitosan. Appl. and Envi. Microbiol. 35: 750-755

Chibata, I. 1978. Immobilized Enzyme. Tokyo: Kodansha Ltd. pp. 355.

Cliff, M. Dever, M.C., and Gayton, R. 1991. Juice extraction process and apple cultivar influences on juice properties. J. Food Sci. 56: 1614-1617.

Cowling, E.B., and Brown, W. 1969. Structural features of cellulosic materials in relation to enzymatic hydrolysis. In Gould, R.F. (ed.), Cellulase and Their Application, U.S.A.: American Chemical Society Publication. 152-158.

Curl, A.L. 1966. The carotenoids of muskmelon. J. Food Sci. 31: 759-761.

Fadda, M.B., Dessi, M.R., Maurici, R., Rinaldi, A., and Satta, G. 1984. Highly efficient solubilization of natural lignocellulosic materials by a commercial cellulase immobilized on various solid supports. Appl. Microbiol. Biotechnol. 19: 306-311.

Forgarty, W.M., and Ward, O.P. 1972. Pectic substances and pectinolytic enzymes. Process Biochem. 7: 13-17

Forbus, W.R., Jr., and Senter, S.D. 1989. Delayed light emission as an indicator of cantaloupe maturity. J. Food Sci. 54: 1094-1096

_____., Jr., Dull, G.G., and Smittle, D. 1991. Measuring netted muskmelon maturity by delayed light emission. J. Food Sci: 56: 981-984.

Garcia, A., Oh, S., and Engler, C.R. 1989. Cellulase immobilization on Fe_3O_4 and characterizations. Biotechnol. Bioeng. 33: 321-326.

Githaiti, J.K., and Karuri, E.G. 1991. Pectinolytic enzymes in producing mango juice. Acta Alimentaria 20: 97-102.

Goldstein, L., Pecho, M., Blumberg, S., Atlas, D., and Levin, Y. 1970. Water - insoluble enzymes: Synthesis of a new carrier and its utilization for preparation of insoluble derivatives of papain, trypsin, and subtilopeptidase A. Biochemistry 9: 2332-2334.

Hanisch, W.H., Rickard, P.A.D., and Nyo, S. 1978. Poly(methoxygalacturonide)lyase immobilized via titanium on to solid supports. Biotechnol. Bioeng. 20: 95-106.

Heinrichova, K., Dzurova, M., Ziolecki, A., and Wojciechowicz, M. 1989. D - galacturonandigalacturonohydrolase covalently bound on to a polyacrylamide - type support. Letters in Applied Microbiology. 8: 105-107

_____., Lehoczki, M., and Zliechovcova, D. 1986. Immobilization of exo - D - galacturonanase by coupling to a polyacrylamide type support. Collection Czechoslov. Chem. Commun. 51: 2291-2298.

_____., Zliechovcova, D. 1986. Poly (ethyleneterephthalate) immobilized exo - D - galacturonanase. Collection Czechoslov. Chem. Commun. 51: 723-730.

Hobson, G.E. 1962. Determination of polygalacturonase in fruits. Nature. 195: 804-805.

Horvat, J.L., and Senter, S.D. 1987. Identification of aditional volatile compounds from cantaloupe. J. Food Sci. 52: 1097-1098.

Ishii, S., and Yokotsuka, T. 1972. Pectic trans-eliminase with fruit juice clarifying activity. J. Agr. Food Chem. 19: 958-961.

Jain, P., and Winkins, E.S. 1987. Cellulase immobilized on modified nylon for saccharification of cellulose. Biotechnol. Bioeng. 30: 1057-1062.

Jaleel, S.A., Sreekantiah, K.R., and Rao, T.N.R. 1973. Some investigation on the production of clarified apple juice. Indian Food Packer. 27: 37-40.

Janda, W. 1983. Fruit juice. In Godfrey, T., and Reichelt, J. (eds.) Industrial Enzymology: The Application of Enzymes in Industry. England: The Nature Press. 172-189.

Jenniskens, L.H.D., Voragen, A.G.J., Pilnik, W., and Posthumus, A. 1991. Effect of the treatment of apple pulp with liquefying enzymes on the aroma of apple juice. Lebensm. - Wiss.u. - Technol. 24: 86-92.

Joshi, V.K., Chauhan, S.K., and Lal, B.B. 1990. Extraction of juices from peaches, plums and apricots by pectinolytic treatment. J. Food Sci. Technol. 28: 64-65.

Kemp, T.R., Stoltz, L.P., and Knavel, D.E. 1972. Volatile components of muskmelon fruit. J. Arg. Food Chem. 20: 169-198.

Kilara, A. 1982. Enzymes and their uses in the processed apple industry: A review. Process Biochem. 17: 35-41.

Lester, G.E., and Dunlap, J.R. 1985. Physiological change during development and ripening off "Perita" muskmelon fruits. Science of Horticultural. 26: 323-331.

Lingle, J.E., and Dunlap, J.R. 1987. Sucrose metabolism in netted muskmelon fruit during development. Plant Physiology. 84: 386-389.

Lozano, P., Manjon, A., Ronojaro, F., Canovas, M., and Iborra, J.L. 1987. A cross-flow reactor with immobilizied pectolytic enzymes for juice clarification. Biotechnol. Letters. 9: 875-880.

_____., Manjon, A., Ronojaro, F., and Iborra, J.L. 1987. Properties of pectolytic enzymes covalently bound to nylon for apricot juice clarification. Proess Biochem. 23: 75-78.

Manjon, A., Llorca, F.I., Bonete, M.J., Bastida, J., and Iborra, J.L. 1985. Properties of β - galactosidase covalently immobilized to glycophase-coated porous glass. Process Biochem. 20: 17-22.

Markovic, O., and Machova, E. 1985. Immobilization of pectin esterase from tomatoes and Aspergiilus foetidus on various supports. Collection Czechoslov. Chem. Commun. 50: 2021-2026.

Massiot, P., Thibault, J.F., and Rouau, X. 1989. Degradation of carrot (Daucus carota) fibres with cell-wall polysaccharide-degrading enzymes. J. Sci. Food Agric. 49: 45-57.

McCollum, T.G., Huber, D.J., and Cantliffe, D.J. 1989. Modification of polyuronides and hemicelluloses during muskmelon fruit softening. Physiologia Plantarum. 76: 303-308.

Miller, G.L. 1959. Dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem. 31: 426-428.

Noach, B.S. 1986. Hindrance of hemicellulose and cellulose hydrolysis by pectic substances. J. Food Sci. 51: 720-721.

Novo. 1985. Product from data information. B302b-GB1000. Enzyme Division. Denmark: Bagsvaerd.

Novo. 1989. Product from data information. B153h-GB3000: Celluclast 1.5L. Enzyme Division. Denmark: Bagsvaerd.

Ovoshchesushil' naya, K. 1971. Technological properties of sugar melon of the Tashkent region. Promyshlennost. 20: 15-17.

Pifferi, P.G., Tramontini, M., and Malacarne, A. 1989. Immobilization of endo - polygalacturonase from Aspergillus niger on various types of macromolecular supports. Biotechnol. Bioeng. 33: 1258-1266.

Pifferi, P.G., and Spagna, G. 1987. The immobilization of endopolygalacturonase on γ - alumina. J. Molecular Catalysis. 42 : 137-149.

Ranganna, S. 1977. Manual of anlysis of fruit and vegetable products. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Co. pp. 634.

Reese, E.T., Sin, G.H.R., and Levinson, H.S. 1950. The biological degradation of soluble cellulose derivatives and its relationship to the mechanism of cellulose hydrolysis. J. Bacteriol. 59: 485-497.

Roboz, E., Barratt, R.W., and Talum, E.L. 1952. Break down of pectic substance by a new enzyme from neurospora. J. Biol. Chem. 195: 459-471.

Rogalski, J., Szezodrak, J., Dawidowiez, A., Ilezuk, Z., and Leonowiez, A. 1985. Immobilization of cellulase and D - xylanase complexes from Aspergillus terrius F-413 on controlled porosity glasses. Enzyme Microb. Technol. 7: 395-400.

Rombouts, F.M., and Pilnik, W. 1978. Enzymes in fruit and vegetable juice technology. Process Biochem. 15: 9-13.

Romero, C., Manjon, S., and Iborra, J.L. 1988. Synergistic effect of endo - D - polygalacturonase on coimmobilized pectinesterase. Biotechnol. Lett. 10: 97-100.

Roy, P.K., Roy, U., and Dube, D.K. 1984. Immobilized cellulolytic and hemicellulolytic enzymes from Macrophomina phaseolina. J. Chem. Tech. Biotechnol. 34B:165-170.

Schieberle, P., Ofner, S., and Grosch, W. 1990. Evaluation of potent odorants in cucumbers (Cucumis satirus) and muskmelons (Cucumis melo) by aroma extract dilution analysis. J. Food Sci. 55: 193-195.

Shimizu, R., and Ishihara, M. 1987. Immobilization of cellulolytic and hemicellulolytic enzymes on inorganic supports. Biotechnol. Bioeng. 29 : 236-241.

Sreekantiah, J.R., Jaleel, S.A., and Rao, T.N.R. 1968. Preparation of liquid fluids by enzymic processing. J. Food Sci. Technol. 5: 129-132.

_____., Jaleel, S.A., and Rao, T.N.R. 1971. Utilization of fungal enzymes in the liquefaction of soft fruits and extraction and clarification of fruit juices. J. Food Sci Technol. 8: 201-203.

_____., Nanjundaswamy, A.M., and Sreenath, H.K. 1987. Effect of various cellulases and pectinases on viscosity reduction of mango pulp. J. Food Sci. 52: 230-231.

Sreenath, H.K., Frey, M.D., and Radora, B.J. 1984. Degradation of a washed carrot preparation by cellulases and pectinases. Biotechnol. Bioeng. 26: 788-796.

_____., and Santhanum, K. 1992. Comparison of cellulolytic and pectinolytic treatment of various fruit pulps. Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm. 14: 46-50.

Sriputtirut, N., and Anprung, P. 1989. Preparation and enzymic properties of cellulase and cellobiase complexes immobilized on sand. International Conference Biotechnology and Food. (Abstarcts) Stuttgart: Hohemheim University. p. 60

Stauffer, C.E. 1989. Enzyme assays for food scientists. New York: Van Nostrand Reinhold. pp.

Stratilova, E., Capka, M., and Benkova, L.R. 1987. Endopolygalacturonase immobilized on epoxide-containing supports. Biotechnol. Lett. 9: 511-516.

Thomplison, K.K., Angelo, I.R., and Mathur, M.P. 1983. Immobilization of rennet on sand: A preliminary report. The Indian J. Dairy Sci. 36: 328.

Trevan, D.M. 1980. Immobilized Enzyme: An introduction and application in biotechnology. New York: John Wiley and Son.

Turecek, P.L., Pittner, F., and Birkner, F. 1990. Degradation of polysaccharides by immobilized depolymerizing enzymes. Inter. J. Food. Sci. Tech. 25: 1-8.

Varich, M.G., and Kemmerer, A.R. 1950. The carotene of cantaloupe. Food Research. 15: 494.

Valverde, C.V., Blanco, I., and Hidalgo, E.R. 1982. Pectic substances in fresh, dried, desiccated, and olaginous Spanish fruits. J. Agr. Food Chem. 30: 832-835.

Voragen, A.G.J., Heutink, R., and Pilnik, W. 1980. Solubilization of apple cell walls with polysaccharide-degraading enzymes. J. Appl. Biochem. 2: 452-468.

_____., Schol, H.A., Siliha, H.A.I., and Pilnik, W. 1986. Enzymic autolysis of pectic substances in cell walls: Some implications for fruit juice technology. In Fishman, M.L., and Jen, J.J. (eds.) Chemistry and function of pectins, 230-240 American Chem. Soc. Symp. Series 310.

Whitaker, J.R. 1972. Principle of enzymology for the food sciences. New york: Marcel Dekker. pp. 633.

_____. 1984. Pectic substances, pectic enzymes and haze formation in fruit juices. Enzyme Microbial Technology. 6: 341-349.

Wills, B.H., Lim, J.S.K., and Greenfield, H. 1986. Composition of Australian foods: Tropical and sub-tropical fruit. Food Technology in Australia. 38: 118-123.

Wongkhalaung, C., Kashwagi, Y., Ohta, T., and Sasaki, T. 1985. Cellulase immobilized on a soluble polymer. Appl. Microbiol. Biotechnol. 21: 37-41.

Wucherpfenning, K., and Schopplein, E. 1991. The significance of fruit and microbial enzymes in the manufacture of drinks (1). Int. Food Ing. 2: 15-18.

Yabumoto, K., and Jennings, W.G. 1977. Volatile constituents of cantaloupes, Cucumis melo, and their Biogenesis. J. Food Sci. 42: 32-37.

Yamasaki, M., Kato, A., Chu, S.Y., and Arima, K. 1967. Pectic enzymes in the clarification of apple juice. Part Ⅱ. The mechanism of clarification. Agri. Biol. Chem. 31: 552-560.

Yamasaki, M. Yasui, T., and Arima, K. 1964. Pectic enzymes in the clarification of apple juice. Part Ⅰ. Study on the clarification reaction in simplified model. Agri. Biol. Chem. 28: 779-787.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลเพิ่มเติม

ก-1 วิธีวิเคราะห์หาแอคติวิตีของเพคติเนส

ก-1.1 การวิเคราะห์หาแอคติวิตีของเพคติเนสในรูปการลดลงของความหนืด

ดัดแปลงจากวิธีในงานวิจัยของ Roboz และคณะ (1952) และ Anaya และคณะ (1982)

วิธีวิเคราะห์

ปิเปตสารละลายที่ต้องการวัดความหนืดจำนวน 3 มิลลิลิตรใส่ใน Ostwald viscometer (รูปที่ ก-1.1) นำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (รูปที่ ก-1.2) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงจับเวลาหาอัตราการไหลของของเหลว แล้วคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของความหนืด (% viscosity deminishing, A) จากสูตร

$$A = \left[(V_t - V_o) / (V_t - V_s)\right] \times 100$$

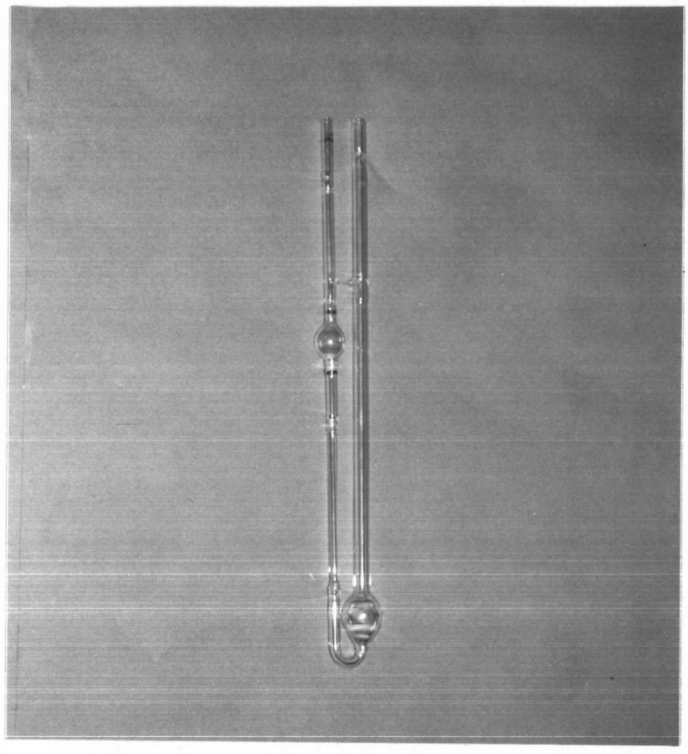
โดยที่ V_o = เป็นเวลาในการไหล (วินาที) ของสารละลายปฏิกิริยาเพคตินและเพคติเนส

V_t = เป็นเวลาในการไหลของสารละลายเพคตินกับเพคติเนสที่ถูกยับยั้งการทำงาน (inactive enzyme)

V_s = เป็นเวลาในการไหลของตัวทำละลายคือ อะซีเตตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร

นำค่าเปอร์เซ็นต์การลดความหนืด (A) ไปคำนวณหาหน่วยเอนไซม์โดยที่

หมายเหตุ 1 หน่วยเอนไซม์ (unit enzyme) หมายถึง ปริมาณเอนไซม์ที่ลดความหนืดของสารละลายเพคตินความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ลงครึ่งหนึ่ง หรือลดลงร้อยละ 50 ภายในเวลา 1 นาที ที่ 30 องศาเซลเซียส



รูปที่ ก-1.1 เครื่องมือวัดความหนืด Ostwald viscometer

รูปที่ ก-1.2 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิพร้อมกับ Ostwald viscometer

ก-1.2 วิธีวิเคราะห์แอคติวิตีของเพคติเนสอิสระ

เตรียมสารละลายสับสเตรท ซึ่งประกอบด้วยสารละลายเพคตินความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ในน้ำกลั่น จำนวน 5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยอะซีเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.2 โมล/ลิตร pH 4.0 จำนวน 4.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองบ่มใน shaking bath ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เติมสารละลายเพคติเนสในอะซีเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.2 โมล/ลิตร pH 4.0 จำนวน 0.5 มิลลิลิตร บ่มต่อไปเป็นเวลา 1 นาที หยุดปฏิกิริยาในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว แล้วนำไปวัดแอคติวิตีตามวิธีในข้อ ก-1.1

ก-1.3 วิธีวิเคราะห์แอคติวิตีของเพคติเนสตรึงรูปบนเม็ดแก้ว

ปิเปตสารละลายเพคติน ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ในอะซีเตตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร pH 4.0 จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองบ่มใน shaking bath ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ใส่เพคติเนสตรึงรูปบนเม็ดแก้วจำนวน 5 กรัม บ่มต่อไปอีกเป็นเวลา 30 นาที หยุดปฏิกิริยาในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว นำไปวัดแอคติวิตีตามวิธีในข้อ ก-1.1

ก-2 วิธีวิเคราะห์หาแอคติวิตีของเซลลูเลส

ดัดแปลงตามวิธีที่อธิบายในงานวิจัยของ Fadda และคณะ (1984)

ก-2.1 การวิเคราะห์หาน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี Dinitrosalicylic Acid Method (Miller, 1959)

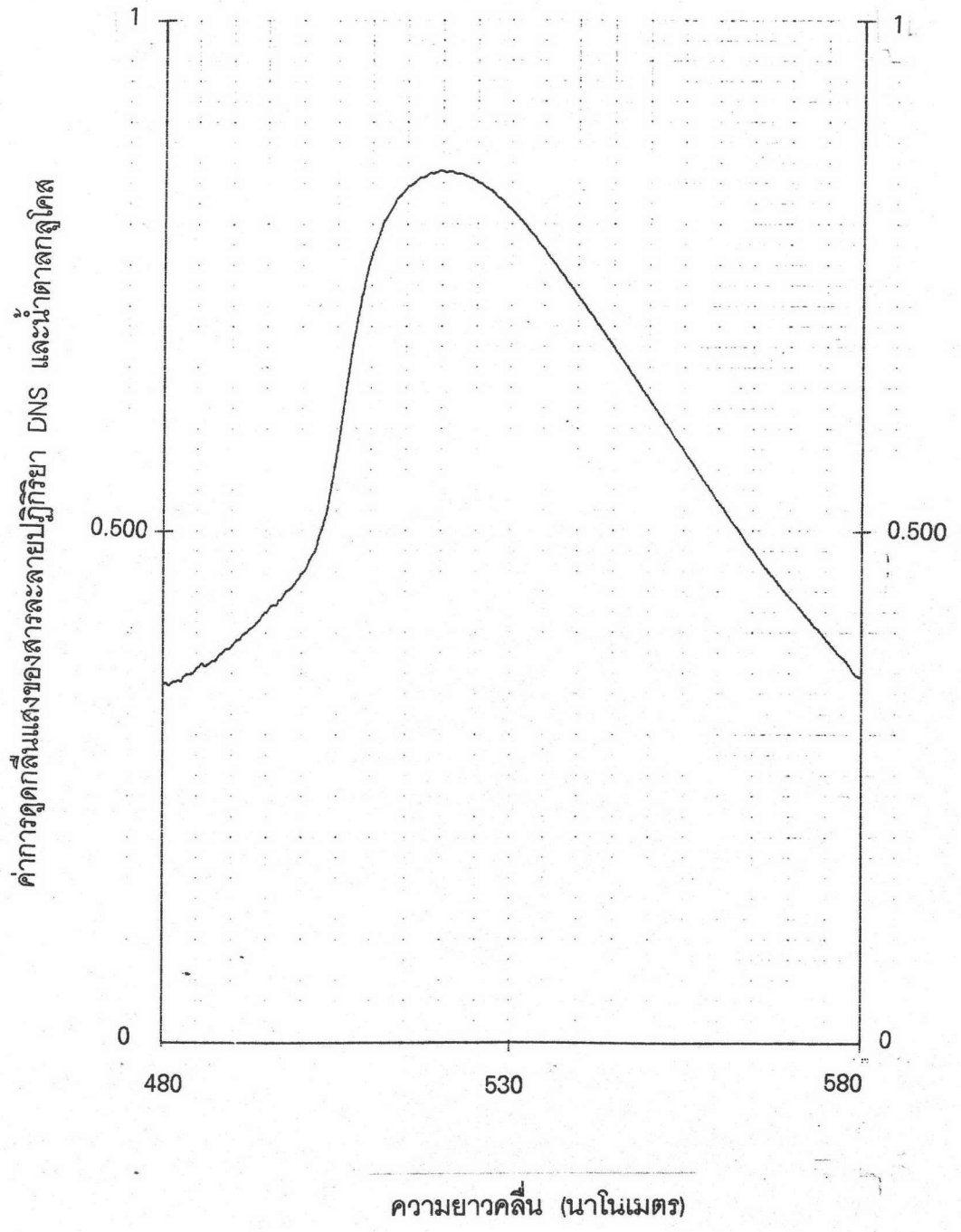
วิธีวิเคราะห์

(1) ใส่สารละลายน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน 1 มิลลิลิตรในหลอดทดสอบ

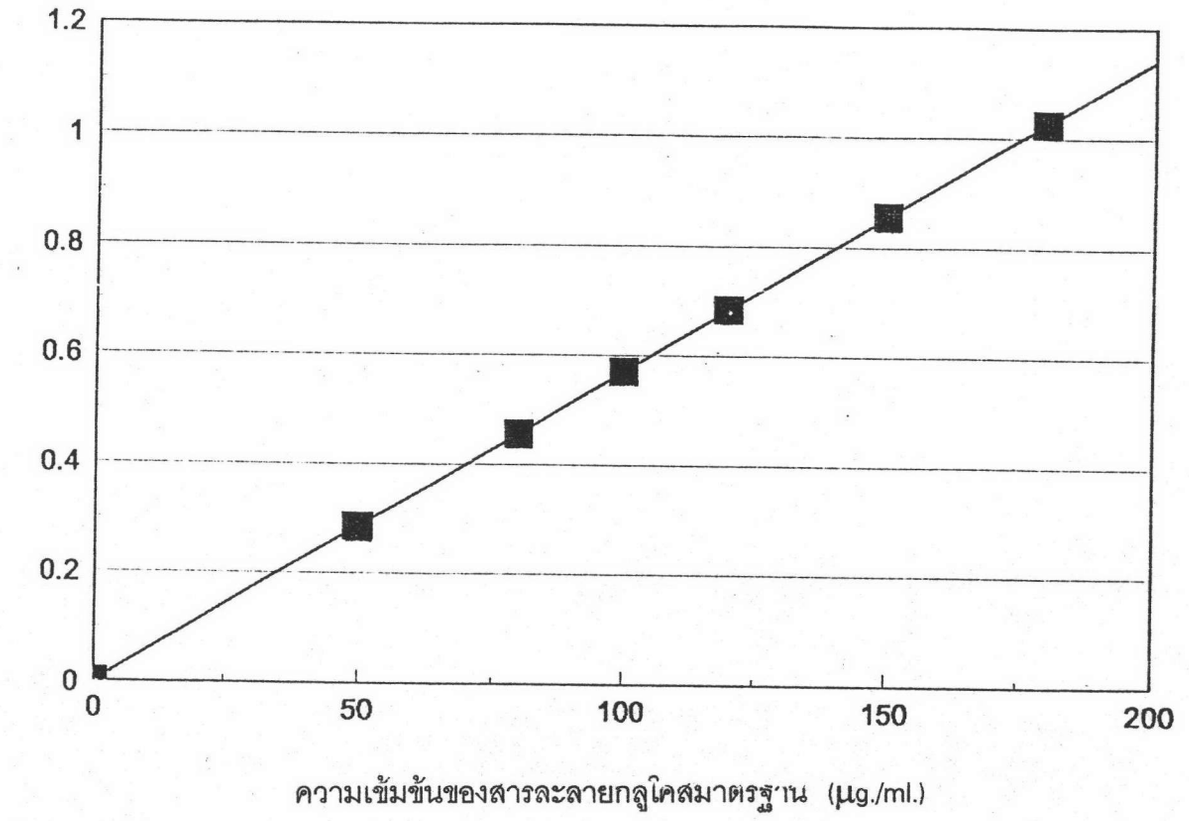
(2) เติมสารละลาย dinitrosalicylic acid ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือด 5 นาที แล้วทำให้เย็นทันที

(3) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร ซึ่งเป็นค่าความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงมากที่สุด ดังแสดงในรูป ก-2.1 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส ดังรูป ก-2.2

(4) สำหรับตัวอย่างที่จะหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก็วิเคราะห์เช่นเดียวกัน ถ้า ตัวอย่างมีปริมาณน้ำตาลอยู่สูงต้องเจือจางให้อยู่ในช่วงที่วิเคราะห์ได้และหาปริมาณน้ำตาลโดยเทียบ กับกราฟมาตรฐาน



รูปที่ ก-2.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายปฏิกิริยาระหว่าง DNS และน้ำตาลกลูโคส ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ



รูปที่ ก-2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลกลูโคสกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายปฏิกิริยา ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

ก-2.2 <u>วิธีวิเคราะห์แอคตีวิตีของเซลลูเลสอิสระ</u>

เตรียมสารละลายสับสเตรท ซึ่งประกอบด้วยสารละลาย CMC เข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ในอะซีเตตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร pH 4.8 จำนวน 4.5 มิลลิลิตร บ่มใน shaking bath ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เติมสารละลายเซลลูเลสในอะซีเตตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร pH 4.8 จำนวน 0.5 มิลลิลิตร บ่มต่อไปเป็นเวลา 5 นาที หยุดปฏิกิริยาในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว นำไปวัดน้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธีในข้อ ก-2.1

ก-2.3 วิธีหาแอคติวิตีของเซลลูเลสตรึงรูปบนเม็ดแก้ว

ปิเปตสารละลาย CMC เข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ในอะซีเตตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร pH 4.8 จำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองบ่มใน shaking bath ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ใส่เซลลูเลสตรึงรูปบนเม็ดแก้วจำนวน 5 กรัม บ่มต่ออีกเป็นเวลา 60 นาที หยุดปฏิกิริยาในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที ทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว นำไปวัดน้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธีในข้อ ก-2.1

หมายเหตุ 1 หน่วยเอนไซม์ (unit enzyme) หมายถึงปริมาณเอนไซม์ที่เปลี่ยนสับสเตรท CMC ไปเป็นกลูโคส 1 ไมโครกรัม ในเวลา 1 นาที ที่ 40 องศาเซลเซียส

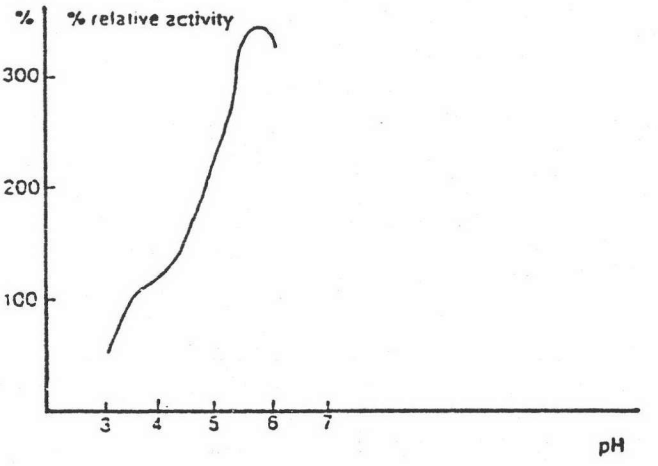
ก-3 ข้อมูลรายละเอียดของ Pectinex Ultra SP-L® (Novo, 1985)

Pectinex Ultra SP-L® เตรียมจาก Aspergillus niger ที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว โดยจะมีเฮมิเซลลูเลสเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย เพื่อช่วยในการสลายเนื้อเยื่อของผนังเซลล์พืช

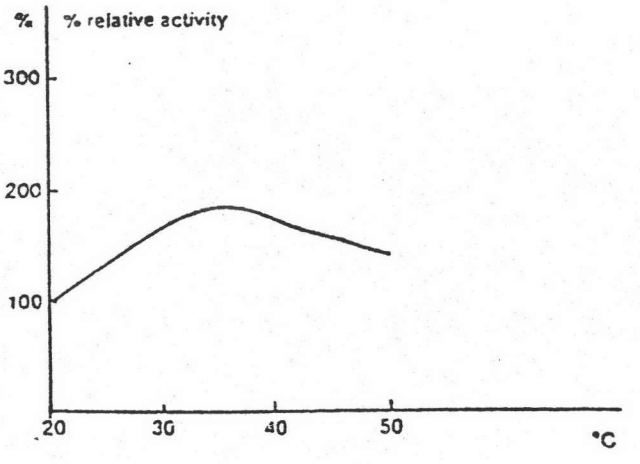
ก-3.1 ลักษณะโดยทั่วไป

Pectinex Ultra SP-L® มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นเปรี้ยว หรือกลิ่นหมักเล็กน้อย มี pH ประมาณ 4.5 สามารถละลายน้ำได้ดี เอนไซม์อาจมีความขุ่นเกิดขึ้น แต่ไม่มีผลกระทบต่อแอคติวิตี มีแอคติวิตี 26,000 PG/มิลลิลิตร โดยที่ 1 PG (Polygalacturonase units) หมายถึง ปริมาณเอนไซม์ที่ทำให้ความหนืดของสารละลายกรดเพคติกลดลงร้อยละ 50 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส pH 3.5 ในเวลา 30 นาที

Pectinex Ultra SP-L® สามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิ 8-55 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส พบว่า เอนไซม์บางส่วนถูกยับยั้งการทำงาน Pectinex Ultra SP-L® มี pH ในการทำงานในช่วงความเป็นกรดปานกลาง สำหรับในกรณีที่ผลไม้มีความเป็นกรดสูงพบว่า ต้องเพิ่มปริมาณเอนไซม์ที่ใช้มากขึ้น ซึ่งแอคติวิตีของ Pectinex Ultra SP-L® ที่ pH และอุณหภูมิต่างๆ แสดงในรูปที่ ก-3.1 และ ก-3.2 ตามลำดับ



รูปที่ ก-3.1 ผลของ pH ต่อแอคติวิตีของ Pectinex Ultra SP-L®



รูปที่ ก-3.2 ผลของอุณหภูมิต่อแอคติวิตีของ Pectinex Ultra SP-L®

ก-3.2 <u>การเก็บรักษา</u>

โดยทั่วไปเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะมีอายุการเก็บเป็นเวลา 3 เดือน โดยไม่สูญเสียแอคติวิตี แต่หลังจากนั้นเอนไซม์จะมีแอคติวิตีลดลงร้อยละ 1-2 ต่อเดือน การเก็บที่อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เอนไซม์จะมีอายุการเก็บนานขึ้นเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี โดยไม่มีการสูญเสียแอคติวิตี

ก-3.3 สมบัติด้านความปลอดภัยและข้อระวังในการใช้งาน

Pectinex Ultra SP-L® ได้รับการยอมรับจาก FAO/WHO JECFA และ FCC ให้เป็นเอนไซม์ที่ใช้กับอาหาร (food grade enzyme) โดยมีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่ (total viable count) สูงสุดไม่เกิน $5x10^4$ และมีเชื้อราไม่เกิน 10^2 ต่อกรัม

ข้อระวังในการใช้งานคือ หลีกเลี่ยงการสูดดมหรือสัมผัสกับเอนไซม์โดยตรง ในกรณีที่สัมผัสถูกผิวหนังหรือตา ให้รีบล้างออกด้วยน้ำทันที

ก-3.4 การนำไปใช้งาน

สำหรับการประยุกต์ใช้นั้น มักจะใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้ โดยนำ Pectinex Ultra SP-L® มาใช้กับเนื้อผลไม้บด จะช่วยเพิ่มผลผลิตในการสกัดน้ำผลไม้ และทำให้การบีบอัดเป็นไปได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างเช่นการใช้เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำแอปเปิล จากแอปเปิลสดและแอปเปิลที่ผ่านการเก็บมาแล้ว ซึ่งพบว่าทั้ง 2 กรณี ที่ระดับของการใช้แรงบีบคั้นน้ำเท่ากัน การใช้เอนไซม์จะให้ผลผลิตน้ำแอปเปิลมากกว่า

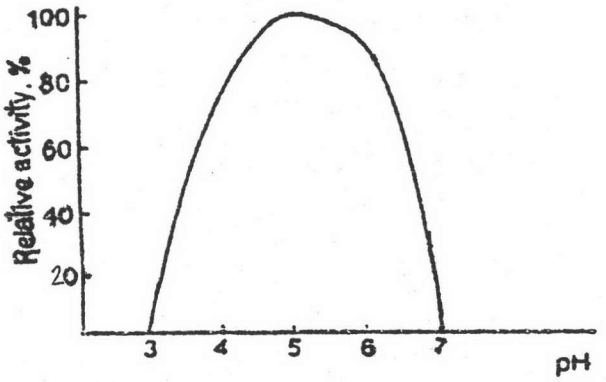
ก-4 ข้อมูลรายละเอียดของ Celluclast 1.5 L® (Novo, 1989)

Celluclast 1.5 L® เป็นเซลลูเลสที่เตรียมได้จากการหมักแบบอาหารเหลว (submerged fermentation) ของ Trichoderma reesei การทำงานของเอนไซม์นี้จะเร่งการแตกพันธะของเซลลูโลสไปเป็นกลูโคส เซลโลบิโอส และกลูโคสที่ต่อกันเป็นพอลีเมอร์สายยาว ซึ่งปริมาณของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดขึ้นกับภาวะในการทำปฏิกิริยา

ก-4.1 ลักษณะทั่วไป

Celluclast 1.5 L® มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้มสามารถละลายน้ำได้ดี อาจมีความขุ่นเกิดขึ้นได้ แต่จะไม่มีผลกระทบต่อแอคติวิตีของเอนไซม์ มีความหนาแน่นประมาณ 1.2 กรัม/มิลลิลิตร มีแอคติวิตี 1,500 NCU (Novo Cellulase Unit) และ 1 NCU หมายถึง ปริมาณเอนไซม์ที่ย่อยสลายคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC) แล้วให้ผลิตภัณฑ์คาร์โบไฮเดรตที่มีปลายรีดิวซ์เทียบเท่ากับกลูโคส 1 ไมโครโมล/นาที ภายใต้ภาวะที่กำหนด

แอคติวิตีของ Celluclast 1.5 L® ที่ pH และอุณหภูมิต่างๆ แสดงไว้ในรูปที่ ก-4.1 และ ก-4.2 ตามลำดับ จะเห็นว่า ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของ Celluclast 1.5 L คือ pH 4.5-6.0 และอุณหภูมิช่วง 50-60 องศาเซลเซียส

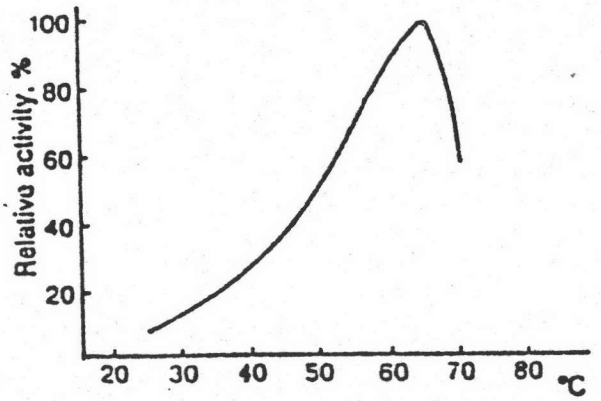


รูปที่ ก-4.1 ผลของ pH ต่อแอคติวิตีของ Celluclast 1.5 L®

ความเข้มข้นของเอนไซม์ = 0.02 NCU/มิลลิลิตร

อุณหภูมิ = 50 องศาเซลเซียส

เวลาในการทำปฏิกิริยา = 20 นาที



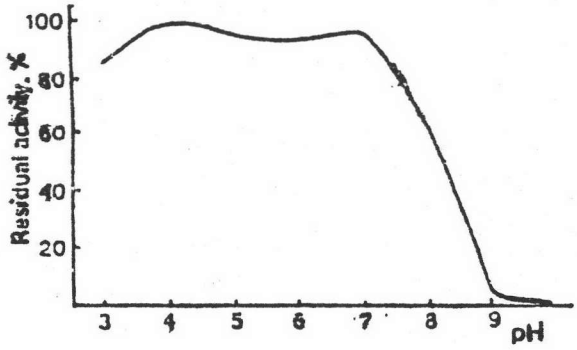
รูปที่ ก-4.2 ผลของอุณหภูมิต่อแอคติวิตีของ Celluclast 1.5 L®

ความเข้มข้นของเอนไซม์ = 0.02 NCU/มิลลิลิตร

pH = 4.8

เวลาในการทำปฏิกิริยา = 20 นาที

เสถียรภาพของ Celluclast 1.5 L® เมื่ออยู่ในรูปของสารละลายที่ pH และอุณหภูมิต่างๆ แสดงดังรูปที่ ก-4.3 และ ก-4.4 ตามลำดับ



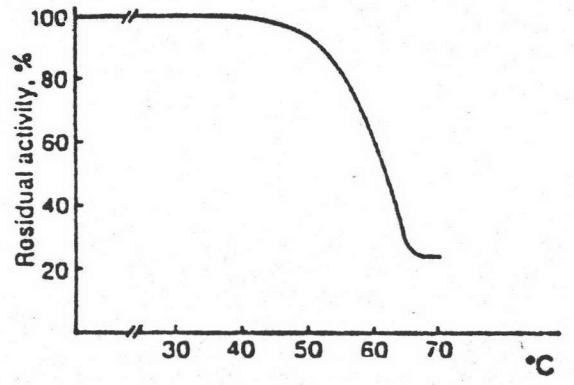
รูปที่ ก-4.3 ผลของ pH ต่อเสถียรภาพของ Celluclast 1.5 L®

ความเข้มข้นของเอนไซม์ = 0.02 NCU/มิลลิลิตร

อุณหภูมิ = 25 องศาเซลเซียส

เวลาในการทำปฏิกิริยา = 16 ชั่วโมง

ระบบบัฟเฟอร์ = McIlvaine



รูปที่ ก-4.4 ผลของอุณหภูมิต่อเสถียรภาพของ Celluclast 1.5 L®

ความเข้มข้นของเอนไซม์ = 0.02 NCU/มิลลิลิตร

pH = 4.8

เวลาในการทำปฏิกิริยา = 30 นาที

ก-4.2 การเก็บรักษา

โดยทั่วไปหากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเก็บได้นานเป็นเวลาประมาณ 3 เดือน โดยที่ยังไม่สูญเสียแอคติวิตี การเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส จะยืดอายุการเก็บให้ยาวนานมากขึ้น

ก-4.3 สมบัติด้านความปลอดภัย

Celluclast 1.5 L® ได้รับการยอมรับจาก FAO/WHO JECFA และ FCC ให้เป็นเอนไซม์ที่ใช้กับอาหาร (food grade enzyme) โดยมีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่ (total viable count) สูงสุดไม่เกิน $5x10^4$ และมีเชื้อราไม่เกิน 10^2 ต่อกรัม

ก-4.4 การนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ Celluclast 1.5 L® เพื่อจุดประสงค์ต่างๆ ได้แก่ การผลิตน้ำตาลเพื่อใช้ในการหมักจากเซลลูโลส โดยใช้ร่วมกับเซลโลบิเอส เช่น Novozyme® สำหรับการใช้ในทางอุตสาหกรรม ปริมาณที่เหมาะสมของเอนไซม์ทั้ง 2 ขึ้นกับภาวะในการทำปฏิกิริยา เช่น pH อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารตั้งต้น ซึ่งในการทดลองขั้นต้นแนะนำให้ใช้ในปริมาณดังนี้คือ ใช้ Celluclast 1.5 L® ร้อยละ 1 ร่วมกับ Novozyme 188® ร้อยละ 0.2 นอกจากนี้ยังใช้ในการลดความหนืดและช่วยเพิ่มผลผลิตที่สกัดได้จากผัก ซึ่งปริมาณที่แนะนำให้ใช้ขั้นต้นคือ ร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักของเอนไซม์/น้ำหนักแห้งของสารตั้งต้น โดยปริมาณที่เหมาะสมจริงอาจน้อยกว่านี้ขึ้นกับภาวะที่ใช้

ก-5 การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์

ก-5.1 โซเดียมอะซิเตต-กรดอะซิติกบัฟเฟอร์ pH 3.7-5.6 ความเข้มข้น 0.2 โมล/ลิตร

สารละลาย A : สารละลาย $CH_3COONa.3H_2O$ ความเข้มข้น 0.2 โมล/ลิตร

สารละลาย B : สารละลาย CH_3COOH ความเข้มข้น 0.2 โมล/ลิตร

ผสมสารละลาย A กับสารละลาย B ตามตารางที่ ก-5.1

ตารางที่ ก-5.1 วิธีเตรียมโซเดียมอะซิเตต-กรดอะซิตริกบัฟเฟอร์ pH 3.7-5.6

pH ของบัฟเฟอร์	ปริมาตรสารละลาย A (มิลลิลิตร)	ปริมาตรสารละลาย B (มิลลิลิตร)
3.7	10.0	90.0
3.8	12.0	88.0
4.0	18.0	82.0
4.2	26.5	73.5
4.4	37.0	63.0
4.6	49.0	51.0
4.8	59.0	41.0
5.0	70.0	30.0
5.2	79.0	21.0
5.4	86.0	14.0
5.6	91.0	9.0

หมายเหตุ เตรียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร โดยเจือจางด้วยน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 1 : 1

ก-5.2 ซิเตรตบัฟเฟอร์ pH 3.0-6.2 ความเข้มข้น 0.2 โมล/ลิตร

สารละลาย A : สารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 0.2 โมล/ลิตร

สารละลาย B : สารละลายโซเดียมซิเตรต ความเข้มข้น 0.2 โมล/ลิตร

ผสมสารละลาย A กับสารละลาย B ตามตารางที่ ก-5.2

ตารางที่ ก-5.2 วิธีเตรียมซิเตรตบัฟเฟอร์ pH 3.0-6.2

pH ของบัฟเฟอร์	ปริมาตรสารละลาย A (มิลลิลิตร)	ปริมาตรสารละลาย B (มิลลิลิตร)
3.0	82.0	18.0
3.2	77.5	22.5
3.4	73.0	27.0
3.6	68.5	31.5
3.8	63.5	36.5
4.0	59.0	41.0
4.2	54.0	46.0
4.4	49.5	50.5
4.6	44.5	55.5
4.8	40.0	60.0
5.0	35.5	65.0
5.2	30.5	69.5
5.4	25.5	74.5
5.6	21.0	79.0
5.8	16.0	84.0
6.0	11.5	88.5
6.2	8	92.0

ก-6 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำแตงไทย

ชื่อ-นามสกุล_____วันที่_____

กรุณาทดสอบน้ำแตงไทยแล้วประเมินลักษณะคุณภาพเป็นคะแนน (scoring) ตามช่วงคะแนนที่กำหนดในวงเล็บของลักษณะคุณภาพนั้นๆ ลักษณะต่างๆ ในตารางนี้

ลักษณะคุณภาพ / รหัสตัวอย่าง					
1. สี					
สีเขียวธรรมชาติของแตงไทย	(13-15)				
สีเหลืองเล็กน้อย	(10-12)				
สีเหลืองปานกลาง	(7-9)				
สีเหลืองมาก	(4-6)				
สีเหลืองมากที่สุด	(1-3)				
2. กลิ่น					
กลิ่นของแตงไทยสดปกติ	(13-15)				
กลิ่นแปลกปลอมเล็กน้อย เช่นกลิ่นของเอนไซม์	(10-12)				
กลิ่นแปลกปลอมปานกลาง	(7-9)				
กลิ่นแปลกปลอมมาก	(4-6)				
กลิ่นแปลกปลอมมากที่สุด	(1-3)				
3. รส					
รสชาติของแตงไทยสดปกติ	(13-15)				
รสชาติแปลกปลอมเล็กน้อย เช่น รสเผื่อน รสขม	(10-12)				
รสชาติแปลกปลอมปานกลาง	(7-9)				
รสชาติแปลกปลอมมาก	(4-6)				
รสชาติแปลกปลอมมากที่สุด	(1-3)				

ลักษณะคุณภาพ	รหัสตัวอย่าง				
4. การยอมรับรวม					
ยอมรับมากที่สุด	(13-15)				
ยอมรับมาก	(10-12)				
ยอมรับปานกลาง	(7-9)				
ยอมรับน้อย	(4-6)				
ไม่ยอมรับ	(1-3)				

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

ข-1 <u>การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น</u>

ตามวิธีของ A.O.A.C. 22.013 (1984)

<u>อุปกรณ์</u>

1. จาน (dish)
2. ตู้ดูดความชื้น (desiccator)
3. เครื่องชั่งละเอียด (Sartorius, A200s)
4. ตู้อบลมร้อน

<u>วิธีการ</u>

1. อบจานที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในตู้ดูดความชื้นแล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างเนื้อแตงไทยตีปนที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.3 กรัม ใส่ในจานที่อบแห้งเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น 1 คืน
3. นำไปอบใน vacuum oven ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความดัน 4 นิ้วปรอท โดยเปิดฝาทิ้งไว้นาน 7 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
4. ปิดฝาภาชนะ แล้วทำให้เย็นในตู้ดูดความชื้นจากนั้นชั่งน้ำหนัก

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(m_2 - m_1)}{m} \times 100$$

m = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

m_1 = น้ำหนักภาชนะหลังอบ + น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

m_2 = น้ำหนักตัวอย่างและน้ำหนักภาชนะก่อนอบ

ข-2 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

ตามวิธีของ A.O.A.C. 7.073 (1984)

อุปกรณ์การทดลอง

1. บีกเกอร์ 500 มิลลิกรัม
2. เตาให้ความร้อน (hot plate)
3. แท่งแก้วคน
4. ผ้าโพลีเอสเตอร์
5. buchner
6. จานระเหย (evaporation dish)

สารเคมี

1. H_2SO_4 1.25%
2. NaOH 5%
3. HCL 1%
4. Alcohol 95%

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างเนื้อแตงไทยตีป่น 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ 500 มิลลิกรัม ทำซ้ำ
2. เติมกรดซัลฟุริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิเมตร
3. ให้ความร้อนจนเดือนเป็นเวลา 30 นาที รักษาปริมาตรให้คงที่ด้วยน้ำร้อน
4. กรองทันทีผ่านผ้าพอลีเอสเตอร์ด้วยระบบสูญญากาศล้างบิกเกอร์ ผ้า และตัวอย่างด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้งจนหมดฤทธิ์กรด
5. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วทำให้เป็นปริมาตร 200 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำร้อน
6. ต้มให้เดือนเป็นเวลา 30 นาที รักษาปริมาตรให้คงที่ด้วยน้ำร้อน
7. กรองทันทีผ่านผ้าพอลีเอสเตอร์ และล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้ง
8. จากนั้นล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 1 ล้างน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์กรด
9. ล้างด้วยแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาณเล็กน้อย
10. นำตัวอย่างที่เหลือใส่ในจานระเหย เพื่อระเหยเอาแอลกอฮอล์ออก
11. อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน ทำให้เย็นในตู้ดูดความชื้น
12. เผาจนกลายเป็นเถ้า ทำให้เย็นในตู้ดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก

13. น้ำหนักที่หายไปคือ crude fiber

14. คำนวณค่าเป็นร้อยละ crude fiber

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซนต์ crude fiber} = \frac{\text{น้ำหนักจานระเหยที่มีเถ้า - น้ำหนักจานระเหย}}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่าง}}$$

ข-3 การวิเคราะห์ปริมาณแป้ง

ตามวิธีของ A.O.A.C. 8.019, 31.038 (1984)

สารเคมี

1. สารละลาย iodine-potassium iodide

บดผสม iodine 7.5 กรัม และ potassium iodide 7.5 กรัม เข้าด้วยกัน ละลายด้วยน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร เจือจางสารละลายด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร นำไปกรอง

2. สารละลาย alcohol sodium chloride

ผสม alcohol 350 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร และสารละลาย NaCl เข้มข้นร้อยละ 20 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร เข้าด้วยกัน เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 500 มิลลิลิตร

3. สารละลาย alcohol sodium hydroxide เข้มข้น 0.25 N

ผสม alcohol 350 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และสารละลาย NaOH เข้มข้น 5 N 25 มิลลิลิตร เข้าด้วยกัน เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 500 มิลลิลิตร

4. สารละลาย HCl acid เข้มข้น 0.7 N

เจือจาง HCl acid 60 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นจนปริมาตร 1 ลิตร

5. Somogyi phosphate sugar reagent

ละลาย anhydrous Na_2HPO_4 56 กรัม และ Rochelle salt 80 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร จากนั้นเติมสารละลาย $CuSO_4.5H_2O$ เข้มข้นร้อยละ 10 จำนวน 160 มิลลิลิตร โดยเติมอย่างช้าๆ และคนอย่างสม่ำเสมอ นำสารละลายที่เตรียมได้ไปละลาย anhydrous Na_2SO_4 360 กรัม จากนั้นเติมสารละลาย KIO_3 เข้มข้น 0.1 N 200 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 2 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน นำมากรอง โดยทิ้งสารละลายที่กรองได้ครั้งแรก 50 มิลลิลิตร แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส

6. สารละลายมาตรฐาน sodium thiosulfate ($Na_2S_2O_3$) เข้มข้น 0.005 N

ละลาย $Na_2S_2O_3$ 2.73 กรัม ในน้ำกลั่นเจือจางจนมีปริมาณ 2 ลิตร

ปรับความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่ได้เตรียมไว้ โดยผสมสารละลาย KI ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.5 N 3 มิลลิลิตร และ Somogyi phosphate sugar reagent 5 มิลลิลิตร เข้าด้วยกัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน sodium thiosulfate โดยใช้น้ำแป้งเป็น indicator

7. สารละลาย potassium iodide (KI) เข้มข้นร้อยละ 2.5

เตรียมสารละลาย KI ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 2.5% และเติม Na_2CO_3 เล็กน้อย เพื่อช่วยเพิ่มเสถียรภาพ

8. สารละลายน้ำแป้ง

ชั่งแป้ง 1.5 กรัม ทำให้เป็น paste โดยละลายแป้งในน้ำเล็กน้อย แล้วค่อยๆเติมน้ำเดือนจนมีปริมาตร 300 มิลลิลิตร

9. Phenol red indicator

ชั่ง indicator 0.1 กรัม ละลายใน NaOH 0.01 N 28.2 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างเนื้อแตงไทยตีป่นประมาณ 1.0 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

2. เติมทรายละเอียด 20 มิลลิกรัม และน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือด 15 นาที เพื่อ gelatinize แป้ง ทิ้งให้เย็น

3. เติม $HClO_4$ เข้มข้นร้อยละ 60 จำนวน 5 มิลลิลิตร อย่างรวดเร็ว และคนอย่างสม่ำเสมอ พร้อมกับบดเนื้อเยื่อกับผนังหลอดทดลองด้วยแท่งแก้ว

4. เติม uranyl acetate เข้มข้นร้อยละ 5 จำนวน 3 มิลลิลิตร เพื่อตกตะกอนโปรตีน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไป centrifuge

5. ปิเปตสารละลายส่วนใส 10 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม celite 100 มิลลิกรัม สารละลาย NaCl เข้มข้นร้อยละ 20 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และสารละลาย iodine-potassium iodide 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง แล้วนำไป centrifuge เทสารละลายส่วนใสทิ้งไป

6. ล้างตะกอนของ starch-iodine ด้วยสารละลาย alcohol sodium chloride 5 มิลลิลิตร นำไป centrifuge แล้วเทสารละลายส่วนใสทิ้งไป

7. เติมสารละลาย alcohol sodium hydroxide 2 มิลลิลิตร เพื่อจับตะกอน เขย่าและเคาะเบาๆ จนตะกอนไม่มีสีน้ำเงิน

8. ล้างผนังหลอดทดลองด้วยสารละลาย alcohol sodium chloride 5 มิลลิลิตร นำไป centrifuge และล้างด้วยสารละลาย alcohol sodium chloride 5 มิลลิลิตร อีกครั้ง

9. เติมสารละลายกรด HCl เข้มข้น 0.7 N 2 มิลลิลิตร ลงในหลอดที่มีตะกอน ปิดจุกหลวมๆ นำไปต้มในอ่างน้ำเดือนเป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง ทำให้เย็น แล้วถ่ายใส่ volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร

10. หยด phenol red 1-2 หยด ทำให้เป็นกลางด้วย NaOH เข้มข้น 1 N แล้วปรับปริมาตรด้วย oxalic acid เข้มข้น 0.1 N

11. ปิเปตสารละลายในข้อ 10 มา 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม Somogyi phosphate sugar reagent 5 มิลลิลิตร ปิดจุก นำไปต้มในน้ำเดือด 15 นาที ทำให้เย็น เติมสารละลาย KI เข้มข้น 2.5% 1 มิลลิลิตร และสารละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น 1.5 N 3 มิลลิลิตร นำมาไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน sodium thiosulfate โดยใช้น้ำแป้งเป็น indicator

<u>วิธีหาปริมาณกลูโคสที่สมมูลกับสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.005 N 1 มิลลิลิตร</u>

1. ชั่งสารละลายมาตรฐานกลูโคสให้รู้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 150 มิลลิกรัม
2. ละลายด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
3. ปิเปตสารละลายกลูโคสมา 5 มิลลิลิตร เติม Somogyi phosphate sugar reagent 5 มิลลิลิตร ปิดจุก นำไปต้มในน้ำเดือน 15 นาที ทำให้เย็น แล้วเติมสารละลาย KI เข้มข้นร้อยละ 2.5 จำนวน 1 มิลลิลิตร และสารละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น 1.5 N 3 มิลลิลิตร นำมาไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน sodium thiosulfate โดยใช้น้ำแป้งเป็น indicator แล้วคำนวณปริมาณกลูโคสที่สมมูลกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.005 N จำนวน 1 มิลลิลิตร

คำนวณ

ปริมาณแป้ง (ร้อยละ) = 50 x (มิลลิลิตร blank - มิลลิลิตร sample)
x (0.9/มิลลิกรัม sample) x (N/0.005) x G x 100

เมื่อ 50 = dilution factor
0.9 = factor ในการเปลี่ยนแป้งไปเป็นกลูโคส
N = Normality ที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต
G = มิลลิกรัมของกลูโคสที่สมมูลกับสารละลายมาตรฐาน
โซเดียมไธโอซัลเฟต 0.005 N 1 มิลลิลิตร

ข-4 การวิเคราะห์ปริมาณเพคติน

ตามวิธีของ Ranganna (1977)

การสกัดเพคตินและการทำให้บริสุทธิ์

สารเคมี

1. Sodium hexametaphosphate 1.2 กรัม
2. ethanol, iso-propanol หรือ acetone
3. กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.5 M

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักเนื้อแตงไทยตีปน 100 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร ที่บรรจุน้ำปริมาตร 400 มิลลิลิตร เติม Sodium hexametaphosphate 1.2 กรัม ปรับ pH ให้เท่ากับ 4.5 ด้วยกรดอะซิติกหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์

2. ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กวนสม่ำเสมอ วัดค่า pH ทุกๆ 15 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าค่าคงที่ เท่ากับ 4.5

3. ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้เท่ากับปริมาตรก่อนนำไปให้ความร้อน แต่จะไม่มีการเติมน้ำในช่วง 20 นาที หลังของการสกัด

4. เติม filter aid 4 กรัม และ ground paper pulp 4 กรัม ชั่งน้ำหนัก

5. กรองอย่างรวดเร็วผ่านกระดาษกรองเคลือบด้วย filter aid 3 กรัม เก็บส่วนใสอย่างน้อย 200 มิลลิลิตร ทำให้เย็นอย่างรวดเร็วและชั่งน้ำหนัก ถ้าความเข้มข้นเพคตินในส่วนใสต่ำกว่าร้อยละ 0.2 ทำให้เข้มข้นจนได้ระดับที่กำหนดภายใต้สูญญากาศก่อนนำไปตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์

6. เทส่วนในที่เย็นแล้วและรู้น้ำหนักแน่นอนลงใน ethanol, iso-propanol หรือ acetone ที่ประกอบด้วยไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 M (pH ของ slurry ควรจะอยู่ระหว่าง 0.7 ถึง 1.0) กวนนาน 30 นาที เซนตริฟิวส์และกรองหรือแยกตะกอนบนไนลอนที่มีขนาดรูหยาบ

7. ล้างอีกครั้งที่ pH คงเดิมเพื่อกำจัดเถ้า (ash) ที่มีอยู่เล็กน้อย

8. ล้างซ้ำอีกในแอลกอฮอล์ 70% หรืออะซิโตนปริมาตร 400 มิลลิลิตร จนกระทั่งตกตะกอนปราศจากอิออนของคลอไรด์ หรือค่า pH สูงกว่า 4.0

9. กำจัดน้ำในตะกอนออกโดยการตกตะกอนลงใน acetone 400 มิลลิลิตร

10. อบค้างคืนในความดันสูญญากาศ 5 มิลลิเมตรปรอท โดยมีลมร้อนผ่านตู้อบอย่างช้า ชั่งน้ำหนักตะกอนที่ได้ ใช้เพคตินนี้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

<u>การตรวจวัดหาแอมโมเนีย</u>

เพคตินที่ถูกทำให้แห้งแล้วควรปราศจากแอมโมเนียซึ่งจะไปรบกวนการวิเคราะห์ในช่วงต่อไป ดังนั้นการทดสอบแอมโมเนียในเพคตินทำดังนี้ เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 จำนวนปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในเพคติน ให้ความร้อนถ้ามีแอมโมเนียในเพคตินจะมีกลิ่นหรือทดสอบโดยกระดาษลิตมัสซึ่งจะให้ผลดีกว่า ล้างแอมโมเนียอิออน (ถ้ามี) ด้วย acidified 60% alcohol ตามด้วย neutral alcohol เพื่อกำจัดความเป็นกรด จากนั้นทำให้แห้ง

<u>การหาปริมาณสารประกอบเพคติน</u> (Pectin as calcium pectate)

เพคตินที่สกัดจากพืชนำมาเติมด่างและตกตะกอนเป็น calcium pectate ได้สาระละลายกรดโดยเติมแคลเซียมคลอไรด์ ล้างตะกอน calcium pectate จนกระทั่งปราศจากกระทั่งปราศจากคลอไรด์ อบแห้งและชั่งน้ำหนัก

<u>สารเคมี</u>

1. กรดอะซิติก ความเข้มข้น 1 N

เจือจาง glacial acetic acid 30 มิลลิลิตร ให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ

2. calcium chloride เข้มข้น 1 N

   ละลาย anhydrous $CaCl_2$ 27.5 กรัม ในน้ำและเจือจางให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

3. Silver nitrate : ละลาย $AgNO_3$ 1 กรัม ในน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร

4. กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.05 N

<u>วิธีทดลอง</u>

ชั่งเนื้อแตงไทยตีป่น 50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ 1000 มิลลิ-ลิตร สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 N ปริมาตร 400 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส (แทนที่น้ำที่ระเหยไปในช่วงการให้ความร้อน) ทำให้เย็น เทสารละลายตัวอย่างลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าและกรองผ่านกระดาษกรอง No.4 กรองลงในกรวยแยกขนาด 500 มิลลิลิตร

กากเนื้อแตงไทยตีป่นที่เหลือนำมาสกัดซ้ำในน้ำเย็น แล้วนำส่วนผสมที่สกัดได้ไปต้มก่อนนำมากรอง หรือบางรายงานอาจใช้วิธีนำเนื้อแตงไทยตีป่นเติมน้ำโดยไม่ใส่กรด นำไปต้มแทนการสกัดโดยใช้กรดจะละลายส่วนของเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ

การสกัดโดยใช้กรด ต้มตัวอย่างเริ่มต้นด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1 N เป็นเวลา 30 นาที กรองผ่านความดันสุญญากาศ ล้างส่วนที่กรองได้ด้วยน้ำร้อน จากนั้นเติมกรดไฮโดรคลอริก 0.05 N ต้มเป็นเวลา 20 นาที กรอง แล้วทำเหมือนช่วงแรก จากนั้นเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3 N ต้มเป็นเวลา 10 นาที กรองทำเหมือนช่วงแรกเช่นกัน นำส่วนใสที่กรองได้นำมาผสมกัน ทำให้เย็นและเจือจางที่ปริมาตรที่กำหนด ซึ่งเพคตินที่สกัดได้ที่ผ่านการทำให้แห้งและการทำให้บริสุทธิ์แล้ว 200 มิลลิกรัม เทลงในบีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร เติมแอลกอฮอล์ 2-3 มิลลิลิตร เติมน้ำ 400 มิลลิลิตร คนสม่ำเสมอ ต้มจนเดือนแล้วทำให้เย็น เทลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 500 มิลลิลิตร เจือจางจนได้ปริมาตร

<u>วิธีการคำนวณ</u>

$$\% \text{ Pectin as calcium pectate} = \frac{\text{น้ำหนักของ calcium pectate (กรัม)} \times 500 \times 100}{\text{ปริมาตรของส่วนใสที่นำมาทดสอบ (มล.)} \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ข-5 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ตามวิธีของ A.O.A.C. 7.024

1. ชั่งตัวอย่างละเอียดประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในขวดย่อย
2. เติมตัวเร่งปฏิกิริยา (ส่วนผสมของ K_2SO_4 1 กรัม และ $CuSO_4$ 0.05 กรัม)
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร
4. ย่อยตัวอย่างด้วยเครื่อง Kjeldatherm ซึ่งควบคุมอุณหภูมิในการย่อยเป็น 3 ช่วงคือ
   ช่วงที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที
   ช่วงที่ 2 ใช้อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที
   ช่วงที่ 3 ใช้อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ย่อยตัวอย่างจนกว่าสารละลายใส
5. เจือจางด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร โดยค่อยๆ ชะข้างๆ หลอด
6. กลั่นตัวอย่างที่ย่อยแล้วด้วยเครื่อง Vapodest 1 โดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 50 จนกว่าสารละลายตัวอย่างเป็นสีดำถาวร เก็บสารที่กลั่นได้ในสารละลายกรดบอริค 50 มิลลิลิตร ซึ่งหยดเมทธิลเรด 2-3 หยด
7. ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

วิธีคำนวน

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{A \times B \times 6.25 \times 1.4}{C}$$

A : ความเข้มข้นที่แท้จริงของกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ไตเตรท (นอร์มัล)

B : ปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ไตเตรท (มิลลิลิตร)

C : น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข-6 การวัดความหนืด

อุปกรณ์

Brookfield viscometer model DV-I (รูปที่ ข-6.1)

วิธีการ

1. ปรับเครื่องมือให้สมดุล โดยสังเกตจากส่วนปรับระดับ (ฟองอากาศในน้ำ)

2. ใช้หัวเข็มหมายเลข 6-7 ซึ่งจะอ่านค่าบนหน้าปัทม์ได้อยู่ในช่วง 10 ถึง 100 นำมาหมุนเข้ากับสกรูให้แน่น

3. จุ่มหัวเข็มลงในตัวอย่าง โดยให้ร่องของหัวเข็มอยู่ในระดับเดียวกันผิวหน้าตัวอย่าง

4. ปรับระดับความเร็วรอบของเครื่องวัดที่อัตราเร็ว 100 rpm

5. เปิดสวิทซ์ปรับให้เป็น 0 แล้วเปิดให้หัวเข็มหมุนเป็นเวลา 5 นาที อ่านค่าตัวเลขบนหน้าปัทม์

6. นำค่าที่ได้ไปคูณกับแฟคเตอร์ที่กำหนดให้ในตารางคู่มือของเครื่องซึ่งขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่อง อัตราเร็วการหมุน และหมายเลขหัวเข็มที่ใช้วัด ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าความหนืดของตัวอย่าง มีหน่วยเป็นเซนติพอยส์ (cps)

รูปที่ ข-6.1 Brookfield viscometer

ข-7 สูตรคำนวณหาค่าร้อยละของการลดความหนืดของเนื้อแตงไทยตีปน

$$\% \text{ Viscosity Reduction} = \frac{A - B \times 100}{A}$$

A = ค่าความหนืดของเนื้อแตงไทยตีปนของตัวอย่างควบคุม ที่บ่มที่ภาวะต่างๆ

B = ค่าความหนืดของเนื้อแตงไทยตีปนที่ผ่านการสกัดด้วยเอนไซม์ที่ภาวะต่างๆ

ข-8 สูตรคำนวณหาค่าร้อยละการเพิ่มผลผลิตของน้ำแตงไทย

$$\% \text{ yield} = \frac{A \times 100}{B}$$

A = น้ำหนักของน้ำแตงไทยที่ได้

B = น้ำหนักของเนื้อแตงไทยตีปนตั้งต้น

% yield ที่เพิ่มขึ้น = % yield ของตัวอย่าง - % yield ของตัวควบคุม

ข-9 การวัดสี Lovibond

อุปกรณ์

Lovibond flexible optic tintometer รุ่น AF 751 (รูปที่ ข-9.1)

วิธีการ

1. ประกอบเครื่องมือโดยต่อสายไฟ 2 สาย จากตัวเครื่องกับหัวอ่านขนาด 4x4 ตารางเซนติเมตร
2. ต่อเลนส์สำหรับอ่านค่าสีกับบริเวณต่อเลนส์บนตัวเครื่อง
3. เปิดเครื่องที่ปุ่ม on และปรับปุ่มสีน้ำเงิน เหลืองและแดงมาที่ 0
4. วางทาบหัวอ่านบนแผ่นสีขาวที่มาในกล่องอุปกรณ์
5. มองผ่านเลนส์พร้อมกับหมุนปุ่มทางซ้ายมือ (ปุ่ม calibrate) จนกระทั่งสีที่มองเห็นจากเลนส์ทางด้านซ้ายและขวาเป็นสีขาวเหมือนกัน

6. เริ่มอ่านค่าสีของตัวอย่าง โดยนำหัวอ่านวางลงบนตัวอย่างที่จะวัดสี

7. มองผ่านเลนส์พร้อมกับปรับปุ่มสีน้ำเงิน เหลือง แดง และเปอร์เซ็นต์ความสว่าง จนกระทั่งสีที่มองเห็นจากเลนส์ทางด้านซ้ายและขวาเท่ากัน

8. บันทึกค่าสีน้ำเงิน เหลือง แดง และเปอร์เซ็นต์ความสว่าง

รูปที่ ข-9.1 Lovibond tintometer

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ค-1 การวิเคราะห์ข้อมูลการวางแผนแบบ Completely Randomized Design (CRD)

ตารางที่ ค-1 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design (CRD)

SOV.	df.	SS.	MS.	F caiculated	F table
Treatment	t-1	$_{i}\sum X_{i.}^{2}/r - X_{..}^{2}/rt$	SS_T/df_T	MS_T/MS_E	$f(\%sig., df_T, df_E)$
Error	t(r-1)	by substraaction	SS_E/df_E		
Total	rt-1	$_{ij}\sum X_{ij}^{2} - X_{..}^{2}/rt$			

ค-2 การวิเคราะห์ข้อมูลการวางแผนแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD)

ตารางที่ ค-2 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD)

SOV.	df.	SS.	MS.	F calculated	F table
Treatment	t-1	$_{1}\sum X_{i.}^{2}/r - X_{..}^{2}/rt$	SS_T/df_T	MS_T/MS_E	
Block	r-1	$_{j}\sum X_{.j}^{2}/r - X_{..}^{2}/rt$	SS_{blk}/df_{blk}	MS_{blk}/MS_E	$f(\%sig., df_{ik}, df_E)$
Error	t(r-1)	by substraaction	SS_E/df_E		
Total	rt-1	$_{ij}\sum X_{ij}^{2} - X_{..}^{2}/rt$			

ค-3 การวิเคราะห์ข้อมูลการวางแผนแบบ Factorial Completely Randomized Design

ตารางที่ ค-3 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Factorial Completely Randomized Design

SOV.	df.	SS.	MS.	F calculated	F table
Factor					
A	a-1	$_{i}\Sigma X_{i}...^{2}/bcr-X....^{2}/abcr$	SS_A/df_A	MS_A/MS_E	$f(\%sig.,df_A,df_E)$
B	b-1	$_{j}\Sigma X_{.j}..^{2}/acr-X....^{2}/abcr$	SS_B/df_B	MS_B/MS_E	$f(\%sig.,df_B,df_E)$
C	c-1	$_{k}\Sigma X_{..k}.^{2}/abr-X....^{2}/abcr$	SS_C/df_C	MS_C/MS_E	$f(\%sig.,df_C,df_E)$
AB	(a-1)	$_{ij}\Sigma X_{ij}..^{2}/cr-X....^{2}/abcr$	SS_{AB}/df_{AB}	MS_{AB}/MS_E	$f(\%sig.,df_{A.B},df_E)$
	(b-1)	$-SS_A-SS_B$			
AC	(a-1)	$_{ik}\Sigma X_{i\cdot k}.^{2}/cr-X....^{2}/abcr$	SS_{AC}/df_{AC}	MS_{AC}/MS_E	$f(\%sig.,df_{A.C},df_E)$
	(c-1)	$-SS_A-SS_C$			
BC	(b-1)	$_{jk}\Sigma X_{.jk}.^{2}/cr-X....^{2}/abcr$	SS_{BC}/df_{BC}	MS_{BC}/MS_E	$f(\%sig.,df_{BC.},df_E)$
	(c-1)	$-SS_B-SS_C$			
ABC	(a-1)	$_{ijk}\Sigma X_{ijk}.^{2}/cr-X....^{2}/abcr$	SS_{ABC}/df_{ABC}	MS_{ABC}/MS_E	$f(\%sig.,df_{A.BC},df_E)$
	(b-1)	$-SS_A-SS_B-SS_C-SS_{AB}$			
	(c-1)	$-SS_{AC}-SS_{BC}-SS_{ABC}$			
Error	abc(r-1)	by substraction	SS_E/df_E		
Total	abcr-1	$_{i,jkl}\Sigma X_{i,jkl}^{2}/cr-X....^{2}/abcr$			

ค-4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

คิดค่าเฉลี่ยกรณีข้อมูลแบบ Factorial คิดค่าเฉลี่ยสำหรับแต่ละตัวแปรและปฏิสัมพัทธ์ต่างๆ ดังตารางที่ ค-4

ตารางที่ ค-4 การคิดค่าเฉลี่ยสำหรับข้อมูลแบบ Factorial

factor	ค่าเฉลี่ย	R
A	$_{i}\Sigma X_{i}.../R$	bcr
B	$_{j}\Sigma X_{.j}../R$	acr
C	$_{k}\Sigma X_{..k}./R$	abr
AB	$_{ij}\Sigma X_{ij}../R$	cr
AC	$_{ik}\Sigma X_{i.k}./R$	br
BC	$_{jk}\Sigma X_{.jk}./R$	ar
ABC	$_{ijk}\Sigma X_{ijk}./R$	r

วิธีคำนวน

1. เรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากน้อยไปมาก

   คำนวณค่า $S_y = (MS_E/r)^{1/2}$

   r = จำนวนซ้ำ

   กรณีข้อมูลแบบ Factorial r=R ตามตารางที่ ค-4

2. เปิดตารางอ่านค่า Significant Studentized Range (SSR)

   ที่ %Sig. ที่ต้องการตั้งแต่ p=2 ถึง p=n-1 ที่ df_E

   n = จำนวนค่าเฉลี่ยทั้งหมดที่ต้องการเปรียบเทียบ

3. คำนวณค่า LSR = S_y x SSR

4. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่กับค่า LSR ตามค่าของ p

ประวัติผู้เขียน

นางสาว กมลทิพย์ ดำสีนิล เกิดเมื่อ วันที่ 1 กันยายน 2511 ณ. จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (ประมง) ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีพ. ศ. 2532 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2533 ได้รับทุนจากโครงการสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (STDB) ในปีการศึกษา 2533 - 2534

ผลงานทางวิชาการ

1. กมลทิพย์ ดำสีนิล และปราณี อ่านเปรื่อง. 2537. การผลิตน้ำแตงไทยโดยเอนไซม์ตรึงรูป ตอนที่ 1: การเตรียมและสมบัติทางเอนไซม์ของเพคติเนส และเซลลูเลสตรึงรูปบนเม็ดแก้ว. วารสารอาหาร. 24( ):

2. กมลทิพย์ ดำสีนิล และปราณี อ่านเปรื่อง. 2537. การผลิตน้ำแตงไทยโดยเอนไซม์ตรึงรูป ตอนที่ 2: การสกัดน้ำแตงไทยโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพเพคติเนส และเซลลูเลสตรึงรูป. วารสารอาหาร. 24( ):