

ตารางที่ 6.3 ค่า b* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนและโชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่า b* ของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง			มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง
เริ่มต้น	50.16B ^a ± 0.17	53.67A ^a ± 0.57	51.92A	56.28A ^a ± 0.23	55.33A ^b ± 0.16
1	46.03CDEF ^b ± 0.52	47.33CD ^a ± 0.45	46.68BC	54.29AB ^{bc} ± 0.65	54.56AB ^{bc} ± 0.52
2	47.27C ^{bc} ± 0.24	46.78CD ^{bc} ± 0.23	47.03B	52.21ABC ^{cd} ± 4.29	50.12C ^{cd} ± 2.06
3	46.27CDE ^{bc} ± 0.45	46.09DEFG ^{cd} ± 1.05	46.18CD	54.02AB ^{bc} ± 0.75	54.73AB ^{bc} ± 0.71
4	44.83EFG ^{cd} ± 1.34	45.24FG ^{cd} ± 0.74	45.04E	51.51BC ^{cd} ± 2.25	50.79BC ^{cd} ± 0.76
5	44.23G ^d ± 0.19	44.90EFG ^d ± 0.15	44.57E	48.27C ^{cd} ± 3.29	49.03C ^{cd} ± 4.25
6	45.69DEFG ^{cd} ± 0.03	45.92DEFG ^{cd} ± 0.70	45.80D	49.24C ^{cd} ± 0.89	51.81ABC ^{cd} ± 3.37
ค่าเฉลี่ย	46.35B	47.14A		52.26 NS	52.34 NS

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวทึ่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวดิ่งและแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.4 ค่า C* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกและโชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่า C* ของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง				
	มะม่วงพันธุ์มหาชนก		มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์		
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
เริ่มต้น	52.66 ^b ± 0.16	56.01 ^a ± 0.55	54.33A	57.99 ^a ± 0.83	56.55 ^a ± 0.13
1	48.61 ^{CD} ± 0.48	49.77 ^C ± 0.54	49.19BC	55.30 ^{AB} ± 0.75	55.92 ^{AB} ± 0.30
2	49.65 ^C ± 0.18	49.64 ^C ± 0.18	49.64B	53.72 ^{BC} ± 4.04	51.37 ^C ± 2.13
3	48.95 ^C ± 0.50	48.52 ^{CDE} ± 1.14	48.73C	55.10 ^{AB} ± 0.86	55.52 ^{AB} ± 0.57
4	47.14 ^{DE} ± 1.26	47.72 ^{DE} ± 0.57	47.43D	52.99 ^{BC} ± 2.09	52.02 ^{BC} ± 0.84
5	46.55 ^E ± 0.25	47.00 ^E ± 0.36	46.77D	49.81 ^C ± 3.23	50.31 ^C ± 3.99
6	48.54 ^{CD} ± 0.26	48.49 ^{CDE} ± 0.65	48.52C	50.35 ^C ± 1.09	53.15 ^{ABC} ± 3.26
ค่าเฉลี่ย	48.87B	49.59A		53.61 NS	53.55 NS
เวลาเก็บรักษา					

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทึบที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทึบที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งและแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทึบที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.5 ค่า H° ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนและโชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่า H° ของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง				
	มะม่วงพันธุ์มหาชน		มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์		
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
เริ่มต้น					
1	72.27AB ^b ± 0.16	73.39A ^a ± 0.16	72.83A	76.21A ^{***} ± 2.25	78.08B ^{***} ± 0.16
2	71.24BC ^{***} ± 0.24	72.02AB ^{***} ± 0.60	71.63BCD	79.09A ^{***} ± 1.33	77.33B ^{***} ± 1.06
3	72.17AB ^a ± 0.26	70.48CD ^b ± 0.31	71.33CD	76.34A ^{***} ± 1.71	77.34B ^{***} ± 0.76
4	70.99BCD ^{***} ± 0.53	71.82BC ^{***} ± 0.80	71.40CD	78.68A ^{***} ± 0.81	80.40A ^{***} ± 1.12
5	72.01B ^{***} ± 0.75	71.48BCD ^{***} ± 1.36	71.75BC	76.44A ^{***} ± 1.63	77.55B ^{***} ± 0.66
6	71.86B ^{***} ± 0.58	72.83A ^{***} ± 1.16	72.34AB	75.80A ^{***} ± 2.38	77.02B ^{***} ± 1.84
	70.29D ^{***} ± 0.75	71.72BC ^{***} ± 0.29	70.78D	78.04A ^{***} ± 1.00	77.10B ^{***} ± 0.91
ค่าเฉลี่ย	71.55 NS	71.89 NS		77.23 NS	77.83 NS
เวลาเก็บรักษา					

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทักที่กำกับค่าของข้อมูลตามแผนวอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทักพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแผนวอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทักพิมพ์ใหญ่ ตัวหนา ที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแผนวอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.6 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาทีก) ของเนื้อมวงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกและโชคอนันต์
แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาทีก)			
	มะม่วงพันธุ์มหาชนก		มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง
เริ่มต้น	4241.10A ^{ns} ± 769.49	3516.18ABC ^{ns} ± 132.64	3878.64A	6428.30CD
1	2654.95DE ^{ns} ± 516.67	2604.42DE ^{ns} ± 226.62	2629.69B	13429.96A
2	2028.88EF ^{ns} ± 121.94	2032.69EF ^{ns} ± 49.39	2030.79C	3521.96E
3	1714.54FG ^{ns} ± 139.38	1263.43FG ^{ns} ± 112.96	1488.98D	5003.72DE
4	1070.29G ^{ns} ± 42.39	978.24G ^{ns} ± 49.79	1024.26D	10668.42B
5	2927.46BCD ^{ns} ± 369.57	2770.12CDE ^{ns} ± 52.45	2848.79B	8798.99B
6	3720.16AB ^{ns} ± 72.73	3591.38AB ^{ns} ± 786.89	3655.77A	8622.61BC
ค่าเฉลี่ย	2622.48 NS	2393.78 NS	8087.55 NS	8047.87 NS
เวลาเก็บรักษา				

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลตามแผนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งและแผนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแผนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.7 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ฟอสโฟลีสในออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที่) ของเนื้อมะม่วงสุกที่ขึ้นพันธุ์มหาชนและโชคอนันต์
แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	กิจกรรมของเอนไซม์ฟอสโฟลีสในออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที่)			
	มะม่วงพันธุ์มหาชน		มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
เริ่มต้น				ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง
1	209.25C ^{ns} ± 32.19	199.80C ^{ns} ± 23.62	444.74C ^{ns} ± 106.33	357.84B ^{ns} ± 29.51
2	294.19C ^{ns} ± 43.90	250.00C ^{ns} ± 14.85	2048.04A ^a ± 450.92	973.95A ^b ± 199.53
3	314.15C ^{ns} ± 20.01	259.52C ^{ns} ± 42.15	393.21C ^{ns} ± 128.00	625.06AB ^{ns} ± 290.83
4	65.95D ^{ns} ± 15.16	45.66D ^{ns} ± 4.07	990.21B ^{ns} ± 416.28	906.35A ^{ns} ± 448.27
5	57.80D ^{ns} ± 3.16	52.29D ^{ns} ± 14.08	611.79BC ^{ns} ± 394.19	278.17B ^{ns} ± 132.61
6	249.00C ^{ns} ± 55.17	214.54C ^{ns} ± 17.20	729.79BC ^{ns} ± 96.36	828.17A ^{ns} ± 65.73
	707.20A ^{ns} ± 98.46	577.40B ^{ns} ± 88.59	405.03C ^{ns} ± 97.71	246.46B ^{ns} ± 29.72
ค่าเฉลี่ย	271.07 NS	228.45 NS	803.26NS	602.29NS
เวลาเก็บรักษา				

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวทึบที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวอนแนวดิ่งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งและแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (%) ในรูปของกรดซัลฟิวริกของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพื้นฐ่มาหวนกและโซคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (%)			
	มะม่วงพื้นฐ่มาหวนก		มะม่วงพื้นฐ่โซคอนันต์	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง
เริ่มต้น				
1	0.34A ^{ns} ± 0.05	0.35A ^{ns} ± 0.04	0.34A	0.29A ^{ns} ± 0.01
2	0.34A ^{ns} ± 0.01	0.35A ^{ns} ± 0.01	0.34A	0.25A ^{ns} ± 0.05
3	0.33AB ^{ns} ± 0.01	0.34A ^{ns} ± 0.01	0.33A	0.26B ^{ns} ± 0.02
4	0.32AB ^{ns} ± 0.01	0.34A ^{ns} ± 0.04	0.33A	0.27AB ^{ns} ± 0.03
5	0.32AB ^{ns} ± 0.03	0.34A ^{ns} ± 0.02	0.33A	0.26A ^{ns} ± 0.06
6	0.31AB ^{ns} ± 0.01	0.33AB ^{ns} ± 0.01	0.32AB	0.27A ^{ns} ± 0.01
	0.29B ^{ns} ± 0.01	0.31AB ^{ns} ± 0.01	0.30B	0.31A ^{ns} ± 0.07
				0.32A ^{ns} ± 0.04
ค่าเฉลี่ย	0.32 NS	0.34 NS	0.30 NS	0.29 NS
เวลาเก็บรักษา				

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทักก็ักกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทักก็ักกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งและแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทักก็ักกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.9 การเปลี่ยนแปลงค่าเพื่อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนและโชนอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการรักษา
ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่าเพื่อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชน			มะม่วงพันธุ์โชนอนันต์	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
เริ่มต้น					
1	4.52A ^{abc} ± 0.18	4.43A ^{abc} ± 0.17	4.48A	4.61A ^{ab} ± 0.06	4.53A ^{ab} ± 0.01
2	4.48A ^{abc} ± 0.15	4.45A ^{abc} ± 0.06	4.46A	4.45AB ^{ab} ± 0.14	4.59A ^{ab} ± 0.15
3	4.49A ^{abc} ± 0.27	4.45A ^{abc} ± 0.25	4.47A	4.65A ^a ± 0.06	4.32B ^b ± 0.12
4	4.46A ^{abc} ± 0.21	4.46A ^{abc} ± 0.14	4.46A	4.47AB ^{ab} ± 0.12	4.47AB ^{ab} ± 0.12
5	4.49A ^{abc} ± 0.08	4.44A ^{abc} ± 0.14	4.47A	4.47AB ^{ab} ± 0.16	4.61A ^{ab} ± 0.04
6	4.54A ^{abc} ± 0.17	4.49A ^{abc} ± 0.16	4.52A	4.53A ^{ab} ± 0.08	4.33B ^b ± 0.13
	4.59A ^{abc} ± 0.07	4.54A ^{abc} ± 0.12	4.57A	4.28B ^b ± 0.13	4.34B ^b ± 0.05
ค่าเฉลี่ย	4.51 NS	4.47 NS		4.50 NS	4.46 NS
เวลาเก็บรักษา					

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแผนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งและแนวนอนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนและโชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%)			
	มะม่วงพันธุ์มหาชน		มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง
เริ่มต้น				
1	19.03ABC ^{ns} ± 0.06	19.00ABC ^{ns} ± 0.00	19.40ABCD ^{ns} ± 0.32	18.72C
2	18.50BC ^{ns} ± 0.50	18.67ABC ^{ns} ± 0.58	20.66AB ^{ns} ± 0.59	20.58A
3	18.85BC ^{ns} ± 0.04	18.87BC ^{ns} ± 0.00	20.43A [*] ± 0.56	19.73ABC
4	19.00ABC ^{ns} ± 0.00	19.33AB ^{ns} ± 0.29	19.68AB ^{ns} ± 1.49	18.98BC
5	18.67BC ^{ns} ± 0.29	19.50A ^{ns} ± 0.50	19.42AB ^{ns} ± 0.89	19.72ABC
6	18.71BC ^{ns} ± 0.22	18.80BC ^{ns} ± 0.35	20.87A ^{ns} ± 0.49	19.91ABC
	18.50C ^{ns} ± 0.50	18.67C ^{ns} ± 0.58	19.87AB ^{ns} ± 0.81	20.42AB
ค่าเฉลี่ย	18.75 NS	18.98 NS	19.83 NS	19.62 NS
เวลาเก็บรักษา				

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวเล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแผนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งและแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดียวกันที่ 0-6 ตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาสารีตวิจ (%) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนและโศคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณน้ำตาสารีตวิจ (%)				
	มะม่วงพันธุ์มหาชน		มะม่วงพันธุ์โศคอนันต์		
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
เริ่มต้น					
1	3.28A ^{ns} ± 0.28	3.27A ^{ns} ± 0.13	3.28A	4.16ABC ^{ns} ± 0.09	4.36A ^{ns} ± 0.57
2	2.92ABC ^{ns} ± 0.20	3.20AB ^{ns} ± 0.16	3.06AB	4.45A ^{ns} ± 0.28	4.09AB ^{ns} ± 0.12
3	3.11ABC ^{ns} ± 0.20	2.90BC ^{ns} ± 0.01	3.01B	4.09ABC ^{ns} ± 0.43	3.78AB ^{ns} ± 0.47
4	3.12ABC ^{ns} ± 0.05	3.10ABC ^{ns} ± 0.04	3.11AB	3.97ABC ^{ns} ± 0.35	4.17AB ^{ns} ± 0.08
5	2.79C ^b ± 0.19	3.18AB ^a ± 0.12	2.98B	4.17AB ^a ± 0.05	4.03AB ^b ± 0.07
6	3.02ABC ^{ns} ± 0.45	3.12ABC ^{ns} ± 0.10	3.07AB	3.80BC ^{ns} ± 0.28	3.65B ^{ns} ± 0.07
	2.97ABC ^{ns} ± 0.17	3.02ABC ^{ns} ± 0.08	3.00B	3.66C ^{ns} ± 0.07	3.81AB ^{ns} ± 0.39
ค่าเฉลี่ย	3.03 NS	3.12 NS		4.04NS	3.98NS
เวลาเก็บรักษา					

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวย่อกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งและแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาแลซูโครส (%) ของเนื้อมวงสุกหั่นชิ้นพันธุ์หมากเขียบอกแจ้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณน้ำตาแลซูโครส (%)			
	มะม่วงพันธุ์หมาก		มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง
เริ่มต้น				
1	11.35AB ^{ns} ± 0.78	11.64A ^{ns} ± 0.33	11.50AB	15.91
2	11.61A ^{ns} ± 0.09	11.66A ^{ns} ± 0.65	11.63A	15.76
3	11.54A ^{ns} ± 0.27	11.67A ^{ns} ± 0.11	11.60A	16.10
4	11.45A ^{ns} ± 0.31	11.57A ^{ns} ± 0.11	11.51AB	15.28
5	11.04B ^{ns} ± 0.39	11.11B ^{ns} ± 0.38	11.08BC	15.35
6	10.39B ^{ns} ± 0.38	10.35B ^{ns} ± 0.29	10.37C	15.90
	10.43B ^{ns} ± 0.23	10.53B ^{ns} ± 0.25	10.49C	15.31
ค่าเฉลี่ย	11.12 NS	11.22 NS		
เวลาเก็บรักษา			15.77 NS	15.50 NS

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทึบที่กำกับค่าของข้อมูลตามแบบวนอนแต่ละชุดที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งและแบบวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแบบวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนและโชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%)			
	มะม่วงพันธุ์มหาชน		มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง
เริ่มต้น	14.63A ^{ns} ± 1.04	14.93A ^{ns} ± 0.41	14.78A	16.12NS
1	14.53AB ^{ns} ± 0.16	14.86A ^{ns} ± 0.49	14.69A	15.97NS
2	14.64A ^{ns} ± 0.09	14.57AB ^{ns} ± 0.11	14.61A	16.30NS
3	14.56AB ^{ns} ± 0.09	14.67A ^{ns} ± 0.13	14.62A	15.48NS
4	13.83BCD ^{ns} ± 0.34	14.29BC ^{ns} ± 0.43	14.06B	15.55NS
5	13.42D ^{ns} ± 0.44	13.47D ^{ns} ± 0.21	13.45C	16.06NS
6	13.41D ^{ns} ± 0.36	13.56CD ^{ns} ± 0.32	13.48C	15.50NS
ค่าเฉลี่ย	14.15 NS	14.34 NS		
เวลาเก็บรักษา			15.97NS	15.75NS

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวทึบที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งและแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด) ของเนื้อมะม่วงสุกที่ขึ้นพันธุ์มหาชนและโชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด)			
	มะม่วงพันธุ์มหาชน		มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง
เริ่มต้น				
1	67.65A ^{ns} ± 1.03	68.14A ^{ns} ± 4.81	67.89A	44.87A ^{ns} ± 3.20
2	63.09AB ^{ns} ± 1.42	63.85AB ^{ns} ± 1.55	63.47B	36.09BC ^b ± 3.96
3	62.15B ^{ns} ± 3.90	62.41AB ^{ns} ± 2.82	62.28B	44.89A ^a ± 0.44
4	61.94AB ^{ns} ± 3.56	62.00AB ^{ns} ± 4.01	61.96B	37.25BC ^{ns} ± 3.39
5	60.10B ^{ns} ± 1.40	61.26AB ^{ns} ± 2.32	60.67B	39.97AB ^b ± 2.58
6	39.69C ^{ns} ± 3.82	44.17C ^{ns} ± 2.31	41.93C	36.66BC ^{ns} ± 0.74
	40.62C ^{ns} ± 2.82	43.32C ^{ns} ± 2.95	41.97C	32.95C ^{ns} ± 4.58
ค่าเฉลี่ย	56.46 NS	57.87 NS		38.95B
เวลาเก็บรักษา				42.07A

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวทึบที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งและแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีน (ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

ระยะการเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณแคโรทีน		ค่าเฉลี่ย ของทั้ง 2 ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	54.06A ^{ns} ± 2.89	56.69A ^{ns} ± 4.34	55.37A
1	42.67BC ^{ns} ± 5.98	47.42B ^{ns} ± 3.98	45.05B
2	34.51DE ^{ns} ± 3.89	41.54C ^{ns} ± 2.75	38.02B
3	33.97DE ^{ns} ± 3.37	38.24CD ^{ns} ± 3.49	36.10B
4	30.43EF ^{ns} ± 1.40	35.29DE ^{ns} ± 3.32	32.86B
5	21.85G ^{ns} ± 2.81	25.71FG ^{ns} ± 1.44	23.78C
6	24.68FG ^b ± 1.25	29.33EF ^a ± 1.93	27.01C
ค่าเฉลี่ยตลอด ระยะการเก็บรักษา	34.60B	39.17A	

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวกึ่งที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวดิ่งและแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวดิ่งและแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.17 ปริมาณอุณหภูมิตั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกที่ขึ้นพันธุ์มหาชนและโชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา
ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาการเก็บรักษา	ปริมาณอุณหภูมิตั้งหมดของเนื้อมะม่วงที่ขึ้นพันธุ์มหาชนและโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง (โคโลนี/กรัม)			
	มะม่วงพันธุ์มหาชน		มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
เมื่อเริ่มต้น เดือนที่ 6	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ตารางที่ 6.18 ปริมาณยีสต์และราของเนื้อมะม่วงสุกที่ขึ้นพันธุ์มหาชนและโชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา
ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาการเก็บรักษา	ปริมาณยีสต์และราของเนื้อมะม่วงที่ขึ้นพันธุ์มหาชนและโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง (โคโลนี/กรัม)			
	มะม่วงพันธุ์มหาชน		มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
เมื่อเริ่มต้น เดือนที่ 6	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ตารางที่ 6.19 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบสีที่ปรากฏของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น

พันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 6 เดือน

ระยะการเก็บรักษา (เดือน)	คะแนนความชอบสีที่ปรากฏ		ค่าเฉลี่ยของ ทั้ง 2 ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	$7.80^{ns} \pm 0.42$	$7.90^{ns} \pm 0.88$	7.85A
1	$7.78^{ns} \pm 0.44$	$7.90^{ns} \pm 0.32$	7.85A
2	$6.91^{ns} \pm 1.64$	$7.10^{ns} \pm 0.74$	6.95B
3	$7.60^{ns} \pm 0.84$	$7.00^{ns} \pm 1.15$	7.30AB
4	$7.67^{ns} \pm 0.87$	$7.40^{ns} \pm 0.70$	7.55AB
5	$7.27^{ns} \pm 1.10$	$7.70^{ns} \pm 0.67$	7.45AB
6	$7.30^{ns} \pm 0.95$	$7.20^{ns} \pm 1.23$	7.25AB
ค่าเฉลี่ยตลอด ระยะการเก็บรักษา	7.46NS	7.46 NS	

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทแยงที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวดิ่งและแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.20 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น
พันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 6 เดือน

ระยะการเก็บรักษา (เดือน)	คะแนนความชอบลักษณะเนื้อสัมผัส		ค่าเฉลี่ยของ ทั้ง 2 ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	7.50A ^{ns} ± 0.53	7.50A ^{ns} ± 0.53	7.50A
1	7.33AB ^{ns} ± 1.12	6.60AB ^{ns} ± 0.70	7.00AB
2	6.18B ^{ns} ± 1.47	7.10AB ^{ns} ± 0.57	6.55B
3	6.80AB ^{ns} ± 1.14	6.30B ^{ns} ± 1.42	6.55B
4	7.00AB ^{ns} ± 0.71	7.00AB ^{ns} ± 1.33	7.05AB
5	7.00AB ^{ns} ± 1.26	6.70AB ^{ns} ± 1.25	6.80AB
6	7.10AB ^{ns} ± 1.37	7.30AB ^{ns} ± 1.06	6.20AB
ค่าเฉลี่ยตลอด ระยะการเก็บรักษา	6.97 NS	6.93 NS	

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทวิภาคที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวดิ่งและแนวนอนที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.21 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบกลิ่นของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชน
แซ่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

ระยะการเก็บรักษา (เดือน)	คะแนนความชอบกลิ่น		ค่าเฉลี่ยของ ทั้ง 2 ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	7.50A ^{ns} ± 0.71	7.30AB ^{ns} ± 0.48	7.40A
1	7.67A ^{ns} ± 0.71	7.10AB ^{ns} ± 0.99	7.40A
2	6.64ABC ^{ns} ± 1.36	7.30AB ^{ns} ± 0.67	6.90A
3	6.30BC ^{ns} ± 1.42	5.90C ^{ns} ± 1.10	6.10B
4	7.22AB ^{ns} ± 0.67	7.50A ^{ns} ± 1.35	7.30A
5	6.73ABC ^{ns} ± 1.19	7.10AB ^{ns} ± 0.99	6.95A
6	7.00AB ^{ns} ± 1.15	7.60A ^{ns} ± 1.08	7.30A
ค่าเฉลี่ยตลอด ระยะการเก็บรักษา	6.99ns	7.11ns	

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวกึ่งที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวดิ่งและแนวนอนที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.22 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบรสหวานของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก
แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือน

ระยะการเก็บรักษา (เดือน)	ความชอบรสหวาน		ค่าเฉลี่ยของ ทั้ง 2 ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	7.90A ^{ns} ± 0.88	7.80A ^{ns} ± 0.79	7.85A
1	7.67AB ^{ns} ± 0.50	7.50ABC ^{ns} ± 0.53	7.60AB
2	6.45BCDE ^{ns} ± 1.44	6.70ABCDE ^{ns} ± 0.95	6.50CD
3	5.80DE ^{ns} ± 1.55	5.60E ^{ns} ± 1.71	5.70D
4	6.67ABCDE ^{ns} ± 1.41	7.10ABCD ^{ns} ± 0.99	6.85BC
5	6.27CDE ^{ns} ± 1.49	6.40BCDE ^{ns} ± 1.43	6.35CD
6	6.60ABCDE ^{ns} ± 1.43	6.90ABCDE ^{ns} ± 1.85	6.75C
ค่าเฉลี่ยตลอด ระยะการเก็บรักษา	6.74 NS	6.86 NS	

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทึบที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวดิ่งและแนวนอนที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.23 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบรสเปรี้ยวของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชน
แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

ระยะการเก็บรักษา (เดือน)	คะแนนความชอบรสเปรี้ยว		ค่าเฉลี่ยของ ทั้ง 2 ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	8.10A ^{ns} ± 0.88	8.00A ^{ns} ± 0.82	8.05A
1	7.67AB ^{ns} ± 0.50	7.50ABC ^{ns} ± 0.53	7.55AB
2	6.00E ^{ns} ± 1.26	5.70E ^{ns} ± 1.34	5.80C
3	6.50DE ^{ns} ± 1.08	6.20E ^{ns} ± 1.14	6.35C
4	6.33DE ^{ns} ± 1.00	6.20E ^{ns} ± 1.23	6.25C
5	6.09E ^{ns} ± 1.76	5.80E ^{ns} ± 1.75	5.95C
6	6.80CDE ^{ns} ± 1.48	7.40ABCD ^{ns} ± 0.84	7.10C
ค่าเฉลี่ยตลอด ระยะการเก็บรักษา	6.76 NS	6.69 NS	

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยทแยงที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งและแนวนอนที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.24 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับโดยรวมของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชน
แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

ระยะการเก็บรักษา (เดือน)	คะแนนการยอมรับโดยรวม		ค่าเฉลี่ยของ ทั้ง 2 ชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	8.00A ^{ns} ± 0.82	8.00A ^{ns} ± 0.82	8.00A
1	7.56AB ^{ns} ± 1.13	6.70BC ^{ns} ± 1.06	7.10B
2	6.27C ^{ns} ± 1.27	6.80BC ^{ns} ± 0.79	6.50B
3	6.60C ^{ns} ± 1.35	6.58BC ^{ns} ± 1.17	6.59B
4	7.11ABC ^{ns} ± 1.05	7.20ABC ^{ns} ± 1.32	7.15B
5	6.73BC ^{ns} ± 1.27	7.20ABC ^{ns} ± 0.79	6.95B
6	7.00ABC ^{ns} ± 1.05	7.30ABC ^{ns} ± 1.06	7.15B
ค่าเฉลี่ยตลอด ระยะการเก็บรักษา	7.01 NS	7.11 NS	

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกลงที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวดิ่งและแนวนอนที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน
แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
- : ns : NS = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 7

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการทดลอง

7.1.1 ผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์และมหาชนกที่บ่มให้สุกด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์มีการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ H° เหมือนกับผลมะม่วงที่สุกเองตามธรรมชาติ แต่มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีเกิดขึ้นรวดเร็วกว่าผลมะม่วงที่สุกเองตามธรรมชาติ และผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่บ่มเร่งให้สุกด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์มีปริมาณสารแคโรทีนอยด์และแคโรทีนทั้งหมดมากกว่าผลมะม่วงที่สุกเองตามธรรมชาติ

7.1.2 ระหว่างการสุกของผลมะม่วงทั้ง 2 พันธุ์ ผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ดิบมีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและพอลิฟีนอลออกซิเดสน้อยมากและเพิ่มขึ้นเมื่อผลมะม่วงที่เริ่มสุกและผลสุก และผลมะม่วงดิบมีปริมาณโปรตีนที่ละลายได้น้อยที่สุด และค่อยๆ เพิ่มมากขึ้นเมื่อผลมะม่วงเริ่มสุกและสุกมากขึ้น

7.1.3 เมื่อแยกแถบโปรตีนโดยใช้วิธีเอสดีเอส-พอลิอะคริลาไมด์เจลอิเล็กโตรโฟรีซิสพบว่าผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีแถบโปรตีน 12 แถบ โดยมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 85.0, 58.8, 39.3, 33.5, 32.3, 30.2, 28.8, 27.5, 24.0, 21.0, 17.8 และ 14.4 kDa ตามลำดับ ในผลมะม่วงดิบไม่ปรากฏแถบโปรตีนที่ 39.3 kDa แต่พบในผลมะม่วงตั้งแต่เริ่มสุกจนสุกเต็มที่ และความเข้มของแถบโปรตีนที่ 33.5 kDa จางลงเมื่อผลมะม่วงสุกมากขึ้น ส่วนผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีแถบโปรตีนที่เห็นได้ชัดเจน 13 แถบ มีน้ำหนักโมเลกุลเหมือนกับแถบโปรตีนของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ แต่มีแถบโปรตีนที่ 36.7 kDa เห็นได้ชัดเจน ในขณะที่ผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ไม่ปรากฏแถบโปรตีนนี้

7.1.4 การจุ่มเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.0% เป็นเวลา 120 วินาที สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ดีที่สุด

7.1.5 เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกและโชคอนันต์ ที่ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสโดยการแช่ชิ้นเนื้อมะม่วงสุกในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.0% เป็นเวลา 120 วินาที ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง และการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิ -18°C องศาเซลเซียส มีค่า L^* , a^* และ H° ลดลงเล็กน้อย ส่วนค่า b^* และ C^* ลดลงในช่วงเดือนแรก และภายหลังเก็บรักษานานกว่า 3 เดือน ค่า b^* และ C^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและค่าเฉลี่ย b^* และ C^* ของเนื้อมะม่วงชุดทดลองมีค่ามากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารอ้างอิง

- กัณณพนธ์ โล่ห์เพชรรัตน์. 2538. การสกัด β -carotene จากน้ำมันปาล์ม. โครงการการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมประสบการณ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 117 หน้า.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. องค์ประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว. ใน *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม, หน้า 75-106.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. องค์ประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว. ใน *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.
- จักรกฤษณ์ อินทวัฒน์. 2546. ผลของแคลเซียมคาร์ไบด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีระหว่างการสุกของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์และมหาชนก. *การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, หน้า 45-53.
- จันทร์สุดา จงสวัสดิ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2538. คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลไม้สดพร้อมบริโภค (มะละกอ ฝรั่ง และแคนตาลูป). *รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่* : หน้า 5-7.
- คณัย บุญเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2535. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 3 สำนักพิมพ์โอเคียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 142 หน้า.
- คณัย บุญเกียรติ. 2540. *สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน*. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 222 หน้า.
- ศิธร รินประนาม. 2541. ผลของการห่อและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงรงควัตถุของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์เคนท์ในระหว่างการพัฒนาของผล. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, หน้า 4-15.
- เดช ทิวทอง. 2542. *มะม่วงมหาชนก*. เอกสารแผ่นพับเผยแพร่.
- ทิพย์วรรณ งามศักดิ์ เกษม นันทชัย และวรรณ ศรีเจษฎารักษ์. 2543. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงและความสามารถในการแข่งขันตลาดต่างประเทศ. *วารสารเคหการเกษตร*. 24 (2) : 200-202.

- ธีราพร ไชยวรรณ. 2536. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ-เคมี ระหว่างการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้
 หนึ่งกลางวัน และแรด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิธิยา รัตนাপนนท์ และคณัฏ บุญเกียรติ. 2533. มะม่วง. ใน วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผักและ
 ผลไม้เศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, หน้า 33-43.
- นิธิยา รัตนูปนนท์ และวิบูลย์ รัตนูปนนท์. 2537. โภชนาศาสตร์เบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์,
 กรุงเทพฯ, 139 หน้า.
- นิธิยา รัตนูปนนท์. 2544. การแช่เยือกแข็ง. ใน หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. สำนักพิมพ์
 โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 55-61.
- นิธิยา รัตนูปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 335-343.
- บัวหลวง ฝ่ายเชื้อ. 2545. ผลของความเข้มข้นและเวลาการแช่ในกรดแอสคอร์บิกต่อการเกิดสีน้ำตาล
 แอควิตีของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสและโพลีฟีนอลออกซิเดสในเนื้อผลฝรั่งที่ตัดแบ่งชิ้น.
 วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัย
 เชียงใหม่, หน้า 4-38.
- รวี เสธภูภักดี และเปรมปรี ฌ สงขลา. 2542. มหาชนก มะม่วงเพื่ออุตสาหกรรมส่งออกและแปรรูป.
 วารสารเคหการเกษตร. 23 (3) : 64-69.
- รุ่งอรุณ หอมดอก. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนคต้ามะม่วงผสมสมุนไพร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร-
 มหาบัณฑิต สาขาวิชาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วิจิตร วังใน. 2529. มะม่วง. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิจิตร วังใน. 2531. พันธุ์ ส่วนประกอบของผลมะม่วง และการปฏิบัติต่อผลมะม่วงหลังเก็บเกี่ยว.
 ใน เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้เพื่อการส่งออก ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี,
 กรุงเทพฯ, หน้า 3-11.
- วิจิตร วังใน. 2533. พันธุ์มะม่วง. ใน การทำสวนมะม่วง. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
 กรุงเทพฯ, หน้า 1-17.
- ศมาพร หลากสุขถม. 2545. การเปลี่ยนแปลงแอควิตีของเอนไซม์ Pectin methylesterase และ
 Polygalacturonase และความแน่นเนื้อในระหว่างการสุกของผลมะม่วง. วิทยานิพนธ์วิทยาศา-
 สตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศิวพร จินตนาวงศ์. 2539. มาตรฐานพันธุ์พืชสวน. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

- สรรพมงคล บุญกัน. 2545. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและเคมีในระหว่างการเจริญและการพัฒนาของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สายชล เกตุษา และสุนทร โปทา. 2535. คุณภาพของผลมะม่วงสุกและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เก็บเกี่ยวอายุต่างกัน. วารสารเกษตรศาสตร์ 26 : 12-19.
- สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 146-158.
- สินีนาด สันติธรรมาภรณ์. 2541. การเปลี่ยนแปลงของสารระเหยให้กลิ่นในมะม่วงระหว่างการบวนการสุก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สิริมา สุขพรรณ. 2541. ผลของการทำแห้งโดยใช้ลมร้อนต่อปริมาณบีต้า-แคโรทีนในแครอท. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุกัญญา ชิตตระกูล. 2539. ผลของการใช้อุณหภูมิสูงที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนุตตรา นวมถนอม และบุญตา เตชะโยธิน. 2540. การสกัดเบต้า-แคโรทีนจากน้ำมันปาล์มและการทำบริสุทธิ์. โครงการการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมประสบการณ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 1-6.
- อังฉนา ศิริภัทร. 2542. มะม่วงมหาชนกภาคสอง ส่วนทำคอนรีเวอร์วีว. วารสารเคหการเกษตร. 23 (8) : 72-76.
- อิสรพงษ์ พงษ์ศิริกุล. 2544. การวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, หน้า 45-51.
- Ali, Z.M., Armugam, S. and Lazan, H. 1995. β -Galactosidase and its significance in ripening mango fruit. *Phytochem.*, 38 : 1109-1114.
- Anocha K.T., Gwyn P.J., Mark L.W., and David, R.B. 1998. Evaluation of extraction method for the analysis of carotenoids in fruits and vegetables. *Food Chem.*, 65(4):577-584.
- Association of Official Analysis Chemists. 1998. Official Methods of Analysis of the AOAC. 15th ed., AOAC, Virginia, USA.
- Association of Official Analysis Chemists. 2000. Official Methods of Analysis of the AOAC. 17th ed., AOAC, Virginia, USA.

- Ashwani, K. and Dhawan, S.S. 1995. Effect of post harvest treatments on the enhancement of ripening of mango (*Mangifera indica*) fruit cv. Dashehari. *J. Hort. Sci.*, 24(2) : 109-115.
- Ball, G.F.M. 1992. The Fat-Soluble Vitamins. *In* Food Analysis by HPLC (Leo, M.L.N., Ed.), Marcel Dekker Inc., New York, pp. 275-341.
- Ben-Amotz, A. and Fishler, R. 1998. Analysis of carotenoids with emphasis on 9-*cis* β -carotene in vegetables and fruits commonly consumed in Israel. *Food Chem.*, 62 (4) : 515-520.
- Bhaskarachary, K., Sankar Rao, D.S., Deosthale, Y.G. and Redely, V. 1995. Carotene content of some common and less familiar foods of plant origin. *Food Chem.*, 54 : 189-193.
- Borenstein, B. 1979. Nutritional and Safety Aspects. *In* Food Processing (Tannenbaum, S.R., Ed.), Marcel Dekker Inc., New York, p. 217.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72 : 248-254.
- Britton, G. and Hornero-Mendez, D. 1998. Carotenoids and Colour in Fruit and Vegetables. *In* Phytochemistry of Fruit and Vegetables (Tomas-Barberin, F.A. and Robins, R.J., Eds.), Proceeding of the Phytochemical Society of Europe, Oxford Science Publications, pp. 11-27.
- Britton, G. 1996. Carotenoids. *In* Natural Food Colorants. 2nd ed. (Handry, G.A.F. and Houghton, J.D., Eds.), Chapman & Hall Inc., London, pp. 197-243.
- Budi, S., Ahmad, S., David, W.G. and Judy, A.D. 2001. Carotenoid content of selected Indonesian fruits. *J. Food Com. Anal.*, 14 : 169-176.
- Burnette, F.S. 1977. Peroxidase and its relationship to food flavor and quality : a review. *J. Food Sci.*, 42 : 1-6.
- Burton, S.G., Boshoff, A., Edwards, W. and Rose, P.D. 1998. Biotransformation of phenols using immobilised polyphenol oxidase. *J. Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 5 : 411-416.
- Byers, T. and Perry, G. 1992. Dietary carotenes, vitamin C, and vitamin E as protective antioxidants in human cancers. *Annu. Rev. Nutr.*, 12 : 139-59.
- Cano, M.P. and Ancos, B. 1994. Carotenoid and carotenoid ester composition in mango fruit as influenced by processing method. *J Agric. Food Chem.* 42(12) : 2737-2742.
- Castaner, M., Gil, M.I. Artes, F. and Tomas-Barberan, F.A. 1996. Inhibition of browning of harvested head lettuce. *J. Food Sci.*, 61 : 314-316.

- Castrillo, M., Kruger, N.J. and Whatley, F.R. 1992. Sucrose metabolism in mango fruit during ripening. *Plant Science (limerick)*, 84 : 45-51.
- Cestari, A.R., Vieira F.S., Nascimento, J.P., Santos Filha, M.M. and Airoidi, C. 2002. Factorial design evaluation of some experimental factors of phenols oxidation using crude extracts from Jackfruit (*Artocarpus integrifolia*). *J. Braz. Chem. Soc.*, 13(2) : 155-159.
- Das, J. R., Bhat, S. G. and Gowda, L. R. 1997. Purification and characterization of a polyphenol oxidase from the Kew cultivar of Indian pineapple fruit. *J. Agric. Food Chem.* 45:2031-2035.
- De Oliveira Lima, L.C., Chitarra, A.B., Chitarra, M.I.F. and Silva, E.B. 1999. Enzymatic activities changes in spongy tissue : a physiological ripening disorder of "Tommy Atkins" mango. *Acta Hort.*, 485 : 255-258.
- Fellow, P. 1997. Food Processing Technology : Principle and Practice. Cambridge : Ellis Horwood Publishing Ltd., p. 112.
- Flurkey, W.H. and Jen, J.J. 1978. Peroxidase and polyphenoloxidase activities in developing peaches. *J. Food Sci.*, 43 : 1826-1831.
- General Chemical Industrial Products. 2004. *Calcium chloride-Market Reviews* [Online]. Available : <http://www.genchem.com/calcium.html>. [2 May 2004].
- Gerster, H. 1993. Anticarcinogenic effect of common carotenoids. *Int J. Vit. Nutr. Res.*, 63 : 93-121.
- Giuliana, V., Francesco, B., Giustino, M. and Giovanni, R. 1995. Ascorbic acid in exotic fruits : a liquid chromatographic investigation. *Food Chem.*, 53: 211-214.
- Godoy, H.T. and Rodriguez-Amaya, D.B. 1989. Carotenoid composition of commercial mango from Brazil. *Lebens Wissen, Technol.* 22 : 100-103.
- Gordon, H.T. and Bauernfeind, J.C. 1982. CRC Crit. Rev. *Food Sci. Nutr.*, 18 : 59.
- Huang, S., Hart, H., Lee, H. and Wicker, L. 1990. A research note : Enzymatic and color changes during post-harvest storage of lychee fruit. *J. Food Sci.* 55(6) : 1762-1763.
- Hughes, D.A., Wright, A.J.A., Finglas, P.M., Peerless, A.C.J., Bailey, A.L., Astley, S.B., Pinder, A.C. and Seuthon, S. 1997. The effect of β -carotene supplementation on the immune function of blood monocytes from healthy male nonsmokers. *J. Lab. Clin. Med.*, 129 : 309-317.
- Ihl, M., Liliana, A., Erick, S., Edgar, U. and Valerio, B. 2003. Effect of immersion solution on shelf-life of minimally processed lettuce. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 36 : 591-599.

- Ismail, M.K. (No date). *Mango - The King of Fruits* [Online]. Available : [http://www. Missionindia-belgium.org](http://www.Missionindia-belgium.org) [2001, October 24].
- Ito, T., Sasaki, K. and Yoshida, Y. 1997. Changes in respiration rate, saccharide and organic acid content during the development and ripening of mango fruit (*Mangifera indica* L. "Irwin") cultured in a plastic house. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.*, 66(3/4) : 629-635.
- Jana, S.K., Baqudai, S., Sarangi, D. and Chattopadhyay, T.K. 1998. Chemical composition of some less known varieties of mango grow in West Bengal. *J. Hort.*, 11(1) : 97-101.
- Jayant, D.R. 1999. Rheology and Stability Characteristic of Enzyme Treated Mango Pulp. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, pp. 5-6.
- Jiang, Y. 1999. Purification and some properties of polyphenol oxidase of longan fruit. *Food Chem.* 66 : 75-79.
- John, J., Subbarayan, C. and Cama, H.R. 1970. Carotenoids in 3 stages of ripening mango. *J. Food Sci.* 35 : 262-265.
- Joon, M.S., Jitender, K., Sharma, R. and Singhrot, R.S. 2001. Comparison of calcium carbide and ethephon on ripening of mango. *J. Hort. Sci.*, 30(3/4) : 181-182.
- Jungalwala, F.B. and Cama, H.R. 1963. Carotenoids in mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *Indian J. Chem.*, 1 : 36-41.
- Kalra, S.K., Tandon, D.K. and Singh, B.P. 1995. Mango. In *Handbook of Fruit Science and Technology : Production, Composition, Storage and Processing*. (Salunkhe, D.K. and Kadam, S.S., Eds.), pp. 141-169, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Ketsa, S. and Atantee, S. 1998. Phenolic, lignin, peroxidase activity and increased firmness of damage pericarp of mangosteen fruits after impact. *Postharvest. Biol. Tech.* 14: 117-124.
- Ketsa, S., Phakawatmonkol, W. and Subhadrahandhu, S. 1999. Peel enzymatic activity and colour changes in ripening mango fruit. *J. Plant Physiol.*, 154(3) : 363-366.
- Khachik, F., Goli, M.B., Beecher, G.R., Holden, J., Lusby, W.K., Tenorio, M.D. and Barrera, M.R. 1992. Effect of food preparation on qualitative and quantitative distribution of major carotenoid constituents of tomato and several green vegetables. *J. Agric. Food Chem.*, 40 : 390-398.
- Kmiecik, W. and Lisiewska, Z. 1999. Effect of pretreatment and condition and period of storage on some quality indices of frozen chive (*Allium schoenoprasum* L.). *Food Chem.*, 67 : 61-66.

- Laurila E., Kervinen, R. and Ahvenainen, R. 1998. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. Review Article. *Postharvest News and Information*, 9(4) : 53N-66N.
- Lazan, H. and Ali, Z. M. 1993. Cell wall hydrolases and their potential in the manipulation of ripening of tropical fruits. *ASEAN Food J.*, 8 : 47-53.
- Lima, L.C. de O., Chitarra, A.B. and Chitarra, M.I.F. 2001. Change in amylase activity, starch and sugar contents in mango fruit pulp of cv. Tommy Atkins with spongy tissue. *Brazilian Archives Bio. Tech.*, 44(1) : 59-62.
- Lisiewska, Z. and Kmiecik, W. 1997. Effect of freezing and storage on quality factors in Hamburg and leafy parsley. *Food Chem.*, 60 (4) : 633-637.
- Lisiewska, Z. and Kmiecik, W. 1999. Effect of pretreatment and condition and period on some quality indices of frozen chive (*Allium schoenoprasum* L.). *Food Chem.*, 67 : 61-66.
- Lisiewska, Z. and Kmiecik, W. 2000. Effect of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes. *Food Chem.*, 70 : 167-173.
- Luna-Guzman, I. and Barrett, D.M. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest. Biol. Technol.*, 19 : 61-72.
- Mari, M. and Cano, M.P. 1992. Patterns of peroxidase in ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruits. *J. Food Sci.*, 57(3) : 690 - 692,734.
- Martinez, M.M. and Whitaker, J.R. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends Food Sci. Tech.*, 6 : 195-200.
- Mattoo A.K., Murata T., Pantastico E.B., Chachin K., Ogata K. and Phan, C.T. 1975. Chemical change during ripening and senescence. In *Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables*. (E.B. Pantastico, Ed.) AVI Publishing Co., Westport, Conn.
- Mayer, A.M. and Harel, E. 1991. Phenoloxidases and their significance in fruit and vegetables. In *Food Enzymology*. Vol. 1, (Fox, P.F., Ed.), Elsevier Applied Science Inc., London and New York, pp. 373-391.
- McCollum, J.P. 1952. A rapid method for determining total carotenoid and carotene in tomatoes. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 61 : 431.

- McGuire, R.M. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27 (12) : 1254-1255.
- Mercadante, A.Z., Rodriguez-Amaya, D.B. and Britton, G. 1997. HPLC and mass spectrometric analysis of carotenoids from mango. *J. Agric. Food Chem.*, 45 : 120-123.
- Mercadante, A.Z. and Rodriguez-Amaya, D.B. 1998. Effects of ripening, cultivar difference, and processing on the carotenoid composition of mango. *J. Agric. Food Chem.*, 46 : 128-130.
- Mitcham, E.J. and McDonald, R.E. 1992. Cell wall microfication during ripening of "Keitt" and "Tommy Atkins" mango fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 117 : 919-924.
- Mitra, S.K. and Baldwin, E.A. 1997. Mango. In *Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits* (Mitra, S.K., Ed.), CAB International, Willingford, pp. 85-122.
- Muda, P., Seymour, G.B., Errington, N. and Tucker, G.A., 1995. Compositional change in cell wall polymers during mango fruit ripening. *Carbohydrate Polymers*, 26(4) : 255-260.
- Nagle, N.E. and Haard, N.F. 1975. Fractionation and characterization of peroxidase from ripe banana fruit. *J. Food Sci.* 40 : 410.
- Palejwala, V.A., Amin, B., Parikh, H.R. and Modi, V.V. 1989. Role of abscisic acid in the ripening of mango. *Acta Horticulturae*, 231 : 662-667.
- Patterson, M.E. 1970. The role of ripening in the affair of mango. *J. Hort. Sci.*, 5 : 30-33.
- Pott, I., Breithaupt, D.E. and Carle, E. 2003. Detection of unusual carotenoids ester in fresh mango (*Mangifer indica* L. cv. Kent). *Phytochem.*, 64 : 825-829.
- Robinson, S. P., Loveys, B. R. and Chacko, E. K. 1993. Polyphenol oxidase enzymes in the sap and skin of mango fruit. *Aust. J. Plant Physiol.*, 20 : 99-107.
- Rodriguez-Amaya, D.B. 1997. Carotenoids and Food Preparation : The retention of provitamin A. *Opportunities of Micronutrient Intervention*, Arlington.
- Roe, E. and Bruemmer, J.M. 1981. Changes in pectic substances and enzymes during ripening and storage of "Keitt" mangoes. *J. Food Sci.*, 46 : 186-189.
- Salunkhe, D.K., Bolin, H.R. and Reddy, N.R. 1991. Storage, Processing, Nutritional Quality of Fruit and Vegetables. Vol. 1, 2nd ed, CRC Press, Inc., Florida, pp. 156-159.
- Salunkhe, D.K. and Desai, B.B. 1984. *Postharvest Biotechnology of Fruits*. Vol. 1, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, pp. 90-91.

- Sant'Ana, H.M.P., Stringheta, P.C., Brandao, S.C.C. and de Azeredo, R.M.C. 1998. Carotenoid retention and vitamin A value in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. *Food Chem.*, 6(1/2) : 145-151.
- Saper, G.M. and Ziolkowski, M. 1987. A research note : Comparison of erythorbic and ascorbic acids as inhibitors of enzymatic browning in apple. *J. Food Sci.*, 59(3) : 1732-1747.
- Schieber, A., Ullrich, W. and Carle, R. 2000. Characterization of polyphenols in mango puree concentrate by HPLC with diode array and mass spectrometric detection. *Innovative Food Sci. Emer. Technol.*, 1 : 161-166.
- Selvaraj, Y., Rajiv, K. and Pal, D.K. 1989. Changes in sugar, organic acids, amino acids, lipid constituents and aroma characteristics of ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *J. Food. Sci. Technol.*, 26(6) : 308-313.
- Selvaraj, Y. and Kumar, R. 1989. Studies on fruit softening enzymes and polyphenol oxidase activity in ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *J. Food. Sci. Technol.*, 26(4) : 218-222.
- Setiawan, B., Sulaeman, A., Giraud, D.W. and Driskell, J.A. 2001. Carotenoid content of selected Indonesian fruits. *J. Food Com. Anal.*, 14 : 169-176.
- Severini, C., Baiano, A., Philli, D.T., Romaniello, R. and Derossi, A. 2003. Prevention of enzymatic browning in sliced potatoes by blanching in boiling saline solutions. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 36 : 657-665.
- Seymour, G.B., Taylor, J.E. and Tucker, G.A. 1993. Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman and Hall, London, pp. 255-269.
- Sharma, R.R., Goswami, A.M., Singh, C.N., Chhonkar, O.P. and Singh, G. 2001. Catecholase activities and phenolic content in mango (*Mangifera indica* L.) at panicle initiation. *J. Hort.*, 87 : 147-151.
- Singleton, V.L. and Rossi, J.R. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagent. *Amer. J. Enol. Vitc.* 16:144-157.
- Skrede, D. 1996. Fruits. In Freezing Effects on Food Quality (Jeremiah L.E., Ed.), Mercel Dekker Inc., New York, pp. 183-237.
- Subramanyam, H., Gouri, S. and Krishnomurthy, S. 1976. Ripening behaviour of mango fruits graded on specific gravity basis. *J. Food Sci. Tech.*, 13 : 84-86.

- Suutarinen, J., Heiska, K., Moss, P. and Autio, K. 2000. The effects of calcium chloride and sucrose prefreezing treatments on the structure of strawberry tissues. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 33 : 89-102.
- Suutarinen, J., Honkapää, K., Heinio, R.L., Autio, K., Mustranta, A., Karppinen, S., Kiutamo, T., Liukkonen-Lilja, H. and Morkkila, M. 2002. Effect of calcium chloride based prefreezing treatments on the quality factors of strawberry jams. *J. Food Sci.*, 67 : 885-894.
- Tucker, G.A. 1993. Respiration and Energy. In *Biochemistry of Fruit Ripening* (Seymour, G.B., Taylor, J.E. and Tucker, G.A., Eds.), Chapman & Hall, London, pp. 3-5.
- Valero, E. and Garcia-Carmona, F. 1998. pH-dependent effect of sodium chloride on latent grape polyphenol oxidase. *J. Agric. Food Chem.*, 46 : 2447-2451.
- Valle, J.M., Aranquiz, V. and Loen, H. 1998. Effects of blanching and calcium infiltration on PPO activity, texture, microstructure and kinetics of osmotic dehydration of apple tissue. *Food Research International*, 31 (8) : 557-569.
- Vamos-Vigayazo, L. 1995. "Prevention of enzymatic browning in fruits and vegetables". In *Enzymatic Browning and Its Prevention*. (Lee, C.Y. and Whitaker, J.R., Eds.), American Chemical Society, Washington, D.C., p. 54.
- Verma, L.R. and Joshi, V.K. 2000a. *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables*. Vol. 1, Indus Publishing Company, New Delhi, pp. 173-174.
- Verma, L.R. and Joshi, V.K. 2000b. *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables*. Vol. 2, Indus Publishing Company, New Delhi, pp. 574-575.
- Vince, P.P., Khaper, N., Qin, Q. and Pawan, K.S. 1999. Antioxidant potentials of vitamin A and carotenoids and their relevance to heart disease. *Free Radical Biology & Medicine*, 26(5/6) : 746-761.
- Voss, D.H. 1992. Relating colorimeter measurement of plant color to the Royal Horticultural Society Colour Chart. *HortScience* 27: 1259-1260.
- Weller, A., Sims, C.A., Matthews, R.F., Bates, R.P. and Brecht, J.K. 1997. Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. *J. Food Sci.*, 62 : 256-260.
- Whitaker, J.R. 1996. Polyphenol Oxidase. In *Food Enzymes*. (Wong, D.W.S., Ed.), Chapman and Hall Inc., New York, pp. 271-272.

- Wilhelm, S. and Helmut, S. 1999. Carotenoids : Occurrence, Biochemical Activities, and Bioavailability. *In* Antioxidant Food Supplements in Human Health (Packer, L., Midori, H. and Toshikazu, Y., Eds.), Academic Press, U.S.A., pp. 183-201.
- Wills, R.H.H., Lee, T.H., Graham, D., McGlasson, W.B. and Hall, E.G. 1981. Postharvest : An Introduction to the Physiology and Handling of Fruits and Vegetables. New South Wales Univ. Press, New South Wales, Australia, 161 pp.
- Yoruk, R. and Marshall, M. R. 2003. Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: A review. *J. Food Biochem.*, 27 : 361-422.
- Zambrano, J. and Materano, W. 1998. Effect of heat treatment on post-harvest quality of mango fruits. *Trop. Agri.*, 75(4) : 484-487.
- Zhang, D., Quantick, P.C., Grigor, J.M. 2000. Changes in phenolic compounds in Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit during postharvest storage. *Postharvest. Biol. Technol.*, 19 : 165-172.
- Zhou, Y.C., Tang, Y.L. and Tan, X.J. 1994. Changes of major carotenoid contents during ripening of mango fruit (*Mangifera indica* L. cv. Zihua). *J. Trop. Subtrop. Bot.*, 2(2) : 77-79.

ภาคผนวก ก.

รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์
ทางกายภาพ เคมี ชีวเคมี จุลินทรีย์
และการประเมินคุณภาพทางประสาธน์สัมผัส

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ก. **การวัดสี** ทำการวัดสีเปลือก สีเนื้อที่ติดกับเปลือก สีเนื้อที่ติดกับเมล็ด และสีเนื้อมะม่วงที่ป่นผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เครื่องวัดสี ColorQuest II (Hunter Laboratory Inc., U.S.A.)

การใช้เครื่อง ColorQuest II (Hunter Lab Inc., U.S.A.) ก่อนใช้เครื่องทุกครั้งได้ปรับมาตรฐานของเครื่องวัดสีด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐานสีขาวและเทา นำผลมะม่วงมาวัดสีเปลือก สีเนื้อมะม่วงที่ปอกเปลือกออก สีเนื้อมะม่วงด้านที่อยู่ติดกับเมล็ดเมื่อผ่าขึ้นเนื้อมะม่วงออก และสีเนื้อมะม่วงที่ป่นผสมรวมกัน วัดสีผลละ 3 จุด ซ้ำละ 3 ผล ทำการวัด 3 ซ้ำ รายงานค่าสีที่วัดได้เป็นค่า L^* , a^* และ b^* เมื่อ L^* = the lightness factor (value) a^* และ b^* = the chromaticity coordinates

ค่า L^* ที่มีค่าใกล้เคียง หมายถึง วัตถุมีสีคล้ำ หากค่า L^* เข้าใกล้ 100 หมายถึง วัตถุมีสีขาว ค่า a^* ที่เป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีแดง ค่า a^* ที่เป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียว และค่า b^* ที่เป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง ค่า b^* ที่เป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน เมื่อทั้ง a^* และ b^* มีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าวัตถุมีสีเทา

นำค่า a^* และ b^* มาคำนวณหาค่า Chroma (C^*) และ Hue angle (H°) (McGuire, 1992)

ข. **การวัดความแน่นเนื้อ** ทำการวัดความแน่นเนื้อเพื่อชั่งลักษณะเนื้อสัมผัสของผลมะม่วง โดยใช้เครื่อง Instron model 5565, Universal Testing Machine.

นำผลมะม่วงมาปอกเปลือกแล้วผ่าแบ่งครึ่งผลออกเป็น 2 ซีน จำนวน 3 ผล วัดค่าแรงกดขึ้นละ 3 จุด ด้วยหัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ค่าแรงกดที่วัดได้ มีหน่วยเป็นนิวตัน นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

ก. **ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (total titratable acidity)** วัดปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่างเนื้อมะม่วงโดยวิธีการไทเทรชัน และคำนวณผลในรูปของกรดซิตริก ตามวิธี AOAC (1998)

สารเคมี

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ ("Merck" Sodium hydroxide, NaOH, AR Grade, E. Merck, Germany) มาจำนวน 4 กรัม ใช้เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Analytical balance, Sartorius analytic : Model A Germany) ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดและปล่อยให้เย็น ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายต่างที่ได้ไปเปรียบเทียบกับความเข้มข้นกับสารละลายมาตรฐาน potassium hydrogen phthalate ("Merck" $C_5H_8K_2O_4$, AR Grade, E. Merck, Germany) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เพื่อหาความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายต่าง

วิธีทำ

นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงที่ป็นเป็นเนื้อเดียวกันแต่ละทริตเมนต์ของแต่ละการทดลองมาตัวอย่างละ 5 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร ผสมตัวอย่างกับน้ำให้เข้ากันด้วยเครื่อง magnetic stirrer (Whatman® model HPMS, England) นำสารละลายตัวอย่างไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐานความเข้มข้น 0.10 นอร์มัล วัดค่าพีเอชของสารละลายที่ไทเทรตจนเครื่องพีเอชมิเตอร์ (Microprocessor pH meter "HANNA" model 213, U.S.A.) อ่านค่าพีเอชได้ 8.1 จึงยุติ บันทึกปริมาตรของสารละลายต่างมาตรฐานที่ใช้ ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริกต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสดโดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดังนี้

1 มิลลิลิตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.10 นอร์มัล ทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับกรดซิตริก 0.007 กรัม

$$\% \text{ กรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้} = \frac{\text{ความเข้มข้น [NaOH (N)]} \times \text{ปริมาตร NaOH (ml)} \times 0.007 \times 100}{\text{น้ำหนักของเนื้อมะม่วง (g)}}$$

(เทียบในรูปกรดซิตริก)

ข. การวัดค่าพีเอชโดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์

นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงที่ป็นเป็นเนื้อเดียวกัน มาวัดค่าพีเอช (อาจเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดแล้วลงไปเล็กน้อยเพื่อเจือจาง แล้วนำมาวัดค่าพีเอช) โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ (Microprocessor pH meter "HANNA" model 213, U.S.A.) และก่อนใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ทุกครั้ง ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องวัดโดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานพีเอช 7.0 และ 4.0 (Buffer solution "HANNA", Italy) ตามลำดับ ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

ค. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำโดยใช้ Hand refractometer

นำเนื้อมะม่วงแต่ละทริตเมนต์ของแต่ละการทดลอง มาคั้นเอาน้ำออกจากส่วนเนื้อ วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้ Hand refractometer (ATAGO, model NI, Japan) ซึ่งวัดค่าได้ระหว่าง 0 - 32% โดยใช้น้ำกลั่นปรับให้อ่านค่าได้ 0 ก่อนใช้วัดตัวอย่างน้ำมะม่วงทุกครั้ง ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

ง. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงและน้ำตาลทั้งหมดโดยวิธี Lane and Eynon (AOAC, 1998)

สารเคมี

ก. สารละลาย Carrez No.1 เตรียมโดยละลายซิงแอซีเทต ("Baker" Zinc acetate dihydrate, AR Grade, J.T. Baker, U.S.A.) จำนวน 21.9 กรัม ในน้ำกลั่นที่มีกรดแอซิดิก ("Merck" Acetic acid glacial, AR Grade, E. Merck, Germany) จำนวน 3 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

ข. สารละลาย Carrez No.2 เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ ("Ajax Finechem" Potassium ferrocyanide, AR Grade, Asia Pacific Specialty, Australia) จำนวน 10.6 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

ค. สารละลาย Fehling No.1 เตรียมโดยละลายคอปเปอร์ซัลเฟต ("Baker" Copper sulphate, AR Grade, J.T. Baker, U.S.A.) จำนวน 69.278 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

ง. สารละลาย Fehling No.2 เตรียมโดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวน 100 กรัม และโพแทสเซียมโซเดียมทาทเรต ("Baker" Potassium sodium tartrate, AR Grade, J.T. Baker, U.S.A.) จำนวน 346 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

จ. สารละลายเมทิลีนบลู ความเข้มข้น 1% เตรียมโดยละลายเมทิลีนบลู ("Merck" Methylene blue, AR Grade, E. Merck, Germany) จำนวน 1 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ ครบ 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

ฉ. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 6.34 นอร์มัล เตรียมโดยตวงสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ("Merck" Hydrochloric acid, AR Grade, E. Merck, Germany) จำนวน 564.33 มิลลิลิตร ค่อยๆ รินกรดลงในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

ช. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 5 นอร์มัล เตรียมโดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 200 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ต้มไล่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป และปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

วิธีทำ

ชั่งตัวอย่างเนื้อมะม่วงที่ป็นเป็นเนื้อเดียวกันมาจำนวน 10 กรัม เติมน้ำกลั่นลงไปพอประมาณ ให้เนื้อมะม่วงกระจายตัว เติม clearing agent คือ สารละลาย Carrez No.1 & No. 2 ลงไป อย่างละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 เก็บสารละลายที่กรองได้ไว้ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลก่อนการทำอินเวอร์ชัน

นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ในบิวเรตต์ขนาด 50 มิลลิลิตร ไล่ฟองอากาศออกให้หมด ปิเปตต์สารละลาย Fehling No.1 และ No.2 อย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ในฟลasks ขนาด 250 มิลลิลิตร ใส่แท่งแม่เหล็ก นำไปตั้งบนเครื่อง hot plate stirrer จนเดือด ไทเทรตกับสารละลายน้ำตาลตัวอย่างจนสีน้ำเงินจางลง หยดสารละลายเมทิลีนบลูลงไป 1 หยด ไทเทรตจนสีฟ้าหายไปหมด เหลือตะกอนสีส้มแดง จดปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ ถ้าปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้อยู่ในช่วง 15-50 มิลลิลิตร แสดงว่าสารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้นเหมาะสม ทำการไทเทรตสารละลายตัวอย่างให้ได้

ค่าที่ถูกต้องกับสารละลาย Fehling ซ้ำโดยปล่อยสารละลาย Fehling ให้เดือดแล้วเติมสารละลายน้ำตาลจากบิวเรตต์ลงไปทันที 15 มิลลิลิตร หรือให้ปริมาตรน้อยกว่าที่ใช้ในการไทเทรตครั้งแรกประมาณ 1-2 มิลลิลิตร ปล่อยให้เดือดนาน 2 นาที หยดสารละลายเมทิลีนบลู 1 หยดไทเทรตจนสีฟ้าหายไปหมด เหลือตะกอนสีส้มแดง จดปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง นำปริมาตรสารละลายน้ำตาลที่ใช้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำตาลในสารละลายตัวอย่างจากตารางมาตรฐาน

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลภายหลังการทำอินเวอร์ชัน

ปิเปตต์สารละลายตัวอย่างมา 50 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 6.34 นอร์มัล ลงไป 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปไฮโดรไลซ์ใน water bath ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จากนั้นนำมาปล่อยให้เย็น แล้วปรับให้สารละลายเป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10 นอร์มัล แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายตัวอย่างนี้ใส่ลงในบิวเรตต์ ทำการไทเทรตกับสารละลาย Fehling เช่นเดียวกับการหาปริมาณน้ำตาลก่อนอินเวอร์ชัน

$$\begin{aligned} \text{น้ำตาลซูโครส (\%)} &= (D_2 - D_1) \times 0.95 \\ \text{น้ำตาลทั้งหมด (\%)} &= \text{เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส} + D_1 \\ \text{เมื่อ } D_1 &= \text{เปอร์เซ็นต์น้ำตาลก่อนการทำอินเวอร์ชัน} \\ D_2 &= \text{เปอร์เซ็นต์น้ำตาลภายหลังการทำอินเวอร์ชัน} \end{aligned}$$

จ. ปริมาณแคโรทีนอยด์และแคโรทีนในเนื้อมะม่วง

วิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ดัดแปลงจากวิธีการวิเคราะห์ของ AOAC (2000)

การสร้างกราฟมาตรฐานเบต้า-แคโรทีน

สารเคมี

1. เบต้า-แคโรทีนมาตรฐาน (Standard Beta-Carotene)
2. คลอโรฟอร์ม (Chloroform AR Grade)
3. เฮกเซน (Hexane AR Grade)
4. แอซีโตน (Acetone AR Grade)

วิธีการ

1. ชั่งสารมาตรฐานเบต้า-แคโรทีนมา 0.005 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร ละลายสารมาตรฐานด้วยคลอโรฟอร์มจำนวน 2.5 มิลลิลิตร
2. ปรับปริมาตรสารละลายในข้อ 1 ให้ครบ 50 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตรด้วยเฮกเซน

3. บีบอัดสารละลายในข้อ 2 มา 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยเฮกเซน ให้ครบ 50 มิลลิลิตร
4. บีบอัดสารละลายในข้อ 3 มา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบโดยใช้สารละลายผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซน
5. นำสารละลายในข้อ 4 ที่มีความเข้มข้นสูงสุดมาหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ในช่วงความยาวคลื่น 400-500 นาโนเมตร ใช้สารละลายผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซนเป็น blank
6. ตั้งค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นสูงสุดตามที่วัดได้จากข้อ 5 จากนั้นนำสารละลายเบต้า-แคโรทีนมาตรฐานในข้อ 4 ทั้งหมดที่เตรียมไว้มาวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้สารละลายผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซนเป็น blank บันทึกค่าที่วัดได้
7. นำค่าที่วัดได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเบต้า-แคโรทีน (ppm) กับค่าดูดกลืนแสงที่อ่านได้ แล้วหาสมการเส้นตรงจากกราฟ

วิธีการเตรียมสารละลายผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซน ทำโดยบีบอัดแอซีโตนมา 10 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยเฮกเซนจนครบ 100 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์ และแคโรทีนดัดแปลงจาก AOAC (2000)

สารเคมี

1. ไดอะตอมมัสเอิร์ทไฮโฟลซูเปอร์เซล (Diatomous Earth Hyflo Supercel Lab Grade)
2. แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide, MgO AR Grade)
3. โซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส (Sodium Sulfate Anhydrous AR Grade)
4. เฮกเซน (Hexane AR Grade)
5. แอซีโตน (Acetone AR Grade)
6. สารดูดซับผสมไดอะตอมมัสเอิร์ทไฮโฟลซูเปอร์เซลกับแมกนีเซียมออกไซด์อัตราส่วน 1 : 1

การเตรียมคอลัมน์

ใส่สำลีปิดที่ปลายด้านล่างของคอลัมน์ให้สูงจากปลายขึ้นมาประมาณ 1 เซนติเมตร เติมน้ำดูดซับลงในคอลัมน์จนสูงประมาณ 2 เซนติเมตร แล้วใช้แท่งแก้วกดทับให้แน่น เติมน้ำดูดซับลงไปและทำการกดทับเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนสารดูดซับสูง 10 เซนติเมตร แล้วเติมโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสให้มีความสูง 1 เซนติเมตร

วิธีการสกัด

ชั่งตัวอย่างเนื้อมะม่วงปั่นละเอียดมา 5.000 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร ใส่สารผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซน 100 มิลลิลิตร นำไปกวนบนเครื่อง magnetic stirrer นาน 10 นาที แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 แยกกากเนื้อมะม่วงกับส่วนใส โดยเก็บส่วนใสในกรวยแยกขนาด 250 มิลลิลิตร ล้างกากเนื้อมะม่วงด้วย แอซีโตน 25 มิลลิลิตร 2 ครั้ง และเฮกเซน 25 มิลลิลิตรอีก 1 ครั้ง นำส่วนใสของแอซีโตนและเฮกเซนที่ใช้ล้างกากไปรวมกับส่วนแรกที่อยู่ในกรวยแยก ทำการล้างแยกเอาแอซีโตนออก โดยการล้างสารละลายผสมในกรวยแยกด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 100 มิลลิลิตร 5 ครั้ง แยกส่วนของน้ำที่มีแอซีโตนผสมอยู่ออกจากส่วนที่เป็นเฮกเซนที่มีสารแคโรทีนอยด์ละลายอยู่ นำสารผสมแคโรทีนอยด์ในเฮกเซนไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 2 โดยรองรับสารผสมด้วยบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วนำสารที่กรองได้ไประเหยในตู้ดูดควันจนแห้ง นำสารที่ระเหยแห้งแล้วมาละลายด้วยสารผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซน และปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร นำสารละลายผสมที่ได้ไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร บันทึกค่าที่ได้เปรียบเทียบกับค่าดูดกลืนแสงของ blank (สารผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซน) ทำซ้ำ 2 ครั้ง นำค่าที่ได้ทั้ง 2 ครั้งมาหาค่าเฉลี่ยและนำไปคำนวณหาปริมาณของแคโรทีนอยด์ในเนื้อมะม่วงต่อไป

การแยกแคโรทีน

ปิเปตต์สารละลายผสมที่ได้จากการสกัดในตอนสุดท้าย 10 มิลลิลิตร ถ่ายลงในคอลัมน์ที่บรรจุสารดูดซับไว้ ปล่อยให้สารละลายผสมไหลผ่านสารดูดซับจนเกือบหมด แล้วจึงเติมสารผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซนลงไป เพื่อชะให้แคโรทีนแยกออกจากสารชนิดอื่นๆ รองรับแคโรทีนที่ไหลออกจากคอลัมน์จนหมด นำสารละลายผสมแคโรทีนที่ได้ไประเหยในตู้ดูดควันจนแห้ง นำสารที่ระเหยแห้งแล้วมาละลายด้วยสารผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซน จนได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำสารละลายผสมที่ได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร บันทึกค่าที่ได้ เปรียบเทียบกับค่าดูดกลืนแสงของ blank คือ สารผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซน ทำซ้ำ 3 ครั้ง นำค่าที่ได้ทั้ง 3 ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ย และนำไปคำนวณหาปริมาณของแคโรทีนในเนื้อมะม่วงต่อไป

สำหรับคอลัมน์ภายหลังจากแยกแคโรทีนออกมาแล้ว ให้เติมสารผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซนต่อไปจนสารชนิดอื่นๆ ที่ยังไม่ถูกแยกออกในตอนแรกถูกชะล้างออกจากคอลัมน์จนหมด แห่สารในคอลัมน์ด้วยสารผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซน เพื่อเตรียมไว้ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งต่อไปได้

อุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในการวิเคราะห์แคโรทีนอยด์และแคโรทีนจะป้องกันแสงโดยการห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์

การคำนวณหาปริมาณแคโรทีนอยด์และแคโรทีน

นำค่าที่อ่านได้จากสารละลายเบต้า-แคโรทีนมาตรฐานที่เตรียมไว้ในขั้นตอนการสร้างกราฟมาตรฐาน มาคำนวณหาสูตรสมการเส้นตรงได้ ดังนี้

$$y = 0.1047x + 0.0013$$

โดย y = ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้ของตัวอย่างแคโรทีนอยด์หรือแคโรทีน

x = ปริมาณแคโรทีนอยด์ หรือแคโรทีนในตัวอย่าง (ppm)

จากนั้นนำค่า x ที่ได้มา คำนวณหาปริมาณแคโรทีนอยด์ หรือแคโรทีนในตัวอย่าง ต่อไป

ปริมาณแคโรทีนอยด์

สารละลายเจือจางปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร มีแคโรทีนอยด์อยู่ = x mg

สารละลายเจือจางปริมาตร 50 มิลลิลิตร มีแคโรทีนอยด์อยู่ = $(x/1,000) \times 50$ mg

ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้มาจากตัวอย่างเนื้อมะม่วง 5 กรัม

เนื้อมะม่วงป่น 5 กรัม มีแคโรทีนอยด์อยู่ = z mg

เนื้อมะม่วงป่น 1 กรัม มีแคโรทีนอยด์อยู่ = $z/5$ mg

เปลี่ยนหน่วยมิลลิกรัม (mg) เป็นไมโครกรัม (μ g) โดยการคูณด้วย 1,000 เพื่อใช้ในการรายงานผลการทดลอง

ปริมาณแคโรทีน

สารละลายเจือจางปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร มีแคโรทีนอยู่ = x mg

สารละลายเจือจางปริมาตร 50 มิลลิลิตร มีแคโรทีนอยู่ = $(x/1000) \times 50$ mg

ปริมาณแคโรทีนมาจากตัวอย่างสารแคโรทีนอยด์ 10 มิลลิลิตร

สารละลายผสมแคโรทีนอยด์ 10 มิลลิลิตร มีแคโรทีนอยู่ = z mg

สารละลายผสมแคโรทีนอยด์ 50 มิลลิลิตร มีแคโรทีนอยู่ = $(z/10) \times 50$ mg

ปริมาณแคโรทีนที่ได้มาจากตัวอย่างเนื้อมะม่วง 5 กรัม

เนื้อมะม่วงป่น 5 กรัม มีแคโรทีนอยู่ = a mg

เนื้อมะม่วงป่น 1 กรัม มีแคโรทีนอยู่ = $a/5$ mg

เปลี่ยนหน่วยมิลลิกรัม (mg) เป็นไมโครกรัม (μ g) โดยการคูณด้วย 1,000 เพื่อใช้ในการรายงานผลการทดลอง

* ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร กับตัวอย่างสารแคโรทีนอยด์ที่สกัดได้ และแคโรทีนที่แยกได้ เป็นค่าดูดกลืนแสงสูงสุดของสารเบต้า-แคโรทีนมาตรฐานในสารผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซน ดังนั้น ทั้งแคโรทีนอยด์และแคโรทีนในเนื้อมะม่วงจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นนี้ แต่ไม่ใช้ค่าดูดกลืนแสงสูงสุด จึงไม่สามารถรายงานเป็นปริมาณของเบต้า-แคโรทีนได้ ดังนั้นค่าที่ได้จึงเป็นค่าของแคโรทีนอยด์ และแคโรทีนทั้งหมด

ณ. การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมด

ใช้วิธีวิเคราะห์ของ Singleton and Rossi (1965) และ Ketsa and Atantee (1998)

การสร้างกราฟสารประกอบฟีนอลมาตรฐาน

โดยการปิเปตสารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร จำนวน 50, 100, 150, 200 และ 250 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่นโดยให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเท่ากับ 500 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ความเข้มข้น 10% จำนวน 2.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7.5% ลงไปหลอดละ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

การสกัดสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

ชั่งเนื้อมะม่วงที่บดละเอียดมาจำนวน 3 กรัม ใส่ในโกร่งบดที่แช่เย็นแล้วเติมเอทานอลความเข้มข้น 80% ที่เย็นลงไปจำนวน 12 มิลลิลิตร บดให้เข้ากันดีประมาณ 1 นาที แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแบบควบคุมอุณหภูมิ ด้วยความเร็ว 3,000xg ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ภายหลังการปั่นนำเฉพาะของเหลวใสซึ่งเป็นสารละลายที่สกัดได้ไปใช้วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ใช้วิธีของ Singleton and Rossi (1965)

นำสารละลายที่สกัดได้มาเจือจาง 10 เท่าโดยปริมาตร ด้วยการนำสารละลายที่สกัดได้จำนวน 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 10 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร แล้วปิเปตมาจำนวน 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ความเข้มข้น 10% จำนวน 2.5 มิลลิลิตรลงไป ผสมให้เข้ากันแล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7.5% จำนวน 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยหาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐานมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/กรัมเนื้อมะม่วง

การคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

นำค่าที่อ่านได้จากสารประกอบฟีนอลมาตรฐานที่เตรียมไว้ในขั้นตอนการสร้างกราฟมาตรฐาน มาคำนวณหาสูตรสมการเส้นตรงได้ ดังนี้

$$y = 0.1307x - 0.1448$$

โดย y = ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้

x = ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเนื้อมะม่วง (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)

จากนั้นนำค่า x ที่ได้มาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเนื้อมะม่วง

สารละลายปริมาตร 1 มิลลิลิตร มีสารประกอบฟีนอลทั้งหมด x มิลลิกรัม

สารประกอบฟีนอลได้มาจากการเจือจาง 10 เท่าโดยปริมาตร

แสดงว่า สารละลายมีสารประกอบฟีนอลทั้งหมด $x \times 10$ มิลลิกรัม/มิลลิลิตร = y

สารละลายที่สกัดได้มีปริมาตรเฉลี่ย a มิลลิลิตร

แสดงว่า สารละลายมีสารประกอบฟีนอลทั้งหมด $y \times a$ มิลลิกรัม = z

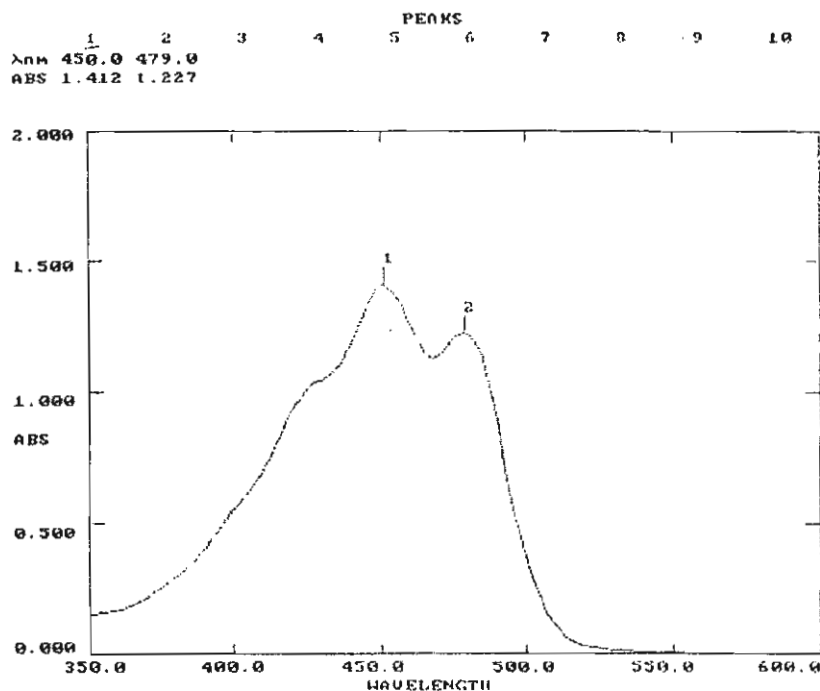
สารประกอบฟีนอลได้มาจากตัวอย่างเนื้อมะม่วง 3 กรัม

เนื้อมะม่วงป่น 3 กรัม มีสารประกอบฟีนอลทั้งหมด = z มิลลิกรัม

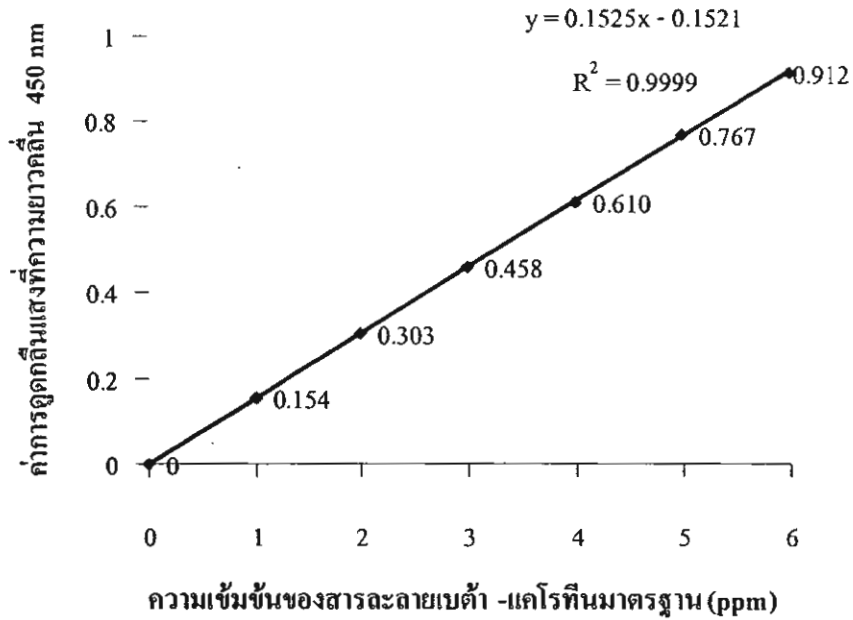
เนื้อมะม่วงป่น 1 กรัม มีสารประกอบฟีนอลทั้งหมด = $z/3$ มิลลิกรัม

* รายงานผลปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด เป็นหน่วยมิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด

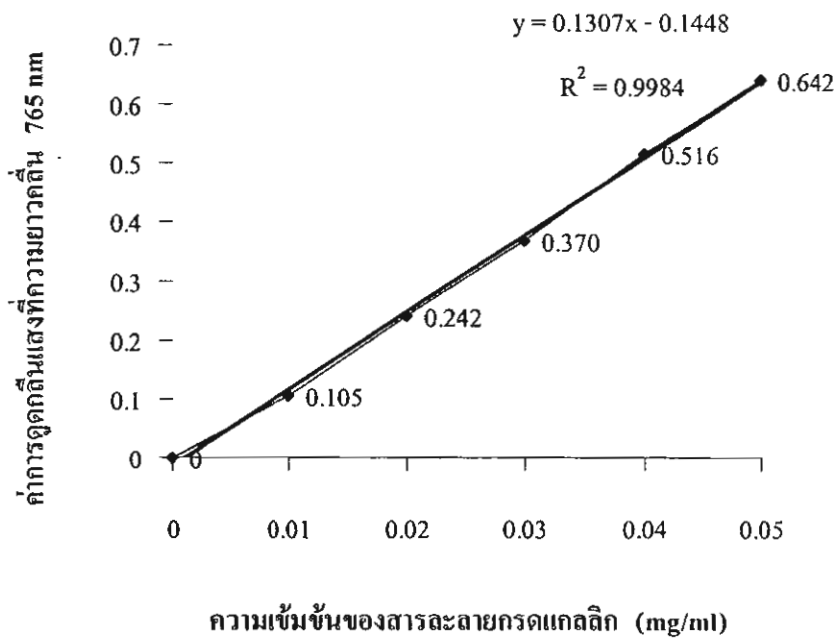
BIOMATE UV-VISIBLE SPECTROPHOTOMETER v1.04 PAGE 1
 DATE : 27/06/03 SERIAL No: 101118 TEST NAME:
 TIME : 11:28:56 USER :
 SCAN TYPE: INTELLISCAN SPEED: NORMAL DATA INT: 1.0nm
 BASELINE: USER BANDWIDTH: 2.0nm LAMP CHANGE: 330nm
 SAMPLE POSITIONER: AUTO 6+REF NUMBER OF SAMPLES: 1



รูปภาคผนวกก. 1 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารเบต้า-แคโรทีนมาตรฐาน
 ในสารละลายผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซน



รูปภาคผนวกก. 2 กราฟเบต้า-แคโรทีนมาตรฐานในสารละลายผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซน

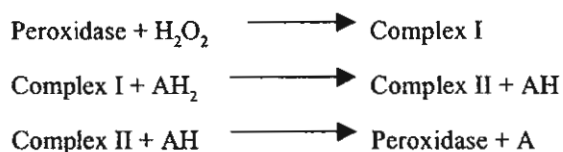


รูปภาคผนวกก. 3 กราฟสารประกอบฟีนอลมาตรฐาน

การวัดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและพอลิฟีนอลออกซิเดส

เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase, POD) หรือ ออกซิโตริคเคส เป็นกลุ่มของเอนไซม์ที่มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของสี (off-colour) และของรสชาติ (off-flavour) ของผลไม้ที่ไม่ผ่านการลวก เอนไซม์นี้เป็น iron-porphyrin เกิดขึ้นตามธรรมชาติและพบอยู่ในทั้งพืช สัตว์และจุลินทรีย์ โดย Theorell เป็นคนแรกที่ได้แยกเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสออกมาจาก horse radish เป็นรูปผลึกได้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1940 และพบว่าเอนไซม์นี้มี 2 ชนิด คือ เปอร์ออกซิเดส 1 และเปอร์ออกซิเดส 2 เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงดังนี้



เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสไม่มีความเฉพาะเจาะจงต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล และสารประกอบอะโรมาติกที่พบอยู่ในพืช เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่มีความคงตัวต่อความร้อน จึงนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งการลวกที่เหมาะสม (Index of blanching) และ heat treatment อื่นๆ สำหรับเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่สกัดจาก horse radish มีสารประกอบที่ให้ไฮโดรเจน (hydrogen donors) ได้แก่ H_2O_2 , methyl-hydrogen peroxide และ ethyl-hydrogen peroxide และเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในถั่ว (green peas) สามารถถูกยับยั้งได้ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที และเอนไซม์นี้สามารถมีผลกระทบต่อผักและผลไม้แช่เยือกแข็งได้ที่อุณหภูมิระดับ -18 องศาเซลเซียส (Burnett, 1977)

เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส

ผลไม้หลายชนิดเมื่อเนื้อเยื่อมีบาดแผลหรือปอกเปลือกออก จะมีปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นระหว่างสารประกอบฟีนอลที่มีอยู่ในเนื้อผลไม้กับออกซิเจนในอากาศ ได้เป็นสารประกอบควิโนน โดยมีเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO, EC 1.10.3.1) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้มีปฏิกิริยาต่อเนื่อง คือเกิดพอลิเมอร์เชชันได้เป็นสารสีน้ำตาล เอนไซม์ PPO นี้มีรายงานว่ามากในผลไม้หลายชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี อะโวคาโด ห่อ แอปเปิล สาลี่ เชอร์รี่ สำหรับในมะม่วงการเกิดปฏิกิริยาน้ำตาลมีผลกระทบต่อสีของผลิตภัณฑ์มะม่วงทำให้มีสีคล้ำ ซึ่งเป็นปัญหาหลักในการแปรรูป ซึ่งผลการศึกษาเอนไซม์ PPO ในผลมะม่วงพันธุ์เฮเดน พบว่าเอนไซม์นี้มีค่า optimum pH อยู่ในช่วง 5.6-6.0 ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่า optimum pH ของเอนไซม์นี้ในผลไม้ชนิดอื่น เช่น optimum pH ของเอนไซม์ PPO ใน Bartlett pear คือ 6.2 การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 และ 80 องศาเซลเซียส ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ลดลงครึ่งหนึ่งภายในเวลา 2.1 และ 4.0 นาที ตามลำดับ สารที่ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ดีที่สุดคือ โซเดียมเมแทไบซัลไฟด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.01

มิลลิโมลาร์ และวิตามินซีให้ผลยับยั้งน้อยที่สุด การแยกไอโซเอนไซม์ของเอนไซม์ PPO ด้วยพอลิอะคริลาไมด์เจลอิเล็กโทรโฟริซิสที่พีเอช 8.6 พบว่ามี 2 ไอโซเอนไซม์ เมื่อใช้แคทีคอลเป็นสารเริ่มต้น และจะไม่พบ band ของเอนไซม์เลย เมื่อใช้ไทโรซีน (L-tyrosine) เป็นสารเริ่มต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่า optimum pH ของเอนไซม์ PPO ในผลมะม่วงอ่อนข้างเป็นกรด (Selvaraj and Kumar, 1989)

สารเคมี

1. สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ เตรียมโดยชั่งไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต ("Merck" Disodium hydrogen phosphate, AR Grade, E. Merck, Germany, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MW = 177.99 g/mol, ความบริสุทธิ์ >99.5%) จำนวน 8.8995 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร
2. สารละลายโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ เตรียมโดยชั่งโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตโมโนไฮเดรต ("Merck" Sodium dihydrogen phosphate, AR Grade, E. Merck, Germany, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, MW = 137.99 g/mol, ความบริสุทธิ์ = 99.0-102%) จำนวน 7.8005 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร
3. สารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (0.5 M Sodium phosphate buffer pH 6.2) เตรียมโดยนำสารละลายโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตมา 100 มิลลิลิตร แล้วค่อยๆ เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต พร้อมคนให้ผสมเข้ากันตลอดเวลา จนสารละลายมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.2
4. สารละลายโซเดียมแอซิเตต (Sodium acetate AR Grade) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เตรียมโดยชั่งโซเดียมแอซิเตตแอนไฮไดรต์ (CH_3COONa MW = 82.04 g/mol) มาจำนวน 0.8377 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร
5. กรดแอซติก ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เตรียมโดยปิเปตต์กรดแอซติก ("Merck" Acetic acid glacial, AR Grade, E. Merck, Germany) ปริมาตร 0.57 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร
6. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 โมลาร์ เตรียมโดยชั่งโซเดียมคลอไรด์ ("Merck" Sodium chloride, AR Grade, E. Merck, Germany, NaCl , MW = 58.44 g/mol, ความบริสุทธิ์ > 99.5%) จำนวน 11.7467 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร
7. สารละลายบัฟเฟอร์ของโซเดียมแอซิเตต (0.1 M Sodium acetate pH = 6.0) นำสารละลายโซเดียมแอซิเตตความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ มา 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดแอซติกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ พร้อมคนสารละลายผสมตลอดเวลา จนสารละลายมีพีเอชเท่ากับ 6.0
8. สารละลายกัวอะคอลความเข้มข้น 1% เตรียมโดยชั่งกัวอะคอล ("Fluka" Guaiacal, AR Grade, Fluka, Switzerland, $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}_2$, MW = 124.14 g/mol, ความบริสุทธิ์ > 98.0%) จำนวน 0.5 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

9. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1% เตรียมโดยชั่งสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 30% (Hydrogen peroxide 30% m/m in water, AR Grade, Carlo Erba Reagent, Germany) จำนวน 3.33 กรัม เติมน้ำกลั่นลงไป และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร

10. การเตรียมสารละลายสารเริ่มต้นของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เตรียมโดยนำสารละลายกัวอะคอลความเข้มข้น 1% (จากข้อ 8) ปริมาตร 50 มิลลิลิตรผสมกับสารละลายโซเดียมแอสซิเทตบัฟเฟอร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1% (จากข้อ 9) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมให้สารละลายเข้ากัน แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป เพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร

11. สารละลายแคทีกอลความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ เตรียมโดยชั่งสารไพโรแคทอล ("Fluka" Pyrocatechol, HPLC Grade, Sigma-Aldrich, U.S.A., $C_6H_6O_2$, MW = 110.11 g/mol, ความบริสุทธิ์ > 98.0%) จำนวน 2.81 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

* สารละลายในข้อ 8, 9 และ 10 เตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำการทดลอง (freshly prepare solution)

วิธีการสกัดเอนไซม์

ทำการสกัดออกจากเนื้อมะม่วงโดยคัดแปลงมาจากวิธีสกัดเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสจากวิธีของ de Oliveira Lima *et al.* (1999) โดยนำเนื้อมะม่วงที่ปอกเปลือกแล้วไปปั่นจนละเอียดด้วยเครื่องปั่น (blender) แล้วชั่งเนื้อมะม่วงปั่นละเอียด 1 กรัม ใส่ในโถงที่แช่เย็นจัด แล้วเติมสารละลายสกัด ซึ่งได้แก่ สารละลาย 0.05 โมลาร์โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 6.2 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บดเนื้อมะม่วงกับสารละลายสกัดให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 (ทำการทดลองในอ่างน้ำแข็ง) สารละลายใสที่กรองได้ คือ สารละลายสิ่งสกัดหยาบ (crude extract) ซึ่งเป็นส่วนที่นำไปวัดกิจกรรมของเอนไซม์ POD และ PPO ตามวิธีต่อไปนี้

วิธีการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ POD

ทำการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ POD ตามวิธีของ Nagle and Harrd (1975) โดยปีเปิดสารละลายสิ่งสกัดหยาบปริมาตร 0.10 มิลลิลิตรใส่ลงในสารละลายสับสเตรตซึ่งประกอบด้วย กัวอะคอล 0.5% และ H_2O_2 0.1% ในสารละลาย 0.01 โมลาร์โซเดียมแอสซิเทตบัฟเฟอร์ พีเอช 6.0 ปริมาตร 2.40 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร โดยกำหนดให้ปริมาณเอนไซม์ POD 1 หน่วย (unit) เท่ากับปริมาณเอนไซม์ที่ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร เพิ่มขึ้น 0.001 หน่วยในเวลา 1 นาที

วิธีการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO

ทำการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ตามวิธีของ Flurkey and Jen (1978) โดยปีเปตต์สารละลายสังกะตหยาบปริมาตร 0.05 มิลลิลิตรใส่ลงในสารละลายสับสเทรตซึ่งประกอบด้วยแคตคอลล (catechol) 0.2 โมลาร์ ในสารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.05 โมลาร์พีเอช 6.2 ปริมาตร 2.45 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร โดยกำหนดให้ปริมาณเอนไซม์ PPO 1 หน่วย (unit) เท่ากับ ปริมาณเอนไซม์ที่ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เพิ่มขึ้น 0.001 หน่วยในเวลา 1 นาที

การคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์

$A = \text{ความชันของกราฟช่วงที่เป็นเส้นตรง} / 0.001$

โดยกำหนดให้กิจกรรมของเอนไซม์ 1 หน่วย (unit) เท่ากับ ปริมาณเอนไซม์ที่ทำให้ค่าดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 0.001 หน่วยในเวลา 1 วินาที ในสถานะที่ทำการทดลอง

การวัดปริมาณโปรตีนโดยวิธี Dye binding

สารเคมี

ก. สารละลาย stock ของสารละลายโปรตีนมาตรฐาน ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เตรียมโดยชั่ง BSA ("Fluka" Bovine Serum Albumin, AR Grade, Fluka, Switzerland) มาจำนวน 0.2500 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

ข. สารละลาย working ของสารละลายโปรตีนมาตรฐานความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัม/ มิลลิลิตร (200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) เตรียมโดยปีเปตต์สารละลายโปรตีนมาตรฐานความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/ มิลลิลิตร มาจำนวน 0.50 มิลลิลิตร ละลายด้วยสารละลายสำหรับสกัดเอนไซม์ (สารละลายบัฟเฟอร์ของโซเดียมฟอสเฟตความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ พีเอช 6.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์) แล้วปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตรด้วยสารละลายสำหรับสกัดเอนไซม์ในขวดปรับปริมาตร

ค. สารละลายสำหรับสกัดเอนไซม์ คือ สารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ พีเอช 6.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์

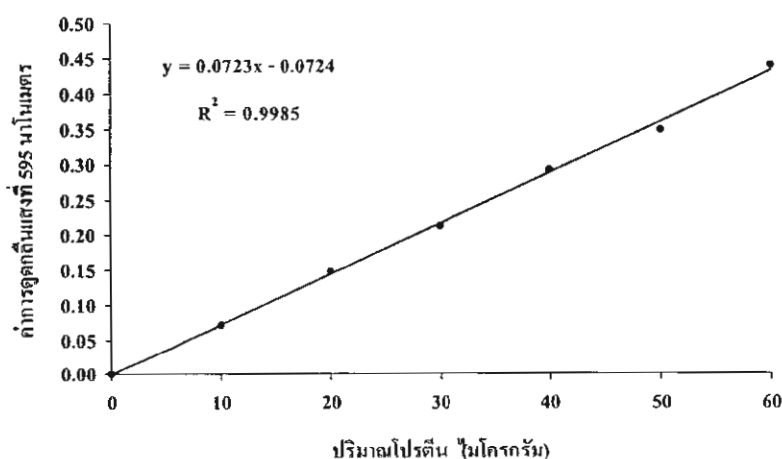
ง. สารละลาย Coomassie brilliant blue G-250 เตรียมโดยชั่ง Coomassie brilliant blue G-250 ("Fluka" Coomassie brilliant blue G-250, AR Grade, Sigma-Aldrich, U.S.A.) จำนวน 0.0125 กรัม ละลายด้วยเอทานอล ("สยามเอทานอลอุตสาหกรรม จำกัด" Ethanol, Food Grade, อยุธยา, Thailand) ความเข้มข้น 95% ปริมาตร 12.5 มิลลิลิตรแล้วเขย่าให้สารละลายสีข้อมละลายให้เข้ากัน เติมกรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 85% ("Merck" ortho-phosphoric acid 85%, AR Grade, E. Merck, Germany) ปริมาตร 25 มิลลิลิตรหลังจากนั้นปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

การสร้างกราฟมาตรฐานโปรตีน

ปีเปตต์สารละลายโปรตีนมาตรฐาน (Bovine Serum Albumin, BSA) ความเข้มข้น 200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองเติมสารละลาย 0.05 โมลาร์โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 6.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.1 โมลาร์ ลงในหลอดแต่ละหลอด โดยให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเท่ากับ 300 ไมโครลิตรจากนั้นเติมสารละลาย Coomassie (0.05% Coomassie brilliant blue G-250 ใน 5% เอทานอลและ 10% กรดฟอสฟอริก) ลงไปหลอดละ 3.00 มิลลิลิตร ผสมสารละลายให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

ปีเปตต์สารละลายแอนไฮม์ที่สกัดได้ มา 50 ไมโครลิตรใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วเติมสารละลาย 0.05 โมลาร์โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 6.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.1 โมลาร์ ลงในไปให้ได้ปริมาตรรวมเท่ากับ 300 ไมโครลิตร หลังจากนั้นเติมสารละลาย Coomassie (0.05% Coomassie brilliant blue G-250 ใน 5% เอทานอล และ 10% กรดฟอสฟอริก) ลงไปหลอดละ 3.00 มิลลิลิตร ผสมสารละลายให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้ไปเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนจากกราฟโปรตีนมาตรฐาน (Bradford, 1976)



รูปภาคผนวกก. 4 กราฟสารละลายโปรตีนมาตรฐาน

การศึกษาชนิดและรูปแบบของโปรตีนระหว่างการสุกของผลมะม่วงโดยใช้ Gel electrophoresis

ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงชนิดและรูปแบบของโปรตีนในมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่สุกบนต้นที่ระยะการสุกต่างๆ และพันธุ์มหาชนกเปรียบเทียบระหว่างการบ่มและไม่ได้บ่มที่ระยะการสุกต่างๆ โดยใช้เทคนิค เอสดีเอส-พอลิอะคริลาไมด์ เจลอิเล็กโทรโฟริซิส (SDS-Polyacrylamide Gel Electrophoresis, SDS-PAGE) โดยทำการสกัดโปรตีนออกจากเนื้อมะม่วงโดยใช้สารละลายสกัดที่มี SDS ละลายอยู่ 1% แล้วนำไปทำอิเล็กโทรโฟริซิสดังนี้

วิธีเตรียมสารเคมี

- สารละลาย 10 % SDS ชั่ง SDS มา 5.00 กรัมละลายในน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรสารละลายเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

- สารละลาย 30% acrylamide/ 0.8% bis-acrylamide

ชั่ง acrylamide มา 30.00 กรัม และ methylene-bis-acrylamide 0.80 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

- สารละลาย 0.75 โมลาร์ Tris-HCl บัฟเฟอร์ พีเอช 8.8

ชั่ง Tris (hydroxymethyl) methylamine มา 22.71 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตรเติมกรดไฮโดรคลอริก 6 โมลาร์ จนได้พีเอช 8.8 แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 250 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร

- สารละลาย 0.25 โมลาร์ Tris-HCl บัฟเฟอร์ พีเอช 6.8

ชั่ง Tris (hydroxymethyl) methylamine มา 7.57 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตรเติมกรดไฮโดรคลอริก 6 โมลาร์จนได้พีเอช 6.8 แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 250 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร

- สารละลาย Electrode buffer (0.0083 M Tris/0.192 M glycine, pH 8.3 ที่มี 0.1% SDS)

ชั่ง Tris (hydroxymethyl) methylamine มา 4.02 กรัม และ glycine 57.76 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 3.5 ลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 6 โมลาร์ ลงไปจนได้พีเอช 8.3 แล้วปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 4.0 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

- 1% Ammonium persulphate

ชั่ง Ammonium persulphate มา 0.05 กรัม ละลายน้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตร (สารละลายนี้ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่จะใช้)

- สารละลาย Sample buffer

ชั่ง Bromophenol blue มา 0.0125 กรัม ละลายในสารละลาย 0.25 โมลาร์ Tris-HCl บัฟเฟอร์พีเอช 6.8 ปริมาตร 12.5 มิลลิลิตร เติม glycerol 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติม SDS 1 กรัม ค่อยๆ คนจน SDS ละลายหมด เติม 2-mercaptoethanol ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

- สารละลายโปรตีนมาตรฐาน

เปิดสารละลายโปรตีนมาตรฐานเข้มข้น (SDS-PAGE molecular weight standard, broad range) ปริมาตร 50.00 ไมโครลิตร เติม sample buffer ลงไป 950.00 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปต้มในอ่างน้ำเดือด 5 นาที จะได้สารละลายโปรตีนมาตรฐานที่มีความเข้มข้นโปรตีนชนิดละ 0.1 µg/µl เพื่อใช้เป็นโปรตีนมาตรฐานในการทำอิเล็กโทรโฟรีซิส

- สารละลายสีย้อม (0.1% Coomassie ใน 50% methanol /10% acetic acid)

ชั่ง Coomassie brilliant blue R-250 1.00 กรัม ละลายใน methanol ปริมาตร 500 มิลลิลิตร แล้วเติม กรดอะซิติกเข้มข้นจำนวน 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1.0 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

- สารละลาย destainer (25% methanol / 7% acetic acid)

ตวง methanol ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เติมกรดอะซิติกเข้มข้นลงไป 140 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 2.0 ลิตร

วิธีการเตรียมพอลิอะคริลาไมด์เจล

- การเตรียม 10% separating gel ผสมสารต่างๆ ดังนี้

0.75 โมลาร์ Tris-HCl บัฟเฟอร์ พีเอช 8.8	15.00	มิลลิลิตร
30% acrylamide ที่มี 0.8% bis	10.00	มิลลิลิตร
10% SDS	0.30	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	3.16	มิลลิลิตร
TEMED	0.04	มิลลิลิตร
1.0% ammonium persulphate	1.50	มิลลิลิตร
ปริมาตรรวม	30.00	มิลลิลิตร

การเตรียม 3% stacking gel ผสมสารต่างๆ ดังนี้

0.25 โมลาร์ Tris-HCl บัฟเฟอร์ พีเอช 6.8	10.00	มิลลิลิตร
30% acrylamide ที่มี 0.8% bis	2.00	มิลลิลิตร
10% SDS	0.20	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	6.76	มิลลิลิตร
TEMED	0.04	มิลลิลิตร
1.0% ammonium persulphate	1.00	มิลลิลิตร
ปริมาตรรวม	20.00	มิลลิลิตร

- การเตรียมเจลแผ่น

ประกอบแผ่นกระจกที่ใช้ทำอิเล็กโทรโฟรีซิส 2 แผ่นเข้าด้วยกัน โดยมี spacer คั่นระหว่างแผ่นกระจกทั้งสองด้าน ยึดกระจกทั้งสองด้านเข้าด้วยกันให้แน่นแล้วนำไปประกอบเข้ากับส่วนที่เป็นฐานรอง ใช้สกรูยึดส่วนกระจกกับฐานรองให้แน่น ผสมสารละลาย separating gel เข้าด้วยกัน แล้ว

ค่อยๆ ใส่ลงในช่องว่างระหว่างแผ่นกระจกด้วยหลอดหยดจนได้ความสูง 11 เซนติเมตร ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ ค่อยๆ เติมน้ำกลั่นลงไปปิดผิวหน้าเจล ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดพอลิเมอร์เซชันที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 30 นาที เมื่อเจลแข็งตัวดีแล้ว เทน้ำที่ปิดผิวหน้าเจลทิ้งไป แล้วรินสารละลาย stacking gel ที่เตรียมไว้ลงบนหน้าเจลที่ได้ให้เกือบเต็มช่องว่างระหว่างแผ่นกระจก เสียบแผ่นหวีตามทันทีเพื่อให้เกิดช่องว่างไว้ใส่สารตัวอย่าง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเจลแข็งตัว แล้วจึงดึงแผ่นหวีออก คึงสกรูที่ยึดระหว่างกระจกและฐานรองออก แล้วประกอบกระจกเข้ากับ chamber บน ใช้สกรูยึดให้แน่น แล้วนำไปใส่ลงใน chamber ล่าง ที่มี electrode buffer อยู่ประมาณครึ่งหนึ่ง เท electrode buffer ลงใน chamber บนจนท่วมเส้นลวด

การทำอิเล็กโทรโฟรีซิส

นำสารละลายสิ่งสกัดหยาบมาผสมกับ sample buffer ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร นำไปต้มในอ่างน้ำเดือด 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นใช้ micro syringe ดูดสารละลายตัวอย่างหยดลงในช่องที่อยู่ด้านบนของเจล ต่อสายไฟจากเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับเครื่องอิเล็กโทรโฟรีซิส โดยให้ขั้วลบอยู่ที่ chamber บน และขั้วบวกอยู่ที่ chamber ล่าง ปลั๊กกระแสไฟฟ้าผ่านเจล 20 มิลลิแอมแปร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเพิ่มกระแสไฟฟ้าเป็น 50 มิลลิแอมแปร์ จนกระทั่งสีน้ำเงินในสารตัวอย่าง วิ่งลงมาถึงขอบด้านล่างสุดของเจล ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 5-6 ชั่วโมง จึงหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า ลอกแผ่นเจลออกจากกระจกเพื่อนำไปย้อมสีโปรตีนต่อไป

การย้อมสีโปรตีนโดยวิธี Coomassie

นำแผ่นเจลที่แกะออกจากแผ่นกระจกแล้วใส่ลงในกล่องพลาสติก เทสารละลายสีย้อมลงไปให้ท่วมแผ่นเจล นำไปวางบนเครื่อง Platform stirrer ทิ้งไว้นาน 1 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนสารละลายในกล่องพลาสติกเป็นสารละลาย destainer เพื่อล้างสีย้อมที่ไม่จับกับโปรตีนออก เปลี่ยนสารละลาย destainer บ่อยๆ จนกว่าจะเห็นแถบโปรตีนชัดเจน

สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการเตรียมเนื้อมะม่วงสุกก่อนการแช่เยือกแข็ง

1. สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ คลอรีนความเข้มข้น 20, 200 และ 300 ส่วนต่อล้านส่วน)
2. สารละลายผสมกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.0% เตรียมโดยชั่งกรดซิตริก ("เวชวิทท์" Citric acid, เกรดอาหาร, เอส.เค. เทรคคิง, ประเทศไทย) มาจำนวน 200 กรัม และชั่งแคลเซียมคลอไรด์ ("เวชวิทท์" Calcium chloride-2-hydrate, เกรดอาหาร, เอส.เค.เทรคคิง, ประเทศไทย) มาจำนวน 400 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 20 ลิตร

การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา

สารเคมี

ก. สารละลายบัฟเฟอร์เพปโทน ความเข้มข้น 0.1% เตรียมโดยชั่งเพปโทน ("Merck" Peptone, AR Grade, E. Merck, Germany) มาจำนวน 0.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ถ่ายใส่ขวดหรือหลอดทดลอง นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอ (Autoclave "Hariyama" model HA-300MIV, Japan) ที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

ข. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar เตรียมโดยชั่งอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ทั้งหมด (Becto[®] Plate Count Agar, Difco Laboratory, U.S.A.) มาจำนวน 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

ค. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar เตรียมโดยชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์และรา (Becto[®] Potato Dextrose Agar, Difco Laboratory, U.S.A.) มาจำนวน 39 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอ ที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ก่อนนำอาหารเลี้ยงเชื้อมาใช้ต้องปรับค่าพีเอชให้เท่ากับ 3.5 โดยการเติมสารละลายกรดทาร์ทริก (Tartaric acid, $\text{HOOC}(\text{CHOH})\text{COOH}$, Carlo Erba Reagent, Germany) ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 1.9 มิลลิลิตรลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตร

ง. สารละลายกรดทาร์ทริกความเข้มข้น 10% เตรียมโดยชั่งกรดทาร์ทริก 1 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

การเตรียมตัวอย่างเพื่อตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์

1. การเตรียมตัวอย่าง ทำโดยนำตัวอย่างเนื้อมะม่วงแช่เยือกแข็งที่บรรจุในถุง มาวางไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที

2. ใช้กรรไกรที่ฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ตัดเปิดปากถุง และใช้ช้อนที่ผ่านการฆ่าเชื้อตัดเนื้อมะม่วงมา 10 กรัม ใส่ในถุงติ่งปากที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เพปโทน 90 กรัม นำไปตีปั่นด้วยเครื่องตีปั่น จนตัวอย่างแตกละเอียดและผสมเป็นเนื้อเดียวกัน สารละลายที่ได้เป็นตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 หรือ 10^{-1}

3. ปิเปิดตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองปลอดเชื้อที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เพปโทน 9 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ได้เป็นสารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1:100 หรือ 10^{-2}

4. นำตัวอย่างที่เจือจาง 1:100 มาเจือจางให้เป็น 1:1000 หรือ 10^{-3} โดยทำเช่นเดียวกับข้อ 3

การตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) โดยวิธี Pour plate (AOAC, 2000)

ปีเปตต์ตัวอย่างอาหารเจือจางที่เตรียมไว้ (10^{-1} , 10^{-2} และ 10^{-3}) ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูจากตัวอย่างอาหารที่เจือจางมากที่สุด จากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar ที่หลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อ ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากัน ปั่นอย่างไวจนอาหารแข็งตัว แล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อลง นำไปบ่มในตู้บ่ม (Incubator "Gallenkamp", England) ที่อุณหภูมิ 37 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ± 3 ชั่วโมง หลังจากบ่มเชื้อได้ตามเวลาที่กำหนด ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเพาะเชื้อโดยนับจากจานที่มีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี นำค่ามาเฉลี่ยจากทั้ง 2 จานเพาะเชื้อ รายงานผลการตรวจนับว่ามี Mesophilic aerobic bacteria ในรูปจำนวนโคโลนีต่อเนื้อมะม่วง 1 กรัมของน้ำหนักสด

การตรวจหาปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) โดยวิธี Pour plate (AOAC, 2000)

การเตรียมตัวอย่าง ทำการทดลองเช่นเดียวกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

ปีเปตต์ตัวอย่างอาหารเจือจางที่เตรียมไว้ (10^{-1} , 10^{-2} และ 10^{-3}) ลงในจานเพาะเชื้อจานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูจากตัวอย่างอาหารที่เจือจางมากที่สุด จากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่หลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อ ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากัน วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว นำไปบ่มในตู้บ่ม (Incubator "Gallenkamp", England) ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ± 3 ชั่วโมง หลังจากบ่มเชื้อได้ครบเวลาที่กำหนด ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเพาะเชื้อ โดยนับจากจานที่มีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี นำค่ามาเฉลี่ยจากทั้ง 2 จาน รายงานผลการตรวจนับ ในรูปจำนวนโคโลนีต่อเนื้อมะม่วง 1 กรัมของน้ำหนักสด

หมายเหตุ ปีเปตต์ หลอดทดลอง และจานเพาะเชื้อ ต้องผ่านการฆ่าเชื้อในตู้อบลมร้อน (Hot air oven : UM 100-UM800 "Mettler", Germany) ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic nine point scale

ระหว่างการเก็บรักษาตัวอย่างเนื้อมะม่วงแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 6 เดือน ได้สุ่มตัวอย่างออกมาทุกเดือน เพื่อประเมินคุณภาพของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น ชูดกวนกุ่ม และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นชูดทดลองที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.0% การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส ได้แบ่งลักษณะเฉพาะของเนื้อมะม่วงสุกออกเป็น 6 ลักษณะได้แก่ สีที่ปรากฏ (สีเหลือง) ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นของมะม่วง รสหวาน รสเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม ผู้ทดสอบชิมเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโทและปริญญาเอก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จำนวน 10 คน และใช้ผู้ทดสอบชิมชุดเดียวกันตลอดการทดลอง การทดสอบแบบ Hedonic nine point scale ให้คะแนนลักษณะของเนื้อมะม่วงสุกที่ผู้ทดสอบชิมชอบมากที่สุดเท่ากับ 9 ตามแบบประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การเตรียมตัวอย่าง

สุ่มตัวอย่างเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมา 4 ถัง แต่ละถังมีเนื้อมะม่วงสุกอยู่ 4 ชิ้น นำชิ้นเนื้อมะม่วงสุกวางใส่จานและทำให้น้ำแข็งหลอมละลายโดยใช้เตาไมโครเวฟ ("Sharp" : R351, ชาร์ป แอฟฟลาย แอนซ์ จำกัด, ประเทศไทย) เป็นเวลา 3 นาที แล้วหั่นเนื้อมะม่วงส่วนปลายออกทั้ง 2 ด้าน ออกเล็กน้อย หลังจากนั้นหั่นชิ้นมะม่วงตามขวางของผลออกเป็น 3 ชิ้น แล้ววางใส่จานสีขาว ให้ผู้ทดสอบชิม คนละ 2 ชิ้นต่อ 1 ชุดการทดลอง โดยผู้ทดสอบชิมทุกคนจะชิมเนื้อมะม่วงสุก 2 ชุดการทดลอง

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

กรุณาชิมตัวอย่างเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก และให้คะแนนตามความรู้สึกลงใน

ตารางที่กำหนดให้ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- | | |
|---------------------|------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 6 = ชอบน้อย |
| 2 = ไม่ชอบมาก | 7 = ชอบปานกลาง |
| 3 = ไม่ชอบปานกลาง | 8 = ชอบมาก |
| 4 = ไม่ชอบน้อย | 9 = ชอบมากที่สุด |
| 5 = เฉย ๆ | |

ตารางการให้คะแนน

ลักษณะเนื้อมะม่วงสุก	รหัสตัวอย่าง.....	รหัสตัวอย่าง.....
1 . สีเนื้อ (สีเหลือง)		
2 . เนื้อสัมผัส		
3 . กลิ่นมะม่วงสุก		
4 . รสหวาน		
5 . รสเปรี้ยว		
6 . การยอมรับโดยรวม		

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ภาคผนวก ข.

ขั้นตอนการบ่มมะม่วง

และ

กระบวนการแปรรูปเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็ง



การคัดเลือกผลมะม่วง



การตัดแต่งและเด็ดขั้วผลมะม่วง



การแยกระยะความแก่-อ่อนของมะม่วงโดยการจม-ลอยในสารละลายน้ำเกลือ



สารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 3 และ 5% ที่ใช้ในการจม-ลอยผลมะม่วง



การล้างทำความสะอาดผลมะม่วงด้วยน้ำธรรมดา 2 ครั้ง หลังจากจม-ลอยในสารละลายน้ำเกลือ



การเรียงผลมะม่วงให้แห้งก่อนนำไปบ่ม

รูปภาคผนวก ข.1

ขั้นตอนการเตรียมผลมะม่วงก่อนการบ่ม



ผลมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก



ผลมะม่วงล้างด้วยน้ำคลอรีนความเข้มข้น
300 ppm



เนื้อมะม่วงแช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0% ที่มี
แคลเซียมคลอไรด์ 2.0% เป็นเวลา 2 นาที



เนื้อมะม่วงสุกก่อนนำเข้าแช่เยือกแข็ง



เนื้อมะม่วงสุกภายหลังการแช่เยือกแข็ง

รูปภาคผนวก ข. 2 ขั้นตอนการเตรียมเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนกก่อนแช่เยือกแข็ง



ผลมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์



การปอกเปลือกและฝานครึ่งผล



เนื้อมะม่วงสุกขณะแช่ในสารละลาย



เนื้อมะม่วงสุกภายหลังการแช่ในสารละลาย
ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง



เนื้อมะม่วงสุกภายหลังการแช่เยือกแข็ง



การบรรจุเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็ง
ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์

รูปภาคผนวก ข. 3 ขั้นตอนการเตรียมเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ก่อนแช่เยือกแข็ง

ตารางภาคผนวก ข. 1 สมบัติทางกายภาพ ส่วนประกอบทางเคมี และชีวเคมีของเนื้อมะม่วงสุก
พันธุ์มหาชนและโชคอนันต์ที่ใช้แปรรูปแช่เยือกแข็ง

สมบัติของเนื้อมะม่วงสุก	ผลการวิเคราะห์	
	มหาชน	โชคอนันต์
ค่า L*	55.50 ± 0.04	49.11 ± 0.22
ค่า a*	17.90 ± 0.06	13.83 ± 2.42
ค่า b*	49.59 ± 0.46	56.28 ± 0.23
ค่า C*	52.72 ± 0.48	57.99 ± 0.83
ค่า H°	70.15 ± 0.13	76.21 ± 2.25
กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (หน่วย/นาที่/มิลลิกรัมของ โปรตีน)	3102.69 ± 781.22	8894.64 ± 2103.39
กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/นาที่/มิลลิกรัมของ โปรตีน)	263.52 ± 23.13	444.74 ± 106.33
ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (%) ในรูปของกรดซิตริก	0.34 ± 0.01	0.25 ± 0.01
ค่าพีเอช	4.53 ± 0.19	4.61 ± 0.06
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%)	19.07 ± 0.10	18.04 ± 1.93
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (%)	3.24 ± 0.19	4.16 ± 0.09
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%)	15.35 ± 0.53	16.50 ± 0.46
ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด)	69.45 ± 5.00	44.87 ± 3.20
ปริมาณแคโรทีน (ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด)	57.81 ± 2.18	-
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด)	-	77.93 ± 1.81



เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน



เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน



เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

รูปภาคผนวก ข. 4 ตัวอย่างเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งเก็บรักษา
ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 3 และ 6 เดือน

โครงการ

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีระหว่างการสุกและการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง
ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์และมหาชนก

สรุปประเด็นความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

1. โครงการนี้เปลี่ยนแปลงจากแผน
ได้เปลี่ยนแปลงจากแผนตามโครงร่างวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาที่ผ่านความเห็นชอบจากกรรมการ
บัณฑิตศึกษา
2. เป็นโครงการที่บรรลุดูวัตถุประสงค์บางส่วน เพราะไม่มีการศึกษาภาวะที่เหมาะสมระหว่างการเก็บ
รักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นครึ่งผลแช่เยือกแข็ง รวมถึงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงภายหลังการหลอม
ละลายของเนื้อมะม่วงแช่เยือกแข็ง
การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงต่างๆ จะต้องใช้เนื้อมะม่วงที่หลอมละลายแล้วทันทีมาวิเคราะห์ หาก
หลอมละลายแล้วปล่อยทิ้งไว้ เนื้อมะม่วงจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว
3. ยังขาดความเชื่อมโยงระหว่างผลการวิจัยที่ได้ในแต่ละส่วน ทำให้ข้อมูลที่ได้มาไม่สามารถนำไปใช้
ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำให้การสรุปผลไม่ชัดเจนและอาจก่อให้เกิดความสับสนต่อผู้ที่นำข้อ
มูลไปใช้ได้ ทำให้ผลงานวิจัยขาดความน่าเชื่อถือ
ผลการวิจัยที่ได้ในแต่ละตอน ได้แยกออกจากกันอย่างชัดเจนเป็นบทๆ เพื่อให้ผู้สนใจนำข้อมูลไป
ใช้ประโยชน์ได้ง่าย
4. ผลงานวิจัยยังไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ แต่มีแนวโน้มว่าจะนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก ผู้ที่จะใช้
ประโยชน์ได้ คือ ผู้ผลิตมะม่วงแช่เยือกแข็งและผลิตภัณฑ์มะม่วงแปรรูป นักวิจัยทางด้านผลไม้และ
ผู้สนใจ
ได้เผยแพร่ข้อมูลให้กับผู้ส่งออกเนื้อมะม่วงแช่เยือกแข็งไปต่างประเทศบางราย เพื่อเป็นการยืนยัน
คุณภาพของเนื้อมะม่วงแช่เยือกแข็ง

5. ข้อเสนอแนะในการเผยแพร่ผลงานให้ถึงผู้ใช้ คือ เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการวิจัยมีปริมาณมาก ควรสรุปเฉพาะข้อมูลที่สำคัญ หรือวิธีการที่ดีที่สุดในแต่ละขั้นตอนไว้ เพื่อให้สะดวกต่อการศึกษาข้อมูลโดยผู้ใช้ และควรอภิปรายผลโดยเชื่อมโยงผลของแต่ละปัจจัยที่ศึกษาเข้าด้วยกัน เพื่อให้เห็นภาพรวมของงานวิจัยและสาเหตุที่แท้จริงของการเปลี่ยนแปลงระหว่างการศึกษาของมะม่วงและวิธีการเตรียมเนื้อมะม่วงแช่เยือกแข็งที่ถูกต้อง เพื่อให้ผู้ใช้จะได้เลือกข้อมูลไปประยุกต์ใช้ได้ถูกต้องเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

6. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

- คำศัพท์เฉพาะหรือชื่อของค่าต่างๆ ควรเลือกใช้เพียงแบบเดียว เช่น สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ กับ น้ำคลอรีน °ซ กับ องศาเซลเซียส เป็นต้น และควรหลีกเลี่ยงการใช้ศัพท์ภาษาอังกฤษในกรณีที่สามารถใช้คำภาษาไทยได้
- การนำเสนอตารางและรูปภาพ ควรใช้แบบฟอร์มเดียวกันตลอดทั้งรายงาน และควรเลือกใช้อักษรหรือสัญลักษณ์ที่มองเห็นได้อย่างชัดเจนในการนำเสนอกราฟต่างๆ รวมถึงการใช้อักษรและรูปแบบการนำเสนอข้อมูลที่มีการวิเคราะห์ความแตกต่างทางด้านสถิติ ควรเป็นไปในรูปแบบเดียวกัน
- ควรเพิ่มเติมการอภิปรายผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาคุณลักษณะและปัจจัยต่างๆ และให้เหตุผลประกอบว่าเหตุใดจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นนั้น ไม่ควรเขียนแต่ผลหรือตัวเลขที่ได้มาเพียงอย่างเดียว และควรนำข้อมูลที่ได้มาเชื่อมโยงกันด้วย เช่น ปริมาณโปรตีนที่เปลี่ยนแปลงกับปริมาณเอนไซม์ที่เหลืควรสอดคล้องกันหรือไม่ อย่างไร
- การทดลองตอนที่ 1 แบ่งมะม่วงเป็นกลุ่มที่บ่มให้สุกตามธรรมชาติ กับกลุ่มที่บ่มให้สุกด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ แต่การศึกษาในข้อ 4.3.3 และ 4.3.4 กลับใช้คำว่า “บ่ม” และ “ไม่บ่ม” ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเข้าใจผิดได้ จึงควรใช้คำที่เหมือนกันกับการทดลองในข้ออื่นๆ ก่อนหน้า
- ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์และปริมาณโปรตีนระหว่างการศึกษาของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ ศึกษาตามระยะสุก แต่มะม่วงพันธุ์มหาชนกกลับศึกษาตามอายุของมะม่วง ทำให้ไม่สามารถนำผลการทดลองทั้งสองส่วนมาเปรียบเทียบกันได้
- ควรเปรียบเทียบผลการศึกษาของมะม่วงโชคอนันต์กับมะม่วงมหาชนกให้ชัดเจน (ผลทางกายภาพ)
- ข้อมูลตัวเลขที่ได้จากเอกสารอ้างอิง อาจนำเสนอในรูปแบบตาราง เพื่อให้เห็นได้อย่างชัดเจน เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้
- จากผลการทดลองตอนที่ 3 รายงานว่ามะม่วงโชคอนันต์ระหว่างการรักษาที่มีการเปลี่ยนแปลงสีน้อยกว่ามะม่วงมหาชนก แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ในมะม่วงโชคอนันต์กลับมากกว่าในมะม่วงมหาชนก ซึ่งหากว่ากิจ

กรรมของเอนไซม์มากกว่า น่าจะมีผลทำให้มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีการเปลี่ยนแปลงสีมากกว่ามะม่วงมหาชนก

- จากผลการทดลองตอนที่ 2 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ในมะม่วงชุดควบคุมแต่ละค่า ควรมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากขึ้นมะม่วงไม่ผ่านการทรีตเมนต์ใดๆ เพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ และควรมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากชุดทดลอง
- ทำไม้ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลือยู่จึงเพิ่มขึ้นมากกว่า 100% ในขณะที่ปริมาณโปรตีนที่เหลือในขึ้นมะม่วงลดลง
- ผลที่ได้จากการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ในมะม่วงโชคอนันต์ สามารถนำไปเชื่อมโยงกับการลดกิจกรรมของเอนไซม์โดยใช้กรดซิตริกได้ ควรอภิปรายส่วนนี้เพิ่มเติม
- จากผลการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในเนื้อมะม่วงสุกโดยการให้ลดความร้อนแล้วนำไปแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ กัน แล้วพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้น จึงสรุปว่า การแช่เนื้อมะม่วงสุกในสารละลายกรดซิตริกที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นสูงเกินไปหรือใช้เวลานานเกินไป อาจมีผลกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ได้ เป็นการสรุปที่ไม่มีข้อมูลอ้างอิงมาสนับสนุน ทั้งยังขัดแย้งกับการอ้างอิงอีกด้วย
- ควรให้รายละเอียดของชุดควบคุมกับชุดทดลองสำหรับการทดลองตอนที่ 2 อย่างชัดเจน
- โดยทั่วไปการเก็บรักษาอาหาร โดยการแช่เยือกแข็งยิ่งเก็บรักษานานปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จะลดลงไปเรื่อยๆ แต่การทดลองนี้ยังเก็บรักษานานปริมาณยิ่งเพิ่มขึ้น ไม่ทราบว่าได้ตรวจสอบอุณหภูมิขณะเก็บรักษาว่าเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงไร ซึ่งถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นอาจทำให้เชื้อเพิ่มปริมาณมากขึ้นได้