เอกสารอ้างอิง

1. จำเนียร บุญมา. 2521 ทัศนคติและข้อคิดเห็นของเกษตรอำเภอต่อข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1. วารสารสมาคมพ่อค้าข้าวโพดและพืชพันธุ์ไทย. 2(4) : 12.
2. ภมงค์ ภัควัชพันธุ์. 2522. "เอ็นไซม์ในอุตสาหกรรมอาหาร" ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2521. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกลูโคสซีรัป.
4. อำพล เสฌาณรงค์. 2510. ข้าวโพดรับประทานผักสด. วารสารกสิกร 40(6) : 469.
5. Anderson, R.A. 1957. A pilot plant for wet milling. Cereal Science Today. 2(4):78.
6. Anderson, R.A. 1963. Wet Milling properties for grains : Bench-scale study. Cereal Science Today. 8(6):190.
7. Anon. 1964. "Joint United State-Canadian tables of feed composition." Natl. Acad. Sci., Natl. Res. Council Publ. 1232.
8. A.O.A.C. 1980. "Official Methods of Analysis," 13th ed. Association of Official Agricultural Chemists, Washington, D.C.
9. Birch, G.G. 1970. "Glucose Syrups and related carbohydrates." Elsevier Publishing Co., London.
10. Birch, G.G., Green, F.F. 1973. "Molecular structure and function of food carbohydrate." Applied Science Publishers Ltd., London.
11. Brautlecht, C.A. 1953. "Starch it sources, production and uses." Reinhold Publishing Corporation., New York.
12. Corn Industries Research Fundation Inc. 1960. "Corn in industry." 5th ed. Corn Industries Research Foundation Inc., Washington. D.C.

22. Kerr, R.W. 1944. "Chemistry and industry of starch." Academic Press. Inc., N.Y.

23. Kolthoff, I.M., Anastasi, A. and Tan, B.H. 1960. Reactivity of sulfydryl and disulfind in Protein. J. American Chemistry Society. 82:4147.

24. Lees, R. 1975. "Food analysis." Analytical and quality control methods for the food manufacturer and buyer. 3rd ed. Leonard Hill Books., London.

25. Manoharkumar, B. and Kempt, W. 1978. On wet milling suitability of four maize cultivars. J. Food Science and Tech. India. 15(6):253.

26. Meloan, C.E. and Pomeranz, Y. 1973. "Food analysis Laboratory experiments." The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Conn.

27. Miwa, T. 1980. Studies on corn steeping II. Laboratory studies on steeping reagent. Journal of the Japanese Society of Starch Science. 27(1):8.

28. Morris, Jackobs, B. 1951. "The Chemistry and Technology of food and food Products." Vol.2, Interscience Publishers,

29. NOVO Industri A/S. 1980. NOVO enzymes for the starch Industry. Bull. 140, Bagsvaerd, Denmark.

30. Peters, M.S. and Timmerhous, 1980. "Plant design and exonomics for chemical engineers." 3rd ed. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo.

31. Pomeranz, Y. 1973. Industrial uses of cereals, symposium

proceedings. American Association of Cereal Chemists. Nov 4-8, st. Louise, Missouri.

32. Radley, J.A. 1968. "Starch and it derivatives." 4th ed. Chapman and Hull Ltd., London.

33. Reed, G. 1966. "Enzyme in food processing." 1th ed. Academic Press, N.Y.

34. Reed, G. 1975. "Enzyme in food processing." 2nd ed. Academic Press, N.Y.

35. Samuel, A.M. 1959. "The chemistry and Technology of cereals as Food and Feed." The AVI Publishing Co., Wastport, Conn.

36. Scott, W.W. 1958. "Standard methods of chemical analysis." 5th ed. Vol.1, D-Van Nostrand Company, Inc., N.Y.

37. Sprague, G.F. 1955. "Corn and Corn Improvement." Academic Press Inc., N.Y.

38. Staley, A.E. 1966. "A Formulary for better candies." MFG.Co., Decatur, Illinois.

39. Watson, S.A. 1967. Manufacture of corn and milo starches. In starch : chemistry and technology, Academic Press, N.Y.

40. Watson, S.A., Sander, E.H., Wakely, R.D. and Williams, C.B. 1955. Peripheral cells of the endosperms of grain sorghum and corn and their influence on starch purification. Cereal Chemistry. 32(3):165.

41. Watson, S.A., Williams, C.B. and Wakely, R.D. 1951. Laboratory Steeping procedures used in a wet milling research program. Cereal Chemistry. 28(2):105.

13. Corn Industries Research Foundation Inc. 1964. "Corn starch." 3rd ed. Corn Industries Research Foundation Inc., Washington. D.C.

14. Corn Industries Research Foundation Inc. 1965. "Corn syrups a and sugars." 3rd ed. Corn Industries Research Foundation Inc., Washington, D.C.

15. Cox, M.J., Macmasters, M.M. and Hilbert, G.G. 1944. Effect of the sulfurous acid steep in corn wet milling. Cereal Chem. 21(6):447.

16. Desrosier, W.W. 1977. "Elements of food technology." The Avi Publishing Co., Westport, Conn.

17. Esen, A. 1980. "Estimation of protein quality and quantity in corn by assaying protein in two solubility fraction. J. Agricultural and Food Chem. 28(3):529.

18. Fan, L.T., Chem, H.C., Shellenberger, J.A. and Change, D.S. 1965. Comparison of the rate of absorption of water by corn kernels with and without dissolved sulfur dioxide. Cereal Chem. 42(4):385.

19. Inglett, G.E. 1970. "Corn : culture, processing, products." The Avi Publishing Co., Westport, Conn.

20. Junk, W.R., Pancoast, H.M. 1973. "Handbook of sugars for Processors, Chemists and Technologists." The Avi Publishing Co. Westport, Conn.

21. Kent, N.L. 1975. "Technology of cereals with special reference to wheat." 2th ed. Pergamon Press, Oxford.

42. Watson, S.A. and Yoshiro, H. 1954. A method for evaluating the wet millability of steeped corn and grain sorghum. Cereal Chemistry. 31(5):423.

43. Whitler, R.L. and Paschall, E.F. 1967. "Starch Chemistry and Technology." Vol.1, Academic Press, New York.

44. Whitler, R.L. and Paschall E.F. 1967. "Starch chemistry and Technology." Vol.2, Academic Press, New York.

45. White, A., Handler, P. and Smith, E.L. 1973. "Principles of biochemistry." 5th ed. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo,

46. Wiseman, A. 1975. "Handbook of enzyme biotechnology." Ellis Horwood Limited Publisher, chicchester.

ภาคผนวก ก

มาตรฐานของแป้งข้าวโพดที่กำหนดจาก **Corn Industries Research Foundation**

ตารางที่ ก-1 ปริมาณและคุณภาพของแป้งข้าวโพด (% ต่อน้ำหนักแป้งแห้ง) (13)

รายการ	ปริมาณที่กำหนด (%)
แป้ง	99.0
ความชื้น	11.0
โปรตีน	0.35
ไขมัน	0.65
เส้นใย	0.1
เถ้า	0.1
ความเป็นกรด-ด่าง	5.0

ภาคผนวก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกลูโคสไซรัป

ที่กำหนดจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คุณลักษณะทั่วไป

กลูโคสไซรัปต้องมีลักษณะเป็นของเหลวข้น มีรสหวาน ไม่มีสีหรือมีสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่นหมัก ปราศจากกรวดทรายที่มองเห็นได้ ไม่มีตะกอนหรือสิ่งสกปรกอื่นใด ปราศจากสารที่ให้ความหวานแทนน้ำตาล รวมทั้งกลิ่นและรสเทียม (3)

คุณลักษณะทางเคมี

ให้เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ ก-2

ตารางที่ ก-2 คุณลักษณะทางเคมี (% ต่อน้ำหนักแห้ง) (3)

รายการ	ปริมาณที่กำหนด (%)
ปริมาณของแข็งทั้งหมดต่ำสุด	70
สมมูลย์เดกโตรสต่ำสุด	20
เถ้าซัลเฟตสูงสุด	1.0
ความเป็นกรด-ด่าง	4.8-5.5

วัตถุเจือปนในอาหาร

ห้ามใช้วัตถุเจือปนในอาหารอื่นใด นอกจากที่กำหนดให้ในตารางที่ ก-3

ตารางที่ ก-3 ปริมาณวัตถุเจือปนในอาหาร (3)

รายการ	ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (มก./กก.)
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	40
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกลูโคสไซรัปที่ใช้ในทางเภสัชกรรมโดยเฉพาะ	20
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกลูโคสไซรัปที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนมหวานโดยเฉพาะ	400

สารปนเปื้อน

สารปนเปื้อนที่ยอมให้มีได้ ต้องมีปริมาณสูงสุดไม่เกินที่กำหนดในตารางที่ ก-4

ตารางที่ ก-4 ปริมาณสารปนเปื้อน (3)

รายการ	ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (มก./กก.)
อาร์เซนิค	1
ทองแดง	5
ตะกั่ว	2

ภาคผนวก ข

การหาต้นทุนการผลิตแป้งข้าวโพด

Estimation of fixed-capital investment by percentage of delivered equipment cost ใช้ **ratio factor** ในตารางที่ ข-1 (30) ถ้ากำหนดให้ **Purchased-equipment delivered cost** มีค่า 10,000,000 บาท

Components	Cost (B)
Purchased equipment (delivered) E	10,000,000
Purchased equipment installation, 45% E	4,500,000
Instrumentation (installed) 9% E	900,000
Piping (installed) 16% E	1,600,000
Electrical (installed) 10% E	1,000,000
Building (including services) 25% E	2,500,000
Yard improvement 13% E	1,300,000
Service facilities (installed) 40% E	4,000,000
Land 6% E	600,000
Total direct plant cost (D)	26,400,000
Engineering and supervision 33% E	3,300,000
Construction expenses 39% E	3,900,000
	33,600,000
Contractor's fee 5% (D+I)	1,680,000
Contingency 10% (D+I)	3,360,000
Fixed-capital investment	38,640,000

การหาต้นทุนแปรผันในการผลิตแป้งข้าวโพด 50 ตัน จากข้าวโพดเมล็ด 100 ตันต่อวัน ทำการผลิต 300 วันต่อปี

ข้าวโพดเมล็ด (100 ตัน ๆ ละ 2,300 บาท)		230,000.00
สารเคมีและการใช้อื่น ๆ (ไอน้ำ, ไฟฟ้า, น้ำ ฯลฯ)		67,820.00
ค่าแรงงาน (10% **total product cost**)		36,239.56
ค่าบำรุงรักษา (**Maintenance & repair- 2% fixed-capital investment**)		2,576.00
ค่าประกัน (0.5% **fixed-capital investment**)		644.00
ค่าภาษี (1% **fixed-capital investment**)		1,288.00
ค่าเสื่อมราคา (10% **fixed-capital investment**)		12,880.00
ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ (8.5% **fixed-capital investment**)		10,948.00
total product cost		362,395.60
ต้นทุนการผลิตแป้งข้าวโพดต่อกิโลกรัม	=	$\frac{362,395.60}{50 \times 1,000}$
	=	7.25 บาท

การคำนวณ

สารเคมี โซเดียมเมต้าไบซัลไฟต์ ใช้ในปริมาณที่ให้ 0.2% SO_2

จากสมการ $Na_2S_2O_5 \longrightarrow Na_2O + 2SO_2$

$2S_2O + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_3 \longrightarrow 2H^+ + 2HSO_3^-$

$Na_2S_2O_5 + 2H_2O \longrightarrow Na_2O + 2H_2SO_3$

จากปฏิกริยา $Na_2S_2O_5$ 1 โมล จะให้ 2 โมล ของ SO_2

ต้องการเตรียม $Na_2S_2O_5$ ให้ได้ SO_2 0.2% น้ำหนัก/ปริมาตร

ต้องใช้ $Na_2S_2O_5 = \frac{0.2 \times 190.1}{64 \times 2}$ กรัมในสารละลาย 100 มิลลิลิตร

$= 0.2970$ กรัม/100 มิลลิลิตรของสารละลาย

$= 2.97$ กรัม/ลิตร

เมล็ดข้าวโพด 100 ตัน ใช้สารละลาย 0.2% $SO_2 = 2 \times 10^5$ ลิตร

∴ เมล็ดข้าวโพด 100 ตัน ใช้ $Na_2S_2O_5 = 2.97 \times 10^3 \frac{\text{กก.}}{\text{ลิตร}} \; 2 \times 10^5$ ลิตร

$= 594$ กิโลกรัม

($Na_2S_2O_5$ กิโลกรัมละ 30 บาท)

∴ ค่าสารเคมีที่ใช้ $= 594 \times 30 = 17,820$ บาท

ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ (ไอน้ำ, ไฟฟ้า, น้ำ ฯลฯ) $= 50,000$ บาท

รวม $= 17,820 + 50,000$

$= 67,820$ บาท

ค่าบำรุงรักษา (10% **fixed capital investment**)

ค่าบำรุงรักษาสำหรับการผลิตแป้งข้าวโพดต่อวันคือ $= \frac{38,640,000 \times 2}{100 \times 300}$

$= 2,576$ บาท

การหาต้นทุนการผลิตน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด

Estimation of fixed-capital investment by percentage of dilivered equipment cost ใช้ ratio factor ในตารางที่ ข-1 (30) ถ้ากำหนดให้ Purchased-equipment delivered cost ของขบวนการผลิตโดยใช้กรดเป็น 10,000,000 บาท และขบวนการผลิตโดยใช้กรดกับเอ็นไซม์เป็น 15,000,000 บาท

Components	Cost	
	Acid conversion process	Acid-enzyme conversion process
Purchesed equipment(delivered)E	10,000,000	15,000,000
Purchased equipment installation 47% E	4,700,000	7,000,000
Instrumentation (installed) 18% E	1,800,000	2,700,000
Piping (installed) 66% E	6,600,000	9,900,000
Electrical (installed) 11% E	1,100,000	1,650,000
Building (including services) 18% E	1,800,000	2,700,000
Yard improvement 10% E	1,000,000	1,500,000
Service facilities (installed) 70% E	7,000,000	1,050,000
Land 6% E	600,000	900,000
Total direct plant cost (D)	34,600,000	51,850,000
Engineering and supervision 33% E	3,300,000	4,950,000
Contruction expenses 41% E	4,100,000	6,150,000
Total direct and indirect cost (D + I)	42,000,000	62,950,000
Contructor's fee 5% (D+I)	2,100,000	3,148,000
Contingency 10% (D+I)	4,200,000	6,295,000
Fixed capital investment	48,300,000	72,385,000

หาต้นทุนแปรผันในการผลิตน้ำตาลเหลวจากข้าวโพดโดยการใช้กรด ทำการผลิต 300 วันต่อปี จากแป้งข้าวโพด 100 ตัน ผลิตน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด 52 สมมูลย์เดกโตรส 85.6 ตัน

แป้งข้าวโพด (100 ตัน ๆ ละ 7,250 บาท)	725,000.00
สารเคมีและการใช้อื่น ๆ	19,952.30
ค่าแรงงาน (10% **total product cost**)	106,708.00
ค่าบำรุงรักษา (2% **fixed-capital investment**)	3,220.00
ค่าประกัน (0.5% **fixed-capital investment**)	805.00
ค่าภาษี (1.0% **fixed-capital investment**)	1,610.00
ค่าเสื่อมราคา (10% **fixed-capital investment**)	16,100.00
ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ (8.5% **fixed capital investment**)	13,685.00
total product cost	1,067,080.30

ต้นทุนการผลิตน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด 52 สมมูลย์เดกโตรส โดยใช้กรด ต่อ กิโลกรัม

$$= \frac{1,067,080.30}{85.6 \times 1,000}$$

$$= 12.47 \text{ บาท}$$

หาต้นทุนแปรผันในการผลิตน้ำตาลเหลวจากข้าวโพดโดยการใช้กรดกับเอ็นไซม์ ทำการผลิต 300 วัน ต่อปี จากแป้งข้าวโพด 100 ตัน ผลิตเป็นน้ำตาลเหลว 93 สมมูลย์เดกโตรส 79.8 ตัน

แป้งข้าวโพด (100 ตัน ๆ ละ 7,250 บาท)	725,000.00
สารเคมี, เอ็นไซม์ และการใช้อื่น ๆ	356,057.80
ค่าแรงงาน (10% **total product cost**)	126,015.00
ค่าบำรุงรักษา (2% **fixed-capital investment**)	4,825.60
ค่าประกัน (0.5% **fixed-capital investment**)	1,206.40
ค่าภาษี (1.0% **fixed capital investment**)	2,412.80
ค่าเสื่อมราคา (10% **fixed-capital investment**)	24,128.30
ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ (8.5% **fixed-capital investment**)	20,509.10
total product cost	1,260,154.60

ต้นทุนการผลิตน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด 93 สมมูลย์เดกโตรส โดยใช้กรดกับเอ็นไซม์ ต่อ กิโลกรัม

$$= \frac{1,260,154.60}{79.8 \times 1,000}$$

$$= 15.79 \text{ บาท}$$

การคำนวณ

น้ำตาลเหลวจากข้าวโพดโดยวิธีการใช้กรด

สารเคมี

กรดเกลือเข้มข้น ใช้ 1.5% (ต่อน้ำหนักแป้งแห้ง), ความถ่วงจำเพาะของกรด 1.174

แป้ง 100 ตัน ใช้กรด $\frac{1.5 \times 1.174 \times 10^3}{0.4536}$ = 3,882.28 ปอนด์

ราคากรดเกลือเข้มข้น 5.06 บาท/ปอนด์

∴ กรดที่ใช้ 3,822.28 × 5.06 = 19,340.74 บาท

โซเดี่ยมคาร์บอเนต แป้ง 100 ตัน ใช้โซเดี่ยมคาร์บอเนต = 1,333 กิโลกรัม

ราคาโซเดี่ยมคาร์บอเนต 1.254 บาท/กิโลกรัม

∴ โซเดี่ยมคาร์บอเนตที่ใช้ = 1,333 × 1.254 = 1,671.58 บาท

ผงถ่าน แป้ง 100 กรัม ใช้ผงถ่าน = 46.67×10^2 กิโลกรัม

ราคาผงถ่าน 20 บาท/กิโลกรัม

∴ ผงถ่านที่ใช้ = $46.67 \times 10^2 \times 20$ = 93,340 บาท

ค่าสารเคมีรวม = 114,352.30 บาท

ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ = 85,600 บาท

∴ รวม = 199,952.30 บาท

การคำนวณ

น้ำตาลเหลวจากข้าวโพดโดยการใช้กรดกับเอ็นไซม์

สารเคมี

กรดเกลือเข้มข้น ใช้ 0.25% (ต่อน้ำหนักแป้งแห้ง)

แป้ง 100 ตัน ใช้กรด $\frac{0.25 \times 1.174 \times 10^3}{0.4536}$ = 647.05 ปอนด์

ราคากรดเกลือเข้มข้น 5.06 บาท/ปอนด์

∴ กรดที่ใช้ = 647.05 × 5.06 = 3,274.05 บาท

โซเดี่ยมคาร์บอเนต แป้ง 100 ตัน ใช้ โซเดี่ยมคาร์บอเนต = 5.33×10^2 บาท

ราคาโซเดี่ยมคาร์บอเนต = 1.254 บาท/กิโลกรัม

∴ ใช้โซเดี่ยมคาร์บอเนต = $5.33 \times 10^2 \times 1.254$ = 688.79 บาท

เอ็นไซม์ ใช้เอ็นไซม์กลูโคอมิเลส 1.25 ลิตร/ตันของแป้งแห้ง

แป้ง 100 กรัม ใช้เอ็นไซม์ 187.5 กิโลกรัม

ราคาเอ็นไซม์ 210 บาท/กิโลกรัม

∴ **เอ็นไซม์ที่ใช้** = 210 × 187.5 = 39,375.0 บาท

ผงถ่าน แป้ง 100 ตัน ใช้ผงถ่าน 36.67×10^2 กิโลกรัม

ราคาผงถ่าน 20 บาท/กิโลกรัม

∴ ผงถ่านที่ใช้ = $36.67 \times 10^2 \times 20$ = 73,340 บาท

รวมค่าสารเคมีและเอ็นไซม์ = 116,657.80 บาท

ค่าการใช้อื่น ๆ = 234,400 บาท

รวม = 356,057.80 บาท

ตารางที่ ข-1

Ratio factors for estimating capital-investment items based on delivered-equipment cost

Values presented are applicable for major process plant additions to an existing site where the necessary land is available through purchase or present ownership.† The values are based on fixed-capital investments ranging from under $1 million to over $10 million.

Item	Percent of delivered-equipment cost for Solid-processing plant‡	Solid-fluid-processing plant‡	Fluid-processing plant‡
Direct costs			
Purchased equipment-delivered (including fabricated equipment and process machinery)§	100	100	100
Purchased-equipment installation	45	39	47
Instrumentation and controls (installed)	9	13	18
Piping (installed)	16	31	66
Electrical (installed)	10	10	11
Buildings (including services)	25	29	18
Yard improvements	13	10	10
Service facilities (installed)	40	55	70
Land (if purchase is required)	6	6	6
Total direct plant cost	264	293	346
Indirect costs			
Engineering and supervision	33	32	33
Construction expenses	39	34	41
Total direct and indirect plant costs	336	359	420
Contractor's fee (about 5% of direct and indirect plant costs)	17	18	21
Contingency (about 10% of direct and indirect plant costs)	34	36	42
Fixed-capital investment	387	413	483
Working capital (about 15% of total capital investment)	68	74	86
Total capital investment	455	487	569

† Because of the extra expense involved in supplying service facilities, storage facilities, loading terminals, transportation facilities, and other necessary utilities at a completely undeveloped site, the fixed-capital investment for a new plant located at an undeveloped site may be as much as 100 percent greater than for an equivalent plant constructed as an addition to an existing plant.

‡ See Table 8 for definition of types of process plants.

§ Includes pumps and compressors.

ประวัติ

ชื่อ นางสาวอรพร เต็มวาณิชย์

การศึกษา 2520 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2524 วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เคมีเทคนิค)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย