หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คณะกรรมการอาหารและยา , สำนักงาน . กองควบคุมอาหาร . 2530. พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 . กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด .

เติมศรี ชำนิจารกิจ . 2531. สถิติประยุกต์ทางการแพทย์ . กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

วัชราภรณ์ สุริยาภิวัฒน์. 2529. สถิติเบื้องต้นและการวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันชัย สมชิต. 2528. ถั่วเหลืองกับความต้องการของอุตสาหกรรมอาหาร. อาหาร. 15 (ตุลาคม - ธันวาคม) : 218.

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต . 2532 . เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร . กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

สุปรียา ศุขเกษม . นักวิทยาศาสตร์ 4 , งานเคมีพืชน้ำมัน กรมวิชาการเกษตร . สัมภาษณ์ , 8 มกราคม 2534.

ภาษาอังกฤษ

Allen, J. C., and Hamilton , R.J. 1983 . Rancidity in food . London : Applied science publishers .

Aurand , L. W., Wood, A. E., and Wells, M. R. 1987. Food composition and analysis . New York : Van Nostrand Reinhold Company .

Bading , H. T. 1960. Principle of autoxidation processes in lipids with special regard to the development of autoxidation off-flavors. Neth.Milk Dairy J. 14: 215-242.

Basset,J., Denny,R.C., Jeffrey,G.H., and Mendham,J. 1978. A textbook of quantitative inorganic analysis. Fourth edition. New York: Longman.

Bell, E. R., Raley, J. H., Rust, F. F., Seubold, F. H.,and Vanghan, W. E. 1951. Reactions of free radical associated with low-temperature oxidation of parafins. Discussion Faraday Soc. 10: 242-249.

Bennion, M. 1972. Fat as cooking media, shortening agent, and company of pastry . In Pauline and Palmer(ed.), Food theory and application, pp.223-236. Canada : John Wiley and Sons.

_____. 1980. The science of food. Singapore : Fong and Sons Printers.

Berthollet, C. L. 1797. J. De. L'Ecole Polytechn (Paris) Series 3 , 277 , cited by Lundberg , W.O. Autoxidation and antioxidants. (Vol.2) New York :John wiley and sons,1961.

Beuchat , L. R. 1974. Food and beverage mycology. Conneticut : AVI Publishing company .

_____. 1984 . Fermented soybean food. Food Tech. 38(6):64-70.

Beuchat, L. R., and Worthington , R. E. 1974. Changes in the lipid content of fermented peanut. J. Agric.Food Chem, 22 : 509-512.

Bigelow, S. L. 1898. Z. Physik. Chem. (Leipzig) 26: 493, cited by Lundberg , W.O. Autoxidation and antioxidants. (Vol.2) New York : John wiley and sons , 1961.

Bollmann , H. Br. Pat 260, 108 (Nov, 9) 1925.

Bracco, U., Loliger, J., and Viret, J. L. Production and use of natural antioxidants. 1981. J. A. O. C. S . June : 686-690.

Christopher , M. H., Ho, C. T., and Stephen , S. C. 1985 . The structure of rosemariquinone - a new antioxidant isolated from Rosemarinus officinalis L. J. A. O. C. S .(Vol 2.) : 96-99.

Cillard , J., and Cillard , P. 1986. Inhibitors of the proxidant activity of α - tocopherol. J.A.O.C.S. (Vol.63): 1165-1169.

Clopton, J. R. 1953. J.A.O.C.S. 30 : 156. U.S. Pat.2,752,314 (June 26,1956).

Daniel, D. G. H., and Martin, H. F. 1967. Antioxidant in oats . J. Sci. Food. Agric. 18 : 589.

Deschamps , P. 1843. J. Pharm.Chim. (3) , 4 : 201, cited by Bailey , K. C. The reterdation of chemical reactions. New. York : Longman Green 1937.

Dick, J. G. 1973. Analytical chemistry, International Student Edition Tokyo : Mc Graw Hill Kogekusha .

Duclax, M. E. 1886. Compt.Rend. 102 : 1077, cited by Lundberg , W.O. Autoxidation and antioxidants. (Vol.2) New York : John wiley and sons , 1961.

Dziezak, J. D. 1986. Preservative : Antioxidants the ultimate answer to oxidation. Food Tech. (September) : 1986.

Fennema, O. R. 1978. Principles of food science. part 1 Food chemistry. New York : Marcel Dekkev.

Firestone , D . 1984 . Oil & Fat . In Williams , S . (ed.). Official method of analysis association of official analytical chemist (14 th. ed.) PP. 507 . Verginia : The William Byrd press.

Grettie, D. P. 1933. Oil and Soap. 10 : 126, cited by Lundberg , W.O. Autoxidation and antioxidants. (Vol.2) New York : John wiley and sons , 1961.

Gunstone, F. D. and Hilditch, T. P. 1946. J. Chem. Soc. : 1022, cited by Lundberg , W.O. Autoxidation and antioxidants. (Vol.2) New York : John wiley and sons , 1961.

Gyorgy, P. 1962. in " Meeting protein needs of infants and Children. " National Research Council, National Academy of Science. Washington, D. C : 281 - 289.

Gyorgy, P., Murata, K., and Ikehata, H. 1964. Antioxidants isolated from fermented soybeans. Nature 203 : 870 - 872.

Gyorgy, P., Murata, K., and Sugimoto, Y. 1974. Studies on antioxidant activity of tempeh oil. J.A.O.C.S. 51 (8): 377 - 379.

Heimann, W. 1980. Fundamentals of food chemistry. Chichester : Ellis Horwood Limited.

Husain, S. R., Cillard, J., and Cillard, P. 1987. Tocopherol prooxidant effect and malondialdehyde production J.A.O.C.S Vol.64. No 1 : 109 - 111.

Joint FAO/WHO Expert Committee of Food Additives. 1971. A review of the technological efficacy of some antioxidant and synergist. FAO nutrition meeting report series. No. 50C.

Joint FAO/WHO Expert Consultation. 1980. Dietary fat and oils in human nutrition. Rome.

Law Kia Sang. 1984. A review on the use of citric acid in the oils and fats. Oleagineux , 39 : 89.

Lea, C. H. 1938. Rancidity in edible food. London : His majesty's statonary office.

Lee, F. A. 1975. Basic food chemistry. Connecticut : The AVI Publishing company. Inc.

Lumiere, A., Lumiere, L., and Seyewetz, A. 1905. Bull Soc. Chim Paris (3) 33 : 444, cited by Lundberg , W.O. Autoxidation and antioxidants. (Vol.2) New York : John wiley and sons . 1961.

Lundberg, W. O., 1961. Autoxidation and antioxidants. (Vol. 2) New York : John Wiley and Sons.

Macke, C. E. U. S. Pat. 2,058,162 (Oct. 20, 1936).

Mattill, K. F., Norris ,F.A., and Stirton, A. J. 1964. Solvent extraction. In Swern, D. (ed). Bailey's industrial oil and fat products (3rd ed.) PP. 637. New York : John Wiley and Sons.

Maveety, D. J. U. S. Pat. 2,124,706 (July 26, 1938)

Mehlenbacher, V. C., Hopper, T. H., Sallee, E. M., Link, W. E. 1981. Official and tentative methods of the American Oil Chemists' Society. third edition. Illinois : 508 South Sixth Street Champaign.

Miyashita, K. and Takagi, T. 1986. Study on the oxidative rate and prooxidant activity of free fatty acid. J.A.O.C.S. (Vol. 63) No 10: 1380-1384.

Mounts , T. L. 1981. Chemical and physical effects of processing fats and oils. J.A.O.C.S. (January): 51A-54A.

Moureu , C., and Dufraisse , C. 1922. Compt. Rend. Soc. Biol. 86 : 321, cited by Lundberg , W.O. Autoxidation and antioxidants. (Vol.2) New York:John wiley and sons,1961.

Murakami, H., Asakawa , T., Terao , J., and Matsushita, S. 1984. Antioxidative stabitity of tempeh and liberation of isoflavone by fementation. Agric. Biol. Chem. 48(12) : 2971 - 2975.

Musher, S. 1935. Cereals and seeds inhibit rancidity in lard. Food. Ind. 7 : 167.

Newberne, P. M., and Conner , M. W. 1986. Food additive and contaminants. Cancer 58 : 1851 - 1862.

Patterson, H. B. W. 1989. Handling and storage of oilseeds, oil fats and meal. New York : Elsevier Applied Science.

Popov, A. and Mizev, L. 1966. Rev. Fr.Corps. Gras. 13 : 621-624, cited by Stahl,H.D. and Sims,R.J. Tempeh oil:antioxidant. J.A.O.C.S. Vol. 63 (4) .1986.

Pratt , D. E. 1965 . Lipid antioxidant in plant tissue . J. Food. Sci. 30 : 737.

Sattar , A. , and Deman , J.M. 1976. Stability of edible oil and fats to fluorescent light irradiation. J.A.O.C.S. 53: 473.

Sherwin, E. R. 1978. Oxdation and antioxidants in fat and oil processing. J. A. O. C. S. 55 : 809.

Shizuo, T., Toshio, M., Hideko, A., Hisayaki, T. and Yoshio,T. 1985. Natural antioxidant. 3. Antioxidative components isolated from rhizome of Curcuma longa L. Chemical and Pharmaceutical Bulletin 33: 1725-1728.

Skoog , D.A .,and West , D.M. 1975 . Fundamental of analytical chemistry, Third edition. California : Holt Rinchart Winston.

Sloan, E. Nutt, K. W., and Power, M. 1986. Consumer attitudes about shelflife and application. In Charalambous, G . (ed.), The shelf life of food and beverages, PP. 63-68. New York : Elsevier Science Pulbishing.

Stahl, H. D., and Sims , R. J. 1986. Tempeh oil - antioxidant. J. A. O. C. S. Vol. 63 (4) : 555 - 556.

Stephen , S. C., Biserka , O. M., HSIEH , O. A. L.,and Cheng,L.H. 1977. Natural antioxidant from rosemary and sage. Journal of Food Science. 42 (4) : 1102 - 1106.

Swern, D. 1979. Bailey's industrial oil and fat products. Vol. 1. 4TH Edn. New York : John Wiley and Sons.

Terao, J., and Matsushita, S. 1977. J.A.O.C. S. 54 : 234, cited by Patterson,H. B.W. Handling and storage of oilseeds, oil fats and meal. New York : Elsevier Applied Science.

Tsujimoto, M. J. 1908. J. Coll. Eng. Imp Univ. Tokyo. 4 :181. cited by Lundberg , W.O. Autoxidation and antioxidants. (Vol.2) New York : John wiley and sons , 1961.

Wang, H. L. 1984. Tofu and tempeh as potential protein sources in the western diet. J. A. O. C. S. 64 (2) : 213 - 218.

Warner , K. and Frankel , E.N. 1987. Effect of β- carotene on light stability of soybean oil. J.A.O.C.S. 64(2):213-218

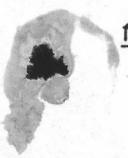
Wright, C. W. 1852. Am. J. Pharm, 24 : 180, cited by Lundberg , W.O. Autoxidation and antioxidants. (Vol.2) New York : John wiley and sons , 1961.

ภาคผนวก ก.

วิธีวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์

ภาคผนวก ก.

วิธีวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์



การหาค่าเปอร์ออกไซด์ โดยวิธี AOCS Cd 8-53 (Firestone,1984)

1. วัสดุและอุปกรณ์

1.1 สารเคมี

- ตัวทำละลายผสม กรดอะซีติก-คลอโรฟอร์ม อัตราส่วน 3:2
- สารละลายอิ่มตัวโพแทสเซียมไอโอไดด์
- สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (0.1 นอร์แมล)
- น้ำแป้ง (ความเข้มข้นร้อยละ 1)
- โพแทสเซียมไดโครเมต

1.2 เครื่องแก้ว และอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นในการเตรียมสาร และหาค่าเปอร์ออกไซด์

2. วิธีการ

2.1. ขั้นตอนการเตรียมสาร

2.1.1. สารละลายอิ่มตัวโพแทสเซียมไอโอไดด์

ละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ ในน้ำที่ต้มเดือดใหม่ ๆ ให้มากเกินพอ (การละลายของโพแทสเซียมไอโอไดด์ = 1 กรัม ในน้ำ 0.7 มิลลิลิตร) แล้วเก็บในที่มืด

วิธีทดสอบ เติมสารละลายอิ่มตัวโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.5 มิลลิลิตร ในตัวทำละลายผสม กรดอะซีติก-คลอโรฟอร์ม จำนวน 30 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำแป้ง 2 หยด ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ให้เติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 นอร์แมล ถ้าใช้สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตมากกว่า 1 หยด เพื่อให้สารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี ควรจะเตรียมสารละลายอิ่มตัวโปแตสเซียมไอโอไดด์ใหม่

2.1.2 น้ำแป้ง (ความเข้มข้นร้อยละ 1)

ชั่งโซลูเบิล สตาร์ช (หรือใช้แป้งมันสำปะหลังก็ได้) 1 กรัม เติมน้ำเย็นเล็กน้อย ผสมจนเป็นเพสท์ แล้วเติมน้ำต้มเดือด 100 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดนาน 1 นาที คนบ่อย ๆ

2.1.3 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต(0.1 นอร์แมล)

ชั่งน้ำหนัก โซเดียมไทโอซัลเฟต ประมาณ 25 กรัม ละลายในน้ำ 1 ลิตร ต้มให้เดือดเบา ๆ 5 นาที ถ่ายขณะที่ยังร้อนอยู่ เก็บในขวดสีชา เก็บในที่เย็น

การแสตนดาร์ดไดเซชัน สารมาตรฐานที่ใช้ คือ โพแทสเซียมไดโครเมต ให้อบที่ 120 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก อย่างแม่นยำ ให้ได้ 0.20-0.23 กรัม ใส่ใน glass stopped iodine flask(เป็นสารละลาย 1) จากนั้นละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 2 กรัม ในน้ำที่ปราศจากคลอรีน 80 มิลลิลิตร (เป็นสารละลาย 2) นำสารละลาย 2 เติมใน 1 เติมกรดเกลือ 0.1 นอร์แมล จำนวน 20 มิลลิลิตร แล้วเก็บในที่มืดทันทีนาน 10 นาที จึงนำมาไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 นอร์แมล เมื่อใกล้ถึงจุดยุติ คือ สารละลายมีสีเขียวปนเหลือง จึงเติมน้ำแป้ง ไตเตรทต่อไปจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเขียวของโครเมียม (หลอดที่เป็นการทดสอบไร้สิ่งตัวอย่าง ไม่ต้องเติมโพแทสเซียมไดโครเมต)

วิธีคำนวณ

$$\text{นอร์แมลิตี} = \frac{\text{น้ำหนักเป็นกรัมของโพแทสเซียมไดโครเมต}}{1000 \times \text{มิลลิลิตรสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต} \times 49.032}$$

2.2. วิธีวิเคราะห์

ชั่งน้ำหนักน้ำมันตัวอย่าง อย่างแม่นยำ 5.00 $\pm$ 0.05 กรัม ใส่ใน glass stopped iodine flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมตัวทำละลายผสม กรดอะซีติก-คลอโรฟอร์ม จำนวน 30 มิลลิลิตร เขย่าให้ละลาย เติมสารละลายอิ่มตัว โพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.5 มิลลิลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 นาที เขย่าเป็นครั้งคราว เมื่อครบเวลาเติมน้ำที่ปราศจากไอออน จำนวน 30 มิลลิลิตร ไตเตรทช้า ๆ ด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 นอร์แมล เขย่าแรงๆทุกครั้งที่เติม จนสีเหลืองจางลง จึงเติมน้ำแป้ง จำนวน 0.5 มิลลิลิตร ทำการไตเตรทต่อไป พร้อมเขย่าแรง ๆ เพื่อปลดปล่อย ไอโอดีน จากชั้นของคลอโรฟอร์ม ไตเตรทจนสีน้ำเงินหายไป

หมายเหตุ ถ้าใช้ สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 นอร์แมล น้อยกว่า 0.5 มิลลิลิตร ให้วิเคราะห์ใหม่ โดยใช้สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไทโอซัลเฟต 0.01 นอร์แมลแทน

การคำนวณ

$$\text{ค่าเปอร์ออกไซด์} = \frac{S \times N \times 1000}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่างเป็นกรัม}}$$

มีหน่วยเป็น มิลลิอิควิวาเลนท์/น้ำมันหรือไขมัน 1 กิโลกรัม

S = มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต
N = นอร์แมลิตี ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต

<u>หลักการในการหาค่าเปอร์ออกไซด์</u> (Bassetและคณะ , 1978; Dick, 1973; Skoog และ West , 1975)

การวิเคราะห์หาปริมาณเปอร์ออกไซด์ ทำโดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (หรือ ปฏิกิริยา รีดักชัน-ออกซิเดชัน) แบบหนึ่ง ที่เกี่ยวข้องกับไอโอดีน (I_2)

คือ ไอโอโดเมทรี (Iodometry) โดยไอโอไดด์ (I^-) ที่มากเกินพอ จะทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ เกิดปฏิกิริยากับตัวออกซิไดส์ ในที่นี้คือ เปอร์ออกไซด์ ในสารละลายที่เป็นกลางหรือกรดเล็กน้อย ทำให้มีไอโอดีน ปริมาณที่สมมูลย์กับเปอร์ออกไซด์ถูกปลดปล่อยออกมา ไอโอดีนที่เกิดขึ้นนี้ เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีไอโอไดด์ จะอยู่ในรูปของไตรไอโอไดด์ไอออน (I_3^-) ดังสมการ (1)

$$I_2 + I^- \rightleftharpoons I_3^- \qquad (1)$$

แล้วไตเตรทไอโอดีนที่เกิดขึ้นด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1นอร์แมล ทำให้ปฏิกิริยาในสมการ (1) กลับไปทางซ้ายเรื่อย ๆ จนไตรไอโอไดด์หมดไป

$$2S_2O_2^{2-} + I_2 \rightleftharpoons S_4O_6^{2-} + 2I^- \qquad (2)$$

สำหรับอินดิเคเตอร์ที่ใช้หาจุดยุติ คือน้ำแป้ง ปกติจะใช้ น้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยไตรไอโอไดด์ จะรวมกับโมเลกุลของเบต้าอมัยโลส ในแป้งได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงิน และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นผันกลับได้

$$\underset{\text{(ไม่มีสี)}}{\text{เบต้าอมัยโลส}} + I_3^- \rightleftharpoons \underset{\text{(สีน้ำเงิน)}}{(\text{เบต้าอมัยโลส}, I_3^-)} \qquad (3)$$

เมื่อไตเตรท ด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต ปฏิกิริยา (3) จะย้อนกลับ ทำให้ไอโอดีนหมด สีน้ำเงินจะหายไปคือถึงจุดยุติพอดี ส่วนอัลฟาอมัยโลสนั้นจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนเช่นเดียวกัน ได้สารสีแดง แต่ปฏิกิริยาไม่ย้อนกลับ จึงใช้เป็นอินดิเคเตอร์ไม่ได้ ดังนั้นแป้งที่ใช้ควรเป็นแป้งที่มี เบต้าอมัยโลสสูง เช่น โซลูเบิลสตาร์ช แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น แต่แป้งข้าวโพดจะไม่ดี เพราะว่ามี อัลฟาอมัยโลสอยู่มาก

ความเข้มข้นน้อยที่สุด ของสารต่างๆ ที่จะทำให้เกิดสีน้ำเงินได้ คือ น้ำแป้งประมาณร้อยละ 0.01 ไอโอดีน = 5×10^{-7} โมลาร์ ไอโอไดด์ไม่น้อยกว่า 10^{-4} โมลาร์

สำหรับตัวทำละลายผสมที่ใช้ คือ ตัวทำละลายผสม กรดอะซีติก-คลอโรฟอร์ม เพื่อเพิ่มการละลาย และทำให้สารละลายมี พีเอช เป็นกรด

ข้อควรระวัง

1. พีเอช ที่เหมาะสม คือ เป็นกลางหรือกรดเล็กน้อย เนื่องจากในพีเอชที่เป็นด่าง (ประมาณ 9) จะเกิดการสลายตัวด้วยน้ำของไอโอดีนที่ถูกปลดปล่อยออกมา ทำให้สัดส่วนหรือปริมาณสัมพันธ์ (stoichiometry) ของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไป ดังสมการ (4,5)

$$I_2 + OH^- \rightleftharpoons HOI + I^- \quad (4)$$

$$4HOI + S_2O_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons 2SO_4^{3-} + 4I^- + 6H_3O^+ \quad (5)$$

จากสมการที่ 4 และ 5 จะเห็นได้ว่า ไอโอดีน 4 โมเลกุล จะทำปฏิกิริยากับไทโอซัลเฟตไอออน ($S_2O_3^{2-}$) 1 โมเลกุล ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับสมการ 2 ซึ่งเกิดในสภาวะปกติ คือในสภาวะที่เป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อย ไอโอดีน 1 โมเลกุล จะทำปฏิกิริยากับไทโอซัลเฟต 2 โมเลกุล นั่นคือถ้าพีเอชของสารละลายเป็นด่างมากๆ จะทำให้ใช้ปริมาณของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต น้อยกว่าเป็นจริง เป็นผลทำให้ได้ค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำลงด้วย

ถ้าพีเอชของสารละลายเป็นกรดมาก ไอโอไดด์ไอออน จะถูกออกซิไดส์ (ปฏิกิริยานี้ เร่งโดยแสง) ดังสมการ 6

$$4I^- + 4H_3O^+ + O_2 \rightleftharpoons 2I_2 + 6H_2O \quad (6)$$

2. เพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น จึงควร

2.1. ไตเตรท โดยใช้ glass stopped iodine flask เพื่อป้องกันการระเหยของไอโอดีน และเก็บในที่มืดเพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชันเนื่องจากอากาศของไอโอดีน

2.2 ทำการไตเตรททันที หลังจากที่ไอโอดีนถูกปลดปล่อยออกมาแล้ว

2.3 ควรทำให้สารละลายมีไอโอไดด์มากเกินพอ จะช่วยเพิ่มการละลายของไอโอดีน โดยจะอยู่ในรูปของไตรไอโอไดด์ ซึ่งละลายดีกว่า ทำให้การระเหยของไอโอดีนลดลง

2.4 น้ำที่ใช้ในการไตเตรท ควรเป็นน้ำที่ปราศจากคลอรีน เนื่องจากคลอรีนเป็นตัวรีดิวซ์ที่แรง สามารถทำปฏิกิริยาได้สมบูรณ์ และรวดเร็วกับไอโอไดด์

$$2I^- + Cl_2 \longrightarrow I_2 + 2Cl^- \qquad (7)$$

3. ข้อควรระวังสำหรับ อินดิเคเตอร์

3.1. การเจริญของแบคทีเรีย ทำให้เกิดการสลายตัว ของแป้งในเวลาไม่กี่วัน จึงควรเตรียมเพื่อใช้ใหม่ ๆ

3.2. สารบางตัว เช่น เจลาติน แอลกอฮอล์ กลีเซอรอล จะลดการรวมตัวระหว่างไตรไอโอไดด์ กับโมเลกุลของแป้ง

3.3. ความไวของน้ำแป้งจะลดลง ถ้ามี (H_3O^+) ปริมาณสูงในสารละลาย

3.4. ถ้าความเข้มข้นของไอโอดีนในสารละลายสูง เมื่อทำปฏิกิริยากับแป้ง จะได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถย้อนกลับได้ จึงควรเติมแป้งเมื่อใกล้จุดยุติเท่านั้น

4. ข้อควรระวังสำหรับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต

4.1. แบคทีเรีย และ แสง ทำให้เกิดการสลายตัวของไทโอซัลเฟตไปเป็นสารอื่น

4.2. พีเอชที่เหมาะสม คือ 9-10 ทำได้โดยเติมโซเดียมคาร์บอเนตเล็กน้อย แต่ต้องระวังพีเอชของสารละลายเวลาไตเตรท เพราะจะทำให้ผลที่ได้ผิดไป การแก้ไขอาจทำได้ โดยไม่ต้องเติมโซเดียมคาร์บอเนตแต่ให้ทำสแตนท์ดาร์ดไดเซชันบ่อยๆ

ภาคผนวก ข.

กรรมวิธีการทำน้ำมันพืชให้บริสุทธิ์

ภาคผนวก ข.

กรรมวิธีการทำน้ำมันพืชให้บริสุทธิ์

กรรมวิธีการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ คือ กระบวนการที่ใช้กำจัดสิ่งเจือปนที่ทำให้คุณภาพของน้ำมันลดลง ให้หมดไปหรือให้เหลือน้อยที่สุด สิ่งเจือปนเหล่านี้ ได้แก่ กรดไขมันอิสระ สารสี(pigment) กลิ่นต่างๆ จากสารที่ระเหย และโลหะหนัก เช่น เหล็ก ทองแดง เป็นต้น (Mounts, 1981) โดยกรรมวิธีดังกล่าวนี้จะไม่มีผลต่อส่วนประกอบหลักของน้ำมัน คือ ปริมาณไตรกลีเซอไรด์

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบส่วนประกอบของน้ำมันถั่วเหลืองดิบกับน้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธี (Mounts, 1981)

ส่วนประกอบ	น้ำมันถั่วเหลืองดิบ	น้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธี
ไตรกลีเซอไรด์ (ร้อยละ)	95-97	>99
ฟอสฟาไทด์ (ร้อยละ)	1.5-2.5	0.003-0.015
ส่วนที่ไม่เกิดเป็นสบู่ (ร้อยละ)	1.60	0.30
สเตอรอล	0.33	0.13
โทโคเฟอรอล	0.15-0.21	0.11-0.18
ไฮโดรคาร์บอน	0.014	0.01
กรดไขมันอิสระ	0.30-0.70	<0.05
โลหะ		
เหล็ก (พี พี เอ็ม)	1-3	0.1-0.3
ทองแดง (พี พี เอ็ม)	0.03-0.05	0.02-0.06

กรรมวิธีการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ (Joint FAO/WHO Expert Consultation, 1980; Mount, 1981)

1. Degumming จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้ เพื่อกำจัดสารพวก กัม ฟอสฟาไทด์ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ที่สามารถละลายน้ำออกไป เนื่องจากสารเหล่านี้จะทำให้น้ำมันมีสีเข้มขึ้นเมื่อผ่านความร้อนสูง เช่น ขณะทอด โดยขั้นตอนนี้จะใช้น้ำและกรด ไปเปลี่ยนรูปสารประกอบข้างต้น ให้ละลายน้ำได้ และกำจัดออกโดยการเหวี่ยงให้ตกตะกอน ประมาณร้อยละ 90 ของฟอสฟาไทด์ จะถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนนี้

2. Alkali Refining หรือ การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) สารที่ถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนนี้ คือ กรดไขมันอิสระ ฟอสฟาไทด์ และ กัม ที่เหลือจาก degumming และ สารสี เป็นต้น โดยให้ทำปฏิกิริยากับด่าง ด่างที่นิยมใช้คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เกิดเป็นสบู่ เรียกส่วนที่เป็นสบู่นี้ว่า soap stocks ซึ่งจะถูกกำจัดออกโดยการเหวี่ยงให้ตกตะกอน ส่วนน้ำมันจะนำมาล้างสบู่และด่างที่เกินพอออกด้วยน้ำร้อน (ประมาณ 90 องศาเซลเซียส) หลาย ๆ ครั้ง จนด่างหมด การล้างด้วยน้ำนี้จะล้างสบู่ออกได้ประมาณร้อยละ 90 ส่วนที่เหลือจะถูกกำจัดออกในขั้นตอนกำจัดสี (Bleaching)

3. Bleaching เป็นขั้นตอนกำจัดสบู่ส่วนที่เหลือ และสารสีที่มีอยู่ในน้ำมัน เช่น คลอโรฟิล คาโรทีนอยด์ โดยใช้คาร์บอนกัมมันต์ และแอคติเวทเตทเคลย์ เป็นตัวดูดซับสีภายใต้สูญญากาศ

4. Deodorization ในขั้นตอนกำจัดกลิ่นนี้ สารหลายชนิด ได้แก่ กรดไขมันอิสระ เปอร์ออกไซด์ สารที่เกิดจากการสลายตัวของเปอร์ออกไซด์ และสารอื่น ๆ ที่ระเหยได้ จะถูกกำจัดออก โดยระเหยไปกับไอน้ำ ภายใต้สูญญากาศ ที่อุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียส แต่สารบางตัวจะมีปริมาณลดลง ได้แก่ สเตอรอล สเตอรอลเอสเธอร์ ที่สำคัญคือ วิตามินอี ซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญในน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านขั้นตอนกำจัดกลิ่น ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายนี้จัดเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี ทั้งในแง่กลิ่น สี และรสชาติ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีทำ (สุปรียา ศุขเกษม, สัมภาษณ์ , 8 ม.ค. 2534)

1. Degumming

1.1 degum ด้วยน้ำ ชั่งน้ำหนักน้ำมันถั่วเหลืองดิบ ใส่ในบีกเกอร์ที่มีขนาดเหมาะสม อุ่นให้ร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งคนตลอดเวลา ด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อได้อุณหภูมิที่ต้องการแล้ว เติมน้ำปราศจากอิออนลงไปร้อยละ 5 ของน้ำมันที่ใช้ แล้วพ่นไอน้ำลงไปในน้ำมัน โดยใช้หัวพ่นไอน้ำที่จัดทำพิเศษเป็นเวลา 30 นาที โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส เมื่อครบเวลาแล้ว นำมาตั้งทิ้งให้กัมตกตะกอนลงมา จึงนำส่วนใสเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง เพื่อแยกเอากัมออก

1.2 degum ด้วยกรด ใช้สารละลายกรดออกซาลิกร้อยละ 10 ชั่งน้ำหนักน้ำมันถั่วเหลืองที่ได้จาก 1.1 ใส่ในบีกเกอร์ อุ่นให้ร้อนที่ 55 องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งกรดออกซาลิก ให้ได้น้ำหนักเท่ากับร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักน้ำมัน แล้วเตรียมให้เป็นสารละลายกรดออกซาลิกร้อยละ 10 ในน้ำ เติมลงในน้ำมัน อุ่นให้ร้อนที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ขณะอุ่นให้คนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อครบกำหนด ตั้งทิ้งให้เย็น นำไปแยกตะกอนออกโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง

2. การทำให้เป็นกลาง

หาค่ากรดของน้ำมันถั่วเหลืองจากข้อ 1.2 เมื่อได้แล้วนำมาหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ความเข้มข้นร้อยละ 12.69)ที่ต้องเติม โดยใช้สูตร

มิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 12.69

$$= \frac{\frac{AV}{2} \times \frac{(1+E)}{100}}{1.162} \times \frac{S}{100}$$

AV = ค่ากรด

E = ด่างที่มากเกินพอ (ร้อยละ)

S = น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)

1.162 = ความถ่วงจำเพาะของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 20 ° Baume

เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 12.69 จำนวนเท่ากับที่คำนวณได้ ลงในน้ำมันถั่วเหลืองที่อุ่น 50 องศาเซลเซียส คนตลอดเวลาด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า จนครบ 30 นาที จึงยกออกตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง เพื่อแยกตะกอนสบู่ออกไป น้ำมันส่วนที่ได้ นำมาเทใส่กรวยแยก เพื่อล้างสบู่และด่างที่มากเกินพอออกด้วยน้ำร้อน ล้างหลายๆ ครั้ง จนด่างหมด สังเกตจากน้ำที่ล้างจะไม่เป็นสีชมพู เมื่อเติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนร้อยละ 1

3. <u>การกำจัดสี</u>

ชั่งน้ำหนักน้ำมันที่ได้จากข้อ 2. นำไปใส่ในขวดแก้วทรงกลม ขนาด 1000 มิลลิลิตร (น้ำมันที่ใส่ไม่ควรสูงเกินกว่าครึ่งหนึ่งของขวด เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันล้นออกมาเวลาเดือด) นำไประเหยเอาน้ำและสบู่ที่เหลือจากการทำให้เป็นกลางออกภายใต้สูญญากาศ อุ่นน้ำมันต่อไปให้ร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมคาร์บอนกัมมันต์ ร้อยละ 0.3 และ แอคติเวตเตทเคลย์ ร้อยละ 5 โดยแบ่งเติม 3 ครั้ง แต่ละครั้งที่เติม ให้คนด้วยเครื่องกวนไฟฟ้าจนเข้ากันดี จึงค่อยเติมใหม่ เมื่อเติมจนหมดแล้วให้เพิ่มความร้อนจนถึง 120 องศาเซลเซียส จากนั้นปรับอุณหภูมิให้ต่ำลง จับเวลาต่อไปอีก 30 นาที เมื่อครบเวลา กรองออกโดยวิธี suction ใช้กระดาษกรองเบอร์ 4

4. <u>การกำจัดกลิ่น</u>

ขั้นตอนกำจัดกลิ่นนี้ ต้องใช้เครื่องมือพิเศษที่จัดทำขึ้นเฉพาะ โดยมีขวดแก้วทรงกลมที่ใช้ใส่น้ำมันขนาด 1000 มิลลิลิตร เวลาใส่น้ำมันต้องใส่เพียงครึ่งเดียว เพื่อป้องกันน้ำมันล้นออกมา จึงทำการกำจัดกลิ่นน้ำมันได้เพียงครั้งละประมาณ 500 มิลลิลิตร แต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 4-6 ชั่วโมง วิธีทำโดยอุ่นน้ำมันให้ร้อน ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ภายใต้สูญญากาศ แล้วปล่อยไอน้ำเข้าไปในน้ำมันเรื่อยๆ อุ่นน้ำมันต่อไปจนอุณหภูมิขึ้นถึง 240 องศาเซลเซียส จับเวลา 2 ชั่วโมง ไอน้ำจะเป็นตัวพาสารระเหยจากน้ำมัน ไปเกาะที่ผิวแก้วของตัวทำความเย็น (ใช้น้ำแข็งแห้งช่วยลดอุณหภูมิ)

ภาคผนวก ค.

วิธีวิเคราะห์หาค่ากรด

ภาคผนวก ค.

วิธีวิเคราะห์หาค่ากรด

<u>การหาค่ากรด</u> โดยวิธี AOCS Cd 3a-63 (Mehlenbacher และ คณะ , 1981)

ค่ากรด คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาเป็นกลางพอดีกับกรดไขมันอิสระในน้ำมันหรือไขมันหนัก 1 กรัม

1. <u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

1.1 สารเคมี

- สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์แมล
- ตัวทำละลายผสมระหว่าง ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์กับโทลูอีน อัตราส่วน 1 : 1 (โดยปริมาตร)
- สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนร้อยละ 1 ในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์

1.2 ขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร

2. <u>วิธีการ</u>

2.1 ขั้นตอนการเตรียมสาร

2.1.1 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์แมล

ชั่งน้ำหนักโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ประมาณ 6 กรัม ละลายในน้ำ 1 ลิตร (เตรียมในขวดรูปกรวยขนาด 2 ลิตร) ต้มให้เดือดเบา ๆ 10 นาที คนสม่ำเสมอ จากนั้นเติมแบเรียมไฮดรอกไซด์ 2 กรัม ต้มนาน 5 - 10 นาที แล้วตั้งทิ้งให้เย็น ปิดจุกขวดกรวย ตั้งทิ้งไว้หลาย ๆ ชั่วโมง กรองผ่านกรวย

sintered glass เก็บในขวดที่ทนต่อด่างและป้องกันคาร์บอนไดออกไซด์ได้

การแสตนดาร์ดไดเซชัน สารมาตรฐานที่ใช้คือ Potassium acid phthalate ให้บดและอบที่ 120 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก อย่างแม่นยำ (0.5 กรัม) ละลายในน้ำที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 75 มิลลิลิตร เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2 หยด ไตเตรทด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จนได้สีชมพูถาวร

วิธีคำนวณ

$$\text{นอร์แมลิตี} = \frac{\text{น้ำหนักเป็นกรัมของ Potassium acid phthalate}}{\text{มิลลิลิตรของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์} \times 0.20423}$$

2.2 วิธีวิเคราะห์

2.2.1 เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2 มิลลิลิตร ต่อทุกๆ 125 มิลลิลิตรของตัวทำละลายผสมไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์กับโทลูอีน ทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์แมล จนได้สีชมพูอ่อน

2.2.2 ชั่งน้ำหนักน้ำมันตัวอย่างตามตาราง 18 อย่างแม่นยำ

ตารางที่ 18 แสดงน้ำหนักน้ำมันตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่ค่ากรดต่างๆ

ค่ากรด	น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม (± 10 เปอร์เซนต์)	ชั่งให้แม่นยำถึงน้ำหนัก(กรัม)
0 ถึง 1	20	0.05
1 ถึง 4	10	0.02
4 ถึง 15	2.5	0.01
15 ถึง 75	.5	0.001
≥ 75	.1	0.0002

2.2.3 เติมตัวทำละลายผสม ที่ทำให้เป็นกลางแล้ว จำนวน 125 มิลลิลิตร เขย่าให้ละลาย

2.2.4 ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์แมล ระหว่างไตเตรท เขย่าแรง ๆ จนแน่ใจว่าไม่มีสีชมพู จึงไตเตรทต่อจุดยุติ คือ เกิดสีชมพูที่ถาวรนาน ประมาณ 30 วินาที

การคำนวณ

$$\text{ค่ากรด} = \frac{A \times N \times 56.1}{W}$$

มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันตัวอย่าง 1 กรัม

A = มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์แมล
N = นอร์แมลิตีของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์
W = น้ำหนักของน้ำมันตัวอย่างเป็นกรัม

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$)

$$\overline{X} = \frac{\Sigma_{i=1}^{n} X_i}{N}$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, S.D.)

$$S.D. = \frac{\Sigma_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2}{N-1}$$

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

ตารางที่ 19 ค่าต่างๆในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ (df)	ผลบวกกำลังสอง (SS.)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS.)	อัตราส่วนความแปรปรวน (VR.)
ระหว่างกลุ่ม	K-1	SS.ระหว่างกลุ่ม	$\frac{\text{SS.ระหว่างกลุ่ม}}{K-1}$	$\frac{\text{MS.ระหว่างกลุ่ม}}{\text{MS.ภายในกลุ่ม}}$
ภายในกลุ่ม	N-K	SS.ภายในกลุ่ม	$\frac{\text{SS.ภายในกลุ่ม}}{N-K}$	
รวม	N-1	SS.ระหว่างกลุ่ม +SS.ภายในกลุ่ม		

$$SS.\text{ภายในกลุ่ม} = \text{ผลรวมของทุกค่ายกกำลังสอง} - \sum \frac{(T_j)^2}{n_j}$$

$$SS\ \text{ระหว่างกลุ่ม} = \frac{\text{ผลรวมของแต่ละทรีตเมนท์ยกกำลังสอง}}{n_j} - \frac{T^2}{N}$$

โดยที่ T_j = ผลรวมของแต่ละทรีตเมนท์

n_j = จำนวนตัวอย่างที่ศึกษาในแต่ละทรีตเมนท์

T = ผลรวมของทุก ๆ ค่า

N = จำนวนตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมด

K = จำนวนทรีตเมนท์

การตั้งสมมุติฐาน

H_0 = ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนท์

H_A = อย่างน้อยที่สุดมี 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่น

เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความแปรปรวนที่คำนวณได้กับค่า F ที่ได้จากตารางแสดงค่า F ที่ระดับความสำคัญ α องศาอิสระตามแกนนอนเท่ากับ $K-1$ และองศาอิสระตามแกนตั้งที่ $N-K$ ถ้าอัตราส่วนความแปรปรวนที่คำนวณได้ มากกว่าค่า F จากตาราง จะปฏิเสธ H_0 นั่นคือ มีอย่างน้อยที่สุด 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่น

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (L.S.D.)

$$L.S.D.\ (\alpha) = t_{\alpha} S_{d}$$

$$S_{d} = \sqrt{2S^{2} / n-1}$$

โดยที่ S^{2} = ค่าเฉลี่ยกำลังสองภายในกลุ่ม

n = จำนวนตัวอย่างในแต่ละทรีตเมนท์

t_{α} = ค่า t ที่เปิดจากตารางค่า t ที่ระดับความสำคัญ α องศาอิสระเท่ากับ N-K

นำค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนท์แต่ละคู่ มาเปรียบเทียบกับค่า L.S.D. ถ้าค่าความแตกต่างระหว่างคู่มากกว่าค่า L.S.D. แสดงว่าทรีตเมนท์คู่นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความสำคัญ α

การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ L.S.D.ของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันตัวอย่างเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สำหรับการศึกษาขั้นต้น

ระยะเวลา 1 วัน

ตารางที่ 20 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	3	0.07285	0.02428	73.58
ภายในกลุ่ม	4	0.00130	0.00033	
รวม	7	0.07415		

$F_{.05}$ (3,4) = 6.59 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.07$$

ตารางที่ 21 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+T5	B+T10
B	-	0.24	0.04^{NS} *	0.15
S	-	-	0.20	0.09
B+T5	-	-	-	0.11
B+T10	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระยะเวลา 3 วัน (การศึกษาขั้นต้น - 50 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 22 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	3	3.25924	1.08641	1940
ภายในกลุ่ม	4	0.00225	0.00056	
รวม	7	3.26149		

$F_{.05}$ (3,4) = 6.59 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.09$$

ตารางที่ 23 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+T5	B+T10
B	-	0.99	0.58	0.57
S	-	-	1.57	1.56
B+T5	-	-	-	0.01^{NS*}
B+T10	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระยะเวลา 7 วัน (การศึกษาขั้นต้น - 50 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 24 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	3	46.90624	15.63540	23690
ภายในกลุ่ม	4	0.00265	0.00066	
รวม	7	46.90889		

$F_{.05}$ (3,4) = 6.59 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.10$$

ตารางที่ 25 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+T5	B+T10
B	-	2.78	3.03	3.04
S	-	-	5.81	5.82
B+T5	-	-	-	0.01^{NS*}
B+T10	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระยะเวลา 14 วัน (การศึกษาขั้นต้น - 50 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 26 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	3	182.41840	60.80610	7256
ภายในกลุ่ม	4	0.03350	0.00838	
รวม	7	182.45190		

$F_{.05}$ (3,4) = 6.59 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.34$$

ตารางที่ 27 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+T5	B+T10
B	-	3.88	6.28	7.98
S	-	-	10.16	11.86
B+T5	-	-	-	1.70
B+T10	-	-	-	-

ระยะเวลา 21 วัน (การศึกษาขั้นต้น - 50 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 28 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	3	312.67290	235.50853	532
ภายในกลุ่ม	4	1.77020	0.44255	
รวม	7	314.44395		

$F_{.05}$ (3,4) = 6.59 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 2.61$$

ตารางที่ 29 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+T5	B+T10
B	-	4.26	9.37	10.58
S	-	-	13.63	14.84
B+T5	-	-	-	1.21^{NS*}
B+T10	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ L.S.D.ของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันตัวอย่างที่อังแสงอัลตราไวโอเลต ก่อนเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง สำหรับการศึกษาขั้นต้น

ระยะเวลา 3 วัน

ตารางที่ 30 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	3	0.17425	0.05808	322
ภายในกลุ่ม	4	0.00070	0.00018	
รวม	7	0.17495		

$F_{.05}$ (3,4) = 6.59 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.05$$

ตารางที่ 31 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+T5	B+T10
B	-	0.18	0.21	0.10
S	-	-		0.08
B+T5	-	-	-	0.31
B+T10	-	-	-	-

ระยะเวลา 7 วัน (การศึกษาขั้นต้น - อังด้วยแสงอัลตราไวโอเลต)

ตารางที่ 32 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	3	0.53375	0.17792	34.82
ภายในกลุ่ม	4	0.02045	0.00511	
รวม	7	0.554200		

$F_{.05}$ (3,4) = 6.59 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.28$$

ตารางที่ 33 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+T5	B+T10
B	-	0.33	0.38	0.17^{NS*}
S	-	-	0.71	0.50
B+T5	-	-	-	0.21^{NS*}
B+T10	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระยะเวลา 14 วัน (การศึกษาขั้นต้น -. อังแสงอัลตราไวโอเลต)

ตารางที่ 34 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	3	0.55304	0.18435	594
ภายในกลุ่ม	4	0.00125	0.00031	
รวม	7	0.55429		

$F_{.05}$ (3,4) = 6.59 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.07$$

ตารางที่ 35 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+T5	B+T10
B	-	0.29	0.41	0.24
S	-	-	0.70	0.53
B+T5	-	-	-	0.17
B+T10	-	-	-	-

ระยะเวลา 21 วัน (การศึกษาขั้นต้น - อังแสงอัลตราไวโอเลต)

ตารางที่ 36 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	3	1.05175	0.35058	1402
ภายในกลุ่ม	4	0.00100	0.00025	
รวม	7	1.05275		

$F_{.05}$ (3,4) = 6.59 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.06$$

ตารางที่ 37 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+T5	B+T10
B	-	0.83	0.03^{NS*}	0.01^{NS*}
S	-	-	0.86	0.82
B+T5	-	-	-	0.04^{NS*}
B+T10	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ L.S.D.ของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันตัวอย่างที่สกัดจากข้าวเกรียบกุ้งเพื่อศึกษาผลในการกันหืนต่อเนื่อง สำหรับการศึกษาขั้นต้น

ระยะเวลา 1วัน

ตารางที่ 38 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	3	0.30884	0.10295	1029
ภายในกลุ่ม	4	0.00045	0.00010	
รวม	7	0.30929		

$F_{.05}$ (3,4) = 6.59 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.04$$

ตารางที่ 39 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+T5	B+T10
B	-	0.11	0.17	0.41
S	-	-	0.28	0.52
B+T5	-	-	-	0.24
B+T10	-	-	-	-

ระยะเวลา 7 วัน (การศึกษาขั้นต้น - น้ำมันสกัดจากข้าวเกรียบกุ้ง)

ตารางที่ 40 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	3	0.92295	0.30765	42.14
ภายในกลุ่ม	4	0.02920	0.00730	
รวม	7	0.95215		

$F_{.05}$ (3,4) = 6.59 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.34$$

ตารางที่ 41 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+T5	B+T10
B	-	0.59	0.36	0.12^{NS*}
S	-	-	0.95	0.47
B+T5	-	-	-	0.48
B+T10	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระยะเวลา 14 วัน (การศึกษาขั้นต้น - น้ำมันสกัดจากข้าวเกรียบกุ้ง)

ตารางที่ 42 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	3	7.17780	2.39260	15950
ภายในกลุ่ม	4	0.00060	0.00015	
รวม	7	7.17840		

$F_{.05}$ (3,4) = 6.59 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.05$$

ตารางที่ 43 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+T5	B+T10
B	-	1.84	0.09	0.69
S	-	-	1.93	2.53
B+T5	-	-	-	0.60
B+T10	-	-	-	-

การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ L.S.D.ของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันตัวอย่างเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา 1 วัน

ตารางที่ 44 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	5	0.45347	0.09069	453
ภายในกลุ่ม	6	0.00120	0.00022	
รวม	11	0.45467		

$F_{.05}$ (5,6) = 4.39 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.05$$

ตารางที่ 45 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+RT0.5	B+RT1	(CB+T5)R	(CB+T10)R
B	-	0.02^{NS*}	0.37	0.44	0.03^{NS*}	0.04^{NS*}
S	-	-	0.39	0.46	0.01^{NS*}	0.06
B+RT0.5	-	-	-	0.07	0.40	0.33
B+RT1.	-	-	-	-	0.47	0.40
(CB+T5)R	-	-	-	-	-	0.07
(CB+T15)R	-	-	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ระยะเวลา 3 วัน (50 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 46 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	5	76.84297	15.36859	22600
ภายในกลุ่ม	6	0.00405	0.00068	
รวม	11	76.84702		

$F_{.05}$ (5,6) = 4.39 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$L.S.D._{.05}$ = 0.09

ตารางที่ 47 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+RT0.5	B+RT1	(CB+T5)R	(CB+T10)R
B	-	0.08 NS*	5.13	5.80	0.49	1.49
S	-	-	5.05	5.72	0.57	1.41
B+RT0.5	-	-	-	0.67	5.62	3.64
B+RT1.	-	-	-	-	6.25	4.31
(CB+T5)R	-	-	-	-	-	1.98
(CB+T15)R	-	-	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ระยะเวลา 7 วัน (50 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 48 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	5	163.76757	32.75351	32.68
ภายในกลุ่ม	6	0.45570	0.07595	
รวม	11	164.22327		

$F_{.05}$ (5,6) = 4.39 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$L.S.D._{.05}$ = 0.95

ตารางที่ 49 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+RT0.5	B+RT1	(CB+T5)R	(CB+T10)R
B	-	0.90 NS*	4.05	5.39	5.87	1.59
S	-	-	3.15	4.49	6.77	2.49
B+RT0.5	-	-	-	1.34	9.92	5.64
B+RT1.	-	-	-	-	11.26	6.90
(CB+T5)R	-	-	-	-	-	4.28
(CB+T15)R	-	-	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ระยะเวลา 14 วัน (50 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 50 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	5	447.15030	89.43006	3456
ภายในกลุ่ม	6	0.15520	0.02587	
รวม	11	447.30550		

$F_{.05}$ (5,6) = 4.39 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$L.S.D._{.05}$ = 0.56

ตารางที่ 51 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+RT0.5	B+RT1	(CB+T5)R	(CB+T10)R
B	-	3.09	6.90	9.33	9.01	2.71
S	-	-	3.81	6.24	12.10	5.80
B+RT0.5	-	-	-	2.43	15.91	9.61
B+RT1.	-	-	-	-	18.34	12.04
(CB+T5)R	-	-	-	-	-	6.30
(CB+T15)R	-	-	-	-	-	-

ระยะเวลา 21 วัน (50 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 52 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	5	368.00260	73.60052	2029
ภายในกลุ่ม	6	0.21755	0.03626	
รวม	11	368.22015		

$F_{.05}$ (5,6) = 4.39 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$L.S.D._{.05}$ = 0.66

ตารางที่ 53 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+RT0.5	B+RT1	(CB+T5)R	(CB+T10)R
B	-	6.40	10.02	10.11	5.44	1.28
S	-	-	3.02	3.71	11.84	5.12
B+RT0.5	-	-	-	0.69	14.86	8.14
B+RT1.	-	-	-	-	15.55	8.83
(CB+T5)R	-	-	-	-	-	6.72
(CB+T15)R	-	-	-	-	-	-

การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ L.S.D.ของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันตัวอย่างที่อังแสงอัลตราไวโอเลต ก่อนเก็บที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลา 3 วัน

ตารางที่ 54 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	5	12.14137	2.42827	32376
ภายในกลุ่ม	6	0.00045	0.00008	
รวม	11	12.14182		

$F_{.05}$ (5,6) = 4.39 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$L.S.D._{.05}$ = 0.03

ตารางที่ 55 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+RT0.5	B+RT1	(CB+T5)R	(CB+T10)R
B	-	0.03 NS*	0.85	2.73	0.21	0.36
S	-	-	0.88	2.76	0.18	0.39
B+RT0.5	-	-	-	1.12	1.06	0.49
B+RT1.	-	-	-	-	2.94	2.37
(CB+T5)R	-	-	-	-	-	0.57
(CB+T15)R	-	-	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ระยะเวลา 7 วัน (อังแสงอัลตราไวโอเลต)

ตารางที่ 56 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	5	33.84087	6.76807	4700
ภายในกลุ่ม	6	0.00865	0.00144	
รวม	11	33.84902		

$F_{.05}$ (5,6) = 4.39 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$L.S.D._{.05}$ = 0.13

ตารางที่ 57 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+RT0.5	B+RT1	(CB+T5)R	(CB+T10)R
B	-	0^{NS*}	3.05	3.90	0.47	0.47
S	-	-	3.05	3.90	0.47	0.47
B+RT0.5	-	-	-	0.85	3.52	2.58
B+RT1.	-	-	-	-	4.37	3.43
(CB+T5)R	-	-	-	-	-	0.94
(CB+T15)R	-	-	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ระยะเวลา 14 วัน (อังแสงอัลตราไวโอเลต)

ตารางที่ 58 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	5	71.96794	14.39359	89959
ภายในกลุ่ม	6	0.00095	0.00016	
รวม	11	71.96889		

$F_{.05}$ (5,6) = 4.39 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$L.S.D._{.05} = 0.04$

ตารางที่ 59 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+RT0.5	B+RT1	(CB+T5)R	(CB+T10)R
B	-	0.16	4.80	5.53	0.61	2.44
S	-	-	4.96	5.69	0.45	2.60
B+RT0.5	-	-	-	0.73	5.41	2.36
B+RT1.	-	-	-	-	6.14	3.09
(CB+T5)R	-	-	-	-	-	3.05
(CB+T15)R	-	-	-	-	-	-

ระยะเวลา 21 วัน (อังแสงอัลตราไวโอเลต)

ตารางที่ 60 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	5	119.64563	23.92913	108768
ภายในกลุ่ม	6	0.00130	0.00022	
รวม	11	119.64693		

$F_{.05}$ (5,6) = 4.39 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.05$$

ตารางที่ 61 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+RT0.5	B+RT1	(CB+T5)R	(CB+T10)R
B	-	0.03 NS*	5.98	7.20	0.93	3.75
S	-	-	5.95	7.17	0.96	3.72
B+RT0.5	-	-	-	1.22	6.91	2.23
B+RT1.	-	-	-	-	8.13	3.45
(CB+T5)R	-	-	-	-	-	4.68
(CB+T15)R	-	-	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ L.S.D.ของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันตัวอย่างที่สกัดจากข้าวเกรียบกุ้ง เพื่อศึกษาผลในการกันหืนต่อเนื่อง

ระยะเวลา 1 วัน

ตารางที่ 62 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	5	1.83804	0.36761	4595
ภายในกลุ่ม	6	0.00045	0.00008	
รวม	11	1.83849		

$F_{.05}$ (5,6) = 4.39 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การทดสอบ L.S.D.

$L.S.D._{.05}$ = 0.03

ตารางที่ 63 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+RT0.5	B+RT1	(CB+T5)R	(CB+T10)R
B	-	0.26	0.51	0.17	1.21	0.28
S	-	-	0.25	0.09	0.95	0.02 NS*
B+RT0.5	-	-	-	0.34	0.70	0.23
B+RT1.	-	-	-	-	1.04	0.11
(CB+T5)R	-	-	-	-	-	0.93
(CB+T15)R	-	-	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ระยะเวลา 7 วัน (น้ำมันสกัดจากข้าวเกรียบกุ้ง)

ตารางที่ 64 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	5	7.71152	1.54230	1253
ภายในกลุ่ม	6	0.00737	0.00123	
รวม	11	7.71889		

$F_{.05}$ (5,6) = 4.39 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดสอบ L.S.D.

$$L.S.D._{.05} = 0.12$$

ตารางที่ 65 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+RT0.5	B+RT1	(CB+T5)R	(CB+T10)R
B	-	1.88	2.03	1.18	2.49	1.83
S	-	-	0.15	0.70	2.61	0.05 NS*
B+RT0.5	-	-	-	0.85	0.46	0.20
B+RT1.	-	-	-	-	1.31	0.65
(CB+T5)R	-	-	-	-	-	0.66
(CB+T15)R	-	-	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ระยะเวลา 14 วัน (น้ำมันสกัดจากข้าวเกรียบกุ้ง)

ตารางที่ 66 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	อัตราส่วนความแปรปรวน
ระหว่างกลุ่ม	5	16.21320	3.24264	3684
ภายในกลุ่ม	6	0.00530	0.00088	
รวม	11	16.21850		

$F_{.05}$ (5,6) = 4.39 ดังนั้นมีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนท์ ที่ต่างไปจากทรีตเมนท์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดสอบ L.S.D.

$L.S.D._{.05}$ = 0.10

ตารางที่ 67 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์ออกไซด์

	B	S	B+RT0.5	B+RT1	(CB+T5)R	(CB+T10)R
B	-	0.07 NS*	1.09	0.52	2.57	0.95
S	-	-	1.02	0.59	2.50	1.02
B+RT0.5	-	-	-	1.61	1.48	2.04
B+RT1.	-	-	-	-	3.09	0.43
(CB+T5)R	-	-	-	-	-	3.52
(CB+T15)R	-	-	-	-	-	-

* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ประวัติผู้เขียน

นางลินนา ทองยงค์ เกิดวันที่ 5 มิถุนายน 2502 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีเภสัชศาสตรบัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2526 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2532 ปัจจุบันรับราชการที่กองสารวัตร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย