บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

น้ำมันปาล์มดิบจากบริษัท ชุมพรอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด (มหาชน)

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องสกัดแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์มดิบด้วยตัวทำละลายที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งพัฒนาโดยภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- เครื่องระเหย (Rotary Evaporator: R-200 model, BUCHI, Switzerland)
- เครื่องโซนิเคเตอร์ (Sonicator: S30 model, ELMA®, Germany)
- เครื่องปั่นแบบมือจับ (MR 430 HC model, 300 Watt, BRAUN®, Spain)
- ตู้บ่ม (Incubator: BD115 model, BINDER®, Germany)
- ตู้อบลมร้อน (Oven: UNE 400 model, Memmert, Germany)
- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer: UV WINLAB version 2.85.04, PerkinElmer™, United Kingdom)

3.3 สารเคมี

- กรดซิตริก (Citric acid: $C_6H_8N_7$, MERCK, Germany)
- กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid: H_3PO_4, MERCK, Germany)
- เฮกเซน (Hexane: C_6H_{14}, commercial grade, Etalmar ,Thailand)
- เอทานอล (Ethanol: C_2H_5OH, purity 95%, ethanl 95, Imported denatured ethyl alcohol 95%)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide: NaOH, purity 98%, THASCO Chemical, Thailand)
- น้ำมันดอกทานตะวัน (น้ำมันดอกทานตะวันผ่านกรรมวิธี 100% ตรากุ๊ก, ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช, ประเทศไทย)
- กรดอะซิติก (Acetic acid: CH_3COOH, glacial AR Grade, MERCK, Germany)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- โซเดียมอะซิเตต (Sodium acetate: CH_3COONa, AR Grade, MERCK, Germany)
- BHA (Butylated hydroxyanisole: $C_{11}H_{16}O_2$, Sigma-Aldrich, USA)
- BHT (Butylated hydroxytoluene: $C_{15}H_{24}O$, Sigma-Aldrich, USA)
- TBHQ (*tert*-Butyl hydroquinone: $C_{10}H_{14}O_2$, Sigma-Aldrich, USA)
- ทวีน 20 (Tween 20: $C_{58}H_{114}O_{26}$, MERCK, Germany)
- โพแทสเซียมซอร์เบท (Potassium sorbate: $C_6H_7O_2K$, MERCK, Germany)
- บีตาแคโรทีนมาตรฐาน (Standard beta-carotene: $C_{40}H_{56}$, purity ≥95%, HPLC grade, Sigma-Aldrich, USA)
- เตตระไฮโดรฟูแรน (Tetrahydrofuran: C_4H_8O, purity 99.9% , HPLC grade, Fisher Scientific, USA)
- โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium iodide: KI, AR Grade, MERCK, Germany)
- คลอโรฟอร์ม (Chloroform: $CHCl_3$, AR Grade, LAB-SCAN, Ireland)
- สตาร์ช (Starch soluble: AR Grade, MERCK, Germany)
- โซเดียมไทโอซัลเฟต (Sodium thiosulphate: $Na_2S_2O_3{\cdot}5H_2O$, AR Grade, Finechem, New Zealand)
- โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide: KOH, AR Grade, MERCK, Germany)
- ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein: $C_{20}H_{14}O_4$, AR Grade, MERCK, Germany)
- น้ำกลั่น (Distilled, demineralizered, deionized water)
- เปปโตน (Peptone from casein: MERCK, Germany)
- อาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (Plate count agar: MERCK, Germany)
- อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato dextrose agar: MERCK, Germany)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4 วิธีการวิจัย

ตอนที่ 1 การเตรียมตัวอย่างสีผสมอาหาร

ทำการสกัดแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์มดิบ ด้วยเฮกเซนที่อุณหภูมิต่ำ โดยเครื่องสกัดแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์มดิบด้วยตัวทำละลายที่อุณหภูมิต่ำ ตามวิธีการสกัดของ พัชรินทร์ และคณะ (2548) (ภาคผนวก ค ข้อ ค-1)

1. สีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน เตรียมโดยใช้น้ำมันดอกทานตะวันละลายแคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสกัด จากนั้นเติมสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ได้แก่ BHA, BHT และ TBHQ ปริมาณร้อยละ 0.02 ซึ่งความเข้มข้นที่ใช้เป็นปริมาณที่มีการแนะนำให้ใช้ในทางการค้าและไม่เกินมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ทั้งนี้ตัวอย่างที่เป็นชุดควบคุมจะไม่เติมสารต้านอนุมูลอิสระ บรรจุตัวอย่างลงในขวดสีชาทึบแสง พ่นแก๊สไนโตรเจนที่ผิวหน้า และปิดฝาให้สนิท

2. สีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน เตรียมสารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 เติมทวีน 20 ร้อยละ 1 ของปริมาณสีผสมอาหารที่ต้องการเตรียมเพื่อเป็นอิมัลซิฟายเออร์ (สีผสมอาหาร 100 กรัมจะใช้ทวีน 20 ปริมาณ 1 กรัม) ค่อยๆ เติมแคโรทีนอยด์ในน้ำมันดอกทานตะวัน (เตรียมตามวิธีการเตรียมสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมันในข้อ 1.) ซึ่งเติมสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ได้แก่ BHA, BHT และ TBHQ ปริมาณร้อยละ 0.02 ของปริมาณสีผสมอาหาร และตัวอย่างที่เป็นชุดควบคุมจะไม่เติมสารต้านอนุมูลอิสระ ทั้งนี้ใช้อัตราส่วนน้ำมันต่อสารละลายบัฟเฟอร์เป็น 1 ต่อ 9 โดยในการผสมจะทำในอ่างน้ำแข็งและใช้เครื่องโซนิเคเตอร์ช่วยในการผสม (Kiokias and Gordon, 2003) จะได้สีผสมอาหารที่อยู่ในรูปอิมัลชันที่มีส่วนของน้ำมันอยู่ร้อยละ 10 นำสีผสมอาหารที่เติมสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์มาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งเติมสารกันเชื้อรา ได้แก่ โพแทสเซียมซอร์เบทปริมาณร้อยละ 0.1 ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งไม่เติมสารกันเชื้อรา แล้วบรรจุตัวอย่างในขวดสีชาทึบแสง พ่นแก๊สไนโตรเจนที่ผิวหน้า และปิดฝาให้สนิท

ตอนที่ 2 การทดสอบผลของสารต้านอนุมูลอิสระต่ออายุการเก็บรักษาของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1. สีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน นำตัวอย่างสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมันที่เตรียมได้จากตอนที่ 1 มาทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 วัน และทำการเก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 และ 180 เพื่อตรวจวัดปริมาณบีตาแคโรทีนด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี (AOAC, 2002) ตรวจวัดค่ากรดและค่าเพอร์ออกไซด์ตามวิธีมาตรฐาน โดยทำการทดลองเป็นจำนวน 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. สีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน นำตัวอย่างสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชันที่เตรียมได้จากตอนที่ 1 มาทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 วัน และทำการเก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 และ 180 เพื่อตรวจวัดปริมาณบีตาแคโรทีนด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี (AOAC, 2002) ตรวจหาปริมาณเชื้อแบคทีเรีย และ ยีสต์ รา ตามวิธีมาตรฐาน โดยทำการทดลองเป็นจำนวน 3 ซ้ำ

ตอนที่ 3 การทดสอบความคงตัวต่อความร้อนของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์

1. ความคงตัวต่อความร้อนของสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน ศึกษาที่อุณหภูมิ 140, 145, 150, 155 และ 160 องศาเซลเซียส โดยนำตัวอย่างสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมันที่เตรียมได้จากตอนที่ 1 บรรจุลงในขวดสีชาทึบแสงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร สูง 3 เซนติเมตร ปริมาณขวดละ 1 มิลลิลิตร พ่นแก๊สไนโตรเจนที่ผิวหน้า ปิดปากขวดแล้วนำไปให้ความร้อนจนกระทั่งสีผสมอาหารมีอุณหภูมิตามต้องการ จึงเริ่มจับเวลาและทำการเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลาต่างๆ จนกระทั่งปริมาณบีตาแคโรทีนในตัวอย่างลดลงมากกว่าร้อยละ 80 ทั้งนี้ช่วงระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างของแต่ละระดับอุณหภูมิจะแตกต่างกันตามลักษณะการลดลงของปริมาณบีตาแคโรทีน ทำการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณบีตาแคโรทีนด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี (AOAC, 2002) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางจลนพลศาสตร์ เพื่อหาค่า D และ z

2. ความคงตัวต่อความร้อนของสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน ศึกษาที่อุณหภูมิ 90.0, 92.5, 95.0, 97.5 และ 100.0 องศาเซลเซียส โดยนำสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชันกลุ่มที่ไม่เติมสารกันเชื้อรา ที่เตรียมได้จากตอนที่ 1 บรรจุลงในขวดสีชาทึบแสงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร สูง 3 เซนติเมตร ปริมาณขวดละ 1 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดให้สนิท นำไปให้ความร้อนจนกระทั่งสีผสมอาหารมีอุณหภูมิตามต้องการ จึงเริ่มจับเวลาและทำการเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลาต่างๆ จนกระทั่งปริมาณบีตาแคโรทีนในตัวอย่างลดลงมากกว่าร้อยละ 80 ทั้งนี้ช่วงระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างของแต่ละระดับอุณหภูมิจะแตกต่างกันตามลักษณะการลดลงของปริมาณบีตาแคโรทีน ทำการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณบีตาแคโรทีนด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี (AOAC, 2002) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางจลนพลศาสตร์ เพื่อหาค่า D และ z

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนที่ 4 การทดสอบผลของการพ่นแก๊สไนโตรเจนที่ผิวหน้าต่อการสลายตัวของบีตาแคโรทีน

นำตัวอย่างสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชันกลุ่มที่ไม่เติมสารกันเชื้อรา ที่เตรียมได้จากตอนที่ 1 บรรจุลงในขวดสีชาทึบแสงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร สูง 3 เซนติเมตร ปริมาณขวดละ 1 มิลลิลิตร พ่นแก๊สไนโตรเจนที่ผิวหน้า และปิดฝาให้สนิท นำไปให้ความร้อนจนกระทั่งสีผสมอาหารมีอุณหภูมิ 100.0 องศาเซลเซียส จึงเริ่มจับเวลาและทำการเก็บตัวอย่างในชั่วโมงที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 ทำการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณบีตาแคโรทีนด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี (AOAC, 2002) โดยทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ นำไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษาความคงตัวต่อความร้อนของสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชันที่อุณหภูมิ 100.0 องศาเซลเซียส ที่ได้จากตอนที่ 3 ซึ่งไม่มีการพ่นแก๊สไนโตรเจนที่ผิวหน้าก่อนปิดฝา

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี

วิธีการที่ใช้ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC (2002)

1. การสร้างกราฟมาตรฐานของบีตาแคโรทีน

ก. ชั่งสารบีตาแคโรทีนมาตรฐาน 0.00600 กรัม ละลายด้วยเตตระไฮโดรฟูแรน 100 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร จะได้ Stock A ที่มีความเข้มข้นบีตาแคโรทีน 60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ข. ปิเปตสารละลายในข้อ ก. ปริมาตร 0.40, 1.20, 2.00, 3.20, 4.00, 4.80, 5.60, 6.40, 7.20 และ 8.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยเตตระไฮโดรฟูแรน จะได้สารละลายบีตาแคโรทีนมาตรฐานในเตตระไฮโดรฟูแรนที่มีความเข้มข้น 0.24, 0.72, 1.20, 1.92, 2.40, 2.88, 3.36, 3.84, 4.32 และ 4.80 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

ค. นำสารละลายบีตาแคโรทีนมาตรฐานจากข้อ ข. มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยเริ่มวัดจากสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยแล้วจึงเพิ่มความเข้มข้นขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้จะใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็น Blank แล้วบันทึกค่าที่วัดได้

ง. นำค่าที่วัดได้มาเขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร กับค่าความเข้มข้นของบีตาแคโรทีน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การตรวจวัดปริมาณแคโรทีนอยด์ของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์

ก. ชั่งสีผสมอาหารประมาณ 0.0500 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ละลายแคโรทีนอยด์และปรับปริมาตรด้วยเตตระไฮโดรฟูแรน

ข. นำสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ ก. มาตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็น Blank บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

ค. กรณีค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มีค่ามากกว่ากราฟมาตรฐาน ให้ทำการปิเปตสารละลายในข้อ ก. มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยเตตระไฮโดรฟูแรน และทำตามข้อ ข. (ทำซ้ำจนกว่าค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จะอยู่ในช่วงของกราฟมาตรฐาน)

ง. นำค่าการดูดกลืนแสงที่บันทึกได้มาคำนวณด้วยสมการที่ได้จากกราฟมาตรฐาน จะได้ค่าความเข้มข้นของบีตาแคโรทีน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) แล้วนำไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหาร (ไมโครกรัมต่อกรัม)

3. การคำนวณปริมาณแคโรทีนอยด์

ค่าความเข้มข้นที่วัดได้จากการเจือจางด้วยเตตระไฮโดรฟูแรน 25 มิลลิลิตร ครั้งที่ 2 (ข้อ ค.) เป็น x ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

จาก	ในสารละลาย 1 มิลลิลิตร	มีบีตาแคโรทีน	x	ไมโครกรัม
	ในสารละลาย 25 มิลลิลิตร	มีบีตาแคโรทีน	25x	ไมโครกรัม
ดังนั้น	ในสารละลาย 1 มิลลิลิตร	มีบีตาแคโรทีน	25x	ไมโครกรัม
	ในสารละลาย 25 มิลลิลิตร	มีบีตาแคโรทีน	625x	ไมโครกรัม

เนื่องจากชั่งสีผสมอาหารมาปริมาณ y กรัม

นั่นคือ	ในตัวอย่าง y กรัม	มีบีตาแคโรทีน	625x	ไมโครกรัม
	ในตัวอย่าง 1 กรัม	มีบีตาแคโรทีน	$\frac{625x}{y}$	ไมโครกรัม

หมายเหตุ: ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ของสารละลายแคโรทีนอยด์เข้มข้น เป็นค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของบีตาแคโรทีนมาตรฐานในเตตระไฮโดรฟูแรน ดังนั้นแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์มดิบจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นนี้ แต่ไม่ใช่ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด จึงไม่สามารถรายงานเป็นปริมาณของบีตาแคโรทีนได้ดังนั้นค่าที่ได้จึงเป็นค่าของแคโรทีนอยด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนที่ 6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางจลนพลศาสตร์

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางจลนพลศาสตร์ประยุกต์จากวิธีของ Dhuique-Mayer *et al.* (2007) โดยพบว่าถ้าการสลายตัวของบีตาแคโรทีนมีลักษณะเป็นไปตามปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง จะมีสมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$\ln\left(\frac{C}{C_0}\right) = -kt \qquad (3.1)$$

โดยที่ C_0 เป็นค่าความเข้มข้นของบีตาแคโรทีนเริ่มต้น (ไมโครกรัมต่อกรัม)

C เป็นค่าความเข้มข้นของบีตาแคโรทีนที่เวลา t ใดๆ (ไมโครกรัมต่อกรัม)

k เป็นค่าคงที่อัตราที่อุณหภูมิหนึ่ง (ต่อชั่วโมง)

t เป็นระยะเวลาที่ให้ความร้อน (ชั่วโมง)

จากสมการ (3.1) เมื่อใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Excel สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ln (C/C_0) กับเวลา และเพิ่มเส้นแนวโน้มแบบเชิงเส้นจะได้กราฟเป็นเส้นตรงซึ่งมีค่าความชันเท่ากับ -k ที่อุณหภูมิหนึ่ง จากค่า k ที่หาได้จากค่าความชันจากสมการของเส้นแนวโน้ม สามารถนำไปหาค่า E_a และค่า D ได้ดังนี้

จากสมการอาร์รีเนียส

$$k = k_0 e^{-\left(\frac{E_a}{RT}\right)} \qquad (3.2)$$

โดยที่ k เป็นค่าคงที่อัตราที่อุณหภูมิ T

k_0 เป็นค่า pre-exponential factor

E_a เป็นพลังงานก่อกัมมันต์ (กิโลจูลต่อโมล)

R เป็นค่าคงที่แก๊สเท่ากับ 8.314 จูลต่อโมล เคลวิน

T เป็นอุณหภูมิสัมบูรณ์ (เคลวิน)

จากสมการ (3.2) เมื่อใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Excel สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ln k กับ $1/T$ และเพิ่มเส้นแนวโน้มแบบเชิงเส้นจะได้กราฟเป็นเส้นตรงซึ่งมีค่าความชันเท่ากับ $-E_a/R$ โดยสามารถคำนวณหาค่า E_a ได้จากค่าความชันจากสมการของเส้นแนวโน้ม

จากสมการที่ใช้ในกระบวนการทางอาหารทั่วไป

$$C = C_0 10^{-\left(\frac{t}{D}\right)} \qquad (3.3)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้น $$D = \frac{\ln(10)}{k} = \frac{2.303}{k} \quad (3.4)$$

โดยที่ D เป็นค่า decimal reduction time ที่อุณหภูมิหนึ่ง

และจากสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า D และ ค่า z ที่อุณหภูมิใดๆ

$$D = D_o 10^{-\left(\frac{T}{z}\right)} \quad (3.5)$$

เมื่อใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Excel สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง log D กับ อุณหภูมิ และเพิ่มเส้นแนวโน้มแบบเชิงเส้นจะได้กราฟเป็นเส้นตรงที่มีค่าความชันเท่ากับ -1/z ซึ่งสามารถคำนวณหาค่า z ได้จากค่าความชันที่ได้จากสมการของเส้นแนวโน้มนั่นเอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved