เอกสารอ้างอิง

สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์, "การศึกษาปริมาณลิโมนินและผลของอากาศในช่องว่างในขวดเก็บของน้ำมะนาวถนอม," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2521.

Albach, R.F., G.H. Redman, and B.J. Lime, "Limonin Content of Juice from Marrs and Hamlin Earyly Orange from South Texas," Citrus Chem. Technol. Conf., Winter Haven, Fla., 11, 1974.

Albach, R.F., G.H. Redman, and B.J. Lime, "Limonin Content of Juice from Marrs and Hamlin Orange [Citrus sinesis (L.) Osbeek]," J. of Agric. and Food Chem., 29, 313-315, 1981.

Anon, "Debittering Citrus Juices," Citograph, 58, 401-404, 1974.

_____, "Breakthrough : A Method for Debittering Navel Juice," Citograph, 67, 35-36, 1981.

_____, Enzymes from Specially Bred Bacteria Neutralise Orange Juice Bitterness," Food Development, 16, 18, 1982.

Barmore, C.R., J.F. Fisher, P.J. Fellers, and R.L. Rouseff, "Reduction of Bitterness and Tartness in Grapefruit Juice with Florisil," J. of Food Sci., 51, 415-416, 1986.

Bennett, R.D., "Acidic Limonoids of Grapefruit Seeds," Phytochemistry, 10, 3065-3068, 1971.

Brewster, L.C., S. Hasegawa, and V.P. Maier, "Prevention of the Formation of Limonin Betterness in Citrus Juice by Limonoate Dehydrogenase Enzymes," Abstracts of Paper, American Chemical Society, 167, AGFD 16, 1974.

Brewster, L.C., S. Hasegawa, and V.P. Maier, "Bitterness Prevention in Citrus Juice. Comparative Activities and Stabilities of The Limonoate Dehydrogenase from Pseudomonas and A. globiformis," J. of Agric. and Food Chem., 24, 21-24, 1976.

Bruemmer, J.H., "Relationship of Citrus Enzymes to Jucie Quality," [Lecture] ACS Symposium Series, 143, 151-166, 1980.

Chandler, B.V., "Some Solubility Relationships of Limonin. Their Importance in Orange Juice Bitterness," CSIRO Food Res. Q., 31, 36-40, 1971.

_____, and G.L. Robertson, "Effect of Pectiv Enzymes on Cloud Stability and Soluble Limonin Concentration in stored Orange Juice," J. Sci. Food Agric., 34, 599-611, 1983.

_____, "The Solubility of Limonin The Bitter Principle of Orange Juice," J. Sci. Food Agric., 34, 68-71, 1983.

_____, and J.F. Kefford, and G. Ziemelis, "Removal of Limonin from Bitter Orange Juice," J. Sci. Food Agric., 19, 83-86, 1968.

_____, and R.L. Johnson, Australia, "Contacting Citrus Juice with Cellulose Ester Adsorbent to Romove Limonin," United States Patent, 3,989,584, 1974.

_____, "Cellulose Acetate As A Selective Sorbent for Limonin in Orange Juice," J. Sci. Food Agric., 28, 875-844, 1977.

_____, "New Sorbent Gel Forms of Cellulose Esters for Debittering Citrus Juices," J. Sci. Food Agric., 30, 825-832, 1979.

Chibata, I., Immobilized Enzyme Research and Development, A Halsted Press Book, John Wiley and Son, New York, London, 1978.

_____, "Production of Useful Chemical Using Cells Immobilized with Polyacrylamide and Carrageenan," Enzyme Eng., 5, 393-400, 1980.

_____, and L.B. Wingard, Jr., Applied Biochemistry and Bioengineering. (Wingard, Jr., L.B., L. Goldstein, and E. Katchalski-Katzier, eds.), pp. 1-18, Academis Press, New York, 4, 1983.

Griffiths, F.P., "Process for Reactivating Polyamide Resin Used in Debittering Citrus Juices," U.S. Pat., 3,463,763, 1969.

Guadagni, D.G., V.P. Maier, and J.G. Turnbaugh, "Some Factors Affecting Sensory Thresholds and Relative Bitterness of Limonin and Naringin," J. Sci. Food Agric., 25, 1199-1205, 1974 A.

_____, "Effect of Neodiosmin on Threshold and Bitterness of Limonin in Water and Orange Juice," J. Food Sci., 41, 681-684, 1976.

Hasegawa, S., "Metabolism of Limonoids. Limonin D-ring Lactone Hydrolase Activity in Pseudomonas," J. Agric. Food Chem., 24, 24-26, 1976.

_____, "Strain of Corynebacterium fascians and Use There of To Reduce Limonoid Bitterness in Citrus Products," U.S. Patent, 4,447,456, 1984.

_____, and A.D. King Jr., "A Species of Bacterium-Producing Constitutive Enzyems for Limonoid Metabolism," J. Agric. Food Chem., 31, 807-809, 1983.

_____, C.E. Vandercook, G.Y. Choi, Z. Herman, and P. Ou, "Limonoid Debittering of Citrus Juice Sera by Immobilzied Cells of Corynebacterium fascians," J. Food Sci., 50, 330-332, 1985.

_____, L.C. Brewster, and V.P. Maier, "Use of Limonoate Dehydrogenase of A. globiformis for The Prevention or Removal of Limonin Bitterness in Citrus Products," J. of Food Sci., 38, 1153-1155, 1973.

_____, S., M.N. Patel, and R.C. Snyder, "Reduction of Limonin in Navel Orange Juice Serum with Bacterial Cell Immobilized in Acrylamide Gel," J. Agric. Food Chem., 30, 509-511, 1982.

_____, and R.D. Bennett, "Metabolism of Limonoate Via A Trans-19-hydroxyobacunoate Pathway," J. Agric. Food Chem., 31, 805-807, 1983.

_____, Unpublished data. Fruit and Vegetable Chem. Lab., ARS, USDA, Pasadena, Calif.

_____, R.D. Bennett, and V.P. Maier, "Metabolism of Limonin and Limonoate by Microorganisms : The Conversion to Nonbitter Compounds," J. Agric. Food Chem., 20, 435-439, 1972 A.

_____, and A.D.,Jr. King, "Limonoate Dehydrogenase from Arthrobacter globiformis," J. Agric. Food Chem., 20, 1031-1034, 1972.B.

_____, and V.A. Pelton, "Reduction of Nomilin Bitterness in Citrus and Juice Serum with A. globiformis Cell Immobilized in Acrylamide Gel.," J. Agric. Food Chem., 31, 178-180, 1983.

_____, V.A. Pelton, and R.D. Bennett, "Metabolism of Limonoid by A. globiformis II : Basis for A Practical Means of Reducing The Limonin Content of Orange Juice by Immobilzied Cells," J. Agric. Food Chem., 31, 1002-1004, 1983.

_____, and V.P. Maier, "Approaches to The Limonin Bitterness in Citrus Juice, [Lecture] International Congress of Food Sci., & Tech. Abstracts, 235, 1978.

_____, "Solution to The Limonin Bitterness Problem Juices," Food Tech., 37, 73-77, 1983.

_____, V.P. Maier, S.N. Border, and R.D. Bennett, "Metabolism of Limonoid Isolation and Characterization of Deoxylimonin Hydrolase from Pseudomonas," J. Agric. Food Chem., 22, 1093-1096, 1974 B.

Hashinaga, F., K. Toyofuku, and S. Itoo, "[Screening of Some Microorganism Producing Limonoid-Degrading Enzyme Used for Debittering Citrus Juic]," Bullentin of The Faculty of Agric., Dagoshiwa University, 34, 39-43, 1984.

Heikal, H.A., F.A. El-Wakeil, O. Foda, and H. Ashmayl, "Preservation of Lemon Juice," Agricultural Research Review, U.A.R. 4, 68-85, 1964.

_____, M.H. El-saidawi, A. Mansour, and F. Wakeil, "Improvement in The Processing and Preservation of Lemon Juice," Agricultural Research Review, U.A.R. 45, 100-114, 1967.

Johnson, R.L., "The Reactivation of 'Exhausted' Cellulose Acetate Gel Beads Used Commercially for Debittering Orange Juice," J. Sci. Food Agric., 32, 608-612, 1981.

_____, "Effect of Cellulose Acetate Gel Bead Column Treatment on The Acceptability and Composition of Navel Orange Juice," J. Sci. Food Agric., 33, 1042-1048, 1982.

_____, and B.V. Chandler,""Reduction of Bitterness and Acidity in Grapefruit Juice by Adsorptive Processes," J. Sci. Food Agric., 33, 287-293, 1982.

_____, "Ion Exchange and Adsorbent for Removal of Acid and Bitter Principle from Citrus Juice," J. Sci. Food Agric., 36, 480-484, 1985.

Kefford, J.F., and B.V. Chandler, "Influence of Rootstocks on The Composition of Orange with Special Reference to The Bitter Principles. Aust. J. Agric. Res., 12, 56-68, 1961.

_____, "The Chemical Constituents of Citrus Fruits," Advances in Food Research., Supplement 2, C.O. Chichester (Mrak, E.M., and G.F. Stewart, eds.) Academic Press, New York, 1970.

Kimball, D.A., "Debittering of Citrus Juice Using Supercritical CO_2," J. Food Sci., 52, 481-482, 1987.

Klein, J., and F. Wagner, "Immobilization of Whole Microbial Cells for The Production of 6-Aminopenicillanic Acid," Enzyme Eng., 5, 335-345, 1980.

_____, "Methods for The Immobilization of Microbial Cells," Immobilized Microbial Cells (Chibata, I. and L.B. Wingard, eds.), pp. 12-46, Academic press, London, 1983.

Klibanov, A.M., "Stabilization of Enzyme Against Thermal Inactivation," Advance in Applied Microbiology (Laskin, A.I., ed.) Vol. 29, pp. 1-28, Academic Press Inc., New York, 1983.

Kono, A., M. Misaki, J. Toda, T. Wada, and K. Yasumatsu, "Bitterness Reduction of Naringin and Limonin by β-Cyclodextrin," Agric. and Biological Chem., 46, 2203-2208, 1983.

Konno, A., M. Miyawaki, M. Misaki, and K. Yasumatsu, "Bitterness Reduction of Citrus Fruit by β-Cyclodextrin," Agric. and Biological Chem., 45, 2341-2342, 1987.

Levi, A., et al., "The Bitter Principle in Shamouti Orange Juice 1. Sesonal Changes and Distributuion in Different Parts of The Fruit," Lebensm Wiss Technol., 7, 234-235, 1974.

Maier, V.P., L.C. Brewster, and A.C. HSU, "Development of Methods for Producing Nonbitter Navel Orange Juice, Citrograph., 56, 351, 373-375, 1971.

_____, "Ethylene-Accelerated Limonoid Metabolism in Citrus Fruits : A Process for Reducing Juice Bitterness," J. Agric. Food Chem., 21, 490-495, 1973.

_____, R.D. Bennett, and S. Hasegawa, "Limonin and Other Limonoids," Citrus Sci. and Techn. (Nagy, S., P.E. Shwaw, and M.K. Veldnuis, eds.), 1, pp. 355-391, The AVI Publishing Co., Westsport, Conn., 1977.

_____, S. Hasegawa, R.D. Bennett, and L.C. Echol, "Limonin and Limonoids Chemistry, Biochemistry and Juice Bitterness," [Lecture] ACS Symposium Series, 143, 63-82, 1980.

Marsh, G.L., "Bitterness in Navel Orange Juice," J. Food Sci., 7, 145-150, 1953.

Mc Colloch, R.J., "Preliminary Studies on Debittering Navel Orange Products,"Calif. Citrog., 35, 290-292, 1950.

Misawa, Y., M. Matsubara, and N. Doi, "Limonoid Decomposing Enzymes," Japan Pat. 46,916, 1972.

Neter, J., and W. Wasserman, "Multifactor Analysis of Variance," Applied Linear Statistical Models, R.D. Irwin, Inc., Homewood, IL, 549,668, 1974.

Nicol, K.J., and B.V. Chandler, "The Extraction of The Enzyme Degrading The Limonin Precursor in Citrus Albedo," J. Sci. Food Agric., 29, 795-802, 1978.

Nilsson, K., S. Birnbaum, S. Flygare, L. Linse, U. Schroder, U. Jeppsson, P.O. Larsson, K. Mosbach, and P. Brodelius, "A General Method for The Immobilization of Cells with Preserved Viability," Eur. J. Appl. Microbiol., 17, 319-326, 1983.

Nishida, Y., T. Sato, T. Tosa, and I. Chibata, Enzyme Microbial., Technol., 1, 95, 1979. (Cited in Vandamme, 1980)

Nisperos, M.O., and G.L. Robertson, "Removal of Naringin and Limonin from Grapefruit Juice Using Polyvinylpyrrolidone," Philippin Agriculturist, 65, 275-282, 1982.

Pearson, D., "Fruit and Vegetable Products," The Chemical Analysis of Food, 5, p. 161, 183, Longman Group Limited, 1976.

Rangana, S., Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Ltd., New Delhi, 1977.

Rockland, L.B., E.A. Beavenus, and J.E. Underwood, "Debittering of Citrus Fruits," U.S. Pat. 2,816,835, Dec. 17, 1957.

Rodrigo, M.I., and A. Casas, "[Factors Influencing The Limonin Precursor Content in W. Navel Oranges III. Effect of The Position of the Fruit on The tree]," Revista de Agroquimicay Technologia de Alimentos, 22, 441-449, 1982.

Rodrigo, M.I., A. Casas, and D. Mallent "[Factor Affecting The Limonin Precursor Content in W. Navel II. Influence of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilization]," Revista de Agroquimicay Technologia de Alimentos, 18, 193-198, 1978.

Rouseff, R.L., R.L. Mansell, "Comparison of HPLC and RIA Limonin Values from Commercial Grapefruit Juice," Proceeding of The Florida State Hortic.Society, 95, 249-252, 1982.

Sakamoto, K., A. Inove, M. Iyama, "[Effects of High Temperature Storage on The Content of Limonin and Nomilin in Navel Orange and Hassaku]," Bulletin of Hiroshiwa Prefectural Food, 17, 41-44, 1985.

Scott, W.C., "Limonin in Florida Citrus Fruits," Proc. Fla. State Hortic. Soc., 83, 270-277, 1970.

Shaw, P.E., and B.S. Buslig, "Selective Removal of Bitter Compounds from Grapefruit Juice and Form Aqueous Solution with Cyclodextrin Polymer and with Amberlite XAD-4," J. Agric. Food Chem., 34, 839-840, 1986.

_____, and C.W. Wilson, III, "Debittering Citrus Juice with β-Cyclodextrin Polymer," J. Food Sci., 48, 646-647, 1983.

_____, J. H. Tatum, and C.W. Wilson, III, "Improved Flavor of Navel Orange and Grapefruit Juice by Removal of Bitter Component with β-Cyclodextrin Polymer," J. Agric. Food Chem., 32, 832-836, 1984.

Sodial, "[Treatment of Fruit Juice and Vegetable in Order to Eliminate Their Bitterness]," French Pat. Application, 2,442,578, 1980.

Tarig, A.M., M.S. Chaudhry, and M.J. Qureshi, "Effect of Processing a and Storage on The Devlopment of Bitterness in The Orange Juice," Pakistan J. of Sci. and Industrial Research, 17, 27-28. 1944.

Tosa, T., T. Sato, T. Mori, and I. Chibata, Appl. Microbiol., 27, 886, 1974, (Cited in Chibata, I., 1980).

Toyo S. KK. "[Citrus Juice]," Japanese Examined Pat., JP 5,714,830 B_2, 1982.

Trifiro, A., S. Gherardi, B. Bigliardi, and R. Harini, "[Limonin Orange Juice from The Italian Variety Sanguinello]," Industria Conserve, 58, 1983.

Vaks, B., and A. Lifshitz, "Debittering of Orange Juice by Bacteria which Degrade Limonin," J. Agric. Food Chem., 29, 1258-1261, 1981.

Wilson, K.W., and C.A. Crutchfield, "Spectrophotometric Determination of Limonin in Orange Juice," J. Agric. Food Chem., 16, 118-124, 1968.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การวัดแอคติวิตีของเอนไซม์ของเซลล์อิสระและจุลินทรีย์ตรึงรูป

สับสเตรทที่ใช้สำหรับเอนไซม์นี้คือ สารลิโมนินในน้ำมะนาว ปริมาณลิโมนินทั้งหมดในน้ำมะนาว จัดเป็นปริมาณสับสเตรทเริ่มต้น ปริมาณลิโมนินในน้ำมะนาวที่ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์แล้ว จัดเป็นปริมาณสับสเตรทที่เหลืออยู่ คำนวณค่าแอคติวิตีได้ในรูปของร้อยละของปริมาณลิโมนินที่ลดลง

กรณีเซลล์อิสระหยุดปฏิกิริยาโดยนำน้ำมะนาวที่ทำปฏิกิริยากับเซลล์ตามระยะเวลาที่กำหนด ต้มในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที กรองเซลล์ออก แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณลิโมนิน ส่วนกรณีจุลินทรีย์ตรึงรูปจะกรองเซลล์ออกจากน้ำมะนาวทันทีหลังจากทำปฏิกิริยาตามระยะเวลาที่กำหนด แล้วเติมคลอโรฟอร์มลงในน้ำมะนาวทันที แล้ววิเคราะห์หาปริมาณลิโมนินต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีทำกราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณลิโมนิน

ชั่งสารลิโมนินบริสุทธิ์ 0.0022 กรัม เติมสารละลายคลอโรฟอร์ม 22 มิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายนี้มาดังนี้

0.1 มิลลิลิตร	+	คลอโรฟอร์ม 9.9 มิลลิลิตร	=	ลิโมนิน	10	ไมโครกรัม
0.2 มิลลิลิตร	+	คลอโรฟอร์ม 9.8 มิลลิลิตร	=	ลิโมนิน	20	ไมโครกรัม
0.3 มิลลิลิตร	+	คลอโรฟอร์ม 9.7 มิลลิลิตร	=	ลิโมนิน	30	ไมโครกรัม
0.4 มิลลิลิตร	+	คลอโรฟอร์ม 9.6 มิลลิลิตร	=	ลิโมนิน	40	ไมโครกรัม
0.5 มิลลิลิตร	+	คลอโรฟอร์ม 9.5 มิลลิลิตร	=	ลิโมนิน	50	ไมโครกรัม
0.6 มิลลิลิตร	+	คลอโรฟอร์ม 9.4 มิลลิลิตร	=	ลิโมนิน	60	ไมโครกรัม
0.7 มิลลิลิตร	+	คลอโรฟอร์ม 9.3 มิลลิลิตร	=	ลิโมนิน	70	ไมโครกรัม
0.8 มิลลิลิตร	+	คลอโรฟอร์ม 9.2 มิลลิลิตร	=	ลิโมนิน	80	ไมโครกรัม
0.9 มิลลิลิตร	+	คลอโรฟอร์ม 9.1 มิลลิลิตร	=	ลิโมนิน	90	ไมโครกรัม
1.0 มิลลิลิตร	+	คลอโรฟอร์ม 9.0 มิลลิลิตร	=	ลิโมนิน	100	ไมโครกรัม

ปิเปตสารละลายดังกล่าวมาตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร เติมคลอโรฟอร์มตัวอย่างละ 9 มิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายนี้มาตัวอย่างละ 3 มิลลิลิตร เติม reagent* 4.5 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่อง vertex mixer ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จากนั้นปิเปตสารลละายมีสีชั้นบนนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 503 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้คูณด้วยแฟคเตอร์ 10

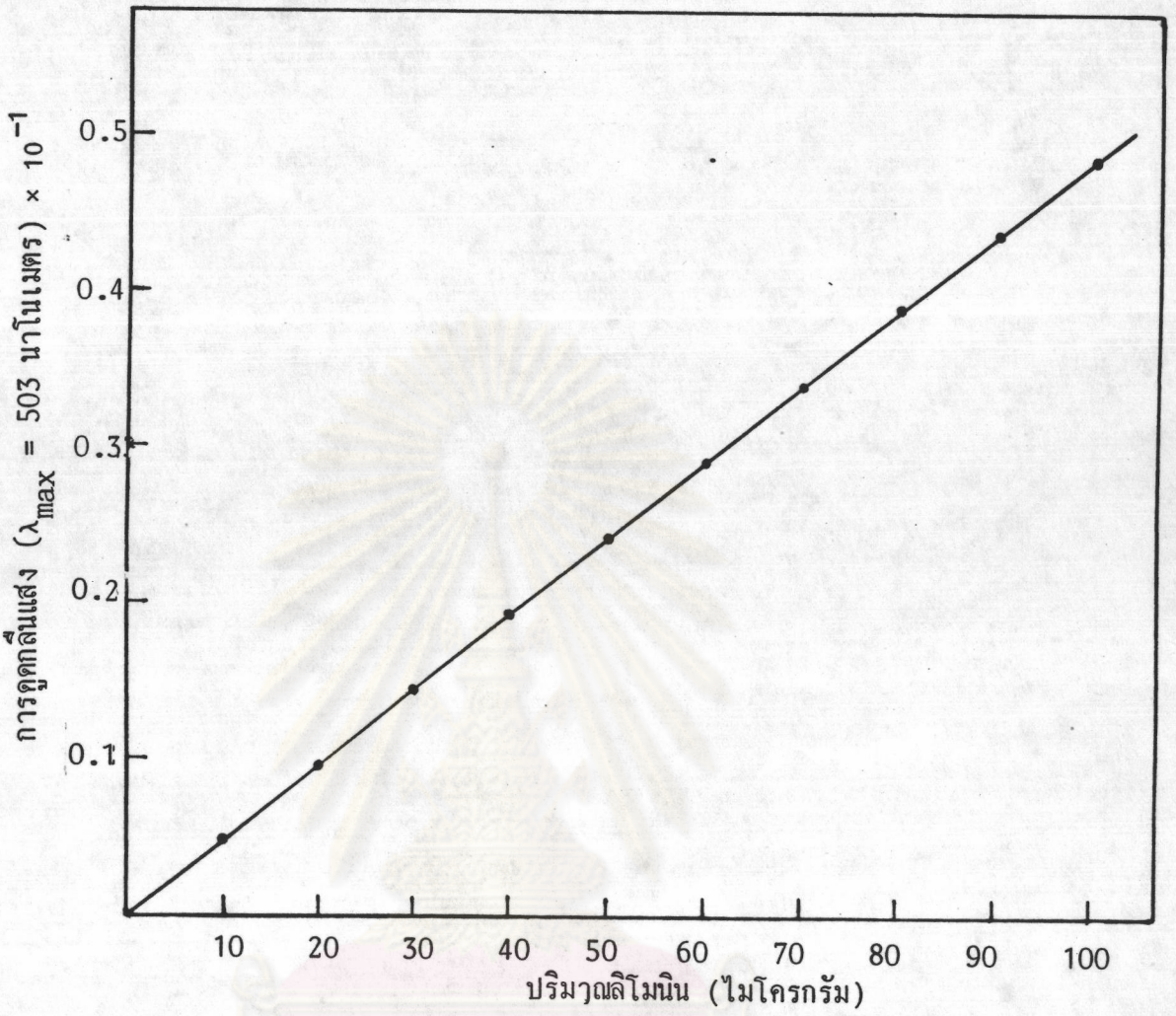
reagent* ประกอบด้วย

1. 0.1 gm. of 4-(dimethylamino) benzaldehyde
2. 3.0 ml of acetic acid
3. 2.4 ml of 70% perchloric acid

กราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณลิโมนิน

ปริมาณลิโมนิน (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง			
	ครั้งที่ 1 ($\times 10^{-1}$)	ครั้งที่ 2 ($\times 10^{-1}$)	ค่าเฉลี่ย ($\times 10^{-1}$)	$Y = ax = 4.8352 \times 10^{-2} X$
100	0.532	0.530	0.5310	4.8352
90	0.430	0.431	0.4305	4.3517
80	0.406	0.405	0.4055	3.8682
70	0.356	0.353	0.3545	3.3846
60	0.304	0.305	0.3045	2.9011
50	0.270	0.269	0.2695	2.4176
40	0.214	0.212	0.2130	1.9341
30	0.179	0.178	0.1785	1.4501
20	0.102	0.118	0.1190	0.9670
10	0.062	0.060	0.0610	0.4835

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1 กราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณลิโมนิน

$Y = ax + b$, Y = ค่าการดูดกลืนแสง

X = ปริมาณลิโมนิน (ไมโครกรัม)

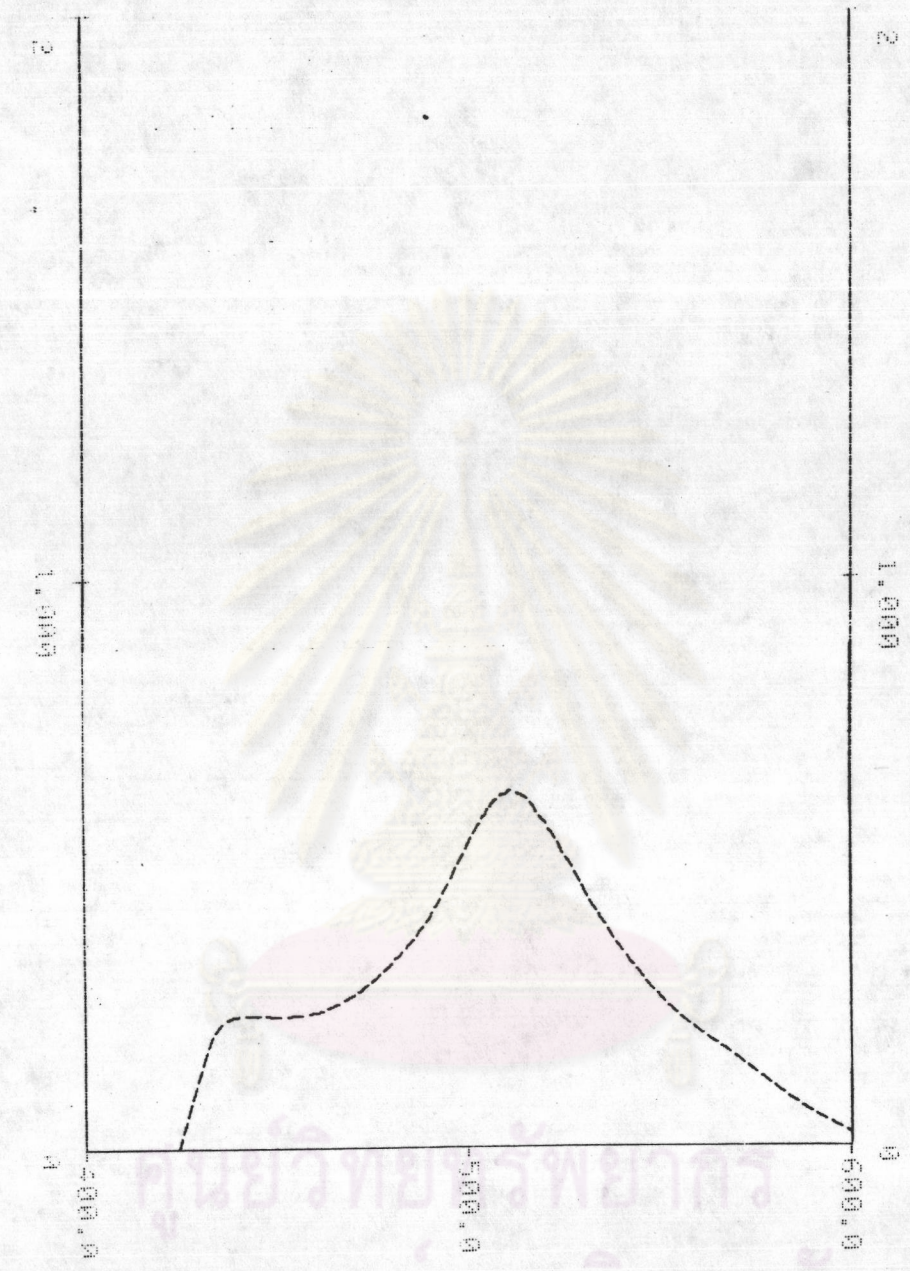
$$a = \frac{n\left(\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i\right) - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n} Y_i\right)}{\left(n\sum_{i=1}^{n} X_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2} = 4.8352 \times 10^{-2}$$

$b = Y - aX = 0.02235$

$Y = 4.8352 \times 10^{-2} X + 0.02235$

Assume ว่ากราฟผ่านจุดกำเนิด ฉะนั้นตัดค่า b ทิ้ง จะได้สมการดังนี้

$Y = 4.8352 \times 10^{-2} X$



รูปที่ 2 สเปคตรัม การเกิดสีในการวิเคราะห์หาปริมาณลิโมนินด้วยวิธีสเปคโตรโฟโตเมตริค

ตารางที่ 1 ศึกษาสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวถนอม

รายการ		A	B
1. กลิ่น			
- กลิ่นมะนาวสดปกติ	4 คะแนน		
- กลิ่นมะนาวสดน้อยลง	3 คะแนน		
- มีกลิ่นแปลกปลอมเล็กน้อย (เช่นกลิ่นหมักดอง)	2 คะแนน		
- มีกลิ่นแปลกปลอมมาก (เช่นกลิ่นหมักดอง)	1 คะแนน		
2. รส			
- รสมะนาวปกติ	4 คะแนน		
- รสมะนาวน้อยลง	3 คะแนน		
- มีรสแปลกปลอมเล็กน้อย	2 คะแนน		
- มีรสแปลกปลอมหรือรสขมมาก	1 คะแนน		
3. การยอมรับรวม			
- ยอมรับมาก	5 คะแนน		
- ยอมรับปานกลาง	4 คะแนน		
- ยอมรับเล็กน้อย	3 คะแนน		
- เฉย ๆ	2 คะแนน		
- ไม่ยอมรับ	1 คะแนน		

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาผลของระดับ pH ต่อแอคติวิตีของเซลล์อิสระ ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 9

pH	ร้อยละของปริมาณลิโมนินที่ลดลง
2.2	0.00
4.0	19.03[a]
5.0	53.29[b]
5.5	54.59[b]
6.0	54.98[b]
7.0	39.82[c]
8.0	27.85[d]
10.0	0.00

หมายเหตุ : a,b,c,d ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อแอคติวิตีของเซลล์อิสระ ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละของปริมาณลิโมนินที่ลดลง
8-10	37.40[a]
25-28	56.65[b]
35	52.45[c]
50	29.30[d]
60	20.93[e]
70	16.96[f]

หมายเหตุ : a,b,c,d,e,f ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการหาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากับน้ำมะนาว ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

น้ำหนักเซลล์ที่ใช้ทำปฏิกิริยา (กรัม)	ร้อยละของปริมาณลิโมนินที่ลดลง
0.03	12.93^{a}
0.05	20.38^{b}
0.10	29.76^{c}
0.15	41.29^{d}
0.20	45.00^{e}
0.30	48.20^{f}
0.40	57.35^{g}
0.50	58.28^{gh}
0.60	59.57^{h}

หมายเหตุ : a,b,c,d,e,f,g,h ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาของเซลล์อิสระ ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (ชั่วโมง)	ร้อยละของปริมาณลิโมนินที่ลดลง
0.5	36.39^{a}
1.0	42.03^{b}
1.5	54.87^{c}
2.0	65.15^{d}
2.5	66.87^{de}
3.0	67.80^{e}

หมายเหตุ : a,b,c,d,e ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตารางที่ 5 แอคติวิตีสัมพัทธ์ของเซลล์จุลินทรีย์ที่เก็บในสารละลายโปแตสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1 โมลาร์ ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บต่าง ๆ

ระยะเวลาที่เก็บ (วัน)	เปอร์เซ็นต์แอคติวิตีสัมพัทธ์	
	อุณหภูมิที่เก็บ (องศาเซลเซียส	
	8-10	อุณหภูมิห้อง
0	100.00	100.00
3	99.57	99.14
5	99.58	99.25
7	99.49	99.25
10	99.44	98.89
15	99.44	98.91
20	98.42	97.93
30	94.01	88.19
40	91.23	81.07
50	86.87	63.74
60	87.16	50.48
70	79.99	43.44
80	72.78	18.57

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการหาความเข้มข้นของแคปปา-คาร์ราจีแนน และโปแตสเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการตรึงรูปเซลล์จุลินทรีย์ด้วยวิธีวาเรียนซ์แบบสุ่มตลอด

SOV	df	SS	MS	F
A	4	229.24	57.31	3786.19*
B	3	0.11	3.65×10^{-2}	2.41
AB	12	7.72×10^{-2}	6.43×10^{-3}	0.43
Error	20	0.30	1.52×10^{-2}	

A = ความเข้มข้นของแคปปา-คาร์ราจีแนน

B = ความเข้มข้นของโปแตสเซียมคลอไรด์

* = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการหาความเข้มข้นของกลูตารัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นของแคปปา-คาร์จีแนนร้อยละ 1.5 และ 2.0 ที่เหมาะสมในการเตรียมจุลินทรีย์ตรึงรูปด้วยวิธีวาเรียนซ์แบบสุ่มตลอด

SOV	df	SS	MS	f
A	1	3.64×10^{-2}	3.64×10^{-2}	3.159
B	2	6.96×10^{-2}	3.48×10^{-2}	3.021
AB	2	3.17×10^{-3}	1.59×10^{-3}	0.138
Error	6	0.069	0.012	

A = ความเข้มข้นของแคปปา-คาร์ราจีแนน

B = ความเข้มข้นของกลูตารัลดีไฮด์

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาผลของระดับ pH ต่อแอคติวิตีของจุลินทรีย์ตรึงรูปด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

pH	ร้อยละของปริมาณลิโมนินที่ลดลง
2.2	18.62[a]
3.5	19.72[a]
4.0	26.55[b]
4.5	26.95[b]
5.0	26.09[b]
6.0	20.09[a]
7.0	19.08[a]
9.0	10.07[c]
11.0	7.62[d]
13.0	4.39[e]

หมายเหตุ : a,b,c,d,e ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อแอคติวิตีของจุลินทรีย์ตรึงรูปด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (องศาเซลเซียส)	ร้อยละของปริมาณลิโมนินที่ลดลง
10	12.99[a]
20	20.00[b]
28	28.01[c]
35	26.65[c]
45	24.31[d]
55	20.16[b]
65	15.77[d]
70	8.37[e]
80	5.26[f]

หมายเหตุ : a,b,c,d,e,f ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ตรึงรูป ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (ชั่วโมง)	ร้อยละของปริมาณลิโมนินที่ลดลง
0.5	15.39^{a}
1.0	18.09^{b}
1.5	27.63^{c}
2.0	38.21^{d}
2.5	40.91^{e}
3.0	41.63^{e}

หมายเหตุ : a,b,c,d,e ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 แอคติวิตีสัมพัทธ์ของจุลินทรีย์ตรึงรูปที่เก็บในสารละลายโปแตสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1 โมลาร์ ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บต่าง ๆ

ระยะเวลาที่เก็บ (วัน)	เปอร์เซ็นต์แอคติวิตีสัมพัทธ์	
	อุณหภูมิที่เก็บ (องศาเซลเซียส)	
	อุณหภูมิห้อง	8-10
0	100.00	100.00
3	99.93	100.00
5	99.78	100.00
7	99.72	99.95
10	99.87	99.86
15	99.65	99.98
20	98.84	99.89
30	91.98	99.41
40	87.65	98.72
50	79.21	99.01
60	63.72	97.63
70	64.87	98.01
80	54.83	98.95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ปริมาณวิตามินซีและกรดซิตริกของน้ำมะนาวที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลดความขม ที่ pH ต่าง ๆ

pH	ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)		ปริมาณกรดซิตริก (%)	
	A	B	A	B
2.2	40.88	28.30	7.20	3.82
3.5	38.36	27.67	6.88	3.95
4.0	35.02	25.77	6.54	3.46
5.0	28.90	16.98	5.88	3.17
6.0	24.53	13.21	0.49	0.28
7.0	15.09	7.55	0.13	0.065
9.0	0	0	0	0
12.0	0	0	0	0

A = น้ำมะนาวที่ไม่ผ่านกระบวนการลดความขมโดยจุลินทรีย์ตรึงรูป

B = น้ำมะนาวที่ผ่านกระบวนการลดความขมโดยจุลินทรีย์ตรึงรูป

ตารางที่ 13 ปริมาณวิตามินซีและกรดซิตริกของน้ำมะนาวที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลดความขม ที่ pH 2.2, ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)		ปริมาณกรดซิตริก (%)	
	A	B	A	B
10	40.77	27.82	7.06	3.91
28	39.81	24.94	7.22	3.85
35	32.61	23.98	7.19	3.85
45	26.86	20.14	7.45	3.85
55	15.83	10.70	7.60	3.82
70	4.70	2.39	8.16	3.95

A = น้ำมะนาวที่ไม่ผ่านกระบวนการลดความขมโดยจุลินทรีย์ตรึงรูป

B = น้ำมะนาวที่ผ่านกระบวนการลดความขมโดยจุลินทรีย์ตรึงรูป

ตารางที่ 14 ปริมาณวิตามินซีและกรดซิตริกของน้ำมะนาวที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลดความขม ที่ pH 4.0, ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)		ปริมาณกรดซิตริก (%)	
	A	B	A	B
10	37.40	25.42	6.68	3.67
28	33.57	23.50	6.82	3.65
35	29.26	22.54	7.02	3.72
45	22.06	17.78	6.80	3.70
55	12.95	8.63	6.89	3.72
70	1.92	0.48	7.68	3.85

A = น้ำมะนาวที่ไม่ผ่านกระบวนการลดความขมโดยจุลินทรีย์ตรึงรูป

B = น้ำมะนาวที่ผ่านกระบวนการลดความขมโดยจุลินทรีย์ตรึงรูป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวอัจฉรา ปิติปัญญากุล เกิดที่จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร-บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2529 งานวิจัยระดับปริญญาตรีได้ทดลองผลิต Cheddar Cheese จากนมพาสเจอร์ไรส์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย