เอกสารอ้างอิง

1. ปัญญา พิทักษ์กุล, มานิจ ทองประเสริฐ และ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, "การใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในอุตสาหกรรมอบแห้งข้าวโพด," วารสารวิศวกรรมศาสตร์, 7, 2527.

2. ประวัติ ต้นบุญเอก, "การศึกษาสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดสารพิษแอฟลาทอกซิน," หนังสือพิมพ์กสิกร, (5), 391-392, 2528.

3. สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ, "การตากแห้งเมล็ดธัญพืชในฟลูอิไดซ์เบด," วารสารเคมีวิศวกรรมเทคโนโลยีทางอาหารและเชื้อเพลิง, (2), 14, 2523.

4. บริษัททรอปิคอล เทคโนโลยี จำกัด "เหตุผลและความจำเป็นในการใช้เครื่องอบแห้งขนาดเล็ก,"

5. สมชาติ โสภรณรณฤทธิ์, การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหาร, หน้า 24, คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี, กรุงเทพมหานคร, 2528.

6. Brooker, D.B., F.W. Bakker-arkema, and C.W. Hall, Drying Cereal Grains, pp. 3, 12-14, 75, 240 The AVI Publishing Co., 1974.

7. Henderson, S.M., and R.L. Perry, Agricultural Process Engineering, pp. 300 302-306, Library of Congress Catalog Cara Number : 54-12684, 2nd ed., 1970.

8. Mujumdar, A.S., Advances in Drying, Vol. 1, pp. 121, Hemisphere Publishing Co., 1980.

9. Perry, R.H., Chemical Engineers' Handbook, pp. 3-206, 12-4, 20-5, 10-10, 20-11, McGraw-Hill Book Col., 5 th, ed., 1973.

10. Harold, K.W., Grain Crop, pp. 312, McGraw-Hill Book Co., 1955.

11. Kuni, D., and O. Levenspil, Fluidizaiton Engineering, pp. 8-9, Wiley, 1969.

12. Leva, M., Fluidization, pp. 6-7, McGraw-Hill Book Co., 1959.

13. Land, C.M. van't., "Selection of Industrial Dryer," Chemical Engineering, Vol. 91, No. 5, pp. 54-57, McGraw-Hill Publication, 1984.

14. Herron, D., and D. Hummel, "How to Select Polymer Drying Equipment," Chemical Engineering Process, Vol. 76, No. 1, pp. 45 American Institute of Chemical Engineers, New York, 1980.

15. Keey, R.B., Drying Principles and Practice, pp. 190-191, Pergamon Press, 1972.

16. กมลรัตน์ พันธุ์อารยะ, "เทคนิคการสลับทิศทางไหลของลมร้อนในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านเพื่อผลผลิตสูงสุด," วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

17. คนัย โพธิ์สมบูรณ์, สุนทร อุทัยถาวร และ สุรศักดิ์ เจริญยุทธ, "เครื่องอบถั่วลิสงพลังงานแสงอาทิตย์," วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2525.

18. อิทธิพล ปานงาม, "การอบและเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพดในประเทศไทย," อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม (Industrial Drying Equipment), หน้า 214-215, 219, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2523.

19. จันทนา พุทธาธร, "เฟอร์ฟูรัลจากซังข้าวโพด," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

20. A Survey of Post-harvest Information of Some Crops. Report of Agricultural Engineering Division, Ministry of Agricultural (1976).

21. อำพล เสนาณรงค์, การปลูกข้าวโพด, หน้า 26-27, 41-42, กรมส่งเสริมการเกษตร เอกสารทางวิชาการที่ 4.

22. Inglette, G.E., Corn: Culture, Processing, Products, pp. 152-153, The AVI Publishing Company Inc., 1970.

23. Matz, S.A., The Chemistry and Technology of Cereals Food and Feed, pp. 44, The AVI Publishing Company Inc., 1959.

24. ทวี ปลื้มทรัพย์, "การเก็บเมล็ดพันธุ์พืช," หน้า 6, กรมส่งเสริมการเกษตร คำแนะนำที่ 101, กรุงเทพมหานคร, 2517.

25. Lindblad, C., P. corps, and L. Druben, Small Farm Grain Storage, Vol. 1, pp. 19-20, 31-32, Vita Publication, 1980.

26. สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค, "สารแอฟลาทอกซินในเมล็ดพืช," ข่าวสารจากสำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค, 2526.

27. อรุณศรี วงษ์อุไร, การสุ่มตัวอย่างและเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์," สัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่องวิธีการตรวจสอบแอฟลาทอกซินในข้าวโพด," กรมวิชาการเกษตร, 2530.

28. กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, "เครื่องอบเมล็ดพืช-1," วารสารชมรมวิศวกรรมเกษตร, (1), 25-26, 2526.

29. อดิศร พิพัฒนวนิช และ สาวิตรี บิณฑสันต์, "การตากแห้งเมล็ดธัญพืชในฟลูอิไดซ์เบด," วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย, 2519.

30. รัตนา ศานติยานนท์, "การทำข้าวนึ่งให้แห้งในฟลูอิไดซ์เบด," วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2522.

31. สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์ และ กษิรา บิลมาศ, "การอบแห้งธัญพืชและวัสดุต่าง ๆ แบบต่อเนื่อง," วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

32. ว. นันทาภิวัฒน์, "แอฟลาทอกซิน...ในข้าวโพด," วารสารสมาคมพ่อค้าข้าวโพดและพืชพันธุ์ไทย, (17), 17-20, 2526.

33. Shank, R.C., Wogan, G.N., Gibson, J.B., and Nandasuta, A., Dictary Aflatoxins and Human Liver Cancer. III. Field Survey of Rural Thai Families for Ingested Aflatoxins. Fd. Cosmet. Toxicol. Vol. 10, pp. 71, 1972.

34. Riemann, H., and F.L., Bryan, Food-Borne Infections and Intoxications, pp. 534-555, Academic Press, 2nd ed., 1979.

35. Carnaghan, R.B.A., R.D. Hartley, and J. O'Kelly, "Toxicity and Fluorescence Properties of Aflatoxins," Nature Vol. 200, pp. 1101, 1963.

36. Rodricks, J.V., Mycotoxins and Other Fungal Related Food Problems, pp. 63, American Chemical Society, Washington D.C., 1976.

37. ธีระยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และ ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว, แอฟลาทอกซิน, หน้า 10, 136, สำนักพิมพ์ ดร.สกล พงศ์กร กรุงเทพฯ 10, 2523.

38. Watson, D.H., Natural Toxicants in Food : Progress and Prospects, pp. 132, Ellis Horwood Ltd., England, 1987.

39. สุรศักดิ์ โฆษะทัต, "แอฟลาทอกซิน...สัตว์กินตาย," หนังสือพิมพ์กสิกร, หน้า 1, 69, 2516.

40. Nesbitt, B.F., J. O'Kelly, and J. Sargeant, "Toxic Metabolites of Aspergillus flavus," Nature Vol. 195, pp.1062-1063, 1962.

41. Detroy, R.W., E.B. Lillehoj, and A. Ciegler, Aflatoxin and Related Compounds in Microbial Toxins, (Cieglar, A., Kadia, S. Ajl, S.L.) vol. 6, Academic Press 1971.

42. Maurice, M., Moulds, Toxins & Food, pp. 20, 72, John Wiley & Sons Ltd., 1979.

43. Lamp, B.J., and W.H. Johnson, Principles, Equipment and Systems for Corn Harvesting, pp. 198. Agricultural Consulting Associates Inc., 1966.

44. Gustafson, R.J., and S. Sokhausauj, "Prediction of Heat and Mass Transter within a Grain Rernel-A Finite Element Application," Drying'80 (Mujumdar, A.S.), Vol. 2, pp. 232, Hemisphere Publishing Co., 1980.

45. Kipec, J., "Comments on Modelling and Simulation of a Continuous Fluidized-bed Dryer," Chemical Engineering Science, Vol. 42, No. 12, pp. 2984, Pergamon Journals Ltd., 1987.

46. Purchase, I.F.H., Mycotoxins, pp. 6, Esevier Scientific Publishing Company, 1974.

47. Hein, H., and Schroeder H.W., "Aflatoxins : Production of the Toxins in Vitro in Relation to Temperature," Applied Microbiology, Vol. 15, No. 2, pp. 441-445, Amercan Society for Microbiology, 1967.

48. Schindler, A.F., J.G. Palmer, and W.V. Eisenberg, "Aflatoxin Production by Aspergillus flavus as Related to various Temperature," Applied Microbiology, Vol. 15, No. 5, pp. 1006-1009, American Society for Microbiology, 1967.

49. Plance, B., "A Mathematical Model for Continuous Fluidized Bed Drying," Chemical Engineering Science, Vol. 38, No. 7, pp. 1045, 1054, 1056, Pergamon Press Ltd., 1983.

50. บริษัทเอสโซ่แสตนดาร์ด ประเทศไทย จำกัด, "Cost of Fuels VS Heating Value"

51. Erckhoff, J. Tuite, G.H. Foster, R.A. Anderson, and M.R. Okos, "Inhibition of Microbial Groth during Ambient Air Corn Drying Sulfur Dioxide," Transaction of the ASAE, Vol. 27, No. 3, pp. 907, American Society of Agricultural Engineers, 1984.

52. Perry, R.H., Perry's Chemical Engineers' Handbook, pp. 1-18, 3-75, McGraw-Hill Book Co., 6th ed., 1984.

53. กัญจนา บุณยเกียรติ, การคำนวณขั้นต้นในวิชาวิศวกรรมเคมี เล่มที่ 2 สมดุลมวลสารและสมดุลพลังงาน, หน้า 8-38, ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2525.

54. Association of Official Analytical Chemists in Official Method of Association of Official Analytical Chemists, pp. 481-482, Bengamin Franklin Station, Washington D.C., 1984.

55. วัชราภรณ์ สุริยาภิวัฒน์, โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Daisy & SPS, หน้า 72-87, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

56. สรชัย พิศาลบุตร, สถิติเพื่อการวิเคราะห์และการวิจัย, หน้า 292-293, ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชย์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ก. 1 ประกาศกระทรวงพาณิชย์

เรื่อง กำหนดให้ข้าวโพดเป็นสินค้ามาตรฐานและมาตรฐานสินค้าข้าวโพด

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 4 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าออก พ.ศ. 2503 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าขาออก (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2522 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพาณิชย์โดยคำแนะนำของคณะกรรมการมาตรฐานสินค้าออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิก

(1) ประกาศกระทรวงเศรษฐการ เรื่องมาตรฐานข้าวโพด ลงวันที่ 25 กรกฎาคม 2504

(2) ประกาศกระทรวงเศรษฐการ เรื่องมาตรฐานข้าวโพด (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 11 พฤษภาคม 2515

(3) ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่องมาตรฐานข้าวโพด (ฉบับที่ 3) ลงวันที่ 29 กรกฎาคม 2517

(4) ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่องมาตรฐานข้าวโพด (ฉบับที่ 4) ลงวันที่ 16 ตุลาคม 2517

(5) ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่องมาตรฐานข้าวโพด (ฉบับที่ 5) ลงวันที่ 4 มิถุนายน 2525

ข้อ 2 ในประกาศนี้

"ข้าวโพด" หมายความว่า เมล็ดของข้าวโพดที่กะเทาะออกจากฝักแล้ว

ข้อ 3 ให้กำหนดข้าวโพดเป็นสินค้ามาตรฐาน

ข้อ 4 ให้กำหนดมาตรฐานสินค้าข้าวโพดไว้ตามรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ข้อ 5 ในกรณีที่มีประกาศ ระเบียบ หลักเกณฑ์หรือใบสำคัญแสดงการจดทะเบียนเป็นผู้ทำการค้าขาออกซึ่งสินค้ามาตรฐาน ใบอนุญาตให้เป็นประกอบธุรกิจตรวจสอบมาตรฐาน

สินค้า ใบอนุญาตให้เป็นผู้ตรวจสอบมาตรฐานสินค้า หรือเอกสารอื่นใด ซึ่งได้ออกไว้และหรือออกให้ไว้ตามและหรืออาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าขาออก พ.ศ. 2503 ก่อนประกาศนี้มีผลใช้บังคับ ได้ระบุหรืออ้างถึงข้าวโพดที่กำหนดและหรือเป็นสินค้ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงเศรษฐการ เรื่องมาตรฐานข้าวโพด ลงวันที่ 25 กรกฎาคม 2504 ข้าวโพดตามที่ระบุหรืออ้างถึงดังกล่าวให้หมายความถึงและมีความหมายเดียวกันกับข้าวโพดที่กำหนดให้เป็นสินค้ามาตรฐานตามประกาศฉบับนี้ด้วย

ประกาศฉบับนี้มีผลใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนด 60 วัน นับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 13 มีนาคม 2527

(ลงชื่อ) โกศล ไกรฤกษ์

(นายโกศล ไกรฤกษ์)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพาณิชย์

มาตรฐานสินค้าข้าวโพด

ข้อ 1 คำนิยาม

(1) "ข้าวโพด" หมายความว่า เมล็ดของข้าวโพดที่กะเทาะออกจากฝักแล้ว

(2) "เมล็ดดี" หมายความว่า เมล็ดที่ไม่ลีบ ไม่เสีย ไม่ถูกแมลงทำลาย ไม่แตก และไม่ใช่เมล็ดสีอื่น

(3) "เมล็ดสีอื่น" หมายความว่า เมล็ดที่มีสีไม่ตรงตามที่ตกลงกัน

(4) "เมล็ดลีบ" หมายความว่า เมล็ดที่มีลักษณะลีบผิดปกติ

(5) "เมล็ดเสียบางส่วน" หมายความว่า เมล็ดเน่า ขึ้นรา หรือไม่มีแป้งแต่บางส่วน

(6) "เมล็ดเสียมาก" หมายความว่า เมล็ดเน่า ขึ้นรา หรือไม่มีแป้งทั้งเมล็ด หรืองอก

(7) "เมล็ดที่ถูกแมลงทำลาย" หมายความว่า เมล็ดที่ถูกแมลงกัดหรือเจาะ

(8) "เมล็ดแตก" หมายความว่า เมล็ดที่แตกเป็นชิ้นเหลืออยู่น้อยกว่ากึ่งหนึ่งของเมล็ดเต็มที่มีลักษณะสมบูรณ์ตามพันธุ์ และไม่ใช่เมล็ดลีบ เมล็ดเสีย หรือเมล็ดที่ถูกแมลงทำลาย

(9) "วัตถุอื่น" หมายความว่า วัตถุที่ไม่ใช่ข้าวโพด

ข้อ 2 ให้แบ่งมาตรฐานสินค้าข้าวโพดออกเป็น 2 ชั้น ดังนี้

(1) ข้าวโพดชั้นหนึ่ง

(2) ข้าวโพดชั้นสอง

ข้อ 3 ให้กำหนดมาตรฐานสินค้าของข้าวโพดแต่ละชั้นไว้ ดังต่อไปนี้

ก ข้าวโพดชั้นหนึ่ง ต้องเป็นเมล็ดดี หากจะมี

(1) เมล็ดสีอื่น ต้องไม่เกินร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก

(2) เมล็ดเสียบางส่วนและเมล็ดเสียมากรวมกัน ต้องไม่เกินร้อยละ 4.0 โดยน้ำหนัก แต่เมล็ดเสียมากต้องไม่เกินร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก

(3) เมล็ดที่ถูกแมลงทำลาย ต้องไม่เกินร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก

(4) เมล็ดแตกและเมล็ดลีบรวมกัน ต้องไม่เกินร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก

(5) วัตถุอื่น ต้องไม่เกินร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก และต้องไม่มีเมล็ดพืชน้ำมันหรือวัตถุมีพิษ

(6) ความชื้นโดยเฉลี่ย ต้องไม่เกิน 14.5 โดยน้ำหนัก แต่ต้องไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งมีความชื้นเกินร้อยละ 15.0 โดยน้ำหนัก

ข ข้าวโพดชั้นสอง ต้องเป็นเมล็ดดี หากจะมี

(1) เมล็ดสีอื่น ต้องไม่เกินร้อยละ 3.0 โดยน้ำหนัก

(2) เมล็ดเสียบางส่วนและเมล็ดเสียมารวมกัน ต้องไม่เกินร้อยละ 6.0 โดยน้ำหนัก แต่เมล็ดเสียมากต้องไม่เกินร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก

(3) เมล็ดที่ถูกแมลงทำลาย ต้องไม่เกินร้อยละ 3.0 โดยน้ำหนัก

(4) เมล็ดแตก และเมล็ดลีบรวมกันต้องไม่เกินร้อยละ 3.0 โดยน้ำหนัก

(5) วัตถุอื่น ต้องไม่เกินร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก และต้องไม่มีเมล็ดพืชน้ำมันหรือวัตถุมีพิษ

(6) ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 15.5 โดยน้ำหนัก

ข้อ 4 ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งหรือปัญหาข้อพิพาทใด ๆ เกี่ยวกับข้อ 3 ให้ถือตัวอย่างที่สำนักงานมาตรฐานสินค้าจัดทำขึ้นครั้งหลังสุดเป็นมาตรฐาน

ข้อ 5 ในกรณีที่มีการซื้อขายข้าวโพดตามตัวอย่าง หรือเงื่อนไขที่คู่กรณีตกลงกันไว้ต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานมาตรฐานสินค้า และข้าวโพดนั้นต้องมีมาตรฐานไม่ต่ำกว่าตัวอย่างหรือเงื่อนไขที่คู่กรณีตกลงกันไว้

ข้อ 6 ในกรณีที่มีการส่งข้าวโพดออกโดยบรรจุกระสอบ กระสอบที่ใช้บรรจุต้องเป็นกระสอบปานใหม่ที่มีลักษณะ ขนาด และน้ำหนัก เช่นเดียวกับกระสอบบรรจุข้าวสารอยู่ในสภาพเรียบร้อยเหมาะสำหรับการส่งออก ไม่ชาด ไม่รั่ว ไม่มีกลิ่นเหม็น และต้องเย็บปากกระสอบให้แน่นด้วยเชือกปานเย็บกระสอบสองเส้นคู่ เย็บไปและกลับเที่ยวละไม่น้อยกว่า 11 เข็ม ทั้งนี้เว้นแต่ผู้สั่งซื้อจะได้ทำความตกลงกับผู้ส่งออกเกี่ยวกับลักษณะ ขนาด และน้ำหนัก ของกระสอบปานที่ใช้บรรจุ ตลอดจนการเย็บปากกระสอบไว้เป็นอย่างอื่น และผู้ส่งออกได้แจ้งรายละเอียดไว้ในคำร้องขอให้ใบรับรองมาตรฐานสินค้า

ในกรณีที่มีการส่งข้าวโพดออกโดยไม่บรรจุกระสอบ แต่มีความจำเป็นต้องใช้กระสอบบรรจุข้าวโพดบรรทุกไปกับเรือใหญ่บางส่วน เพื่อป้องกันการเคลื่อนไหวของข้าวโพดในระวางเรือที่บรรทุกออกไป กระสอบที่ใช้บรรจุข้าวโพดนั้นจะเป็นกระสอบที่ใช้แล้วก็ได้ แต่ต้องแข็งแรงทนทาน

อยู่ในสภาพเรียบร้อย ไม่ขาด ไม่รั่ว ไม่มีกลิ่นเหม็น และต้องเย็บปากกระสอบให้แน่นด้วยเชือกปาน เย็บกระสอบสองเส้นคู่ เย็บไปและกลับเที่ยวละไม่น้อยกว่า 11 เข็ม

ตารางที่ ก.1 การหักน้ำหนักข้าวโพดที่ความชื้นต่าง ๆ ของบริษัทรับซื้อข้าวโพดในประเทศไทย*

% ความชื้นข้าวโพด (น้ำหนักเปียก)	น้ำหนักที่หักต่อ 100 กก.	ปริมาณน้ำที่ต้องนำออกจากข้าวโพด (กก.)	น้ำหนักข้าวโพดที่เสียไป (กก.)
14.5	-	-	-
14.6-15.0	1	0.1-0.6	0.9-0.4
15.1-15.5	2	0.7-1.2	1.3-0.8
15.6-16.0	3	1.3-1.8	1.7-1.2
16.1-16.5	4	1.9-2.3	2.1-1.7
16.6-17.0	5	2.5-2.9	2.5-2.1
17.1-17.5	6	3.0-3.5	3.0-2.5
17.6-18.0	7	3.6-4.1	3.4-2.9
18.1-18.5	9	4.2-4.7	4.8-4.3
18.6-19.5	11	4.8-5.3	6.2-5.7
19.1-19.0	14	5.4-5.8	8.6-8.2
19.6-20.0	17	6.0-6.4	11.0-10.6
20.1-20.5	21	6.5-7.0	14.5-14.0
20.6-21.0	25	7.1-7.6	17.9-17.4
21.1-22.0	28.7	7.7-8.8	21.0-19.9
22.1-23.0	32.3	8.9-9.9	23.4-22.4
23.1-24.0	35	10.1-11.1	24.9-23.9
24.1 ขึ้นไป	40	11.2 ขึ้นไป	28.8

*ปริมาณน้ำที่นำออกจากข้าวโพดให้เหลือความชื้น 14.5% จากข้าวโพดชื้นเริ่มต้นต่าง ๆ 100 กก.

ก.2 <u>คำนวณหาความจุความร้อนของข้าวโพด</u>

ใช้ข้อมูลในหัวข้อ 5.3

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ $\Delta H = mC_p\Delta T$

ΔH = เอนทาลปี, กิโลแคลอรี

m = มวลของสาร, กก.

C_p = ความจุความร้อนของสาร, กิโลแคลอรี/กก. °ซ

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิของสาร 2 ชนิด, °ซ

<u>หา Water Equivalent ของกระติกน้ำ</u>

ความร้อนเพิ่ม = ความร้อนลด

น้ำ + กระติกน้ำ = ลูกปืนเหล็ก

$(mC_p\Delta T)_{น้ำ} + (mC_p\Delta T)_{กระติกน้ำ} = (mC_p\Delta T)_{ลูกปืนเหล็ก}$

Water Equivalent ของกระติกน้ำ $= \left[(mC_p\Delta T)_{ลูกปืนเหล็ก} - (mC_p\Delta T)_{น้ำ}\right] / \Delta T_{กระติกน้ำ}$

$$= \left[\frac{500 \text{ กรัม} \mid 0.12 \text{ แคลอรี} \mid 80-35 \text{ °ซ}}{\text{กรัม °ซ}} - \frac{400 \text{ กรัม} \mid 1 \text{ แคลอรี} \mid 35-30 \text{ °ซ}}{\text{กรัม °ซ}}\right] / 35-30 \text{ °ซ}$$

= 248 แคลอรี/°ซ

<u>หาค่าความจุความร้อนของข้าวโพด</u>

$(mC_p\Delta T)_{น้ำ} + (mC_p\Delta T)_{กระติกน้ำ} = (mC_p\Delta T)_{ข้าวโพด}$

$$\text{ความจุความร้อนของข้าวโพด} = \frac{\frac{700 \text{ กรัม} \mid 1 \text{ แคลอรี} \mid 41.5-31 \text{ °ซ}}{\text{กรัม °ซ}} + \frac{248 \text{ แคลอรี} \mid 41.5-31 \text{ °ซ}}{\text{°ซ}}}{500 \text{ กรัม} \mid 80-41.5 \text{ °ซ}}$$

= 0.5171 แคลอรี/กรัม. °ซ (กิโลแคลอรี/กก. °ซ)

<u>หมายเหตุ</u> : ความจุความร้อนของลูกปืนเหล็ก = 0.12 แคลอรี/กรัม. °ซ

ความจุความร้อนของน้ำ = 1.00 แคลอรี/กรัม. °ซ

ความจุความร้อนของข้าวโพด

จากการคำนวณพบว่า ความจุความร้อนของข้าวโพดมีค่า 0.5171 กิโลแคลอรี/กก. °ซ เพื่อใช้ในการทาเอนทาลปีของข้าวโพดขาเข้าและออกจากเครื่องอบแห้ง เนื่องจากได้สมมติให้อุณหภูมิของข้าวโพดขาเข้าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของบรรยากาศ แทนที่จะเท่ากับอุณหภูมิอ้างอิงคือ 25 °ซ ซึ่งที่จริงแล้วไม่ควรเท่ากับ 25 °ซ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศในเขตอากาศร้อน ดังนั้นส่วนใหญ่จะมีอุณหภูมิกระเปาะแห้งมากกว่า 30 °ซ (ขณะที่ประเทศทางทวีปอเมริกาและยุโรปอากาศส่วนใหญ่จะหนาว) ข้าวโพดจะมีการปรับความดันไอภายในเมล็ด-ข้าวโพดให้สมดุลกับความดันไอบรรยากาศ ทำให้การสมมติให้อุณหภูมิของข้าวโพดเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้ง จะมีค่าใกล้เคียงอุณหภูมิของข้าวโพดมากที่สุด ส่วนอุณหภูมิข้าวโพดขาออกจะใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดค่าออกมา

ภาคผนวก ข

การคำนวณ

การคำนวณด้านการอบแห้งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการคำนวณการค่าใช้-จ่ายในการผึ่งแดด โดยใช้ข้อมูลของหัวข้อ 5.4 และดูรูปประกอบในรูปที่ 4.2-4.5 และส่วนหลังเป็นการคำนวณการอบแห้งที่ใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชัน ซึ่งใช้ข้อมูลจากการทดลองในตารางที่ 5.8 การทดลองที่ 3

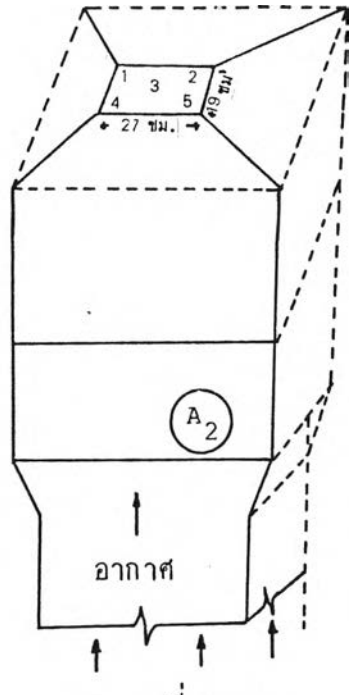
ข.1 <u>คำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผึ่งแดด</u>

ผ่ากระสอบแล้วเทลงพื้นซีเมนต์กระสอบละ	0.75	บาท
ผึ่งแดดแล้วเก็บใส่กระสอบลูกละ	0.75	บาท
ชั่งน้ำหนักข้าวโพดกระสอบละ	1.25	บาท
ค่าแรงงาน + ค่าสึกหรอของเครื่องเกลี่ยข้าวโพดกระสอบละ	4.00	บาท
ค่าน้ำมันดีเซลลิตรละ	6.45	บาท
การผึ่งแดด 1 วัน ใช้น้ำมันดีเซลทั้งหมด	10	ลิตร
ข้าวโพดทั้งหมดที่ใช้ผึ่งแดด	590	กก.

$$\text{รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผึ่งแดด} = \frac{(0.75+0.75+1.25+4.00)\text{บาท}}{100\ \text{กก.}} + \frac{6.45\ \text{บาท}}{\text{ลิตร}} \Big| \frac{10\ \text{ลิตร}}{590\ \text{กก}}$$

$$= 0.18\ \text{บาท/กก.}$$

ข.2 คำนวณความเร็วอากาศที่ใช้อบแห้ง



(จากรูปที่ 5.1)

ข้อมูลจากตารางที่ 5.1

$$\text{ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ} = \frac{\text{ผลรวมความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ตำแหน่ง } (1) - (5)}{\text{จำนวนตำแหน่งที่วัดความเร็วอากาศ}}$$

$$= \frac{974.4 + 964.5 + 995.5 + 972.2 + 974.4 \text{ ม.}}{\text{นาที}} \left| \frac{}{5} \right| \frac{60 \text{ นาที}}{\text{ชม.}}$$

$$= 58572 \text{ ม./ชม.}$$

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ $q = uA$

q = อัตราการไหลของอากาศ, ม.^{3}/ชม.

u = ความเร็วอากาศ, ม./ชม.

A = จุดที่วัดความเร็วมีพื้นที่, ม.^{2}

$$q = \frac{58572 \text{ ม.}}{\text{ชม.}} \left| \frac{(27)\ (19) \text{ ซม.}^2}{} \right| \frac{\text{ม.}^2}{10^4 \text{ ซม.}^2}$$

$$= 3004.7 \quad \text{ม.}^3\text{/ชม.}$$

จากรูปที่ 3.1 ณ ตำแหน่ง A_2 เป็นจุดที่เป็นความเร็วของอากาศใช้ในการอบแห้ง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ $U_2A_2 = UA$

$$U_2 = \frac{58572 \text{ ม.}}{\text{ชม.}} \left| \frac{(27)(19) \text{ ซม.}^2}{} \right| \frac{}{(75)(30) \text{ ซม.}^2}$$

$$= 13354.4 \text{ ม./ชม.}$$

ข.3 คำนวณเวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่องอบแห้ง

ปริมาณข้าวโพดที่ค้างในตัวเครื่อง 36.5 กก.

อัตราการไหลออกของข้าวโพด 93 กก./ชม.

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง $= \frac{\text{ปริมาณข้าวโพดที่ค้างในตัวเครื่อง}}{\text{อัตราการไหลออกของข้าวโพด}}$

$= \frac{36.5 \text{ กก.} \mid \text{ชม.} \mid 60 \text{ นาที}}{\quad \mid 93 \text{ กก.} \mid \text{ชม.}}$

$= 23.6$ นาที

ข.4 คำนวณปริมาณไอน้ำ

ข.4.1 คำนวณปริมาณไอน้ำที่มีในอากาศ

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (95 °ฟ) 35 °ซ

อุณหภูมิกระเปาะเปียก (80.6 °ฟ) 27 °ซ

จากค่าอุณหภูมิทั้งสองนำไปหาค่าปริมาณความชื้นที่มีในอากาศ (9)

ปริมาณความชื้นในอากาศ $=$ 0.0195 ปอนด์ไอน้ำ/ปอนด์อากาศแห้ง

$= \frac{0.0195 \mid 29}{\quad \mid 18}$ ปอนด์โมลไอน้ำ/ปอนด์โมลอากาศแห้ง

$=$ 0.0314 ปอนด์โมลไอน้ำ/ปอนด์โมลอากาศแห้ง

$=$ 0.0314 กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง

ข.4.2 คำนวณปริมาณไอน้ำ, ก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้

ก๊าซแอลพีจีเป็นอัตราส่วนของก๊าซ 2 ชนิดผสมกัน คือ โปรเพนและบิวเทน ในอัตราส่วน 70:30 (น้ำหนักโมเลกุลของโปรเพนและบิวเทนเท่ากับ 44 และ 58 ตามลำดับ)

ก๊าซแอลพีจี 1 กิโลกรัมโมล มีโปรเพน (C_3H_8) 0.7 กิโลกรัมโมล

บิวเทน (C_4H_{10}) 0.3 กิโลกรัมโมล

ก๊าซแอลพีจี 1 กิโลกรัมโมลหนัก $= \frac{0.7 \text{ กิโลกรัมโมล} \mid 44}{\quad \mid} + \frac{0.3 \text{ กิโลกรัมโมล} \mid 58}{\quad \mid}$

$= 30.8 + 70.4$

$= 48.2$ กก.

ปริมาณก๊าซแอลพีจีที่ใช้เท่ากับ 4.23 กก. ใน 1 ชม.

สมการ การเผาไหม้ก๊าซแอลพีจีแบบสมบูรณ์

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

ปริมาณโปรเพนที่ใช้ = $\frac{0.7 \text{ กิโลกรัมโมล}}{\text{ชม.}} \mid \frac{4.23 \text{ กก.}}{48.2 \text{ กก.}}$

= 0.0614 กิโลกรัมโมล/ชม.

$$C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(g)}$$

ปริมาณบิวเทนที่ใช้ = $\frac{0.3 \text{ กิโลกรัมโมล}}{\text{ชม.}} \mid \frac{4.23 \text{ กก.}}{48.2 \text{ กก.}}$

= 0.0263 กิโลกรัมโมล/ชม.

ปริมาณก๊าซออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ = $\frac{5 \text{ กิโลกรัมโมล}}{1 \text{ กิโลกรัมโมล}} \mid \frac{0.0614 \text{ กิโลกรัมโมล}}{\text{ชม.}} +$

$\frac{\frac{13}{2} \text{ กิโลกรัมโมล}}{1 \text{ กิโลกรัมโมล}} \mid \frac{0.0263 \text{ กิโลกรัมโมล}}{\text{ชม.}}$

= 0.4780 กิโลกรัมโมล/ชม.

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด = $\frac{3 \text{ กิโลกรัมโมล}}{1 \text{ กิโลกรัมโมล}} \mid \frac{0.0614 \text{ กิโลกรัมโมล}}{\text{ชม.}} +$

$\frac{4 \text{ กิโลกรัมโมล}}{1 \text{ กิโลกรัมโมล}} \mid \frac{0.0263 \text{ กิโลกรัมโมล}}{\text{ชม.}}$

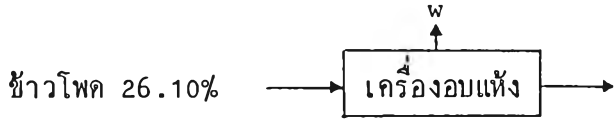
= 0.2894 กิโลกรัมโมล/ชม.

ปริมาณไอน้ำทั้งหมดที่เกิดจากการเผาไหม้ = $\frac{4 \text{ กิโลกรัมโมล}}{1 \text{ กิโลกรัมโมล}} \mid \frac{0.0614 \text{ กิโลกรัมโมล}}{} +$

$\frac{5 \text{ กิโลกรัมโมล}}{1 \text{ กิโลกรัมโมล}} \mid \frac{0.0263 \text{ กิโลกรัมโมล}}{\text{ชม.}}$

= 0.3771 กิโลกรัมโมล/ชม.

ข.4.3 คำนวณปริมาณไอน้ำที่ระเหยออกจากข้าวโพด



ให้ w เป็นปริมาณไอน้ำที่ระเหยออกจากข้าวโพด (กก./ชม.)

ความชื้นข้าวโพดเริ่มต้น	26.10	%
ความชื้นข้าวโพดหลังการอบแห้ง	15.14	%
อัตราการไหลออกของข้าวโพด	93	กก./ชม.

สมดุลน้ำ

$$0.2610(93 + w) = 0.1514\ (93) + w$$

$$24.2730 + 0.2610 = 14.7312 + w$$

$$w = \frac{9.5418}{0.7390}$$

$$= 12.9 \text{ กก./ชม.}$$

อัตราการป้อนข้าวโพดเข้า 93 + 12.9 = 105.9 กก./ชม.

ข.5 คำนวณเอนทาลปีที่เข้าเครื่องอบแห้ง

ข.5.1 คำนวณปริมาณก๊าซไนโตรเจนและออกซิเจนที่ออกจากเครื่องผลิตอากาศร้อน

หลักอ้างอิง อุณหภูมิอ้างอิง 25 °ซ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ $PV = nRT_i$

P = ความดันบรรยากาศ, บาร์

V = ปริมาตรอากาศที่เข้าเครื่องอบแห้ง, ม.^{3}/ชม.

n = ปริมาณอากาศ, กิโลกรัมโมล/ชม. หรือ กก./ชม.

R = ค่าคงที่ก๊าซ, บาร์.ม.^{3}/กิโลกรัมโมลอากาศชื้น เคลวิน (52)

T_i = อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า, °ซ

$$n = \frac{1.013 \text{ บาร์} \mid 3004.7 \text{ ม.}^3/\text{ชม.} \mid \text{กิโลกรัมโมลอากาศชื้น เคลวิน} \mid}{\mid 0.08312 \text{ บาร์.ม.}^3 \mid (90+273) \text{ เคลวิน}}$$

$$= 100.8784 \text{ กิโลกรัมโมลอากาศชื้น/ชม.}$$

จำนวนโมลทั้งหมดของอากาศชื้นที่เข้าเครื่องอบแห้ง ประกอบด้วยก๊าซชนิดต่าง ๆ คือ

ก๊าซ		กิโลกรัมโมล/ชม.
ไอน้ำจากบรรยากาศ	$\frac{0.0314 \text{ กิโลกรัมโมลไอน้ำ}}{1.0314 \text{ กิโลกรัมโมลอากาศชื้น}} \mid \frac{100.8784 \text{ กิโลกรัมโมลอากาศชื้น}}{\text{ชม.}}$	= 3.0711
ไอน้ำจากการเผาไหม้		= 0.3771
คาร์บอนไดออกไซด์		= 0.2894
ไนโตรเจน ออกซิเจน	= 100.8784 - 3.0712 - 0.3771 - 0.2894	= 97.1428

ปริมาณก๊าซออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการเผาไหม้ 0.4780 กิโลกรัมโมล/ชม.

ก๊าซ	กิโลกรัมโมล/ชม.	เครื่องผลิตอากาศร้อน	ก๊าซ	กิโลกรัมโมล/ชม.
N_2	= 97.1408 - y	→	N_2	= 97.1408 - y
O_2	= y + 0.4780	→	O_2	= y

ในบรรยากาศประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจนและออกซิเจนอย่างละร้อยละ 79 และ 21 ตามลำดับ

ให้ y เป็นปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ออกจากเครื่องผลิตอากาศร้อน

$$\frac{(y + 0.4780)}{(97.1408 - y)} = \frac{21}{79}$$

$$79y + 37.7620 = 2039.9568 - 21y$$

$$y = \frac{2002.1948}{100}$$

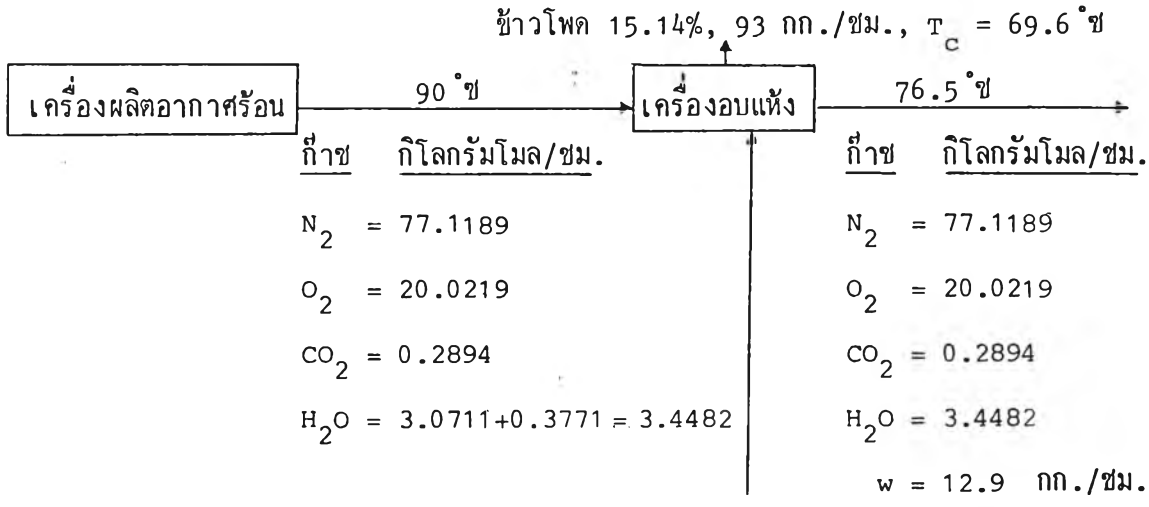
$$= 20.0219 \text{ กิโลกรัมโมล/ชม.}$$

ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ออกจากเครื่องผลิตอากาศร้อน = 20.0219 กิโลกรัมโมล/ชม.

ปริมาณก๊าซไนโตรเจนที่ออกจากเครื่องผลิตอากาศร้อน = 97.1408 - 20.0219

= 77.1189 กิโลกรัมโมล/ชม.

ข.5.2 คำนวณเอนทาลปีของอากาศที่เข้าเครื่องอบแห้ง



สูตรที่ใช้ในการคำนวณ $\Delta H = nC_{pm}\Delta T$

ΔH = เอนทาลปี, กิโลแคลอรี/ชม.

n = ปริมาณอากาศ, กิโลกรัมโมล/ชม. หรือ กก./ชม.

C_{pm} = ความจุความร้อนเฉลี่ยของสาร, กิโลแคลอรี/กิโลกรัมโมล °ซ (53)

ΔT ผลต่างของอุณหภูมิ, °ซ

เอนทาลปีของก๊าซชนิดต่าง ๆ ที่เข้าเครื่องอบแห้ง

ก๊าซ	n (กิโลกรัมโมล/ชม.)	C_{pm} 25-90°ซ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัมโมล °ซ)	ΔT (°ซ)	ΔH (กิโลแคลอรี/ชม.)
ไนโตรเจน	77.1189	6.9687	90-25 = 65	34932.4
ออกซิเจน	20.0219	7.0720	65	9203.7
คาร์บอนไดออกไซด์	0.2894	9.2007	65	173.1
ไอน้ำ	3.4482	8.0720	65	1809.2
	จำนวนเอนทาลปีของอากาศทั้งหมดที่เข้าเครื่องอบแห้ง			Σ 46118.1

ข.5.3 คำนวณเอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง

ให้อุณหภูมิของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้งเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้ง 35 °ซ

อัตราการป้อนข้าวโพดเข้าเครื่องอบแห้ง 105.9 กก./ชม.

ความจุความร้อนของข้าวโพด 0.5171 กิโลแคลอรี/กก. °ซ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ $\Delta H = nC_{pm}\Delta T$

$$\Delta H = \frac{105.9 \text{ กก./ชม.} \mid 0.5171 \text{ กิโลแคลอรี/กก. °ซ} \mid 35 - 25 \text{ °ซ}}{}$$

$= 547.6$ กิโลแคลอรี/ชม.

ข.6 คำนวณเอนทาลปีที่ออกจากเครื่องอบแห้ง

ข.6.1 คำนวณเอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ $\Delta H = nC_{pm}\Delta T$

จากรูปใน ข.5.2 เอนทาลปีของก๊าซชนิดต่าง ๆ ที่ออกจากเครื่องอบแห้ง

ก๊าซ	n (กิโลกรัมโมล/ชม.)	C_{pm} 25-76 °ซ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัมโมล °ซ)	ΔT (°ซ)	ΔH (กิโลแคลอรี/ชม.)
ไนโตรเจน	77.1189	6.9668	76-25=51	27400.9
ออกซิเจน	20.0219	7.0608	51	7209.9
คาร์บอนไดออกไซด์	0.2894	9.1361	51	134.8
ไอน้ำ	3.4482	8.0608	51	1417.6
จำนวนเอนทาลปีของอากาศทั้งหมดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง			Σ	36163.1

ข.6.2 คำนวณเอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ $\Delta H = nC_{pm}\Delta T$

อัตราการไหลออกของข้าวโพด 93 กก./ชม.

ความจุความร้อนของข้าวโพด 0.5171 กิโลแคลอรี/กก. °ซ

อุณหภูมิเมล็ดข้าวโพดหลังอบแห้ง 69.6 °ซ

$$\Delta H = \frac{93 \text{ กก.}}{\text{ชม.}} \left| \frac{0.5171 \text{ กิโลแคลอรี}}{\text{กก.}\ ^\circ\text{ช}} \right| 69.6 - 25\ ^\circ\text{ช}$$

$$= 2144.8 \text{ กิโลแคลอรี/ชม.}$$

ข.7 คำนวณเอนทาลปีที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากข้าวโพด

ให้อุณหภูมิของไอน้ำที่ออกจากเครื่องอบแห้ง = อุณหภูมิอากาศร้อนขาออก

(168.8 °ฟ) = 76 °ช

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (95 °ฟ) = 35 °ช

ปริมาณไอน้ำที่ระเหยออกจากข้าวโพด 12.9 กก./ชม.

ที่ 168.8 °ฟ เอนทาลปีของไอน้ำอิ่มตัว 1133.2 บีทียู/ปอนด์

95 °ฟ เอนทาลปีของน้ำอิ่มตัว 63.0 บีทียู/ปอนด์

$$\Delta H = \frac{12.9 \text{ กก.}}{\text{ชม.}} \left| \frac{1133.2 - 63.0 \text{ บีทียู}}{\text{ปอนด์}} \right| \frac{2.2 \text{ ปอนด์}}{\text{กก.}} \left| \frac{0.252 \text{ กิโลแคลอรี}}{\text{บีทียู}} \right.$$

$$= 7653.8 \text{ กิโลแคลอรี/ชม.}$$

ข.8 คำนวณเอนทาลปีสูญเสีย

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ (จากรูปใน ข.5.2)

เอนทาลปีสูญเสีย = เอนทาลปีของอากาศที่เข้าเครื่องอบแห้ง + เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง − เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง − เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง − เอนทาลปีที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากข้าวโพด

= 46118.1 + 547.6 − 36163.1 − 2144.8 − 7653.8

= 704.0 กิโลแคลอรี/ชม.

ข.9 คำนวณประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\% \text{ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง} = \left[\frac{\text{เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด}}{\text{เอนทาลปีของอากาศที่เข้าเครื่องอบแห้ง}} \right] 100$$

เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด = เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง + เอนทาลปีที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากข้าวโพด − เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง

$$\% \text{ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง} = \frac{2144.8 + 7653.8 - 547.6 \text{ กิโลแคลอรี} \mid \text{ชม.}}{\text{ชม.} \mid 46118.1 \text{ กิโลแคลอรี}} \mid 100$$

$$= 20.1$$

ข.10 คำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมด

ค่าใช้จ่ายทางเชื้อเพลิง

ปริมาณก๊าซแอลพีจี 4.23 กก./ชม.

ค่าก๊าซแอลพีจี 9.50 บาท/กก.

$$\text{ค่าใช้จ่ายทางเชื้อเพลิง} = \frac{4.23 \text{ กก.} \mid 9.50 \text{ บาท}}{\text{ชม.} \mid \text{กก.}}$$

$$= 40.18 \text{ บาท/ชม.}$$

ค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ 8.0 แอมแปร์

กระแสไฟฟ้าของเครื่องป้อนเมล็ดข้าวโพด 2.1 แอมแปร์

แต่เครื่องเป่าอากาศใช้มอเตอร์ 3 เฟส 380 โวลท์ มี power factor = 0.87

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ = viθ power factor

v = ความต่างศักย์, โวลท์ (จูล/วินาที แอมแปร์)

i = ปริมาณกระแสไฟฟ้า, แอมแปร์

θ เวลา, ชม.

$$\text{ปริมาณไฟฟ้าที่มอเตอร์เครื่องเป่าอากาศใช้} = \frac{380 \text{ จูล} \mid 8.0 \text{ แอมแปร์} \mid 1 \text{ ชม.} \mid 0.87 \text{ กิโลวัตต์วินาที}}{\text{วินาที แอมแปร์} \mid \mid \mid 1000 \text{ จูล}}$$

$$= 2.64 \text{ กิโลวัตต์-ชม.}$$

และเครื่องป้อนเมล็ดข้าวโพดใช้มอเตอร์ 1 เฟส 220 โวลท์

$$\text{ปริมาณไฟฟ้าที่มอเตอร์เครื่องป้อนเมล็ดข้าวโพดใช้} = viθ$$

$$= \frac{220 \text{ จูล} \mid 2.1 \text{ แอมแปร์} \mid 1 \text{ กิโลวัตต์ วินาที}}{\text{วินาที แอมแปร์} \mid \mid 1000 \text{ จูล}}$$

$$= 0.46 \text{ กิโลวัตต์-ชม.}$$

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในการอบแห้ง = 2.64 + 0.46

= 3.10 กิโลวัตต์-ชม.

ค่ากระแสไฟฟ้าสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก = 1.50 บาท/กิโลวัตต์-ชม.

ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดต่อชม. = $\frac{\text{1.50 บาท}}{\text{กิโลวัตต์-ชม.}} \Big| \frac{\text{3.10 กิโลวัตต์-ชม.}}{\text{1 ชม.}}$

= 4.65 บาท/ชม.

ค่าใช้จ่ายทั้งหมด

ค่าใช้จ่ายทางเชื้อเพลิง 40.18 บาท/ชม.

ค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้า 4.49 บาท/ชม.

อัตราการไหลออกของข้าวโพด 93 กก./ชม.

ค่าใช้จ่ายทั้งหมด = $\frac{\text{40.18 + 4.65 บาท}}{\text{ชม.}} \Big| \frac{\text{ชม.}}{\text{93 กก.}}$

= 0.48 บาท/กก.

ภาคผนวก ค

การคำนวณด้านการวิเคราะห์หาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 หลังอบแห้ง โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองในตารางที่ 5.20 การทดลองที่ 8

ค.1 <u>คำนวณหาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 หลังอบแห้ง</u>

<u>หลักอ้างอิง</u> 100 กรัมข้าวโพดชื้น

ความชื้นข้าวโพดเริ่มต้น	26.1	%
ความชื้นข้าวโพดหลังอบแห้ง	15.84	%
ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ก่อนอบแห้ง	51	ppb
ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 หลังอบแห้ง 1 เดือน	131	ppb

$$\text{ปริมาณแอฟลาทอกซิน } B_1 \text{ หลังอบแห้ง} = \frac{\left(\begin{array}{l}\text{ปริมาณแอฟลาทอกซิน } B_1 \\ \text{ก่อนอบแห้ง (ppb)}\end{array}\right) \Big/ \left(\begin{array}{l}\text{100 - ความชื้นข้าวโพด} \\ \text{หลังอบแห้ง (\%)}\end{array}\right)}{\text{100 - ความชื้นข้าวโพดเริ่มต้น (\%)}}$$

$$= \frac{51 \text{ ppb} \mid 100 - 15.84}{\mid 100 - 26.1}$$

$$= 58 \text{ ppb}$$

ค.2 <u>คำนวณหาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ที่เพิ่มขึ้นหลังอบแห้ง 1 เดือน</u>

$$\begin{array}{l}\text{ปริมาณแอฟลาทอกซิน } B_1 \text{ ที่เพิ่มขึ้น} \\ \text{หลังอบแห้ง 1 เดือน (\%)}\end{array} = \frac{\begin{array}{l}\text{ปริมาณแอฟลาทอกซิน} \\ \text{หลังอบแห้ง 1 เดือน (ppb)}\end{array} - \begin{array}{l}\text{ปริมาณแอฟลาทอกซิน } B_1 \\ \text{หลังอบแห้ง (ppb)}\end{array} \mid 100}{\text{ปริมาณแอฟลาทอกซิน } B_1 \text{ หลังอบแห้ง (ppb)} \mid}$$

$$= \frac{131 - 58 \text{ ppb} \mid 100}{58 \text{ ppb} \mid}$$

$$= 126$$

ค.3 การคำนวณย้อนกลับไปหาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ตั้งต้น

ให้ z เป็นสารตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้จากกราฟมาตรฐาน (ppb) เพื่อให้เกิดความเข้าใจดีขึ้น ดูขั้นตอนการทำงานเป็นไปตามแผนผังข้างล่างนี้

สารตัวอย่างข้าวโพดที่บดละเอียด
50 กรัม

← เติมน้ำ 25 ซม.^{3}
← คลอโรฟอร์ม 250 ซม.^{3}
← เขย่า 30 นาที
← กรอง Whatman #1

สารละลายที่กรองได้ ทำให้เป็น 200 ซม.^{3}

ปิเปต 50 ซม.^{3} ผ่านคอลัมน์

คอลัมน์ซิลิกาเจล-60 (70-230 mesh ASTM)

ล้างคอลัมน์ด้วยเฮกเซน 150 ซม.^{3}
ล้างคอลัมน์ด้วยอีเธอร์ 150 ซม.^{3}
elute ด้วยคลอโรฟอร์ม-เมทธานอล
(97:3) 150 ซม.^{3}

เก็บสารละลายที่ได้

ระเหยจนแห้ง

ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม 5 ซม.^{3}

วิเคราะห์หาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1
ด้วย HPLC 100 ไมโครลิตร

วิธีการคำนวณ

สมมติว่าสารตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้จากกราฟมาตรฐาน = z ppb

ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ในคลอโรฟอร์ม 5 ซม.^{3} = $\frac{5 \text{ ซม.}^3 \mid z \text{ ไมโครกรัม}}{1000 \text{ ซม.}^3}$

= 0.005z ไมโครกรัม

ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ในคลอโรฟอร์ม 5 ซม.^{3} จะมีจำนวนเท่ากับปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ในสารละลายที่ผ่านคอลัมน์ซิลิกาเจล-60 จำนวน 50 ซม.^{3}

ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ในคลอโรฟอร์ม 200 ซม.^{3} = $\frac{0.005z \text{ไมโครกรัม} \mid 200 \text{ ซม.}^3}{50 \text{ ซม.}^3}$

= 0.02z ไมโครกรัม

และปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ในสารละลายที่กรองได้ 200 ซม.^{3} จะมีจำนวนเท่ากับปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ในสารตัวอย่างที่วิเคราะห์ 50 กรัม

ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ในสารตัวอย่าง 1000 กรัม = $\frac{0.02z \text{ ไมโครกรัม} \mid 1000 \text{ กรัม}}{50 \text{ กรัม}}$

= 0.4z ไมโครกรัม/กก.

= 0.4z ppb

ภาคผนวก ง

ผลการคำนวณด้านการอบแห้งข้าวโพดด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบดแบบหลายชั้น

ง. 1 ผลการคำนวณของตารางที่ 5.6

ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0203	กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง	
ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0327	กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง	
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ	2.58	กิโลวัตต์/ชม.	
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องป้อนข้าวโพด	0.37	กิโลวัตต์/ชม.	
ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด	4.42	บาท/ชม.	

การทดลองที่		1	2	3	4	5
ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการสันดาป	กิโลกรัมโมล/ชม.	0.3509	0.3519	0.3595	0.3771	0.3866
ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเครื่อง	กก./ชม.	4.3	4.8	5.5	6.4	5.8
เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง	นาที	50.9	52.2	51.5	54.8	66.5
ค่าก๊าซแอลพีจี	บาท/ชม.	37.34	38.28	39.24	40.18	41.14
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/กก.	0.99	1.04	1.05	1.14	1.42
เอนทาลปีของอากาศที่ใช้อบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	33772.0	40114.4	46123.8	51822.9	57225.4
เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	263.4	259.9	267.3	258.2	215.6
เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	29261.4	35729.3	41143.9	46276.9	47537.5
เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	716.7	894.6	1150.2	1214.1	1069.0
เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด	กิโลแคลอรี/ชม.	2526.0	2839.1	3275.8	3832.4	3483.1
เอนทาลปีที่สูญเสีย	กิโลแคลอรี/ชม.	1531.3	911.5	821.2	757.7	5125.9
ประสิทธิภาพทางความร้อน	%	8.2	8.7	9.0	9.2	7.6

ง.2 ผลการคำนวณของตารางที่ 5.7

ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0192	กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง
ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0309	กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ	2.64	กิโลวัตต์/ชม.
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องป้อนข้าวโพด	0.40	กิโลวัตต์/ชม.
ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด	4.56	บาท/ชม.

การทดลองที่		1	2	3	4	5
ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการสันดาป	กิโลกรัมโมล/ชม.	0.3771	0.3866	0.3952	0.4042	0.4128
ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเครื่อง	กก./ชม.	4.6	5.6	6.2	7.3	7.0
เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง	นาที	57.8	58.3	62.5	58.9	62.5
ค่าก๊าซแอลพีจี	บาท/ชม.	40.18	41.14	42.08	43.04	43.99
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/กก.	0.86	0.88	0.96	0.93	1.00
เอนทาลปีของอากาศที่ใช้อบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	33755.5	40107.9	46118.0	51812.5	57216.5
เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	176.5	178.4	169.4	181.8	171.9
เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	29247.2	33801.6	37584.4	41423.2	43716.4
เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	705.9	1014.5	1153.8	1416.6	1426.6
เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด	กิโลแคลอรี/ชม.	2725.2	3331.3	3811.5	4387.1	4221.1
เอนทาลปีที่สูญเสีย	กิโลแคลอรี/ชม.	1253.9	3138.8	3840.7	4767.8	8024.3
ประสิทธิภาพทางความร้อน	%	9.6	10.4	10.2	10.8	9.6

ง.3 ผลการคำนวณของตารางที่ 5.8

ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0195	กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง	
ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0314	กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง	
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ	2.58	กิโลวัตต์/ชม.	
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องป้อนข้าวโพด	0.42	กิโลวัตต์/ชม.	
ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด	4.50	บาท/ชม.	

การทดลองที่		1	2	3	4	5
ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการสันดาป	กิโลกรัมโมล/ชม.	0.3595	0.3525	0.3771	0.3866	0.3952
ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเครื่อง	กก./ชม.	8.3	8.8	12.9	8.5	10.4
เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง	นาที	30.2	30.9	23.4	36.9	33.8
ค่าก๊าซแอลพีจี	บาท/ชม.	38.28	39.24	40.18	41.14	42.08
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/กก.	0.59	0.62	0.48	0.77	0.72
เอนทาลปีของอากาศที่ใช้อบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	33757.1	40105.1	46118.1	51812.7	57216.0
เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	417.8	411.6	547.6	350.6	388.8
เอนทานปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	27746.2	32800.0	36163.1	39347.1	40593.4
เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	997.2	1446.1	2144.8	1554.7	1802.7
เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด	กิโลแคลอรี/ชม.	4877.2	5199.7	7653.8	5063.9	6213.2
เอนทาลปีที่สูญเสีย	กิโลแคลอรี/ชม.	553.1	1071.5	704.0	6197.6	8995.5
ประสิทธิภาพทางความร้อน	%	16.2	15.5	20.1	12.1	13.3

ง.4 ผลการคำนวณของตารางที่ 5.9

ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0195	กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง
ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0314	กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ	2.64	กิโลวัตต์/ชม.
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องป้อนข้าวโพด	0.42	กิโลวัตต์/ชม.
ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด	4.59	บาท/ชม.

การทดลองที่		1	2	3	4	5
ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการสันดาป	กิโลกรัมโมล/ชม.	0.3509	0.3595	0.3525	0.3771	0.3866
ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเครื่อง	กก./ชม.	4.5	5.3	7.8	9.3	8.6
เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง	นาที	29.0	30.7	32.6	33.9	37.4
ค่าก๊าซแอลพีจี	บาท/ชม.	37.34	38.28	39.24	40.18	41.14
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/กก.	0.46	0.50	0.55	0.58	0.66
เอนทาลปีของอากาศที่ใช้อบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	33765.7	40106.9	46113.9	51810.7	57214.6
เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	488.6	466.9	454.5	445.7	453.0
เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	25499.6	34992.0	34738.7	36578.4	38995.1
เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	1214.7	1758.1	1731.3	1865.0	1946.3
เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด	กิโลแคลอรี/ชม.	2638.7	3138.1	4621.4	5525.6	5127.3
เอนทาลปีที่สูญเสีย	กิโลแคลอรี/ชม.	4901.7	685.2	5477.4	8287.4	11588.7
ประสิทธิภาพทางความร้อน	%	9.9	11.0	12.8	13.4	11.6

ง.5 ผลการคำนวณของตารางที่ 5.10

ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0172	กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง
ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0277	กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ	2.58	กิโลวัตต์/ชม.
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องป้อนข้าวโพด	0.44	กิโลวัตต์/ชม.
ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด	4.53	บาท/ชม.

การทดลองที่		1	2	3	4	5
ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการสันดาป	กิโลกรัมโมล/ชม.	0.4309	0.4399	0.4399	0.4575	0.4670
ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเครื่อง	กก./ชม.	6.1	7.4	7.8	11.5	11.5
เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง	นาที	28.6	26.4	23.2	24.7	23.5
ค่าก๊าซแอลพีจี	บาท/ชม.	45.88	46.84	47.78	48.74	49.68
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/กก.	0.62	0.58	0.52	0.56	0.54
เอนทาลปีของอากาศที่ใช้อบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	33746.3	40097.1	46104.3	51799.1	7202.4
เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	318.2	347.8	393.8	384.0	402.1
เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	26235.9	29142.7	25502.7	33804.0	36291.8
เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	1328.2	1596.2	1493.7	2211.1	2374.3
เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด	กิโลแคลอรี/ชม.	3597.6	4379.5	4603.2	6848.0	6871.6
เอนทาลปีที่สูญเสีย	กิโลแคลอรี/ชม.	2901.8	5327.1	14897.5	9318.7	72244.6
ประสิทธิภาพทางความร้อน	%	13.6	14.0	12.4	16.8	15.5

ง.6 ผลการคำนวณของตารางที่ 5.11

ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0212	กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง
ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0342	กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง
ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการสันดาป	0.3836	กิโลกรัมโมล/ชม.
เอนทาลปีของอากาศที่ใช้อบแห้ง	49024.9	กิโลแคลอรี/ชม.
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ	2.64	กิโลวัตต์/ชม.
ค่าก๊าซแอลพีจี	40.85	บาท/ชม.

การทดลองที่		1	2	3	4	5
ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเครื่อง	กก./ชม.	5.6	6.8	8.6	9.5	11.0
เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง	นาที	76.6	59.2	41.5	32.9	30.2
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องป้อนข้าวโพด	กิโลวัตต์/ชม.	0.42	0.44	0.44	0.44	0.44
ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด	บาท/ชม.	4.59	4.62	4.62	4.62	4.62
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/กก.	1.38	1.07	0.75	0.59	0.54
เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	113.5	145.6	204.2	253.5	277.9
เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	43405.8	42703.5	40598.1	37792.8	38493.2
เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	908.5	1160.90	1585.1	1823.6	2093.4
เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด	กิโลแคลอรี/ชม.	3371.6	4091.5	5174.7	5688.7	6605.2
เอนทาลปีที่สูญเสีย	กิโลแคลอรี/ชม.	1450.7	1213.0	1869.4	3972.5	2109.2
ประสิทธิภาพทางความร้อน	%	8.5	10.4	13.4	14.8	17.2

ง.7 ผลการคำนวณของตารางที่ 5.12

ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0232	กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง
ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0374	กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง
ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการสันดาป	0.3836	กิโลกรัมโมล/ชม.
เอนทาลปีของอากาศที่ใช้อบแห้ง	49045.6	กิโลแคลอรี/ชม.
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ	2.64	กิโลวัตต์/ชม.
ค่าก๊าซแอลพีจี	40.85	บาท/ชม.

การทดลองที่		1	2	3	4	5
ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเครื่อง	กก./ชม.	5.1	8.1	9.3	9.3	10.8
เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง	นาที	81.7	46.5	38.1	34.5	28.1
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องปอนข้าวโพด	กิโลวัตต์/ชม.	0.37	0.42	0.40	0.44	0.46
ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด	บาท/ชม.	4.52	4.59	4.56	4.62	4.65
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/กก.	1.64	0.94	0.77	0.70	0.57
เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	169.1	292.7	354.2	387.8	380.6
เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	37809.1	37107.4	35703.9	35703.2	34300.6
เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	687.9	1151.1	1371.4	1492.5	1571.5
เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด	กิโลแคลอรี/ชม.	3023.7	4799.1	5502.4	5739.1	6380.9
เอนทาลปีที่สูญเสีย	กิโลแคลอรี/ชม.	7694.0	6280.6	6822.0	6497.8	7173.2
ประสิทธิภาพทางความร้อน	%	7.2	11.5	13.3	13.9	15.4

ง.8 ผลการคำนวณของตารางที่ 5.13

ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0214	กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง
ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0345	กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง
ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการสันดาป	0.3745	กิโลกรัมโมล/ชม.
เอนทาลปีของอากาศที่ใช้อบแห้ง	49023.5	กิโลแคลอรี/ชม.
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ	2.64	กิโลวัตต์/ชม.
ค่าก๊าซแอลพีจี	39.90	บาท/ชม.

การทดลองที่		1	2	3	4	5
ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเครื่อง	กก./ชม.	5.3	7.1	7.9	8.00	7.0
เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง	นาที	71.0	50.1	37.7	33.3	32.4
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องป้อนข้าวโพด	กิโลวัตต์/ชม.	0.40	0.42	0.44	0.40	0.46
ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด	บาท/ชม.	4.56	4.59	4.62	4.56	4.65
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/กก.	1.36	0.96	0.72	0.64	0.62
เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	227.3	319.7	416.3	467.3	470.3
เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	37792.1	38484.9	37090.8	34285.3	32182.1
เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคอลรี/ชม.	785.6	1130.0	1424.7	1518.8	1487.9
เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด	กิโลแคลอรี/ชม.	3142.5	4212.9	4618.1	4727.0	4127.6
เอนทาลปีที่สูญเสีย	กิโลแคลอรี/ชม.	7530.6	5515.4	6243.2	8959.7	11696.9
ประสิทธิภาพทางความร้อน	%	7.6	10.2	11.6	11.8	10.5

ง.9 ผลการคำนวณของตารางที่ 5.14

ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0225	กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง
ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0362	กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง
ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการสันดาป	0.3479	กิโลกรัมโมล/ชม.
เอนทาลปีของอากาศที่ใช้อบแห้ง	49030.5	กิโลแคลอรี/ชม.
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ	2.64	กิโลวัตต์/ชม.
ค่าก๊าซแอลพีจี	37.05	บาท/ชม.

การทดลองที่		1	2	3	4	5
ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเครื่อง	กก./ชม.	4.3	5.5	6.2	7.2	6.4
เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง	นาที	71.8	55.4	41.4	33.4	33.7
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องปอกข้าวโพด	กิโลวัตต์/ชม.	0.40	0.44	0.46	0.48	0.51
ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด	บาท/ชม.	4.56	4.62	4.65	4.68	4.73
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/กก.	1.36	1.05	0.78	0.64	0.64
เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	120.9	159.2	205.4	252.6	247.7
เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	39902.6	39201.2	35693.0	34270.2	34290.5
เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	693.1	952.2	1048.9	1440.5	1333.1
เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด	กิโลแคลอรี/ชม.	2575.8	3292.5	3698.8	4289.4	3812.8
เอนทาลปีที่สูญเสีย	กิโลแคลอรี/ชม.	5979.9	5744.0	8795.2	9263.0	9842.0
ประสิทธิภาพทางความร้อน	%	6.4	8.3	9.3	11.2	10.0

ง.10 ผลการคำนวณของตารางที่ 5.15

ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0222	กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง
ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0358	กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง
ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการสันดาป	0.392	กิโลกรัมโมล/ชม.
เอนทาลปีของอากาศที่ใช้อบแห้ง	49036.1	กิโลแคลอรี/ชม.
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ	2.64	กิโลวัตต์/ชม.
ค่าก๊าซแอลพีจี	41.80	บาท/ชม.

การทดลองที่		1	2	3	4	5
ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเครื่อง	กก./ชม.	6.3	7.2	7.5	8.5	7.6
เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง	นาที	60.6	47.3	39.	31.7	28.2
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องป้อนข้าวโพด	กิโลวัตต์/ชม.	0.46	0.44	0.46	0.48	0.42
ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด	บาท/ชม.	4.65	4.62	4.65	4.68	4.59
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/กก.	1.25	0.97	0.81	0.65	0.58
เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	269.9	340.6	400.2	493.9	543.6
เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	40608.8	39205.3	37801.7	36397.2	33592.8
เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	836.8	1055.7	1355.8	1739.0	1890.5
เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด	กิโลแคลอรี/ชม.	3747.5	4272.3	4444.1	5029.5	4484.8
เอนทาลปีที่สูญเสีย	กิโลแคลอรี/ชม.	4116.9	4843.4	5834.7	6364.3	9611.6
ประสิทธิภาพทางความร้อน	%	8.8	10.7	11.0	12.8	11.9

ง.11 ผลการคำนวณของตารางที่ 5.16

ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0236	กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง
ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0380	กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง
ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการสันดาป	0.3388	กิโลกรัมโมล/ชม.
เอนทาลปีของอากาศที่ใช้อบแห้ง	49041.4	กิโลแคลอรี่/ชม.
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ	2.64	กิโลวัตต์/ชม.
ค่าก๊าซแอลพีจี	36.10	บาท/ชม.

การทดลองที่		1	2	3	4	5
ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเครื่อง	กก./ชม.	3.5	5.8	7.3	8.9	9.0
เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง	นาที	63.3	37.7	29.4	24.5	23.9
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องป้อนข้าวโพด	กิโลวัตต์/ชม.	0.33	0.35	0.37	0.37	0.37
ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด	บาท/ชม.	4.46	4.49	4.52	4.52	4.52
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/กก.	1.11	0.66	0.52	0.43	0.42
เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี่/ชม.	186.2	312.3	399.3	479.8	491.9
เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี่/ชม.	44826.2	43422.0	42021.4	41315.5	41315.5
เอนทาลีปของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี่/ชม.	1034.3	1664.2	2037.7	2260.2	2260.2
เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด	กิโลแคลอรี่/ชม.	2100.1	3480.2	4371.3	5318.5	5378.3
เอนทาลปีที่สูญเสีย	กิโลแคลอรี่/ชม.	1267.6	787.3	1010.3	627.0	579.3
ประสิทธิภาพทางความร้อน	%	6.0	9.8	12.2	14.5	14.6

ง.12 ผลการคำนวณของตารางที่ 5.17

ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0242	กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง
ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0390	กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง
ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการสันดาป	0.3672	กิโลกรัมโมล/ชม.
เอนทาลปีของอากาศที่ใช้อบแห้ง	49053.7	กิโลแคลอรี/ชม.
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ	2.58	กิโลวัตต์/ชม.
ค่าก๊าซแอลพีจี	39.14	บาท/ชม.

การทดลองที่		1	2	3	4	5
ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเครื่อง	กก./ชม.	4.8	6.5	8.6	8.6	11.2
เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง	นาที	66.9	48.0	36.0	31.8	27.0
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องป้อนข้าวโพด	กิโลวัตต์/ชม.	0.33	0.35	0.35	0.37	0.37
ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด	บาท/ชม.	4.36	4.40	4.40	4.4	4.4
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/กก.	1.00	0.72	0.54	0.48	0.41
เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	199.8	277.2	371.5	412.8	489.0
เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	44135.1	43432.8	40628.6	41501.8	39928.1
เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	1264.2	1670.6	2133.0	2263.7	2583.9
เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด	กิโลแคลอรี/ชม.	2891.0	3912.1	5155.0	5151.2	6713.5
เอนทาลปีที่สูญเสีย	กิโลแคลอรี/ชม.	963.2	315.2	1058.6	549.8	317.8
ประสิทธิภาพทางความร้อน	%	8.1	10.8	14.1	14.3	18.0

ง.13 ผลการคำนวณของตารางที่ 5.18

ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0164	กิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอาอากาศแห้ง
ปริมาณความชื้นในอากาศ	0.0264	กิโลกรัมโมลไอน้ำ/กิโลกรัมโมลอากาศแห้ง
ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการสันดาป	0.3754	กิโลกรัมโมล/ชม.
เอนทาลปีของอากาศที่ใช้อบแห้ง	48966.0	กิโลแคลอรี/ชม.
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ	2.58	กิโลวัตต์/ชม.
ค่าก๊าซแอลพีจี	39.99	บาท/ชม.

การทดลองที่		1	2	3	4	5
ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเครื่อง	กก./ชม.	3.3	5.2	6.00	7.9	7.7
เวลาที่เมล็ดข้าวโพดค้างอยู่ในตัวเครื่อง	นาที	56.7	41.5	34.9	27.3	26.9
ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องปอนข้าวโพด	กิโลวัตต์/ชม.	0.35	0.35	0.37	0.40	0.40
ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมด	บาท/ชม.	4.40	4.40	4.42	4.47	4.47
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/กก.	0.91	0.67	0.56	0.44	0.43
เอนทาลปีของข้าวโพดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	134.4	185.4	219.8	282.1	284.9
เอนทาลปีของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	41252.3	38448.7	42651.0	40551.0	41252.9
เอนทาลปีของข้าวโพดที่ออกจากเครื่องอบแห้ง	กิโลแคลอรี/ชม.	1208.8	1554.3	1883.2	2475.2	2607.7
เอนทาลปีที่ใช้ระเหยน้ำออกจากข้าวโพด	กิโลแคลอรี/ชม.	1983.2	3119.8	3614.5	4749.4	4632.2
เอนทาลปีที่สูญเสีย	กิโลแคลอรี/ชม.	4654.4	6029.1	1034.4	1472.5	758.7
ประสิทธิภาพทางความร้อน	%	6.2	9.2	10.8	14.2	14.2

ภาคผนวก จ

ผลการคำนวณด้านการวิเคราะห์

ผลการคำนวณด้านการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 หลังอบแห้งเมื่อเทียบกับปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 หลังอบแห้ง 1 เดือน ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการผึ่งแดด แสดงผลการคำนวณของตารางที่ 5.19 และส่วนหลังเป็นการอบแห้งโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชัน จะแสดงผลการคำนวณของตารางที่ 5.20 และ 5.21 ตามลำดับ

จ.1 ผลการหาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 เมื่อตากข้าวโพดโดยใช้แสงแดด

ตารางที่ จ.1 ผลการหาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 เมื่อตากข้าวโพดโดยใช้แสงแดด

การทดลองที่	ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ที่ความชื้นร้อยละ 26.8 ก่อนอบแห้ง (ppb)	ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ที่ความชื้นร้อยละ 14.5 หลังอบแห้ง (ppb)	ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ที่ความชื้นร้อยละ 14.5 หลังอบแห้ง 1 เดือน (ppb)	ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ที่เพิ่มขึ้นหลังอบแห้ง (%)
1	52	61	118	93
2	47	55	123	124
3	51	60	109	82
เฉลี่ย	50	59	117	100

จ.2 ผลการหาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 เมื่ออบแห้งข้าวโพดโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชัน

จ.2.1 เมื่อใช้ความสูงของเบดชั้นล่าง 20 ซม.

ปริมาณความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 25 %
ความสูงของเบดชั้นบน 5.5 ซม.
ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ก่อนอบแห้งเฉลี่ย 48 ppb
ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 หลังอบแห้งเฉลี่ย (correct) 54 ppb

ตารางที่ จ.2 ผลการหาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 (ppb) เมื่อใช้ความสูงของเบดชั้นล่าง 20 ซม.

ผลการทดลองที่	% M_i	% M_f	T_i (°ซ)	อัตราการป้อนข้าวโพด (กก./ชม.)	แอฟลาทอกซิน B_1 ก่อนอบแห้ง (ppb)	แอฟลาทอกซิน B_1 หลังอบแห้ง (ppb)	แอฟลาทอกซิน B_1 หลังอบแห้ง 1 เดือน (ppb)	ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ที่เพิ่มขึ้นหลังอบแห้ง 1 เดือน (%)
1		11.36	110			56	61	9
2	25	15.07	90	44.5	47	53	93	75
3		17.36	70			52	118	127
4		14.54	110			57	68	19
5	25	15.84	90	56.0	50	56	88	57
6		18.80	70			54	128	137
7		14.21	110			59	80	36
8	26.1	15.84	90	81.9	51	58	131	126
9		17.60	70			57	152	167
10		15.14	110			52	128	146
11	24.5	17.11	90	87.4	46	50	142	194
12		20.75	70			48	198	312
13		16.66	110			54	148	174
14	25.3	19.55	90	102.0	48	52	201	286
15		19.72	70			52	236	334

จ.2.2 เมื่อใช้อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 95 °ซ

ปริมาณความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 25 %
ความสูงของเบดชั้นบน 5.5 ซม.
ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ก่อนอบแห้งเฉลี่ย 48 ppb
ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 หลังอบแห้งเฉลี่ย 55 ppb

ตารางที่ จ.3 ผลการหาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 (ppb) เมื่อใช้อากาศร้อนขาเข้า 95 °ซ

ผลการทดลองที่	% M_i	% M_f	ความสูงของเบดชั้นบน (ซม.)	อัตราการป้อนข้าวโพด (กก./ซม.)	แอฟลาทอกซิน B_1 ก่อนอบแห้ง (ppb)	แอฟลาทอกซิน B_1 หลังอบแห้ง (ppb)	แอฟลาทอกซิน B_1 หลังอบแห้ง 1 เดือน (ppb)	ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ที่เพิ่มขึ้นหลังอบแห้ง 1 เดือน (%)
1		12.67	24	37.5		57	94	65
2	25.4	15.52	24	66.2	49	55	104	89
3		18.26	24	84.6		54	180	233
4		14.67	22	37.5		55	64	16
5	25.1	16.37	22	66.2	48	54	121	124
6		17.79	22	84.6		53	189	257
7		12.56	20	37.5		55	130	136
8	24.8	15.14	20	66.	47	53	114	115
9		17.40	20	84.6		52	171	229
10		12.49	18	37.5		56	168	200
11	26.2	14.62	18	66.2	47	54	195	261
12		16.30	18	84.6		53	218	311
13		12.96	16	37.5		58	156	169
14	25.6	15.05	16	66.2	50	57	186	226
15		15.78	16	84.6		57	223	291

ภาคผนวก ฉ

วิธีวิเคราะห์

ฉ.1 การทำกราฟมาตรฐาน

1. ละลายสารบริสุทธิ์แอฟลาทอกซิน B_1 และ B_2 อย่างละ 50 และ 1 มิลลิกรัม ในคลอโรฟอร์ม 100 ซม.^{3} ให้เป็นสารละลายเข้มข้น 0.5 และ 0.01 มิลลิกรัม/ซม.^{3} ตามลำดับ

2. ดูดสารละลายแอฟลาทอกซิน B_1 และ B_2 มา 1-16 และ 500 ไมโครลิตร นำมาทำปริมาตรเป็น 10 ซม.^{3} ด้วยคลอโรฟอร์มใน volumetric flask ขนาด 10 ซม.^{3} ตามลำดับ จะได้สารละลายแอฟลาทอกซิน B_1 และ B_2 ที่มีความเข้มข้น 50-800 และ 500 ppb ตามลำดับ

3. นำสารละลายจากข้อ 3 ไปวัด exite ที่ความยาวคลื่น 360 นาโนเมตร และวัด emission ที่ความยาวคลื่น 406 นาโนเมตร โดยใช้สภาวะต่าง ๆ ในข้อ ฉ.2

ฉ.2 การหาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1

ใช้วิธีของ CB ใน AOAC 1984 (54) แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

- การเตรียมคอลัมน์ซิลิกาเจล-60
- การสกัดแอฟลาทอกซิน B_1 จากข้าวโพด
- การวิเคราะห์หาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ด้วยวิธี HPLC

1. การเตรียมคอลัมน์ซิลิกาเจล-60

1.1 ใช้คอลัมน์ชนิด Pyrex ที่มีขนาด 22 × 300 มม. โดยวิธีเตรียมคอลัมน์เป็นแบบเปียกและมีคลอโรฟอร์ม ช่วยให้สารตกตะกอนเร็วขึ้น ใส่ใยแก้วก้อนเล็ก ๆ ที่ชั้นล่างสุดของคอลัมน์

1.2 อบโซเดียมซัลเฟต (แห้ง) จำนวน 5 กรัม ถัดมาเป็นชั้นของซิลิกาเจล-60 จำนวน 10 กรัม และต่อมาเป็นชั้นของโซเดียมซัลเฟต (แห้ง) อีกจำนวน 15 กรัม จากนั้นปิดชั้นบนด้วยใยแก้ว เพื่อรักษาระดับผิวหน้าเอาไว้ ในระหว่างที่เตรียมคอลัมน์ระวังอย่าให้คอลัมน์

แห้ง จะได้คอลัมน์สำหรับการวิเคราะห์

2. การสกัดแอฟลาทอกซิน B_1 จากข้าวโพด

2.1 บดข้าวโพดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดเมล็ดข้าวโพด (รูปที่ 3.11) แล้วชั่งมา 50 กรัม (ทราบน้ำหนักแน่นอน) ใส่ flask ขนาด 1000 ซม.^{3} เติมน้ำและคลอโรฟอร์ม 25 และ 250 ซม.^{3} ตามลำดับ ปิดจุกแล้วนำไปเขย่า (รูปที่ 3.12) นาน 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman # 1 แล้วนำส่วนที่กรองได้มาทำให้มีปริมาตร 200 ซม.^{3} แล้วปิเปตมา 50 ซม.^{3} มาผ่านคอลัมน์ซิลิกาเจล-60

2.2 พอของเหลวใกล้หมด เติมเฮกเซนจำนวน 150 ซม.^{3} ลงในคอลัมน์ จากนั้นเติมอีเธอร์จำนวน 150 ซม.^{3} พออีเธอร์ใกล้หมดให้เปลี่ยนที่รองรับของเหลวเป็นขวดก้นกลมขนาด 250 ซม.^{3} แล้วผ่าน Eluting solvent คือคลอโรฟอร์ม-เมทธานอล (97+3) จำนวน 150 ซม.^{3} ซึ่งเตรียมใหม่ ๆ ลงไป

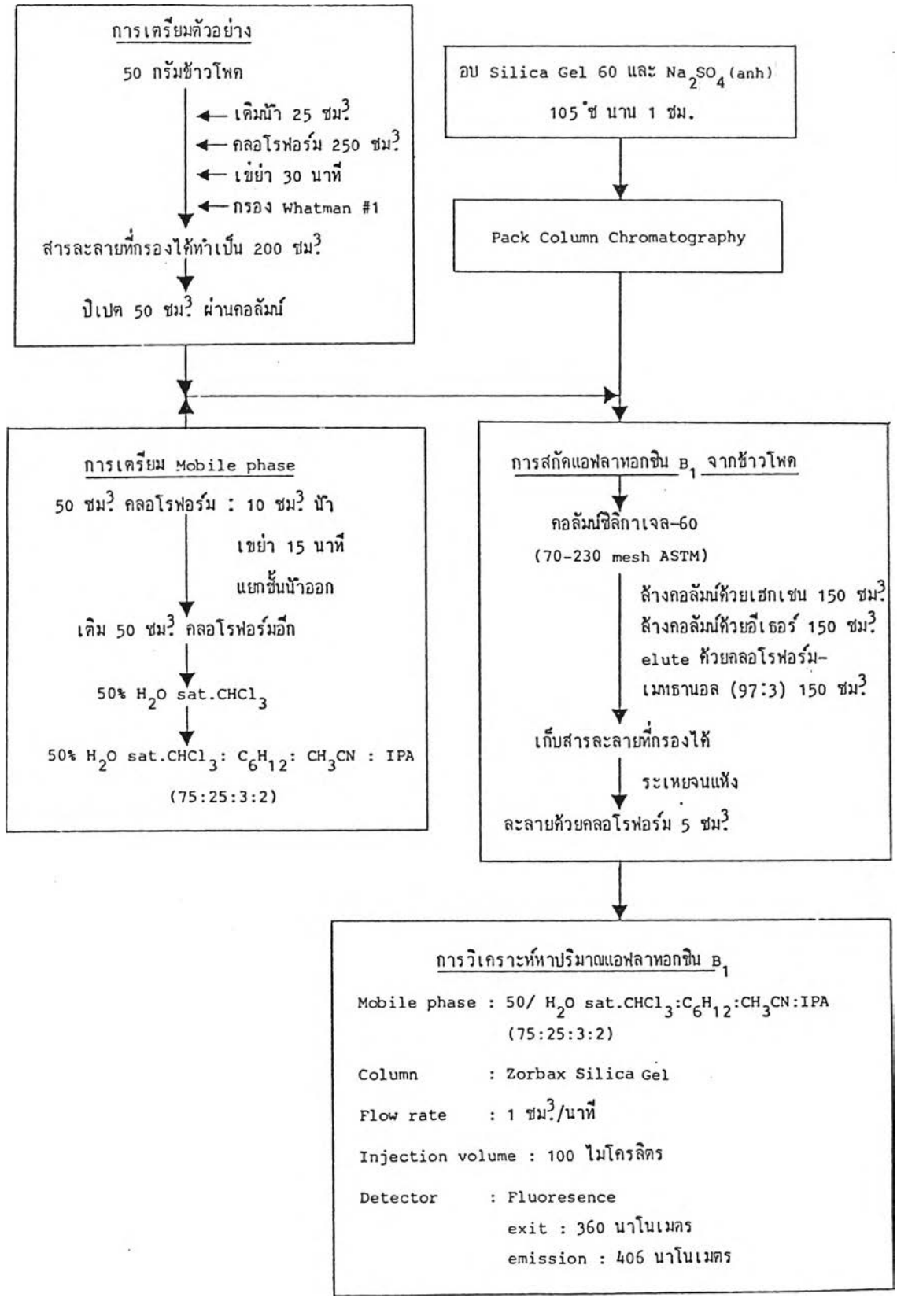
2.3 นำของเหลวในขวดก้นกลมไประเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนที่ความดันต่ำ (Rotary vacuum evaporator, รูปที่ 3.13) ที่อุณหภูมิไม่เกิน 40 °ซ จนแห้ง เติมคลอโรฟอร์มจำนวน 5 ซม.^{3} เพื่อไปละลายสารที่ติดอยู่ในขวด แต่ถ้ายังไม่ต้องการวิเคราะห์ให้เก็บไว้ในตู้เย็นช่องแช่แข็ง

3. การวิเคราะห์หาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ด้วยวิธี HPLC (รูปที่ 3.14)

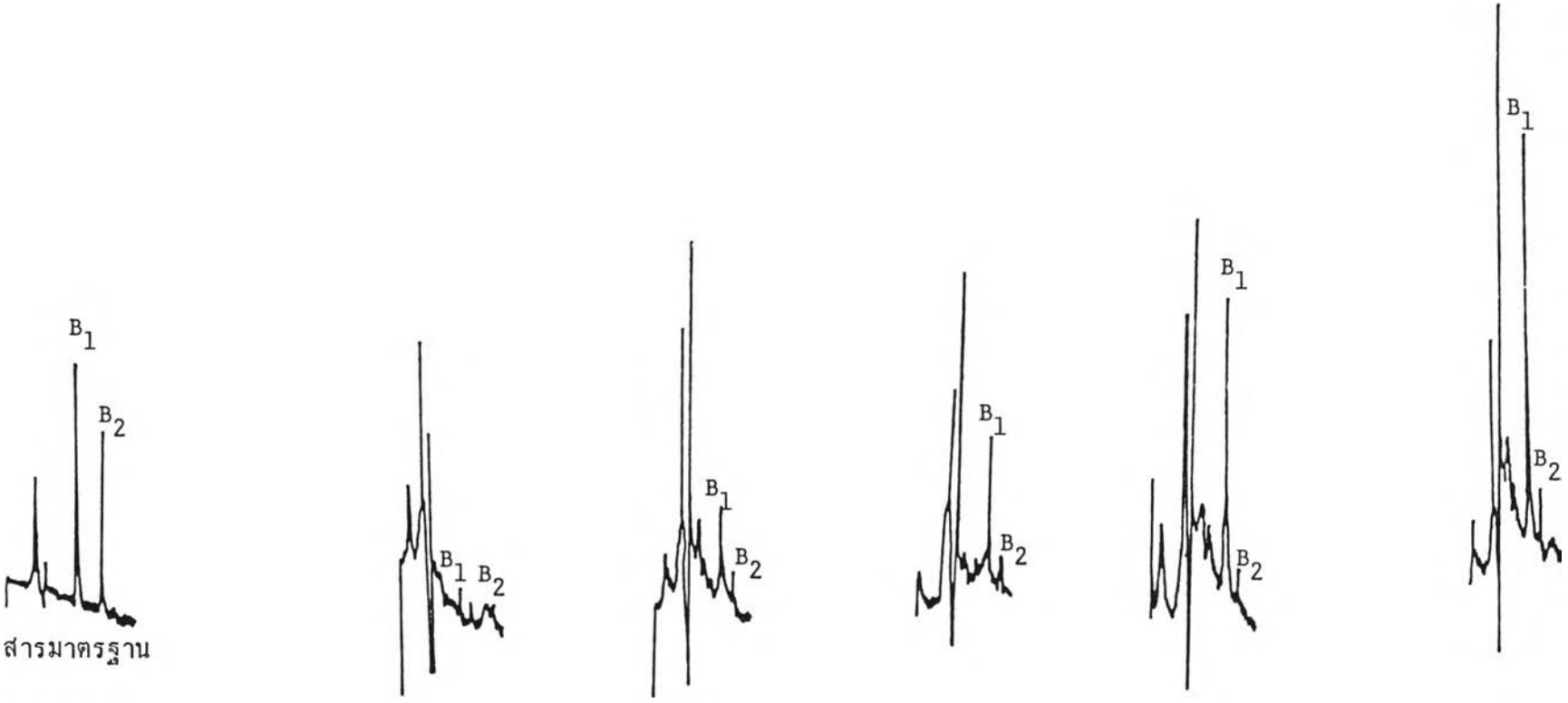
3.1 การเตรียม 50% H_2O sat. $CHCl_3$ เติมคลอโรฟอร์มจำนวน 50 ซม.^{3} ใส่ flask ขนาด 250 มล. จากนั้นเติมน้ำจำนวน 10 ซม.^{3} แล้วนำไปเขย่านาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที เพื่อให้ชั้นน้ำและคลอโรฟอร์มออกจากกันอย่างชัดเจน แยกชั้นน้ำออกด้วยกรวยแยกขนาด 500 ซม.^{3} นำคลอโรฟอร์มที่แยกออกมาได้มาเติมคลอโรฟอร์มจำนวน 50 ซม.^{3} อีกครั้งหนึ่ง จะได้สารละลายสุดท้ายเป็น 50% H_2O sat. $CHCl_3$

3.2 สภาวะที่ใช้ในการทดลอง ใช้คอลัมน์ชนิด Zorbax silica gel ที่มี mobile phase เป็น 50% H_2O sat. $CHCl_3$: C_6H_{12} (Cyclohexane) : CH_3CN (acetonitrile) : IPA (iso-propryl alcohol) ที่มีอัตราส่วน 75:25:3:2 ซม.^{3} ตามลำดับ อัตราการไหลของ mobile phase 1.5 ซม.^{3}/นาที โดยฉีดสารเข้าไปในเครื่อง HPLC ครั้งละ 100 ไมโครลิตร และมี Detector เป็น Fluorescence ที่มี exite 360 และ emission 406 นาโนเมตร

3.3 สรุปแผนผังลำดับการทำงานหาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ด้วยวิธี HPLC ในรูปที่ ฉ.1 และกราฟแสดงปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 และ B_2 ในข้าวโพด ในรูปที่ ฉ.2



รูปที่ ฉ.1 แผนผังการหาปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 ด้วยวิธี HPLC



รูปที่ ฉ. 2 ปริมาณแอฟลาทอกซิน B_1 และ B_2 ในข้าวโพดที่ทำการทดลอง

ภาคผนวก ช

การวัดความชื้น

ช.1 วิธีทดลองหาความชื้นของข้าวโพดมี 2 แบบ คือ

ช.1.1 แบบตู้อบ

ช.1.2 ใช้เครื่อง Dole 400 Moisture Tester

ช.1.1 แบบตู้อบ

1. ชั่งน้ำหนักข้าวโพดมาจำนวนหนึ่ง โดยทราบน้ำหนักที่แน่นอน อบในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 80 °ซ จนกระทั่งน้ำหนักคงที่

2. ชั่งน้ำหนักข้าวโพดหลังอบอีกครั้งหนึ่ง (ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน)

3. นำค่าจากข้อ 1 และ 2 มาหาร้อยละความชื้นของข้าวโพดโดยน้ำหนักเปียก (9) ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ ช.1

ตารางที่ ช.1 ผลการทดลองการหาความชื้นทั้งแบบตู้อบและใช้เครื่อง Dole 400 Moisture Tester

ครั้งที่	นน.ข้าวโพด (กรัม)		แบบตู้อบ ความชื้นจากการทดลอง (%, นน.เปียก)	ใช้เครื่อง Dole 400 Moisture Tester ความชื้นจากเครื่องวัด (%, นน.เปียก)
	ก่อนอบ	หลังอบ		
1	40.05	30.28	24.39	24.90
2	39.93	30.86	22.71	24.00
3	40.09	32.72	18.38	19.80
4	40.02	33.87	15.37	15.50
5	40.20	34.79	13.53	13.85

ช.1.2 ใช้เครื่อง Dole 400 Moisture Tester

1. ถอนคานชั่งน้ำหนักตัวอย่างจากด้านหลังเครื่อง นำมาประกอบกับถ้วยตวงตัวอย่างที่ติดอยู่บนตัวเครื่อง ทั้งนี้ต้องให้หัวลูกศรของตัวคานชี้ขึ้นข้างบน ตัวคานชั่งจะตั้งอยู่บนขาหยั่งเล็ก ๆ 2 ขา ข้าง ๆ ช่องใส่ตัวอย่าง และถ้วยตวงจะห้อยอยู่ด้านหลังของเครื่อง

2. ตรวจดูว่าเครื่องวัดความชื้นมีถ่ายไฟฉายติดตั้งอยู่เรียบร้อยแล้วหรือไม่ หรือได้เสียบปลั๊กเข้ากับเครื่องแปลงไฟหรือยัง

3. นำตัวอย่างเมล็ดพืชใส่ในถ้วยตวงจนกระทั่งตัวคานชั่งและถ้วยตวงได้ดุลย์กัน

4. เทตัวอย่างที่ตวงได้ในถ้วยตวงลงในช่องใส่ตัวอย่างบนส่วนหัวของเครื่องวัดความชื้น อย่าให้ทกกระจาย

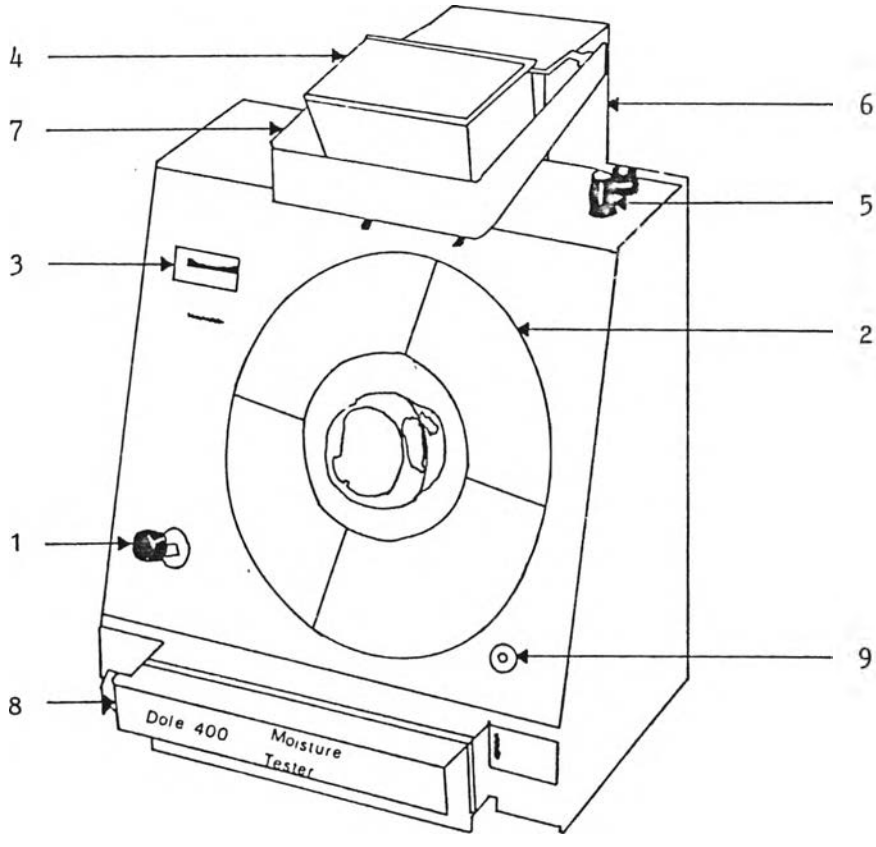
5. ตรวจดูมิเตอร์วัดทางซ้ายมือบน โดยปรกติแล้วจุดกลมดำจะอยู่กึ่งกลางตรงขีดแดง (อย่างไรก็ตามจุดกลมดำจำเป็นต้องอยู่ตรงกลางจริง ๆ เสมอไป)

6. กดปุ่มเปิด-ปิดสีดำทางซ้ายมือล่าง ในขณะเดียวกันอีกมือก็หมุนหน้าปัทม์ของเครื่องที่เป็นแผ่นอลูมิเนียมกลม มีสเกลต่าง ๆ ให้หมุนปรับไปมาจนกระทั่งมิเตอร์วัดทางซ้ายมือบนชี้กลับมาที่จุดกลมดำอีกครั้งหนึ่ง (จะต้องคอยกดปุ่มสีดำซ้ายมืออยู่ตลอดเวลาเพื่อให้เครื่องทำงานจนกระทั่งปรับเรียบร้อยแล้ว)

7. อ่านเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตัวอย่างเมล็ดพืชที่วัดจากสเกลบนหน้าปัทม์โดยตรง

8. กดปุ่มดำอันแรกบนหัวเครื่องด้านขวามือ เพื่อให้ตัวอย่างที่ใช้วัดร่วงลงสู่ถาดรองรับด้านล่าง

9. ดึงถาดออกจากตัวเครื่อง แล้วนำตัวอย่างที่วัดแล้วไปเทออก เก็บถาดใส่เข้าที่ แล้วเครื่องก็พร้อมที่จะวัดความชื้นของตัวอย่างอื่นต่อไป (รูปที่ ช.1)



รูปที่ ช.1 เครื่อง Dole 400 Moisture Tester

ส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง

1. สวิชเปิด-ปิด แบบกดเวลาต้องการใช้วัด
2. หน้าปัทม์สำหรับอ่านค่าความชื้น
3. มิเตอร์วัด ใช้ตรวจดูว่าหน้าปัทม์นั้นปรับได้ตรงตามความชื้นของเมล็ดพืชที่ใช้วัดหรือไม่
4. ช่องใส่ตัวอย่างที่จะวัดลงในเครื่อง
5. ปุ่มถ่ายตัวอย่างเมล็ดพืช ใช้กดเพื่อให้ตัวอย่างตกลงในถาดรองรับ
6. ถ้วยตวง ทั้งสองชิ้นจะถูกจัดไว้ในลักษณะที่พร้อมจะใช้ตวงตัวอย่าง
7. คานชั่งน้ำหนักตัวอย่าง เมล็ดพืช ปรกติถ้วยตวงจะเก็บไว้บนตัวเครื่อง ส่วน คานชั่งจะเก็บไว้ด้านหลังของเครื่อง
8. ถาดรองรับเมล็ดพืชตัวอย่างที่ผ่านการวัดแล้ว เพื่อนำออกไปจากเครื่อง
9. รูปลั๊กเสียบสำหรับใช้เครื่องแปลงไฟกระแสตรง 9 โวลต์

ช.2 การ Calibrate เครื่องวัดความชื้น

เนื่องจากต้องการเปรียบเทียบการวัดความชื้นข้าวโพดโดยวิธีที่มาจากการทดลองกับการใช้เครื่องมือทางอิเลคโทรนิคส์ เช่น เครื่อง Dole 400 Moisture Tester ว่าค่าจากทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ จึงใช้หลักสถติมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยใช้โปรแกรม Anova แบบทางเดียว ซึ่งเป็นโปรแกรมย่อยของ Statistical Processing System (SPS) version P.C.4.0 เขียนโดย G.J. Buhyoff, R.C. Kirk, H.M. Ranscher, R.B. Hull IV และ E.E. Mdkenna เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยภาษาเบสิก (55) ผลการทดลองวิธีวัดความชื้นข้าวโพดแสดงไว้ในตารางที่ ช.2

ตารางที่ ช.2 ผลการทดสอบวิธีวัดความชื้นของข้าวโพดทั้งแบบตู้อบและใช้เครื่อง Dole 400 Moisture Tester

ANOVA TABLE

SOURCE	SS	D.F.	MS
TREAT	3.215112	1	3.215112
ERROR	163.7434	8	20.46792
TOTAL	166.9585	9	*****

F VALUE = .1570806 1, 8 D.F.
ETA SQUARED = 1.925696E-02

FOR VAR. M1

TREAT	N	MEAN	VAR.	S.D.
M1	5	18.88	21.56	4.64
M2	5	20.01	19.38	4.4

BARTLETT'S CHI SQUARE = 1.005053E-02 WITH 1 D.F.

MULTIPLE COMPARISONS : SUMS OF SQUARES SIMULTANEOUS TEST PROCEDURE

M1 VS. M2 NOT SIGNIFICANT

(Standard deviation ของตู้อบและเครื่อง Dole 400 Moisture Tester เท่ากับ 3.65 และ 4.41 ตามลำดับ

ผลการ Calibrate

ตามปกติการหาความชื้นของวัสดุจะนิยมใช้วิธีตู้อบ แต่ในการทดลองนี้ใช้เครื่อง Dole 400 Moisture Tester ซึ่งเป็นเครื่องวัดความชื้นข้าวโพดที่นิยมใช้กันในพ่อค้าข้าวโพด ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบว่า ความชื้นของข้าวโพดที่หาโดยวิธีทั้งสองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

จากผลการทดสอบในตารางที่ ช.2 ค่า F-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (56) และ degree of freedom (1 ,8) มีค่าเท่ากับ 5.32 นำค่า 5.32 เข้าโปรแกรมหาความแตกต่างระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 จะได้ผลสรุปออกมาว่า วิธีที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ช.3 การทดสอบความชื้นข้าวโพดหลังการอบแห้ง

จากข้อมูลในตารางที่ 5.11-5.15 ปรากฏว่าความชื้นข้าวโพดหลังการอบแห้งมีความแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นเพื่อที่จะได้ทราบอย่างชัดเจนว่าความชื้นเหล่านี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ จึงได้ใช้โปรแกรม STATPAK Version 3.1 ของ Northwest Analytical, Inc. Porland, Oregan แบบ ANOVA 2 เพราะมี 2 ตัวแปรคือ อัตราการป้อนข้าวโพด (กก./ชม.) กับความสูงของเบดชั้นล่าง (ชม.)** ส่วนจำนวนซ้ำของการทดลองคือ 6 ซ้ำ (ตั้งแต่นาทีที่ 10 ถึงนาที่ 60) และใช้ค่า F-test ที่ได้บอกความแตกต่างของความชื้น ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการคำนวณแสดงไว้ในตารางที่ ช.3

ตารางที่ ช.3 ผลการทดสอบความชื้นข้าวโพดหลังการอบแห้ง

ANOVA 2 (LAB 2) :

	SUM SQUARES	DEGREES FREEDOM	MEAN SQUARE	F-TEST RATIO
FACTOR A*	47.09375	4	11.77344	49.59194
FACTOR B**	328.2852	4	82.07129	345.6998
A TIMES B	25.54297	16	1.596436	6.724489
ERROR	29.67578	125	.2374063	

ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

DEGREES FREEDOM (4,125) ค่า F ที่เปิดจากตารางมีค่า 2.37 < 49.59194 และ 345.6998

DEGREES FREEDOM (16,125) ค่า F ที่เปิดจากตารางมีค่า 1.67 < 6.724489

แสดงว่าความชื้นข้าวโพดหลังการอบแห้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ประวัติ

นางสาวมินา แซ่แต้ เกิดเมื่อวันที่ 12 เมษายน พ.ศ. 2503 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ
จบการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ปีการศึกษา 2526