Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 605-608 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 605-608 (2554)

อิทธิพลของเทคนิคและเงื่อนไขการอบแห้งที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งและคุณภาพของกระเทียมสับ

Effects of drying techniques and conditions on drying kinetics and quality of chopped garlic

รติยา ธุวพาณิชยานันท์[1] และ สมเกียรติ ปรัชญาวรากร[2]

Ratiya Thuwapanichayanan[1] and Somkiat Prachayawarakorn[2]

Abstract

The objectives of this research were to study the effects of drying techniques, drying temperatures and intensities of far-infrared radiation (FIR) on the drying time, allicin content, volatile oil content and color of chopped garlic. The preparation of garlic before drying was done by chopping it to approximately 2 mm^3. Hot air drying was performed at temperatures of 50, 60 and 70°C, and heat pump drying was performed only at a temperature of 50°C. The far-infrared power levels of 250, 350 and 450 W were used for combination with FIR and heat pump drying. The experimental results showed that drying at higher temperatures and higher radiation intensities took shorter time than that at lower temperatures and lower radiation intensities. However, drying at higher temperatures and higher radiation intensities provided the darker product color as manifested by the higher a- and b-values and lower L-and ^{o}h values. Drying at a temperature of 50^{o}C for both hot air and heat pump could maintain allicin content. However, the volatile oil contents in samples dried at various drying techniques and conditions were insignificantly different.

Keywords: Allicin, combined far-infrared radiation and heat pump, garlic

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของเทคนิคการอบแห้ง อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง และความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่มีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้ง ปริมาณสารอัลลิซิน ปริมาณน้ำมันหอมระเหย และสีของกระเทียมอบแห้ง ซึ่งเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปอบแห้งโดยสับเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 2 mm^3 สำหรับการอบแห้งด้วยอากาศร้อนจะอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C ส่วนการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนจะอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C เท่านั้น และกำลังไฟฟ้าที่ให้แก่หลอดรังสีอินฟราเรดไกลคือ 250, 350 และ 450 W เมื่ออบแห้งด้วยปั๊มความร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกล จากผลการทดลองพบว่า เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิหรือความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลสูงขึ้น จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นลง แต่การอบแห้งที่อุณหภูมิหรือความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลสูง จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มกว่า ดังจะเห็นได้จากค่า a และ b ที่มีค่าสูงกว่า ส่วนค่า L และ ^{o}h มีค่าต่ำกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิหรือความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลต่ำ ส่วนการอบแห้งด้วยอากาศร้อนและปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 50°C จะสามารถรักษาปริมาณสารอัลลิซินเอาไว้ได้ อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำมันหอมระเหยในกระเทียมที่อบแห้งด้วยเทคนิคและเงื่อนไขการอบแห้งแตกต่างกัน มีค่าไม่ต่างกัน

คำสำคัญ : อัลลิซิน ปั๊มความร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกล กระเทียม

คำนำ

กระเทียมอบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าทางการค้า สามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสำเร็จรูป นอกจากนี้ยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นอาหารเสริมได้อีกด้วย เนื่องจากกระเทียมมีสรรพคุณในการป้องกันและรักษาโรคได้หลายชนิด เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคมะเร็ง อีกทั้งมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ซึ่งสารสำคัญที่มีบทบาทในการป้องกันและรักษาโรคดังกล่าว คือ อัลลิซิน (Lagunas and Castaigne, 2008)

แรกเริ่มในกลีบกระเทียมจะไม่มีอัลลิซินปรากฏอยู่ อัลลิซินจะเกิดขึ้นเมื่อกระเทียมถูกตัด ทุบ หรือทำให้เกิดรอยช้ำ (ทำให้เซลล์แตก) ซึ่งจะทำให้อัลลิอินและเอนไซม์อัลลิเนสซึ่งแยกกันอยู่คนละช่อง ผสมกันทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น อัลลิอินจึงถูกเอนไซม์อัลลิเนส เปลี่ยนเป็นอัลลิซินและกรดไพรูวิค แต่อัลลิซินเป็นสารที่มีเสถียรภาพต่ำ มักจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสาร

[1] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

[2] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[2] Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 10140

อื่นที่มีเสถียรภาพมากกว่า เช่น สารอัลลิลซัลไฟด์ อะโจอินส์ และไวนิลดิทินส์ ดังนั้นในระหว่างกระบวนการผลิตจึงนิยมให้สารอัลลิอินและเอนไซม์อัลลิเนสแยกกันอยู่ก่อน แต่จากการศึกษาของ Ratti *et al*. (2007) ซึ่งทำการอบแห้งกระเทียมกลีบ (สารอัลลิอินและเอนไซม์อัลลิเนสจะแยกกันอยู่) และกระเทียมแผ่น (สารอัลลิอินและเอนไซม์อัลลิเนสจะเกิดการผสมกันบางส่วนจากขั้นตอนของการหั่น) โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จากการทดลองพบว่า การอบแห้งกระเทียมกลีบจะให้ปริมาณสารอัลลิซินน้อยกว่าการอบแห้งกระเทียมแผ่น ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการยุบตัวของโครงสร้างของกระเทียมกลีบในระหว่างการอบแห้ง ส่งผลให้สารเกิดการสูญหายไป

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงอบแห้งกระเทียมที่สับเป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้ง ซึ่งอาจช่วยให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งดีขึ้น โดยศึกษาอิทธิพลของเทคนิคการอบแห้ง อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง และความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่มีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้ง ปริมาณสารอัลลิซิน ปริมาณน้ำมันหอมระเหย และสีของกระเทียมอบแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้กระเทียมไทยพันธุ์เชียงใหม่ ที่มีความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วง 1.8 ถึง 2 (เศษส่วนมาตรฐานแห้ง) โดยสับเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 2 mm^3 ก่อนนำไปอบแห้งให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 0.06 (เศษส่วนมาตรฐานแห้ง) โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดที่ใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง (HA), เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน (HP) และเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกล (HP+FIR) โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเมื่ออบแห้งด้วยอากาศร้อนคือ 50, 60 และ 70°C สำหรับการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนจะอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C ความเร็วลม 0.5 m/s (ทั้งในกรณีที่อบแห้งด้วยอากาศร้อนและปั๊มความร้อน) และกำลังไฟฟ้าที่ให้แก่หลอดรังสีอินฟราเรดไกลคือ 250, 350 และ 450 W จากนั้นนำกระเทียมสับที่ผ่านการอบแห้งแล้วไปบดให้เป็นผง โดยปั่นในเครื่องปั่น เป็นเวลา 30 วินาที แล้วร่อนผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 0.25 mm และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารอัลลิซิน โดยใช้เทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) และวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันหอมระเหย โดยใช้วิธี Chloramine-T (Shankaranarayana *et al*., 1981) และทดสอบสีของกระเทียมผงด้วยเครื่องวัดสี HunterLab ซึ่งแสดงผลออกมาเป็นค่า L, a และ b (ความสว่าง, ความแดง และความเหลือง ตามลำดับ) และคำนวณค่า hue angle (^{o}h) เพื่อใช้แสดงค่าสีโดยรวมของผลิตภัณฑ์ โดยใช้สมการ $^{o}h = \tan^{-1}(b/a)$ เมื่อ a>0 และ b>0 หรือ $^{o}h = 180+\tan^{-1}(b/a)$ เมื่อ a<0 และ b>0

ผล

Figure 1a แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของกระเทียมสับเมื่ออบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการอบแห้งมีผลต่อการลดลงของความชื้นและระยะเวลาในการอบแห้ง โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง จะลดความชื้นได้เร็วกว่าและใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 490, 310 และ 130 นาที ตามลำดับ

เมื่ออบแห้งด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบต่างๆ ได้แก่ การอบแห้งด้วยอากาศร้อน, ปั๊มความร้อน และปั๊มความร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกล (Figure 1b) จากการทดลองพบว่า การลดลงของความชื้นของกระเทียมสับเมื่ออบแห้งด้วยอากาศร้อนและปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 50°C แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยการอบแห้งด้วยอากาศร้อนใช้เวลาในการอบแห้ง 490 นาที ส่วนการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนใช้เวลาในการอบแห้ง 480 นาที และเมื่อใช้รังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน พบว่าจะช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้ โดยความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลสูงขึ้น จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นลง ซึ่งระยะเวลาที่ใช้เมื่ออบแห้งที่กำลังไฟฟ้าที่ให้แก่หลอดรังสีอินฟราเรดไกล 0, 250, 350 และ 450 W เท่ากับ 480, 370, 280 และ 200 นาที ตามลำดับ

Table 1 แสดงปริมาณสารอัลลิซินและปริมาณน้ำมันหอมระเหยในกระเทียมสดและกระเทียมผง จากตารางพบว่าการอบแห้งกระเทียมสับด้วยอากาศร้อนและปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 50°C จะสามารถรักษาปริมาณสารอัลลิซินเอาไว้ได้ แต่เมื่ออบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น หรือเมื่อใช้รังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนพบว่า ปริมาณสารอัลลิซินมีค่าลดลง สำหรับปริมาณน้ำมันหอมระเหยในกระเทียมที่อบแห้งด้วยเทคนิคและเงื่อนไขการอบแห้งแตกต่างกัน มีค่าไม่แตกต่างกัน และไม่แตกต่างจากกระเทียมสด

Table 2 แสดงสีของกระเทียมสดและกระเทียมผง จากตารางพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง หรือเพิ่มความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกล สีของกระเทียมจะเข้มขึ้น ดังจะเห็นได้จากค่า L และ ^{o}h ที่มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่า a และ b มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบสีของกระเทียมผงที่ผ่านการอบแห้งด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบต่างๆ พบว่า

เมื่อใช้รังสีอินฟราเรดไกลที่กำลังไฟฟ้า 450 W ร่วมกับการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน จะให้ค่า °h ต่ำที่สุด ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสีผลิตภัณฑ์จากสีเหลืองไปเป็นสีแดงมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับค่า a ที่มีค่าสูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณาค่าความสว่าง พบว่า การอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 70°C ให้ค่าความสว่างน้อยกว่าการใช้รังสีอินฟราเรดไกลที่กำลังไฟฟ้า 450 W ร่วมกับการอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน

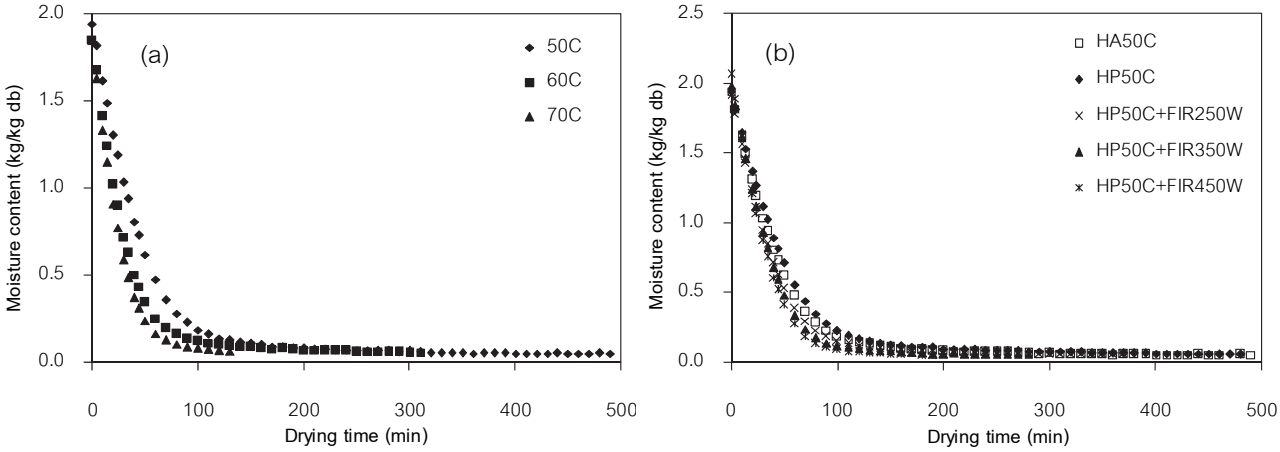

Figure 1 Drying curves of chopped garlic: (a) Hot air drying at different temperatures, (b) Hot air, Heat pump and combined FIR and heat pump drying.

Table 1 Allicin and volatile oil contents in fresh and dried garlics (number of measurements = 2).

Drying condition	Allicin content[a] (μg/g dry mass)	Volatile oil content[a] (mg/g dry mass)
Fresh	12794±808[c]	7.5±0.5[a]
HA 50°C	11916±117[c]	5.8±0.2[a]
HA 60 °C	10242±18[b]	5.6±0.8[a]
HA 70 °C	8970±100[a]	5.5±1.6[a]
HP 50°C	12373±35[c]	5.5±1.3[a]
HP 50°C + FIR 250W	10516±506[b]	6.2±0.6[a]
HP 50°C + FIR 350W	9870±161[a,b]	5.5±1.5[a]
HP 50°C + FIR 450W	10432±54[b]	5.8±1.1[a]

Values in the same column with different superscripts mean that the values are significantly different ($p < 0.05$).

Table 2 Color of fresh and powered garlics (number of measurements = 3).

Drying condition	L-value	a-value	b-value	Hue angle (°h)
Fresh	67.67±1.04[a]	-1.25±0.22[a]	19.72±0.57[e]	93.99±0.70[e]
HA 50°C	83.46±0.12[c,d]	1.15±0.11[c,d]	17.10±0.09[c]	86.14±0.34[c]
HA 60 °C	83.58±0.15[d,e]	1.19±0.11[c,d]	17.14±0.10[c]	86.02±0.35[b,c]
HA 70 °C	82.74±0.23[b]	1.33±0.12[e]	17.46±0.09[d]	85.64±0.38[b]
HP 50°C	83.89±0.12[e]	0.85±1.17[b]	15.99±0.12[a]	86.95±0.60[d]
HP 50°C + FIR 250W	83.56±0.18[d,e]	1.08±0.06[c]	16.69±0.15[b]	86.29±0.16[c]
HP 50°C + FIR 350W	82.65±0.30[b]	1.24±0.02[d,e]	17.24±0.31[c,d]	85.89±0.06[b,c]
HP 50°C + FIR 450W	83.15±0.12[c]	1.52±0.03[f]	17.05±0.04[c]	84.91±0.11[a]

Values in the same column with different superscripts mean that the values are significantly different ($p < 0.05$).

วิจารณ์ผล

การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูง ส่งผลให้สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นมีค่าสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ และเมื่อออบแห้งที่ความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลสูง พบว่าจะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งที่ความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลต่ำ เนื่องจากน้ำในกระเทียมสับได้รับพลังงานจากรังสีอินฟราเรดไกลมากกว่า อุณหภูมิของกระเทียมสับจึงสูงกว่า ส่งผลให้อัตราการระเหยน้ำเร็วกว่า สำหรับการอบแห้งด้วยอากาศร้อนและปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 50°C จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เนื่องจากช่วงเวลาที่อบแห้งเป็นช่วงฤดูหนาว ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์อากาศเมื่อออบแห้งด้วยอากาศร้อนและปั๊มความร้อนแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่อุณหภูมิ 50□°C มีค่า 19±2% และเมื่อใช้ระบบปั๊มความร้อน ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ มีค่า 13±2%

การอบแห้งกระเทียมสับด้วยอากาศร้อนและปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 50°C จะสามารถรักษาปริมาณสารอัลลิซินเอาไว้ได้ ซึ่งจากผลการทดลองของ Ratti *et al*. (2007) พบว่าการอบแห้งกระเทียมแผ่นด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 40-50°C สามารถรักษาปริมาณสารอัลลิซินได้ ทั้งนี้เนื่องจากอัลลิอินและเอนไซม์อัลลิเนสซึ่งเป็นสารตั้งต้นของอัลลิซินยังไม่ถูกทำลายในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว แต่ในงานวิจัยนี้อัลลิอินและเอนไซม์อัลลิเนสส่วนใหญ่ทำปฏิกิริยากันจนเกิดเป็นอัลลิซินตั้งแต่ขั้นตอนการสับแล้ว ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C สามารถรักษาอัลลิซินที่เกิดขึ้นได้ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันหอมระเหยในกระเทียมผง พบว่าเทคนิคการอบแห้ง อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง และความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกล ไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยในผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง ซึ่งจากงานวิจัยของ Prachayawarakorn *et al*. (2006) ก็พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งในช่วง 50-70°C ไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยในผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง สำหรับคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง หรือเพิ่มความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกล จะทำให้อุณหภูมิของกระเทียมเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น ทำให้กระเทียมมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น

สรุป

เทคนิคการอบแห้ง อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง และความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลมีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้ง ปริมาณสารอัลลิซิน และสี โดยการอบแห้งกระเทียมสับด้วยอากาศร้อนและปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 50°C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งไม่แตกต่างกัน และสามารถรักษาปริมาณสารอัลลิซินที่เกิดขึ้นได้ และเมื่อออบแห้งที่อุณหภูมิสูง หรือเพิ่มความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกล จะช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้ แต่การลดระยะเวลาอบแห้งให้สั้นลงไม่ช่วยรักษาปริมาณสารอัลลิซินที่เกิดขึ้น อีกทั้งให้สีผลิตภัณฑ์ที่เข้มกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิและความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลต่ำ อย่างไรก็ตามเทคนิคการอบแห้ง อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง และความเข้มของการแผ่รังสีอินฟราเรดไกล ไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยในผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง

เอกสารอ้างอิง

Lagunas, L.L.M. and F. Castaigne. 2008. Effect of temperature cycling on allinase activity in garlic. Food Chemistry 111: 56-60.

Prachayawarakorn, S., N. Kaewnin, A. Nathakaranakule and S. Soponronnarit. 2006. Effects of peeled and unpeeled garlic cloves on the changes of drying rate and quality. Drying Technology 24: 65-75.

Ratti, C., M.A. Farias, L.M. Lagunas and J. Makhlouf. 2007. Drying of garlic (Allium sativum) and its effect on allicin retension. Drying Technology 25: 349-356.

Shankaranarayana, M.L., K.O. Abraham, B. Raghavan and C.P. Natarajan. 1981. Determination of flavour strength in Alliums (onion and garlic). Indian Food Packer 35: 3–8.