บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ศึกษาอัตราส่วนระหว่างดิสทิลเลตกับเฮกเซน อัตราเร็วของใบกวน และอุณหภูมิของเฮกเซนที่เหมาะสมในการสกัดวิตามินอี

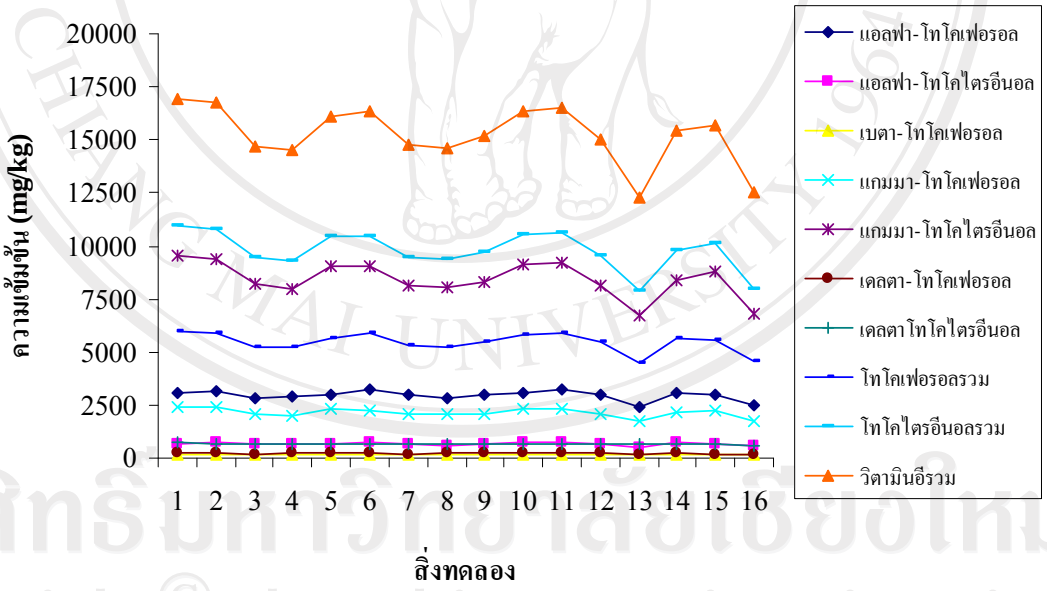
4.1.1 ความเข้มข้นของวิตามินอีที่สกัดได้ที่สภาวะต่างๆ

ทำการสกัดวิตามินอีจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวด้วยตัวทำละลายเฮกเซนที่อุณหภูมิต่ำด้วยวิธีแบบไม่ต่อเนื่อง โดยผสมดิสทิลเลตต่อเฮกเซนที่อัตราส่วน 1:1 , 1:2 , 1:3 และ1:4 (w/v) และในแต่ละอัตราส่วนจะใช้เฮกเซนที่อุณหภูมิ -10 และ -15^{o}C กวนผสมที่ 250 และ 500 รอบต่อนาที และวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอีโดยใช้ HPLC (AOCS, 1997) ซึ่งความเข้มข้นของวิตามินอีคำนวณตามวิธี ข-1(ภาคผนวก ข) จากผลการทดลอง พบว่าดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว (รูป ง-1 ในภาคผนวก ง) ประกอบด้วยวิตามินอีทั้งหมด 7 อนุพันธ์ คือ แอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอล ซึ่งแต่ละอนุพันธ์ของวิตามินอีมีปริมาณเท่ากับ 3583.34, 174.64, 2795.73, 238.65, 839.96, 11024.64 และ 753.8 mg/kg ตามลำดับ (ดังรูปโครมาโทแกรม ง-3 และ ง-4 ตามลำดับ) ดังนั้นความเข้มข้นของวิตามินอีรวมในดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวจะมีค่าเท่ากับ 19410.77 mg/kg ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณความเข้มข้นของวิตามินอีรวมในน้ำมันรำข้าวดิบ 9.7 เท่าตัว ซึ่งมีอยู่ในปริมาณ 1500-2000 mg/kg (Cherukuri และคณะ, 1999)

ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆในดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว และที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่สภาวะต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังรูปที่ 15 และตารางที่ ค-1 (ภาคผนวก ค) ตัวอย่างเช่น ในดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวมีปริมาณความเข้มข้นของแกมมา-โทโคไตรอีนอล เท่ากับ 11024.64 mg/kg ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปริมาณความเข้มข้นของแกมมา-โทโคไตรอีนอลในการสกัดที่สภาวะต่างๆ ที่ทำการศึกษา โดยมีค่าเท่ากับ 9572.86, 9417.71, 8217.86, 7974.85, 9049.59, 9027.00, 8129.72, 8079.52, 8327.02, 9121.01, 9194.23, 8171.68, 6732.71, 8400.72, 8820.81 และ 6807.47 mg/kg ในสิ่งทดลองที่ 1-16 ตามลำดับ แสดงว่าสภาวะในการสกัดไม่มีผลต่อความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่สกัดได้ แต่อย่างไรก็ตามสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดจะต้องพิจารณาค่าผลผลิต (yield) และค่า relative recovery ประกอบด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวด้วยตัวทำละลายเฮกเซนที่อุณหภูมิต่ำมีค่ามากกว่าความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่สกัดจากรำข้าวโดยการไฮโดรไลซิสด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 80% โดยพบว่ารำข้าวมีปริมาณแอลฟา- และแกมมา-โทโคเฟอรอลเท่ากับ 68.29 และ 40.05 mg/kg ตามลำดับ และมีปริมาณแอลฟา- และแกมมา-โทโคไตรอีนอลเท่ากับ 78.71 และ 98.24 mg/kg ตามลำดับ (Kim, 2005) นอกจากนี้ การสกัดวิตามินอีจากน้ำมันรำข้าวด้วยของไหลเหนือวิกฤตที่อุณหภูมิ 40°C และความดัน 200 bar พบว่าปริมาณความเข้มข้นของวิตามินอีรวมที่สกัดได้มีค่าเท่ากับ 9391.2 mg/kg (Sarmento และคณะ, 2006) และการสกัดวิตามินอีจากน้ำมันรำข้าวด้วยแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิ 25-77°C พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของวิตามินอีรวมเท่ากับ 4000 mg/kg (Cherukuri และคณะ, 1999) ซึ่งวิธีของ Sarmento และคณะ (2006) และ Cherukuri และคณะ (1999) มีค่าความเข้มข้นของวิตามินอีที่สกัดได้น้อยกว่าความเข้มข้นของวิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว โดยใช้เฮกเซนที่อุณหภูมิต่ำที่สภาวะต่างๆ ในการศึกษานี้

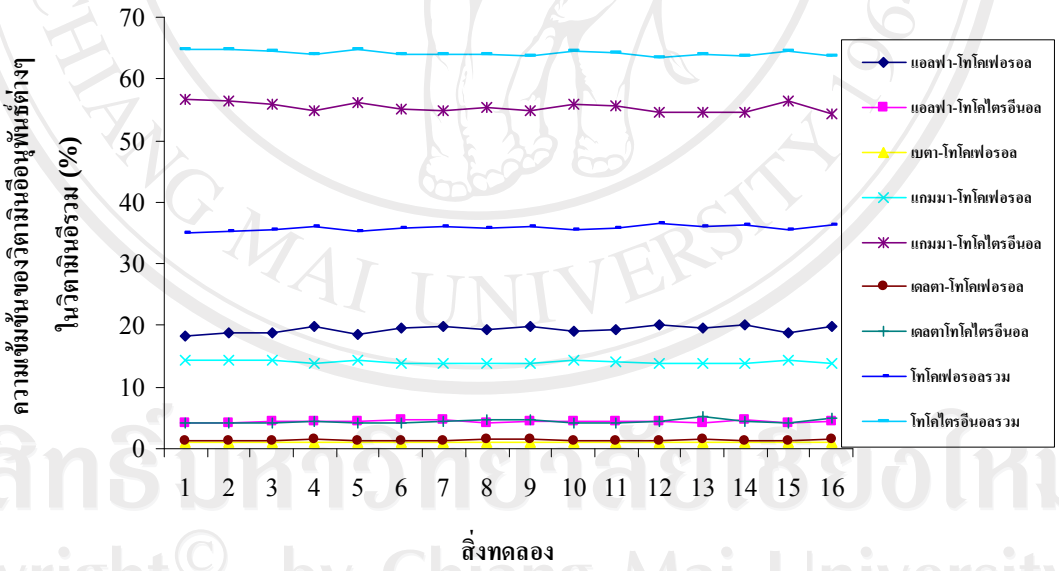


รูปที่15 ความเข้มข้นของวิตามินอีในสิ่งทดลองต่างๆ

ดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว ประกอบด้วยแอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอล เท่ากับ 18.5, 0.9, 14.4, 1.2, 4.3, 56.8 และ 3.9% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินอีรวม และปริมาณของโทโคเฟอรอลรวม และโทโคไตรอีนอลรวม มีค่าเท่ากับ 35.0 และ 65.0% ตามลำดับ ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Kim (2005) ศึกษาการสกัดวิตามินอีจากรำข้าว โดยการไฮโดรไลซิสด้วยโพแทสเซียม-ไฮดรอกไซด์ 80% และทำการสกัดวิตามินอีโดยใช้เฮกเซน พบว่าความเข้มข้นของแอลฟา-โทโคเฟอรอล แกมมา-โทโคเฟอรอล แอลฟา-โทโคไตรอีนอล และแกมมา-โทโคไตรอีนอล มีค่าเท่ากับ 24.0, 14.0, 27.6 และ 34.4% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินอีรวม และปริมาณของโทโคเฟอรอลรวม และโทโคไตรอีนอลรวม มีค่าเท่ากับ 38.0 และ 62.0% ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของแอลฟา- และแกมมา-โทโคเฟอรอลที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่สภาวะต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Kim (2005) แต่แอลฟา- และแกมมา-โทโคไตรอีนอลที่สกัดได้มีค่าความเข้มข้นต่ำกว่า และสูงกว่าตามลำดับ และปริมาณของโทโคเฟอรอลรวม และโทโคไตรอีนอลรวมที่สกัดได้มีค่าใกล้เคียง และสอดคล้องกับการทดลองของ Kim (2005)



รูปที่16 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ในวิตามินอีรวมในสิ่งทดลองต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.2 ค่าผลผลิตของการสกัดวิตามินอีที่สภาวะต่างๆ

ค่าผลผลิตของการสกัดวิตามินอีที่สภาวะต่างๆ คำนวณตามวิธี ข-2 (ภาคผนวก ข) ซึ่งเป็นปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้เปรียบเทียบกับปริมาณดิสทิลเลตเริ่มต้น ผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 17 และตารางที่ ค-3 (ภาคผนวก ค) พบว่าที่อัตราการกวนผสม 500 รอบต่อนาที ค่าผลผลิต (%) ที่ได้เพิ่มขึ้น แปรผันตามความเข้มข้นของเฮกเซนที่เพิ่มขึ้น และที่อุณหภูมิ -10^{o}C ค่าผลผลิต (%) ที่ได้สูงกว่าที่อุณหภูมิ -15^{o}C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่อัตราการกวน 250 รอบต่อนาที ทั้งที่อุณหภูมิ -10 และ -15^{o}C มีการเปลี่ยนแปลงค่าผลผลิต (%) ที่ได้เช่นกัน โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ระดับอัตราส่วนดิสทิลเลตต่อเฮกเซน เท่ากับ 1:1 และ 1:2 (w/v) และมีแนวโน้มขึ้นๆ ลงๆ ที่ระดับความเข้มข้น 1:3 และ 1:4 (w/v)

การสกัดวิตามินอีที่สภาวะต่างๆ ทำให้องค์ประกอบต่างๆ ในดิสทิลเลตจากน้ำมันรำข้าวเกิดการตกผลึกไป เท่ากับ 56.5, 22.9, 30.8, 25.4, 67.9, 21.9, 9.5, 0.3, 56.4, 26.9, 15.9, 21.5, 80.2, 26.8, 20.4 และ 14.5% ในสิ่งทดลองที่ 1-16 ตามลำดับ (แสดงวิธีการคำนวณค่าการตกผลึก (%) ดังภาคผนวก ข-3) แสดงดังรูปที่ 18 และตารางที่ ค-4 (ภาคผนวก ค) เมื่อพิจารณาการตกผลึก (%) ที่ได้ พบว่า การตกผลึก (%) เกิดขึ้นมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่อัตราส่วนดิสทิลเลตต่อเฮกเซน เท่ากับ 1:1 (w/v) ทุกอุณหภูมิของเฮกเซนที่ใช้ในการสกัด และทุกอัตราการกวน นอกจากนี้ยังพบว่า ที่อัตราการกวน 500 รอบต่อนาที การตกผลึก (%) ลดลงเมื่อปริมาณของเฮกเซนเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาทั้ง 3 ปัจจัยร่วมกัน คือ อัตราส่วนดิสทิลเลตต่อเฮกเซน อุณหภูมิของเฮกเซนที่ใช้ในการสกัด และอัตราการกวนผสม จากรูปที่ 19 พบว่า สภาวะการสกัดที่อุณหภูมิ และอัตราการกวนผสมเท่ากัน ค่าผลผลิตที่ได้มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้เฮกเซนในการสกัดมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ในสิ่งทดลองที่ 5-8 (อุณหภูมิ -10^{o}C และกวนผสมที่ 500 รอบต่อนาที) มีค่าผลผลิตของการสกัดวิตามินอีเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ 32.1, 78.1, 90.5 และ 99.7% ตามลำดับ แสดงว่าถ้าผสมดิสทิลเลตต่อเฮกเซนที่อัตราส่วนของเฮกเซนมากขึ้น ทำให้องค์ประกอบต่างๆ ในดิสทิลเลตจากน้ำมันรำข้าวเกิดการตกผลึกน้อยลง (รูปที่ 20) ค่าผลผลิต (%) จึงมีค่าเพิ่มขึ้น (รูปที่ 19)

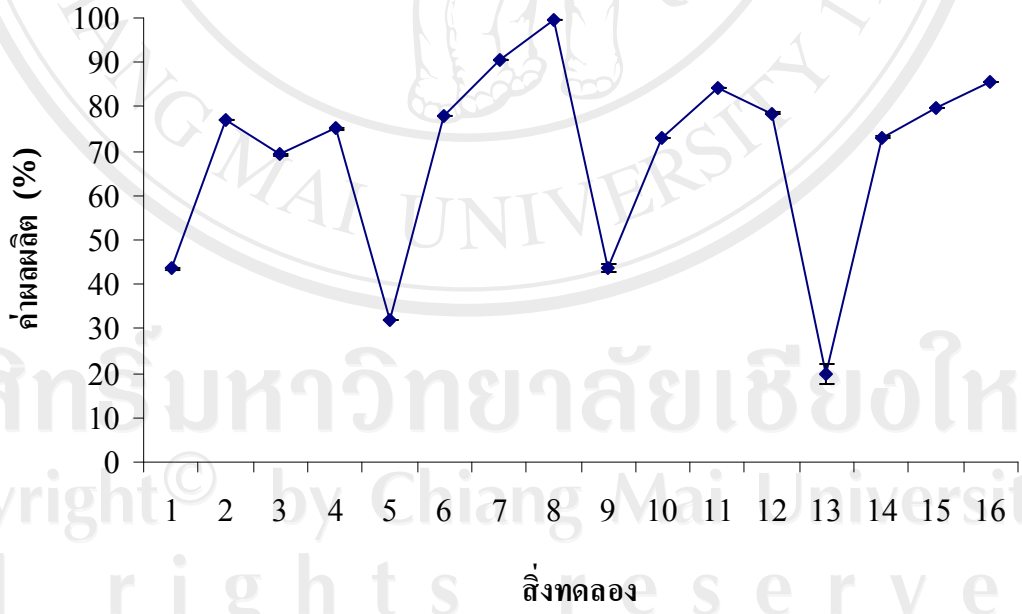
นอกจากนี้ ที่อัตราส่วนของดิสทิลเลตต่อเฮกเซนต่างๆ ที่มีอัตราการกวนผสมเท่ากับ 250 รอบต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของเฮกเซนที่ใช้ในการสกัดต่างกันคือ ที่อุณหภูมิ -10 และ -15^{o}C พบว่า ถ้าให้อุณหภูมิของเฮกเซนที่ใช้ในการสกัดมีค่าต่ำลง ทำให้องค์ประกอบต่างๆ ในดิสทิลเลตจากน้ำมันรำข้าวเกิดการตกผลึกน้อยลง (รูปที่ 20) ซึ่งแสดงได้ด้วยค่าผลผลิต (%) มีค่ามากขึ้น (รูปที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการเปรียบเทียบที่อัตราส่วนของดิสทิลเลตต่อเฮกเซนต่างๆ (ยกเว้น 1:1 (w/v)) และอุณหภูมิของเฮกเซนที่ใช้ในการสกัดเท่ากับ -10^{o}C แต่อัตราการกวนผสมต่างกัน คือ 250 และ 500 รอบต่อนาที พบว่าถ้าอัตราการกวนผสมมากขึ้นทำให้องค์ประกอบต่างๆ ในดิสทิลเลตจากน้ำมันรำข้าวเกิดการตกผลึกน้อยลง (รูปที่ 20) ซึ่งแสดงได้ด้วยค่าผลผลิต (%) มีค่ามากขึ้น(รูปที่ 19) ตัวอย่างเช่น ในสิ่งทดลองที่ 2 และ 6 (อัตราส่วนของดิสทิลเลตต่อเฮกเซนที่ 1:2 (w/v) และอุณหภูมิของเฮกเซนเท่ากับ -10^{o}C) มีค่าผลผลิตของการสกัดวิตามินอีมากขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เท่ากับ 77.1 และ 78.1% ที่อัตราการกวนผสม 250 และ 500 รอบต่อนาที ตามลำดับ แต่ที่อัตราส่วนของดิสทิลเลตต่อเฮกเซน เท่ากับ 1:1 (w/v) จะให้ผลการทดลองตรงกันข้าม คือ ถ้าอัตราการกวนผสมมากขึ้นทำให้องค์ประกอบต่างๆ ในดิสทิลเลตจากน้ำมันรำข้าวเกิดการตกผลึกมากขึ้น (รูปที่ 20) ซึ่งแสดงได้ด้วยค่าผลผลิต (%) มีค่าน้อยลง (รูปที่ 19) ตัวอย่างเช่น ในสิ่งทดลองที่ 1 และ 5 (อัตราส่วนของดิสทิลเลตต่อเฮกเซนที่ 1:1 (w/v) และ อุณหภูมิของเฮกเซน

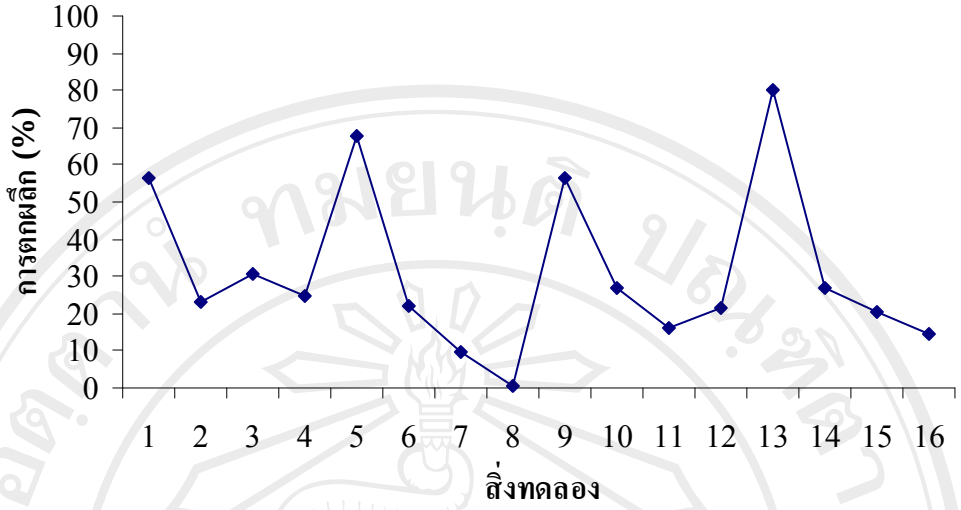
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดวิตามินอีจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่ให้ผลผลิต (%) สูง และการตกผลึก (%) ต่ำคือ อัตราส่วนดิสทิลเลตต่อเฮกเซน เท่ากับ 1:4 อุณหภูมิของเฮกเซนที่ใช้ในการสกัด เท่ากับ -10°C และอัตราการกวนผสม เท่ากับ 500 รอบต่อนาที

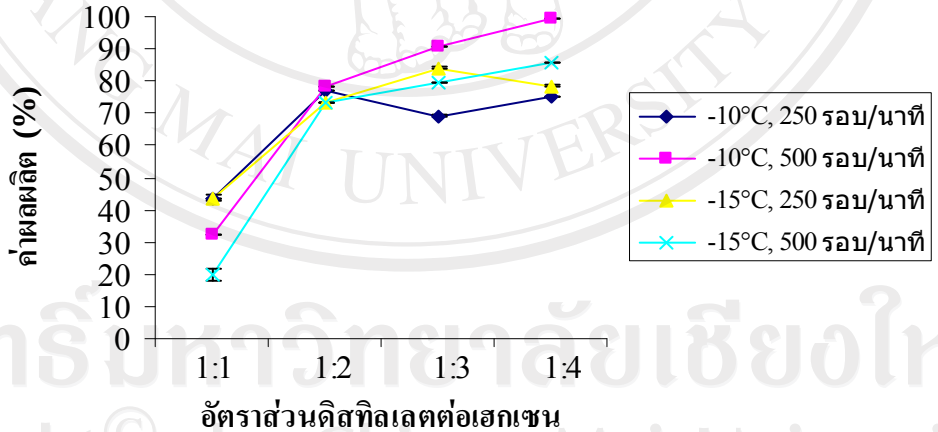


รูปที่ 17 ค่าผลผลิตของการสกัดวิตามินอีในสิ่งทดลองต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

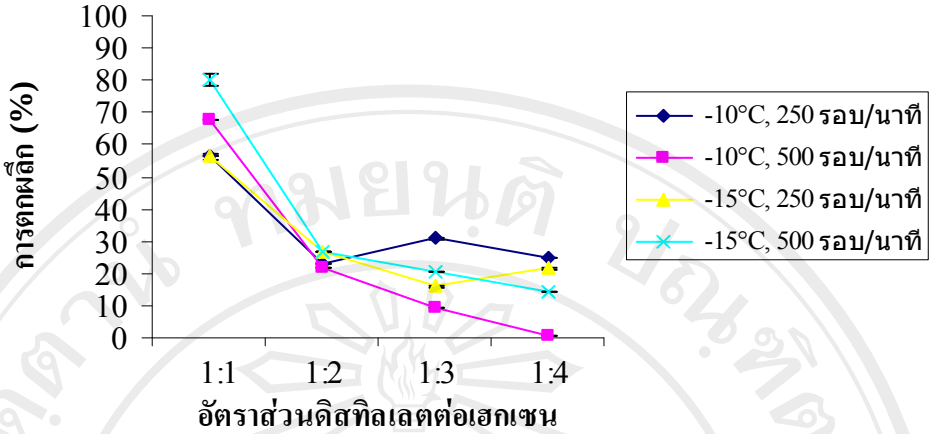


รูปที่ 18 การตกผลึกของการสกัดวิตามินอีในสิ่งทดลองต่างๆ



รูปที่ 19 ค่าผลผลิตของการสกัดวิตามินอีที่สภาวะต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 20 การตกผลึกขององค์ประกอบต่างๆ ในดิสทิลเลตจากน้ำมันรำข้าว ที่สภาวะต่างๆ ของการสกัดวิตามินอี

4.1.3 ค่า relative recovery (%) ของวิตามินอีที่สกัดได้ที่สภาวะต่างๆ

ค่า relative recovery (%) ของวิตามินอีที่สกัดได้ที่สภาวะต่างๆ คำนวณตามวิธี ข-4 (ภาคผนวก ข) ซึ่งเป็นปริมาณความเข้มข้นของวิตามินอีในผลิตภัณฑ์ที่ได้เปรียบเทียบกับปริมาณความเข้มข้นของวิตามินอีในดิสทิลเลตเริ่มต้น โดยค่า relative recovery (%) ของแอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอลที่สกัดได้ที่สภาวะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังรูปที่ 21 และ ง-14-ง-17 (ภาคผนวก ง) ตามลำดับ และตารางที่ ค-5 (ภาคผนวก ค) ตัวอย่างเช่น ค่า relative recovery (%) ของวิตามินอีรวมที่สกัดได้ที่สภาวะต่างๆ มีค่าเท่ากับ 32.7, 42.6, 47.4, 49.9, 28.6, 68.4, 81.9, 82.9, 28.9, 58.6, 73.6, 54.2, 14.3, 67.8, 69.1 และ 64.1% ในสิ่งทดลองที่ 1-16 ตามลำดับ

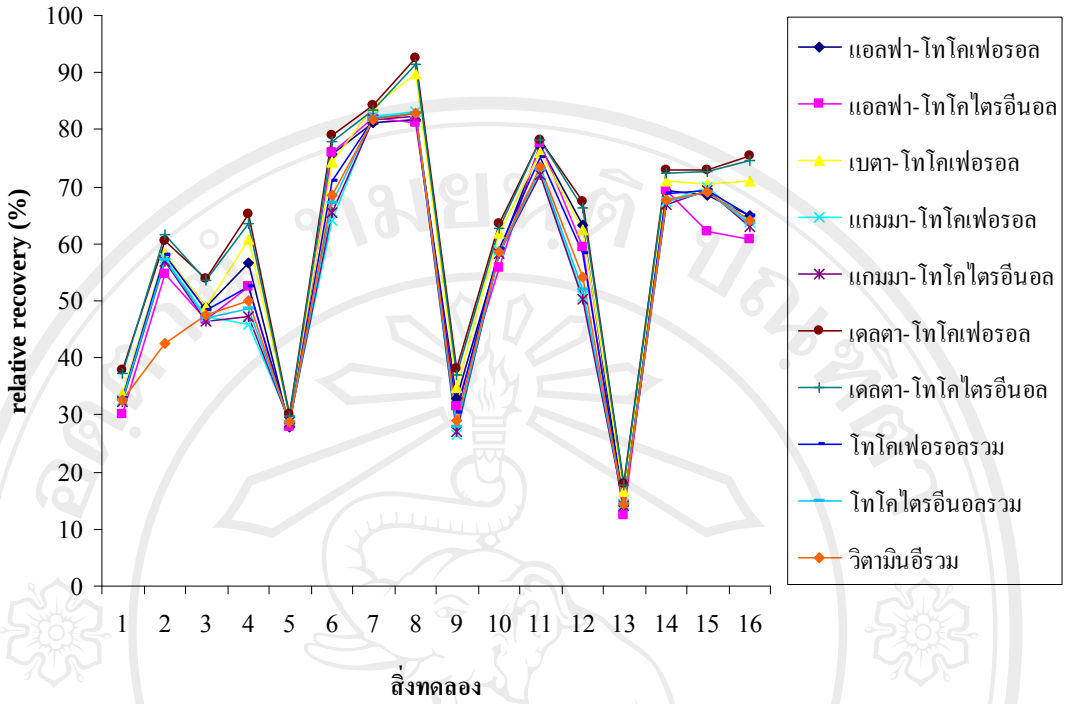
เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่า relative recovery (%) ของการสกัดวิตามินอี 3 ปัจจัยร่วมกันคือ อัตราส่วนของดิสทิลเลตต่อเฮกเซน อุณหภูมิของเฮกเซนที่ใช้ในการสกัด และอัตราการกวน เห็นได้ว่า สภาวะการสกัดที่ให้ค่า relative recovery (%) ของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ โทโคเฟอรอลรวม โทโคไตรอีนอลรวม และวิตามินอีรวมสูงที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ อัตราส่วนของดิสทิลเลตต่อเฮกเซน เท่ากับ 1:4 (w/v) ที่อุณหภูมิของเฮกเซนที่ใช้ในการสกัดเท่ากับ -10°C และอัตราการกวนเท่ากับ 500 รอบต่อนาที ซึ่งที่สภาวะดังกล่าว มีค่า relative recovery (%) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อสกัดวิตามินอีที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Kim (2005) ซึ่งสกัดวิตามินอีจากรำข้าวโดยการไฮโดรไลซิสด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 80% ปริมาตร 0.15 ml ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 15 นาที และสกัดวิตามินอีโดยใช้เฮกเซน จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีทั้งโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอล โดยใช้ HPLC พบว่า ค่า relative recovery ของแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล คือ 100, 98 และ 99% ตามลำดับ ขณะที่ค่า relative recovery ของ แอลฟา-, เบตา และแกมมา-, และเดลตา-โทโคไตรอีนอล คือ 96, 98 และ 99% ตามลำดับ นอกจากนี้ Chen และ Bergman (2005) ได้ศึกษาการสกัดโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอล และแกมมา-โอรีซานอล จากรำข้าวโดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเมทานอลเท่ากับ 1:60 (w/v) จะทำให้ได้โทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอล และแกมมา-โอรีซานอล 92-102% ส่วน Delgado-Zamarreno และคณะ (2004) ได้ศึกษาการแยกแอลฟา-, เบตาและแกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอลจากอัลมอนต์ เมล็ดทานตะวัน ฮาเซลนัท และวอลนัท โดยวิธี Pressurized Liquid Extraction (PLE) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า สามารถแยกแอลฟา-, เบตาและแกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล ได้ 82-110% นอกจากนี้ Ye และคณะ (2001) ได้สกัดโทโคเฟอรอลจาก reduced-fat Mayonnaise โดยใช้ 0.003% BHT ใน hexane-ethyl acetrate จากผลการทดลองพบว่า ค่า relative recovery (%) ของ แอลฟา-, เบตาและแกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล คือ 102.0$\pm$3.6, 101.3$\pm$4.4 และ 101.9$\pm$6.2 ตามลำดับ

การศึกษานี้ได้ค่า relative recovery (%) ของวิตามินอีที่สกัดได้ที่สภาวะต่างๆ น้อยกว่าการศึกษาโดยใช้วิธีอื่นดังกล่าว แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษานี้มีองค์ประกอบอื่นในดิสทิลเลตหลงเหลืออยู่มากกว่า เนื่องจากการตกผลึกเอาองค์ประกอบอื่นออกไปเกิดได้ไม่สมบูรณ์ การปรับสภาวะการสกัด เช่น การลดอุณหภูมิลง และเพิ่มอัตราการกวนผสม อาจช่วยให้การตกผลึกเกิดได้ดีขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 21 ค่า relative recovery ในสิ่งทดลองต่างๆ

4.1.4 สภาวะที่ดีที่สุดสำหรับการสกัดวิตามินอีจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวโดยใช้เฮกเซนที่อุณหภูมิต่ำ

จากผลการทดลอง ข้อ 4.1.1, 4.1.2 และ 4.1.3 พบว่า ค่าความเข้มข้นของวิตามินอีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อทำการสกัดวิตามินอีที่สภาวะใดๆ (รูปที่ 15 และ 16 และตารางที่ ค-1 และ ค-2 ตามลำดับ) แต่ค่าผลผลิต (%) และค่า relative recovery (%) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (รูปที่ 17 และ 21 และตารางที่ ค-3 และ ค-5 ตามลำดับ) ดังนั้น ปัจจัยในสิ่งทดลองคือ อัตราส่วนของดิสทิลเลตต่อเฮกเซน อุณหภูมิของเฮกเซน และอัตราการกวน จึงไม่มีผลกระทบร่วมกันต่อความเข้มข้นของวิตามินอี แต่มีผลกระทบร่วมกันต่อค่าผลผลิต (%) และค่า relative recovery (%)

ดังนั้น สภาวะที่ดีที่สุดในการสกัดวิตามินอีจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวคือ ที่อัตราส่วนของดิสทิลเลตต่อเฮกเซนเท่ากับ 1:4 (w/v) อุณหภูมิของเฮกเซนที่ใช้ในการสกัดเท่ากับ -10°C และอัตราการกวน 500 รอบต่อนาที เนื่องจากเป็นสภาวะที่มีค่า relative recovery (%) สูงที่สุด ที่ความเข้มข้นของวิตามินอีไม่แตกต่างกับการสกัดที่สภาวะอื่นๆ และสภาวะดังกล่าว มีค่า relative

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสกัดวิตามินอีจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว ที่อัตราส่วนของดิสทิลเลตต่อเฮกเซนเท่ากับ 1:4 (w/v) อุณหภูมิ -10°C และอัตราการกวน 500 รอบต่อนาที จะได้ความเข้มข้นของแอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอล และวิตามินอีรวม มีค่าเท่ากับ 2843.74, 149.28, 2039.59, 215.37, 622.03, 8079.52, 668.98 และ 14618.51 mg/kg ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินอีรวม พบว่ามีแอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา- โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอล เท่ากับ 19.9, 1.0, 13.8, 1.5, 4.3, 54.8 และ 4.7% ตามลำดับ และยังมีค่า relative recovery ของแอลฟา- เบตา- แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอล และวิตามินอีรวม เท่ากับ 81.8, 89.7, 83.2, 92.6, 81.1, 82.4, 91.4 และ 82.9% ตามลำดับ

ส่วนการสกัดวิตามินอีจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว ที่อัตราส่วนของดิสทิลเลตต่อเฮกเซนเท่ากับ 1:3 (w/v) อุณหภูมิ -10°C และอัตราการกวน 500 รอบต่อนาที จะได้ความเข้มข้นของแอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา-, และเดลตา-โทโคไตรอีนอล และวิตามินอีรวม มีค่าเท่ากับ 2947.37, 145.14, 2048.44, 207.28, 678.76, 8129.72, 643.85 และ 14800.56 mg/kg ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินอีรวม พบว่ามีแอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอล เท่ากับ 20.9, 1.0, 13.4, 1.5, 4.7, 53.8 และ 4.6% ตามลำดับ และยังมีค่า relative recovery (%) ของแอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอล และวิตามินอีรวม เท่ากับ 81.2, 84.1, 82.4, 84.3, 82.0, 81.9, 83.4 และ 81.9% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2. ศึกษาสมบัติของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวโดยใช้เฮกเซนที่อุณหภูมิต่ำ

เนื่องจากที่สภาวะต่างๆ ที่ทำการศึกษาให้ความเข้มข้น และสัดส่วนของอนุพันธ์ของวิตามินอีต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในการศึกษาสภาวะของการสกัดวิตามินอีจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวสำหรับการวิเคราะห์สมบัติการจับอนุมูลอิสระ การต้านการเกิดออกซิเดชัน และความคงตัวที่อุณหภูมิต่างๆ ของวิตามินอี จึงเลือกใช้ที่อัตราส่วนของดิสทิลเลต

ผลการสกัดวิตามินอีจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว ที่อัตราส่วนของดิสทิลเลตต่อเฮกเซนเท่ากับ 1:1 (w/v) อุณหภูมิ -10°C และอัตราการกวน 250 รอบต่อนาที จะได้ความเข้มข้นของแอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอล และวิตามินอีรวม มีค่าเท่ากับ 3109.17, 156.09, 2444.16, 228.02, 692.78, 9572.86, 713.53 และ 16916.60 mg/kg ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินอีรวม พบว่ามีแอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอล เท่ากับ 18.4, 1.0, 14.4, 1.3, 4.1, 56.6 และ 4.2% ตามลำดับ และยังมีค่า relative recovery (%) ของแอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอล และวิตามินอีรวม เท่ากับ 32.9, 33.7, 32.7, 37.8, 30.0, 32.4, 37.4 และ 32.7% ตามลำดับ (รูป ง-2, ง-3 และ ง-4 ในภาคผนวก ง)

4.2.1 ศึกษาสมบัติการจับอนุมูลอิสระ (scavenging activity) และสมบัติต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant activity)

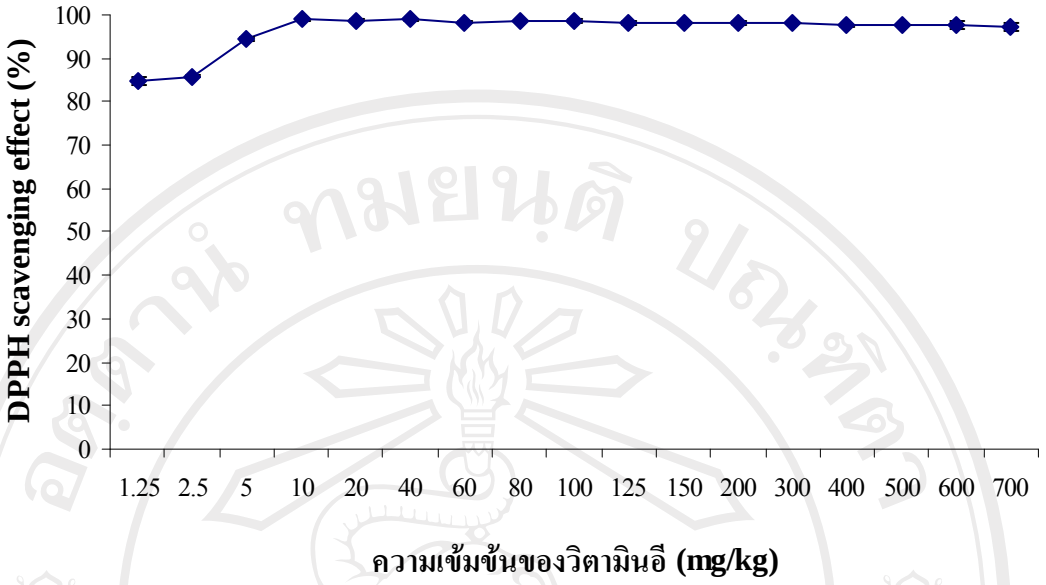
4.2.1.1 ศึกษาสมบัติการจับอนุมูลอิสระ (scavenging activity)

อนุมูลอิสระ α,α,-diphenyl-β-picrylhydrazyl radical (DPPH radical) เป็นอนุมูลอิสระที่มีความคงตัว และทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนเรดิเคิล (electron radical) หรือ ไฮโดรเจนเรดิเคิล (hydrogen radical) เพื่อให้กลายเป็นโมเลกุลที่มีความคงตัวมากขึ้น โดยความสามารถของการรับอิเล็กตรอนของ α,α,-diphenyl-β-picrylhydrazyl radical แสดงด้วยค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm ซึ่งเมื่อค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm มีค่าลดลงมากแสดงว่ามีคุณสมบัติของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง ดังนั้น α,α,-diphenyl-β-picrylhydrazyl radical จึงใช้เป็นสับสเตรท เพื่อหาค่ากิจกรรมการต้านปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชัน (antioxidative activity) ของสารต้านอนุมูลอิสระ (Kim, 2005)

จากการศึกษาสมบัติการจับอนุมูลอิสระ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่ความเข้มข้นเท่ากับ 1.25-700 mg/kg ได้แสดงเป็นค่า DPPH scavenging effect (%) ซึ่งคำนวณตามวิธี ข-5 (ภาคผนวก ข) และแสดงรูปวิธีวิเคราะห์ดังรูป ง-5 (ภาคผนวก ง) โดยผลการทดลองที่ได้แสดงดังรูปที่ 22 และตารางที่ ค-6 (ภาคผนวก ค) ซึ่งพบว่าค่า DPPH scavenging effect (%) มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



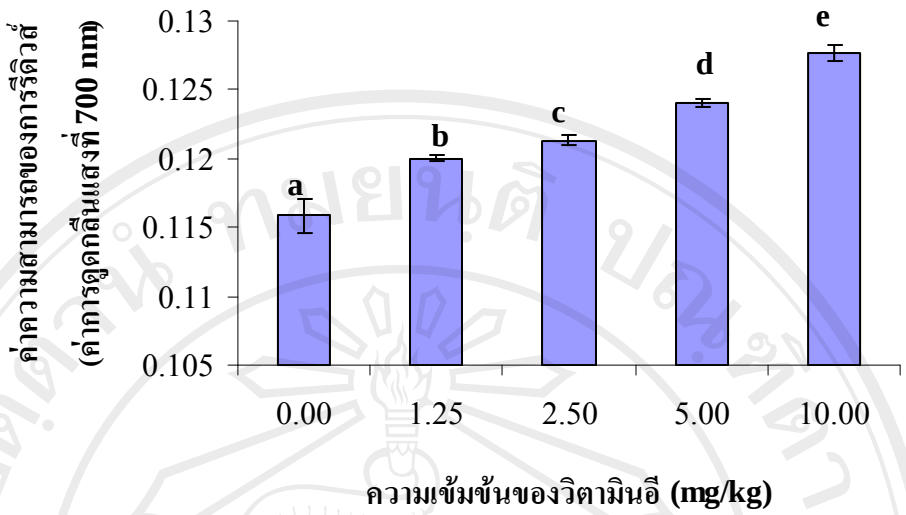
รูปที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า DPPH scavenging effect กับความเข้มข้นของวิตามินอี

4.2.1.2 ศึกษาสมบัติการรีดิวส์ของวิตามินอีที่สกัดได้

ทำการศึกษาสมบัติการรีดิวส์ของวิตามินอีที่สกัดได้ โดยใช้ความเข้มข้นของวิตามินอีเท่ากับ 1.25, 2.50, 5.00 และ 10.00 mg/kg เนื่องจากที่ความเข้มข้นของวิตามินอีที่ 10.00 mg/kg เป็นความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH ได้สูงที่สุด (DPPH scavenging effect (%) เท่ากับ 98.9±0.1%)

ผลความสามารถของการรีดิวส์ของวิตามินอีที่สกัดได้ แสดงดังรูปที่ 23 และตารางที่ ค-7 (ภาคผนวก ค) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ค่าความสามารถของการรีดิวส์ของวิตามินอีที่สกัดได้แปรผันตามความเข้มข้นของวิตามินอีที่เพิ่มขึ้น และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยความเข้มข้นของวิตามินอี 10 mg/kg มีความสามารถในการรีดิวส์ได้สูงที่สุด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Kim (2005) พบว่าวิตามินอีที่สกัดได้จากรำข้าวโดยการไฮโดรไลซิสด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 80% นั้นจะใช้ความเข้มข้นเท่ากับ 10 mg/kg จึงจะมีความสามารถในการรีดิวส์ได้สูงใกล้เคียงกันกับความสามารถในการรีดิวส์ของวิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



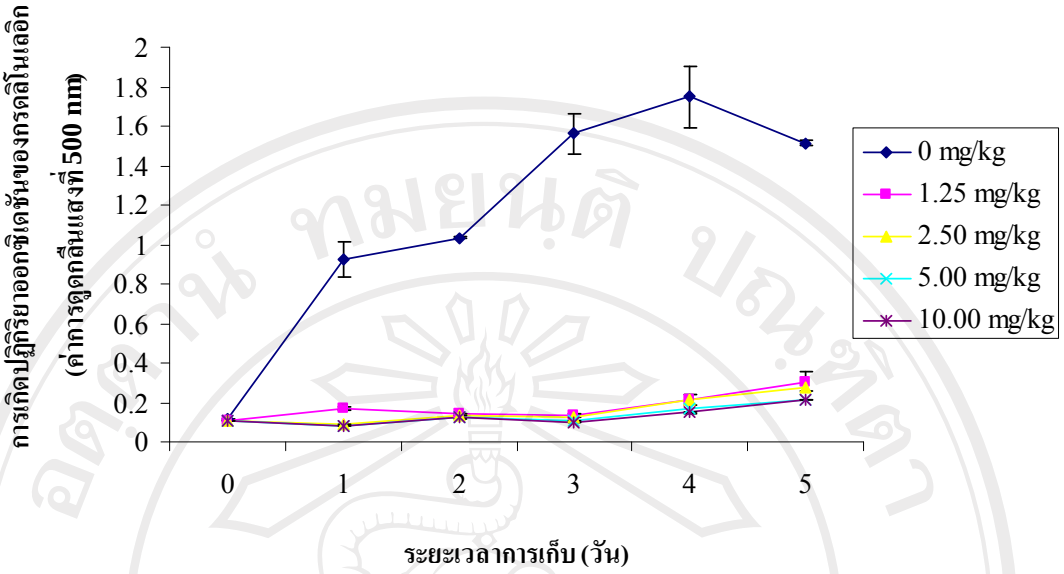
รูปที่ 23 ค่าความสามารถของการรีดิวส์ของวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ

4.2.1.3 ศึกษาสมบัติการต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant activity)

ศึกษาสมบัติการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกที่มีการเติมวิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันคือ 1.25, 2.50, 5.00 และ 10.00 mg/kg โดยบ่มที่อุณหภูมิ 37^{o}C เป็นระยะเวลา 5 วัน และทำการวัดระดับของเปอร์ออกไซด์ที่เหลือจากการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกด้วยความเข้มข้นของวิตามินอีที่แตกต่างกันทุกๆ 24 ชั่วโมง แสดงผลดังรูป ง-6 (ภาคผนวก ง) และการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิก สามารถคำนวณได้จากสมการดังแสดงในภาคผนวก ข-6 (ภาคผนวก ข)

ผลของการใช้ความเข้มข้นที่แตกต่างกันของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอิมัลชันของกรดลิโนเลอิก แสดงดังรูปที่ 24 และ ตารางที่ ค-8 (ภาคผนวก ค)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

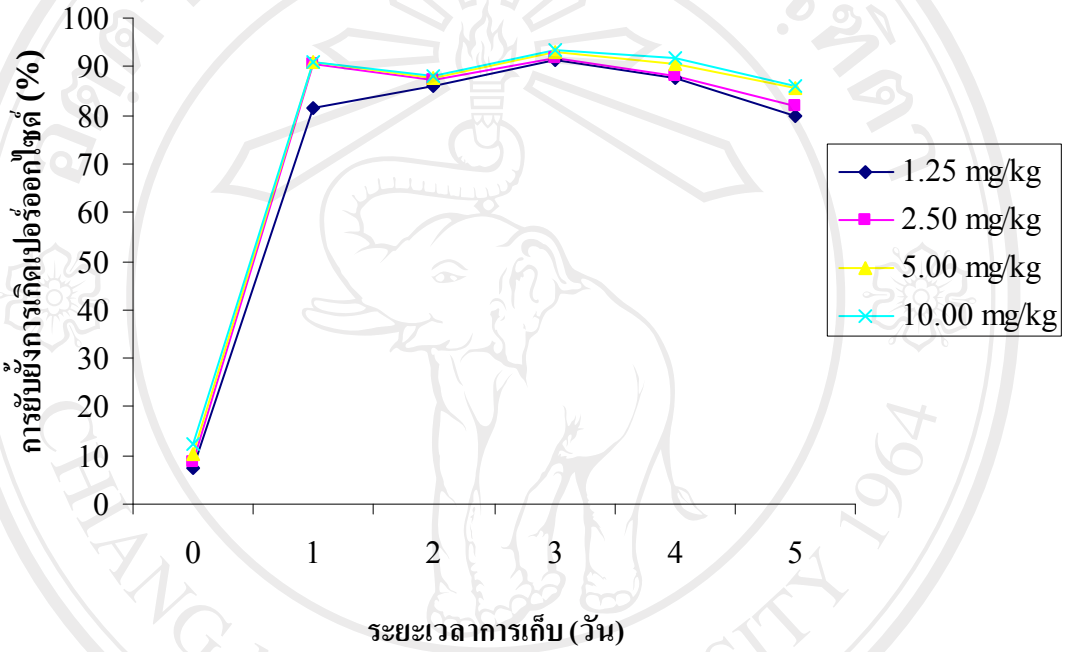


รูปที่ 24 การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกที่มีการเติมวิตามินอีที่ระดับต่างๆ

จากรูปที่ 24 พบว่า ในช่วงแรกของปฏิกิริยาการเกิด autoxidation ของกรดลิโนเลอิกนั้น เมื่อไม่ได้เติมวิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวจะมีการเพิ่มขึ้นของระดับเปอร์ออกไซด์อย่างรวดเร็วในวันที่ 1-4 ของระยะเวลาการเก็บ และหลังจากวันที่ 4 การเกิดเปอร์ออกไซด์ลดลง เนื่องจากเปอร์ออกไซด์เปลี่ยนไปเป็นมาลอนอัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันลำดับที่ 2 ของกรดลิโนเลอิก ขณะที่สารอิมัลชันของกรดลิโนเลอิกที่มีการเติมวิตามินอีที่สกัดได้ที่ความเข้มข้นต่างๆ จะให้ค่าการเกิดเปอร์ออกไซด์ที่ต่ำกว่าในสภาวะที่ไม่มีวิตามินอี เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของวิตามินอีในสารอิมัลชันของกรดลิโนเลอิกที่มีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่า ความเข้มข้นของวิตามินอีที่มีค่าสูงขึ้นจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกเกิดได้ช้าลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

รูปที่ 25 และตารางที่ ค-9 (ภาคผนวก ค) แสดงความสัมพันธ์ของการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ (%) ที่ความเข้มข้นของวิตามินอีต่างๆ ในอิมัลชันของกรดลิโนเลอิกที่บ่มที่อุณหภูมิ 37^{o}C เป็นระยะเวลา 5 วัน จากผลการทดลองพบว่า การยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของวิตามินอีที่เพิ่มขึ้น โดยจะมีการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและยับยั้งมากกว่า 80% ณ วันที่ 1 ของการบ่ม หลังจากนั้นการยับยั้งค่อนข้างคงที่ และจะมีการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ได้สูงสุดเท่ากับ 91.5, 91.9, 93.2 และ 93.5% ที่ความเข้มข้นของวิตามินอี เท่ากับ 1.25, 2.50, 5.00 และ 10.00 mg/kg ตามลำดับ ณ วันที่ 3 ของการบ่ม โดยวันที่ 4-5 จะมีการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ลดลงเล็กน้อย และยังพบว่าการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 25 การยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ของวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ ณ ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

4.2.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรีดิวส์ และการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ (%)

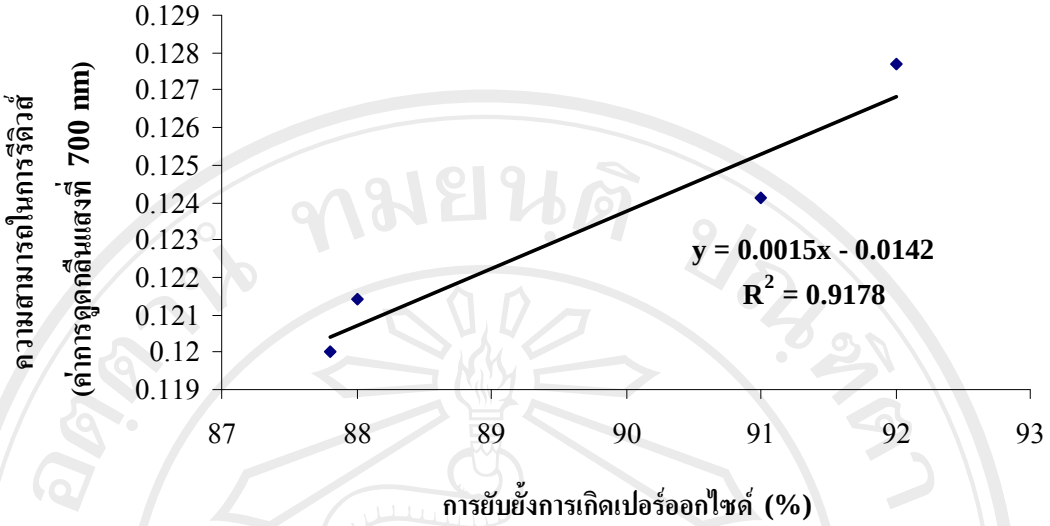
การหาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรีดิวส์ ซึ่งใช้การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 nm และการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ (%) ของวิตามินอีที่สกัดได้ที่ความเข้มข้น เท่ากับ 1.25, 2.50, 5.00 และ 10.00 mg/kg โดยได้นำปัจจัยของการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ (%) ในวันที่ 4 มาศึกษา เนื่องจากในวันที่ 4 มีค่าเปอร์ออกไซด์เกิดขึ้นสูงสุดในตัวอย่างของกรดลิโนเลอิกที่ไม่มีการเติมวิตามินอี (รูปที่ 24) โดยความสัมพันธ์หาได้โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรีดิวส์ (ค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 nm) และการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ (%)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ ค-9 (ภาคผนวก ค) พบว่าค่าการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์มีค่าเท่ากับ 87.8, 88.0, 91.0 และ 92.0% ที่ความเข้มข้นของวิตามินอีเท่ากับ 1.25, 2.50, 5.00 และ 10.00 mg/kg ณ ระยะเวลาการเก็บ 4 วัน ตามลำดับ เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรีดิวส์ (ค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 nm) และการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ (%) ที่ความเข้มข้นของวิตามินอี เท่ากับ 1.25, 2.5, 5.0 และ 10 mg/kg ณ ระยะเวลาการเก็บ 4 วัน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 26 และตารางที่ ค-10 (ภาคผนวก ค) โดยพบว่าเมื่อความเข้มข้นของวิตามินอีเพิ่มสูงขึ้น ความสามารถในการรีดิวส์มีค่าสูงขึ้น ซึ่งแสดงด้วยค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 nm ที่มากขึ้นดังรูปที่ 23 และตารางที่ ค-7 (ภาคผนวก ค) ส่งผลให้การยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ (%) มีค่าเพิ่มสูงขึ้นด้วย โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างความสามารถในการรีดิวส์กับการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ (%) เท่ากับ 0.9178 แสดงว่าความสามารถในการรีดิวส์ของวิตามินอีที่สกัดได้มีความสัมพันธ์กับการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 91.78%

Kim (2005) ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรีดิวส์ (ค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 nm) และการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ (%) ของวิตามินอีที่สกัดได้จากรำข้าวที่ความเข้มข้นเท่ากับ 2.5, 10.0, 40.0 และ 160.0 mg/kg ณ วันที่ 4 ของการบ่มในสารอิมัลชันของกรดลิโนเลอิก พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างความสามารถในการรีดิวส์กับการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ (%) เท่ากับ 0.9953 แสดงว่าความสามารถในการรีดิวส์ของวิตามินอีที่สกัดได้มีความสัมพันธ์กับการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ (%) เท่ากับ 99.53% ถึงแม้ว่าวิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวในการศึกษานี้จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างความสามารถในการรีดิวส์กับการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ที่ต่ำ แต่พบว่าการศึกษานี้ใช้วิตามินอีที่สกัดได้ที่ความเข้มข้นต่ำมาก (1.25 mg/kg) ก็สามารถยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ในกรดลิโนเลอิกได้มากกว่า 80% ณ วันที่ 1 ของการบ่ม (รูปที่ 25 และตารางที่ ค-9) ซึ่งวิตามินอีที่สกัดจากรำข้าวที่ Kim (2005) ศึกษาต้องใช้ความเข้มข้นสูงมากกว่า 160 mg/kg จึงจะสามารถยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ในกรดลิโนเลอิกได้มากกว่า 80% ณ วันที่ 1 ของการบ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรีดิวส์ และการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์

4.2.1.5 การวิเคราะห์ปริมาณการเกิดมาลอนอัลดีไฮด์ (malonaldehyde) โดยวิธี thiobarbituric acid

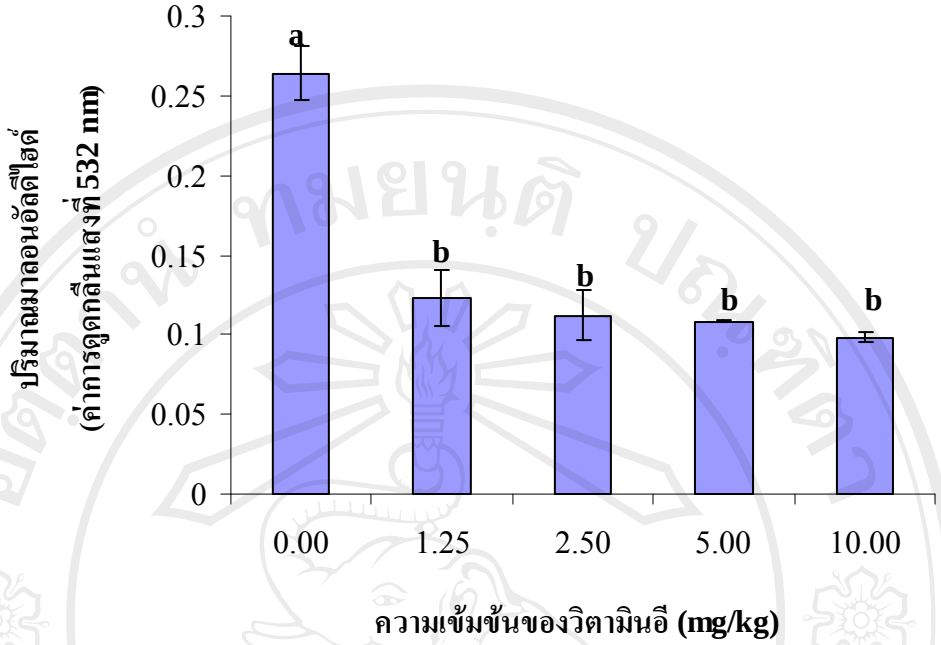
สารอิมัลชันของกรดลิโนเลอิกที่ไม่มีการเติมวิตามินอี จะมีระดับการเกิดเปอร์ออกไซด์ในปฏิกิริยาการเกิด autoxidation ของกรดลิโนเลอิกสูงที่สุด ณ วันที่ 4 ของการเก็บ และมีค่าเปอร์ออกไซด์ลดลงในวันที่ 5 (รูปที่ 24 และตารางที่ ค-8) เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการเกิดมาลอนอัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากการเกิดออกซิเดชันลำดับที่ 2 ของกรดลิโนเลอิก (Kim, 2005) ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ปริมาณมาลอนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นในกรดลิโนเลอิกที่มีการเติมวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน คือ 1.25, 2.50, 5.00 และ 10.00 mg/kg โดยวัดปริมาณมาลอนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 nm ถ้ามีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 nm มากแสดงว่า มีปริมาณของมาลอนอัลดีไฮด์เกิดขึ้นมาก หรือมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกได้น้อย แสดงดังรูป ง-7 และ ง-8 (ภาคผนวก ง) ตามลำดับ

มาลอนอัลดีไฮด์เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของ polyunsaturated fatty acids ที่มีพันธะคู่อย่างน้อย 3 แห่งโดยความเข้มข้นของมาลอนอัลดีไฮด์สามารถหาได้โดยปฏิกิริยาของกรดไทโอบาบิทิวลิก กับ มาลอนอัลดีไฮด์ได้ผลิตภัณฑ์สีแดง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่นในช่วง 532-535 nm ด้วย molar absorptivity เท่ากับ 27.5 absorbance units/µmol (Pokorny และคณะ, 2001) ดังนั้นสามารถวัดมาลอนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นได้โดยการทดสอบด้วยกรดไทโอบาบิทิวลิก ณ วันที่ 5 ของการบ่มที่ 37°C (Kim, 2005) ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาของ Kim (2005) วิตามินอีที่สกัดจากรำข้าวโดยการไฮโดรไลซิสด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 80% ที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 2.5, 10.0, 40.0 และ 160.0 mg/kg มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 532 nm ประมาณ 0.225, 0.175, 0.155 และ 0.050 ตามลำดับ ซึ่งวิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวในการศึกษานี้ที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 1.25, 2.50, 5.00 และ 10.00 mg/kg มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 532 nm เท่ากับ 0.1225, 0.1120, 0.1085 และ 0.0985 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นความเข้มข้นของวิตามินอีที่สกัดจากรำข้าว (Kim, 2005) ประมาณ 40 mg/kg ถึงจะสามารถยับยั้งการเกิดมาลอนอัลดีไฮด์ได้ใกล้เคียงกับวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตที่ศึกษานี้ที่ความเข้มข้น 1.25 mg/kg

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 27 ปริมาณมาลอนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นเมื่อเติมวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ

4.2.2 การเปรียบเทียบสมบัติต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant activity) ของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวโดยใช้เฮกเซนที่อุณหภูมิต่ำกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidants)

4.2.2.1 สมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ (superoxide radical scavenging activity)

ศึกษาสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ของวิตามินอีที่สกัดได้ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 10.00 mg/kg เพราะที่ความเข้มข้นนี้จะมีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl สูง มีความสามารถในการรีดิวส์สูง และสามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูง ถึงแม้ว่าการใช้ความเข้มข้นของวิตามินอีน้อยกว่า 10.00 mg/kg จะมีความสามารถเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่การใช้ความเข้มข้นต่ำอาจจะเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ไม่ชัดเจน ดังนั้นจึงเลือกที่จะศึกษาสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ของวิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่ความเข้มข้นเท่ากับ 10.00 mg/kg และที่ความเข้มข้นดังกล่าวนี้จะศึกษาความสามารถในการต้านการ

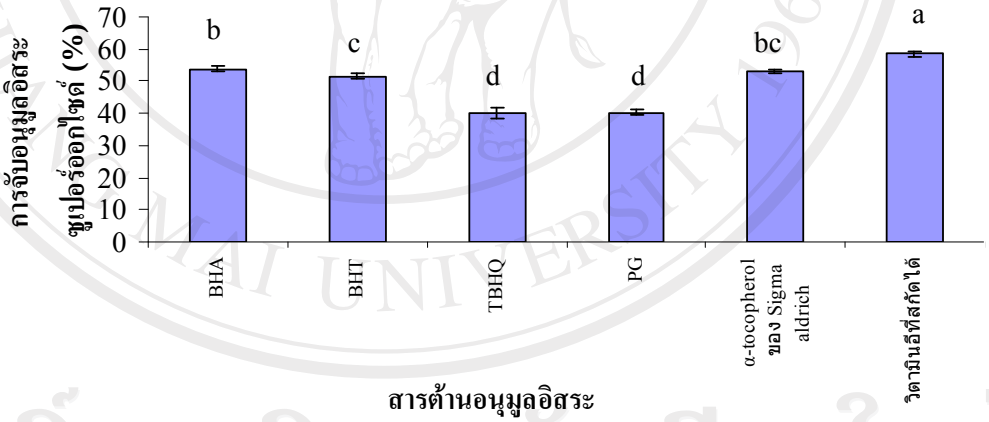
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว โดยใช้ปฏิกิริยารีดักชันของ NBT เปรียบเทียบกับแอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ของ Sigma aldrich และสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ได้แก่ BHA, BHT, TBHQ และ PG ที่ความเข้มข้น 10 mg/kg (รูป ง-9 ในภาคผนวก ง) ผลการทดลอง แสดงดังรูปที่ 28 และตารางที่ ค-12 (ภาคผนวก ค) พบว่า วิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว แอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ BHA และ BHT มีสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์มากกว่า 50% โดยวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวมีสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ และสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ชนิดอื่นๆ โดยพบว่าวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวมีสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์สูงที่สุด รองลงมา คือ BHA และแอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ ซึ่ง BHA และแอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์มีสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับ BHT และยังพบว่า TBHQ และ PG มีสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์น้อยที่สุด และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การที่วิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว มีสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์สูงที่สุด เนื่องจากมีกลุ่มของโทโคไตรอีนอล โดยเฉพาะมีปริมาณแกมมา-โทโคไตรอีนอลสูงมาก ซึ่งโทโคไตรอีนอลนั้น มีผลยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ได้สูง แม้ว่าหน้าที่ในการต้านอนุมูลอิสระของทั้งโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอลอยู่ที่หมู่โครมานอล ซึ่งหมู่ฟีโนลิกไฮดรอกซี (phenolic hydroxy group) จะให้อะตอมของไฮโดรเจนเพื่อไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ โดยสายโซ่ที่ไม่อิ่มตัวของกลุ่มโทโคไตรอีนอลสามารถลอดผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อแบบ 2 ชั้น (bilayer) ของผนังเซลล์ได้มากกว่า เป็นผลให้ความแรงของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของโทโคไตรอีนอล ในเนื้อเยื่อแบบ 2 ชั้นของผนังเซลล์ มีค่ามากกว่าโทโคเฟอรอลซึ่งเป็นที่ทราบแล้วว่า ความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุล (molecular mobility) ของโพลีอีโนอิกไลปิด (polyenoic lipids) ในเนื้อเยื่อแบบ 2 ชั้นของผนังเซลล์มีค่าสูงกว่าไขมันที่อิ่มตัว (saturated lipids) (Kim, 2005) นอกจากนี้ Yoshida และคณะ (2003) ยังพบว่า โทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอลมีสมบัติการเคลื่อนที่คล้ายคลึงกันภายในผนังเซลล์ แต่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Kim (2005) ได้ศึกษาสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ของวิตามินอีที่สกัดจากรำข้าวโดยใช้ปฏิกิริยารีดักชันของ NBT เปรียบเทียบกับแอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ของ Sigma aldrich และสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ได้แก่ BHA, BHT, TBHQ และ PG ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 160 mg/kg พบว่า BHT, BHA, TBHQ, PG แอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ และวิตามินอีที่สกัดได้จากรำข้าวมีสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์มากกว่า 50% โดย BHT, BHA และวิตามินอีที่สกัดได้จากรำข้าวของ Kim (2005) มีสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์สูงกว่า TBHQ, PG และแอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ ซึ่ง BHT, BHA และวิตามินอีที่สกัดได้จากรำข้าวมีสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิตามินอีที่สกัดได้จากรำข้าวของ Kim (2005) มีสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ ประมาณ 65.0% แต่วิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่ศึกษานี้มีสมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 58.5%



รูปที่ 28 การจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ

4.2.2.2 สมบัติการต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant activity)

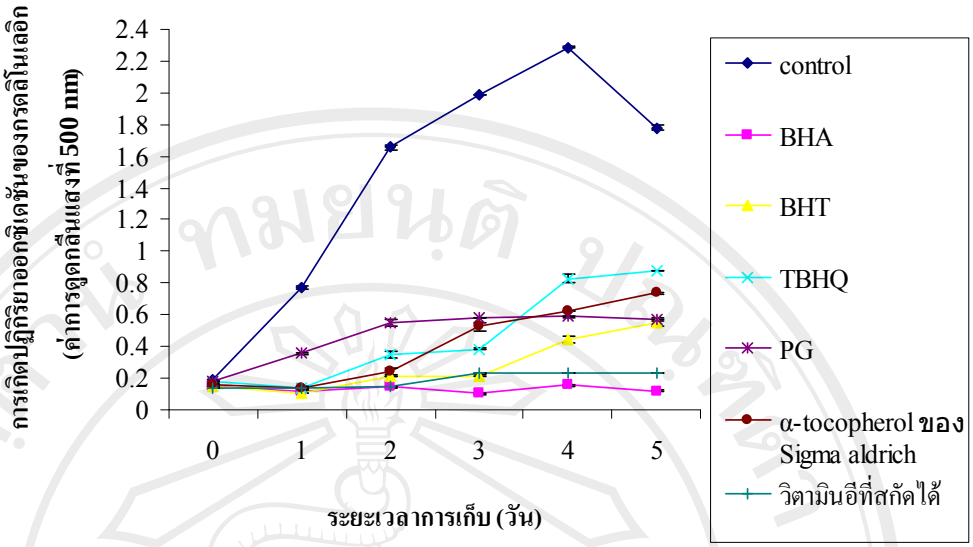
ศึกษาสมบัติการต้านการเกิดออกซิเดชันรวม (total antioxidant activity) ของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวโดยใช้เฮกเซนที่อุณหภูมิต่ำ เปรียบเทียบกับแอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ของ Sigma aldrich และสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (BHA, BHT,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 nm ของสิ่งทดลองต่างๆ แสดงถึงค่าเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นที่ถูกวัดด้วยวิธีเฟอริกไทโอไซยาเนต (รูปที่ 29 และตารางที่ ค-13 (ภาคผนวก ค)) โดยหากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 nm มีค่าต่ำ แสดงว่ามีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูง ผลการทดลองพบว่า ในช่วงแรกของการเกิดปฏิกิริยา autoxidation ของกรดลิโนเลอิกที่ไม่มีการเติมวิตามินอีที่สกัดได้ และสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ต่างๆ จะมีปริมาณเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 1-4 ของระยะเวลาการเก็บ และสำหรับสารตัวอย่างกรดลิโนเลอิกที่มีการเติมวิตามินอีที่สกัดได้ และสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ต่างๆ มีปริมาณเปอร์ออกไซด์เกิดขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งระบบของกรดลิโนเลอิกที่มีการเติมวิตามินอีที่สกัดได้ และสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ต่างๆ นั้นมีอัตราการเกิดเปอร์ออกไซด์ต่ำ

สมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 10 mg/kg พบว่า BHA มีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือ วิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว BHT แอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ TBHQ และ PG ตามลำดับ (รูปที่ 30) นอกจากนี้ ยังพบว่าวิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวสามารถยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ และสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ต่างๆ โดย BHA และวิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวสามารถยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ได้ 93.2 และ 89.8% ตามลำดับ ณ วันที่ 4 ของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิก ดังรูปที่ 30 และตารางที่ ค-14 (ภาคผนวก ค)

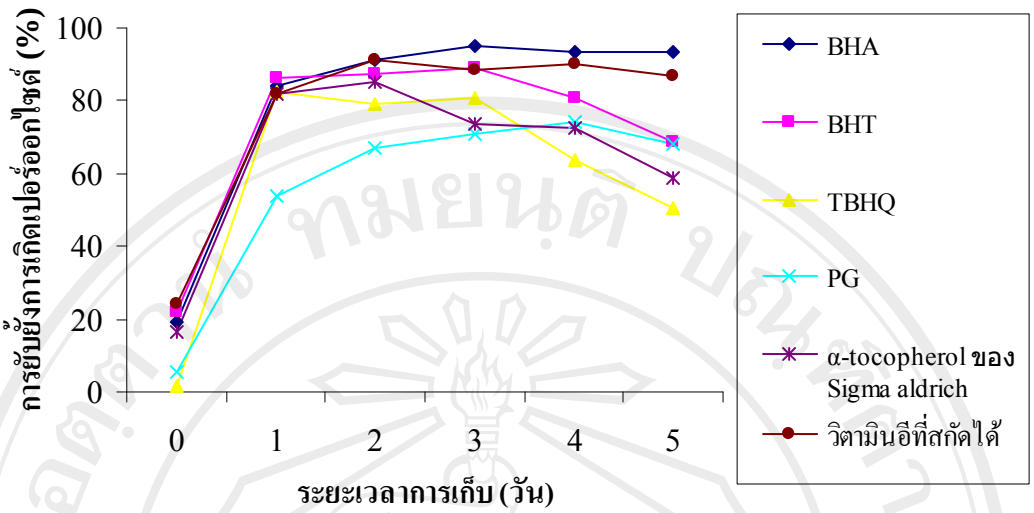
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 29 การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกที่มีการเติมสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ

Kim (2005) ได้ศึกษาสมบัติการต้านการเกิดออกซิเดชันรวม (total antioxidant activity) ของวิตามินอีที่สกัดจากรำข้าว เปรียบเทียบกับแอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ของ Sigma aldrich และสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (BHA, BHT, TBHQ และ PG) ที่ความเข้มข้น 160.00 mg/kg โดยวิธีเฟอริกไทโอไซยาเนต และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับการทดสอบด้วยกรดไทโอบาบิทิวลิก (วิธีทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเกิดมาลอนอัลดีไฮด์) พบว่า BHT, BHA และวิตามินอีที่สกัดจากรำข้าว มีสมบัติการต้านการเกิดออกซิเดชันสูงกว่า TBHQ, PG และแอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ โดยพบว่า BHT, BHA และวิตามินอีที่สกัดจากรำข้าว มีสมบัติการต้านการเกิดออกซิเดชันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางทางสถิติ ($p>0.05$) โดย BHT, BHA และวิตามินอีที่สกัดได้จากรำข้าวสามารถยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ได้ 80.7, 74.6 และ 74.4% ตามลำดับ ณ วันที่ 4 ของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิก ซึ่งมีค่าน้อยกว่าความสามารถในการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ของวิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่ศึกษานี้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 89.8% ณ วันที่ 4 ของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

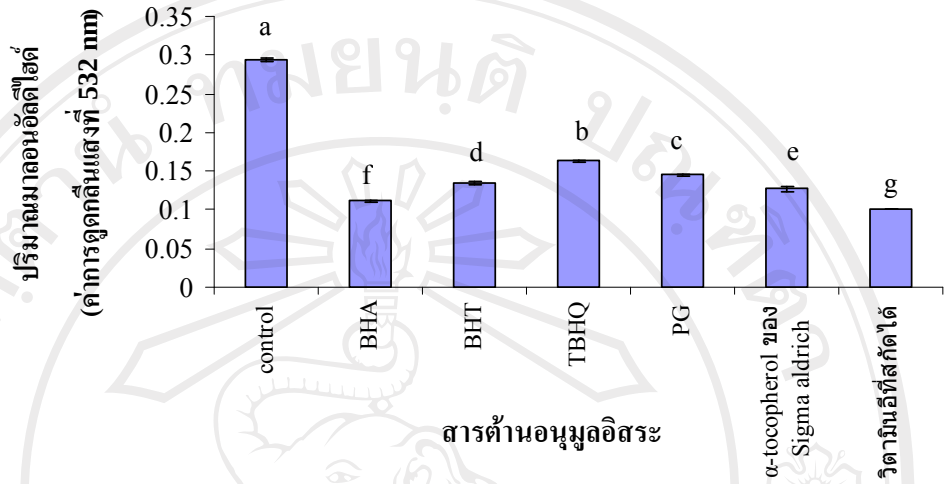


รูปที่ 30 การยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ

4.2.2.3 การยับยั้งการเกิดมาลอนอัลดีไฮด์ของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ

จากผลการทดลอง (รูปที่ 31 และตารางที่ ค-15) พบว่ากิจกรรมการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่ความเข้มข้น 10.00 mg/kg มีค่าสูงกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 nm ต่ำที่สุด แสดงว่าสามารถยับยั้งมาลอนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นได้สูงที่สุด โดยสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ที่มีค่ากิจกรรมการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันรองลงมาคือ BHA, แอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์, BHT, PG และ TBHQ ตามลำดับ โดยความเข้มข้นของมาลอนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นในแต่ละสิ่งทดลองนั้นได้นำมาเปรียบเทียบกับวิธีวิเคราะห์ด้วยวิธีเฟอริกไทโอไซยาเนต ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันกับวิธีวิเคราะห์ด้วยวิธีเฟอริกไทโอไซยาเนต โดยพบว่าวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวเป็นสารที่มีความแรงมากกว่าในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกเมื่อเปรียบเทียบกับ BHA, แอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์, BHT, PG และ TBHQ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวิตามินอีที่สกัดได้นั้น มีระดับของปริมาณโทโคไตรอีนอลสูงกว่า หรือ อาจเป็นผลของ synergistic effect ของโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอล นอกจากนี้โทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอลมีความสามารถในการแทรกแซงปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ของอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการให้ฟีโนลิกไฮโดรเจนกับอนุมูลเพอร์รอกซีของไขมัน (lipid peroxy radical) แต่อย่างไรก็ตาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 31 ปริมาณมาลอนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นเมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ

Kim (2005) ได้ศึกษาสมบัติการยับยั้งการเกิดมาลอนอัลดีไฮด์ของวิตามินอีที่สกัดได้จากรำข้าว เปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ ได้แก่ แอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ของ Sigma aldrich และสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (BHA, BHT, TBHQ และ PG) ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 160 mg/kg ในกรดลิโนเลอิก ณ วันที่ 5 ของการบ่มโดยวิธีทดสอบด้วยกรดไทโอบาบิทิวลิก พบว่าสมบัติการยับยั้งมาลอนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นโดยวิตามินอีที่สกัดได้จากรำข้าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ BHT และ BHA โดยค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 532 nm ของวิตามินอีที่สกัดได้จากรำข้าว (160 mg/kg) มีค่าประมาณ 0.050 ซึ่งวิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว (10 mg/kg) มีค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่นที่ 532 nm เท่ากับ 0.1006

4.2.3 ศึกษาความคงตัวต่อความร้อน และอายุการเก็บของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวโดยใช้เฮกเซนที่อุณหภูมิต่ำ

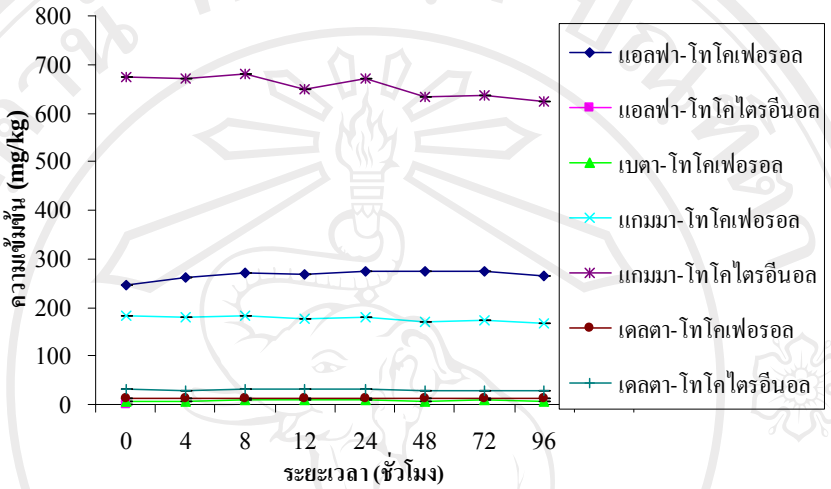
4.2.3.1 ความคงตัวต่อความร้อนของวิตามินอีที่สกัดจาก ดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว

ความคงตัวที่อุณหภูมิ 95°C เป็นระยะเวลา 4, 8, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ของแอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-

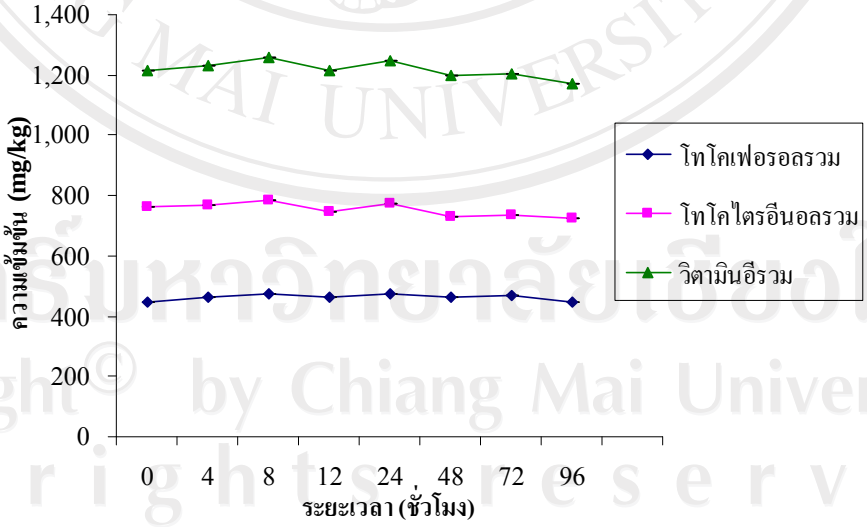
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า วิตามินอีรวมที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวมีความคงตัวที่อุณหภูมิ 95°C เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง โดยวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ มีความคงตัวที่อุณหภูมิ 95°C แตกต่างกัน โดยเบตา-โทโคเฟอรอล แกมมา-โทโคเฟอรอล และเดลตา-โทโคไตรอีนอล มีความคงตัวที่อุณหภูมิ 95°C มากที่สุด รองลงมาคือ เดลตา-โทโคเฟอรอล สำหรับแกมมา-



รูปที่ 32 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 95°C เป็นระยะเวลา 4, 8, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง



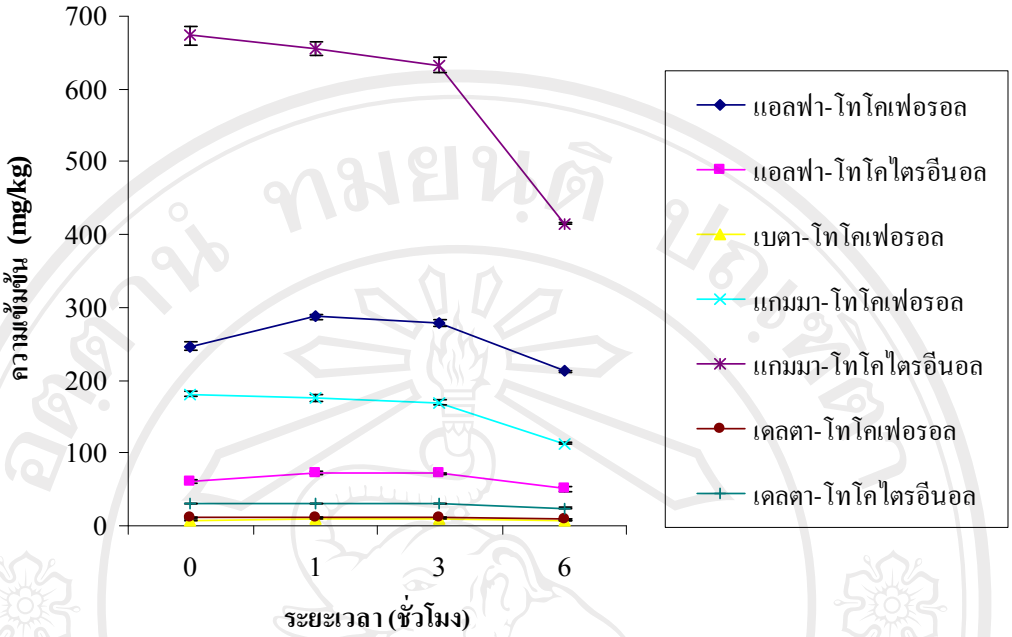
รูปที่ 33 ความเข้มข้นของโทโคเฟอรอลรวม โทโคไตรอีนอลรวม และวิตามินอีรวมที่อุณหภูมิ 95°C เป็นระยะเวลา 4, 8, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

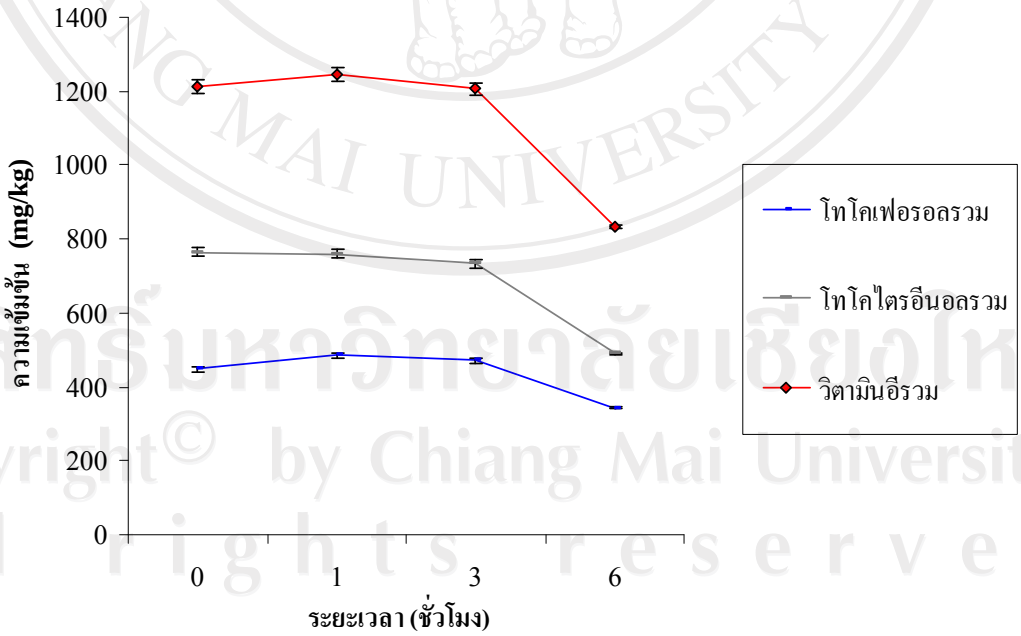
ความคงตัวที่อุณหภูมิ 180°C เป็นระยะเวลา 1, 3 และ 6 ชั่วโมงของแอลฟา-, เบตา- , แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอล โทโคเฟอรอลรวม โทโคไตรอีนอลรวม และวิตามินอีรวมที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว แสดงดังรูปที่ 34 และ 35 ตามลำดับ และตารางที่ ค-17 (ภาคผนวก ค) พบว่า แอลฟา- โทโคเฟอรอล และแอลฟา-โทโคไตรอีนอล มีค่าความเข้มข้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 180°C เป็นระยะเวลา 1, 3 และ 6 ชั่วโมง สำหรับเบตา-โทโคเฟอรอลนั้นมีค่าความเข้มข้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 180°C เป็นระยะเวลา 1, 3 และ 6 ชั่วโมง นอกจากนี้ ยังพบว่า แกมมา-โทโคเฟอรอล และแกมมา-โทโคไตรอีนอลนั้นมีค่าความเข้มข้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 180°C ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 จนถึงชั่วโมงที่ 6 ตามลำดับ สำหรับเดลตา-โทโคเฟอรอล และเดลตา-โทโคไตรอีนอลนั้นมีค่าความเข้มข้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 180°C ในช่วง 1 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นในช่วงชั่วโมงที่ 1, 3 และ 6 มีค่าความเข้มข้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ สำหรับโทโคเฟอรอลรวมนั้น มีค่าความเข้มข้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 จนถึงชั่วโมงที่ 6 ตามลำดับ สำหรับความเข้มข้นของโทโคไตรอีนอลรวมนั้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับความเข้มข้นของเดลตา-โทโคเฟอรอล และเดลตา-โทโคไตรอีนอล คือ มีค่าความเข้มข้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 180°C ในช่วง 1 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นในช่วงชั่วโมงที่ 3 และ 6 มีค่าความเข้มข้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ และสำหรับความเข้มข้นของวิตามินอีรวมนั้นมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 180°C เป็นระยะเวลา 1, 3 และ 6 ชั่วโมง และความเข้มข้นมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 จนถึง ชั่วโมงที่ 6 ตามลำดับ

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า วิตามินอีรวมที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวคงตัวที่อุณหภูมิ 180°C เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง โดยแอลฟา-, เบตา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล และแอลฟา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอล มีความคงตัวมากที่สุดคือ 3 ชั่วโมง แต่แกมมา-โทโคเฟอรอล และแกมมา- โทโคไตรอีนอลนั้น จะมีความคงตัวที่อุณหภูมิ 180°C เพียง 1 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 34 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 180°C เป็นระยะเวลา 1, 3 และ 6 ชั่วโมง



รูปที่ 35 ความเข้มข้นของโทโคเฟอรอลรวม โทโคไตรอีนอลรวม และวิตามินอีรวมที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิ 180°C เป็นระยะเวลา 1, 3 และ 6 ชั่วโมง

Rossi และคณะ (2007) ได้ศึกษาความคงตัวของโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอลรวมในระหว่างกระบวนการทอดมันฝรั่งแบบจุ่มลงในน้ำมันพืชที่มีอุณหภูมิในการทอดอยู่ในช่วง 150-200°C พบว่าความคงตัวของโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอลในรูปแบบต่างๆ ที่แตกต่างกันที่พบในน้ำมันพืชที่ผ่านการรีไฟน์นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ปัจจัยคือ องค์ประกอบของกรดไขมันอิสระในน้ำมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัว และชนิดของโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอลที่พบในน้ำมันแต่ละประเภท โดยในน้ำมันที่ถูกออกซิไดส์ได้มากกว่านั้น โทโคเฟอรอล มีความคงตัวมากกว่า และในบรรดาอนุพันธ์ต่างๆ ของโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอลนั้น พบว่า แกมมา-โทโคไตรอีนอลในน้ำมันปาล์มซูเปอร์โอเลอินมีความคงตัวในระหว่างกระบวนการทอดน้อยที่สุด ส่งผลให้สามารถรักษาโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอลในอนุพันธ์อื่นๆ ไว้ได้

Park และคณะ (2004) ศึกษาความคงตัวของโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอลที่สกัดจากส่วนที่ซาพอนิไฟด์ไม่ได้ของรำข้าวที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 4, 8, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าโทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอล ในส่วนที่ซาพอนิไฟด์ไม่ได้ของรำข้าวมีค่าลดลงเป็นสัดส่วนกับช่วงของเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิ 95°C ซึ่งหลังจากเวลา 24 ชั่วโมงของการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95°C พบว่าแอลฟา-โทโคเฟอรอล แอลฟา-โทโคไตรอีนอล แกมมา-โทโคเฟอรอล และแกมมา-โทโคไตรอีนอลมีความเข้มข้นลดลงเท่ากับ 27.3, 46.4, 47.4 และ 32% ตามลำดับ โดยแอลฟา-โทโคไตรอีนอลมีความเข้มข้นลดลงอย่างรวดเร็วเท่ากับ 14.9% (จากความเข้มข้น 11.3 mg/mL ไปเป็น 7.4 mg/mL) ภายใน 8 ชั่วโมงจากการให้ความร้อน ณ เวลาเริ่มต้นซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแกมมา-โทโคไตรอีนอลมีค่าลดลงเท่ากับ 13.5% สำหรับในช่วงเวลาเดียวกัน

ในภาพรวมสรุปว่า วิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่ศึกษานี้ มีความคงตัวที่อุณหภูมิ 95 และ 180°C เป็นระยะเวลา 72 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ ดังนั้นวิตามินอีที่สกัดได้จึงสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิสูงถึง 180°C ที่ใช้เวลาไม่เกิน 3 ชั่วโมง

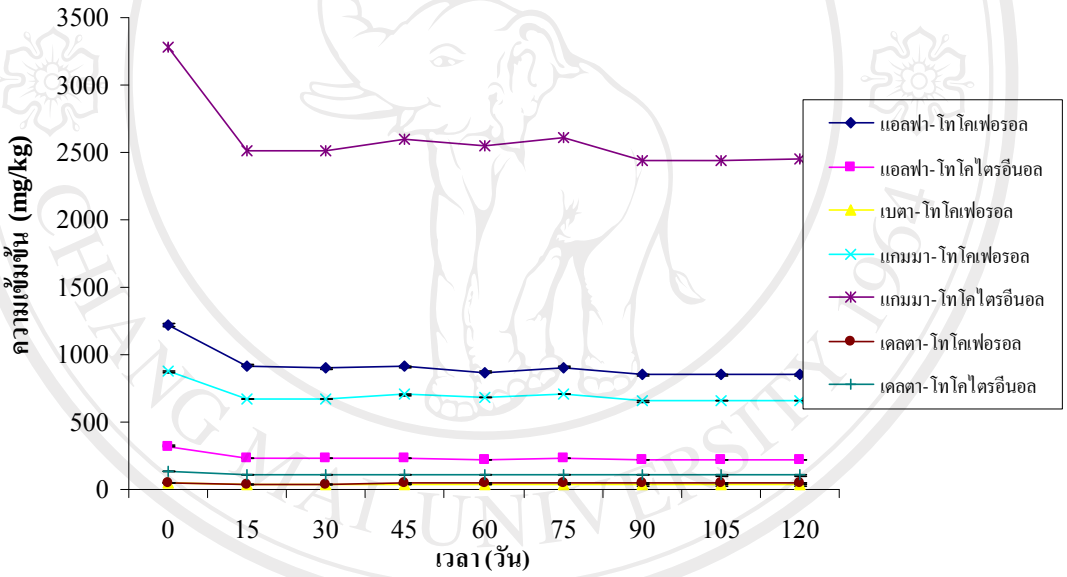
4.2.3.2 ความเข้มข้นของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวโดยใช้เฮกเซนที่อุณหภูมิต่ำที่เก็บที่อุณหภูมิ 30°C เป็นระยะเวลา 120 วัน

วิตามินอีที่สกัดได้เมื่อนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นระยะเวลา 120 วัน และวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของแอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล แอลฟา-,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

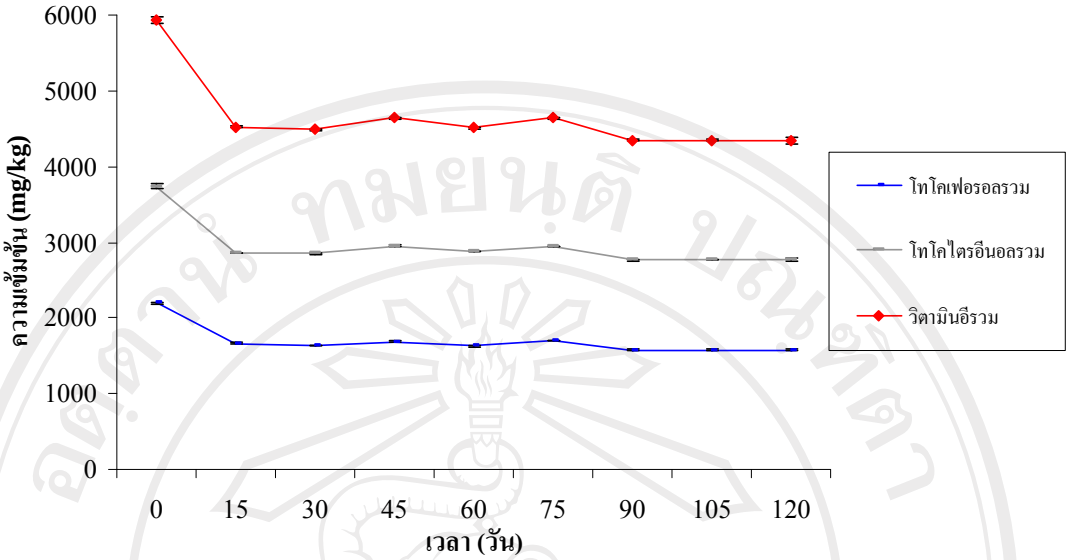
การที่ในช่วง 15 วันแรกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่าง ๆ มีค่าลดลง อาจเนื่องมาจาก ในช่วงแรกของการเก็บรักษายังคงมีปริมาณสารอนุมูลอิสระอยู่จำนวนหนึ่งที่สามารถเร่งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันได้ ซึ่งวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่พบในน้ำมันเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระได้เร็ว ทำให้มีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษาจนถึง 120 วัน ค่าความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ มีค่าไม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นสรุปได้ว่าการเก็บรักษาวิตามินอีที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นระยะเวลา 120 วัน จะทำให้ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ลดลงน้อยมาก ซึ่ง Tavčar-Kalcher และคณะ (2007) ได้ศึกษาความคงตัวของวิตามินอี (DL-α-tocopheryl acetate) เข้มข้นเท่ากับ 12600±400 mg/kg ใน premix ที่ไม่มีการเติมแร่ธาตุชนิดอื่นๆ ซึ่งเก็บรักษาไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 25°C และความชื้นสัมพัทธ์ 60% เป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 36 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่เก็บที่อุณหภูมิ 30°C เป็นระยะเวลา 120 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 37 ความเข้มข้นของโทโคเฟอรอลรวม โทโคไตรอีนอลรวม และวิตามินอีรวม ที่เก็บที่อุณหภูมิ 30°C เป็นระยะเวลา 120 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved