



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กาญจนา มหัทธนนทวิ. 2533. การผลิตเบตา-แคโรทีน โดย *Rhodotorula sp.* Y1621.
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณิศา สัสสุวรรณ. 2526. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตผลทางการเกษตร (ผักและผลไม้). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: คณะเทคโนโลยีทางการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เนือทอง วานานุวัช และ สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2520. วัตถุดิบอาหาร. เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 176.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 21 พ.ศ. 2522. 2522. การกำหนดสีผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานการใช้การผสมและฉลาก.
ราชกิจจานุเบกษา. 92:15-18.
- พรทิพย์ ตัดตะวะศาสตร์. 2529. การวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก ทองแดง และสังกะสีในต้นคนด้วยเทคโนโลยีทางอะตอมมิคแอบซอร์ปชัน สเปกโตรโฟโตเมตรีและนิวตรอนแอกติเวชัน วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรรณมา ตั้งเจริญชัย. 2531. ท่านจะใช้คาโรทีนอยด์ในเครื่องต้มได้อย่างไร. อาหาร. 18 :126.
- วิทยาศาสตร์บริการ, กรม. 2528. รายงานกิจกรรมกรมวิทยาศาสตร์บริการ. เล่ม 4. กรุงเทพมหานคร: กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการพลังงาน. หน้า 101.
- ศิริวัลย์ พงศ์วิสัย. 2530. การศึกษาอายุของส้มเขียวหวานที่มีผลต่อคุณภาพน้ำส้มเข้มข้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิวาพร ศิวเวช. 2524. วัตถุดิบอาหาร. เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. หน้า 84.

- เสาวณี ศรีสาภานนท์. 2532. สีส้มอาหารจากพืช. ใน พร้อมจิต ศรีลัมภ์, รุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล, วงศ์สถิต ฉั่วกุล และ อาทร รวีไพบูลย์ (บรรณาธิการ), สมุนไพรและยาที่ควรรู้. หน้า 223-228. กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์อาร์ดีพี.
- อัจฉรีสา จารชะพันธ์. 2532. การสกัดสีจากลูกพลับเพื่อให้เป็นสีผสมอาหาร. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

- Aravantinos-Zafirios, G., Oreopoulou, V., Tzia, C. and Thomopoulos, C.D. 1992. Utilization of orange by-products-orange peel carotenoids. J. Sci Food Agric. 59:77-79.
- Adewusi, S.R. and Bradbury, J.H. 1993. Carotenoids in cassava :comparison of open-column and HPLC methods of analysis. J. Sci Food Agric. 62:375-383.
- AOAC. 1984. Official method of analysis of the association of official analytical chemists. 14 th ed. Virginia:Association of official Analytical Chemists.
- Bauernfeind, J.C. 1975. Carotenoids as food colors. Food Tech. 29:48-51.
- _____.ed. 1981. Natural food colors. In Carotenoids as colorant and vitamin A precursors, pp. 4-47. New York:Academic Press.
- Berry, R.E., Bissett, O.W. and Kew, T.J. 1971. Orange peel color extract:its use and stability in citrus products. J. Food Sci. 36:367-369.
- _____., Wilson, C.W. and Bissett, O.W. 1972. Recovery of natural orange pigments:an improved method applied to citrus processing wastes. J. Food Sci, 37:809-811.

- Blumenthal, D. 1990. Red No. 3 and other colorful cantroversies.
FDA Consumer. 24:18-20.
- Britton, G. 1985. General carotrnoide methods. In J.H. Law and H.C. Rilling (eds.), Methods in enzymology: Steroids and isoprenoids. Part B. Vol 111. New York: Academic Press.
- Bureau, J.L. and Bushway, R.J. 1986. HPLC determination of carotenoids in fruits and vegetables in the United states.
J. Food Sci. 51:128-130.
- Curl, A.L. 1967. Apo-10'-violaxanthal, a new carotenoid from valencia orange peels. J. Food Sci. 32:141-143.
- _____. and Bailey, G.F. 1956. Comparison of carotenoids of valencia orange peel and pulp. Agric. Food Chem. 4:156-159.
- _____. 1957. The carotenoids of tangerines. Agric. Food Chem. 5:605-608.
- _____. 1961. The carotenoids of navel oranges. J. Food Sci. 26:442-447.
- De Ritter, E. and Purcell, A.E. 1981. Carotenoid analytical methods. In J.C. Bauernfeind (ed.), Catenoids as colorant and vitamin A, pp. 815-859. New York: Academic Press.
- Dziezak, J.D. and Associate Editor. 1987. Applications of food colorants. Food Tech. 41:78-91.
- Emodi, A. 1978. Carotenoids properties and applications.
Food Tech. 32:38-41.
- Engle, C. 1979. Natural colors, their stability and application in food scitific and technical, serveys. 117. England.
- FDA. 1984. Federal Food, Drug, Cosmetic Act. 21 Part 70-82.
revised as of January 1986.

- Fisher, J.F. and Rouseff, R.L. 1986. HPLC method to detect the addition of β -carotene to orange juice. J. Agric. Food Chem. in press.
- Goodwin, T.W. 1984. The biochemistry of the carotenoids. 2nd ed. Vol 1. London:Chapman and Hall.
- Gordon, H.T. 1972. Coloring foods with carotenoids. Food Tech. 26:64-66.
- Gross, J. 1977. Carotenoid pigments in citrus. In S. Nagy, E.S. Shaw and M.K. Veldhuis (eds.), Citrus science and technology, pp. 302-353. Vol 1. Westport, Connecticut:The AVI Publishing.
- Higby, W.K. .1962. A samplified method for determination of some aspects of the carotenoid distribution in natural and carotene-fertified orange juice. J. Food Sci. 27:42-49.
- Hoffmann-LaRoche Ltd. 1994. Beta-carotene inducer of cell-cell communication. International Food Ingredients. 4:21-25.
- Kanner, J., Shalon, N., Ben and River, O. 1984. Carotenoids extraction from orange peel by treatments with enzymes and d-limonene. Int Fruchtsaft-Union, Wiss-Tech. Komm. 18 (1984):219-225. Chemical Abstract. 103:Abstract NO. 140583n.
- Kew, T.J. and Berry, R.E. 1970. Citrus product color enhancement using extracts of peel of different varieties. J. Food Sci. 35:436-439.

- Khachik, F., Beecher, G.R., Goli, M.B. and Lusby, W.R. 1992.
Separation and quantitation of carotenoids in foods. In L. Packer (ed.), Methods in enzymology:Carotenoids, Part A. Vol 213. New York:Academic Press.
- Klauri, H. and Bauernfeind, J.C. 1981. Carotenoids as food colors. In Carotenoids as colorant and vitamin A precursors, pp. 48-253. New York:Academic Press.
- Mackinney, G. 1961. Coloring matters. In W.B. Singlair (ed.), The orange:Its biochemistry and physiology, pp. 302-327. California:Division of Agricultural Science.
- Morrison, R.T. and Boyd, R.N. 1992. Organic chemistry. 6 th ed. New York:Prentice-Hall International.
- Nelis, H.J.C.F. and De Leenheer, A.P. 1983. Isocratic nonaqueous reversed-phase liquid chromatography of carotenoids. Anal. Chem. 55:270-275.
- Ouyang, J.M., Daun, H. Chang, S.S. and Ho, C-T. 1980. Formation of carbonyl compounds from β -carotene during palm oil deodorization. J. Food Sci. 45:1214-1217.
- Philip, T. 1973. The nature of carotenoid esterification in tangerines. J. Food Sci. 38:1032-1034.
- _____. 1975. Carotenoid ester in plant products. Food Tech. 29:50-54.
- Ramakrishnan, T.V. and Francis, F.J. 1973. Color and carotenoid change in heated paprika. J. Food Sci. 38:25-28.

- Robert, R.B., Bob, J.C. and Isaac, R.K. 1967. APDC-MIBK extraction system for the determination of trace elements in saline waters by atomic absorption spectrophotometry. Talanta. 14: 809-816.
- Rosenberg, M., Mannheim, C.H. and Kopelman, I.J. 1984. Carotenoid base food colorant extracted from orange peel by d-limonene-extraction-process and use. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 17(1983):270-275. Food Science and Technology Abstracts. 17:Abstract NO.6T310.
- _____. 1984. Purification of citrus peel pigment prepared by gel permeation chromatography. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 17 (1983):282-284. Food Science and Technology Abstracts. 17: Abstract NO.6T331.
- Stewart, I. 1980. Color as related to quality in citrus. In S. Nagy and J.A. Attaway (eds.), Citrus nutrition and quality, pp.129-149. series 143. Washington, D.C.:ACS Symposium.
- Ting, S.V. and Hendrickson, R. 1969. Natural color enhancers-orange peel carotenoids for orange juice product. Food Tech. 23: 87-90.
- _____. and Rouseff, R.L. eds. 1986. Citrus fruits and their products, Analysis and Technology. New York:Maral Dekker.
- Veldhuis, M.K. 1961. Orange and tangerine juice. In D.K. Tressler and M.A. Joslyn (eds.), Fruit and vegetable juice Processing technology, pp. 838-837. Westport, Connecticut:HE AVI Publishing Co.

Wilson, C.W., Bissett, O.W. and Berry, R.E. 1971. Three types of citrus peel waste as sources of color. J. Food Sci. 36: 1033-1035.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ตามวิธีของ A.O.A.C. 7.003 (1984)

1. อบถาดอะลูมิเนียมที่อุณหภูมิ 103±3 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างเปลือกส้ม 2-5 กรัม ใส่ในถาดที่อบแห้งเก็บไว้ใน desiccator 1 คืน
3. นำไปอบที่อุณหภูมิ 103±3 องศาเซลเซียส โดยปิดฝาทิ้งไว้นาน 2 ชั่วโมง
4. ปิดฝาภาชนะแล้วทำให้เย็นใน desiccator นำมาชั่งน้ำหนัก
5. อบอีก 30 นาที หรือจนน้ำหนักคงที่หรือลดลงไม่ต่ำกว่า 2 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(m_2 - m_1)}{m} \times 100$$

$$m = \text{น้ำหนักตัวอย่าง}$$

$$m_1 = \text{น้ำหนักถาดอะลูมิเนียมหลังอบ}$$

$$m_2 = \text{น้ำหนักตัวอย่างและน้ำหนักภาชนะหลังอบ}$$

การวิเคราะห์หาปริมาณสารหนู (As) สสารตะกั่ว (Pb) และทองแดง (Cu)

1 สารเคมี

1.1 MIBK GR grade

1.2 tritisol standard solution of Cu Pb As ความเข้มข้น 1.000 ± 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร

2 เครื่องมือ

2.1 เครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) รุ่น Spectra AA-40P

2.2 graphite tube atomizer และ pyrolytic coated graphite tube GTA-96

2.3 autosampler DS-15

2.4 refrigerated recirculator CFT-33

3. สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.1 สภาวะเครื่องมือ AAS

	<u>Cu</u>	<u>As</u>	<u>Pb</u>
lamp current (mA)	3.0	7.0	5.0
wave length (nm)	324.7	193.7	217.0
sample volume (μ l)	10.0	10.0	10.0
time constant (sec)	0.05	0.05	0.05
measurement time (sec)	3.0	3.0	3.0
background correction	on	on	on
slitwidth (nm)	0.5	1.0	1.0

3.2 สภาวะ graphite furnace

<u>อุณหภูมิ</u> (องศาเซลเซียส)	<u>เวลา</u> (นาที)	<u>อัตราการไหลของก๊าซ</u> (ลิตรต่อนาที)	<u>ชนิดของก๊าซ</u>
40	5	3	N ₂
120	15	3	N ₂
120	20	3	N ₂
500	10	3	Ar
500	18	-	Ar
500	2	-	Ar(alternate)
2400	1	-	Ar(alternate)
2400	2	-	Ar(alternate)
2400	2	3	Ar

4. วิธีการทดลอง

- 4.1 ดูดสารละลายตัวอย่าง 2.0 มิลลิลิตร ผสมกับ MIBK 2.0 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองเขย่าสารละลายให้เข้ากันแล้วกรองสารละลาย
- 4.2 นำสารละลายไปใส่ใน autosampler
- 4.3 ปรับสภาวะของ AAS ตามที่กำหนดไว้แต่ละธาตุ
- 4.4 วิเคราะห์หาปริมาณธาตุเปรียบเทียบกับ calibration curve

การวิเคราะห์หาตัวทำละลายคือ เฮกเซน และ อะซีโตน

1. สภาวะในการหาเฮกเซนโดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี

minstrument : GC-FID PERKIN-Elmer F-17
 chart speed : 1 cm/min
 range : 2x100
 injector temperature : 100°C
 column temperature : 50°C
 detector : FID
 column : 10% OV 101 on chromosorb WHP
 N₂ chamber gas : 20 Psi
 flow rate : 40 ml/min
 sample injection : 1.0 µl

2. สภาวะในการหาอะซีโตนโดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี

instrument : GC-FID PERKIN-ElmerF-17
 chart speed : 1 cm/min
 range : 2x100
 injector temperature : 100°C
 column temperature : 80°C
 detector : FID
 column : 10% OV 101 on chromosorb WHP
 N₂ chamber gas : 20 Psi
 flow rate : 40 ml/min
 sample injection : 1.0 µl

การวิเคราะห์ปริมาณ เบตาแคโรทีน (β -carotene)

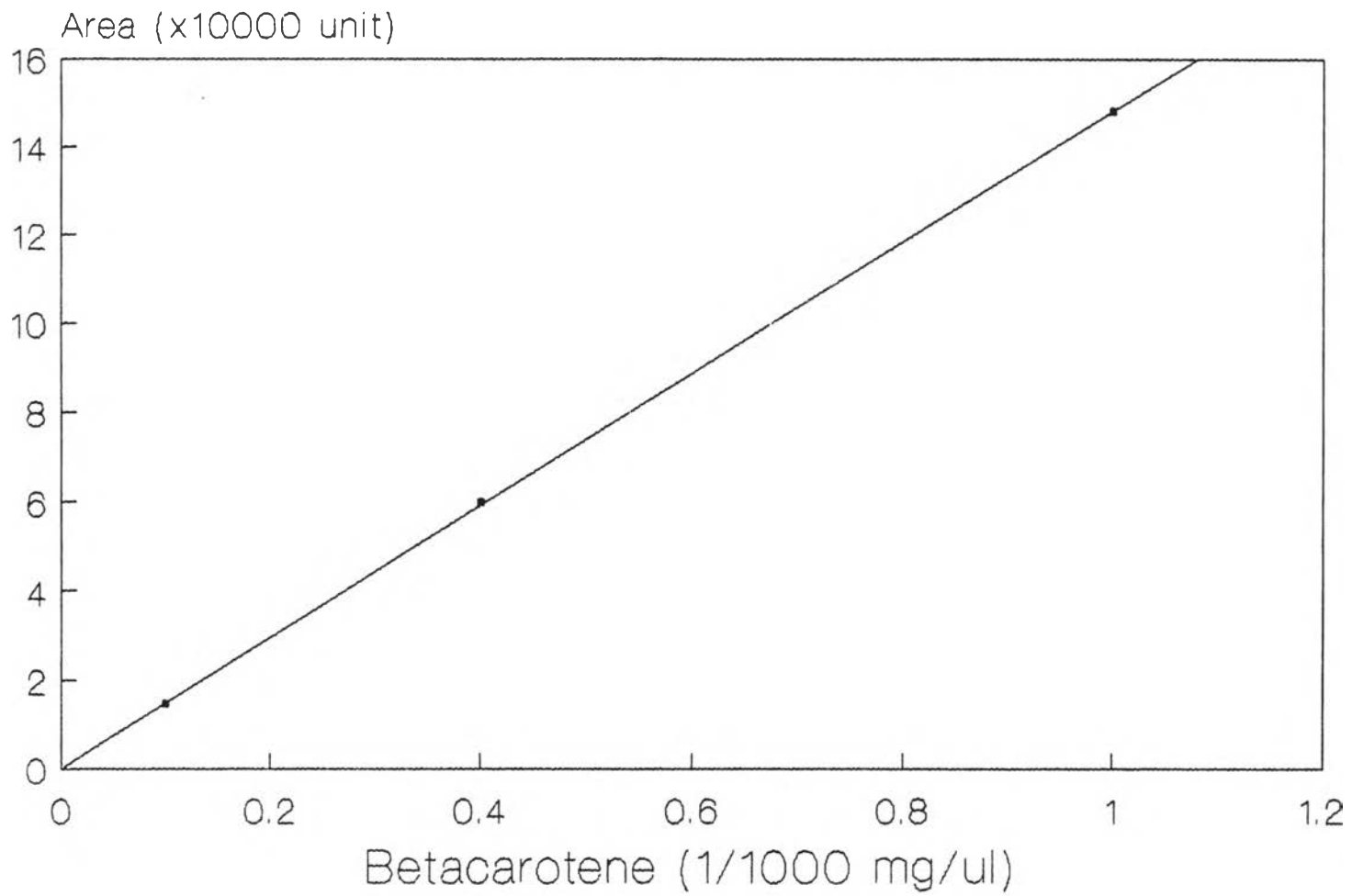
ตามวิธีของ Nelis และ Deleender (1983) และ Adewusi และ Bradbury (1993)

เตรียมสารละลายเบตาแคโรทีนมาตรฐานเพื่อทำกราฟมาตรฐาน โดยชั่งเบตาแคโรทีนมาตรฐาน 50 มิลลิกรัม ละลายในไดเอทิลอีเทอร์ (diethyl ether) ในขวดวัดปริมาตร 25 มิลลิลิตร จากนั้นดูดสารละลาย 0.5 2 และ 5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย diethyl ether นำสารละลายนี้ 1 มิลลิลิตร ฉีดเข้าเครื่อง HPLC เขียนกราฟระหว่างความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ของเบตาแคโรทีน (แกน x) และพื้นที่ใต้กราฟของเบตาแคโรทีน ที่อ่านจากเครื่อง (แกน y)

การเตรียมตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ นำสารที่สกัดได้ละลายใน diethyl ether 1 มิลลิลิตร เติมตัวทำละลายที่เป็นส่วนผสมของอะซิโตนไตรีส ไคคลอโรมีเทน เมทานอล ในอัตราส่วน 70:20:10 (โดยปริมาตร) ใช้สารตัวอย่าง 1 ไมโครลิตร ฉีดเข้าเครื่อง HPLC สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังนี้

- สารตัวพา (mobile phase) : อะซิโตนไตรีส / ไคคลอโรมีเทน / เมทานอล
ในอัตราส่วน 70:20:10 (โดยปริมาตร)
- อัตราการไหล (flow rate) : 1 มิลลิลิตรต่อนาที
- เครื่องตรวจวัด (detector) : spectrophotometer วัดที่ความยาวคลื่น
450 นาโนเมตร
- คอลัมน์ (column) : ขนาด 0.46 เซนติเมตร x 25 เซนติเมตร
บรรจุด้วยซอร์บาคโอดีเอส (Zorbax ODS)
ขนาด 7 ไมโครเมตร

หาปริมาณเบตาแคโรทีนโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานที่พล็อตระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้กราฟ (รูปที่ 20)



รูปที่ 20 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณเบตาแคโรทีน

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 20 ผลของชนิดตัวทำละลายต่อการดูดกลืนแสงและ $E_{1\text{cm}}^{1\%}$
ของเบตาแคโรทีน (Goodwin, 1984)

ชนิดตัวทำละลาย	λ_{max} (nm)	$E_{1\text{cm}}^{1\%}$
hexane	450	2592
ethanol	453	2620
cyclohexane	457	2505
benzene	465	2337
chloroform	465	2396
carbon disulphide	484	2008

ตารางที่ 21 การดูดกลืนแสงสูงสุดของคาโรทีนอยด์ชนิดต่างๆในตัวทำละลายแต่ละชนิด
(Britton, 1985; De Ritter and Purcell, 1981)

carotenoids	hexane	ethanol	chloroform	petroleum ether
astaxanthin	468	478	485	468
canthaxanthin	467	474	480	...
α -carotene	420,422,472	423,444,473	433,457,484	422,444,473
β -carotene	(425)450,477	(429)452,478	435,461,485	(425)448,475
β -carotene	423,444,473	459,492	447,478
5,6-epoxide				
γ -carotene	437,462,492	(440)460,489	446,475,509	437,462,494
ζ -carotene	380,400,425	378,462,494
β -cryptoxan- thin	(425)446,475	(428)449,473	(435)459,485	425,449,476
echinenone	(423)459(483)	461	471	456(482)
lutein	420,445,475	422,455,474	435,458,485	421,445,474
lycopene	448,473,504	446,472,503	485,484,581	446,472,505
neurosporene	416,440,470	416,441,470	424,451,480	414,439,467
phytone	276,286,297	277,287,298	280,291,303	276,296,298
phytofluene	331,347,366	337,354,374	331,347,367
β -zeaxanthin	407,427,454	(405)428,455	(414)439,465	406,428,454
zeaxanthin	(426)450,480	(428)450,478	(434)459,488	424,449,476

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design

1.1 Testing hypothesis

$$H : \mu_i = 0 \quad (\sum \mu_i = 0)$$

1.2 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) แสดงดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบ Completely Randomized Design

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

หมายเหตุ

$$SS_T = \sum (Y_i^2 / r) - (Y_{..}^2 / tr)$$

$$SS_E = \sum \sum Y_{i1}^2 - \sum (Y_{..}^2 / tr)$$

$$MS_T = SS_T / t-1$$

$$MS_{\varepsilon} = SS_{\varepsilon} / n-t$$

t = treatment group

n = total observation

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

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

$Y_{i,j}$ = sample for each observation

2. แผนการทดลองแบบ Factorial Design แบบ 2 แฟกเตอร์

2.1 Testing hypothesis

$$H : \alpha_i = 0$$

$$H : \beta_j = 0$$

$$H : (\alpha\beta)_{i,j} = 0$$

2.2 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) แสดงดัง

ตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบ Factorial Design
แบบ 2 แฟกเตอร์

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_T	abr-1	

หมายเหตุ

$$SS_Y = \left(\sum \sum \sum Y_{ijk}^2 \right) - \left(\sum \sum \sum Y_{ijk} \right)^2 / abr$$

$$SS_A = \left(\sum Y_{i.}^2 / br \right) - \left(\sum \sum \sum Y_{ijk} \right)^2 / abr$$

$$SS_B = \left(\sum Y_{.j}^2 / ar \right) - \left(\sum \sum \sum Y_{ijk} \right)^2 / abr$$

$$SS_{AB} = \left(\sum Y_{ij.}^2 / r \right) - \left(\sum \sum \sum Y_{ijk} \right)^2 / abr$$

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

$$MS_E = SS_A / a-1$$

$$MS_B = SS_B / b-1$$

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

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

3. แผนการทดลองแบบ Factorial Design แบบ 3 แฟกเตอร์

3.1 Testing hypothesis

$$H : \alpha_i$$

$$H : \beta_j$$

$$H : \gamma_k$$

$$H : (\alpha\beta)_{ij}, (\alpha\gamma)_{ik}, (\alpha\beta\gamma)_{ijk}$$

3.2 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบ Factorial Design แบบ 3 แฟกเตอร์

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
treatment C	SS_C	c-1	MS_C
AB	SS_{AB}	(a-1)(b-1)	MS_{AB}
AC	SS_{AC}	(a-1)(c-1)	MS_{AC}
BC	SS_{BC}	(b-1)(c-1)	MS_{BC}
ABC	SS_{ABC}	(a-1)(b-1)(c-1)	MS_{ABC}
Error	SS_E	abc(r-1)	MS_E
Total	SS_T	abcr-1	



ประวัติผู้เขียน

นางสาวสมเดือน หารัตน์เสวี เกิดวันที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2510 ที่จังหวัดสมุทรสาคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (ชีววิทยา) ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2532 ทำงานที่บริษัทชัชวารีมารีนโปรดักส์ จำกัด ในตำแหน่งเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ ในปี 2533 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2534