บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การสกัดสารสีแดงจากเปลือกแก้วมังกร

ผลการเปรียบเทียบตัวทำละลายที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดสารสีแดงจากเปลือกแก้วมังกร โดยตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ น้ำกลั่น สารละลายเอธานอล ความเข้มข้นร้อยละ 20 ในกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้นร้อยละ 1 และชุดควบคุมการทดลอง คือ สารละลายเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 20 ในกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นร้อยละ0.5 นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ แสดงค่าดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ย * ปริมาณผลผลิตที่ได้ ค่าสีและปริมาณบีตาไซยานินของสารสกัดสีแดงจากเปลือกแก้วมังกรที่ใช้ตัวทำละลายต่างกัน

คุณภาพที่ตรวจวัด	น้ำกลั่น	เอธานอล 20% ในกรดแอสคอร์บิก 1%	เอธานอล 20% ในกรดไฮโดรคลอริก 0.5% (ชุดควบคุม)
ปริมาณผลผลิตที่ได้ (%)	54.52 ± 2.11^{NS}	52.92 ± 2.52^{NS}	54.48 ± 2.54^{NS}
ผลค่าสี			
L*	22.17 ± 1.84^{NS}	21.78 ± 1.85^{NS}	22.96 ± 1.78^{NS}
a*	6.52 ± 0.23^{a}	7.60 ± 0.22^{b}	7.27 ± 0.20^{a}
b*	1.56 ± 0.005^{b}	1.19 ± 0.008^{a}	3.09 ± 0.17^{c}
hue angle	13.64 ± 0.71^{b}	8.90 ± 0.91^{a}	22.82 ± 1.39^{ab}
chroma	6.78 ± 0.12^{a}	7.78 ± 0.20^{b}	7.89 ± 0.13^{b}
ปริมาณบีตาไซยานิน (mg/L)	6.22 ± 0.11^{a}	4.58 ± 0.21^{b}	2.92 ± 0.17^{c}

^{NS} ไม่มีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2 ซ้ำการทดลอง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.1 การวิเคราะห์ค่าสี

สารละลายสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร ด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าความสว่าง (L*)ให้ผลที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ดังตาราง 4.1 ส่วนค่าสี a* b* ค่า hue angle และ ค่า chroma ให้ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่ค่า สี a* และค่า hue angleนั้น เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่า ตัวทำละลายที่เป็นน้ำกลั่นจะอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับชุดควบคุมการทดลอง ส่วนค่า chroma นั้น เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่า ตัวทำลายที่เป็นสารละลายเอธานอล ความเข้มข้นร้อยละ 20 ในกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น ร้อยละ 1 จะอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับชุดควบคุมการทดลอง

4.1.2 ปริมาณผลผลิตที่ได้

ปริมาณผลผลิตที่ได้ ในการทดลองสกัดสารสีแดงจากเปลือกแก้วมังกรนั้นให้ผลที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ดังตาราง 4.1 ตัวทำละลายที่เป็นน้ำกลั่นมีปริมาณผลผลิตที่ได้ เท่ากับ ร้อยละ 54.52 ชุดควบคุมการทดลองมีปริมาณผลผลิตที่ได้ เท่ากับ ร้อยละ 54.48 และสารละลายเอธานอล ความเข้มข้นร้อยละ 20 ในกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น ร้อยละ 1 มีปริมาณผลผลิตที่ได้ เท่ากับ ร้อยละ 52.92 เมื่อเทียบกับการศึกษาการสกัดสารสีแดงจากเปลือกแก้วมังกรด้วยสารละลายเอธานอล ในกรดไฮโดรคลอริก (ถาวรและนิพนธ์, 2547) พบว่า ปริมาณผลผลิตที่ได้เท่ากับ ร้อยละ 50.82 ซึ่งจะเห็นว่าสารละลายสีแดงที่สกัดได้จะละลายได้ดีในน้ำกลั่นมากกว่าในสารละลายเอธานอล และน้ำกลั่นยังมีต้นทุนที่ต่ำกว่าด้วย

4.1.3 ปริมาณบีตาไซยานิน

เมื่อเปรียบเทียบตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารสีแดงจากเปลือกแก้วมังกร พบว่าตัวทำละลายแต่ละชนิดให้ปริมาณบีตาไซยานินที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตาราง 4.1 โดยตัวทำละลายที่เป็นน้ำกลั่นจะมีปริมาณบีตาไซยานินสูงที่สุด เท่ากับ 6.22 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากบีตาไซยานินมีคุณสมบัติในการละลายได้ดีในน้ำ (Harivaindaran *et al.,* 2008) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองหาปริมาณบีตาเลนของแก้วมังกรพันธุ์เนื้อสีแดงเปลือกสีแดง (Mohammer *et al.,* 2005) พบว่า มีปริมาณบีตาไซยานิน อยู่ในช่วง 7.0-7.5 มิลลิกรัม/ลิตร และมีปริมาณบีตาแซนทิน อยู่ในช่วง 6.4-7.1 มิลลิกรัม/ลิตร

จากผลการทดลองข้างต้น สรุปได้ว่า น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดสารให้สีแดงจากเปลือกแก้วมังกร เนื่องจากมีปริมาณบีตาเลนสูงที่สุด นอกจากนี้ยังให้ค่าสีและปริมาณผลผลิตที่ได้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การผันแปรระดับการเติมมอลโตเดกซ์ทรินและกัมอะราบิกของสารสกัดสีแดงจากเปลือกแก้วมังกร โดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

การผันแปรระดับการเติมมอลโตเดกซ์ทรินและกัมอะราบิก (Milton *et al.,* 2005) ของสารสกัดสีแดงจากเปลือกแก้วมังกร ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 13 สิ่งทดลอง รายละเอียดของสิ่งทดลองแสดงดังตาราง 3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพในแต่ละสิ่งทดลอง แสดงค่าดังตาราง 4.2 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์การถดถอย (linear regression) หาระดับการเติมมอลโตเดกซ์ทรินและกัมอะราบิกที่เหมาะสมที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 ผลการวัดค่าสี ค่าการละลาย ปริมาณผลผลิตที่ได้และค่าความชื้นของผงสีแดงตัวอย่างหลังจากทำแห้งแบบพ่นฝอย

สิ่งทดลอง *	L*	a*	b*	chroma	hue angle	solubility (%)	yield (%)	moisture content (%)
1	39.93±0.03	31.52±0.13	9.80±0.03	33.01±0.12	17.26±0.10	98.08±0.88	5.57	1.48±0.08
2	44.78±0.15	21.80±0.26	5.02±0.13	22.37±0.28	12.70±0.28	98.04±0.24	8.30	4.55±0.43
3	40.83±0.14	29.29±0.42	4.88±0.21	26.69±0.45	9.46±0.27	97.36±3.16	5.71	3.27±0.43
4	32.42±0.12	21.65±0.21	8.94±0.14	23.42±0.22	22.45±0.31	81.87±0.36	3.01	2.44±0.44
5	37.94±0.16	27.19±0.30	9.20±0.16	28.70±0.32	18.70±0.19	95.45±0.07	5.13	1.35±0.03
6	36.14±0.49	27.43±0.92	6.88±0.24	28.28±0.95	14.07±0.12	97.50±0.37	5.70	2.27±0.44
7	35.36±1.04	22.92±2.10	6.91±1.01	23.17±2.30	17.28±0.84	96.60±0.39	6.11	2.66±0.07
8	42.41±0.44	25.32±0.47	9.36±0.29	27.00±0.54	20.28±0.27	79.03±1.78	6.53	3.99±0.13
9	37.32±0.18	29.33±0.30	10.20±0.13	31.06±0.32	19.18±0.09	96.04±1.51	5.37	4.48±0.06
10	38.80±0.20	27.16±0.41	4.99±0.07	27.62±0.41	10.42±0.03	98.05±1.85	5.35	4.18±0.42
11	40.47±0.55	27.55±0.66	8.50±0.26	28.83±0.70	17.15±0.22	99.29±0.97	8.38	1.04±0.11
12	33.11±0.47	25.72±1.29	9.21±0.63	27.32±1.43	19.67±0.34	97.48±0.74	2.23	3.50±0.06
13	33.75±0.28	23.50±0.30	7.93±0.11	24.80±0.32	18.63±0.18	94.87±0.98	2.26	6.35±0.36

* สิ่งทดลองแสดงดังตาราง 3.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.2 ค่าการละลายของผงสี ทั้งหมด 13 สิ่งทดลอง อยู่ในช่วง ร้อยละ79.03 - 99.29 ปริมาณผลผลิตที่ได้ อยู่ในช่วง ร้อยละ 2.23 - 8.38 และความชื้น อยู่ในช่วง ร้อยละ 1.04 - 6.35 เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งแบบพ่นฝอยของตัวอย่างน้ำผลไม้ เช่น ตัวอย่างน้ำมะม่วง ที่มีการเติมมอลโตเดกซ์ทรินและกัมอะราบิก ร้อยละ 10 มีค่าการละลาย อยู่ในช่วง ร้อยละ 71 - 72 (Milton *et al.,* 2005) ตัวอย่างน้ำแตงโมที่เติมมอลโตเดกซ์ทริน ร้อยละ 5 จะมีค่าการละลาย ร้อยละ 98.43 และมีค่าความชื้น ร้อยละ 3.12 ส่วนการเติมแป้งดัดแปร ร้อยละ 5 มีค่าการละลาย ร้อยละ 90.25 และมีค่าความชื้น ร้อยละ 2.11 (Quek *et al.,* 2007) ตัวอย่างน้ำหัวบีต ที่มีการเติมมอลโตเดกซ์ทริน มีค่าความชื้น ร้อยละ 0.64 - 2.89 (Tonon *et al.,* 2008) ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าการละลายและค่าความชื้นของตัวอย่างการทำแห้งแบบพ่นฝอยของน้ำผลไม้ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น มีช่วงใกล้เคียงกันกับการทำแห้งแบบพ่นฝอยของตัวอย่างสารสกัดสีแดงจากเปลือกแก้วมังกร

เมื่อทำการ optimize ค่าคุณภาพของสิ่งทดลองทั้ง 13 สิ่งทดลอง ด้วยโปรแกรม Design Expert version 6.0.10 พบว่า มอลโตเดกซ์ทรินและกัมอะราบิก ส่งผลต่อค่า L* a* b* chroma และ hue angle อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทำให้ได้สมการจากผลการวิเคราะห์ของแผนการทดลองแบบ CCD แสดงดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 สมการ regression ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ที่ใช้ในการ optimize ค่าคุณภาพของสิ่งทดลองทั้ง 13 สิ่งทดลอง

ตัวแปรตาม	สมการทำนาย*	R^2	P
L*	40.66719 -1.50281 ×M + 0.60169 ×G	0.6953	0.0327
a*	- 2.75313 ×G+ 0.86188 ×M×G	0.6926	0.0371
b*	11.53058 - 0.56904 ×M-1.61059 ×G + 0.31563 ×M×G	0.7727	0.0454
chroma	39.12316 - 3.40958 ×M - 3.32516 ×G+ 0.90875 ×M×G	0.7911	0.0113
hue angle	16.43888 +1.36634 ×M- 1.27546 ×G	0.7069	0.0094

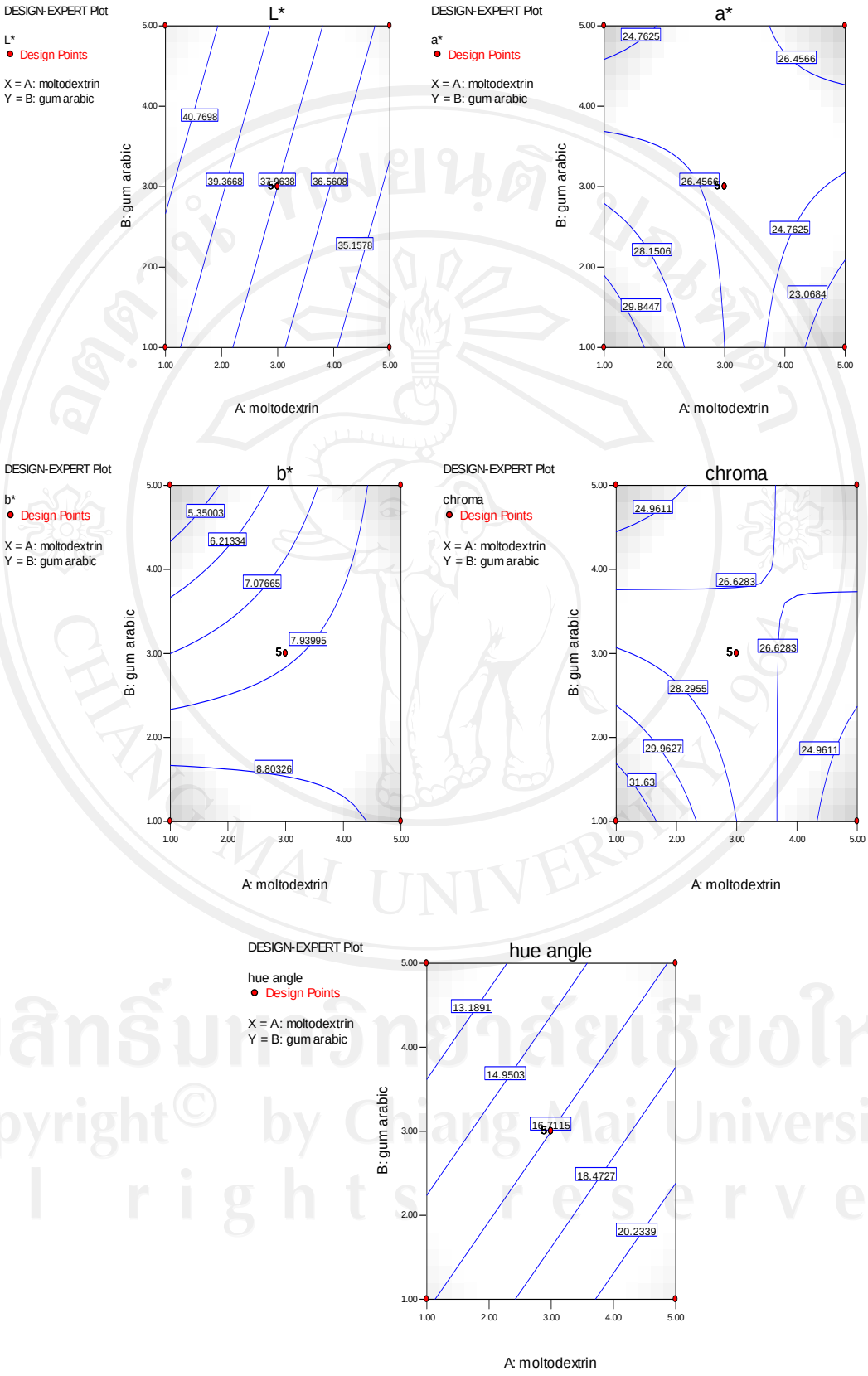
*ตัวอักษร M คือ Maltodextrin และ G คือ Gum arabic

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระดับการเติมมอลโตเดกซ์ทรินและกัมอะราบิกที่เหมาะสมที่สุดในการทำแห้งแบบพ่นฝอย คือ ร้อยละ 1.1 และ 1.0 ตามลำดับ จากสมการ พบว่า ถ้าลดกัมอะราบิก จะทำให้ค่า a* มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการลดมอลโตเดกซ์ทรินและกัมอะราบิก จะทำให้ค่า b* และค่า chroma มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อลดมอลโตเดกซ์ทรินและเพิ่มกัมอะราบิก จะทำให้ค่า L* จะเพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มมอลโตเดกซ์ทรินและลดกัมอะราบิก จะทำให้ค่า hue angle มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพ 4.1

ในการตรวจสอบสมการทำนายที่ได้ดังกล่าวข้างต้น จึงทำการทดลองโดยเลือกจุดที่เหมาะสม คือ เติมมอลโตเดกซ์ทรินและกัมอะราบิก ร้อยละ 1.1 และ 1.0 ตามลำดับ โดยทำ 2 ซ้ำการทดลอง แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพที่ได้ แสดงค่าดังตาราง 4.4 พบว่า ทุกคุณภาพที่ทำการวิเคราะห์นั้น มีร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าคุณภาพน้อยกว่า ร้อยละ ±10 ซึ่ง Hu (1999) ได้เสนอแนะว่า ร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้จากการทดลอง และค่าที่ได้จากการทำนายนั้นจะต้องแตกต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 10 จึงจะเพียงพอต่อการทำนายของสมการ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สมการที่ได้สามารถใช้ทำนายผลของการเติมมอลโตเดกซ์ทรินและกัมอะราบิกในช่วงที่ทำการศึกษาได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.1 การเติมมอลโตเดกซ์ทรินและกัมอะราบิกส่งผลต่อค่า L* a* b* chroma และ hue angle

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนจากค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการคำนาย

	ค่าที่ได้จากการทำนาย	ค่าที่ได้จากการทดลอง	ความคลาดเคลื่อน (%)
L*	36.47	39.59	8.56
a*	28.45	31.25	9.84
b*	8.79	9.64	9.64
chroma	30.06	33.01	9.81
hue angle	15.23	16.96	9.56
ค่าการละลาย	98.39	98.21	0.19
ปริมาณผลผลิตที่ได้	6.14	5.90	3.88
ค่าความชื้นของผงสี	2.68	2.60	2.83

4.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดสีแดงผงจากเปลือกแก้วมังกรที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอย

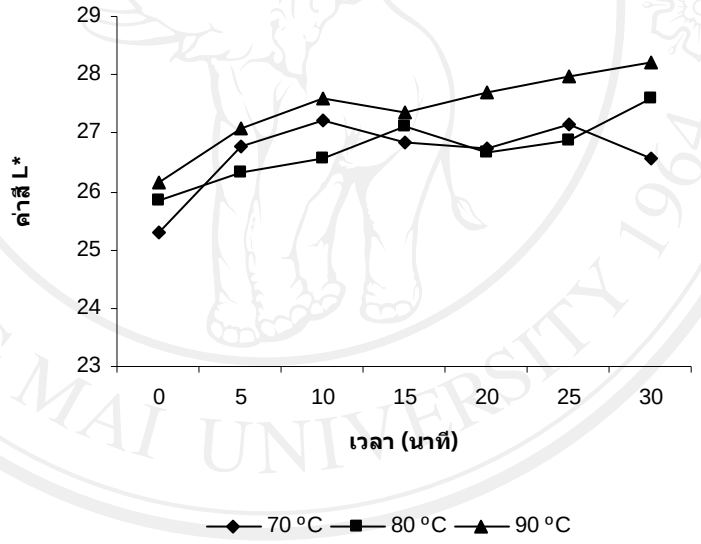
ปริมาณบีตาเลนของสารละลายสีแดงผงจากเปลือกแก้วมังกรที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยนั้น พบว่า ปริมาณบีตาไซยานิน มีค่าเท่ากับ 6.12 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนปริมาณบีตาแซนทินนั้น มีค่าเท่ากับ 5.89 มิลลิกรัม/ลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 การศึกษาความเสถียรของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร

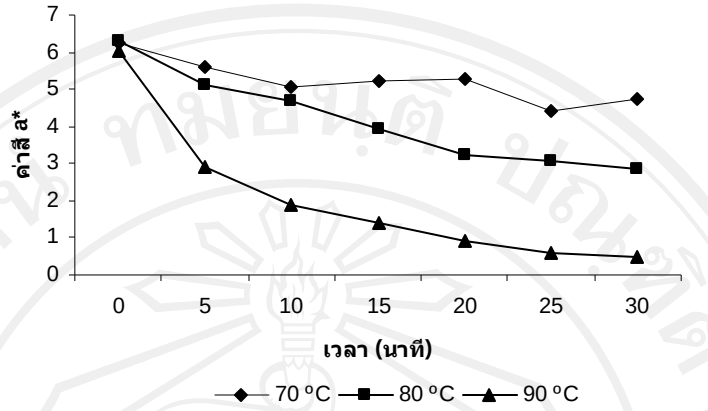
4.3.1 การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อความเสถียรของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร

การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อความเสถียรของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลาที่ต่างกัน คือ เวลา 0 5 10 15 20 25 และ 30 นาที ซึ่งอุณภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L* a* b* chroma และ hue angle แสดงดังภาพ 4.2-4.6 ตามลำดับ

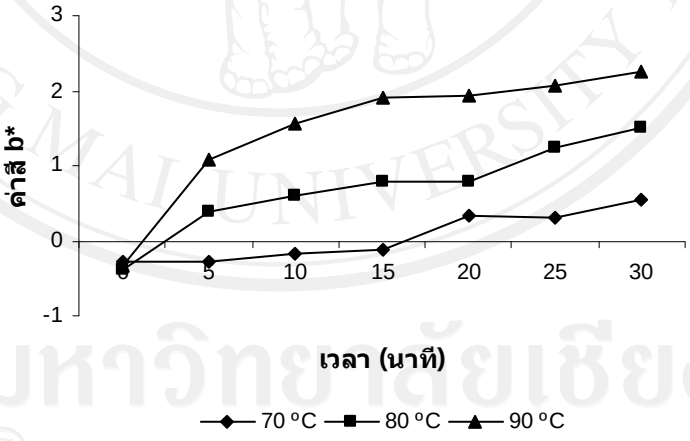


ภาพ 4.2 ผลกระทบของอุณหภูมิ และเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* ของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

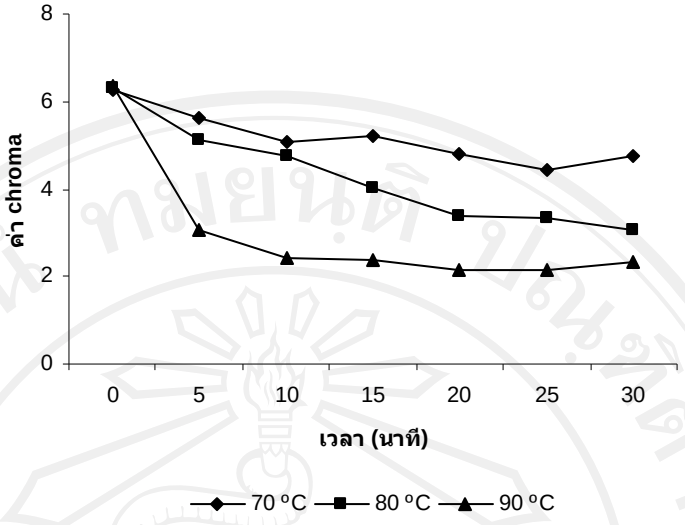


ภาพ 4.3 ผลกระทบของอุณหภูมิ และเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี a* ของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร

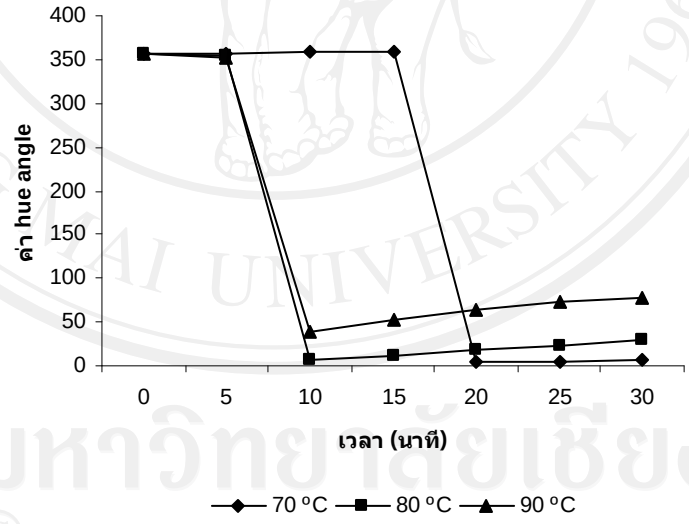


ภาพ 4.4 ผลกระทบของอุณหภูมิ และเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี b* ของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.5 ผลกระทบของอุณหภูมิ และเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี chroma ของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร



ภาพ 4.6 ผลกระทบของอุณหภูมิ และเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี hue angle ของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการตรวจสอบคุณภาพค่าสีของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร ที่ทดสอบด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่า เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส นาน 0-30 นาที ค่าสี L* หรือค่าความสว่างนั้น มีค่าเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากสารให้สี จะไม่คงตัวที่อุณหภูมิสูง ซึ่งที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 25.29ถึง 27.22 25.86 ถึง 27.59 และ 26.26 ถึง 28.20 ตามลำดับ

ค่าสี a* หรือค่าสีแดงมีค่าลดลง เมื่อให้ความร้อนด้วยระยะเวลาที่นานขึ้น ซึ่งที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียสนั้น มีค่าสีแดงอยู่ในช่วง 4.42 ถึง 6.25 และ 2.84 ถึง 6.30 ตามลำดับ ส่วนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส พบว่า มีค่าแดงลดลง มีค่าอยู่ในช่วง 0.50 ถึง 6.04 ซึ่งการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสนั้น จะทำให้สีเกิดการสลายตัวมาก ดังนั้นในการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ต่างๆ ควรให้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส

ค่าสี b* หรือค่าสีเหลือง เมื่อให้ความร้อนด้วยระยะเวลาที่นานขึ้น จะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจะตรงข้ามกับค่าสี a* ซึ่งที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่า b* อยู่ในช่วง -0.28 ถึง 0.56 และ -0.39 ถึง 1.52 ตามลำดับ ส่วนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส พบว่า มีค่า b* เพิ่มขึ้นมากที่สุด มีค่าอยู่ในช่วง -0.33 ถึง 2.26 เนื่องจากเกิดการสลายตัวของสารให้สีที่อุณหภูมิสูง (ศิวาพรและอัจฉรียา, 2537)

ค่า chroma เป็นตัวเลขบ่งบอกความสดใสของตัวอย่าง ถ้ามีค่าน้อย สีจะทึบ และถ้ามีค่ามาก สีจะสดใส เมื่อให้ความร้อนด้วยระยะเวลาที่นานขึ้น ซึ่งที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียสนั้น มีค่าอยู่ในช่วง 4.77-6.25 และ 3.05-6.32 ตามลำดับ ส่วนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส พบว่า มีค่าลดลงมากที่สุด มีค่าอยู่ในช่วง 2.32-6.36

ค่า hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุตำแหน่งของสีมีหน่วยเป็นองศา เรียงตามลำดับสีแดง ส้ม เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม และม่วง เมื่อให้ความร้อนด้วยระยะเวลาที่นานขึ้น พบว่า มีค่าลดลง ซึ่งที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส จะมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อให้ความร้อนนาน 5 นาที โดยเริ่มต้นตัวอย่างจะมีสีแดง เมื่อเวลาในการให้ความร้อนนานขึ้น จะทำให้ค่า hue angle ลดลง ตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน ค่า hue angle ที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90

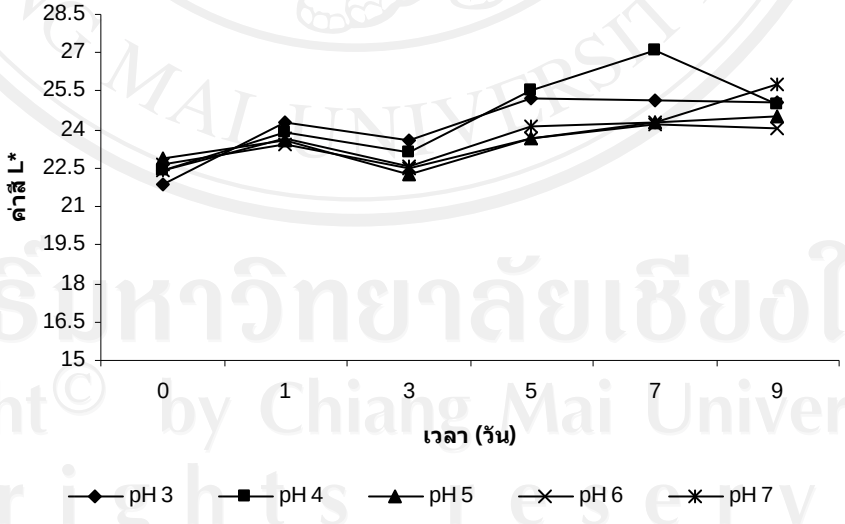
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

องศาเซลเซียส มีค่าอยู่ในช่วง 6.83 ถึง 358.41 7.34 ถึง 356.41 และ39.74 ถึง 357.48 ตามลำดับ

ศิวาพรและอัจฉรียา (2537) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวต่อค่าสีที่สกัดได้จากลูกพุด ได้แก่ อุณหภูมิและ pH ซึ่งสีที่ได้จะไม่คงตัวที่อุณหภูมิสูง และการสลายตัวของค่าสีจะเพิ่มมากขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งการทดสอบผลกระทบของอุณหภูมิต่อความเสถียรของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร สรุปได้ว่าที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียสนั้น ทำให้ความคงตัวของสีเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ดังนั้นในการนำผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกรไปประยุกต์ในการทดลอง ควรให้ความร้อนกับตัวอย่างที่อุณหภูมิไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส เพื่อความคงตัวของผงสีแดงที่พัฒนาได้

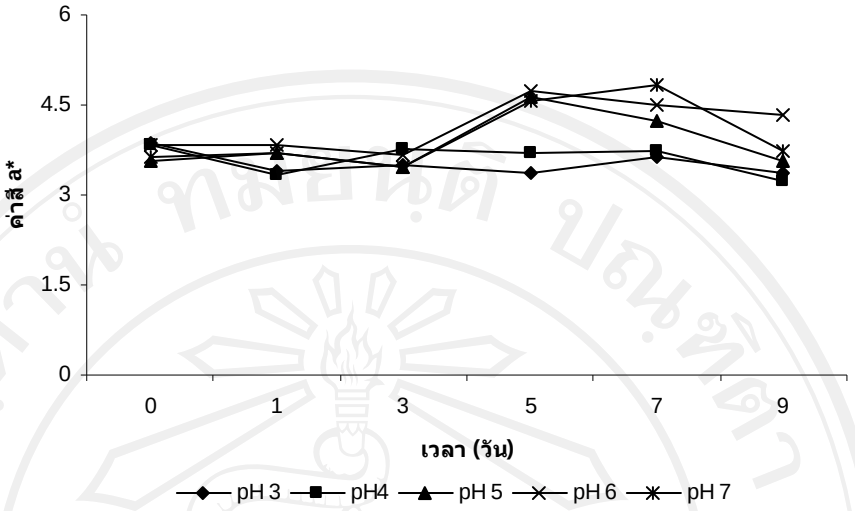
4.3.2 การศึกษาผลกระทบของ pH ต่อความเสถียรของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร

การศึกษาผลกระทบของ pH ต่อความเสถียรของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร โดยศึกษา pH 3.0-7.0 วันที่ 0 1 3 5 7 และ 9 วัน ซึ่ง pH มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L* a* b* ค่า chroma และค่า hue angle แสดงดังภาพ 4.7-4.11 ตามลำดับ

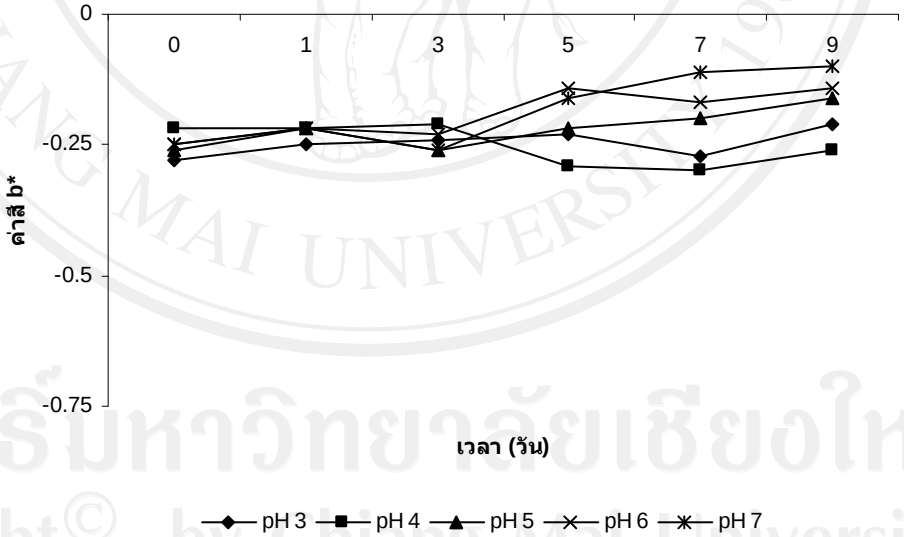


ภาพ 4.7 ผลกระทบของ pH และเวลาที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* ของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

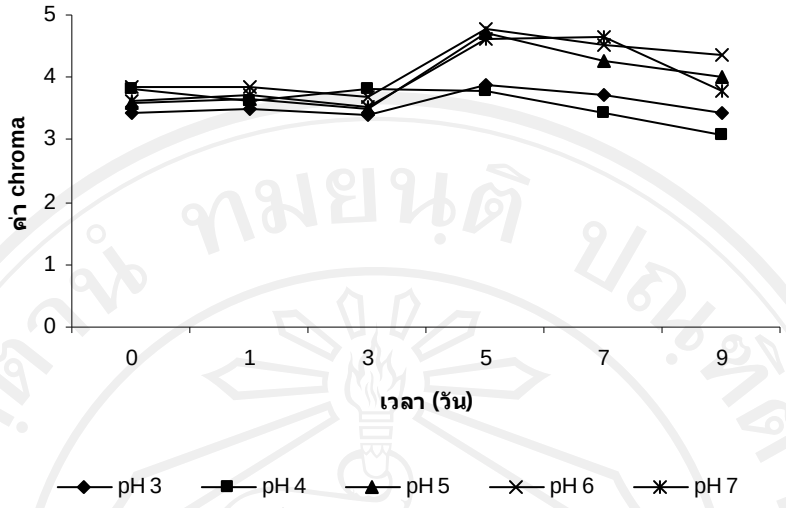


ภาพ 4.8 ผลกระทบของ pH และเวลาที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี a* ของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร

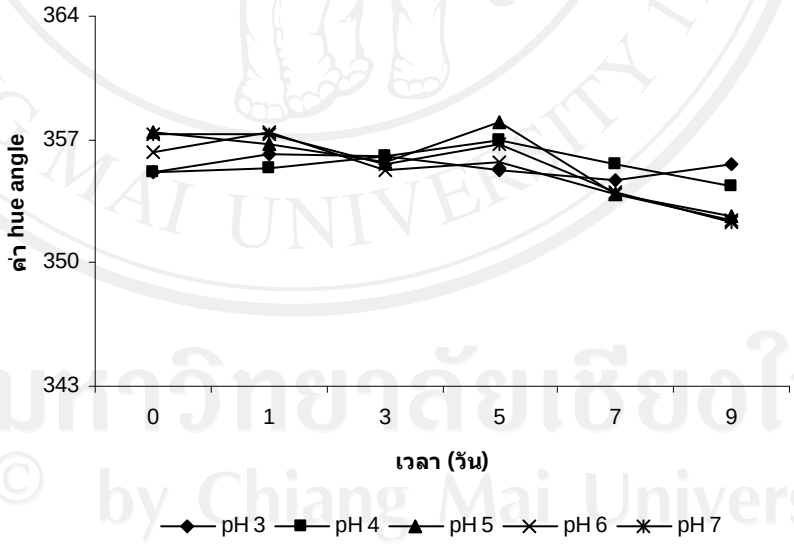


ภาพ 4.9 ผลกระทบของ pH และเวลาที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี b* ของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.10 ผลกระทบของ pH และเวลาที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี chroma ของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 4.11 ผลกระทบของ pH และเวลาที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี hue angle ของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร

จากการตรวจสอบคุณภาพค่าสีของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร ที่ทดสอบด้วย ค่า pH ที่แตกต่างกัน นาน 0-9 วัน พบว่า ค่าสี L* หรือค่าความสว่างนั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ซึ่งที่ pH 3 4 5 6 และ 7 มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 21.87 ถึง 25.22 22.43 ถึง 27.12 22.72 ถึง 24.51 22.53 ถึง 24.06 และ 22.44 ถึง 25.76 ตามลำดับ

ค่าสี a* หรือค่าสีแดง ของค่า pH 3 4 5 6 และ 7 นั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยค่าสีแดงจะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการศึกษาซึ่งสอดคล้องกับ Von Elbe *et al*. (1974) กล่าวว่า บีตาเลนจะมีความคงตัวมากที่ค่า pH 3.0-7.0

ค่า pH 3 4 5 6 และ 7 ซึ่งมีค่าสีแดงอยู่ในช่วง 3.36 ถึง 3.88 3.34 ถึง 3.77 3.58 ถึง 4.65 3.85 ถึง 4.74 และ 3.6 ถึง 4.83 ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาความคงตัวของสารให้สีของแอนโทไซยานินจากเปลือกมังคุด (วิญญูและคณะ, 2550) โดยจะใช้ค่าสี a* เป็นดัชนีบ่งชี้ความคงตัวของสีแดงของแอนโทไซยานิน พบว่า ที่ pH ต่ำ แอนโทไซยานินจะมีความคงตัวของค่าสีแดงได้ดีกว่าที่ pH สูง เนื่องจากแอนโทไซยานินจะมีความคงตัวสูงในสภาวะที่เป็นกรดที่ pH 1.0-4.0 ซึ่งจะแตกต่างจากบีตาเลนจะมีความคงตัวสูงที่ช่วง pH 3.0-7.0

ค่าสี b* ของ pH 3 4 5 6 และ 7 นั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) พบว่า pH 3 4 5 6 และ 7 มีค่าอยู่ในช่วง - 0.28 ถึง - 0.21 - 0.30 ถึง -0.21 -0.26 ถึง -0.16 - 0.23 ถึง -0.14 -0.26 ถึง -0.10 ตามลำดับ

ค่า chroma เป็นตัวเลขบ่งบอกความสดใสของตัวอย่าง ถ้ามีค่าน้อย สีจะทึบ และถ้ามีค่ามาก สีจะสดใส ซึ่งค่า chroma ของ pH 3 4 5 6 และ 7 นั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) pH 3 4 5 6 และ 7 มีค่าอยู่ในช่วง 3.40 ถึง 3.89 3.58 ถึง 3.83 3.50 ถึง 4.70 3.67 ถึง 4.76 และ 3.51 ถึง 4.66 ตามลำดับ

ค่า hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุตำแหน่งของสีมีหน่วยเป็นองศา เรียงตามลำดับสีแดง ส้ม เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม และม่วง ค่า hue angle นั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) พบว่า pH 3 4 5 6 และ 7 มีค่าอยู่ในช่วง 355.1 ถึง 356.12 544.4 ถึง 356.92 352.6 ถึง 357.98 352.45 ถึง 357.39 352.33 ถึง 359.13 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากการศึกษาความคงตัวของสีในสารละลายที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกรยังมีอยู่น้อย ดังนั้นจึงเปรียบเทียบกับผลการทดลองการศึกษาความคงตัวของสารให้สีแอนโทไซยานินจากเมล็ดถั่วดำ (ทิพวดี และคณะ, 2550) พบว่า แอนโทไซยานินมีผลกระทบต่อค่า pH และความร้อน ที่ pH 3-4 แอนโทไซยานินจะมีความคงตัวมากที่สุด เมื่อ pH เพิ่มขึ้นแอนโทไซยานินจะมีความคงตัวลดลง และยังพบว่า ความร้อนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน ซึ่งการให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์แก่สารละลายดังกล่าว พบว่าจะมีความคงตัวได้ดีกว่าการให้ความร้อนในระดับสเตอริไรซ์

จากการศึกษาผลกระทบของ pH ต่อความเสถียรของสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกร สรุปได้ว่า ทุกช่วง pH ที่ทำการศึกษานั้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีเล็กน้อย เนื่องจากสารละลายผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกรนั้นมีความคงตัวในช่วง pH ที่กว้าง ดังนั้นสามารถนำผงสีแดงที่สกัดจากเปลือกแก้วมังกรไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 การเปรียบเทียบการใช้สารสกัดสีแดงผงจากเปลือกแก้วมังกรกับสีสังเคราะห์สีแดง (Ponceau 4 R) ในการผลิตน้ำสตรอเบอรีที่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรซ์

4.4.1 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

จากการเปรียบเทียบการใช้สารสกัดสีแดงผงจากเปลือกแก้วมังกรกับสีสังเคราะห์สีแดง (Ponceau 4 R) ที่มีขายทางการค้าโดยประยุกต์ใช้กับตัวอย่างน้ำสตรอเบอรีที่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรซ์ พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งทดสอบความแตกต่างโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างคี่จากสามตัวอย่าง (triangle test) เพื่อหาความแตกต่างโดยรวมของ 2 ผลิตภัณฑ์ ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝน จำนวน 30 คน ผลการทดสอบ จากการคำนวณด้วยวิธี chi-square (ภาคผนวก ข) พบว่า ผู้ทดสอบเลือกตัวอย่างได้ถูกต้องทั้งหมด จำนวน 10 คน และผู้ทดสอบที่ตอบผิด จำนวน 20 คน โดยมีค่า chi-square จากการคำนวณ เท่ากับ 0.00 และค่า chi-square จากตารางสถิติ 1 (ภาคผนวก ข) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 เท่ากับ 3.84 สรุปว่า ค่า chi-square จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าค่า chi-square ที่ได้จากตารางสถิติ แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างน้ำสตรอเบอรี ร้อยละ 25 ที่เติมผงสีแดงจากเปลือกแก้วมังกร และน้ำสตรอเบอรี ร้อยละ 25 ที่เติมสีสังเคราะห์สีแดง (Ponceau 4 R) ที่มีขายทางการค้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพและคุณภาพด้านจุลินทรีย์

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและค่า pH จากการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 4.5 พบว่า ตัวอย่างน้ำสตรอเบอรี ร้อยละ 25 ที่เติมสีแดงผงจากเปลือกแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรซ์มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและค่า pH เท่ากับ ร้อยละ13.39 และ 3.34 ตามลำดับ และตัวอย่างน้ำสตรอเบอรี ร้อยละ 25 ที่เติมสีสังเคราะห์สีแดง (Ponceau 4 R) ที่มีขายทางการค้า ที่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรซ์ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและค่า pH เท่ากับ ร้อยละ13.78 และ 3.34 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ค่าคุณภาพเปรียบเทียบกับน้ำสตรอเบอรี ร้อยละ 25 ตราโกล์เดนแพน พบว่า มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและค่า pH เท่ากับ ร้อยละ10.7 และ 3.42 ตามลำดับ จะเห็นได้น้ำสตรอเบอรีดังกล่าวว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างน้ำสตรอเบอรี ร้อยละ 25 ที่เติมสีแดงผงจากเปลือกแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรซ์ มีปริมาณวิตามินซี เท่ากับ 3.32 ± 0.15 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร และมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก ร้อยละ 0.76 ± 0.03 ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างน้ำสตรอเบอรีที่เติมสีสังเคราะห์สีแดง (Ponceau 4 R) ที่มีขายทางการค้า ร้อยละ 25 ที่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรซ์ มีปริมาณวิตามินซี เท่ากับ 3.12 ± 0.56 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร และมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก ร้อยละ 0.71 ± 0.08 ตามลำดับ

ค่าสีของตัวอย่างน้ำสตรอเบอรี ร้อยละ 25 ที่เติมสีแดงผงจากเปลือกแก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรซ์ มีค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 26.30 7.33 และ 6.39 ตามลำดับ ค่า chroma และค่า hue angle มีค่าเท่ากับ 9.72 และ 41.04 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำสตรอเบอรี ร้อยละ 25 ที่เติมสีสังเคราะห์สีแดง (Ponceau 4 R) ที่มีขายทางการค้าที่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรซ์ไรซ์ มีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 25.30 7.53 และ 6.25 ตามลำดับ ค่า chroma และ hue angle มีค่าเท่ากับ 8.95 และ 40.87 ตามลำดับ

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราและจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำสตรอเบอรีเข้มข้น มผช.702/2547 ดังภาคผนวก ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์, 2547) ซึ่งมาตรฐานนี้จะรวมถึงน้ำสตรอเบอรีพร้อมดื่มด้วย พบว่า ตัวอย่างน้ำสตรอเบอรี ร้อยละ 25 ที่พัฒนาได้มีคุณภาพที่ปลอดภัยเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.5 คุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสตรอเบอรี ร้อยละ 25 ที่เติมสีแดงผงจากเปลือกแก้วมังกร และน้ำสตรอเบอรี ร้อยละ 25 ที่เติมสีสังเคราะห์สีแดง (Ponceau 4 R) ที่ผ่านกระบวนการพาสเจอไรซ์

คุณภาพที่ทำการวิเคราะห์	น้ำสตรอเบอรี ร้อยละ 25 ที่เติมสีแดงผงจากเปลือกแก้วมังกร	น้ำสตรอเบอรี ร้อยละ 25 ที่เติมสีแดงสังเคราะห์ (Ponceau 4 R)
<u>คุณภาพทางเคมีและภายภาพ</u>		
ปริมาณน้ำตาลซูโครส (%)	11.59±0.85	11.46 ± 0.89
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%)	13.39 ± 0.89	13.78 ± 0.67
ปริมาณกรดทั้งหมด (% as citric acid)	0.76 ± 0.03	0.71 ± 0.08
ปริมาณวิตามินซี (mg/100 ml)	3.32 ± 0.15	3.12 ± 0.56
pH	3.34 ± 0.00	3.34 ± 0.00
ค่าสี L*	26.30 ± 0.56	25.30 ± 0.66
a*	7.33 ± 0.75	7.53 ± 0.78
b*	6.39 ± 0.65	6.25 ± 0.68
chroma	9.72 ± 0.62	8.95 ± 0.63
hue angle	41.04 ± 0.85	40.87 ± 0.75
<u>คุณภาพทางจุลินทรีย์</u>		
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	< 10.0	< 10.0
ยีสต์และรา (CFU/g)	< 10.0	< 10.0
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/g)	< 3.0	< 3.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved