รายการอ้างอิง

1. ศิวาพร ศิวเวชช. 2529. วัตถุเจือปนในอาหาร. เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

2. Chaffee, F.H., and Settipane, G.A. 1967. Asthma caused by FD&C approved dyes. Journal Allergy. 40: 65.

3. Weber, R.W., Hoffman, M., Raine, Jr., D.A., and Nelson, D.S. 1979. Incidence of bronchoconstriction due to aspirin, azo dyes, non-azo dyes and preservatives in a population of perenial asthmatics. Journal Allergy Clinical Immunology. 64: 32.

4. Loblay, R.H., and Swain, A.R. 1985. Adverse reaction to tartrazine. Food Technology in Australia. 37(11): 508

5. Gerber, J.G., Payne, N.A., Oelz, M.S., Nie, A.S., and Oates, F.A. 1979. Tartrazine and the prostagladin system. Journal Allergy Clinical Immunology. 63: 289.

6. IDRC. 1982. Long-term dietary toxicity/carcinogenicity study in rats. Final Report. International Research and Development Corporation.

7. เศรษฐกิจการพาณิชย์, กรม. 2532. รายงานผลการศึกษาโครงการศึกษาวิจัยตลาดพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ. 3 เล่ม. กรุงเทพมหานคร: กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์.

8. ลัดดาวัลย์ บุญยรัตนกรกิจ. (ม.ป.ป.). ข้อมูลการนำเข้าตามรหัสสินค้าขาเข้า-ออก. (ม.ป.ท.).

9. อรนุช เกษประเสริฐ. 2533. ขมิ้น. ใน กลุ่มงานพฤกษชีพการวิทยา(บรรณาธิการ). เอกสารวิชาการสรีรวิทยาพืชสมุนไพรและพืชหอม. กรุงเทพมหานคร: กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช กรมวิชาการเกษตร. (อัดสำเนา).

10. Association of Food Scientists and Technologists, India. 1974. Symposium on spice industry in India, Febuary 28, 1972.

11. Purseglove, J.W. 1981. Spice. vol 2. New york: Longman group limited.

12. Srinivasan, K.R. 1953. A chromatographic study of the curcuminoids in *Curcuma longa* L. Journal of Pharmacy Pharmacology. 5(5): 448-457.

13. Budavari, S., ed. 1989. The merck index: encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals. 11th ed. New Jersey: Merck.

14. อุดม ก๊กผล, โสภณ เริงสำราญ และอมร เพชรสม. 2526. อินทรีย์เคมี I. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

15. กฤษณา ชุติมา. 2519. หลักเคมีทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนศึกษาสัมพันธ์.

16. Shugar, G.J., Shugar,R.A., Bauman, L., and Bauman, R.S. 1981. Chemical technicians' ready reference handbook. New York: McGraw-Hill.

17. The Griffith Laboratories, limited, Toronto, Canada. 1964. Improvement in or relating to the preparation of turmeric colourings and flavourings. The British Patent. GB.1,052,342.

18. Krishnamurthy, N., Mathew, A.G., Nambudiri, E.S., Shivashankar, S., Lewis, Y.S., and Natarajan, C.P. 1976. Oil and oleoresin of turmuric. Tropical Science. 18(1): 37-45.

19. Stransky, C.E. 1979. Process of producing water and oil soluble curcumin colorant agents. The United States Patent. 4,138,212.

20. Rowel, R.A., ed. 1988. Practical Food Law Manual. London: Sweetand Maxwell.

21. Federal Register. 1968. Residual solvents permitted in spice extractives. Food Additives Regulation 121.1041-121.1045.

22. The Chr. Hansen's Laboratorium, Horsholm, Denmark. n.d. The specification of turmeric. (Unpublished Manuscript).

23. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ขมิ้นชันแห้ง, มอก.890-2532. กรุงเทพมหานคร:สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

24. American Spice Trade Association. 1968. Official analytical methods. 2nd ed. New York: American Spice Trade Association.

25. Kader, A.A., and Chordas, A. 1984. Evaluating the browning potential of peaches. California Agricultural. March-April: 14-15.

26. Day, R.A., and Underwood, A.L. 1986. Quantitative analysia. 5th ed. New Jersey: Prentice-Hall.

27. Woodroof, J.G. 1981. Beverages: Carbonated & noncarbonated. revised ed. Westport: AVI Publishing Company, Inc.

28. Binsted, R., Devery, D.J., and Dakin, C.J. 1971. Pickle & Sauce making. 3rd ed. London: Food Trade Press Ltd.

29. สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์, สมจิต นิยมไทย, มัณฑนา ร่วมรักษ์ และสมยศ จรรยาวิลาศ. (ม.ป.ป.). การใช้มันเทศทำผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปและกึ่งสำเร็จรูป. รายงานค้นคว้าวิจัยประจำปี 2526-2528. กรุงเทพมหานคร: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

30. Rangana, S. 1977. Manual of analysis of fruit and vegetable products. New Dehli: Tata McGraw-Hill Publishing Company, Inc.

31. Lee, F.A. 1983. Basic food chemistry. 2nd ed. Westport: AVI Publishing Company, Inc.

32. Toennesen, H.H., and Karlsen, J. 1985. Studies on curcumin and curcuminoids. VI Kinetics of curcumin degradation in aqueous solution. Z.Lebensm.-Unters. Forsch. 180(50): 402-4. (Abstract)

33. _____. 1985. Studies on curcumin and curcuminoids. V Alkaline degradation of curcumin. Z. Lebensm.-Unters. Forsch. 180(2): 132-4. (Abstract)

34. อนามัย, กรม. 2530. ตารางคุณค่าอาหาร. กรุงเทพมหานคร: กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

35. Racz, I., Spiegl, P., and Jentzsch, K. 1973. Stability in solution of some curcuma pigments. Acta Pharmacy Hungary. 43(1): 18-24. (Abstract)

36. ณรงค์ นิยมวิทย์ และอัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. 2528. วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

37. Bader, S., Carinelli, L., and Stefani, C. 1980. Stability of natural dyes in pharmaceutical syrups. Pharmaco. Ed. Prat. 35(11): 527-35. (Abstract)

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-1

วิธีวิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยการกลั่น

ตาม มอก 890-2532

สารเคมี

ใช้โทลูอีน ซึ่งทำให้อิ่มตัวโดยเขย่ากับน้ำกลั่นจำนวนเล็กน้อย นำไปกลั่น เก็บส่วนที่กลั่นได้ไว้ใช้วิเคราะห์

วิธีการ

1. ทำความสะอาดเครื่องแก้วทุกชิ้นด้วย potassium dichromate sulfuric acid cleaning solution ล้างด้วยน้ำกลั่นให้ทั่ว ทำให้แห้งสนิทก่อนใช้

2. ชั่งตัวอย่างขมิ้น 40 กรัม (น้ำหนักแน่นอนถึง 0.001 กรัม) ใส่ตัวอย่างลงในขวดแก้วก้นกลมคอสั้น ล้างส่วนที่ติดอยู่ในภาชนะที่ใช้ชั่งตัวอย่างจนหมดโทลูอีนที่เตรียมไว้หลายๆครั้ง เติมโทลูอีนที่เตรียมไว้ให้ท่วมตัวอย่าง ต่อเครื่องมือเข้าด้วยกันดังรูปที่ ก-1 เติมโทลูอีนที่เตรียมลงในหลอดแก้วรองรับให้เต็มโดยเทผ่านเครื่องควบแน่น จนโทลูอีนเริ่มจะไหลล้นเข้าไปในขวดแก้วก้นกลมคอสั้น

3. ให้ความร้อนกับขวดแก้วก้นกลมคอสั้น ให้ได้อัตราการกลั่นประมาณ 100 หยด/นาที เพิ่มอัตราการกลั่นเป็น 200 หยด/นาที ถ้าน้ำส่วนใหญ่ออกมาแล้ว กลั่นต่อไปจนไม่มีน้ำออกมาอีก ขณะกลั่นล้างเครื่องแก้วเป็นครั้งคราวด้วยโทลูอีนที่เตรียมครั้งละ 5 ml เมื่อระดับน้ำในหลอดแก้วรองรับไม่เปลี่ยนแปลง ในช่วงเวลา 30 นาที ให้หยุดกลั่น

4. ล้างเครื่องควบแน่นด้วยโทลูอีนที่เตรียมไว้ นำหลอดแก้วรองรับไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 15 นาที หรือจนชั้นของโทลูอีนใส อ่านปริมาตรน้ำในหลอดแก้วรองรับ

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{100 \times \text{ปริมาตรน้ำในหลอดแก้วรองรับ(ml)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(g)}}$$

รูปที่ ก-1 อุปกรณ์วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นโดยวิธีการกลั่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-2

วิธีวิเคราะห์ปริมาณสีในขมิ้นโดยวิธี Spectroscopy
ตาม ASTA วิธีที่ 18.0

สารเคมี

สารเคมีที่ใช้มี 2 ชนิดคือ

1. เอธานอล 95%

2. สารละลายเคอร์คูมินมาตรฐาน ความเข้มข้นประมาณ 0.0025 g/l เตรียมได้โดยชั่งผงเคอร์คูมินบริสุทธิ์ 25 mg ละลายด้วยเอธานอล 95% จนมีปริมาตร 100 ml ดูดสารละลายที่เตรียมได้มา 1 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml เจือจางด้วยเอธานอล 95% นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ที่ความยาวคลื่น 425 nm (สำหรับหาค่า a ซึ่งเป็นค่า extinction coefficient ของสารละลายเคอร์คูมินมาตรฐาน)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างขมิ้นที่มีขนาดอนุภาค 20 เมช ให้มีน้ำหนักแน่นอนหนัก 0.1 g ลงในขวดแก้วก้นกลมคอสั้นขนาด 250 ml เติมเอธานอล 95%ประมาณ 30 ml ต่อเครื่องมือเข้าด้วยกันตามรูปที่ ก-2 รีฟลักซ์เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง

2. นำขวดแก้วก้นกลมมาทำให้เย็น กรองของผสมด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 ใส่สารละลายส่วนใสลงใน volumetric flask ขนาด 100 ml ล้างสีที่ติดบนกระดาษกรองด้วยเอธานอล 95% ลงในสารละลายส่วนใสที่ได้จนถึงขีดบอกปริมาตร

3. ดูดสารละลายที่เตรียมได้มา 20 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 250 ml เติมเอธานอลจนถึงขีดบอกปริมาตร เขย่าสารละลาย นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง(OD) ที่ความยาวคลื่น 425 nm

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเคอร์คูมินในขมิ้น (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{\text{ค่า OD ของสารละลายใสที่ } \lambda_{425} \times 125}{\text{ความหนาของเซล(cm)xaxน้ำหนักตัวอย่าง(g)}}$$

เมื่อ a คือค่า extinction coefficient ของสารละลายเคอร์คูมินมาตรฐาน มีหน่วยเป็น l/g.cm โดย

$$a = \frac{\text{ค่า OD ของสารละลายเคอร์คูมินมาตรฐานที่ } \lambda_{425}}{\text{ความหนาของเซล(cm)xความเข้มข้นสารละลายเคอร์คูมิน(g/l)}}$$

จากการทดลองได้ค่า a = 152.4 ซึ่งเมื่อแทนค่า a ในสมการของการหาปริมาณเคอร์คูมิน ก็จะทราบค่าปริมาณสีในขมิ้นคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักขมิ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ก-2 อุปกรณ์ที่ใช้ reflux หาปริมาณเคอร์คูมิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-3

วิธีการทดสอบเชิงคุณภาพของการเกิดสีน้ำตาล ในขมิ้นชันโดยการใช้อินดิเคเตอร์ ตามวิธีของ Kader (1984)

การทดสอบ Polyphenol Oxidase (PPO) Activity ในขมิ้นชัน

1. สารเคมี

1.1 สารละลายบัฟเฟอร์กรดซิตริก-ฟอสเฟส โดยเตรียมสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.1 M และสารละลายไดโซเดียมฟอสเฟตเข้มข้น 0.2 M ผสมสารละลายกรดซิตริก 339 ml กับสารละลายไดโซเดียมฟอสเฟต 661 ml สารละลายบัฟเฟอร์ที่ได้ควรจะมี pH 6.2

1.2 Catechol Solution เตรียมโดยละลาย catechol ลงในสารละลายบัฟเฟอร์กรดซิตริก-ฟอสเฟต ให้มีความเข้มข้น 0.1 M สารละลายที่ใช้ควรได้จากการเตรียมสด

2. วิธีการ

2.1 หั่นขมิ้นให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-4 cm

2.2 หยด catechol solution ลงไป 1 หยด ทิ้งไว้ 6 นาที

2.3 สังเกตสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นเทียบกับขมิ้นที่ไม่ได้หยดสาร ถ้าเกิดสีน้ำตาลแสดงว่าขมิ้นมี polyphenol oxidase activity

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบ Phenolic Compounds ในขมิ้นชัน

1. สารเคมี มีดังนี้คือ

1.1 สารละลายโซเดียมไนไตรท์ 10%

1.2 สารละลายยูเรีย 20%

1.3 สารละลายกรดอะซิติก 10%

1.4 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 8%

2. วิธีการ

2.1 หั่นขมิ้นให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-4 cm

2.2 หยดสารละลายโซเดียมไนไตรท์ สารละลายยูเรีย และสารละลายกรดอะซิติก อย่างละ 1 หยด ทิ้งไว้ 4 นาที จึงหยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 หยด

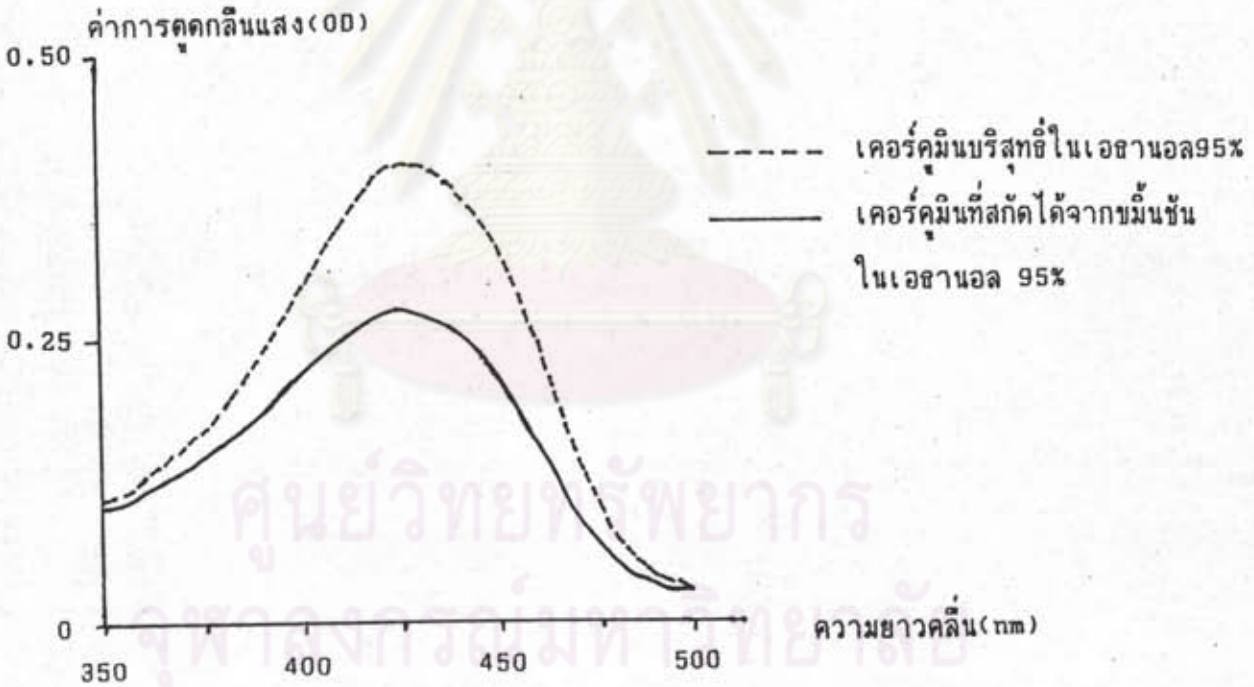
2.3 สังเกตสีแดงเชอรี่ที่เกิดขึ้น ถ้าเกิดสีดังกล่าวแสดงว่าในขมิ้นมี phenolic compounds

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข-1

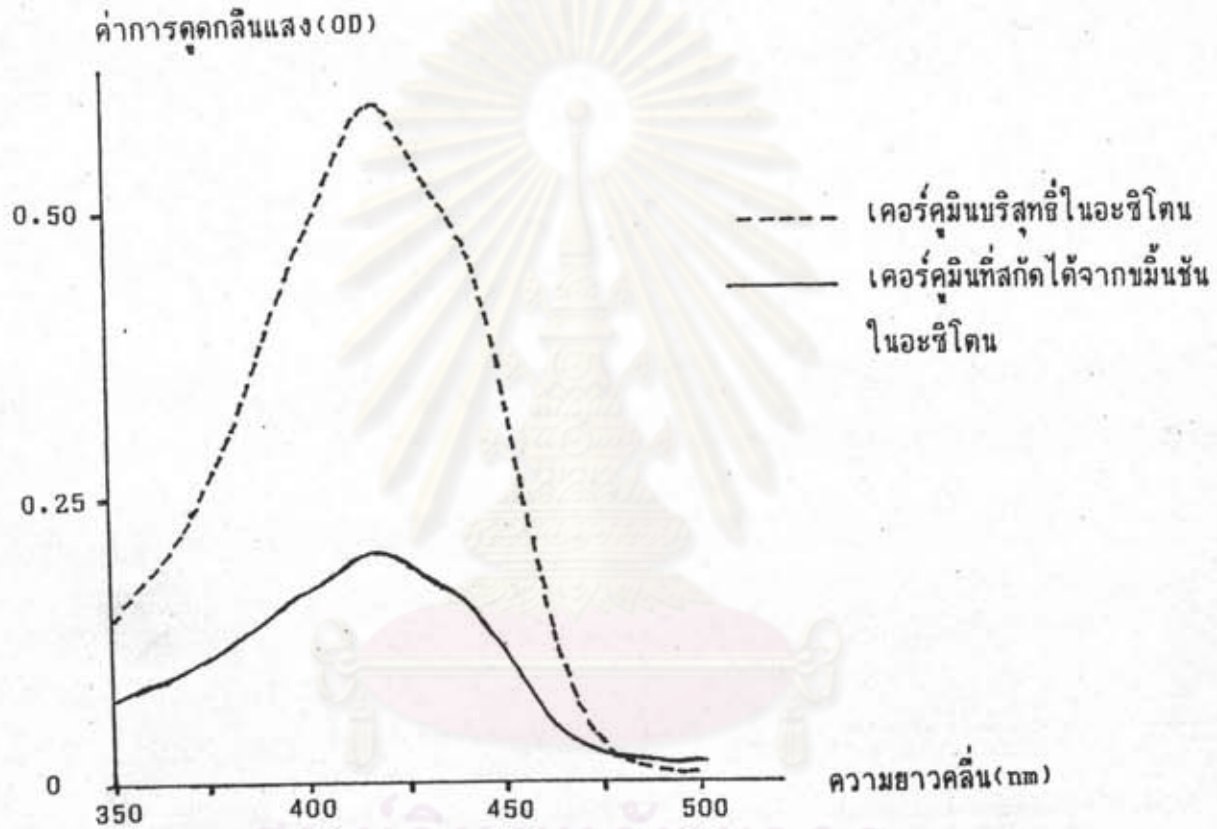
Absorption Spectrum ของเคอร์คูมินในตัวทำละลาย

เมื่อทำการ scan หาความยาวคลื่นของการดูดกลืนแสงที่มากที่สุด (λ_{max}) ของเคอร์คูมินบริสุทธิ์ และของเคอร์คูมินที่สกัดได้จากขมิ้นชันในเอธานอล 95% จะได้ Absorption Spectrum แสดงดังรูปที่ ข-1.1 และจากรูปที่ ข-1.1 λ_{max} ของเคอร์คูมินบริสุทธิ์และของเคอร์คูมินที่สกัดได้จากขมิ้นชันในเอธานอล 95% เท่ากับ 425 nm



รูปที่ ข-1.1 Absorption Spectrum ของเคอร์คูมินในเอธานอล 95%

สำหรับ Absorption Spectrum ของเคอร์คูมินบริสุทธิ์ และของเคอร์คูมินที่สกัดได้จากขมิ้นชันในอะซิโตน แสดงดังรูปที่ ข-1.2 และจากรูปที่ ข-1.2 λ_{max} ของเคอร์คูมินบริสุทธิ์และของเคอร์คูมินที่สกัดได้จากขมิ้นชันในอะซิโตนเท่ากับ 420 nm



รูปที่ ข-1.2 Absorption Spectrum ของเคอร์คูมินในอะซิโตน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข-2

การสร้าง Standard Curve ของเคอร์คูมินในตัวทำละลาย

การวัดปริมาณเคอร์คูมินที่สกัดได้ใช้เทคนิค UV-VIS Spectroscopy วัดการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} ของเคอร์คูมินในตัวทำละลาย ตามสมการของ Beer-Lambert Law ดังสมการ

$$A = acl$$

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสง

a = extinction coefficient (l/g.cm)

l = ความหนาของเซล (cm)

c = ความเข้มข้นของสารละลาย (g/l)

จากสมการข้างต้นเทียบได้กับสมการของกราฟเส้นตรงลากจากจุดกำเนิด โดยแกนตั้งเป็นค่าการดูดกลืนแสง แกนนอนเป็นความเข้มข้นของสารละลาย เมื่อความหนาของเซลที่ใช้เป็น 1 cm ดังนั้นความชันของกราฟเส้นตรงจึงเป็น extinction coefficient

การสร้าง standard curve ของเคอร์คูมินในตัวทำละลายได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} ของเคอร์คูมินในตัวทำละลายนั้นจากการทดลองที่ความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ เขียนกราฟเส้นตรงผ่านจุดกำเนิดและจุดที่ได้จากการทดลอง นำความสัมพันธ์ของกราฟที่ได้เทียบกับสมการของ Beer-Lambert Law เพื่อใช้หาปริมาณเคอร์คูมินใน extractive ต่อไป

การสร้าง Standard Curve ของเคอร์คูมินในเอธานอล 95% และอะซิโตน

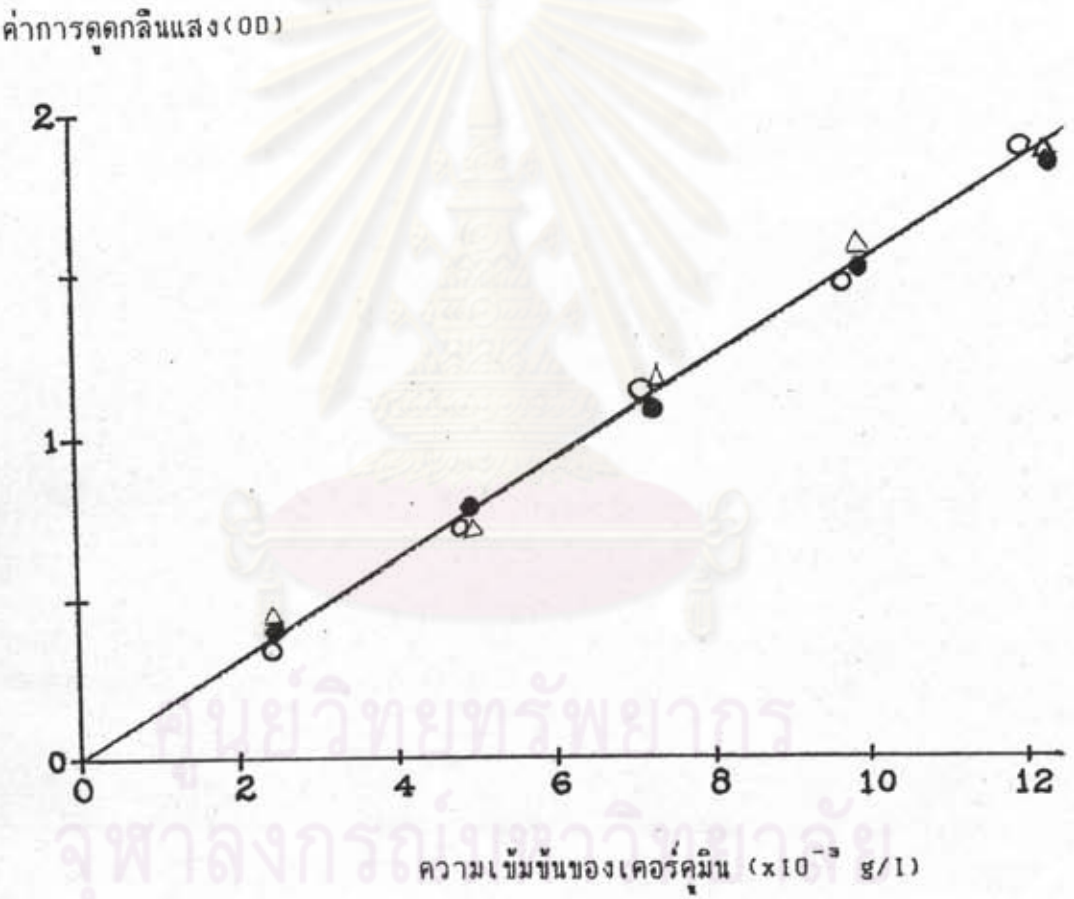
การสร้าง standard curve ของเคอร์คูมินในเอธานอลและอะซิโตน มีวิธีการคือ

1. ชั่งเคอร์คูมินให้มีน้ำหนักแน่นอนประมาณ 25 mg ละลายในตัวทำละลายให้มีความเข้มข้นประมาณ 0.1 g/l เป็นstock solution ตัวทำละลายที่ใช้มี 2 ชนิดคือ เอธานอล 95% และอะซิโตน

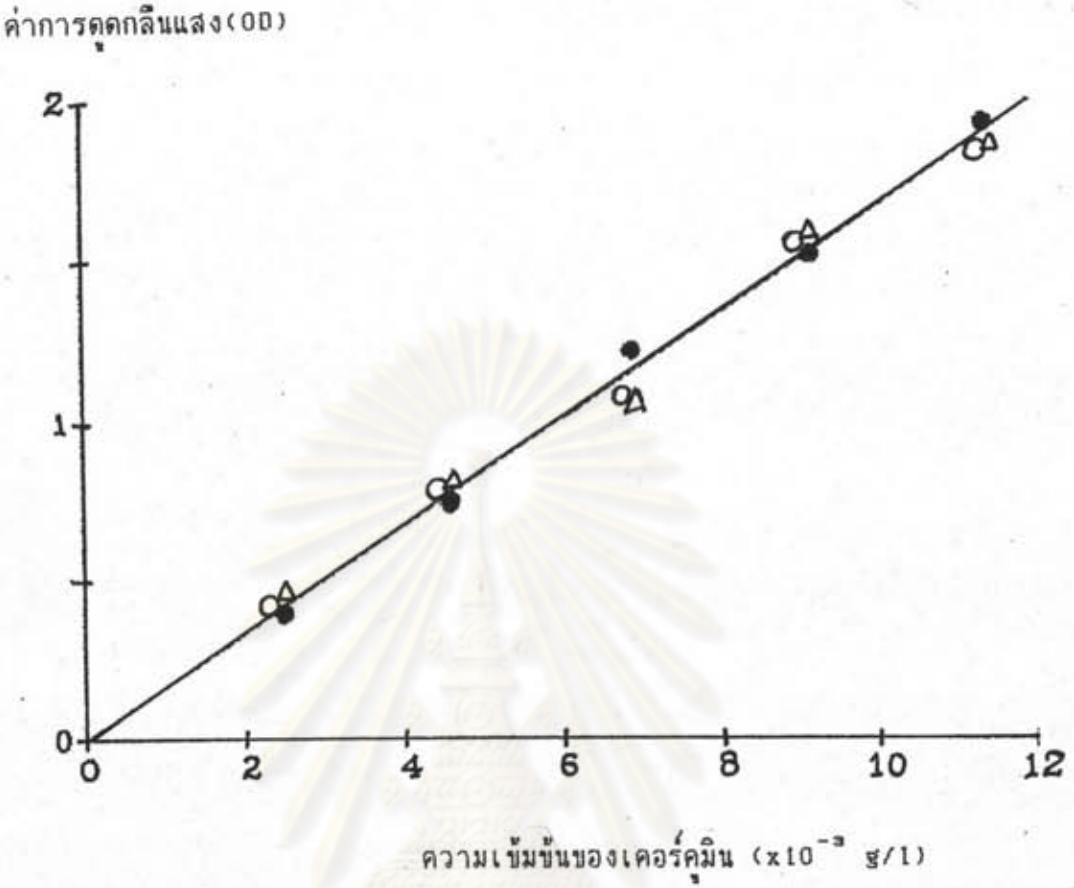
2. ดูดสารละลายจาก stock solution ที่เตรียมไว้มาเจือจางด้วยตัวทำละลายเดิมให้มีความเข้มข้นต่างๆกัน 5 ระดับ

3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} ของเคอร์คูมินในตัวทำละลายแต่ละชนิดคือ ในเอธานอล 95% เท่ากับ 425 nm (ภาคผนวก ข-1 รูปที่ ข-1.1) และในอะซิโตนเท่ากับ 420 nm (ภาคผนวก ข-1 รูปที่ ข-1.2) ทำซ้ำโดยเริ่มจากการชั่งผงเคอร์คูมินบริสุทธิ์

4. นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของเคอร์คูมินกับค่าการดูดกลืนแสง แสดงดังรูป ข-2.1 และ ข-2.2



รูปที่ ข-2.1 Standard Curve ของเคอร์คูมินในเอธานอล 95%



รูปที่ ข-2.2 Standard Curve ของเคอร์คูมินในอะซิโตน

การสร้าง Standard Curve ของเคอร์คูมินในน้ำเชื่อม น้ำเกลือ และน้ำกลั่น

การสร้าง standard curve ของเคอร์คูมินในน้ำเชื่อม น้ำเกลือ และน้ำกลั่น มีวิธีการดังนี้ คือ

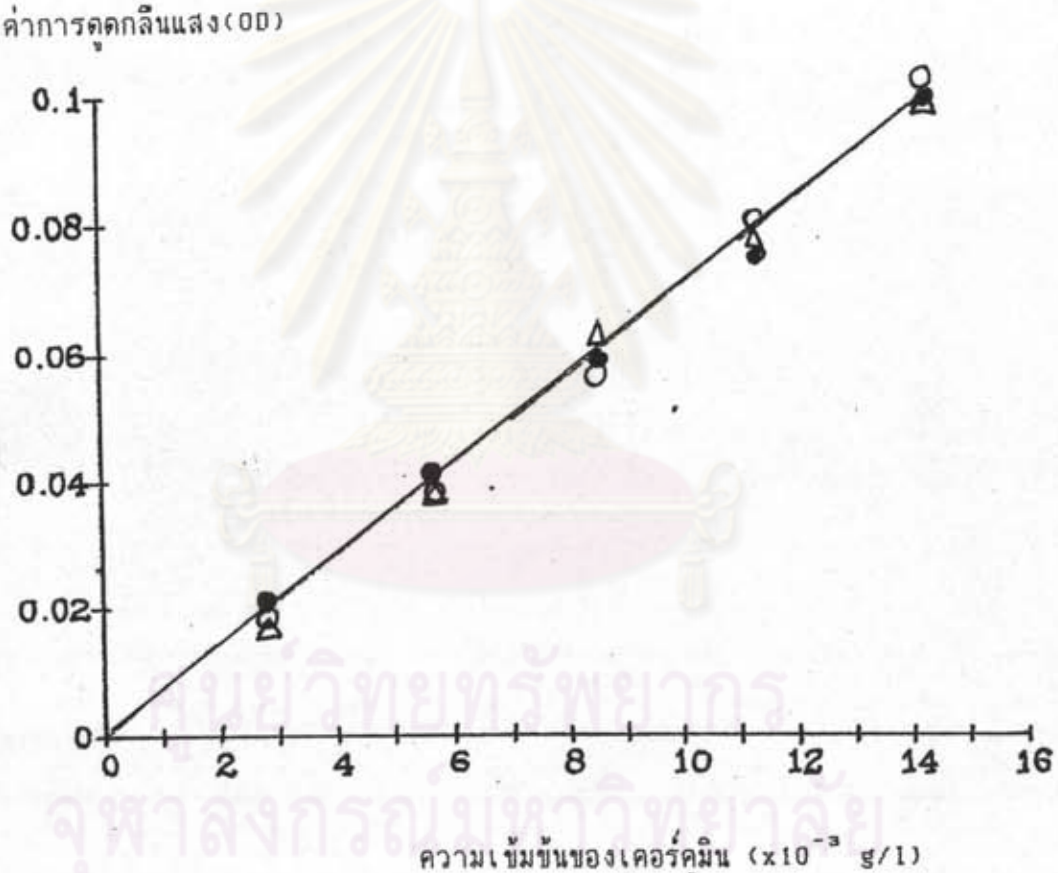
1. เตรียมสารละลายเคอร์คูมินให้มีความเข้มข้นเท่ากับสารละลายเคอร์คูมินที่ผลิตได้เข้มข้น 28.94 g/l โดยละลายผงเคอร์คูมินบริสุทธิ์ที่มีน้ำหนักแน่นอนลงในเอธานอล95%

2. ทำ stock solution โดยดูดสารละลายเคอร์คูมินเข้มข้น 1 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 250 ml 3 ใบ เติมตัวทำละลายชนิดละชนิดซึ่งมี 3 ชนิดคือ น้ำเชื่อม น้ำเกลือ และน้ำกลั่น จนถึงขีดบอกปริมาตร

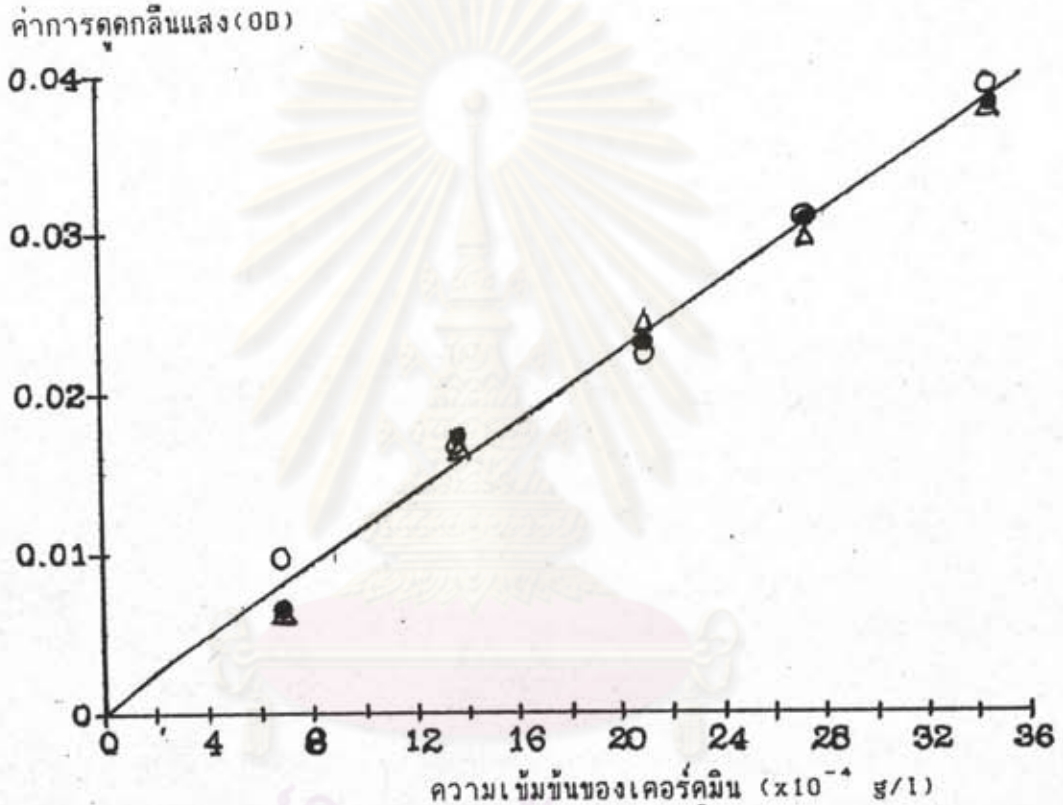
3. ดูดสารละลายจาก stock solution ที่เตรียมไว้มาเจือจางด้วยตัวทำละลายเดิมให้มีความเข้มข้นต่างๆกัน 5 ระดับ

4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} 425 nm ทำซ้ำโดยเริ่มจากการเตรียมสารละลายเคอร์คูมินเข้มข้นใหม่สำหรับตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด

5. นำข้อมูลที่ได้สร้างกราฟเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารละลายเคอร์คูมินในตัวทำละลายกับค่าการดูดกลืนแสง ได้ Standard Curve ของเคอร์คูมินในน้ำเชื่อม น้ำเกลือ และน้ำกลั่น แสดงดังรูปที่ ข-2.3, ข-2.4 และ ข-2.5 ตามลำดับ

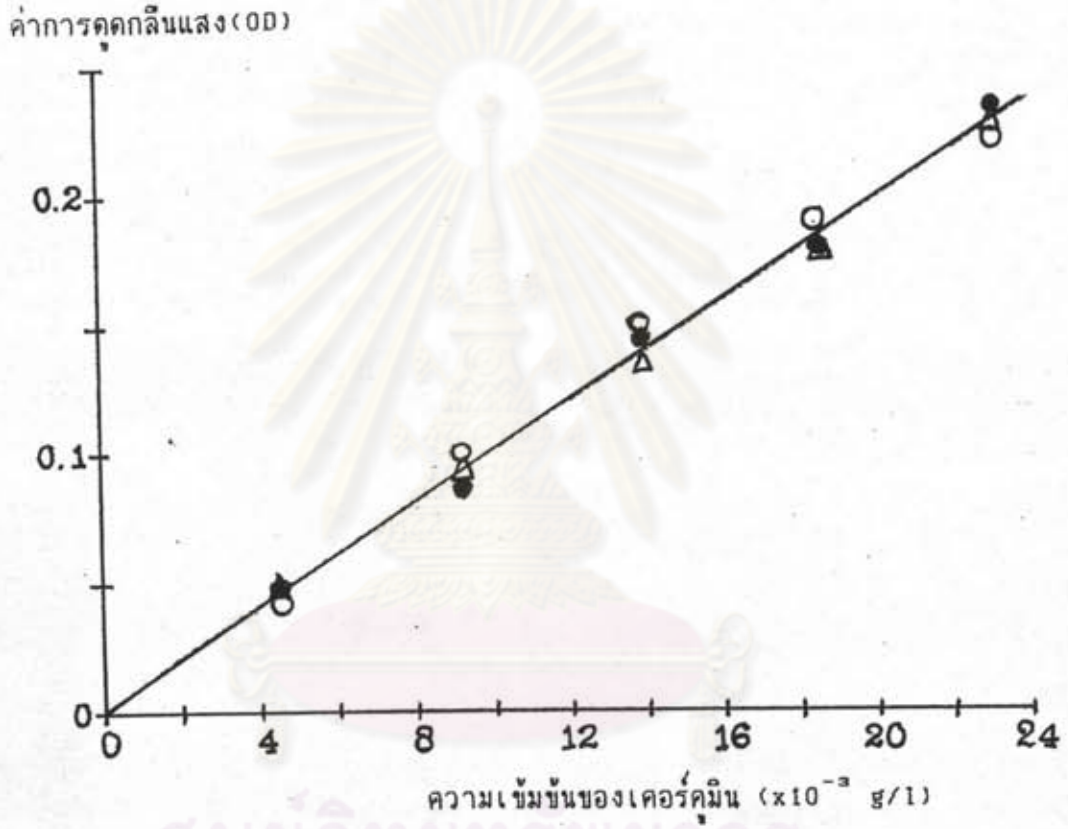


รูปที่ ข-2.3 Standard Curve ของเคอร์คูมินในน้ำเชื่อม



รูปที่ ข-2.4 Standard Curve ของเคอร์คูมินในน้ำเกลือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข-2.5 Standard Curve ของเคอร์คูมินในน้ำกลั่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข-3

การทำสารละลายเคอร์คูมินให้เข้มข้นโดยการระเหยตัวทำละลาย และ Yield ของการผลิตสารละลายเคอร์คูมินเข้มข้น

การทำสารละลายเคอร์คูมินให้เข้มข้นโดยการระเหยตัวทำละลาย

การทำสารละลายเคอร์คูมินให้เข้มข้นโดยใช้ rotary vacuum evaporator, Heidolph VV 2000 ระเหยเอธานอลในสารละลายออกเพื่อให้สารละลายเข้มข้นขึ้นประมาณ 10 เท่า โดยใช้อุณหภูมิ bath ที่ให้ความร้อนกับตัวอย่าง 50°C ความเร็วของการหมุนขวดตัวอย่าง 240 รอบ/นาที จะได้อัตราเร็วในการระเหยเอธานอล แสดงดังตารางต่อไปนี้

ช่วงเวลา (นาที)	อัตราเร็วในการระเหยเอธานอล (ml/min)
0 - 10	8.9
11 - 20	10.0
21 - 30	12.0
31 - 40	10.0
41 - 43	10.3

จากสภาวะของการทำให้เข้มข้นดังกล่าวเป็นผลให้สารละลายเคอร์คูมินความเข้มข้น 2.85 g/l ปริมาตร 3955 ml มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 28.94 g/l ปริมาตร 390 ml โดยต้องใช้เวลาในการระเหยเอธานอลทั้งหมด 5 ชั่วโมง 40 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Yield ของการผลิตสารละลายเคอร์คูมิน

การผลิตสารละลายเคอร์คูมินเข้มข้นมีปริมาณ yield ในขั้นตอนต่างๆดังนี้

	น้ำหนัก หรือปริมาตร	ปริมาณเคอร์คูมิน
ขมิ้นสด ยังไม่ปอกเปลือก	100.00 g	
↓		
ขมิ้นสด ปอกเปลือกแล้ว	74.31 g	
ความชื้น 75.85%		
↓		
ขมิ้นผง ขนาดอนุภาคมากกว่า 50 เมช	20.17 g	3.00 g
ความชื้น 10.99%		
เคอร์คูมิน 16.69% (dry basis)		
แป้ง 17.63% (dry basis)		
↓		
การสกัดเคอร์คูมิน ← เติมเอธานอล 95%	1009 ml	
(ใช้อัตราส่วนน้ำหนักขมิ้น(g) ต่อปริมาตรเอธานอล(ml) เท่ากับ 1:50)		
↓		
สารละลายเคอร์คูมิน	886.81 ml	2.53 g
ความเข้มข้นของเคอร์คูมิน 2.85 g/l		
↓		
สารละลายเคอร์คูมินเข้มข้น	87.46 ml	2.53 g
ความเข้มข้นของเคอร์คูมิน 28.94 g/l		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค-1

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design

1. Testing hypothesis

   H: $T_i = 0$ ($\Sigma T_i = 0$)

2. วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) แสดงดังตารางข้างล่างนี้

Source of Variance	d.f.	Sum Square	Mean Square
Treatement	t-1	SS_T	MS_T
Error	n-t	SS_E	MS_E

หมายเหตุ

$$SS_T = \sum_{i=1}^{t} (y_{i.}^2/r) - (y_{..}^2/tr)$$

$$SS_E = \sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{t} y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^{t} (y_{i.}^2/r)$$

$$MS_T = SS_T / t-1$$

$$MS_E = SS_E / n-t$$

t = treatment group

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

n = total of observation

$y_{i.}$ = sample total for the i^{th} group

$y_{..}$ = sample total for the entire experiment

y_{ij} = sample for each observation

3. Testing statistic : $f = MS_T / MS_E$

Critical value : $f_{\alpha,\ t-1,\ n-t}$

<u>แผนการทดลองแบบ Factorial Design แบบ 2 แฟกเตอร์</u>

1. Testing hypothesis

$H : \alpha_i = 0$

$H : \beta_j = 0$

$H : (\alpha\beta)_{ij} = 0$

2. วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) แสดงดังตารางต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Source of Variance	Sum Square	d.f.	Mean Square
Treatment A	SS_A	a-1	MS_A
Treatment B	SS_B	b-1	MS_B
AB	SS_{AB}	(a-1)(b-1)	MS_{AB}
Error	SS_E	ab(r-1)	MS_E
Total	SS_Y	abr-1	

หมายเหตุ

$$SS_Y = \left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{r} y_{ijk}^2\right) - \left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{r} y_{ijk}\right)^2/abr$$

$$SS_A = \left(\sum_{i=1}^{a} y_{i..}^2/br\right) - \left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{r} y_{ijk}\right)^2/abr$$

$$SS_B = \left(\sum_{i=1}^{a} y_{i..}^2/ar\right) - \left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{r} y_{ijk}\right)^2/abr$$

$$SS_{AB} = \left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} y_{ij.}^2/r\right) - \left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{r} y_{ijk}\right)^2/abr$$

$$SS_E = SS_Y - SS_A - SS_B - SS_{AB}$$

$$MS_A = SS_A / a-1$$

$$MS_B = SS_B / b-1$$

$$MS_{AB} = SS_{AB} / (a-1)(b-1)$$

$$MS_E = SS_E / ab(r-1)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. Testing statistic และ critical value แสดงดังตารางต่อไปนี้

Source of Variance	F-test ratio	Critical Value
Treatment A	MS_A / MS_E	$f_{\alpha,\ a-1,\ ab(r-1)}$
Treatment B	MS_B / MS_E	$f_{\alpha,\ b-1,\ ab(r-1)}$
AB	MS_{AB} / MS_E	$f_{\alpha,\ (a-1)(b-1),\ ab(r-1)}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค-2

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจากผลการทดลอง

ตารางที่ ค-2.1 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของขนาดอนุภาคขมิ้นชันแห้งที่ใช้ในการสกัดเคอร์คูมิน

Source of variance	d.f.	MS
ขนาดอนุภาคขมิ้นชันแห้ง (เมช)	1	3.53*
Error	2	0.12

ตารางที่ ค-2.2 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของการหาระยะเวลาและอุณหภูมิของการสกัดเคอร์คูมิน โดยใช้เอธานอล 95% เป็นตัวทำละลาย

Source of variance	d.f.	MS
ระยะเวลาในการสกัด (A)	3	0.43*
อุณหภูมิของการสกัด (B)	3	0.86*
A X B	9	0.04^{ns}
Error	16	0.07

ตารางที่ ค-2.3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของอัตราส่วนน้ำหนักขมิ้นชันต่อปริมาตรตัวทำละลาย และจำนวนครั้งของการสกัด

Source of variance	d.f.	MS
อัตราส่วนน้ำหนักขมิ้นชัน(g) ต่อปริมาตรตัวทำละลาย(ml)	2	0.19^{NS}
Error	3	5.50×10^{-2}

ตารางที่ ค-2.4 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของการทนความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ของเคอร์คูมินในน้ำเชื่อม 7%

Source of variance	d.f.	MS
ระยะเวลาในการให้ความร้อน	6	$3.53 \times 10^{-6**}$
Error	7	1.60×10^{-8}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-2.5 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของการทนความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ของเคอร์คูมินในน้ำกลั่น เมื่ออัตราส่วนสีเคอร์คูมิน(ml) ต่อปริมาตรสารละลาย(l) เท่ากับ 1:50

Source of variance	d.f.	MS
ระยะเวลาในการให้ความร้อน	6	2.35×10^{-6}**
Error	7	8.28×10^{-9}

ตารางที่ ค-2.6 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของการทนความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ของเคอร์คูมินในน้ำเกลือ 13%

Source of variance	d.f.	MS
ระยะเวลาในการให้ความร้อน	6	1.49×10^{-6}**
Error	7	2.36×10^{-9}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-2.7 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของการทนความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ของเคอร์คูมินในน้ำกลั่น เมื่อใช้อัตราส่วนสีเคอร์คูมิน(ml) ต่อปริมาตรสารละลาย(l) เท่ากับ 1:120

Source of variance	d.f.	MS
ระยะเวลาในการให้ความร้อน	6	5.63×10^{-8}**
Error	7	2.14×10^{-9}

ตารางที่ ค-2.8 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของระยะเวลา และอุณหภูมิในการเก็บรักษาสารละลายสีเคอร์คูมินเข้มข้น

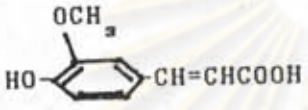
Source of variance	d.f.	MS
ระยะเวลาในการเก็บรักษา (A)	8	6.99*
อุณหภูมิในการเก็บรักษา (B)	1	1.16*
A X B	8	5.27×10^{-2} NS
Error	18	0.21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

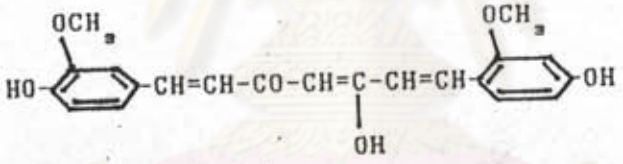
ภาคผนวก ง

สูตรโครงสร้างของ Ferulic acid และเคอร์คูมิน

สูตรโครงสร้างของเคอร์คูมินที่คล้ายกับ ferulic acid 2 โมเลกุลมาต่อกัน แสดงดังรูปที่ ง.1 และ ง.2



รูปที่ ง.1 สูตรโครงสร้างของ Ferulic acid



รูปที่ ง.2 สูตรโครงสร้างของเคอร์คูมิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวดุษฎี จินต์โชติกุล เกิดเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ.2509 ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) จากคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีพ.ศ.2531 เคยทำงานในตำแหน่งผู้แทนขายของ บริษัท แซนดอซ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นเวลา 1 ปี และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทที่ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีพ.ศ. 2532

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย