รายการอ้างอิง

[1] Van Bogaert, I.N.A., Zhang, J., and Soetaert, W. Microbial synthesis of sophorolipids. Process Biochemistry 46(4) (2011): 821-833.

[2] Najafi, A.R., et al. Interactive optimization of biosurfactant production by Paenibacillus alvei ARN63 isolated from an iranian oil well. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 82(1) (2011): 33-39.

[3] Gong, G., et al. Enhanced production of surfactin by Bacillus subtilis E8 mutant obtained by ion beam implantation. Food technology and biotechnology 47(1) (2009): 27.

[4] Kim, Y.-B., Yun, H.S., and Kim, E.-K. Enhanced sophorolipid production by feeding-rate-controlled fed-batch culture. Bioresource Technology 100(23) (2009): 6028-6032.

[5] เชียงอุทัย, ธ. การผลิตและลักษณะสมบัติของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากยีสต์ที่คัดเลือกได้. ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

[6] ศิริเรืองสกุล, พ. การเสริมการผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพใน *Pichia anomala* PY1 โดยการกลายพันธุ์. ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

[7] ปั้นรัตน์, ท. การผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพโดย Pichia anomala สายพันธุ์ MUE24. ปริญญาบัณฑิต, ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

[8] ศรีรอต, ก. and ปิยะจอมขวัญ, ก. เทคโนโลยีของแป้ง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.

[9] Nitschke, M. and Costa, S.G.V.A.O. Biosurfactants in food industry. Trends in Food Science & Technology 18(5) (2007): 252-259.

[10] Mulligan, C.N. and Gibbs, B.F. Types, production and applications of biosurfactants. Proceedings-Indian National Science Academy Part B 70(1) (2004): 31-56.

[11] Desai, J.D. and Banat, I.M. Microbial production of surfactants and their commercial potential. Microbiology and molecular Biology reviews 61(1) (1997): 47-64.

[12] Gillman, L.B. A review of instruments for static and dynamic surface and interfacial tension measurement. in the seminar by Kruss Gmtt and sciencetific promotion Co., Ltd. Indra Regent Hotel, BKK. Thailand, 1993.

[13] Saharan, B., Sahu, R., and Sharma, D. A Review on Biosurfactants: Fermentation, Current Developments and Perspectives. Genetic Engineering & Biotechnology Journal 2011 (2011).

[14] Al-Tahhan, R.A., Sandrin, T.R., Bodour, A.A., and Maier, R.M. Rhamnolipid-induced removal of lipopolysaccharide from Pseudomonas aeruginosa: effect on cell surface

2227250O8

properties and interaction with hydrophobic substrates. Applied and environmental microbiology 66(8) (2000): 3262-3268.

[15]Sekelsky, A.M. and Shreve, G.S. Kinetic model of biosurfactant-enhanced hexadecane biodegradation by Pseudomonas aeruginosa. Biotechnology and bioengineering 63(4) (1999): 401-409.

[16]Van Bogaert, I.N., Saerens, K., De Muynck, C., Develter, D., Soetaert, W., and Vandamme, E.J. Microbial production and application of sophorolipids. Applied microbiology and biotechnology 76(1) (2007): 23-34.

[17]Kosaric, N. and Sukan, F.V. Biosurfactants: Production: Properties: Applications. CRC Press, 1993.

[18]Mulligan, C.N. Environmental applications for biosurfactants. Environmental pollution 133(2) (2005): 183-198.

[19]Gerson, D.F. The biophysics of microbial surfactants: growth on insoluble substrates. Surfactant Science Series (1993): 269-269.

[20]ลีลาพรพิสิฐ, พ. เครื่องสำอางสำหรับผิวหนัง. กรุงเทพมหานคร: โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, 2551.

[21]Patel, R. and Desai, A. Biosurfactant production by Pseudomonas aeruginosaGS3 from molasses. Letters in Applied Microbiology 25(2) (1997): 91-94.

[22]Shepherd, R., Rockey, J., Sutherland, I.W., and Roller, S. Novel bioemulsifiers from microorganisms for use in foods. Journal of Biotechnology 40(3) (1995): 207-217.

[23]Morikawa, M., Daido, H., Takao, T., Murata, S., Shimonishi, Y., and Imanaka, T. A new lipopeptide biosurfactant produced by Arthrobacter sp. strain MIS38. J Bacteriol 175(20) (1993): 6459-66.

[24]Kim, H.-S., Jeon, J.-W., Kim, S.-B., Oh, H.-M., Kwon, T.-J., and Yoon, B.-D. Surface and physico-chemical properties of a glycolipid biosurfactant, mannosylerythritol lipid, from Candida antarctica. Biotechnology letters 24(19) (2002): 1637-1641.

[25]Skoog, D.A., West, D.M., and Holler, F.J. Analytical chemistry. Holt, Rinehart and Winston New York, NY, 1979.

[26]Zinjarde, S.S. and Pant, A. Emulsifier from a tropical marine yeast, yarrowia lipolytica NCIM 3589. J Basic Microbiol 42(1) (2002): 67-73.

[27]Sarubbo, L.A., do Carmo Marçal, M., Neves, M.L.C., Maria da Paz, C.S., Porto, L.F., and Campos-Takaki, G.M. Bioemulsifier production in batch culture using glucose as carbon source by Candida lipolytica. Applied biochemistry and biotechnology 95(1) (2001): 59-67.

[28]Lukondeh, T., Ashbolt, N.J., and Rogers, P.L. Evaluation of Kluyveromyces marxianus as a source of yeast autolysates. J Ind Microbiol Biotechnol 30(1) (2003): 52-6.

2227250008

[29]Kitamoto, D., et al. Microbial conversion of n-alkanes into glycolipid biosurfactants, mannosylerythritol lipids, by Pseudozyma (Candida antarctica). Biotechnology letters 23(20) (2001): 1709-1714.

[30]Cavalero, D.A. and Cooper, D.G. The effect of medium composition on the structure and physical state of sophorolipids produced by Candida bombicola ATCC 22214. J Biotechnol 103(1) (2003): 31-41.

[31]Casas, J. and Garcia-Ochoa, F. Sophorolipid production by< i> Candida bombicola</i>: Medium composition and culture methods. Journal of bioscience and bioengineering 88(5) (1999): 488-494.

[32]Deshpande, M. and Daniels, L. Evaluation of sophorolipid biosurfactant production by< i> Candida bombicola</i> using animal fat. Bioresource Technology 54(2) (1995): 143-150.

[33]Adamczak, M. and odzimierz Bednarski, W. Influence of medium composition and aeration on the synthesis of biosurfactants produced by Candida antarctica. Biotechnology letters 22(4) (2000): 313-316.

[34]Hu, Y. and Ju, L.-K. Sophorolipid production from different lipid precursors observed with LC-MS. Enzyme and Microbial Technology 29(10) (2001): 593-601.

[35]Banat, I.M., Makkar, R.S., and Cameotra, S. Potential commercial applications of microbial surfactants. Applied microbiology and biotechnology 53(5) (2000): 495-508.

[36]Volkering, F., Breure, A., and Rulkens, W. Microbiological aspects of surfactant use for biological soil remediation. Biodegradation 8(6) (1997): 401-417.

[37]Banat, I.M., et al. Microbial biosurfactants production, applications and future potential. Applied microbiology and biotechnology 87(2) (2010): 427-444.

[38]Cao, X.-h., et al. Surfactin induces apoptosis in human breast cancer MCF-7 cells through a ROS/JNK-mediated mitochondrial/caspase pathway. Chemico-biological interactions 183(3) (2010): 357-362.

[39]Baltz, R.H., Miao, V., and Wrigley, S.K. Natural products to drugs: daptomycin and related lipopeptide antibiotics. Natural product reports 22(6) (2005): 717-741.

[40]Shah, V., et al. Sophorolipids, microbial glycolipids with anti-human immunodeficiency virus and sperm-immobilizing activities. Antimicrobial agents and chemotherapy 49(10) (2005): 4093-4100.

[41]Singh, P. and Cameotra, S.S. Potential applications of microbial surfactants in biomedical sciences. TRENDS in Biotechnology 22(3) (2004): 142-146.

[42]Makkar, R.S. and Cameotra, S.S. Biosurfactant production by microorganisms on unconventional carbon sources. Journal of Surfactants and Detergents 2(2) (1999): 237-241.

222725008

[43]Pornsunthorntawee, O., Chavadej, S., and Rujiravanit, R. Solution properties and vesicle formation of rhamnolipid biosurfactants produced by< i> Pseudomonas aeruginosa</i> SP4. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 72(1) (2009): 6-15.

[44]Patrice, A. and Francoise, P. Cosmetic use of sophorolipids as subcutaneous adipose cushion regulating agents and slimming application. 2004, Google Patents.

[45]Shizuo Hayashi, d., Inoue, S., Kawano, J., and Utsugi, T. Powdered compressed cosmetic material. 1981, Google Patents.

[46]Lourith, N. and Kanlayavattanakul, M. Natural surfactants used in cosmetics: glycolipids. International journal of cosmetic science 31(4) (2009): 255-261.

[47]Gautam, K. and Tyagi, V. Microbial surfactants: a review. Journal of Oleo Science 55(4) (2006): 155-166.

[48]Meylheuc, T., Renault, M., and Bellon-Fontaine, M. Adsorption of a biosurfactant on surfaces to enhance the disinfection of surfaces contaminated with< i> Listeria monocytogenes</i>. International journal of food microbiology 109(1) (2006): 71-78.

[49]Stevenson, D.L. and Kennedy, J.F. Starch conversion technology: Edited by C. M. A. Beynum and J. A. Roels, Marcel Dekker Inc., New York, 1985. pp. 362, price £44.00, $65.00. ISBN 0-8247-7194-X. British Polymer Journal 19(3-4) (1987): 417-417.

[50]Swinkels, J.J.M. Composition and Properties of Commercial Native Starches. Starch - Stärke 37(1) (1985): 1-5.

[51]Furuta, T., Hirata, Y., and Igarashi, K. Low-foaming detergent compositions. 2004, Google Patents.

[52]Pierce, D. and Heilman, T.J. Germicidal composition. 1998, Google Patents.

[53]Pellerin, N., Staley, J., Ren, T., Graff, G., Treadwell, D., and Aksay, I. Acidic biopolymers as dispersants for ceramic processing. in MRS Proceedings: Cambridge Univ Press, 1990.

[54]Shete, A., Wadhawa, G., Banat, I., and Chopade, B. Mapping of patents on bioemulsifier and biosurfactant: a review. Journal of Scientific and Industrial research 65(2) (2006): 91.

[55]Kosaric, N. Biosurfactants and their application for soil bioremediation. Food technology and biotechnology 39(4) (2001): 295-304.

[56]Miller, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical chemistry 31(3) (1959): 426-428.

[57]Morita, T., Konishi, M., Fukuoka, T., Imura, T., and Kitamoto, D. Production of glycolipid biosurfactants, mannosylerythritol lipids, by< i> Pseudozyma siamensis</i> CBS 9960 and their interfacial properties. Journal of bioscience and bioengineering 105(5) (2008): 493-502.

2227250008

[58]Ueda, A., Igarashi, K., and Hirata, Y. Production of sophorolipid by Pichia anomala PY-1 in Sakaguchi flask culture. 2009: Saraya Co., LTD.

[59]Helrich, K. Official methods of Analysis of the AOAC. Volume 2. Association of Official Analytical Chemists Inc., 1990.

[60]Tattiyakul, J., Pradipasena, P., and Asavasaksakul, S. Taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott amylopectin structure and its effect on starch functional properties. Starch-Stärke 59(7) (2007): 342-347.

[61]Toyokawa, H., Rubenthaler, G.L., Powers, J.R., and Schanus, E.G. Japanese noodle qualities. II. Starch components. Cereal Chem 66(5) (1989): 387-391.

[62]วชิรเมธากุล, ก. การประยุกต์ใช้แป้งดัดแปรเพื่อพัฒนาเจลเตตราซัยคลินในการรักษาโรคปริทันต์. ปริญญามหาบัณฑิต, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548.

[63]Zhang, J., Saerens, K.M., Van Bogaert, I.N., and Soetaert, W. Vegetable oil enhances sophorolipid production by Rhodotorula bogoriensis. Biotechnol Lett 33(12) (2011): 2417-23.

[64]Das, K. and Mukherjee, A.K. Comparison of lipopeptide biosurfactants production by< i> Bacillus subtilis</i> strains in submerged and solid state fermentation systems using a cheap carbon source: Some industrial applications of biosurfactants. Process Biochemistry 42(8) (2007): 1191-1199.

[65]Hommel, R., Stegner, S., Kleber, H.-P., and Weber, L. Effect of ammonium ions on glycolipid production byCandida (Torulopsis) apicola. Applied microbiology and biotechnology 42(2-3) (1994): 192-197.

[66]Lin, S.-C., Carswell, K., Sharma, M., and Georgiou, G. Continuous production of the lipopeptide biosurfactant of Bacillus licheniformis JF-2. Applied microbiology and biotechnology 41(3) (1994): 281-285.

[67]Weber, L., Döge, C., Haufe, G., Hommel, R., and Kleber, H.-P. Oxygenation of hexadecane in the biosynthesis of cyclic glycolipids in Torulopsis apicola. Biocatalysis and Biotransformation 5(4) (1992): 267-272.

222725008

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
สูตรอาหารและวิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารเหลวจากสารสกัดยีสต์และมอลต์ (YM broth)

สารสกัดยีสต์ (Yeast extract)	3.0	กรัม
สารสกัดมอลล์ (Malt extract)	3.0	กรัม
เพปโตน (Peptone)	5.0	กรัม
กลูโคส	10.0	กรัม
น้ำกลั่น	1.0	ลิตร

ผสมสารให้เข้ากัน ปรับค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4.5 นึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอ 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. อาหารแข็งจากสารสกัดยีสต์และมอลต์ (YM agar)

สารสกัดยีสต์ (Yeast extract)	3.0	กรัม
สารสกัดมอลล์ (Malt extract)	3.0	กรัม
เพปโตน (Peptone)	5.0	กรัม
กลูโคส	10.0	กรัม
วุ้นผง (Agar)	20.0	กรัม
น้ำกลั่น	1.0	ลิตร

ผสมสารให้เข้ากัน ปรับค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4.5 นึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอ 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

222725008

3. อาหารเหลวปรับปรุงสูตร

โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$)	0.01	% (N-content)	
โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH2PO4)		0.02	%
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.02	%	
สารสกัดยีสต์ (Yeast extract)		0.64	%
น้ำมันถั่วเหลือง		13.34	% (w/v)
กลูโคส		6.66	% (C-content)
น้ำกลั่น		1.0	ลิตร

ปรับค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5 นึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที โดยแยกนึ่งฆ่าเชื้อกลูโคส ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2227250008

ภาคผนวก ข

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. มอริช รีเอเจนท์ (Molisch's reagent)

แอลฟา-แนฟทอล (α-naphtol)	0.5	กรัม
เอทานอล (Ethanol)	10.0	มล.

ละลายแอลฟา-แนฟทอลในเอทานอลแล้วเติมในตัวอย่างที่จะทำการทดสอบปริมาตร 0.2 มล. จากนั้นเติมกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) 0.5 มล. ตั้งทิ้งไว้โดยห้ามเขย่า

2. สารละลายทริสไฮโดรคลอไรด์บัฟเฟอร์เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ที่ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 8 (50 mM Tris-HCl buffer pH 8)

ทริส เบส (Tris base)	0.61	กรัม
น้ำกลั่น	80	มล.

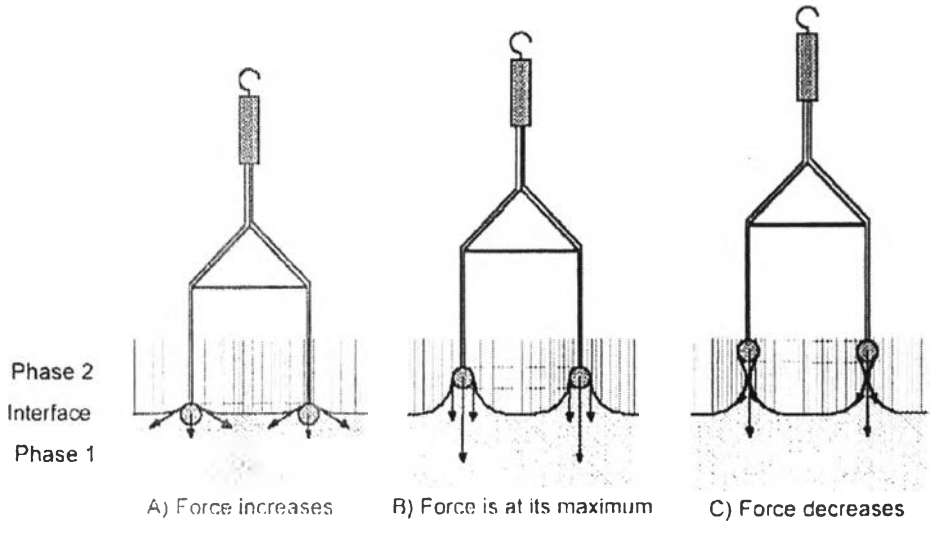
ปรับค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 8 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น ถ้าหาต้องการทริสไฮโดรคลอไรด์บัฟเฟอร์ที่ค่าความเป็นกรดด่างอื่นๆ ก็ใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นปรับให้มีค่าความเป็นกรดด่างนั้นๆ

2227250008

ภาคผนวก ค

หลักการการวัดค่าแรงตึงผิวด้วยวิธี Du Nouy Ring

การวัดค่าแรงตึงผิวด้วยวิธี ring method หรือ Du Nouy Ring method ค้นคิดโดย Lecomte Du Nouy ในปี 1919 ซึ่งวิธีนี้จะพิจารณาวงแหวนทองคำขาว (platinum ring) ในแนวระนาบโดยวงแหวนทองคำขาวจะจมในของเหลว และถูกยกขึ้น แรงสูงสุดที่ใช้ในการดึงวงแหวนทองคำพ้นของเหลว คือ ค่าแรงตึงผิว (surface tension) คุณลักษณะของวงแหวนทองคำขาวก็คือความยาวที่ถูกทำให้เปียก (wetted length) ซึ่งรวมทั้งรัศมีด้านในและด้านนอกของวงแหวนทองคำขาวที่ทำให้เปียกโดยของเหลว



ภาพแสดงขั้นตอนการวัดค่าแรงตึงผิวด้วยวิธี Du Nouy Ring

2227250008

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าแรงตึงผิว

ลักษณะและองค์ประกอบของเครื่องวัดค่าแรงตึงผิว (Tensiometer) รุ่น K6 ของบริษัท KRUSS ประเทศเยอรมัน เครื่องวัดค่าแรงตึงผิวนี้ทำการวัดที่อุณหภูมิ 25±2 ^{o}ซ ตลอดทำการทดลอง

ขั้นตอนการวัดค่าแรงตึงผิวด้วยเครื่องวัดค่าแรงตึงผิว มีดังนี้

1. ปรับ handwheel with point (2) ให้สเกลมีค่าศูนย์
2. ปรับ zero adjustment (8) โดยหมุนทวนเข็มนาฬิกาให้ balance beam (9) อยู่ในตำแหน่งสมดุลกึ่งกลางของ mask (7)
3. ปรับระดับที่วางสารตัวอย่างโดยหมุน (10) แล้วยกขึ้นให้อยู่ในระดับที่ต้องการ
4. แขวน ring ลงใน balance beam(9) ปรับให้อยู่ในตำแหน่งสมดุลโดยหมุน zero adjustment (8) ตามเข็มนาฬิกา
5. ใส่สารตัวอย่างในที่ใส่สารตัวอย่างประมาณ 10-15 มล. วางลงบน sample table (6) แล้วหมุน micrometer screw (5) ตามเข็มนาฬิกาเพื่อยกที่ใส่สารตัวอย่างขึ้นให้สัมผัสกับ ring โดยให้ ring จมอยู่ในตัวอย่างไม่น้อยกว่า 5 มม.
6. เมื่อ ring สัมผัสกับตัวอย่างแล้วอาจต้องปรับ balance (9) อยู่ในตำแหน่งสมดุลอีกครั้ง โดยหมุน zero adjustment (8) ทวนเข็มนาฬิกา
7. เริ่มวัดค่าแรงตึงผิวโดยหมุน micrometer screw (5) ทวนเข็มนาฬิกาอย่างช้าๆ ในขณะเดียวกันก็หมุน pointer (2) ตามเข็มนาฬิกาอย่างช้าๆ โดยรักษาให้ balance beam (9) อยู่ในตำแหน่งสมดุล
8. เมื่อ ring หลุดออกจากตัวอย่างอ่านค่าแรงตึงผิวตามสเกล (1) มีหน่วยเป็น mN/m
9. เมื่อเสร็จการทดลองล้าง ring ด้วยน้ำกลั่น สะบัดให้แห้ง (หรือผ่านเปลวไฟ) เก็บเข้ากล่องไม้ ส่วน vessel ล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น(หรือ acetone) ซับให้แห้งหรือผ่านเปลวไฟ
10. การเก็บเครื่องจะต้องปรับ zero adjustment (8) ให้ balance beam (9) ยกขึ้น เพื่อป้องกันการแกว่งของ balance beam ปรับที่ว่างสารตัวอย่างให้อยู่ในระดับเดิม แล้วหมุนเข้าหาตัวเครื่อง

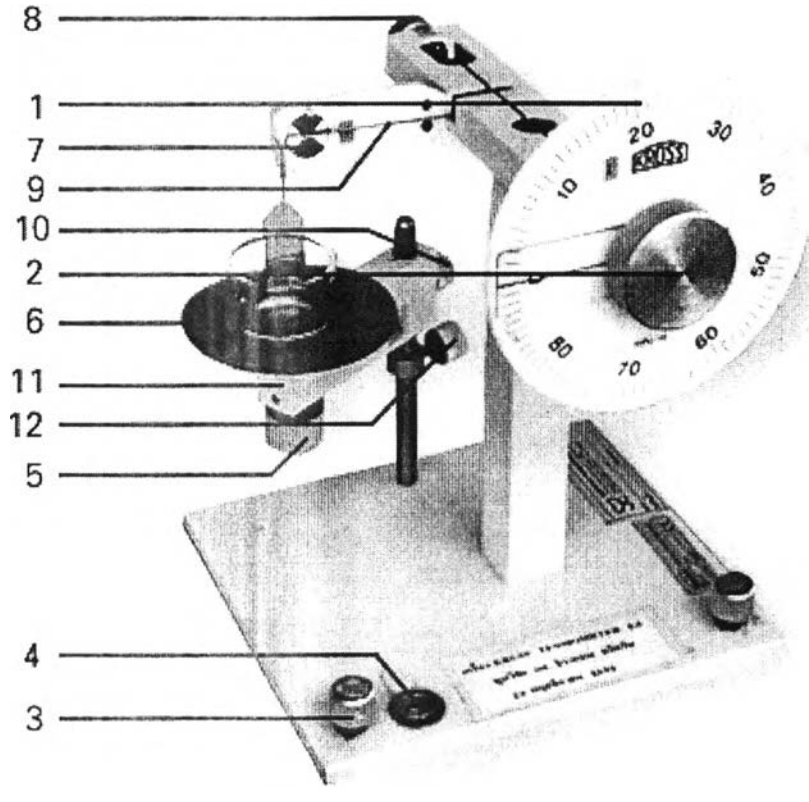
<u>ข้อควรระวัง</u>

1. ห้ามกดปุ่มที่อยู่ด้านหลังของ zero adjustment (8) เด็ดขาด เพราะจะทำให้ wire หลุดได้
2. ห้ามหมุน zero adjustment (8) เกิน 1 รอบเด็ดขาด
3. การใช้ ring ต้องใช้ด้วยความระมัดระวังอย่าให้บิดเบี้ยว เพราะถ้า ring เสียรูปจะทำให้การวัดค่าผิดไปได้
4. การใช้ vessel ต้องใช้ด้วยความระมัดระวังเช่นกัน

2227725008

ข้อแนะนำ

1. ขณะวัดค่าแรงตึงผิวตามข้อ 7 ถ้าทำการหมุน micrometer screw(5) และ pointer (2) อย่างช้าๆ จะทำให้เกิดความผิดพลาดน้อย
2. ring, vessel มีคุณสมบัติทนไฟ สามารถผ่านเปลวไฟได้ ในกรณีที่จำเป็น
3. ขณะแขวน ring ลงบน balance beam (9) อาจต้องใช้มือช่วยเล็กน้อย

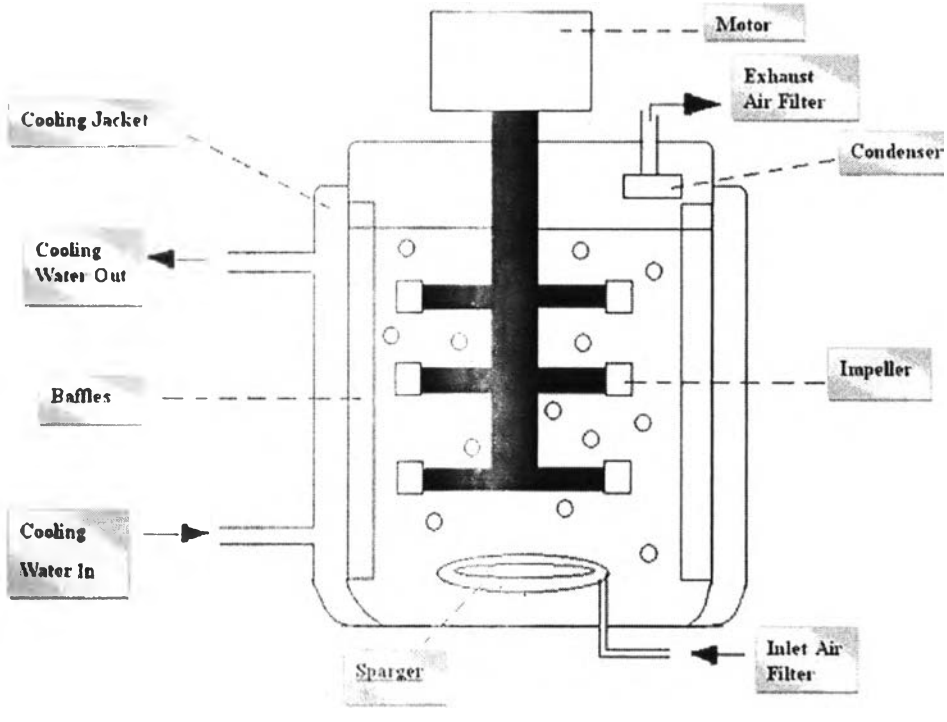


แสดงองค์ประกอบของเครื่องวัดค่าแรงตึงผิวรุ่น K6 บริษัท KRUSS ประเทศเยอรมัน

1. Scale in mN/m
2. Handwheel with pointer
3. Screws for regulation of the level
4. Box level
5. Micrometer screw
6. Sample table
7. Mark
8. Handwheel for zero-adjustment
9. Balance-beam
10. Handwheel for fixing the crossbar
11. Carrier of sample-table
12. Handwheel for fixing the crossbar

2227250008

ภาคผนวก ง
ถังหมักที่ใช้ในการทดลอง



ถังหมักระดับห้องปฏิบัติการ ขนาด 5 ลิตร รุ่น WP-Winpact บริษัท กิบไทย, ประเทศไทย

222725008

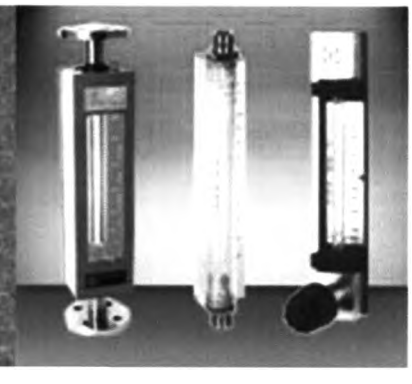
ถังหมักที่ใช้ในอุตสาหกรรม ควรมีลักษณะดังนี้

1. สามารถควบคุมสภาพการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และสภาพการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ดี
2. ใช้งานได้ง่าย
3. มีความแข็งแรง เช่น ทนต่อแรงดันเมื่อมีอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาณมาก
4. สารที่ใช้ทำถังหมักต้องไม่ถูกกัดกร่อนด้วยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก รวมทั้งไม่ทำให้เกิดประจุที่เป็นพิษ
5. สามารถควบคุมหรือป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการได้ดี
6. มีเครื่องมือในการให้อากาศบริสุทธิ์ และการกวน เพื่อเพิ่มการถ่ายเทอากาศ
7. มีเครื่องมือในการเติมสารต้านการเกิดฟอง (antifoam)
8. มีเครื่องควบคุม pH
9. มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
10. มีระบบเก็บตัวอย่างที่ป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อ

ระบบควบคุมการหมัก ได้แก่

1. การให้อากาศ (Aeration)

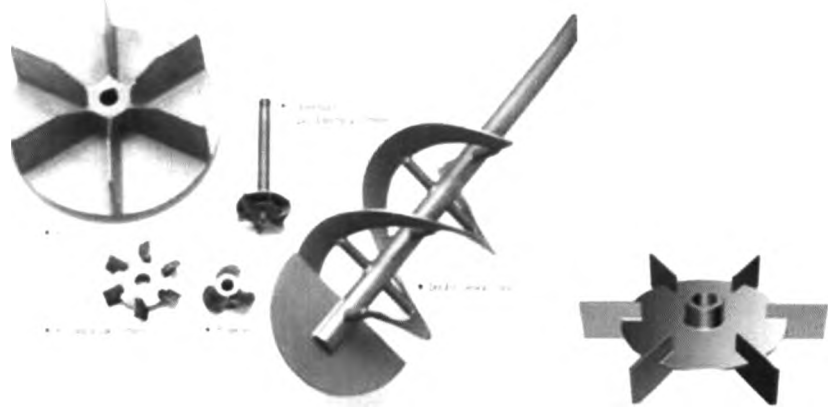
ปกติการให้อากาศในถังหมักจะได้จากเครื่องอัดอากาศ (Air compressor) ผ่านเครื่องกรองขนาด 0-2 μm (Air filter) และผ่านหัวฉีดอากาศ ควบคุมอัตราการไหลโดย flow meter



2227250008

2. การกวน (Agitation)

การกวนช่วยให้อาหาร จุลินทรีย์และอากาศคลุกเคล้ากันได้อย่างทั่วถึง ระบบการกวนที่มีประสิทธิภาพจะทำให้การละลายของออกซิเจนในอาหารเหลวมีค่าสูงมีปริมาณเท่ากันทุกๆจุดในถังหมัก การกวนอาศัยแกนกวนต่อกับใบพัด เรียกว่า Impeller ช่วยตีฟองอากาศให้มีขนาดเล็กกระจายไปยังส่วนต่างๆ และมี baffle ช่วยป้องกันการเกิดน้ำวน



2227250008

3. การควบคุมอุณหภูมิ (Temperature control)

เนื่องจากระหว่างการเติบโตของจุลินทรีย์ในขณะหมัก มักมีความร้อนเกิดขึ้นเป็นผลจากปฏิกิริยาชีวเคมีในการออกซิไดซ์สารอาหารของจุลินทรีย์ และจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความต้องการสภาพอุณหภูมิที่เหมาะสม ดังนั้นจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิระหว่างการหมัก ในระบบควบคุมอุณหภูมิประกอบด้วยระบบหล่อเย็นกับระบบทำความร้อน โดยอาศัย Temperature probe sensing ที่อยู่ภายในถังหมัก

4. การควบคุม pH (pH Control)

ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการหมักมักมีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์อยู่แล้ว แต่ในการหมักหลายชนิด pH อาจเปลี่ยนแปลงมากกระทั่งไม่สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจำเป็นต้องควบคุม pH ของน้ำหมักให้อยู่ในช่วงที่พอเหมาะ โดยอาศัยเครื่องมือวัด pH electrode ต่อเข้ากับ control unit เพื่อสั่งให้ปั๊มทำการเติมกรดหรือด่างเมื่อค่า pH ที่วัดได้สูงหรือต่ำกว่าค่า set point ที่กำหนด

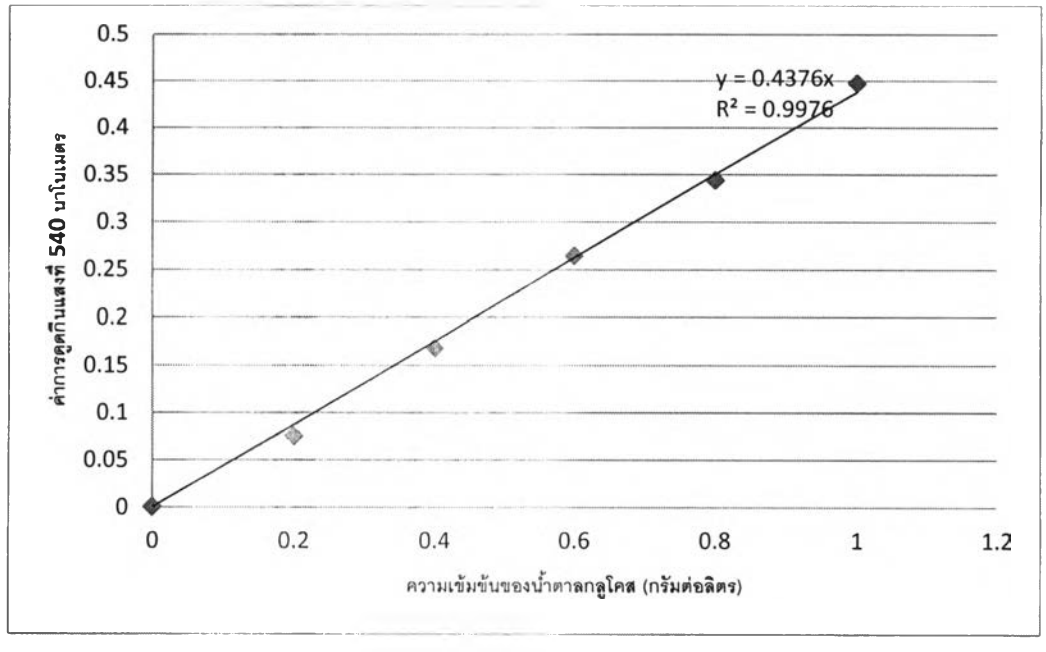
22272608

5. การควบคุมออกซิเจน (Oxygen control)

ปริมาณออกซิเจนในอาหารเหลวมีผลโดยตรงต่อการเจริญและการสร้างผลิตภัณฑ์ของจุลินทรีย์ การควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลาย (Dissolve oxygen, DO) ปัจจุบันสามารถวัดและควบคุมด้วย Oxygen probe ทำการควบคุมโดยอาศัยการปรับอัตราการไหลของอากาศหรืออัตราการกวนของมอเตอร์

ภาคผนวก จ

กราฟมาตรฐานน้ำตาลรีดิวซ์เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Dinitrosalicylic acid (Bernfield, 1955)



กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

กับน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้น 0-1 กรัมต่อลิตร

222725008

ภาคผนวก ฉ

ตารางแสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่มีต่อการเกิดเพสต์ของแป้งข้าวชัยนาท แบบ ONE WAY ANOVA

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) sample	(J) sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
peak	1	2	-23.000	66.953	1.000	-345.46	299.46
		3	22.000	66.953	1.000	-300.46	344.46
		4	-105.000	66.953	.851	-427.46	217.46
		5	11.000	66.953	1.000	-311.46	333.46
		6	6.500	66.953	1.000	-315.96	328.96
		7	32.500	66.953	1.000	-289.96	354.96
breakdown	1	2	-2.000	30.971	1.000	-151.16	147.16
		3	15.000	30.971	1.000	-134.16	164.16
		4	-22.000	30.971	.996	-171.16	127.16
		5	22.000	30.971	.996	-127.16	171.16
		6	-10.500	30.971	1.000	-159.66	138.66
		7	-176.000(*)	30.971	.022	-325.16	-26.84
finalvisc	1	2	-46.500	89.232	.999	-476.26	383.26
		3	-15.500	89.232	1.000	-445.26	414.26
		4	-148.500	89.232	.817	-578.26	281.26
		5	9.500	89.232	1.000	-420.26	439.26
		6	1.000	89.232	1.000	-428.76	430.76
		7	-1163.500(*)	89.232	.000	-1593.26	-733.74
setback	1	2	-25.500	54.524	1.000	-288.10	237.10
		3	-22.500	54.524	1.000	-285.10	240.10
		4	-65.500	54.524	.949	-328.10	197.10
		5	20.500	54.524	1.000	-242.10	283.10
		6	-16.000	54.524	1.000	-278.60	246.60
		7	-1372.000(*)	54.524	.000	-1634.60	-1109.40
peaktime	1	2	.07000	.05292	.923	-.1848	.3248
		3	.03500	.05292	.997	-.2198	.2898
		4	03500	.05292	.997	-.2198	.2898
		5	00000	.05292	1.000	-.2548	.2548
		6	.03500	.05292	.997	-.2198	.2898
		7	.23500	.05292	.072	-.0198	.4898
pastingtemp	1	2	.10000	.34017	1.000	-1.5383	1.7383
		3	.20000	.34017	.999	-1.4383	1.8383
		4	.02500	.34017	1.000	-1.6133	1.6633
		5	.07500	.34017	1.000	-1.5633	1.7133
		6	.50000	.34017	.883	-1.1383	2.1383
		7	.47500	.34017	.904	-1.1633	2.1133

* The mean difference is significant at the .05 level

2227725008

(I) Sample : 1 คือ ชุดการทดลองควบคุม (control) ไม่มีการเติมสารลดแรงตึงผิว

(J) Sample :

2 คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพเข้มข้น 120 มิลลิกรัมต่อลิตร

3 คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

4 คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

5 คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

6 คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร

7 คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพเข้มข้นโดยไม่มีการเจือจาง

2227725008

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวทิวาพร ปั้นรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 25 มิถุนายน พ.ศ. 2532 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับสอง ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553 และเข้ารับการศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต ที่ภาควิชาจุลชีววิทยา สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2554 ที่อยู่ปัจจุบัน 1227 ถนนลาดหญ้า แขวงคลองสาน เขตคลองสาน จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10600

ส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ได้เข้าร่วมเสนอผลงานการประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติดังนี้

1. งาน Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology Conference (TSB) 2011 ระหว่างวันที่ 1-2 กุมภาพันธ์ 2555 ณ โรงแรม The Imperial Queen's Park จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในหัวข้อเรื่อง "Kinetic study of sophorolipid production by Pichia anomala MUE24 in 5-L batch bioreactor."

2. งาน Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON) 2013 ระหว่างวันที่ 23-25 มกราคม 2556 ณ โรงแรม The Tide Resort จังหวัดชลบุรี ในหัวข้อเรื่อง "Sophoroipid production by Pichia anomala MUE24 in a 5-L batch bioreactor grown in glucose and soybean oil"

2227250O8

ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ
FACULTY OF SCIENCE LIBRARY
CHULALONGKORN UNIVERSITY