

การเปรียบเทียบวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อการสกัดวิตามินอี และแกมมา-โอไรซานอลจากรำข้าวพันธุ์ กข 6

Comparison of Solvent Extraction on Extractable Vitamin E and Gamma Oryzanol from Rice Bran (RD 6)

ปรีดาวรรณ ขอช่วยกลาง (Predawan Kochayklang)^{1*} วรณช ศรีเจษฎารักษ์ (Voranuch Srijesdaruk)**

บทคัดย่อ

ปัจจุบันรำข้าวถูกนำมาสกัดเป็นน้ำมันรำข้าวโดยนิยมใช้เฮกเซน แต่เฮกเซนเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูง ระเหยง่ายและไวไฟ จึงสนใจศึกษาชนิดของตัวทำละลายชนิดอื่นคือ ไอโซโพรพานอล เอทานอล เปรียบเทียบกับการใช้เฮกเซน ที่สภาวะการสกัดเดียวกันพบว่า รำข้าวที่ผ่านการคงสภาพด้วยวิธีการนึ่งและสกัดด้วยไอโซโพรพานอลจะให้ปริมาณน้ำมัน วิตามินอีและแกมมา-โอไรซานอลได้สูงที่สุด จากการศึกษาผลของอัตราส่วนรำข้าวต่อไอโซโพรพานอล (1 ต่อ 30 1 ต่อ 45 และ 1 ต่อ 60 กรัม/มิลลิลิตร) อุณหภูมิ (50 60 และ 70 °C) และเวลา (1 10 และ 20 ชั่วโมง) ในการสกัดต่อคุณภาพน้ำมัน พบว่าทั้ง 3 ปัจจัยมีผลต่อค่าปริมาณน้ำมัน วิตามินอีและแกมมา-โอไรซานอลโดยพบว่า สภาวะที่มีสารดังกล่าวมากที่สุดคือ สภาวะการสกัดที่ใช้รำข้าวต่อไอโซโพรพานอล 1 ต่อ 30 กรัม/มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 70 °C และเวลา 20 ชั่วโมง

ABSTRACT

Presently, rice bran has been extracted to be rice bran oil by hexane. Hexane is highly toxic, easily evaporated and flammable. Therefore, this study was conducted to compare the extraction methods using hexane and another solvents including isopropanol and ethanol at the same extracted conditions, The result show that rice bran stabilized by steaming and then extracted by isopropanol provided the highest amount of extractable oil, vitamin E and gamma-oryzanol. The studied of effects of bran-isopropanol ratio (1:30, 1:45 and 1:60 g/ml) temperature (50, 60 and 70 °C) and time period (1, 10 and 20 h) on the oil quality, it was found that all three factors affected on oil yield, vitamin E and gamma-oryzanol and the best extraction conditions were result was bran- isopropanol ratio of 1:30 g/ml, 70 °C and 20 hours.

คำสำคัญ : รำข้าว วิตามินอี แกมมา-โอไรซานอล

Key Words : Rice bran, Vitamin E, Gamma-oryzanol

¹ Corresponding author: predawan.k@gmail.com

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

รำข้าว คือ เยื่อหุ้มของผิวข้าวที่ถูกขัดออก ระหว่างกระบวนการสีที่ยังคงประกอบไปด้วยสารอาหารที่มีผลดีต่อสุขภาพ เช่น เส้นใย แร่ธาตุ ไขมัน และสารอาหารที่มีคุณค่า เช่น โทคอล (โทโคเฟอรอล และโทโคโทรีนอล) ไฟโตสเตอรอลและแกมมา-โอไรซานอล (ตารางที่ 1) ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณค่าต่อสุขภาพ ช่วยลดอนุมูลอิสระและคอเลสเตอรอลในร่างกาย ทำให้ช่วยลดการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ที่เกิดจากอนุมูลอิสระและการมีคอเลสเตอรอลสูงในร่างกาย เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจ [1, 2] เป็นต้น

ปัจจุบันมีการนำรำข้าวมาสกัดเป็นน้ำมันรำข้าว (rice bran oil) เนื่องจากเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีและได้รับความสนใจเพราะอุดมไปด้วยกรดไขมันที่สมดุลและสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อเทียบกับน้ำมันบริโภคอื่นๆ เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น แกมมา-โอไรซานอล (gamma oryzanol; γ -oryzanol) และกลุ่มของวิตามินอีได้แก่โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโคโทรีนอล (tocotrienol) และมีไฟโตสเตอรอล (phytosterol) โดยเฉพาะแกมมา-โอไรซานอลที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ [3]

วิธีการสกัดน้ำมันรำข้าวมีหลายวิธี แต่วิธีที่ได้รับความนิยมคือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย เนื่องจากสกัดน้ำมันได้ปริมาณสูงและขั้นตอนในการสกัดไม่ยุ่งยาก แต่อย่างไรก็ตาม เฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่มีพิษ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ผลิตและผู้บริโภคหากตกค้างในผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันจึงมีหลายงานวิจัยที่ศึกษาหาตัวทำละลายชนิดอื่นมาใช้ในการสกัดวิตามินอีและแกมมา-โอไรซานอลแทน เช่น ไอโซโพรพานอล เอทิลอะซิเตต เอทานอล เป็นต้น [4, 5, 6] แต่อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการสกัดจำเป็นต้องอาศัยสภาวะที่เหมาะสม เพื่อให้การสกัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังนั้นจึงสนใจศึกษาชนิดตัวทำละลายอื่นมาใช้ในการสกัดน้ำมันแทน

การใช้เฮกเซนเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันและสารต้านอนุมูลอิสระสูง (วิตามินอีและแกมมา-โอไรซานอล) และหาสภาวะการสกัดที่ดี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาชนิดตัวทำละลายและปัจจัยการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อปริมาณน้ำมันและสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าว

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบและคงสภาพรำข้าว

นำรำข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ที่ได้จากการขัดสีจากโรงสี กำจัดสิ่งปนเปื้อน ทำให้คงสภาพด้วยวิธีการนึ่ง (steaming) ที่อุณหภูมิ 115 ± 2 °C นาน 15 นาที เพื่อควบคุมการทำงานของเอนไซม์ไลเปส [7] และอบแห้ง (hot air drying) ที่อุณหภูมิคงที่ 50 °C เป็นเวลา 30 นาที เพื่อไล่ความชื้น บรรจุในถุงในสภาพสุญญากาศและเก็บในที่มืดที่อุณหภูมิ -20 °C จนกว่าจะนำมาทดลองต่อไป

2. การศึกษาคุณภาพของรำข้าวที่ผ่านการคงสภาพ

2.1 วิเคราะห์ความชื้นของรำข้าวหลังผ่านการคงสภาพตามวิธี AOAC (1995) [8]

2.2 ศึกษากรดไขมันอิสระของรำข้าวที่ผ่านและไม่ผ่านการคงสภาพ

วิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระของรำข้าวที่ผ่านการคงสภาพด้วยวิธีมาตรฐาน American Oil Chemists' Society (AOCS) Ca 5a-40 (1997) [9] เปรียบเทียบกับรำข้าวที่ไม่ผ่านการทำให้คงสภาพที่ถูกเก็บไว้เป็นเวลา 30 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (ตัวควบคุม) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3. ศึกษาชนิดของตัวทำละลายและปัจจัยการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อคุณภาพน้ำมันรำข้าว

3.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายต่อปริมาณน้ำมัน วิตามินอีและแกมมา-โอไรซานอลในรำข้าว

เพื่อคัดเลือกชนิดของตัวทำละลายที่สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวที่มีคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน ไอโซโพรพานอลและเอทานอล ทำการสกัดที่อุณหภูมิคงที่ 60 °ซ เป็นเวลา 1 3 6 12 และ 24 ชั่วโมง วิเคราะห์หาปริมาณน้ำมัน (oil yield) วิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอล [10] ออกแบบการทดลองที่มีแผนแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์แบบ 3×5 factorial experiment in CRD ศึกษา 2 ปัจจัย คือผลของชนิดของตัวทำละลายมี 3 ระดับและผลของอุณหภูมิ 5 ระดับ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3.2 ศึกษาปัจจัยการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อปริมาณน้ำมัน วิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอลจากรำข้าว

เลือกตัวทำละลายที่สามารถให้ปริมาณน้ำมัน วิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอลสูงที่สุดจากข้อ 3.1 มาศึกษาปัจจัยการสกัดโดยปัจจัยที่ศึกษามี 3 ปัจจัย คือ อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:30 1:45 และ 1:60 กรัม/มิลลิลิตร อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °ซ และเวลาที่ใช้ในการสกัด 1 10 และ 20 ชั่วโมง วิเคราะห์หาปริมาณน้ำมัน วิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอล ออกแบบการทดลอง 3×3×3 factorial experiment in CRD ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

ผลการวิจัย

1. คุณภาพของรำข้าวที่ผ่านการคงสภาพ

รำข้าวหลังผ่านการทำให้คงสภาพด้วยวิธีการนึ่งที่อุณหภูมิ 115 ± 2 °ซ นาน 15 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ 50 °ซ 30 นาที มีความชื้นร้อยละ 11.75 และมีปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ 6.52) ลดลงเมื่อเทียบกับตัวควบคุม (ร้อยละ 38.37) เนื่องจากเอนไซม์ไลเปสในรำข้าวที่ผ่านการคงสภาพจะถูกยับยั้ง กิจกรรมการทำงาน ดังนั้นการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสจากเอนไซม์ไลเปสจึงลดลงทำให้เกิดกรดไขมันอิสระในรำข้าวลดลง [11, 12, 13]

2. ผลของชนิดของตัวทำละลายต่อปริมาณน้ำมัน วิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอลในรำข้าว

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน ไอโซโพรพานอลและเอทานอล ที่อุณหภูมิคงที่ 60 °ซ เป็นเวลา 1 3 6 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า ชนิดของตัวทำละลายและเวลามีผลร่วมกันต่อปริมาณน้ำมัน วิตามินอี (แอลฟา-โทโคฟีรอล แกมมา-โทโคฟีรอล และเตลต้า-โทโคฟีรอล) และแกมมา-โอโรซานอลอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 2 โดยการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยไอโซโพรพานอลที่อุณหภูมิ 60 °ซ ที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง สามารถสกัดน้ำมัน วิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอลได้มากที่สุด เนื่องจากไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นมีขั้วมากกว่าเฮกเซน [5] ไอโซโพรพานอลจึงมีความสามารถในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวสูงกว่าเฮกเซนและเนื่องจากเป็นตัวทำละลายที่ให้ปริมาณไขมันและสารต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวใกล้เคียงกับวิธีการดั้งเดิม (Soxhlet extraction โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ [14]) มากที่สุด ขณะที่เอทานอลมีความสามารถในการสกัดน้ำมันได้ปริมาณไม่ดีและสกัดสารต้านอนุมูลอิสระได้น้อยกว่า ไอโซโพรพานอล ดังนั้นจึงคัดเลือกไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันรำข้าวในสภาวะการสกัดต่อไป

3. ของปัจจัยการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อปริมาณน้ำมัน วิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอลในรำข้าว

ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย อุณหภูมิและเวลามีผลร่วมกันต่อปริมาณน้ำมันวิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 3 เมื่อใช้ไอโซโพรพานอลร่วมกับอุณหภูมิ อุณหภูมิจะช่วยให้การคลายโครงสร้างของเมทริกซ์ในตัวอย่างและเพิ่มความคล่องตัวในการซึมผ่าน การสกัด ทำให้การสกัดมีประสิทธิภาพมากขึ้น [4, 5] โดยสภาวะการสกัดที่สามารถสกัดวิตามินอี

และแกมมา-โอโรซานอลจากรำข้าวในน้ำมันรำข้าว ได้มากที่สุดคือ การสกัดที่ใช้รำข้าวต่อไอโซโพรพานอล 1 ต่อ 30 กรัม /มิลลิลิตรที่อุณหภูมิ 70 °ซ และเวลา 20 ชั่วโมง โดยให้ปริมาณน้ำมัน 25.42 ± 0.80 กรัม/100 กรัมรำแห้งคงสภาพ วิตามินอี ได้แก่ เทลต้า-โทโคฟีรอล แกมมา-โทโคฟีรอลและแอลฟา-โทโคฟีรอล 81.51 ± 1.24 , 1765.54 ± 1.55 และ 6373 ± 40.63 ไมโครกรัม/100 กรัมรำแห้งคงสภาพ ตามลำดับ และแกมมา-โอโรซานอล 260.83 ± 7.25 มิลลิกรัม/100 กรัมรำแห้งคงสภาพ

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

รำข้าว กข.6 ที่ผ่านการคงสภาพด้วยวิธีการนึ่งที่อุณหภูมิ 115 ± 2 °ซ นาน 15 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ 50 °ซ เป็นเวลา 30 นาที สามารถลดปริมาณกรดไขมันอิสระในรำข้าวและมีความชื้นคงเหลือร้อยละ 11.75 ทำให้เก็บรักษาคุณภาพของรำข้าวได้เพราะการลดปริมาณกรดไขมันอิสระ [15, 16, 17] และการควบคุมความชื้นเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาคุณภาพรำข้าว [11]

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน วิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอลในรำข้าว พบว่า ชนิดของตัวทำละลายและเวลาที่มีผลต่อการสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายในกลุ่มแอลกอฮอล์ ซึ่งมีความมีขั้วมากกว่าเฮกเซน ทำให้มีผลต่อการสกัดแกมมา-โอโรซานอลจากรำข้าว และเมื่อสกัดร่วมกับการใช้อุณหภูมิจึงทำให้สามารถสกัดสารแกมมา-โอโรซานอลได้ดีกว่าการใช้เฮกเซนภายใต้สภาวะการสกัดเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการสกัดด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพานอลที่เวลาแตกต่างกัน (ตารางที่ 2) พบว่า เวลาการสกัดที่นานมากขึ้นมีผลต่อปริมาณน้ำมันและสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้ เนื่องจากช่วยเพิ่มระยะเวลาในการแทรกซึมผ่านของตัวทำละลายใน

โครงสร้างของเมทริกซ์ในตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น สารต้านอนุมูลอิสระจึงถูกสกัดออกจากโครงสร้างได้มากขึ้น

การสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยตัวทำละลายมีปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัด เพื่อให้สามารถสกัดน้ำมันออกมาจากวัตถุดิบได้มากที่สุด โดยได้น้ำมันที่ไม่สลายตัวและมีสิ่งเจือปนตกค้างน้อยที่สุด โดยปริมาณตัวทำละลาย อุณหภูมิและเวลาที่มีผลร่วมกันต่อปริมาณน้ำมันและสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) [18] จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อใช้ปริมาณตัวทำละลายเพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากขึ้นในสภาวะการสกัดบางสภาวะ ทั้งนี้เนื่องจากในสภาวะการสกัด อิทธิพลของปัจจัยแต่ละปัจจัยจะมีผลร่วมกันต่อปริมาณน้ำมันและสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้ จากงานวิจัยนี้พบว่า อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย อุณหภูมิและเวลาที่มีผลร่วมกันต่อปริมาณน้ำมัน วิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอลในน้ำมันรำข้าว โดยสภาวะการสกัดที่สามารถสกัดน้ำมันรำข้าว วิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอลจากรำข้าวได้มากที่สุดคือ การใช้รำข้าวต่อไอโซโพรพานอล 1 ต่อ 30 กรัม/มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 70 °ซ และเวลา 20 ชั่วโมง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท อาร์ซีเค อะกรี มาร์เก็ตติ้ง จำกัด ที่สนับสนุนรำข้าวและภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

1. Lerma GMJ, Herrero MJM, Simó AEF, Mendonça CRB, Ramis RG. Composition, industrial processing and applications of rice bran γ -oryzanol. Food Chemistry. 2009; 115: 389–404.

2. Juliano C, Cossu M, Alamanni MC, Piu L. Antioxidant activity of gamma oryzanol: mechanism of action and its effect on oxidative stability of pharmaceutical oils. *Int. J. Phar.* 2005; 299: 146-154.
3. Van HV, Depaemelaere G, Ayala J, Santiwattana P, Verhe R, De Greyt W. Influence of chemical refining on the major and minor components of rice brain oil. *J Am Oil Chem Soc.* 2006; 83(4): 315-21.
4. Hu W, Wells JH, Shin T-S, Godber JS. Comparison of isopropanol and hexane for extraction of vitamin E and oryzanols from stabilized rice bran. *J. the American Oil Chemists' Society.* 1996; 73: 1653-1656.
5. Xu Z, Godber JS. Comparison of supercritical fluid and solvent extraction methods in extracting γ -oryzanol from rice bran. *J of the American Oil Chemists' Society.* 2000; 77: 1127-1131.
6. Imsanguana P, Roaysubtawee A, Boriraka R, Pongamphaia S, Douglass S, Douglas, PL. Extraction of α -tocopherol and γ -oryzanol from rice bran. *LWT.* 2008; 41: 1417-1424.
7. Srijesdaruk V, Namtachai K, Suwannarong S. Studies on efficiency of rice bran (*Oryza sativa*) tocopherol extracts as antioxidant. *KKU Res J.* 2001; 6(2): 34-44. Thai.
8. AOAC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 9th ed. St. Paul, Minnesota; 1995.
9. American oil chemists'society. Official methods and recommended practices of the AOCS. 5th edition. AOCS Press. Champaign. IL. USA. 1997.
10. Chen MH, Bergman CJ. A rapid procedure for analysing rice bran tocopherol, tocotrienol and γ -oryzanol contents. *J. Food Composition and Analysis.* 2005; 18: 319 - 331.
11. Amarasinghe BMWPK, Gangodavilage. Rice bran oil extraction in sri lanka data for process equipment design. *Food and Bioproducts Processing.* 2004; 82(C1): 54-59.
12. Amarasinghe BMWPK, Kumarasiri MPM, Gangodavilage NC. Effect of method of stabilization on aqueous extraction of rice bran oil. *Food and Bioproducts Processing.* 2009; 87: 108-114.
13. Thanonkaew A, Wongyai S, McClements DJ, Decker EA. Effect of stabilization of rice bran by domestic heating on mechanical extraction yield, quality and antioxidant properties of cold-pressed rice bran oil (*Oryza sativa* L.). *Food Science and Technology.* 2012; 1-6.
14. Lilitchan S, Tangprawat C, Aryusuk K, Kirisnang kura S, Chokmoh S, Krisnangkura K. Partial extraction method for the rapid analysis of total lipids and γ -oryzanol contents in rice bran. *Food Chemistry.* 2008; 106: 752-759.

15. Yokochi K. Rice processing for the production of rice bran oil. Status report in rice by products conference; 1974 Valencia. Spain; 1974.
16. Burns H, Cassedy MM. Method of treating rice bran and rice polish. US patent 1952; 2610: 914.
17. Panduranga RB, Ansar AS, Thirumala RSD. Factors affecting the free fatty acid changes in rice bran. Ind oil Soap J. 1967; 32(7): 203-210.
18. Lawson, H. Food oils and Fats: Technology. Utilization and nutrition. 1995.
19. Oliveira R, Oliveira V, Aracava KK, Christianne ECR. Effect of extraction condition on the yield and composition of rice bran oil extracted with Ethanol-A response surface approach. Food and Bioproducts Processing. 2012; 90: 22-31.

ตารางที่ 1 สารอาหารที่มีผลต่อสุขภาพ

สารอาหารที่มีผลต่อสุขภาพ	ปริมาณ
ไขมัน (ร้อยละ)	22.20±0.43
โปรตีน (ร้อยละ)	15.36±0.06
แกมมา-โอโรซานอล (มิลลิกรัม/กิโลกรัมรำข้าวสด)	12510±51
โทคอล (มิลลิกรัม/กิโลกรัมรำข้าวสด)	334±14

ตารางที่ 2 ผลของชนิดของตัวทำละลายและเวลาการสกัดต่อปริมาณน้ำมันรำข้าว วิตามินอี (เดลต้า-โทโคฟีรอล แกมมา-โอโรซานอลและแอลฟา-โทโคฟีรอล) และแกมมา-โอโรซานอลในรำข้าวที่ผ่านการคงสภาพ ที่อุณหภูมิการสกัด 60 °ซ

ตัวทำละลาย	เวลา (ชม.)	น้ำมันรำข้าว (g/100g)	เดลต้า-โทโคฟีรอล (μg/100g)	แกมมา-โทโคฟีรอล (μg/100g)	แอลฟา-โทโคฟีรอล (μg/100g)	แกมมา-โอโรซานอล (mg/100g)
เฮกเซน	1	15.85±0.54 ^{de}	28.53±0.25 ^c	835.87±9.36 ^{ef}	4311.39±36.45 ^{abc}	181.176±1.31 ^d
	3	15.47±0.54 ^{def}	28.97±0.66 ^{de}	841.10±9.52 ^{def}	4311.41±37.22 ^{abc}	184.55±2.30 ^{cd}
	6	15.10±0.54 ^{efg}	26.77±0.06 ^f	784.19±8.16 ^g	3932.54±58.96 ^{efg}	172.59±1.56 ^c
	12	16.23±0.00 ^d	28.59±0.90 ^c	849.83±17.86 ^{cdef}	4381.10±51.48 ^{ab}	174.35±1.68 ^c
	24	15.85±0.00 ^{de}	26.35±0.73 ^f	793.24±19.71 ^g	3819.75±81.62 ^{gh}	181.87±4.2 ^d
ไอโซโพรพานอล	1	18.87±0.53 ^c	30.82±0.19 ^c	870.97±20.93 ^{bcd}	3995.92±167.52 ^{def}	203.64±4.66 ^b
	3	19.44±0.26 ^{bc}	33.53±0.21 ^b	898.07±6.22 ^{ab}	4056.49±148.65 ^{de}	209.71±1.34 ^{ab}
	6	19.25±0.00 ^c	33.71±0.97 ^b	893.98±8.15 ^{ab}	4166.07±49.12 ^{cd}	207.46±2.24 ^{ab}
	12	21.89±0.53 ^a	28.73±0.90 ^{de}	881.72±9.07 ^{abc}	4468.73±46.17 ^a	185.19±2.40 ^{cd}
	24	20.38±0.00 ^b	35.02±1.00 ^a	912.17±20.97 ^a	4250.57±102.16 ^{bc}	210.80±4.92 ^a
เอทานอล	1	14.91±0.26 ^{efg}	27.03±0.20 ^f	823.61±3.75 ^f	3927.51±6.35 ^{efg}	161.97±1.32 ^f
	3	13.77±0.27 ^h	29.58±0.49 ^{cde}	850.95±2.84 ^{cdef}	3727.25±105.85 ^h	186.15±2.26 ^{cd}
	6	14.72±1.08 ^{gh}	29.63±0.37 ^{cde}	840.14±3.55 ^{def}	3771.24±38.34 ^{gh}	185.46±1.27 ^{cd}
	12	14.34±0.00 ^{gh}	30.07±0.06 ^{cd}	858.72±13.02 ^{cde}	3785.53±10.33 ^{gh}	189.80±2.50 ^c
	24	15.29±0.80 ^{defg}	28.91±1.00 ^{de}	835.73±26.22 ^{ef}	3795.03±10.34 ^{gh}	181.02±4.63 ^d

หมายเหตุ a b... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยของน้ำมันรำข้าว วิตามินอี (เดลต้า-โทโคฟีรอล แกมมา-โทโคฟีรอล แอลฟา-โทโคฟีรอล) และแกมมา-โอโรซานอล ในสภาวะการสกัดต่างๆที่มีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำมันรำข้าว วิตามินอี (เตลด้า-โทโคฟีรอล แกมมา-โทโคฟีรอลและแอลฟา-โทโคฟีรอล) และแกมมา-โอโรซานอลได้จากการสภาวะการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อรำข้าว อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°ซ)	อัตราส่วน (g/ml)	เวลา (ชม.)	น้ำมันรำข้าว (g/100g)	เตลด้า-โทโคฟีรอล (µg/100g)	แกมมา-โทโคฟีรอล (µg/100g)	แอลฟา-โทโคฟีรอล (µg/100g)	แกมมา-โอโรซานอล (mg/100g)
50	1:30	1	24.29±0.00 ^{cde}	51.32±6.93 ^{defg}	1416.08±25.98 ^{efgh}	5019.53±125.77 ^{fghij}	218.38±3.93 ^{cdef}
		10	23.73±0.80 ^{defg}	63.04±1.70 ^{bc}	1527.94±14.39 ^{bcd}	5709.14±70.98 ^{bcd}	226.62±0.97 ^{bcd}
		20	20.06±0.40 ^h	49.66±5.84 ^{efg}	1437.14±19.08 ^{defgh}	5086.96±0.50 ^{efghi}	216.16±2.83 ^{cdef}
	1:45	1	22.32±0.40 ^{efg}	52.18±3.50 ^{def}	1380.74±100.85 ^{efgh}	4843.09±326.09 ^{ghijk}	211.21±21.71 ^{def}
		10	23.16±0.80 ^{defg}	51.54±1.8 ^{defg}	1409.96±7.26 ^{efgh}	4936.94±31.20 ^{fghij}	209.76±4.01 ^{def}
		20	26.84±1.20 ^{ab}	66.60±0.39 ^b	1619.14±9.80 ^b	5917.06±40.35 ^b	238.80±6.40 ^b
	1:60	1	24.29±0.00 ^{cde}	52.51±1.85 ^{def}	1448.27±3.14 ^{defgh}	4995.367±84.84 ^{fghij}	224.02±1.15 ^{bcd}
		10	24.58±1.20 ^{bcd}	59.31±2.38 ^{bcd}	1467.94±45.50 ^{cdefgh}	5248.34±180.03 ^{defgh}	224.12±6.24 ^{bcd}
		20	24.29±0.00 ^{cde}	51.77±3.76 ^{def}	1510.89±254.09 ^{bcd}	5380.34±832.10 ^{cdef}	214.76±24.68 ^{cdef}
60	1:30	1	24.58±1.20 ^{bcd}	56.09±1.20 ^{cde}	1449.41± 0.58 ^{defgh}	5065.49±201.20 ^{fghi}	224.59±0.94 ^{bcd}
		10	24.58±1.20 ^{bcd}	51.44±2.80 ^{defg}	1476.65± 25.00 ^{bcd}	5244.52±108.47 ^{defgh}	228.90±7.79 ^{bcd}
		20	23.73±1.60 ^{defg}	59.47±9.06 ^{bcd}	1603.33± 6.39 ^{bc}	5853.83±77.73 ^{bc}	234.13±0.18 ^{bc}
	1:45	1	24.58±0.40 ^{bcd}	57.31±1.67 ^{bcd}	1473.25±7.21 ^{bcd}	5293.65±37.09 ^{defgh}	226.44±0.01 ^{bcd}
		10	24.01±1.20 ^{cdef}	50.38±1.93 ^{defg}	1466.39±38.32 ^{cdefgh}	5104.96±148.11 ^{efghi}	221.68±7.50 ^{bcd}
		20	24.29±0.80 ^{cde}	56.11±1.06 ^{cde}	1575.35±30.85 ^{bcd}	5728.99±114.70 ^{bcd}	227.13±0.78 ^{bcd}
	1:60	1	21.47±0.80 ^{gh}	57.56±1.80 ^{bcd}	1521.22±5.41 ^{bcd}	5425.10±62.10 ^{cdef}	225.66±1.50 ^{bcd}
		10	23.44±0.40 ^{defg}	53.77±2.38 ^{cdef}	1502.66±87.28 ^{bcd}	5314.78±217.36 ^{defg}	227.50±10.41 ^{bcd}
		20	23.16±0.00 ^{defg}	52.11±4.20 ^{def}	1362.06±80.70 ^{gh}	5005.97±353.70 ^{fghij}	200.10±14.38 ^f
70	1:30	1	22.88±0.40 ^{efg}	49.37±0.42 ^{efg}	1370.02±18.91 ^{fgh}	4599.21±32.23 ^{ijk}	213.93±1.98 ^{cdef}
		10	24.58±1.20 ^{bcd}	44.42±5.44 ^{fg}	1432.16± 15.08 ^{defgh}	4714.35±11.20 ^{ijk}	224.84±0.79 ^{bcd}
		20	25.42±0.80 ^{bcd}	81.59±1.24 ^a	1765.54±1.55 ^a	6373.77±40.63 ^a	260.83±7.25 ^a
	1:45	1	27.97±1.20 ^a	59.84±1.15 ^{bcd}	1514.70±20.07 ^{bcd}	5584.57±92.66 ^{bcd}	216.17±1.15 ^{cdef}
		10	26.27±1.20 ^{abc}	46.06±0.46 ^{fg}	1433.56±32.81 ^{defgh}	4695.00±96.54 ^{ijk}	225.10±6.10 ^{bcd}
		20	24.58±0.40 ^{bcd}	44.41±0.77 ^{fg}	1384.40±66.38 ^{efgh}	4531.72±197.48 ^{jk}	208.76±9.46 ^{def}
	1:60	1	21.75±1.20 ^{fgh}	51.85±0.98 ^{def}	1428.05±3.73 ^{defgh}	4786.78±21.82 ^{hijk}	218.98±1.14 ^{bcd}
		10	23.45±1.20 ^{defg}	41.68±0.41 ^e	1337.22±11.49 ^h	4371.42±86.95 ^k	207.05±0.03 ^{ef}
		20	22.60±0.80 ^{efg}	44.96±13.29 ^{fg}	1375.87±41.71 ^{efgh}	5013.22±155.17 ^{fghij}	200.52±3.46 ^f

หมายเหตุ a b... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยของน้ำมันรำข้าว วิตามินอี (เตลด้า-โทโคฟีรอล แกมมา-โทโคฟีรอล แอลฟา-โทโคฟีรอล) และแกมมา-โอโรซานอล ในสภาวะการสกัดต่างๆที่มีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test