การสกัดไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวด้วยคลื่นเหนือเสียง

Effect of ultrasonic on extraction lycopene from Gac(*Momrdica CochinOCHINCHINENSIS*) fruit aril

ณรงค์พันธุ์ รัตนปนัดดา[1] , พัชราภรณ์ อิ่มอุไร[2] , วันวิสา คำมิ่ง[3]
Narongphan Rattanapanudda[1], Patcharaporn Imuri[2] , Wanvisa Kumming[3]

บทคัดย่อ

การสกัดไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซน:เมทานอลอัตราส่วน 4:3 ด้วยการใช้คลื่นเหนือเสียง (Ultrasonic)ที่ความถี่ 40 kHz ระดับ 40 - 80% เวลาในการสกัด 60 - 120 นาที ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการตอบสนองบนพื้นผิวที่ 2 ปัจจัย คือ ระดับกำลังของคลื่นเหนือเสียงและเวลาในการสกัด พบว่าสมการโพลีโนเมียลอันดับสองสามารถใช้อธิบายถึงผลของเวลาในการสกัดและกำลังของคลื่นเหนือเสียงต่อปริมาณไลโคปีน ค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง วิธีการตอบสนองบนพื้นผิวสามารถนำมาใช้อธิบายถึงสภาวะที่เหมาะสมของเวลาในการสกัดและกำลังของคลื่นเหนือเสียงต่อค่าสี (L*,a*, b*) และปริมาณไลโคปีน (Lycopene) กำลังของคลื่นเหนือเสียงที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50-73% และระยะเวลาที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 83-109 นาที สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดได้ถึง 2 เท่า ดังนั้นคลื่นอุลตร้าโซนิค จึงเป็นเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับกระบวนการสกัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดไลโคปีนจากฟักข้าวได้

คำสำคัญ: ฟักข้าว, ไลโคปีน, การสกัด

Abstract

The lycopene from Gac fruit aril was extracted by mixtures of hexane: methanol (4:3) with an ultrasonic technique at 40 kHz (40, 60 and 80% levels) and extraction time (60, 90 and 120 minutes). The effect of ultrasonic power and extraction time were analyzed by using the response surface method. The second order polynomial equation properly explained the effect of extraction time and ultrasonic power on the amount of lycopene, lightness (L*), redness - greenness(a*) and yellowness - blueness(b*). The response surface method was used to explain the optimal condition of extraction time and the ultrasonic power that effected colour value and amount of lycopene. The optimal of ultrasonic power and extraction time were in the range of 50-73% and 83-109 minutes, respectively that the efficiency extraction had increased 2 time. Thus, the ultrasonic power technique assisted combination extraction process increased the extraction efficiency of lycopene from Gac fruit aril.

Keyword: Gac, Lycopene, Extraction

---

[1]อาจารย์, [2,3]นิสิตปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

บทนำ

ไลโคปีนเป็นรงควัตถุในกลุ่มของแคโรทีนอยด์เป็นสารให้สีส้มถึงแดงในผักและผลไม้มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (Rao, A.V.,*et al.* 1998; Shi J.,*et al.* 1999) ได้สูงกว่าเบต้าแคโรทีนถึง 2 เท่าและสูงกว่า α-tocopherol ถึง 10 เท่า (Goula & Adamopoulos, 2004) โครงสร้างโมเลกุลของไลโคปีนเป็นสายโซ่เปิดแบบไม่อิ่มตัวมีสูตรโมเลกุล $C_{40}H_{56}$ มีพันธะคู่ 13 ตำแหน่ง ทำให้เกิดการสูญสลายได้ง่ายเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นแสงและความร้อน (Lee & Chen,2002) ไลโคปีนพบปริมาณมากในผลมะเขือเทศสดและผลิตภัณฑ์จากมะเขือเทศเป็นรงควัตถุที่พบมากกว่า 85% ของรงควัตถุทั้งหมดที่พบในมะเขือเทศโดยมีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 30 - 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของผลสด (Cadoni *et al*., 2000) นอกจากมะเขือเทศที่มีปริมาณไลโคปีนสูงแล้ว ฟักข้าวยังเป็นพืชผักพื้นบ้านอีกชนิดหนึ่งที่มีปริมาณไลโคปีนสูงกว่ามะเขือเทศถึง 10 เท่า

ฟักข้าว (*Momordica cochinchinensis* Spreng.) เป็นพืชในกลุ่มของแตงกวาหรือมะระ มีถิ่นกำเนิดแถบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศเวียดนาม จีน อินเดีย โดยประเทศเวียดนามได้มีการนำมาประกอบอาหารมากที่สุด เนื่องจากฟักข้าวมีปริมาณแคโรทีนอยด์อยู่ในระดับที่สูงมาก โดยฟักข้าว 100 กรัม ให้พลังงาน 523 กิโลแคลอรี่ น้ำ 77 กรัม คาร์โบไฮเดรต 10.5 กรัม ไขมัน 7.9 กรัม โปรตีน 2.1 กรัม เส้นใย 1.8 กรัม เถ้า 0.7 กรัม แคลเซียม 56 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 6.4 มิลลิกรัม (Vien, 1995) นอกจากนี้มีการรายงานว่าเยื่อหุ้มเมล็ด (สีแดง) 1 กรัม มีไลโคปีน 310 - 460ไมโครกรัม บีต้า-แคโรทีน 60 - 140 ไมโครกรัม และยังมีงานวิจัยในเวียดนามที่ใช้ส่วนเยื่อสีแดงของฟักข้าวมาทำข้าวแดงเป็นอาหารเสริมให้เด็กก่อนวัยเรียนพบว่าเด็กในกลุ่มนี้มีปริมาณบีตาแคโรทีนและไลโคปีนในพลาสมาสูงขึ้น และกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นของฮีโมโกลบินต่ำมีความเข้มข้น เพิ่มขึ้นด้วย (Vuong, 2000)

ในอุตสาหกรรมอาหารและยามีการสกัดไลโคปีนเพื่อนำมาเป็นอาหารเสริมสำหรับผู้บริโภค ปัจจุบันการสกัดสารสำคัญมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีจะได้ปริมาณและคุณภาพของสารสำคัญไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยในกระบวนการสกัดและคุณสมบัติของสารที่ต้องการสกัด คลื่นเหนือเสียงเป็นเทคนิคที่เพิ่มพลังงานให้กับของเหลว ทำให้ของเหลวมีโอกาสที่จะสัมผัสกับสารสำคัญมากขึ้น จึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดได้ และเทคนิคนี้ได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารและยา มีรายงานว่าคลื่นเหนือเสียงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้และนม นอกจากนี้ยังได้มีการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยต่างๆ เช่น การสกัดสาระสำคัญจากส้มแขกด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค(ยศพนธ์ ฉัตรจรัสแสงและคณะ, 2551) การสกัดสารเคอร์คิวมิน พิโนสโตรบิน คาเฟอีน จากกระชายดำด้วยคลื่นเหนือเสียง (ณัฐวรรณ์ ยศวัฒน และสุรชิต ฮวดสาขา, 2550) การใช้คลื่นอุลตร้าโซนิคในการสกัดสารสำคัญในฟ้าทะลายโจร (ศิริวัลย์ สร้อยกล่อม และ คณะ, 2552) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด ทำให้ได้สารสกัดที่ต้องการมากขึ้น ใช้ระยะเวลาการสกัดน้อยกว่าวิธีอื่นและลดผลกระทบเนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการสกัด

เนื่องจากฟักข้าวมีปริมาณไลโคปีนสูงกว่ามะเขือเทศ และคลื่นเหนือเสียงสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด จึงได้นำเทคนิคนี้มาใช้ในการสกัดไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยศึกษาหาระดับกำลังของคลื่นเหนือเสียงที่เหมาะสมต่อการสกัด และระยะเวลาในการสกัด ทำการประเมินผลด้วยวิธีการตอบสนองแบบพื้นผิว

วัตถุประสงค์

1) ศึกษากำลังของคลื่นเหนือเสียงระดับความถี่ 40 kHz ที่เหมาะสมในการสกัดไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

2) ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดด้วยคลื่นเหนือเสียงที่ระดับความถี่ 40 kHz ในการสกัดไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

วิธีการศึกษา

1) การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว 30 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ เติมตัวทำละลายเฮก เซน: เมทานอล ปริมาตร 150 มิลลิลิตร เทใส่ถุงนำเข้าเครื่องอุลตร้าโซนิค

2) ศึกษาผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อการสกัดไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

ศึกษาอัตราส่วนของเฮกเซน : เมทานอลที่เหมาะสมต่อการสกัดไลโคปีนจากฟักข้าว วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) คือ 3:4, 4:3 และ 7:3 ที่เวลาในการสกัด 90 นาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3) ศึกษาผลของการสกัดไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวด้วยคลื่นเหนือเสียง

วางแผนการทดลองด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง แบบ Central composite design (CCD) โดยใช้โปรแกรม Minitab Version 14 โดยกำหนดช่วงของปัจจัยที่ศึกษาตามตารางที่ 1 ประกอบด้วย จุดกึ่งกลาง (Center point) จำนวน 5 จุด จุดขอบ (Axial point) จำนวน 4 จุด และ Factorial Point จำนวน 4 จุด โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา คือ กำลังของคลื่นเหนือเสียง (%) และ เวลาที่ใช้ในการสกัด (นาที) โดยกำลังของคลื่นอุลตร้าโซนิค (%) อยู่ในช่วง 31- 88 % และเวลาที่ใช้ในการสกัดอยู่ในช่วง 17.68 - 102.42 นาที โดย Coded value ที่ใช้แทนตัวแปรอิสระ คือ $-\alpha$, -1 ,0 , +1 , $+\alpha$ ทำการวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิค Response surface methodology (RSM)

Table 1 Matrix of experimental Central composite design (CCD) for extraction lycopene from Gac fruit aril

สิ่งทดลอง	ปัจจัยการสกัด	
	ระยะเวลา(นาที)	กำลังคลื่น(%)
1	90 (0)	88.28 ($+\alpha$)
2	90 (0)	60 (0)
3	90 (0)	60 (0)
4	90 (0)	60 (0)
5	120 (+1)	40 (-1)
6	90 (0)	60 (0)
7	90 (0)	60 (0)
8	132.42 ($+\alpha$)	60 (0)
9	60 (-1)	40 (-1)
10	60 (-1)	80 (+1)
11	47.68 ($-\alpha$)	60 (0)
12	90 (0)	31.72 ($-\alpha$)
13	120 (+1)	80 (+1)

4) วิเคราะห์ปริมาณไลโคปีน

ชั่งตัวอย่างสารสกัด 3 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมสารละลาย BHT ในอะซิโตน ความเข้มข้น 0.05%โดยปริมาตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เอทานอล ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และเฮกเซนปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เติมน้ำกลั่นปริมาตร 15 มิลลิลิตร กวนต่อเป็นเวลา 5 นาที นำมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที นำสารละลายไปแยกชั้น นำสารละลายเฮกเซนมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 503 นาโนเมตร (Davis,1949)

5) วิเคราะห์ค่าสี

ทำการวิเคราะห์ค่าสีของสารสกัดด้วยเครื่อง Handy colorimeter รุ่น NR-3000 แสดงผลการวัดในระบบ CIE LAB

คือ ความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*)

ผลการศึกษา

1) ผลของอัตราส่วนตัวทำละลายต่อการสกัดไลโคปีน

Table 2 Effect of solvent ratio on lycopene extraction

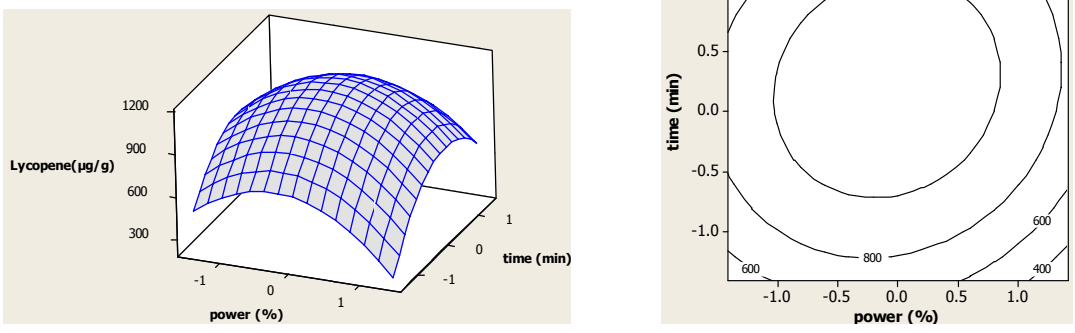
เฮกเซน:เมทานอล	L*	a*	b*	Lycopene(µg/g)
3:4	25.75^{b} ±0 .25	34.78^{a} ±0.29	23.64^{a} ±1.14	352^{a} ± 16
4:3	24.75^{a} ±0.21	38.88^{b} ± 0.50	30.96^{b} ±0.40	608^{b} ± 16
7:3	25.03^{a} ±0.50	38.31^{b} ±1.17	28.96^{b} ±1.33	608^{b} ±0.00

จากตารางที่ 2 อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อการสกัดไลโคปีนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาทีมีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง(a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และปริมาณไลโคปีน(Lycopene) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) ที่อัตราส่วน 4:3 จะได้ปริมาณไลโคปีนสูงสุด เท่ากับ 608 µg/g สอดคล้องกับค่าความเป็นสีแดง(a*)ที่ได้ เท่ากับ 38.88 ดังนั้นจึงเลือกใช้อัตราส่วนของตัวทำละลาย 4:3 ในการสกัดสารไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวด้วยเครื่องเหนือเสียง สอดคล้องกับงานวิจัยของวัฒิศักดิ์ มาจำปา (2548) รายงานว่าตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศสูงสุด คือสารผสมระหว่างเฮกเซนกับเมทานอล (อัตราส่วน 4:3)

Table 3 Effect of extraction time and ultrasonic power on redness - greenness(a*) and lycopene content

เวลา (นาที)	กำลัง(%)	L*	a*	b*	Lycopene(µg/g)
47.68 (-α)	60 (0)	43.82	0.59	43.58	801.6
60 (-1)	40 (-1)	43.94	0.55	42.94	737.6
60 (-1)	80 (1)	44.11	0.45	40.64	544
90 (0)	31.72 (-α)	43.25	0.98	45.91	849.6
90 (0)	60 (0)	42.04	2.11	52.08	1108.8
90 (0)	60 (0)	41.16	2.52	54.13	1062.4
90 (0)	60 (0)	41.64	2.06	50.74	1084.8
90 (0)	60 (0)	40.86	2.64	56.76	1267.2
90 (0)	60 (0)	40.19	2.53	54.58	1160
90 (0)	88.28(+α)	43.41	0.64	44.16	817.6
120 (1)	40 (-1)	42.90	1.47	48.13	934.4
120 (1)	80 (1)	43.07	1.03	47.05	881.6
132.42(+α)	60 (0)	43.46	0.92	45.05	843.2

2) ผลของระยะเวลาการสกัดและกำลังของคลื่นเหนือเสียงต่อการสกัดไลโคปีน



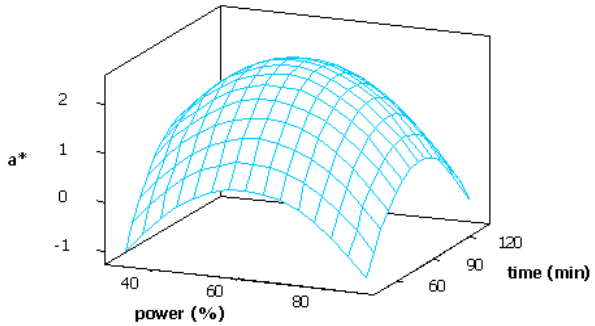
1a 1b

Figure 1a,1b Response surface plots for lycopene

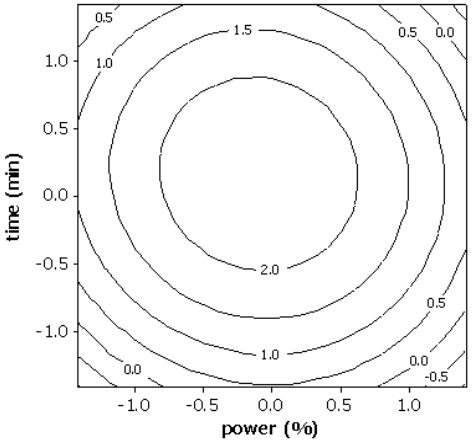
จากภาพที่ 1a,1b ที่ระยะเวลาการสกัด 86-105 นาที และกำลังของคลื่นเหนือเสียง 52-66% ทำให้ได้ปริมาณไลโคปีนสูงสุด คือ มากกว่า 1146 μg/g เนื่องจากกำลังของคลื่นอุลตร้าโซนิคจะส่งผลต่อการสั่นสะเทือนของโมเลกุลตัวทำละลายเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของไลโคปีนกับตัวทำละลาย

จากผลการทดลองสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของอุลตร้าโซนิค(P) และเวลาในการสกัด(T)ต่อปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้ ดังสมการ

Lycopene = 1136.64 – 36.4569(P) +74.1539(T) – 164.90(P^2) -170.92(T^2) +35.2(PT) ; R^2 = 0.8608



2a



2b

Figure 2a,2b Response surface plots for redness - greenness(a*)

จากภาพที่ 2a,2b ที่ระยะเวลาการสกัด 75-110 นาที และกำลังของคลื่นเหนือเสียง 43-72% ทำให้ไลโคปีนที่สกัดได้มีค่าความเป็นสีแดงสูงสุด คือ มากกว่า 2.0 โดยไม่มีนัยสำคัญต่อค่าความสว่างและค่าสีเหลือง ดังนั้นเพื่อให้สามารถสกัดไลโคปีนได้สูงสุดและมีความเป็นสีแดงมากสุด จึงควรทำการสกัดที่ระยะเวลาการสกัด 96-105 นาที และกำลังของคลื่นเหนือเสียง 52-66% สอดคล้องกับปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้

จากผลการทดลองสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของคลื่นเหนือเสียง(P) และเวลาในการสกัด(T)ต่อปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้ ดังสมการ

a* = 2.37 -0.13(P) +0.24(T) -0.76(P^2) -0.79(T^2) -0.08(PT) ; R^2 = 0.948

จากตารางที่ 4 แสดงสัมประสิทธิ์ถดถอยของแบบจำลองสามารถใช้ทำนายค่าสีและปริมาณไลโคปีนได้อย่างดี แบบจำลองที่ได้สามารถใช้ในการทำนายได้ดีสำหรับค่าความเป็นสีแดง(a*)($P<0.001$) ค่าความสว่าง(L*) และปริมาณไลโคปีน(Lycopene)($P<0.01$)

Table 4 Regression coefficient and ANOVA of regression parameters of predicted response surface quadratic models

	L*	a*	b*	Lycopene (μg/g)
Constant	41.1780 (0.000)	2.3720 (0.000)	53.6580 (0.000)	1136.64 (0.000)
Linear β_P	0.0708 (0.740)	-0.1276 (0.191)	-0.7319 (0.373)	-36.4569 (0.322)
β_T	-0.3236 (0.158)	0.2458 (0.027)	1.7099 (0.062)	74.1539 (0.067)
Square β_{PP}	1.0810 (0.002)	-0.7579 (0.000)	-4.6677 (0.001)	164.90 (0.003)
β_{TT}	1.2360 (0.001)	-0.7854 (0.000)	-4.6677 (0.001)	170.92 (0.002)
Interaction β_{PT}	0 (1.000)	-0.0850 (0.518)	0.3050 (0.787)	35.2 (0.491)
R^2	0.882	0.948	0.893	0.861
P Value	0.004	0.000	0.003	0.007

สรุป

อัตราส่วนของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว คือ เฮกเซนต่อเมทานอลในอัตราส่วน 4 ต่อ 3 และเมื่อนำปัจจัยด้านเวลาในการสกัดและกำลังของคลื่นเหนือเสียง มาวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการตอบสนองแบบพื้นผิว แสดงให้เห็นว่าสมการโพลีโนเมียลอันดับสองสามารถนำมาใช้ในการอธิบายผลของเวลาในการสกัดและกำลังคลื่นเหนือเสียงในการสกัดไลโค

ปีนจากฟักข้าวในเทอมของปริมาณไลโคปีน (Lycopene) และค่าความเป็นสีแดง (a*) ได้ โดยกำลังของคลื่นอุลตร้าโซนิคที่ระดับความถี่ 40 kHz ที่เหมาะสมต่อการสกัดไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเม็ดฟักข้าว อยู่ในช่วง 52-66% และระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 86-105 นาที สามารถสกัดไลโคปีนได้ปริมาณสูงสุด 1146 µg/g และมีค่าความเป็นสีแดงสูงสุด 2.372

เอกสารอ้างอิง

1.ณัฐวรรณ์ ยศวัฒน สุรชิต ฮวดสาขา. การสกัดสารเคอร์คิวมิน พิโนสโตริน คาเฟอีนจากกระชายดำด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล, 2550.

2.ยศพนธ์ ฉัตรจรัสแสง, ยุวฉัตร ปั้นแก้ว, วรรณภา พฤทวิลาส, อรรณพ สุทธิแก้ว,ทรัพย์สิน ทองนพคุณ มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์. การสกัดสาระสำคัญจากผลส้มแขกด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551.

3.ศิริวัลย์ สร้อยกล่อม, นันทนา ชื่นอื่ม, พัชราภรณ์ ภู่พูลย์ พินิจ ไพรกันธิ์. วิเคราะห์สารสำคัญแอนโดรกราโฟไลด์ในพืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรด้วยวิธีการสกัดตัวอย่างโดยการใช้คลื่นอัลตราโซนิค. กรุงเทพฯ : งานวิเคราะห์และสิ่งแวดล้อม ฝ่ายเครื่องมือวิทยาศาสตร์กลางสถาบันและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.

4.Cadoni E, De Griorgi MR, Medda E, Poma G. Supercritical CO_2 extraction of lycopene and ß-carotene from ripe tomatoes. Dry Pigment 2000;44; 27-32.

5.Davis WB. Preparation of lycopene from tomato paste for use as a spectrophotometric standard. Analytical Chemistry 1949;21, 1226-1228.

6.Goula AM, Adamopoulos KG, Kazakis NA, Influence of spray drying conditions on tomato powder properties. Drying Technology 2004;22(5), 1129–1151.

7.Lee MT, Chen BH. Stability of lycopene during heating and illumination in a model system. Food Chemistry 2002;78 : 425-432.

8.Rao AV, Waseem Z, Agarwal S. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. Food Research International 1988;31(10): 737-741.

9.Shi J, Maguer ML, Kakuda Y, Liptay A, Niekamp F. Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. Food Research International 1999;32: 15-21.

10.Vien DD. Thanh Phan Dinh Duong Thuc an Viet Nam [Food product in Viet Nam composition and nutritive value]. Nha Xuat Ban Y Hoc. Hanoi. 1995.