บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีความจำเป็นต้องใช้มะระขี้นกที่มีการจำหน่ายในจังหวัดชลบุรี เนื่องจากได้ทดลองปลูกมะระขี้นกเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการวิเคราะห์ จากเมล็ดมะระขี้นก 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์คัดพิเศษ ตราสามเอ บริษัทฉั่วย่งเซ้งพันธุ์พืชจำกัด และสายพันธุ์ลูกผสม ตราศรแดง บริษัทอีสท์เวสท์ซีดจำกัด พบว่าผลของมะระขี้นกทั้งสองสายพันธุ์ที่ปลูกได้มีขนาดเล็กกว่าปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวอยู่ที่ 2-3 เซนติเมตร และมีปริมาณผลผลิตที่ได้น้อยกว่าปกติ (3-5 ผล ต่อมะระขี้นก 1 ต้น) ดังนั้นเพื่อให้ได้ปริมาณของผลมะระขี้นกเพียงพอในการวิจัยทำให้ต้องซื้อผลมะระขี้นกที่มีขายในตลาดสด จังหวัดชลบุรี โดยซื้อผลมะระขี้นกจำนวน 3 ครั้ง (ครั้งละ 10 กิโลกรัม) มีระยะการเก็บเกี่ยวของผลมะระขี้นกอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน 2551 และคัดเลือกผลมะระขี้นกที่มีขนาดความยาวระหว่าง 5-9 เซนติเมตร มาใช้ในการศึกษา ในขั้นต้นทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนัก ของผลมะระขี้นก และปริมาณความชื้นจากส่วนต่าง ๆ ของมะระขี้นก ได้แก่ เนื้อผล เยื่อภายใน และเมล็ด พบว่าค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนักของเนื้อผลมะระขี้นกมีค่าสูงที่สุด คือ ประมาณ 71 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ เยื่อภายใน (23 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ด (6 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ (ข้อมูลการทดลองแสดงในตารางภาคผนวกที่ ง-1 ถึง ง-3) โดยมีส่วนสูญเสียที่เนื่องมาจากการตัดแต่งในส่วนของก้านผล (0.01 เปอร์เซ็นต์) และผลการวิเคราะห์ความชื้นในส่วนต่าง ๆ ของผลมะระขี้นก พบว่า ความชื้นจากส่วนเนื้อผล เยื่อภายใน และเมล็ดของผลมะระขี้นก มีค่าลดลงตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนัก และค่าเฉลี่ยความชื้น (เปอร์เซ็นต์) จากเนื้อผล เยื่อภายใน และเมล็ด ของผลมะระขี้นก

ส่วนผลของมะระขี้นก	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เปอร์เซ็นต์)	
	น้ำหนักสด*	ความชื้น (ฐานเปียก)
เนื้อผล	70.7±3.2	92.71±0.08
เยื่อภายใน	23.2±2.3	91.37±0.73
เมล็ด	6.0±1.5	85.89±0.85

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์มะระขี้นก 10 ผล ต่อรุ่น รุ่นที่ 1 ซื้อวันที่ 9 ตุลาคม 2551 รุ่นที่ 2 ซื้อวันที่ 4 พฤศจิกายน 2551 และรุ่นที่ 3 ซื้อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2551 แต่ละรุ่นมีน้ำหนักรวม 10 กิโลกรัม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

องค์ประกอบหลักของผลมะระขี้นก คือ น้ำ ซึ่งมีประมาณ 91-93 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในส่วนของเนื้อผล และเยื่อภายใน ส่วนเมล็ดมีปริมาณน้ำต่ำกว่าส่วนเนื้อผลประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ การที่ผลมะระขี้นกสดมีปริมาณความชื้นสูง นั้นทำให้คาดได้ว่าเอื้อต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของผลมะระขี้นก เนื่องจากการเจริญของ แบคทีเรีย และเชื้อราได้ง่าย (วิไล รังสาดทอง, 2546) ด้วยเหตุนี้ในงานวิจัยนี้จำเป็นต้องลดปริมาณความชื้นผลมะระขี้นกในแต่ละส่วนโดยใช้วิธีการทำแห้งแบบระเหิด ในการเก็บรักษาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งวิธีการทำแห้งแบบระเหิดเป็นวิธีที่คาดว่ามีผลกระทบต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด และสมบัติการกำจัดอนุมูลอิสระของมะระขี้นกไม่มาก ดังเห็นได้จากการรายงานของ Horax et al. (2005) ที่ศึกษาสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในมะระที่ผ่านการทำแห้งโดยการระเหิด และเปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้งโดยวิธีการใช้ตู้อบลมร้อน พบว่าการทำแห้งโดยการระเหิดมีผลกระทบต่อสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดน้อยกว่าการทำแห้งโดยวิธีการใช้ตู้อบลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในส่วนต่าง ๆ ของผลมะระขี้นก

เมื่อนำส่วนของเนื้อผล เยื่อภายใน และเมล็ด ของมะระขี้นกในรูปผงที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิดมาสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคาดว่าจะได้ปริมาณสารประกอบฟีโนลิก และสารกำจัดอนุมูลอิสระสูง (Li, Guo, Yang, Wei, Xu, & Cheng, 2006) และวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดด้วยวิธีโฟลินซิโอแคลทู พบว่าผงมะระขี้นกที่เตรียมได้มาจากส่วนต่าง ๆ ของผลมะระขี้นกมีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เนื้อผล และเยื่อภายในของผงมะระขี้นกแห้ง พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 4-2 ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่า เนื้อผล และเยื่อภายในของมะระขี้นกมีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในปริมาณที่สูงกว่าเมล็ดของมะระขี้นก ประมาณ 0.78-0.80 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ เนื้อผล และ เยื่อภายในของมะระขี้นกมีปริมาณสารฟีโนลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 9.00-13.01 และ 9.33-12.32 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อน้ำหนัก 1 กรัมของผงมะระขี้นกแห้ง ข้อมูลทางสถิติของการทดลองแสดงในภาคผนวก ง-1 ถึง ง-2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในส่วนของเนื้อผล เยื่อภายใน และเมล็ดจากผงมะระขี้นก (ความชื้นเฉลี่ย 0.08-0.09) ที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิด

ผงมะระขี้นก	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ร้อยละปริมาณความชื้น* (โดยน้ำหนักสด)	ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิก)	
		1 กรัมผงมะระขี้นกแห้ง**	100 กรัมน้ำหนักผลมะระขี้นกสด***
เนื้อผล	92.71±0.08	10.84±2.03[a]	92.19±0.45[a]
เยื่อภายใน	91.37±0.73	11.05±1.54[a]	91.34±0.69[b]
เมล็ด	85.89±0.85	7.26±0.31[b]	85.89±0.66[c]

[a,b,c] ตัวเลขในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* ข้อมูลจากการทดลอง n = 3

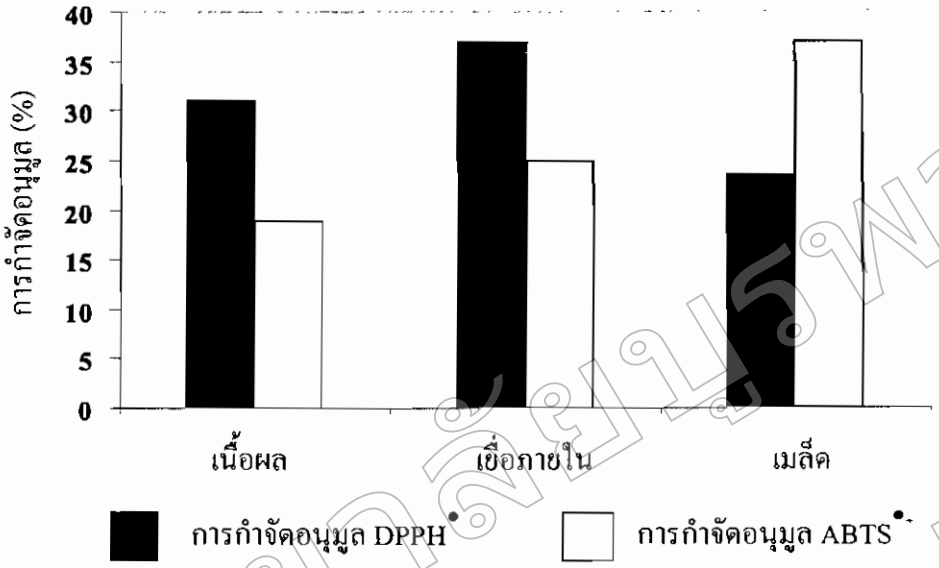
** ข้อมูลจากการทดลอง n = 9

*** ข้อมูลจากการคำนวณ n = 9

การศึกษาสมบัติการกำจัดอนุมูลอิสระ ของสารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของผลมะระขี้นก

ภาพที่ 4-1 แสดงสมบัติการกำจัดอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ ของสารสกัดเมทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ที่เตรียมจากส่วนต่าง ๆ ของผลมะระขี้นก พบว่าสารสกัดจากส่วนของเนื้อผล เยื่อภายใน และเมล็ด มีสมบัติการกำจัดอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางภาคผนวก ค-1) และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวก ง-3 ถึง ง-4) โดยเยื่อภายในของมะระขี้นกมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ ในปริมาณที่สูงที่สุด รองลงมา คือ เนื้อผล และเมล็ดของมะระขี้นก ตามลำดับ โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดมะระขี้นกเป็น 0.03 กรัม ต่อเมทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร พบว่ามีสมบัติการกำจัดอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ เพิ่มขึ้นเป็น 1.3 เท่า ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในทางเดียวกันกับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด สารสกัดจากเยื่อภายในของมะระขี้นกมีศักยภาพในการเป็นสารกำจัดอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ ได้ดีกว่าสารสกัดจากเนื้อผล และเมล็ดมะระขี้นก แต่เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ ที่ได้ไม่สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์สมบัติการกำจัดอนุมูลอิสระ $ABTS^{\bullet+}$ ที่พบว่าเมล็ดของมะระขี้นกมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ในปริมาณที่สูงที่สุด รองลงมา คือ เยื่อภายใน และเนื้อผลของมะระขี้นก ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-1 การกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ (%) และการกำจัดอนุมูล ABTS$^{\bullet+}$ (%) ในส่วนของเนื้อผล เยื่อภายใน และเมล็ด จากผงมะระขี้นก ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม ผงมะระขี้นกต่อเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาการให้ความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด และการกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ และ ABTS$^{\bullet+}$ จากส่วนของเนื้อผลมะระขี้นก

จากการศึกษาสภาวะการให้ความร้อนเนื้อผลมะระขี้นก 6 วิธี คือ การนึ่ง (อุณหภูมิ 100 °C เวลา 4 นาที) การลวก (อุณหภูมิ 100 °C เวลา 4 นาที) การต้ม (อุณหภูมิ 100 °C เวลา 30 นาที) และการอบไอน้ำภายใต้ความดัน (อุณหภูมิ 121 °C เวลา 15 นาที) ก่อนนำมาทำแห้งเป็นผงมะระแห้ง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบระเหิด หรือใช้เครื่องทำแห้งแบบถาด แล้วสังเกตสีของเนื้อผลมะระขี้นกที่ได้จากการเตรียม พบว่าการให้ความร้อนในสภาวะที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่อผ่านการแปรรูปที่อุณหภูมิสูงขึ้น และการทำแห้งแบบระเหิดสีของเนื้อผลมะระขี้นกจะมีสีเขียวเข้มขึ้นจนกลายเป็นสีเขียวมะกอก และการให้ความร้อนระดับการแปรรูปที่อุณหภูมิสูงขึ้นภายหลังการทำแห้งแบบถาด ซึ่งเป็นวิธีการทำแห้งเนื้อผลมะระขี้นกที่ต้องผ่านการให้ความร้อนโดยการทำแห้งแบบถาด ให้สีของเนื้อผลมะระขี้นกที่มีสีเขียวเข้มขึ้นจนกลายเป็นสีน้ำตาล ซึ่งการให้ความร้อนในระดับการแปรรูปอาจมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของเนื้อผลมะระขี้นก (Sun et al., 2007) ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์ และค่าสี L*a*b* ข้อมูลแสดงในภาพที่ 4-2 และตารางที่ 4-4

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 4-2 สีของมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนในสภาวะต่างกันภายหลังนำมาทำแห้งแบบระเหิด และสีของมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนในสภาวะต่างกันภายหลังนำมาทำแห้งแบบถาด

โดยที่ : Control หมายถึง มะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน,

ST หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการนึ่ง (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที),

BL หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการลวก (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที),

BO หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการต้ม (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที),

AS หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกภายใต้ความดันไอ (อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที),

FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด,

TD หมายถึง การทำแห้งแบบถาด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ และค่าสีของผงเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่ต่างกัน 4 วิธี ก่อนนำมาทำให้แห้งด้วยการทำแห้งแบบระเหิดและการทำแห้งแบบถาด

ผงมะระขี้นกแห้ง	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)		ค่าสี			
	เอ^{ns}	บี	L*^{ns}	a*	b*	ΔE
Control	0.88±0.08	0.46±0.03^{a}	62.14 ± 0.67	-7.03 ± 0.72^{f}	23.15 ± 1.29^{abc}	–
ST-FD	0.76±0.11	0.38±0.06^{ab}	60.95 ± 1.82	-3.41 ± 1.72^{e}	24.72 ± 1.29^{bcd}	4.28 ± 1.48
ST-TD	0.66±0.14	0.31±0.08^{bc}	56.84 ± 5.53	0.26 ± 0.58^{b}	23.26 ± 0.82^{abc}	4.78 ± 0.73
BL-FD	0.73±0.12	0.33±0.06^{bc}	59.86 ± 0.60	-1.18 ± 1.04^{d}	25.46 ± 1.27^{cd}	6.79 ± 0.11
BL-TD	0.60±0.09	0.26±0.05^{cd}	53.48 ± 8.02	0.92 ± 0.64^{bc}	21.57 ± 2.24^{ab}	7.22 ± 2.60
BO-FD	0.77±0.09	0.20±0.03^{de}	61.84 ± 3.19	1.12 ± 0.42^{bc}	25.72 ± 0.67^{cd}	9.04 ± 0.71
BO-TD	0.59±0.13	0.15±0.03^{e}	52.91 ± 7.75	1.44 ± 0.30^{abc}	20.81 ± 3.53^{a}	8.10 ± 2.66
AS-FD	0.74±0.10	0.18±0.02^{de}	61.48 ± 4.10	1.86 ± 0.32^{ab}	26.80 ± 0.98^{d}	10.10 ± 0.76
AS-TD	0.66±0.17	0.16±0.03^{e}	50.96 ± 7.04	2.64 ± 0.51^{a}	21.33 ± 2.65^{ab}	10.21 ± 2.96

^{ns} ตัวเลขในแนวตั้งที่ไม่มีอักษรกำกับแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

^{a,b,c,d,e,f} ตัวเลขในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด, TD หมายถึง การทำแห้งแบบถาด, Control หมายถึง มะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน,

ST หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการนึ่ง (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที), BL หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการลวก (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที),

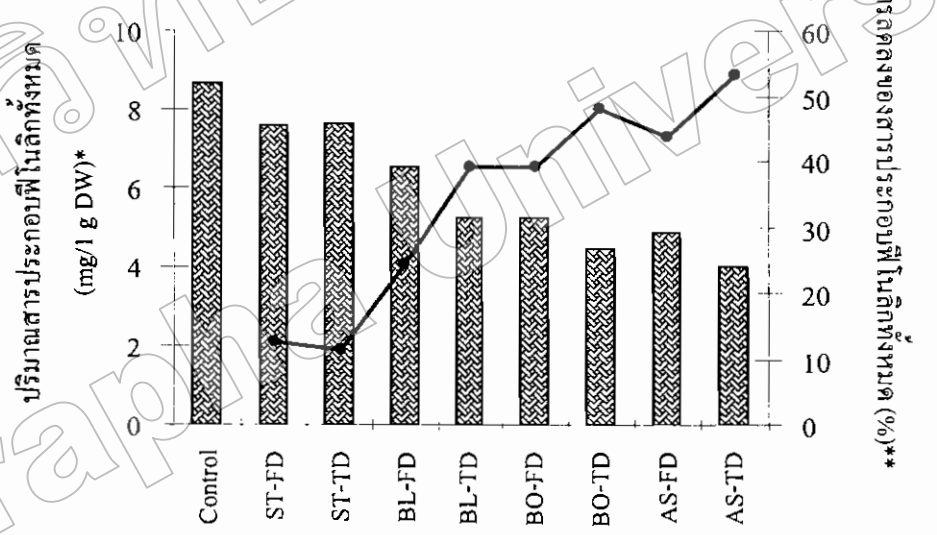
BO หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการต้ม (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที), AS หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกภายใต้ความดันไอ (อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที)

จากตารางที่ 4-3 การให้ความร้อนเนื้อผลมะระขี้นกแบบต่าง ๆ ส่งผลต่อค่าสี L* a* b* และ ΔE ของผงเนื้อผลมะระขี้นก จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี L* (ตารางภาคผนวก ง-6) พบว่าผงเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ ให้ค่าสี L* ที่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี a* (ตารางภาคผนวก ง-7) พบว่าผงเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ ให้ค่าสี a* ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผงของเนื้อผลมะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนภายหลังการทำแห้งแบบระเหิดมีค่าความเป็นสีแดงต่ำกว่าผงของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ โดยสังเกตได้จากภาพที่ 4-2 พบว่าผงของเนื้อผลมะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนภายหลังการทำแห้งแบบระเหิดมีความเป็นสีเขียวสูงกว่าผงของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ ผลการทดลองที่ได้เป็นไปในทางเดียวกันกับผลของปริมาณคลอโรฟิลล์ ที่พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เอของผงเนื้อผลมะระขี้นกมีปริมาณที่สูง แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ตารางภาคผนวก ง-8) และปริมาณคลอโรฟิลล์บีของผงเนื้อผลมะระขี้นกมีปริมาณที่ต่ำกว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางภาคผนวก ง-9) ซึ่งจากการทำแห้งแบบระเหิด พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าการทำแห้งแบบถาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติของค่าสี b* (ตารางภาคผนวก ง-10) พบว่าผงของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ มีค่าความเป็นสีเหลือง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งผงของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการทำแห้งแบบถาดมีค่าความเป็นสีเหลืองต่ำกว่าผงของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ระหว่างผงของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ (ตารางภาคผนวก ง-11) พบว่าค่าสี ΔE ของผงเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด

จากการตรวจเอกสารอ้างอิงเบื้องต้น พบว่าสภาวะการให้ความร้อนมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในพืช (Fu, 2004; Horax et al., 2005; Oboh, 2005; Amin et al., 2006; Sun et al., 2007; Chuah et al., 2008; Wachtel-Galor et al., 2008) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาถึงสภาวะการให้ความร้อนที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในเนื้อผลมะระขี้นก เพื่อประเมินการลดลงของสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงในเทอมของเปอร์เซ็นต์การลดลง (% Inhibition) ของสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในส่วนของผงมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการ และสภาวะที่ต่างกัน ก่อนนำมาทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบถาด หรือใช้เครื่องทำแห้งแบบระเหิด แสดงข้อมูลในภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด (แสดงโดยกราฟแท่ง) และเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด (แสดงโดยกราฟเส้น) ในส่วนของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน ภายหลังทำให้แห้งด้วยการทำแห้งแบบระเหิด และการทำแห้งแบบถาด

โดยที่ : FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด, TD หมายถึง การทำแห้งแบบถาด,
Control หมายถึง มะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน,
ST หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการนึ่ง (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที),
BL หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการลวก (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที),
BO หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการต้ม (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที),
AS หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกภายใต้ความดันไอ (อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที)

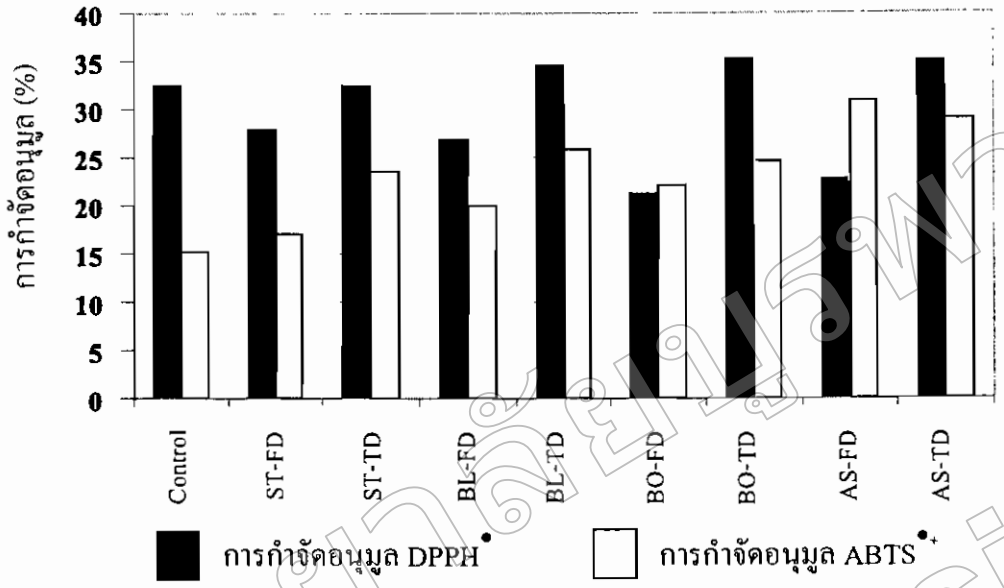
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลการทดลองที่ได้ พบว่าปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในส่วนของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีต่างกัน (ตารางภาคผนวก ง-12) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางภาคผนวก ค-2) โดยเนื้อผลมะระขี้นกที่เป็นตัวควบคุม มีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในปริมาณที่สูงที่สุด รองลงมา คือ ST-FD ST-TD BL-FD BL-TD BO-FD BO-TD AS-FD และ AS-TD ตามลำดับ สำหรับเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในส่วนของผงมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่ต่างกัน 4 วิธี ก่อนทำให้แห้งด้วยการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบถาด หรือใช้เครื่องทำแห้งแบบระเหิด พบว่าเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางภาคผนวก ง-13) โดยวิธีการให้ความร้อนที่ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ คือ ST-FD (12.48 เปอร์เซ็นต์) ST-TD (11.32 เปอร์เซ็นต์) และ BL-FD (24.20 เปอร์เซ็นต์) และวิธีการให้ความร้อนที่ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ คือ BL-TD (9.12 เปอร์เซ็นต์) BO-FD (39.04 เปอร์เซ็นต์) BO-TD (48.04 เปอร์เซ็นต์) และ AS-FD (43.66 เปอร์เซ็นต์) สำหรับการให้ความร้อนแบบ AS-TD นั้นทำให้เกิดการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดสูงที่สุด คือ 53.16 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อการกำจัดอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$

เพื่อเป็นการสนับสนุนผลที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะการให้ความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในมะระขี้นก งานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดสอบการกำจัดอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ ในเทอมของเปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ สรุปดังภาพที่ 4-4

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-4 การกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ (%) และการกำจัดอนุมูล ABTS$^{\bullet+}$ (%) ในส่วนของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่ต่างกัน ภายหลังทำให้แห้งด้วยการทำแห้งแบบระเหิด และการทำแห้งแบบถาด

โดยที่ : FD หมายถึง การทำแห้งแบบระเหิด, TD หมายถึง การทำแห้งแบบถาด,
Control หมายถึง มะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน,
ST หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการนึ่ง (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที),
BL หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการลวก (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที),
BO หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการต้ม (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที),
AS หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกภายใต้ความดันไอ (อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที)

จากภาพที่ 4-4 และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (ตารางภาคผนวก ง-14) เปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ ในส่วนของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่ต่างกัน 4 วิธี แล้วทำให้แห้งด้วยการทำแห้งแบบระเหิดและการทำแห้งแบบถาด พบว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ ในส่วนของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางภาคผนวก ค-3) โดยเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการทำแห้งแบบถาด คือ ST-TD BL-TD BO-TD และ AS-TD มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ สูงกว่าเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการทำแห้งด้วยการระเหิด คือ ST-FD BL-FD BO-FD และ AS-FD ซึ่งเปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ ของผงมะระขี้นก แบ่งออกได้เป็นการกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ ไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ คือ BO-FD (21.33 เปอร์เซ็นต์) AS-FD (22.73 เปอร์เซ็นต์) BL-FD (26.96 เปอร์เซ็นต์) และ ST-FD (28.02 เปอร์เซ็นต์) และกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ ไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ คือ ST-TD (32.46

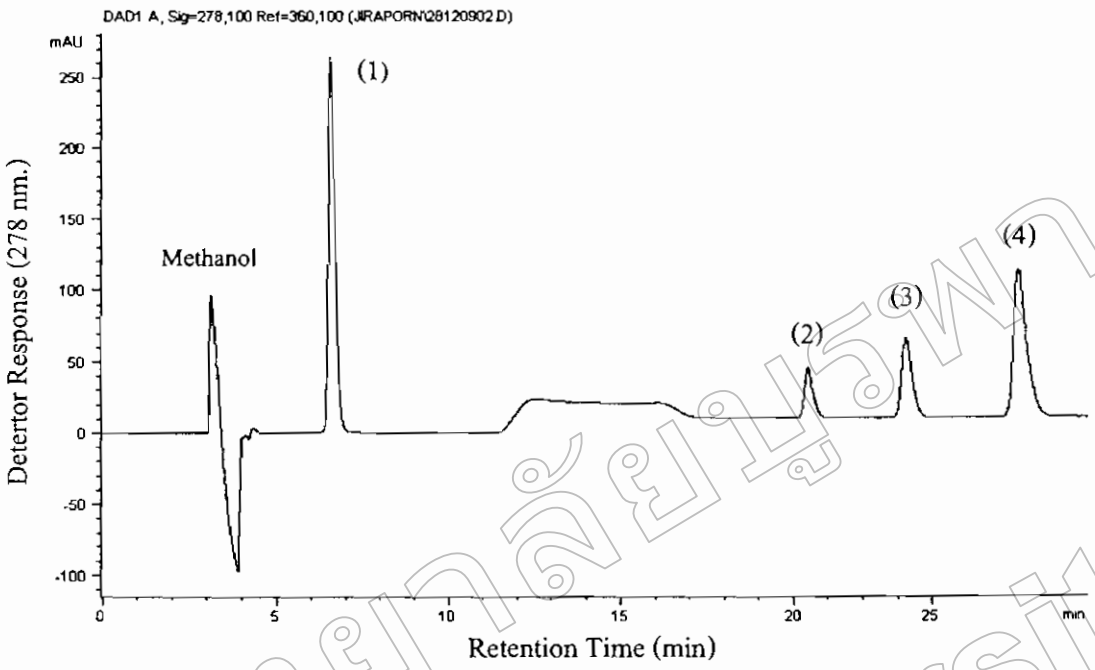
เปอร์เซ็นต์) Control (32.49 เปอร์เซ็นต์) BL-TD (34.55 เปอร์เซ็นต์) AS-TD (35.02 เปอร์เซ็นต์) และ BO-TD (35.20 เปอร์เซ็นต์)

สำหรับเปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (ตารางภาคผนวก ง-15) ในส่วนของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่ต่างกัน 4 วิธี ก่อนการนำมาทำให้แห้งด้วยการทำแห้งแบบระเหิดและการทำแห้งแบบตู้อบลมร้อน พบว่า เปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ในส่วนของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางภาคผนวก ค-3) โดยการให้ความร้อนเนื้อผลมะระขี้นกสูงขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ เพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การจับกับอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ของเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนแบบต่าง ๆ พบว่า เปอร์เซ็นต์การจับกับอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ของผงมะระขี้นก แบ่งออกได้เป็นการกำจัดอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ คือ Control (15.14 เปอร์เซ็นต์) ST-FD (17.00 เปอร์เซ็นต์) และ BL-FD (19.99 เปอร์เซ็นต์) การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ คือ BO-FD (22.09 เปอร์เซ็นต์) ST-TD (3.55 เปอร์เซ็นต์) BO-TD (24.61 เปอร์เซ็นต์) BL-TD (25.87 เปอร์เซ็นต์) และ AS-TD (28.99 เปอร์เซ็นต์) และการ กำจัดอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ คือ และ AS-FD (30.87 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ

การศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อชนิดของสารประกอบฟีโนลิก

จากการศึกษาเอกสารอ้างอิงเบื้องต้น (Fu, 2004; Horax et al., 2005; Oboh, 2005; Amin et al., 2006; Sun et al., 2007; Chuah et al., 2008; Wachtel-Galor et al., 2008) พบว่าสภาวะการให้ความร้อนมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในพืชหลายชนิดต่าง ๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ศึกษาผลของสภาวะการให้ความร้อนที่มีต่อชนิด และปริมาณของสารประกอบฟีโนลิกในส่วนของเนื้อผลมะระขี้นก เลือกสารประกอบฟีโนลิกที่คาดว่าพบในผลมะระขี้นก คือ กรดแกลลิก (+)- คาเตชิน กรดคลอโรจีนิก และกรดคาเฟอิก เป็นสารมาตรฐานเพื่อใช้จำแนกชนิดของสารประกอบฟีโนลิกในมะระขี้นก ข้อมูลแสดงใน ตารางที่ 4-4 และโครมาโตแกรมที่ความยาวคลื่น 278 นาโนเมตร ในภาพที่ 4-5 โดยข้อมูลโครมาโตแกรมของสารสกัดจากผงมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยสภาวะที่ต่างกัน ภายหลังการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบถาด และใช้เครื่องทำแห้งแบบระเหิด แสดงดังภาพที่ 4-6 ถึง 4-15 และตารางที่ 4-5

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-5 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC (1) กรดแกลลิก, (2) (+)-คาเตชิน, (3) กรดคลอโรจีนิก และ (4) กรดคาเฟอิก

ตารางที่ 4-4 Retention Time และพื้นที่ใต้พีค กรดแกลลิก (+)- คาเตชิน กรดคลอโรจีนิก และกรดคาเฟอิก ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC* (n=3)

สารมาตรฐาน	Retention Time (นาที)	พื้นที่ใต้พีค (มม.^{2})
กรดแกลลิก	6.585±0.02	3275
(+)- คาเตชิน	20.442±0.03	600
กรดคลอโรจีนิก	23.279±0.01	1160
กรดคาเฟอิก	26.523±0.03	2660

*สภาวะในการวิเคราะห์ คือ ปริมาตรของตัวอย่างสารละลาย 20 ไมโครลิตร (ความเข้มข้น 800 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) อุณหภูมิของคอลัมน์ที่ 30 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของสารเคลื่อนที่ 1.0 มิลลิลิตร ต่อนาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 278 นาโนเมตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยเทคนิค HPLC จากสารมาตรฐาน (ภาพที่ 4-5) คือ กรดแกลลิก (+)- คาเตชิน กรดคลอโรจีนิก และกรดคาเฟอิก พบว่า เนื้อผลมะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน และผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน ไม่พบพีคที่ตรงกับสารมาตรฐานที่คาดว่าน่าจะมี อย่างไรก็ตาม มีข้อที่สังเกตพบว่า ลักษณะโดยรวมของโครมาโตแกรมของตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 10 ตัวอย่าง มีความใกล้เคียงกัน โดยพบว่ามีพีค 4 พีค ในตัวอย่างที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนภายหลังการทำแห้ง ซึ่งพบว่าปรากฏในโครมาโตแกรม (ภาพที่ 4-6 ถึง 4-15) แต่ในโครมาโตแกรมคาดว่ามีสัดส่วนของสารที่เลือกนำมาเปรียบเทียบนั้นแตกต่างกัน เพราะมีพื้นที่ใต้พีคที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4-5) ดังนั้นจึงเลือกเฉพาะพีคที่พบ 5 พีค ในมะระขี้นกที่นำมาวิเคราะห์ โดยใช้สัญลักษณ์แทน คือ A B C D และ E สำหรับเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีการทำแห้งแบบระเหิด และเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีการทำแห้งแบบถาด เพื่อเป็นประโยชน์ในการเปรียบเทียบพีคที่เลือก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-5 Retention Time และพื้นที่ใต้พีค ของผงมะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน และผ่านการให้ความร้อน ภายหลังการทำแห้งที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC

Peak	Retention Time (นาที)	พื้นที่ใต้พีค (มม.^{2})									
		Freeze Dry					Tray Dry				
		Control	ST	BL	BO	AS	Control	ST	BL	BO	AS
A	5.26-5.41	3061	4035	4525	6451	2739	3239	3719	4897	3456	3040
B	5.93-5.77	3133	3742	2094	3283	1502	3767	3210	3942	2479	2018
C	8.77-8.45	521	1889	818	327	197	2051	837	1772	130	251
D	23.23-23.95	342	232	158	-	-	-	-	-	-	-
E	29.66-30.50	-	-	-	-	-	131	53	58	-	-

* สารละลายเมทานอล

Control หมายถึง มะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน,

ST หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการนึ่ง (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที),

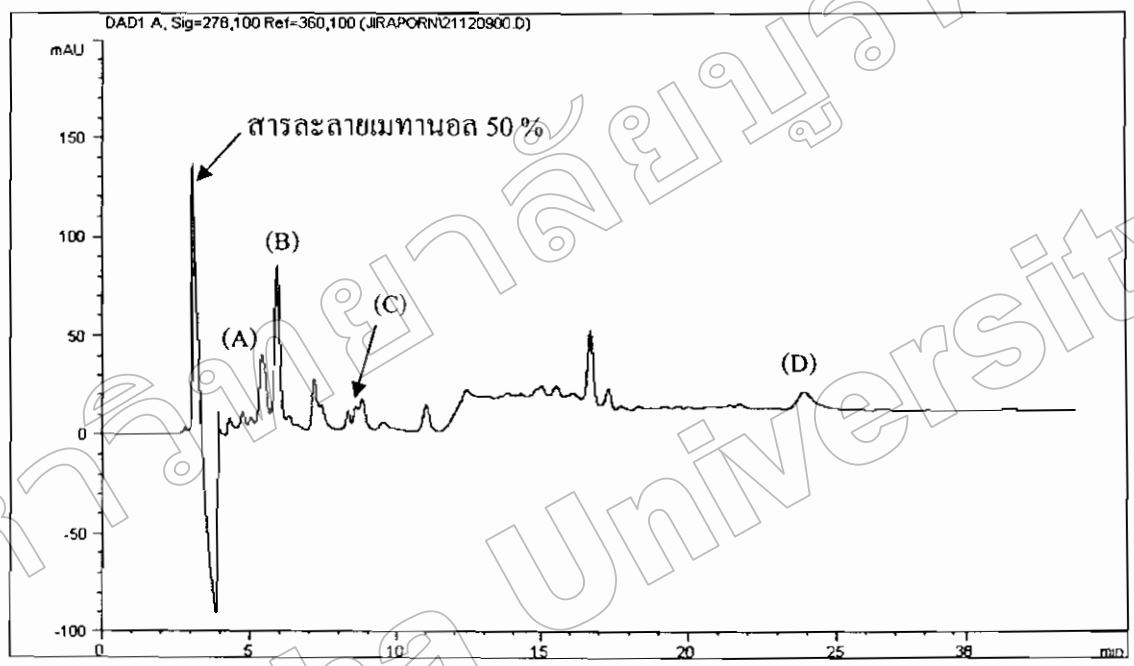
BL หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการลวก (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 4 นาที),

BO หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกโดยการต้ม (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที),

AS หมายถึง การให้ความร้อนมะระขี้นกภายใต้ความดันไอ (อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที)

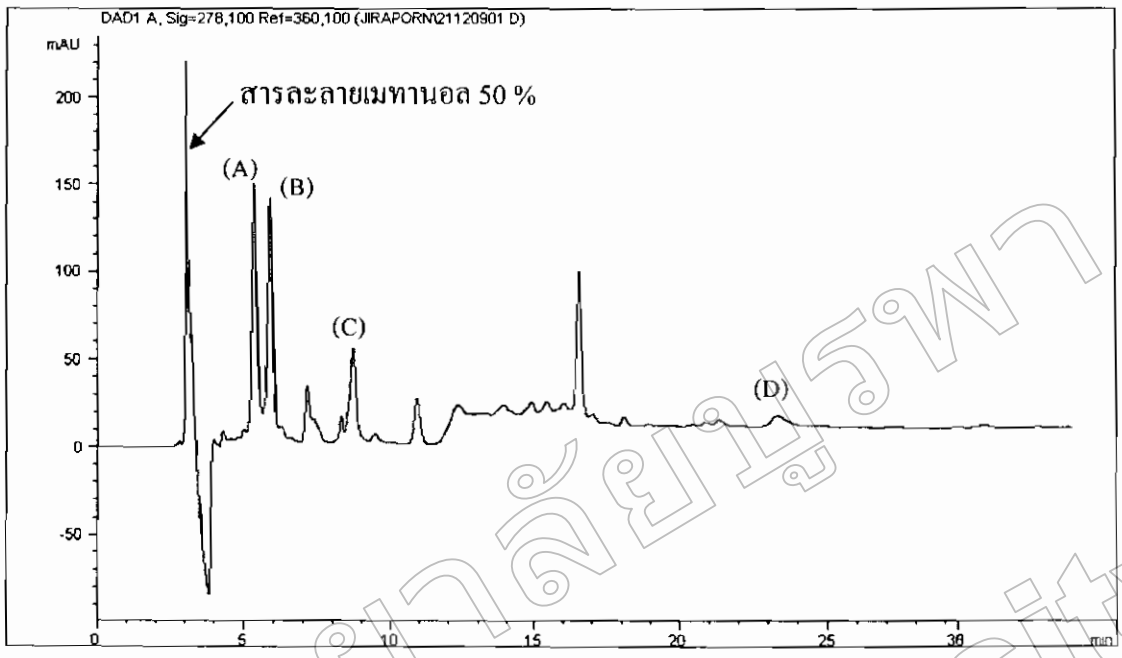
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข้อมูลการวิเคราะห์ HPLC จากตารางที่ 4-5 แสดงเป็นโครมาโตแกรมของผงมะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน และผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน ภายหลังการทำแห้งโดยวิธีการทำแห้งแบบระเหิด และผ่านการทำแห้งโดยวิธีการทำแห้งแบบถาด ในช่วงของค่าการดูดกลืนแสง 278 นาโนเมตร ได้ดังภาพที่ 4-6 ถึง 4-15 โดยรายละเอียดของข้อมูลการวิเคราะห์โดยเทคนิค HPLC แสดงดังตารางภาคผนวก ค-7 ถึง ค-16

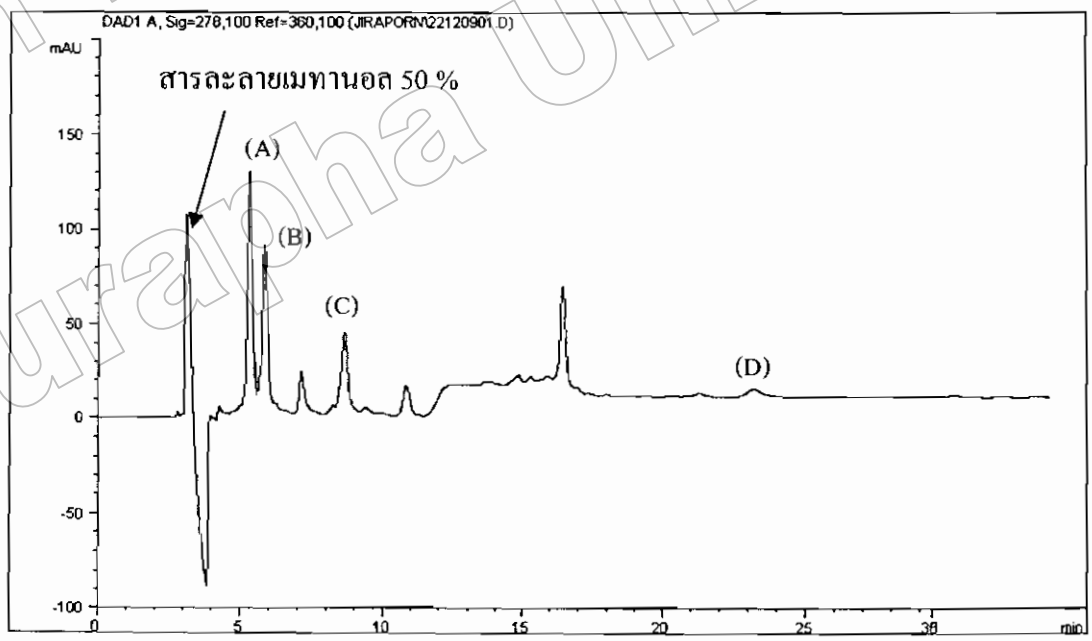


ภาพที่ 4-6 โครมาโตแกรมของผงมะระขี้นกแห้งที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน และผ่านการทำแห้งแบบระเหิด (No Heat-Freeze Dry; Control-FD)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

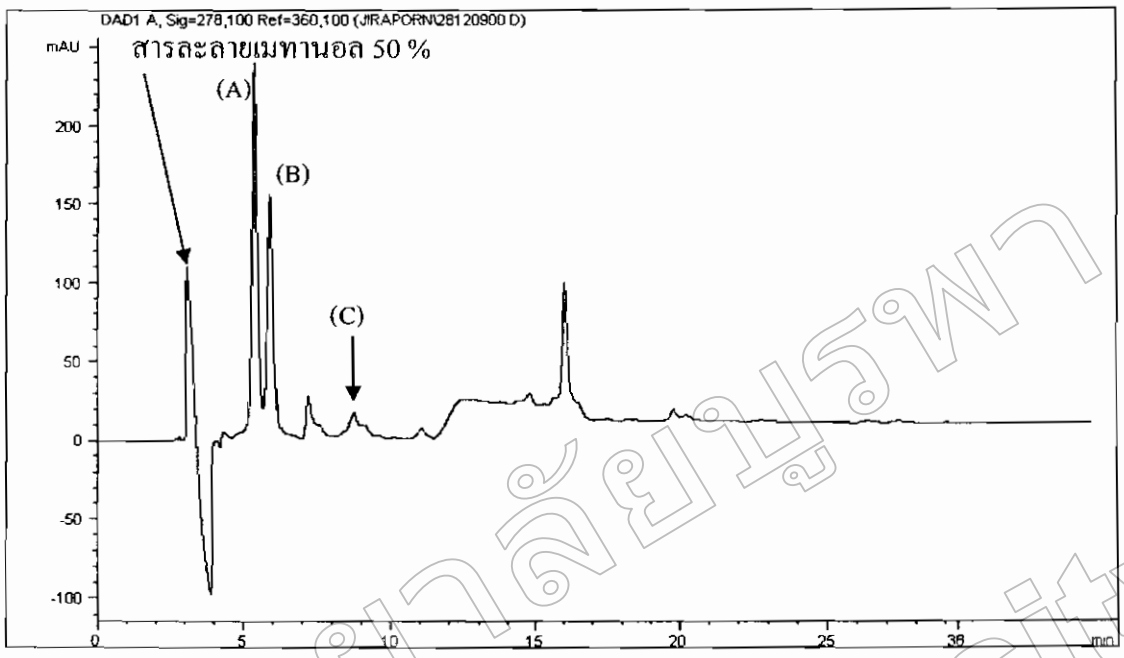


ภาพที่ 4-7 โครมาโตแกรมของผงมะระขี้นกแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการนึ่ง และผ่านการทำแห้งแบบระเหิด (Steam-Freeze Dry; ST-FD)

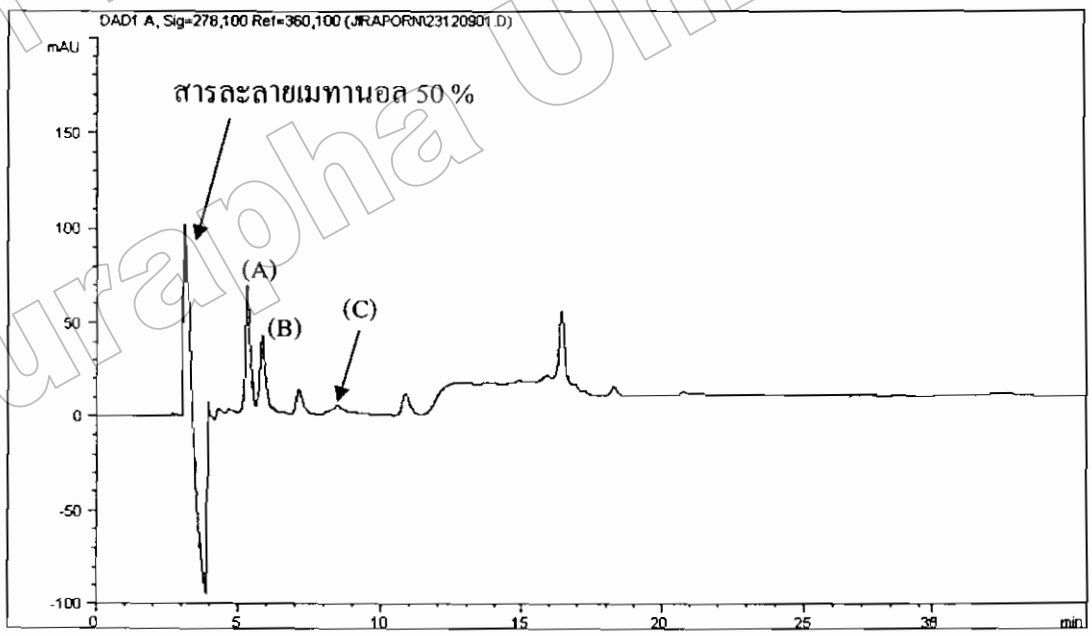


ภาพที่ 4-8 โครมาโตแกรมของผงมะระขี้นกแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการลวก และผ่านการทำแห้งแบบระเหิด (Blanch-Frecze Dry; BL-FD)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

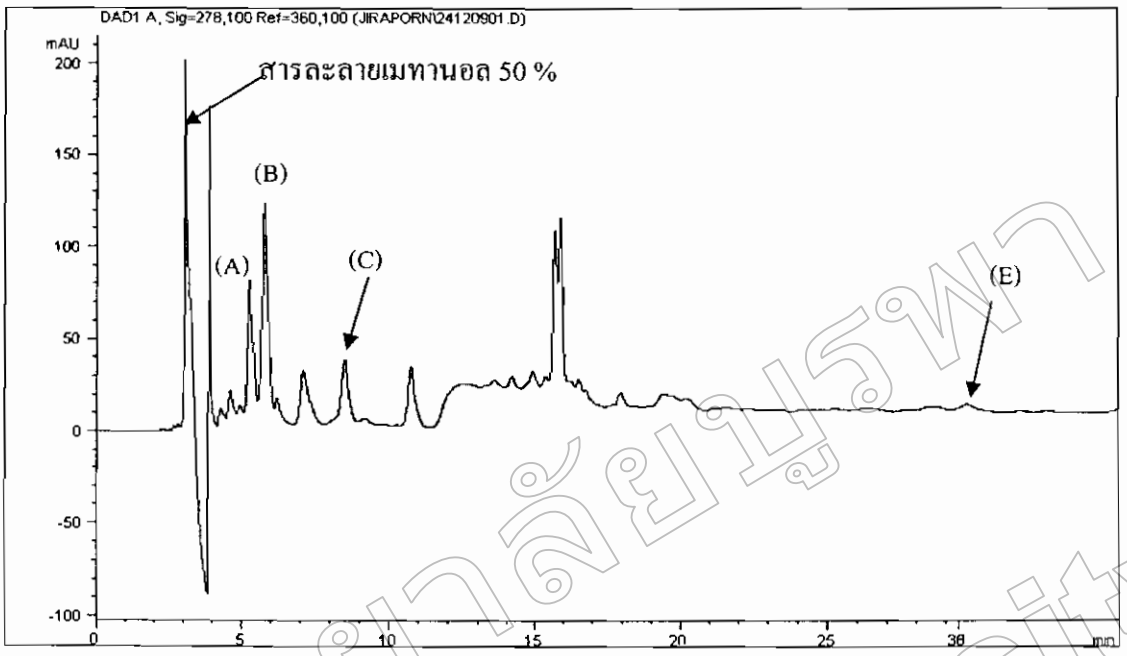


ภาพที่ 4-9 โครมาโตแกรมของผงมะระขี้นกแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการต้ม และผ่านการทำแห้งแบบระเหิด (Boil-Freeze Dry; BO-FD)

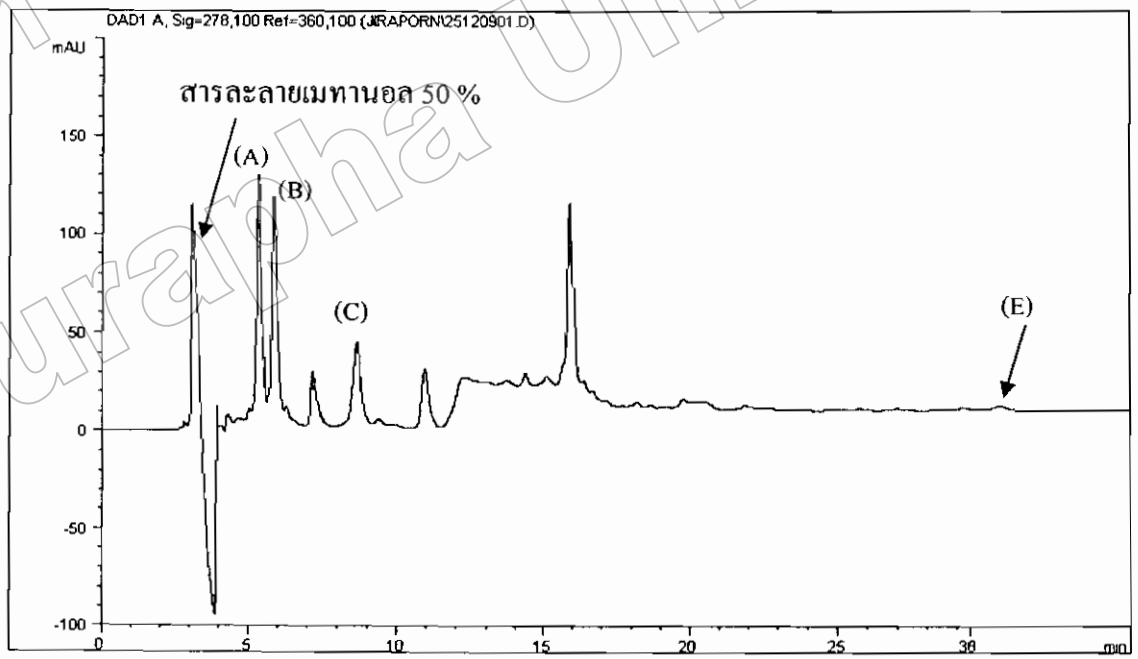


ภาพที่ 4-10 โครมาโตแกรมของผงมะระขี้นกแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการอบไอน้ำภายใต้ความดันไอ และผ่านการทำแห้งแบบระเหิด (Autoclave Sterilization-Freeze Dry; AS-FD)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

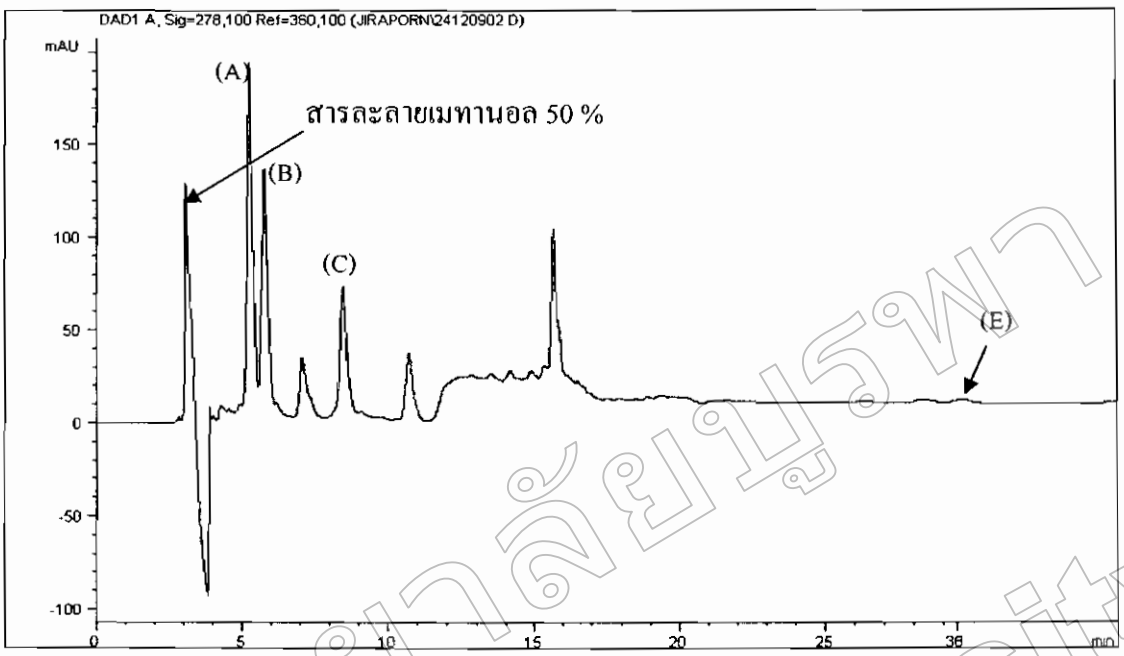


ภาพที่ 4-11 โครมาโตแกรมของผงมะระขี้นกแห้งที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน และผ่านการทำแห้งแบบถาด (Control-Tray Dry)

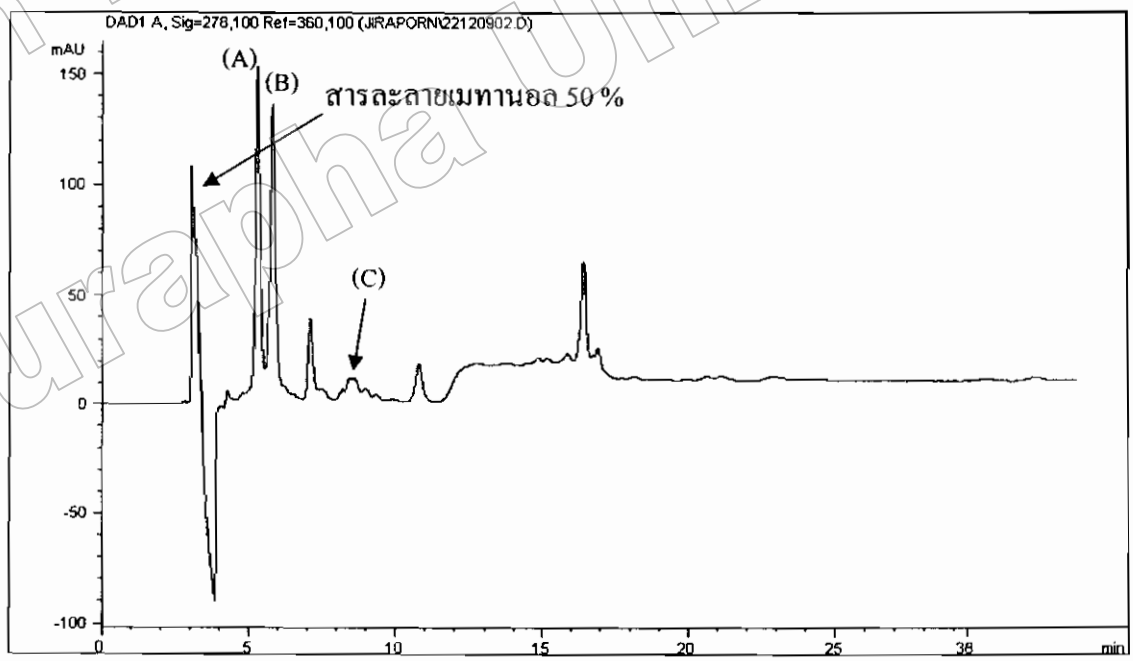


ภาพที่ 4-12 โครมาโตแกรมของผงมะระขี้นกแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการนึ่ง และผ่านการทำแห้งแบบถาด (Steam-Tray Dry; ST-TD)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

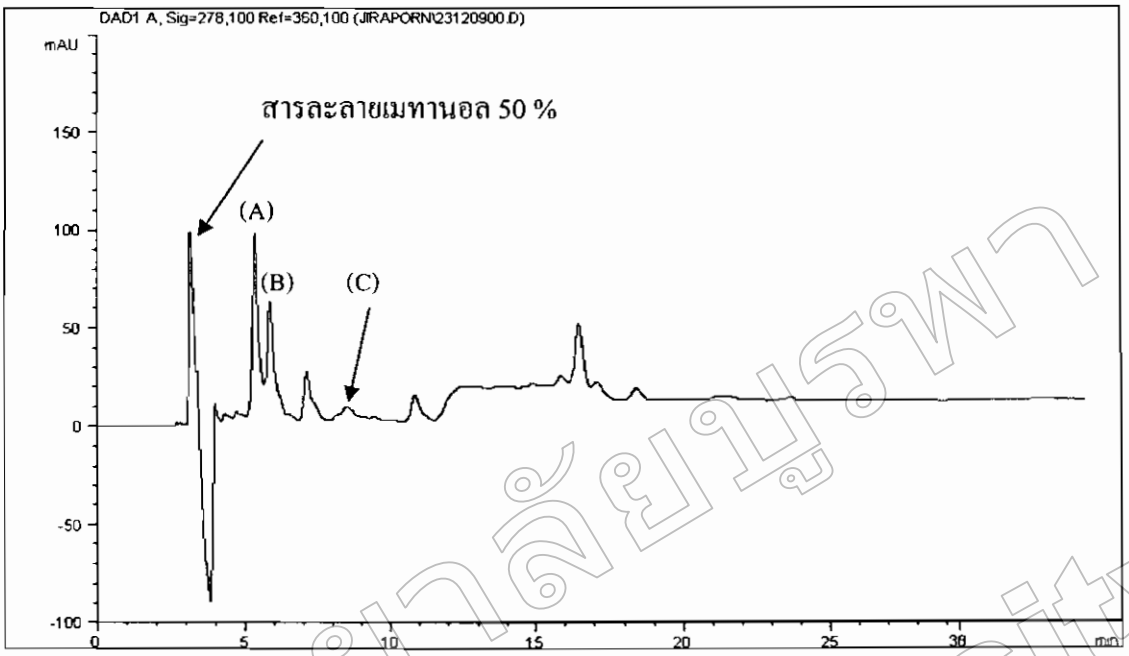


ภาพที่ 4-13 โครมาโตแกรมของผงมะระขี้นกแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการลวก และผ่านการทำแห้งแบบถาด (Blanch-Tray Dry; BL-TD)



ภาพที่ 4-14 โครมาโตแกรมของผงมะระขี้นกแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการต้ม และผ่านการทำแห้งแบบถาด (Boil-Tray Dry; BO-TD)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-15 โครมาโตแกรมของผงมะระขี้นกแห้งที่ผ่านการให้ความร้อนภายใต้ความดันไอ และผ่านการทำแห้งแบบถาด (Autoclave Sterilization-Tray Dry; AS-TD)

การศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วยวิธีต่างกัน 4 วิธี ภายหลังการทำแห้งแบบระเหิด และการทำแห้งแบบถาดต่อชนิดของสารฟีโนลิกในเนื้อผลมะระขี้นก โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC พบว่าการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบระเหิดส่งผลให้เนื้อผลมะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนมีพื้นที่ใต้พีค A B และ C คือ 3061.20 3133.19 และ 520.65 ตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ มีพีคที่ต่ำกว่าเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการนึ่ง คือ 4034.64 3742.37 และ 1889.09 ตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ และพื้นที่ใต้พีคของเนื้อผลมะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนในบางพีคมีพื้นที่ใต้พีคต่ำกว่าเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการลวกมีพื้นที่ใต้พีค A และ C คือ 4524.95 และ 817.93 ตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ผลการทดลองไปในทางเดียวกันกับเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการต้มมีพื้นที่ใต้พีค A และ B คือ 6451.31 และ 3282.98 ตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ แต่เมื่อให้ความร้อนเนื้อผลมะระขี้นกจนถึงการให้ความร้อนภายใต้ความดันไอ พบว่าในทุกพีคมีพื้นที่ใต้พีคต่ำกว่าเนื้อผลมะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนอย่างเห็นได้ชัด และมีบางพีคที่หายไป คือ พื้นที่ใต้พีค D ในส่วนของเนื้อผลมะระขี้นกจนถึงการให้ความร้อนโดยการต้ม และการให้ความร้อนภายใต้ความดันไอ ส่วนการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบถาดของเนื้อผลมะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนในบางพีคมีพื้นที่ใต้พีค A และ C คือ 3238.93 และ 2051.37 ตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

นึ่ง คือ 3718.62 และ 837.13 ตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ และพื้นที่ใต้พีคของเนื้อผลมะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนในบางพีคมีพื้นที่ใต้พีคต่ำกว่าเนื้อผลมะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการลวกมีพื้นที่ใต้พีค A และ B คือ 4897.09 และ 3942.02 ตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ แต่เมื่อเนื้อผลมะระขี้นกผ่านการให้ความร้อนโดยการต้ม พบว่าพื้นที่ใต้พีค A ที่สูงขึ้นเท่านั้น คือ 3456.50 ตารางมิลลิเมตร แต่เมื่อให้ความร้อนเนื้อผลมะระขี้นกจนถึงการให้ความร้อนภายใต้ความดันไอ พบว่ามีพื้นที่ใต้พีคต่ำลงในทุกพีค แต่มีบางพีคที่หายไป คือ พื้นที่ใต้พีค D ในส่วนของเนื้อผลมะระขี้นกจนถึงการให้ความร้อนโดยการต้ม และการให้ความร้อนภายใต้ความดันไอ ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4-5

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University