บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

ตอนที่ 1. การศึกษาวิธีการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) และเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (POD) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

ก. การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส

ผลการศึกษาวิธีการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์-ออกซิเดส ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนกด้วยสารละลายกรดซิตริกหรือแคลเซียมคลอไรด์

ผลการทดลอง พบว่าการจุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์-ออกซิเดส ได้ดีที่สุดเท่ากับ 57.99 และ 40.44% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้จุ่มในสารละลาย ซึ่งดีกว่าการจุ่มเนื้อมะม่วงสุกในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5 และ 1.5% และไม่แตกต่างกันในระหว่างชุดทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่อจุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงสุกในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5% พบว่า การจุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงสุกในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสได้ดีกว่าการจุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 และ 1.5% คือเท่ากับ 43.78 และ 31.11% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และไม่แตกต่างกันในระหว่างชุดทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.1)

ผลการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ของชิ้นเนื้อมะม่วงสุกที่จุ่มในสารละลายผสมของกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสได้ดีที่สุดคือเท่ากับ 64.01 และ 48.28% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ในขณะที่การจุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงสุกในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% หรือสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% เพียงอย่างเดียว สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสได้เท่ากับ 51.67% และ 42.37% และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสที่ลดลงไม่แตกต่างกันในระหว่างชุดทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) คือเท่ากับ 43.76% และ 40.33% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 4.1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการจุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงสุกในสารละลายกรดซิตริกสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด ได้ดีที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารละลายกรดซิตริกทำให้ค่าพีเอชของชิ้นเนื้อมะม่วงลดลง โดยมีค่าพีเอชต่ำกว่า 5 ในขณะที่ค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของเนื้อมะม่วงอยู่ในช่วง 5-7 (Garcia and Barrett, 2002) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการจุ่มแห้วจีนที่แยกเปลือกออกลงในสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร พบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส ลดการสูญเสียส่วนประกอบทางเคมีและยับยั้งการเปลี่ยนสีที่ผิวของเนื้อแห้วได้ (Jiang *et al*., 2003) และการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมังคุดโดยจุ่มในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5% ผสมกับแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.25% กรดอีริทอร์บิกความเข้มข้น 1.0% และซีสเตอีนความเข้มข้น 0.5% เป็นเวลา 1 นาที ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง (พรพงษ์และไพรัตน์, 2550)

ข. ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการวัดแรงกด (นิวตัน) ของชิ้นเนื้อมะม่วงสุก

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสจากแรงกด พบว่าชิ้นเนื้อมะม่วงสุกที่จุ่มในสารละลายผสมของกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% มีค่าแรงกดสูงสุดเท่ากับ 2.94 นิวตัน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงชุดที่จุ่มในสารละลายกรดซิตริกเพียงอย่างเดียว แต่ไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% เพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 4.2)

เนื่องจากการจุ่มเนื้อผลไม้ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อให้กับผลไม้ได้ โดยแคลเซียมไอออนจะรวมตัวกับหมู่คาร์บอกซิลในโมเลกุลของสารประกอบเพกทินเกิดพันธะ cross link ส่งผลให้โครงสร้างเซลล์ของเนื้อผลไม้แข็งแรงขึ้น และช่วยลดการรั่วซึมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและสารตั้งต้นที่ผิวของผลไม้ ซึ่งมีรายงานว่าการจุ่มเนื้อสาลี่หั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและการเกิดสีน้ำตาลที่แกนผล และยังช่วยรักษาความแน่นเนื้อภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 75 วัน (Mahajan and Dhatt, 2004) นอกจากนี้ การจุ่มเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2% ก่อนนำไปแช่เยือกแข็งช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อ และชะลอสูญเสียความแน่นเนื้อของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Litz, 2000) และการจุ่มเนื้อมะม่วงในสารละลายยังช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์และสารตั้งต้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลดลง (Underhill and Critchley, 1994; Lamikanra and Watson, 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

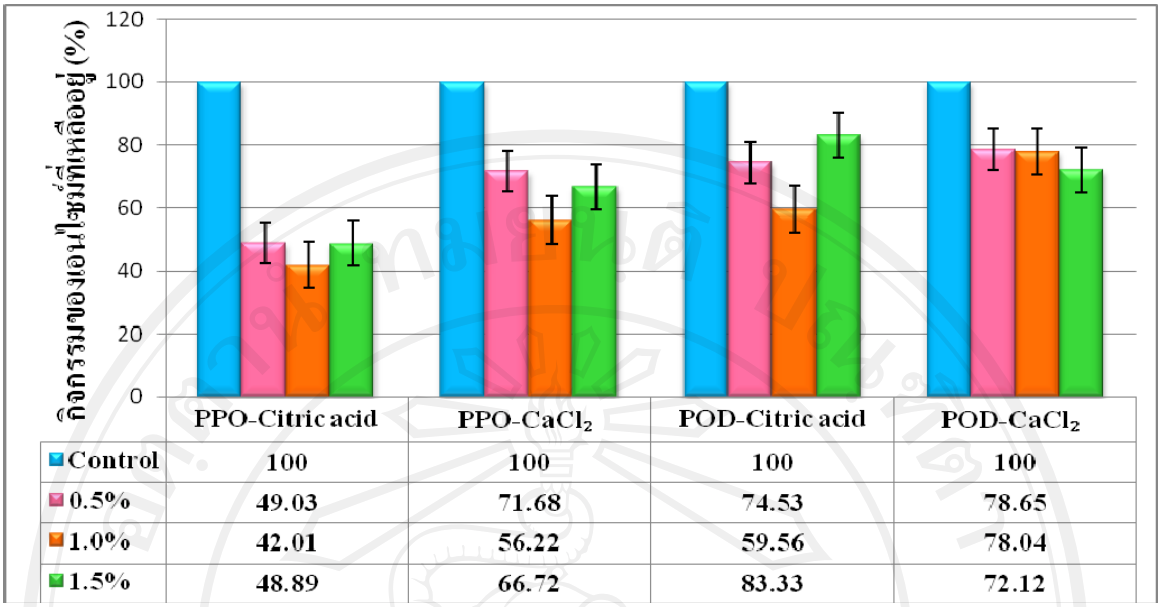
ตารางที่ 4.1 กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสที่ลดลง (%) ในเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก ภายหลังการจุ่มในสารละลายกรดซิตริกหรือแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 2 นาที

	ชุดทดลอง	ค่าพีเอช	กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (%)	กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (%)
1	สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5%	2.15	50.97±7.19A	25.47±3.16B
	สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1.0%	2.08	57.99±1.45A	40.44±5.66A
	สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1.5%	2.03	51.11±8.06A	20.02±5.27B
2	สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5%	8.35	28.32±7.45A	21.35±6.45A
	สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0%	8.97	43.78±2.58A	31.11±2.94A
	สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.5%	9.32	33.28±1.72A	29.82±6.21A
3	สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1%	2.08	51.67±3.79B	43.76±3.72A
	สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1%	8.97	42.37±7.30C	40.33±7.62A
	สารละลายผสมกรดซิตริกเข้มข้น 1% กับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1%	2.05	64.01±4.25A	48.28±2.96A

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

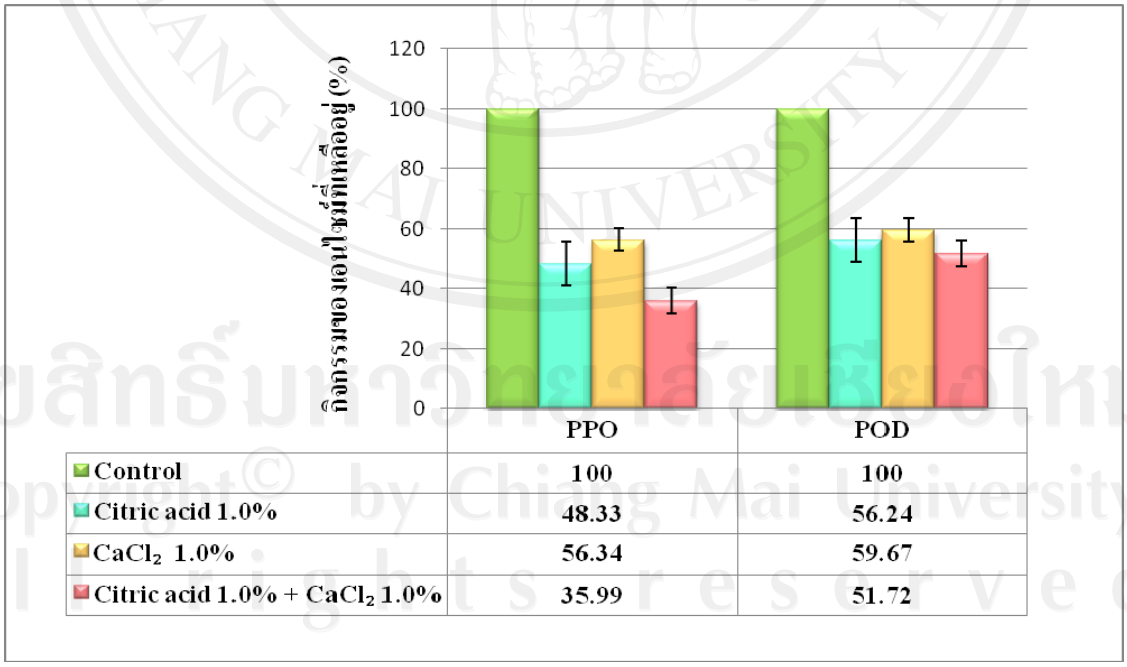
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งของแต่ละชุดทดลองที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



	PPO-Citric acid	PPO-$CaCl_2$	POD-Citric acid	POD-$CaCl_2$
Control	100	100	100	100
0.5%	49.03	71.68	74.53	78.65
1.0%	42.01	56.22	59.56	78.04
1.5%	48.89	66.72	83.33	72.12

รูปที่ 4.1 กิจกรรมของเอนไซม์ที่เหลืออยู่ (%) ในเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกที่จุ่มในสารละลายกรดซิตริกหรือแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม



	PPO	POD
Control	100	100
Citric acid 1.0%	48.33	56.24
$CaCl_2$ 1.0%	56.34	59.67
Citric acid 1.0% + $CaCl_2$ 1.0%	35.99	51.72

รูปที่ 4.2 กิจกรรมของเอนไซม์ที่เหลืออยู่ (%) ในเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกที่จุ่มในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% และ/หรือแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวัดแรงกด (นิวตัน) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

ชนิดและระดับความเข้มข้นของสารละลาย	ค่าแรงกด (นิวตัน)
ตัวอย่างควบคุม	2.28±0.12B
สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1%	2.31±0.39B
สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1%	2.85±0.11A
สารละลายผสมกรดซิตริกความเข้มข้น 1% กับแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1%	2.94±0.07A

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งของแต่ละชุดทดลองที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตอนที่ 2. การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส และลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

ก. กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส

ภายหลังการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของเนื้อลิ้นจี่ในแต่ละกรรมวิธีลดลง โดยเนื้อลิ้นจี่ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.5% สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ 39.85 และ 34.15% ตามลำดับ และกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสที่ลดลงมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อลิ้นจี่ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.5% (ตารางที่ 4.3) ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการที่คลอไรด์ไอออนสามารถรวมตัวกับทองแดงไอออนซึ่งเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส และเหล็กไอออนที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส จึงทำให้ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดลดลง (Miyawaki, 2006)

ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการวัดแรงกด (นิวตัน) ของเนื้อลิ้นจี่

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสจากค่าแรงกด พบว่าเนื้อลิ้นจี่ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ทุกระดับความเข้มข้นมีค่าแรงกดสูงกว่าชุดควบคุม และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.4) และจากผลการทดลองยังพบว่าการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1.5% ทำให้เนื้อลิ้นจี่มีรสขม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากเนื้อลิ้นจี่มีปริมาณเพกทินประมาณ 0.42-0.48% ของเนื้อลิ้นจี่สด (Mahattanatawee *et al*., 2006) ดังนั้นการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จึงช่วยรักษาคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสได้ โดยแคลเซียมไอออนสามารถสร้างพันธะกับหมู่คาร์บอกซิลในโมเลกุลของกรดเพกทิกเกิดเป็นเกลือแคลเซียมเพกเทต ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสคงความแข็งไม่อ่อนนิ่ม (Goncalves *et al*., 2000) และแคลเซียมยังเป็นธาตุที่สำคัญชนิดหนึ่งที่มีผลต่อโครงสร้างของเซลล์พืช โดยเกี่ยวข้องกับเยื่อหุ้มผนังเซลล์ ดังนั้นการเพิ่มแคลเซียมไอออนให้กับเนื้อผลไม้จะช่วยให้ผนังเซลล์แข็งแรงมากขึ้นและชะลอการอ่อนนิ่มของเนื้อผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษา เช่น การจุ่มเนื้อมะละกอหั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.5% และเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 21 วัน ที่อุณหภูมิ 13±1 องศาเซลเซียส สามารถรักษาส่วนประกอบทางเคมีในเนื้อมะละกอ คงความแน่นเนื้อ ยืดอายุการเก็บรักษา ยับยั้งการสุกและการเสื่อมสภาพได้ (Mahmud *et al*., 2008)

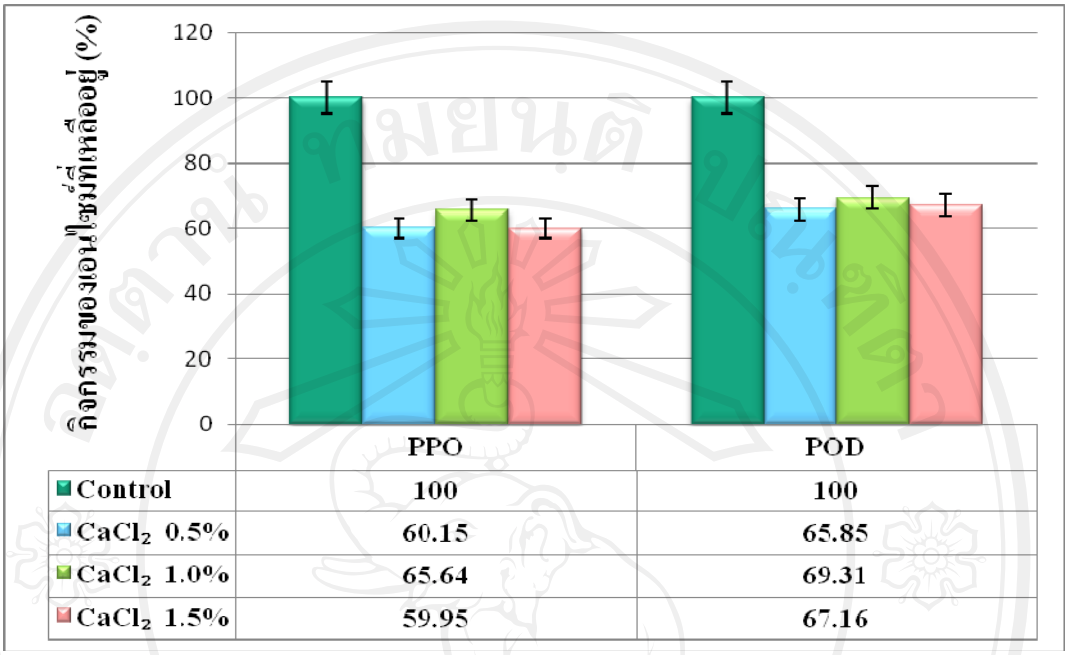
ตารางที่ 4.3 กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสที่ลดลง (%) ในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ภายหลังการจุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5 นาที

ชุดทดลอง	ค่าพีเอช	กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (%)	กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (%)
สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5%	8.35	39.85±0.60A	34.15±4.42A
สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0%	8.97	34.36±0.59B	30.69±6.70A
สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.5%	9.32	40.07±0.41A	32.85±0.64A

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งของแต่ละชุดทดลองที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.3 กิจกรรมของเอนไซม์ที่เหลืออยู่ (%) ในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

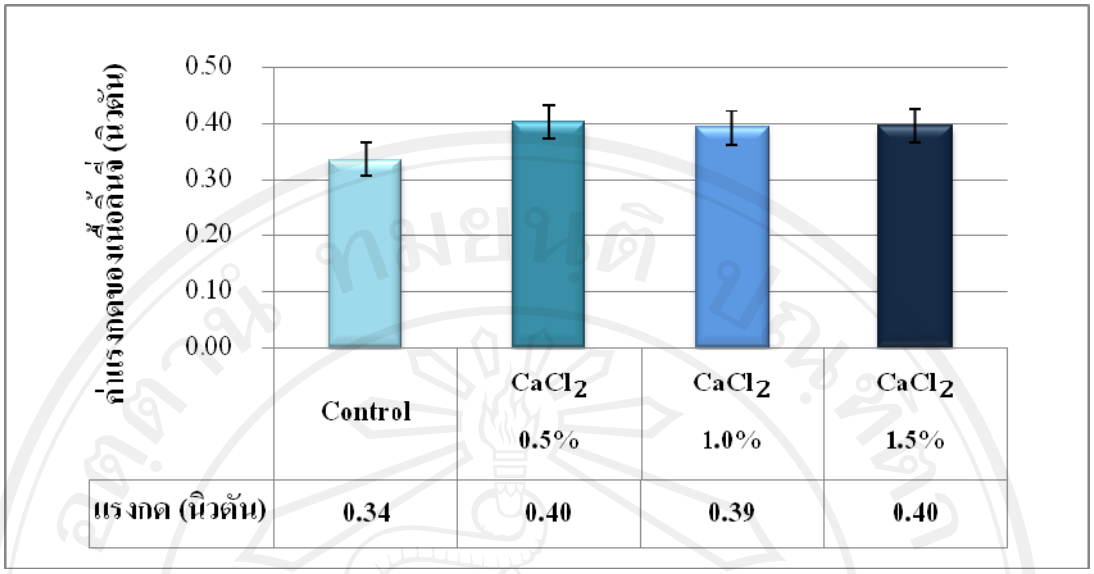
ตารางที่ 4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวัดค่าแรงกด (นิวตัน) ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ภายหลังจุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์	แรงกด (นิวตัน)
0 (control)	0.34±0.03B
0.5%	0.40±0.06A
1.0%	0.39±0.06A
1.5%	0.40±0.07A

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งของแต่ละชุดทดลองที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.4 ค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ตอนที่ 3. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี ทางชีวเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกและเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาและระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง

- **เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก**

แบ่งเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ

ชุดควบคุม เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่นำไปแช่เยือกแข็งโดยไม่ผ่านขั้นตอนการจุ่มในสารละลายผสมของกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0%

ชุดทดลอง เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่จุ่มในสารละลายผสมของกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนกชุดควบคุมที่ไม่จุ่มในสารละลายและชุดทดลองที่จุ่มในสารละลายผสมของกรดซิตริกเข้มข้น 1.0% และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้น 1.0% เป็นเวลา 2 นาที นำไปแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิกด้วยไนโตรเจนเหลว ที่บริษัทลีโอฟูดส์ จำกัด อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงสุกที่แช่เยือกแข็งแล้วมาบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนโดยปิดปากถุงให้สนิท จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย**

แบ่งเนื้อลิ้นจี่ออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ

ชุดควบคุม เนื้อลิ้นจี่ที่นำไปแช่เยือกแข็งโดยไม่ได้จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์

ชุดทดลอง เนื้อลิ้นจี่ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% ก่อนแช่เยือกแข็ง

เนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมที่ไม่จุ่มในสารละลายและชุดทดลองที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% เป็นเวลา 5 นาที นำไปแช่เยือกแข็งด้วยวิธีไครโอจีนิกโดยใช้ไนโตรเจนเหลว ที่บริษัทลีโอฟูดส์ จำกัด อ. สันป่าตอง จ. เชียงใหม่ นำตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่ที่แช่เยือกแข็งแล้วมาบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนโดยปิดปากถุงให้สนิท จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

สุ่มตัวอย่างเนื้อมะม่วงสุกและเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งออกมาทุกเดือน แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ โดยใช้กรรไกรที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัดไอและแอลกอฮอลล์ 70% ตัดชิ้นเนื้อมะม่วงและเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็ง แล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาจำนวนโคโลนีโดยวิธี spread plate หลังจากนั้นแบ่งตัวอย่างที่หลอมละลายแล้วไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพส่วนหนึ่ง และอีกส่วนที่ไม่หลอมละลายนำไปวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีและวัดกิจกรรมของเอนไซม์ของเนื้อมะม่วงและเนื้อลิ้นจี่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

1. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1.1 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อมะม่วง

ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงค่า L*, a*, b* และคำนวณเป็นค่า Chroma (C*) และ Hue angle (H^o) ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.5-4.7 และรูปที่ 4.5-4.7

ก. ค่า L*

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งแสดงในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5 โดยค่า L* ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึงตัวอย่างมีสีขาวหรือสีจาง ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึงตัวอย่างมีสีดำหรือสีคล้ำ

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งทั้งชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่า L* ใกล้เคียงกันเท่ากับ 63.63 และ 63.83 ตามลำดับ ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่า L* ผันแปรอยู่ในช่วง 62.24-67.08 และ 62.33-67.26 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่า L* ของเนื้อมะม่วงสุกระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ละเดือน พบว่า ค่า L* ของเนื้อมะม่วงสุกชุดทดลองไม่แตกต่างกับค่า L* ของชุดควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และระหว่างการเก็บรักษา 3-6 เดือน พบว่า ค่า L* ของชุดควบคุมมีค่าค่อนข้างคงที่ คือสีของเนื้อมะม่วงสุกมีความสม่ำเสมอ ในขณะที่ชุดทดลองมีค่า L* เพิ่มขึ้นในเดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 หลังจากนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่ เมื่อเปรียบเทียบกับวันเริ่มต้นเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับผลกีวีหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง เมื่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่าเนื้อกีวีหั่นชิ้นมีค่า L*เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (Cano *et al*., 2005) และยังสอดคล้องกับ Simandjuntak *et al*. (1996) ซึ่งได้รายงานผลการวัดค่าสีของเนื้อแคนตาลูปหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน มีค่า L* เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า H^o ลดลงตามระยะการเก็บรักษา โดยเชื่อว่าเป็นผลจากการสลายตัวของสารแคโรทีนอยด์เนื่องมาจากการเร่งด้วยเอนไซม์ภายในเนื้อผลไม้ นอกจากนี้ ค่า L* เฉลี่ยของเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แสดงว่าการแช่เยือกแข็งเนื้อมะม่วงสุกด้วยวิธีไครโอจีนิกโดยใช้ไนโตรเจนเหลวช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีและยับยั้งการสีน้ำตาลของเนื้อมะม่วงได้ (Estrada-Flores, 2002)

ข. ค่า C*

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า C* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งดังแสดงในตาราง 4.6 และรูปที่ 4.6 โดยค่า C* ได้มาจากการนำค่า a* และ b* มาคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$C^* = \text{Chroma} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

ค่า C* หรือค่า Chroma เป็นค่าแสดงถึงความเข้มของสี ถ้าค่า C* มีค่าเท่ากับศูนย์หมายถึง วัตถุมีสีเทา ค่า C* ยิ่งมากแสดงว่าความเข้มของสีที่ปรากฏมากขึ้นด้วย (Ozoglu and Bayind, 2002)

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่า C* เท่ากับ 51.88 และ 57.45 และในเดือนที่ 6 มีค่า C* เท่ากับ 53.66 และ 51.53 ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับวันเริ่มต้นทำการทดลอง แสดงว่าเนื้อมะม่วงสุกชุดทดลองเมื่อเริ่มต้นมีสีเหลืองเข้มกว่าชุดควบคุม และในเดือนที่ 6 ชุดควบคุมมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย ขณะที่ชุดทดลองมีสีจางลง อย่างไรก็ตาม ความผันแปรของค่า C* อาจเนื่องมาจากความผันแปรของสีเนื้อมะม่วงสุกแต่ละผลที่นำมาใช้ทดลองด้วย เมื่อพิจารณาค่า C* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงทั้ง 2 ชุด พบว่ามีค่า C* อยู่ในช่วง 50.73-56.91 และ 46.74-57.45 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า C* ระหว่างเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือนพบว่าค่า C* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาและภายหลังการเก็บรักษาในเดือนที่ 1 และ เดือนที่ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 ค่า L* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

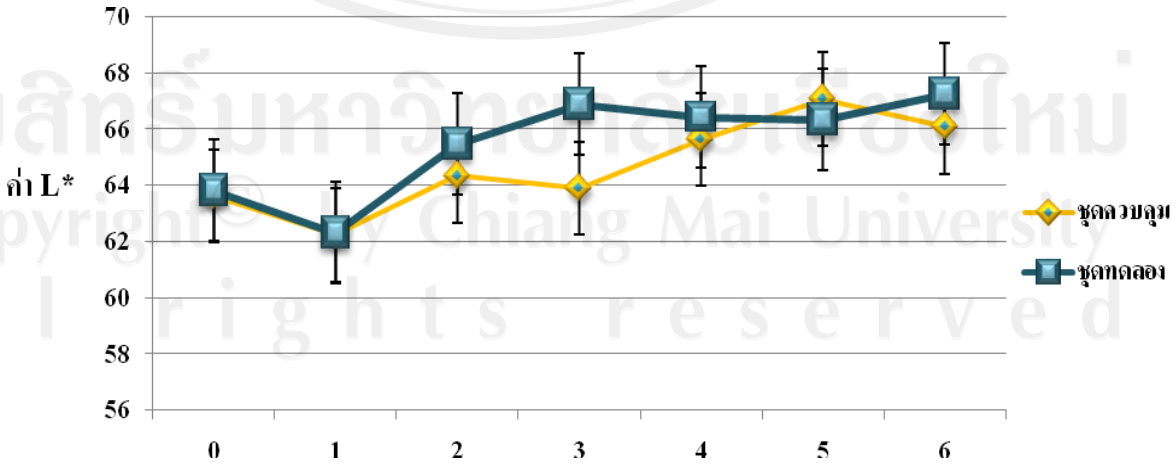
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่า L*		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	63.63±2.45A^{ns}	63.83±0.54AB^{ns}	63.73AB
เดือนที่ 1	62.24±4.08A^{ns}	62.33±2.80B^{ns}	62.29B
เดือนที่ 2	64.34±3.54A^{ns}	65.48±3.31AB^{ns}	64.91AB
เดือนที่ 3	63.91±2.46A^{b}	66.90±2.51A^{a}	65.41AB
เดือนที่ 4	65.65±3.77A^{ns}	66.45±1.96A^{ns}	66.05AB
เดือนที่ 5	67.08±2.67A^{ns}	66.35±2.41A^{ns}	66.71A
เดือนที่ 6	66.09±3.48A^{ns}	67.26±2.22A^{ns}	66.67A
ค่าเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา	64.71^{ns}	65.51^{ns}	65.11

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 ค่า C* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

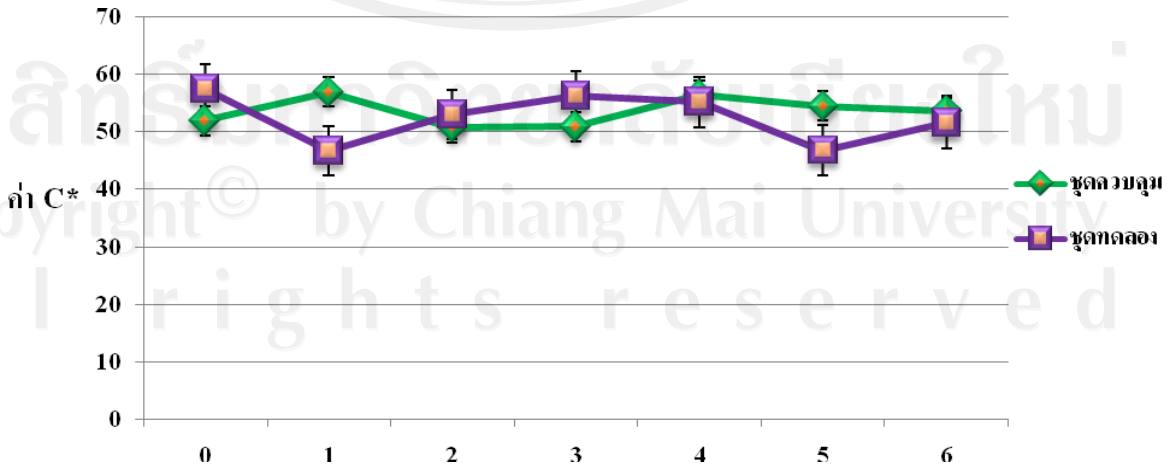
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่า C^*		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	51.88±3.96**A**^{b}	57.45±1.46**A**^{a}	54.67**A**
เดือนที่ 1	56.91±7.81**A**^{a}	46.74±5.04**B**^{b}	51.83**A**
เดือนที่ 2	50.73±5.81**A**^{ns}	53.01±6.47**AB**^{ns}	51.87**A**
เดือนที่ 3	50.85±4.70**A**^{ns}	56.25±7.69**A**^{ns}	53.55**A**
เดือนที่ 4	56.40±7.90**A**^{ns}	55.20±6.07**A**^{ns}	55.80**A**
เดือนที่ 5	54.48±3.36**A**^{a}	46.82±3.39**B**^{b}	50.65**A**
เดือนที่ 6	53.66±6.46**A**^{ns}	51.53±5.36**AB**^{ns}	52.60**A**
ค่าเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา	53.56^{ns}	52.43^{ns}	53.00

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่า C* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับค่า C* เฉลี่ยของเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองตลอดระยะการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าเนื้อมะม่วงสุกมีความเข้มของสีเหลืองสม่ำเสมอตลอดระยะการเก็บรักษา โดยมีความแตกต่างกันของความเข้มสีเหลืองระหว่างความชุดควบคุมและชุดทดลองน้อยมาก ทั้งนี้ ค่า C* สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณสารสีของเนื้อมะม่วงสุกได้ (Jeong *et al*., 2008) อย่างไรก็ตาม อาจมีความผันแปรเนื่องจากสีของชิ้นเนื้อมะม่วงสุกที่ใช้ในการทดลองทั้งชุดควบคุมและชุดทดลอง จึงส่งผลให้ค่าสีที่วัดได้มีความผันแปรตามไปด้วย

ค. ค่า H^o

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า H^o ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง แสดงในตาราง 4.7 และรูปที่ 4.7 โดยค่า H^o ได้มาจากการนำค่า a* และ b* มาคำนวณตามสูตรดังนี้

H^o = Hue angle = $(\tan^{-1} (b^*/a^*)/6.2832 \times 360)$ ถ้า $a^* > 0$ และ $b^* \geq 0$

H^o เป็นค่าแสดงถึงสีที่แท้จริงที่ปรากฏให้เห็น คำนวณให้อยู่ในรูปขององศาในวงกลม ซึ่งจะเริ่มต้นตั้งแต่ 0 องศา จนถึง 360 องศา โดยสีในแกนหลักได้แก่ 0 องศา สีแดง-ม่วง, 90 องศา สีเหลือง, 180 องศา สีเขียว และ 360 องศา สีน้ำเงิน (McGuire, 1992)

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลอง พบว่า มีค่า H^o เท่ากับ 76.95 และ 75.66 ตามลำดับ โดยตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน เนื้อมะม่วงสุกมีค่า H^o อยู่ในช่วง 70.04-76.95 และ 72.55-75.31 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่า H^o ของเนื้อมะม่วงสุกระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่า ค่า H^o ในชุดทดลองมากกว่าชุดควบคุมในเดือนที่ 3, 5 และ 6 และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และในเดือนที่ 6 เนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมมีค่า H^o ลดลงเท่ากับ 72.27 และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับวันเริ่มต้นเก็บรักษา ในขณะที่ชุดทดลองมีค่า H^o ไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าการจุ่มเนื้อมะม่วงในสารละลายผสมของกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% ช่วยชะลอการลดลงของค่า H^o ได้ และตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ค่า H^o เฉลี่ยของชุดควบคุมและชุดทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการวัดค่า L* ของเนื้อมะม่วงทั้งสองชุดทดลองในตอนต้นพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ค่า H^o ที่วัดได้กลับลดลง ซึ่งแสดงว่าเนื้อมะม่วงมีสีเหลืองเข้มขึ้น อาจเนื่องมาจากการวัดค่าสีเนื้อมะม่วงกระทำภายหลังการหลอมละลายแล้วจึงทำให้มีลักษณะฉ่ำน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 ค่า H^o ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

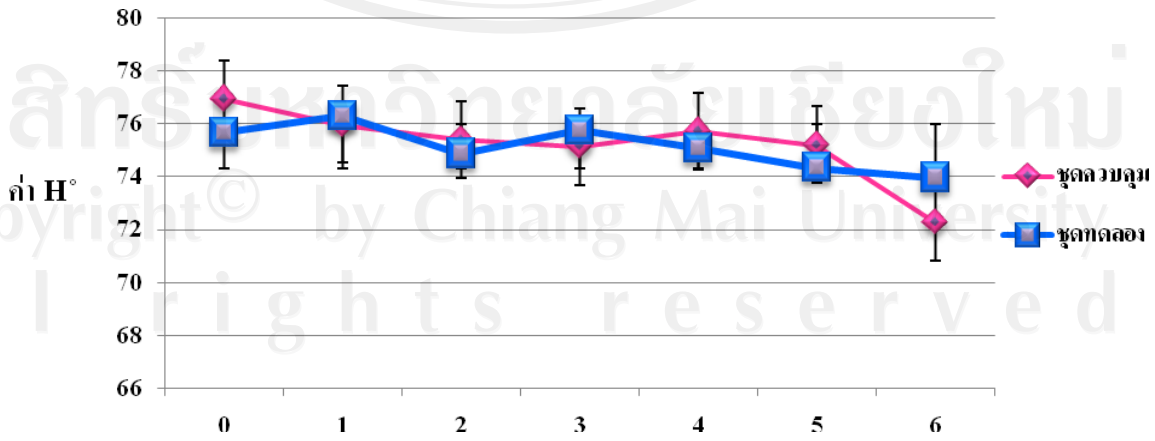
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่า H^o		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	76.95±0.97**A**[a]	75.66±0.22**A**[b]	76.31**A**
เดือนที่ 1	75.97±1.47**A**[ns]	76.31±1.65**A**[ns]	76.14**A**
เดือนที่ 2	75.40±2.55**A**[ns]	74.88±1.78**A**[ns]	75.14**A**
เดือนที่ 3	70.04±2.74**C**[b]	75.76±1.63**A**[a]	72.90**A**
เดือนที่ 4	75.73±1.69**A**[ns]	75.08±1.51**A**[ns]	75.41**A**
เดือนที่ 5	75.20±2.05**AB**[a]	72.55±1.28**B**[b]	73.87**A**
เดือนที่ 6	72.27±1.47**BC**[b]	75.08±2.02**A**[a]	73.67**A**
ค่าเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา	74.51[ns]	75.00[ns]	74.76

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่า H^o ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก โดยวัดค่าแรงกดมีหน่วยเป็นนิวตัน ดังแสดงในตาราง 4.8 และรูปที่ 4.8

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาวัดค่าแรงกดของเนื้อมะม่วงสุกชุดทดลองได้เท่ากับ 3.95 นิวตัน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) กับค่าแรงกดของชุดควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.79 นิวตัน และในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 2.73-3.95 และ 3.61-4.57 นิวตัน ตามลำดับ และค่าแรงกดที่วัดได้ในชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าการจุ่มเนื้อมะม่วงในสารละลายผสมของกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ส่งผลให้ความแน่นเนื้อของชิ้นเนื้อมะม่วงมากกว่าชุดควบคุม แสดงว่าการจุ่มเนื้อมะม่วงในสารละลายที่มีแคลเซียมคลอไรด์เป็นส่วนผสมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ โดยแคลเซียมไอออนจะเชื่อมพันธะกับหมู่คาร์บอกซิลในสายพอลิกาแลกทูโรเนตได้เป็นเกลือแคลเซียมเพกเทต (Waldron *et al*., 2003) จึงทำให้มีโครงสร้างคงตัวและแข็งแรงมากขึ้น (Grant *et al*., 1973; Lamikanra and Watson, 2004) สอดคล้องกับงานวิจัยที่จุ่มเนื้อสับปะรดหั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 กรัม/ลิตร ก่อนนำไปแช่เยือกแข็งช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อและลดการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ของสับปะรดในระหว่างการหลอมละลาย (Chauhan *et al*., 2008)

เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงกดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าชุดควบคุมมีค่าแรงกดสูงขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา แล้วจึงลดลงในเดือนที่ 6 ในขณะที่ชุดทดลองมีค่าแรงกดสม่ำเสมอตลอดการเก็บรักษา และค่าแรงกดเฉลี่ยของชุดควบคุมและชุดทดลองตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เช่นกัน แสดงว่าการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกด้วยวิธีการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายของเนื้อเยื่อของผลไม้ภายหลังการแช่เยือกแข็งและหลอมละลาย (Brown, 1976; Reid, 1994; Zaritzky, 2000) ซึ่ง Buggenhout *et al*. (2006b) ได้รายงานว่า การแช่เยือกแข็งเนื้อแครอทอย่างรวดเร็วด้วยวิธีไครโอจีนิกช่วยลดการสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัส เมื่อเปรียบกับวิธีการแช่เยือกแข็งในอัตราที่เร็วที่ต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย โดยวัดค่าแรงกดมีหน่วยเป็นนิวตัน ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.9

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งชุดทดลองมีค่าแรงกดมากกว่าชุดควบคุมคือเท่ากับ 0.70 และ 0.61 นิวตัน ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ภายหลังการเก็บรักษาครบ 6 เดือน ค่าแรงกดของเนื้อลิ้นจี่ทั้งชุดควบคุมและชุดทดลองสูงขึ้นเล็กน้อยเท่ากับ 0.67 และ 0.77 นิวตัน แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ค่าแรงกดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาของชุดควบคุมและชุดทดลองอยู่ในช่วง 0.61-0.77 และ 0.70-0.85 นิวตัน ตามลำดับ และจากรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าเนื้อลิ้นจี่ทั้ง 2 ชุดทดลองมีค่าแรงกดค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งโดยใช้ไนโตรเจนเหลวช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสได้ เนื่องจากการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีดังกล่าวมีอัตราการดึงความร้อนออกจากอาหารได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้อุณหภูมิของอาหารลดต่ำลงกว่าจุดเยือกแข็งในระยะเวลาที่สั้นมาก ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กจำนวนมาก (ดังแสดงรูปในภาคผนวก ง รูปภาคผนวก ง. 1 และ ง. 2) จึงช่วยลดการสูญเสียน้ำและการรั่วซึมของของเหลวภายหลังการหลอมละลาย ซึ่งทำให้รักษาคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสไว้ได้ ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การนิ่ม และเสียรูปทรงของเนื้อผลไม้ (Kondratowicz and Matusevicius, 2002)

เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงกดเฉลี่ยของเนื้อลิ้นจี่ระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองพบว่า ค่าแรงกดเฉลี่ยของชุดทดลองมีค่ามากกว่าชุดควบคุม แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อาจเนื่องมาจากในเนื้อลิ้นจี่มีปริมาณเพกทิน 0.42-0.48% เท่านั้น ขณะที่เนื้อมะม่วงสุกมีปริมาณเพกทินมากกว่าเล็กน้อย คือ 0.51% (นิธิยาและดนัย, 2533; Mahattanatawee *et al*., 2006) การจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จึงทำให้มีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่ง Sham *et al.* (2001) รายงานว่าแคลเซียมไอออนเป็นแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานในโครงสร้างเซลล์ เนื่องจากแคลเซียมไอออนช่วยคงความแข็งแรงของผนังเซลล์ โดยไปจับกับหมู่คาร์บอกซิลของพอลิกาแล็กทูโรเนตในสายของเพกทินที่พบในชั้น middle lamella ทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงมากขึ้น เพิ่มความแน่นเนื้อของผลไม้ (Lara *et al*., 2004) นอกจากนี้แคลเซียมไอออนยังช่วยให้เยื่อหุ้มเซลล์มีความเสถียรด้วย (Picchioni *et al*., 1995)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็งโดยวัดค่าแรงกด (นิวตัน) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

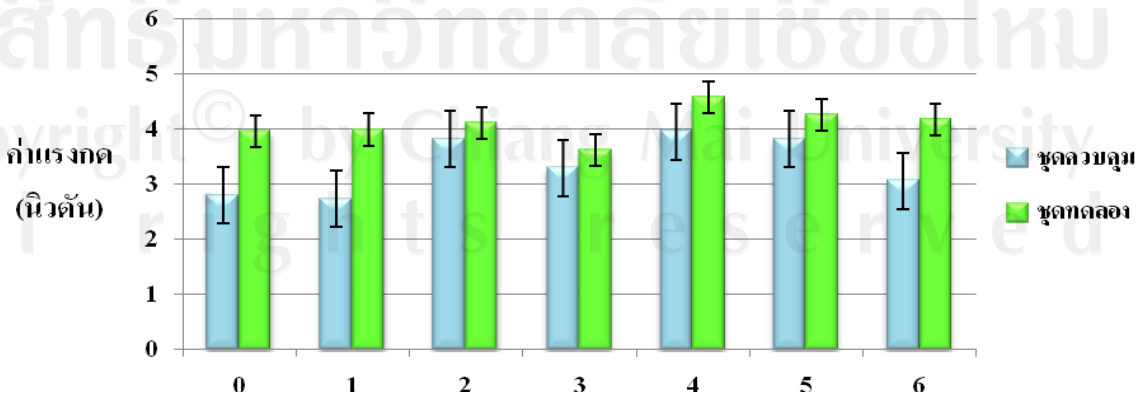
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	แรงกด (นิวตัน)		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	2.79±0.79**A**[b]	3.95±0.98**A**[a]	3.37**A**
เดือนที่ 1	2.73±0.52**B**[ns]	3.99±1.89**A**[ns]	3.36**A**
เดือนที่ 2	3.82±1.17**A**[ns]	4.11±1.15**A**[ns]	3.96**A**
เดือนที่ 3	3.29±1.13**A**[ns]	3.61±1.14**A**[ns]	3.45**A**
เดือนที่ 4	3.95±1.30**A**[ns]	4.57±2.19**A**[ns]	4.26**A**
เดือนที่ 5	3.81±0.83**A**[ns]	4.26±0.89**A**[ns]	4.04**A**
เดือนที่ 6	3.06±0.59**A**[b]	4.17±0.69**A**[a]	3.62**A**
ค่าเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา	3.35[b]	4.09[a]	3.72

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)



รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยแช่เยือกแข็งโดยวัดค่าแรงกด (นิวตัน) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

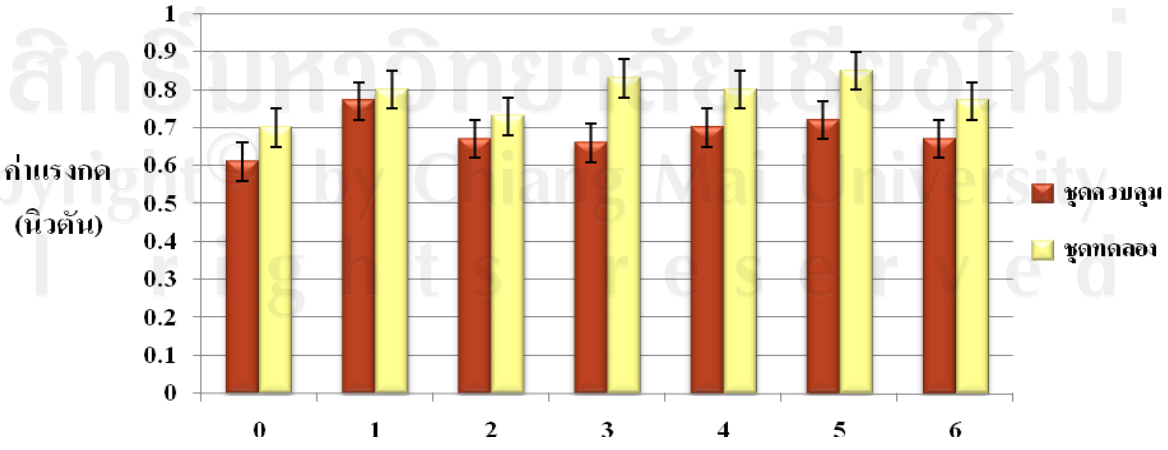
ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	แรงกด (นิวตัน)		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	0.61±0.06**B**[b]	0.70±0.04**A**[a]	0.65**A**
เดือนที่ 1	0.77±0.27**AB**[ns]	0.80±0.39**A**[ns]	0.78**A**
เดือนที่ 2	0.67±0.04**AB**[ns]	0.73±0.06**A**[ns]	0.70**A**
เดือนที่ 3	0.66±0.27**AB**[ns]	0.83±0.46**A**[ns]	0.74**A**
เดือนที่ 4	0.70±0.07**A**[ns]	0.80±0.08**A**[ns]	0.75**A**
เดือนที่ 5	0.72±0.21**AB**[ns]	0.85±0.22**A**[ns]	0.78**A**
เดือนที่ 6	0.67±0.11**AB**[ns]	0.77±0.31**A**[ns]	0.72**A**
ค่าเฉลี่ยตลอดระยะการเก็บรักษา	0.72[ns]	0.84[ns]	0.78

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเหลว (drip loss)

ผลการทดลองวัดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเหลวของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งและเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็ง ภายหลังการหลอมละลายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองสูญเสียของเหลวเท่ากับ 1.2 และ 0.39% ตามลำดับ และเนื้อลิ้นจี่สูญเสียของเหลวเท่ากับ 10.94 และ 10.19% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น จะเห็นได้ว่า ปริมาณการสูญเสียของเหลวในเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นและเนื้อลิ้นจี่มีปริมาณต่ำสอดคล้องกับการแช่เยือกแข็งผลสตรอเบอรี่ โดยเปรียบเทียบระหว่างการจุ่มผลสตรอเบอรี่ลงในไนโตรเจนเหลวกับการแช่เยือกแข็งแบบเป่าลมเย็น แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 ถึง -24 องศาเซลเซียส ซึ่งภายหลังการหลอมละลายที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมงครึ่งเท่ากัน พบว่าผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งโดยใช้ไนโตรเจนเหลวมีการสูญเสียของเหลวเพียง 6 - 8% ในขณะที่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งแบบเป่าลมเย็น สูญเสียของเหลวถึง 1 ใน 3 ของน้ำหนักเริ่มต้น หรือประมาณ 30% (Boyle and Wolford, 1968; Buggenhout *et al*., 2006a) การสูญเสียของเหลวออกจากเนื้อผลไม้ภายหลังการหลอมละลายยังขึ้นอยู่กับวิธีการหลอมละลายด้วย (Pukszta and Palich, 2007)

2. การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นและเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4.10-4.20 และรูปที่ 4.10-4.20

2.1 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

เนื้อมะม่วงพันธุ์มหาชนก

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริกของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.10

ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองในวันเริ่มต้นทำการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.39 และ 0.36% ตามลำดับ และมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในเดือนที่ 6 สูงขึ้นเล็กน้อยเท่ากับ 0.40 และ 0.41% ตามลำดับ และในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.39-0.46% และ 0.34-0.47% ตามลำดับ ซึ่งปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงชุดทดลองในระยะการเก็บรักษาเดือนที่ 1, 4 และ 6 มากกว่าชุดควบคุม ซึ่งอาจเป็นผลของการจุ่มเนื้อมะม่วงในสารละลายกรดซิตริก จึงวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไทเทรตได้มากกว่าเนื้อมะม่วงชุดควบคุม นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 6 เดือน ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สอดคล้องกับ การเก็บรักษาเนื้อแคนตาลูปหั่นชิ้นที่อุณหภูมิ -23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 เดือน พบว่ากรดทั้งหมดที่เทรตได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นและสอดคล้องกับค่าพีเอชที่ลดลง และแตกต่างจากเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Simandjuntak *et al*., 1996) แสดงว่าในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นด้วยวิธีแช่เยือกแข็งโดยใช้ไนโตรเจนช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อมะม่วงได้ โดยไม่เกิดการสูญเสียกรดอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของเนื้อมะม่วง เนื่องมาจากกระบวนการแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วทำให้การเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อของผลไม้ที่มีสาเหตุมาจากการถูกทำลายด้วยผลึกน้ำแข็งลดลง (Kondratowicz and Matusevicius, 2002)

เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดมาลิกของเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็ง ดังในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.11

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.36% และ 0.47% และทั้งสองชุดทดลองมีปริมาณกรดลดลงในเดือนที่ 6 เท่ากับ 0.29% และ 0.36% ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา โดยในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้อยู่ในช่วง 0.29-0.48% และ 0.28-0.47% ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของทั้ง 2 ชุดทดลองมีความผันแปรและมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ระหว่างเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมและชุดทดลองตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าเนื้อลิ้นจี่ชุดทดลองมีค่าสูงกว่าชุดควบคุม แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไม่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณกรดทั้งหมดอาจมีความผันแปรในผลลิ้นจี่แต่ละผลได้ และ Cano *et al*. (2005) ได้รายงานว่าผลกีวีหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งโดยวิธีเป่าลมเย็น และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดลดลงเพียงเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (%) ในรูปของกรดซิตริก ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

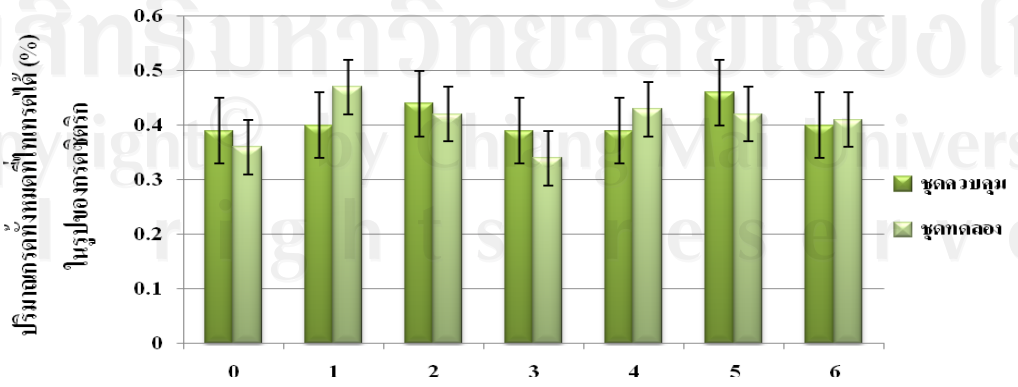
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (%) ในรูปของกรดซิตริก		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	0.39±0.01**BC**^{ns}	0.36±0.00**C**^{ns}	0.38**B**
เดือนที่ 1	0.40±0.01**BC**^{b}	0.47±0.01**A**^{a}	0.44**A**
เดือนที่ 2	0.44±0.01**AB**^{ns}	0.42±0.02**B**^{ns}	0.43**A**
เดือนที่ 3	0.39±0.03**BC**^{ns}	0.34±0.02**C**^{ns}	0.36**B**
เดือนที่ 4	0.39±0.03**C**^{b}	0.43±0.00**B**^{a}	0.41**AB**
เดือนที่ 5	0.46±0.01**A**^{a}	0.42±0.01**B**^{b}	0.44**A**
เดือนที่ 6	0.40±0.01**BC**^{ns}	0.41±0.01**B**^{ns}	0.40**AB**
ค่าเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา	0.41^{ns}	0.41^{ns}	0.41

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)



รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (%) ในรูปของกรดมาลิกของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

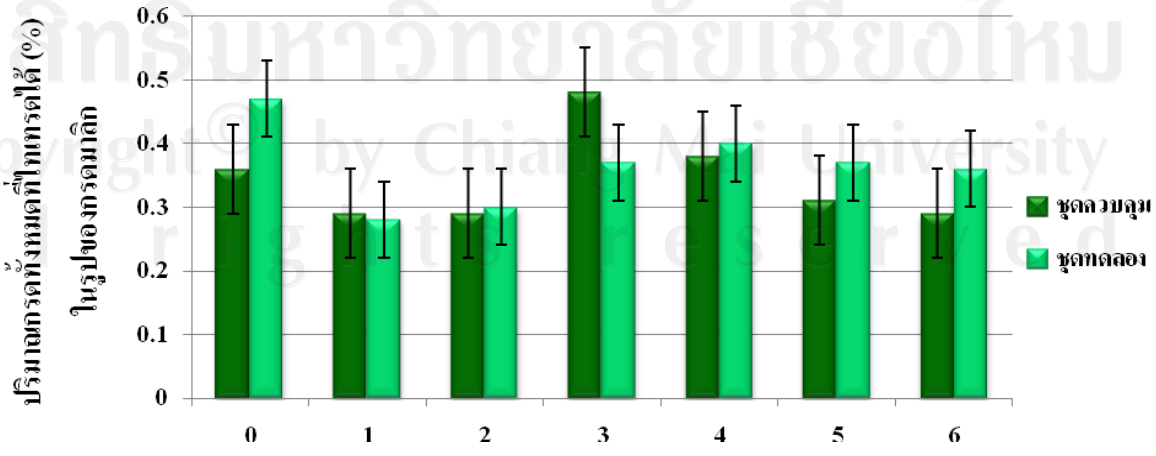
ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (%) ในรูปของกรดมาลิก		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	0.36±0.04**BC**[b]	0.47±0.00**A**[a]	0.41**AB**
เดือนที่ 1	0.29±0.05**C**[ns]	0.28±0.02**C**[ns]	0.28**D**
เดือนที่ 2	0.29±0.04**C**[ns]	0.30±0.00**C**[ns]	0.30**D**
เดือนที่ 3	0.48±0.02**A**[a]	0.37±0.00**B**[b]	0.42**A**
เดือนที่ 4	0.38±0.02**B**[ns]	0.40±0.03**B**[ns]	0.39**ABC**
เดือนที่ 5	0.31±0.02**BC**[ns]	0.37±0.02**B**[ns]	0.34**BCD**
เดือนที่ 6	0.29±0.02**C**[b]	0.36±0.02**B**[a]	0.32**CD**
ค่าเฉลี่ยตลอดระยะการเก็บรักษา	0.34[ns]	0.36[ns]	0.35

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 ค่าพีเอช

เนื้อมะม่วงพันธุ์มหาชนก

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.12

เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษามีค่าพีเอช 4.00 และ 3.98 และในเดือนที่ 6 ค่าพีเอชลดลงเท่ากับ 3.78 และ 3.73 ตามลำดับ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา และตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.78-4.07 และ 3.73-4.05 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน และค่าพีเอชเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าชุดควบคุมมีค่าพีเอชสูงกว่าชุดทดลอง และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการจุ่มเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในสารละลายที่มีส่วนผสมของกรดซิตริก จึงทำให้วัดค่าพีเอชได้ต่ำกว่าชุดควบคุม และค่าพีเอชเฉลี่ยของเนื้อมะม่วงทั้งสองชุดทดลองลดลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน แต่การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ด้วยวิธีแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าพีเอชไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา (Sahari *et al.*, 2004)

สำหรับค่าพีเอชที่ลดลงของเนื้อมะม่วงทั้ง 2 ชุดทดลองนี้สอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ที่มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา แต่ผลการทดลองที่ได้นี้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Marin *et al.* (2005) ที่แช่เยือกแข็งเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นสายพันธุ์ Spanish และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดลดลงและค่าพีเอชสูงขึ้นตลอดระยะการเก็บรักษา

เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.13 รูปที่ 4.13

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.15 และ 3.86 และค่าพีเอชของเนื้อลิ้นจี่ทั้ง 2 ชุดทดลองลดลงในเดือนที่ 3 แล้วจึงเพิ่มขึ้น โดยมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.86-4.91 และ 3.86-4.83 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าพีเอชของเนื้อลิ้นจี่ระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่า เนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมมีค่าพีเอชสูงกว่าชุดทดลอง และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นในเดือนที่ 1 และเดือนที่ 6 และมีค่าพีเอชเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษาของเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมและชุดทดลองเท่ากับ 4.31 และ 4.25

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

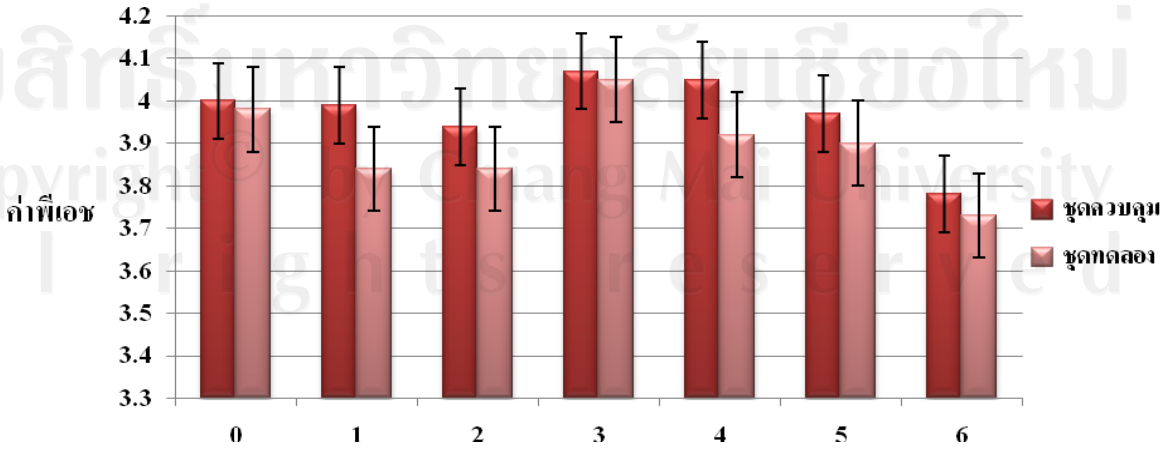
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่าพีเอช		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	4.00±0.02**B**^{ns}	3.98±0.02**B**^{ns}	3.99**AB**
เดือนที่ 1	3.99±0.00**B**^{a}	3.84±0.02**D**^{b}	3.92**BC**
เดือนที่ 2	3.94±0.02**C**^{a}	3.84±0.01**D**^{b}	3.89**C**
เดือนที่ 3	4.07±0.00**A**^{ns}	4.05±0.00**A**^{ns}	4.06**A**
เดือนที่ 4	4.05±0.01**A**^{a}	3.92±0.01**C**^{b}	3.98**AB**
เดือนที่ 5	3.97±0.01**B**^{a}	3.90±0.01**C**^{b}	3.94**BC**
เดือนที่ 6	3.78±0.01**D**^{a}	3.73±0.01**E**^{b}	3.75**D**
ค่าเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา	3.97^{a}	3.89^{b}	3.93

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

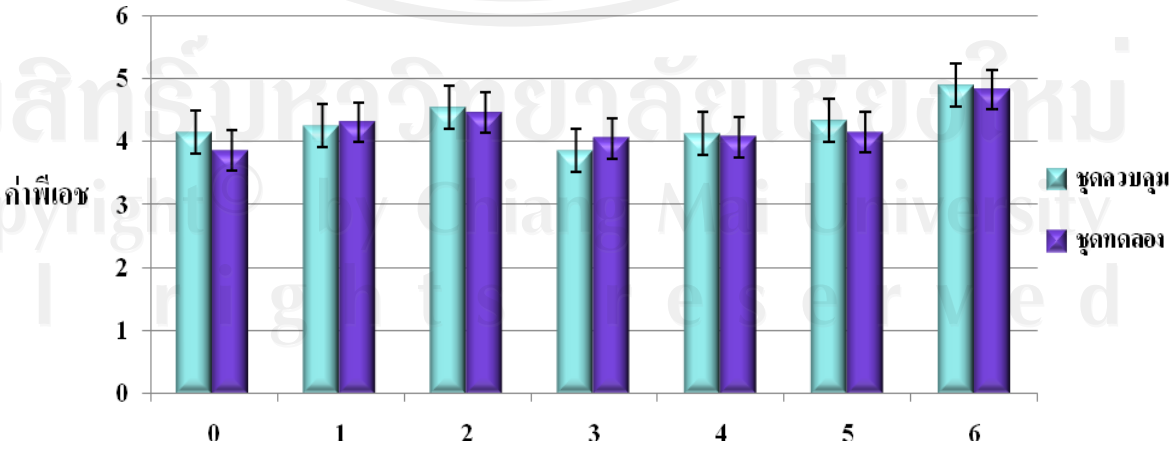
ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่าพีเอช		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	4.15±0.01**CD**[a]	3.86±0.01**F**[b]	4.01**D**
เดือนที่ 1	4.26±0.00**BC**[ns]	4.31±0.08**C**[ns]	4.28**C**
เดือนที่ 2	4.55±0.01**B**[a]	4.46±0.01**B**[b]	4.51**B**
เดือนที่ 3	3.86±0.01**D**[b]	4.06±0.00**E**[a]	3.96**D**
เดือนที่ 4	4.13±0.01**CD**[a]	4.08±0.01**DE**[b]	4.11**CD**
เดือนที่ 5	4.34±0.34**BC**[a]	4.16±0.01**D**[b]	4.25**C**
เดือนที่ 6	4.91±0.06**A**[ns]	4.83±0.03**A**[ns]	4.87**A**
ค่าเฉลี่ยตลอดระยะการเก็บรักษา	4.31[ns]	4.25[ns]	4.28

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าเนื้อลิ้นจี่ชุดทดลองที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีค่าพีเอชต่ำกว่าชุดควบคุม แสดงว่าการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อลิ้นจี่ สอดคล้องกับการจุ่มผลสตรอเบอรี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% เป็นเวลา 2 นาที พบว่าค่าพีเอชของผลสตรอเบอรี่ต่ำกว่าค่าพีเอชที่วัดได้ในชุดควบคุม (Aguayo *et al*., 2007)

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชเฉลี่ยของเนื้อลิ้นจี่ในทั้งสองชุดการทดลองตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนมีค่าสูงขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าพีเอชในแต่ละเดือนเป็นไปอย่างช้าๆ เนื่องจากการเก็บรักษาด้วยวิธีแช่เยือกแข็งโดยใช้ไนโตรเจนเหลว ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดของเนื้อลิ้นจี่ได้ สอดคล้องกับการทดลองจุ่มแครอทหั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% แล้วนำไปแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว พบว่าช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของผนังเซลล์ สามารถรักษาความแน่นเนื้อและลดการสูญเสียปริมาณกรดภายหลังการหลอมละลายได้ (Buggenhout *et al*., 2006b)

1.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

เนื้อมะม่วงพันธุ์มหาชนก

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.14

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 16.53 และ 17.03% ตามลำดับ และในเดือนที่ 6 พบว่าเนื้อมะม่วงในชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นเท่ากับ 17.33% ในขณะที่ชุดทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงเพียงเล็กน้อยเท่ากับ 16.77% และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา โดยตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 16.40-17.33% และ 15.53-17.50% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ระหว่างเนื้อมะม่วงชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่าชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่าชุดทดลองเพียงเล็กน้อย และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการจุ่มเนื้อมะม่วงในสารละลายผสมของกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้บางส่วนถูกชะล้างออกไป จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกชุดทดลองลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกทั้งชุดควบคุมและชุดทดลองมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในระหว่างการเก็บรักษาปีนเวลา 6 เดือน และค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ค่อนข้างคงที่ (รูปที่ 4.14) ซึ่งอาจเนื่องมาจากความผันแปรของปริมาณกรดในผลมะม่วงแต่ละผลที่ใช้ในการทดลอง และผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการจุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงในสารละลายผสมของกรดซิตริกและแคลเซียม-คลอไรด์มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อมะม่วงสุกประกอบไปด้วยกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น กรดซิตริก ทาร์ทาริก ออกซาลิก ซักซินิก ไกลโคลิก ไพรูวิก ออกซาโลแอซีติก กลูทาริก และน้ำตาล (Léchaudel and Joas, 2007) และเนื้อมะม่วงสุกโดยทั่วไปมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 15-20% และมีปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ประมาณ 10-15% (Yashoda *et al*., 2005)

เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งดังแสดงในตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.15

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 15.70 และ 15.47% และในเดือนที่ 6 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นเท่ากับ 17.17% และ 16.33% ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา เนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมและชุดทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 15.70-18.30% และ 15.47-17.43% ตามลำดับ ตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ระหว่างเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่าชุดควบคุมมีค่าสูงกว่าชุดทดลอง และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาและในเดือนที่ 4 ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงและมีความผันแปรของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อลิ้นจี่แต่ละผลด้วย

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ประกอบด้วยปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้และน้ำตาล ซึ่งเป็นสารประกอบหลักในเนื้อลิ้นจี่ที่มีผลต่อรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการ (Jiang and Fu, 1998) อย่างไรก็ตาม ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งสองชุดทดลองมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาน้อยมาก สอดคล้องกับเนื้อสับปะรดหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งพันธุ์ ‘Red Spanih’ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา และค่าที่วัดได้ในเดือนสุดท้ายไม่แตกต่างกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

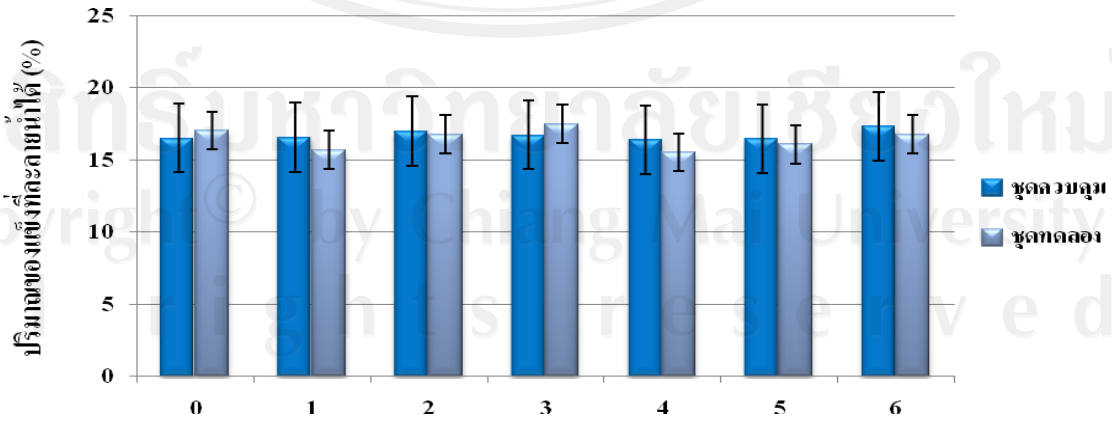
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%)		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	16.53±0.06**CD**^{b}	17.03±0.06**B**^{a}	16.78**ABC**
เดือนที่ 1	16.57±0.12**CD**^{a}	15.70±0.00**D**^{b}	16.13**CD**
เดือนที่ 2	17.00±0.10**B**^{a}	16.77±0.06**B**^{b}	16.88**AB**
เดือนที่ 3	16.73±0.06**BC**^{b}	17.50±0.26**A**^{a}	17.12**A**
เดือนที่ 4	16.40±0.17**D**^{a}	15.53±0.15**D**^{b}	15.97**D**
เดือนที่ 5	16.47±0.12**CD**^{a}	16.07±0.06 **C**^{b}	16.27**BCD**
เดือน 6	17.33±0.12**A**^{a}	16.77±0.06**B**^{b}	17.05**A**
ค่าเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา	16.72^{ns}	16.48^{ns}	16.60

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)



รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%) ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย แช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

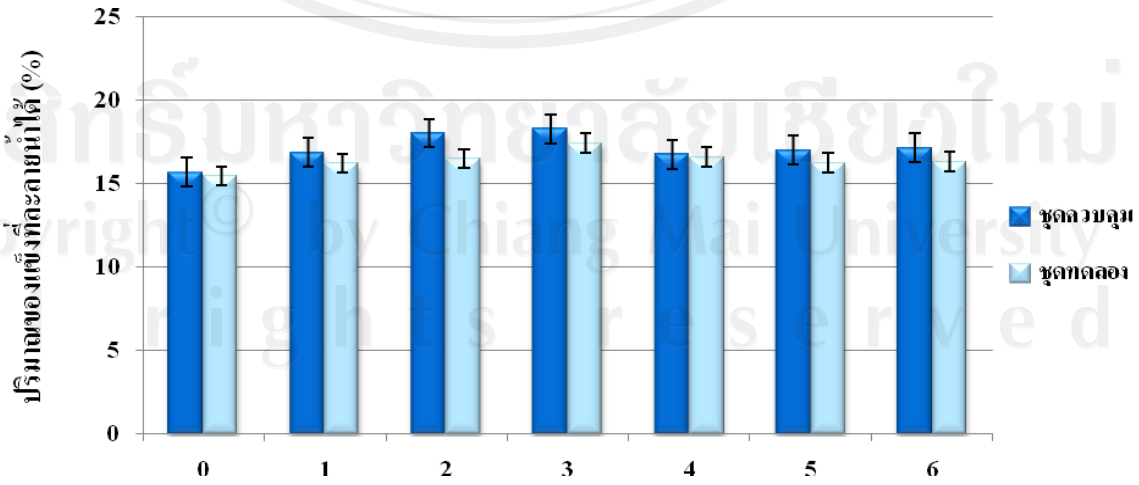
ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%)		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	15.70±0.26**D**^{ns}	15.47±0.06**C**^{ns}	15.58**C**
เดือนที่ 1	16.90±0.36**C**^{a}	16.23±0.21**B**^{b}	16.57**B**
เดือนที่ 2	18.03±0.45**AB**^{a}	16.50±0.17**B**^{b}	17.27**AB**
เดือนที่ 3	18.30±0.36**A**^{a}	17.43±0.38**A**^{b}	17.87**A**
เดือนที่ 4	16.77±0.06**C**^{ns}	16.60±0.36**B**^{ns}	16.68**B**
เดือนที่ 5	17.03±0.06**C**^{a}	16.27±0.15**B**^{b}	16.65**B**
เดือนที่ 6	17.17B±0.40**C**^{a}	16.33±0.15**B**^{b}	16.75**B**
ค่าเฉลี่ยตลอดระยะการเก็บรักษา	17.13^{ns}	16.40^{ns}	16.76

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)



รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Bartolome *et al*., 1996) และการเก็บรักษาเนื้อแคนตาลูปหั่นชิ้นที่อุณหภูมิ -23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 เดือน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะการเก็บรักษา ซึ่งได้มีการทดลองเก็บรักษาเนื้อแคนตาลูปหั่นชิ้นที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ พบว่าระดับอุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในระหว่างการเก็บรักษา (Simandjuntak *et al*., 1996)

1.4 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง

เนื้อมะม่วงพันธุ์มหาชนก

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.16

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเท่ากับ 5.56 และ 4.68% และมีปริมาณสูงขึ้นในเดือนที่ 6 เท่ากับ 6.45% และ 5.97% ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา เมื่อพิจารณาตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองอยู่ในช่วง 4.41-6.45% และ 3.60-5.97% ของน้ำหนักสดตามลำดับ โดยปริมาณน้ำตาลลดลงเล็กน้อยในช่วงเดือนที่ 2 - 4 หลังจากนั้นมีปริมาณเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบในระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลอง พบว่าชุดควบคุมมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเพิ่มขึ้นเร็วกว่าชุดทดลอง และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงสูงกว่าชุดทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ยกเว้นในเดือนที่ 1, 3 และ 4 และการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเฉลี่ยของทั้งสองชุดทดลองเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงในชุดควบคุมเท่ากับ 5.24% ซึ่งมากกว่าชุดทดลองที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเท่ากับ 4.53% และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ทั้งนี้การลดลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงอาจเกิดจากการสูญเสียในระหว่างการจุ่มเนื้อมะม่วงในสารละลายก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

Awonorin (1997) และ Ramakrishnan *et al*. (2004) รายงานว่าผลไม้แช่เยือกแข็งมีการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตน้อยมากในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำจะชะลอกระบวนการทางชีวเคมีต่างๆ ภายในเซลล์ และ Marin *et al*. (2005) รายงานว่าการแช่เยือกแข็งเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.17

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเท่ากับ 6.37% และ 5.68% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงระหว่างเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมสูงกว่าชุดทดลอง และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ยกเว้นเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา แสดงว่าการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงลดลง จึงส่งผลให้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในชุดทดลองต่ำกว่าชุดควบคุม และตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นวลา 6 เดือน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในชุดควบคุมและชุดทดลองอยู่ในช่วง 5.58-7.22% และ 4.90-6.75% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษากับเดือนที่ 6 ของชุดควบคุมและชุดทดลองมีน้ำตาลรีดิวซิงเพิ่มขึ้นเป็น 7.11% และ 6.75% ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

สำหรับค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง พบว่าการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งในช่วง 4 เดือนแรกมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ซึ่งปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงที่เพิ่มขึ้นนี้ ให้ผลเช่นเดียวกันกับเนื้อแครอทหั่นชิ้นที่แช่เยือกแข็งด้วยวิธีไครโอจีนิก ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเพิ่มขึ้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน โดยเพิ่มขึ้นจาก 4.4% เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเป็น 4.7% ในเดือนที่ 5 และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) (Kidmose and Martens, 1999) แต่ให้ผลตรงกันข้ามกับการเก็บรักษาผลกีวีหั่นชิ้นซึ่งมีปริมาณน้ำตาลไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน (Cano *et al*., 2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (%) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

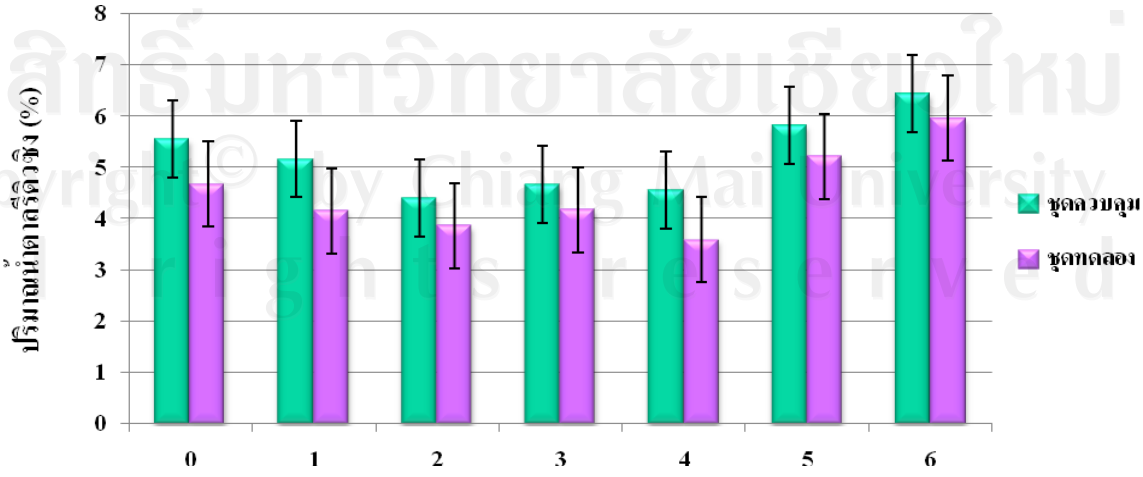
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (%)		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	5.56±4.18**B**^{ns}	4.68±5.27**BC**^{ns}	5.12**BC**
เดือนที่ 1	5.17±2.34**BC**^{a}	4.16±1.82**CD**^{b}	4.67**BCD**
เดือนที่ 2	4.41±3.27**D**^{ns}	3.87±5.88**CD**^{ns}	4.14**D**
เดือนที่ 3	4.67±1.48**CD**^{a}	4.18±0.89**BCD**^{b}	4.43**CD**
เดือนที่ 4	4.57±0.05**CD**^{a}	3.60±0.41**D**^{b}	4.09**D**
เดือนที่ 5	5.83±3.12**AB**^{ns}	5.22±5.34**AB**^{ns}	5.52**AB**
เดือนที่ 6	6.45±0.90**A**^{a}	5.97±1.91**A**^{b}	6.21**A**
ค่าเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา	5.24^{a}	4.53^{b}	4.88

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)



รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (%) ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

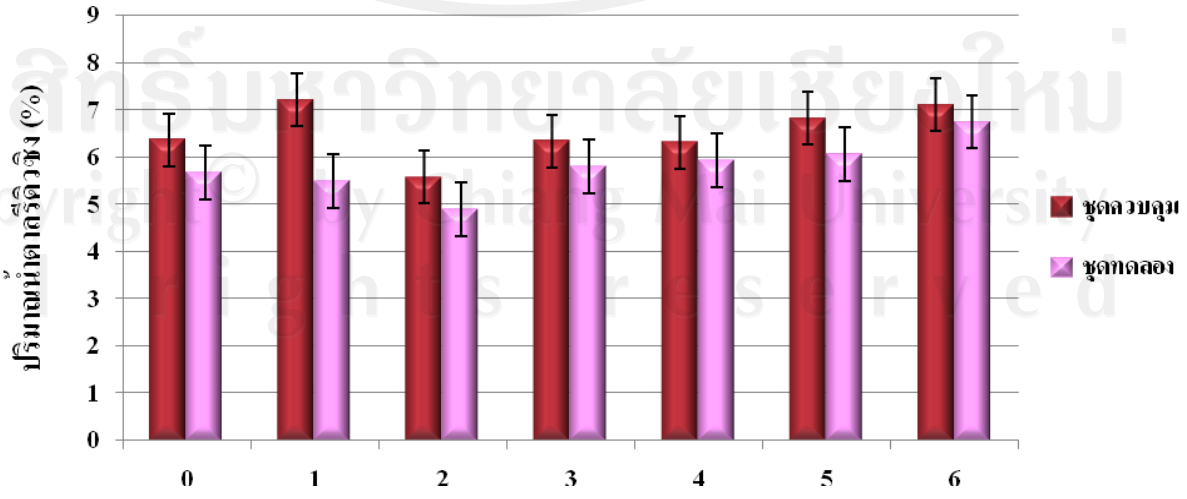
ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (%)		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุด การทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	6.37±9.93**AB**^{ns}	5.68±2.60**B**^{ns}	6.03**BC**
เดือนที่ 1	7.22±0.88**A**^{a}	5.50±3.81**B**^{b}	6.36**A**
เดือนที่ 2	5.58±1.25**B**^{a}	4.90±0.77**C**^{b}	5.24**C**
เดือนที่ 3	6.35±2.36**AB**^{a}	5.81±1.80**B**^{b}	6.08**BC**
เดือนที่ 4	6.32±0.72**AB**^{a}	5.94±1.11**B**^{b}	6.13**BC**
เดือนที่ 5	6.83±1.50**A**^{a}	6.07±0.83**B**^{b}	6.45**A**
เดือนที่ 6	7.11±1.51**A**^{a}	6.75±0.78**A**^{b}	6.93**A**
ค่าเฉลี่ยตลอดระยะการเก็บรักษา	6.54^{a}	5.80^{b}	6.17

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



รูปที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5 ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.18

เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเท่ากับ 58.26 และ 76.32 ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด ตามลำดับ และปริมาณแคโรทีนอยด์ของทั้ง 2 ชุดทดลอง ลดลงเพียงเล็กน้อยในช่วง 4 เดือนแรก คือลดลงเหลือ 54.22 และ 73.03 ซึ่งลดลงประมาณ 6.93 และ 4.31% ตามลำดับ หลังจากนั้นปริมาณแคโรทีนอยด์จึงลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเดือนที่ 5 และ 6 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 46.13-50.78 และ 51.10-73.03 ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด หรือลดลงในเดือนที่ 6 ถึง 20.80 และ 33.04% ตามลำดับ แสดงว่าการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นโดยวิธีแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณ แคโรทีนอยด์ได้ดีในช่วงระยะการเก็บรักษาไม่เกิน 4 เดือน

Dutta *et al.* (2005) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้า-แคโรทีนในเนื้อแครอทหั่นชิ้น ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, -8, -14 และ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 80 วัน พบว่าการเก็บรักษาเนื้อแครอทหั่นชิ้นที่อุณหภูมิต่ำที่สุดคือ -18 องศาเซลเซียส มีปริมาณเบต้า-แคโรทีนลดลงเพียง 1.2% และไม่แตกต่างกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่เนื้อแครอทหั่นชิ้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงมากถึง 40.20% เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา

ปริมาณแคโรทีนอยด์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้งสองชุดทดลองลดลงตามระยะการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยอาจมีสาเหตุมาจากการบรรจุเนื้อมะม่วงในถุงพอลิเอทิลีนที่ไม่ได้ใช้สภาวะสุญญากาศ จึงทำให้เนื้อมะม่วงสัมผัสกับแก๊สออกซิเจน และมีเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสไปเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารแคโรทีนอยด์ได้ จึงส่งผลให้แคโรทีนอยด์สลายตัว (ปราณี, 2543) ซึ่งปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ลดลงสอดคล้องกับกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของเนื้อมะม่วงสุกที่เพิ่มสูงขึ้นในเดือนที่ 5 และ 6 และสอดคล้องกับผลการทดลองที่รายงานว่าการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงพันธุ์ 'Davis-Haden' แช่เยือกแข็ง แล้วบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 120 วัน (Marin *et al.*, 2005) แต่ไม่สอดคล้องกับการแช่เยือกแข็งเนื้อแครอทหั่นชิ้นที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 เดือน มีปริมาณแคโรทีนอยด์ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะการเก็บรักษา (Kidmose and Martens, 1999)

แคโรทีนอยด์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในชุดทดลองมีปริมาณมากกว่าชุดควบคุมตลอดระยะการเก็บรักษา และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยอัตราการลดลงของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณแคโรทีนอยด์ในชุดทดลองต่ำกว่าชุดควบคุม แสดงว่าการจุ่มเนื้อมะม่วสุกหั่นชิ้นในสารละลายผสมของกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ช่วยชะลอการสูญเสียปริมาณแคโรทีนอยด์ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Gonzalez-Aguilar *et al.* (2008) ที่รายงานว่าการจุ่มเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นพันธุ์ Kent ในสารละลายผสมที่มีแคลเซียมคลอไรด์ กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อมะม่วงชุดทดลองมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าชุดควบคุม นอกจากนี้ยังช่วยชะลอการสูญเสียปริมาณแคโรทีนอยด์และการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน

1.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.19

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 379.75 และ 376.75 ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด ตามลำดับ และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดลดลงในเดือนที่ 6 เหลือเท่ากับ 352.14 และ 359.76 ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด หรือลดลงเท่ากับ 7.27 และ 4.51% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ลดลงสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ ‘Senga’ ที่แช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลลดลงเท่ากับ 17.8% เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา (Oszmianski *et al.*, 2008) และในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองเป็นเวลา 6 เดือน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลอยู่ในช่วง 298.82-386.97 และ 309.00-376.75 ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยสารประกอบฟีนอลของทั้งสองชุดทดลองลดลง แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็ง (ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

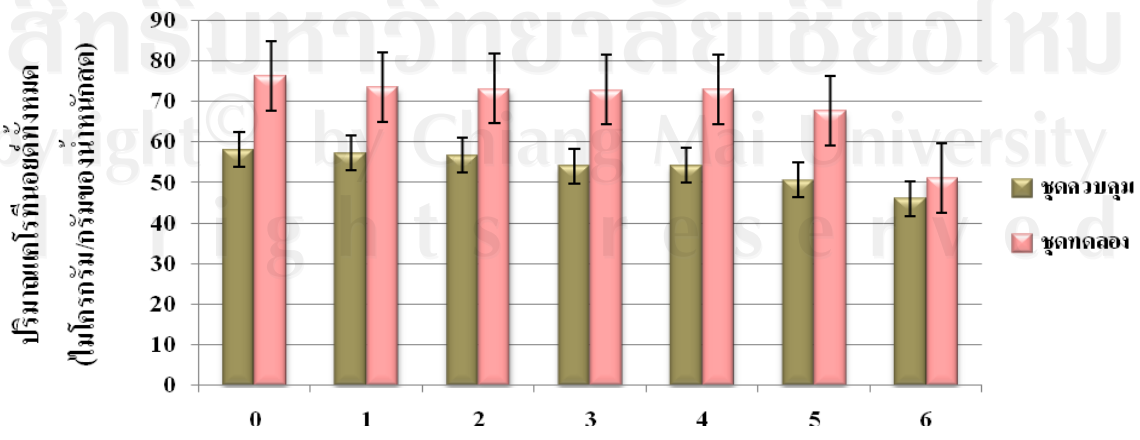
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด)		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	58.26±0.30**A**^{b}	76.32±0.04**A**^{a}	67.29**A**
เดือนที่ 1	57.35±0.45**A**^{b}	73.54±0.06**AB**^{a}	65.45**A**
เดือนที่ 2	56.81±0.15**AB**^{b}	73.19±0.20**AB**^{a}	65.00**AB**
เดือนที่ 3	54.16±0.07**B**^{ns}	72.95±0.14**AB**^{ns}	63.56**AB**
เดือนที่ 4	54.22±0.48**B**^{b}	73.03±2.50**AB**^{a}	63.62**AB**
เดือนที่ 5	50.78±1.16**C**^{b}	67.73±5.11**B**^{a}	59.26**AB**
เดือนที่ 6	46.13±2.41**D**^{b}	51.10±0.62**C**^{a}	48.61**B**
ค่าเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา	53.96^{b}	69.69^{a}	61.83

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



รูปที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณสารประกอบฟีนอลในช่วง 3 เดือนแรกของเนื้อมะม่วงสุกทั้ง 2 ชุดทดลองมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หลังจากนั้นลดลงเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นโดยวิธีแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวช่วยชะลอการลดลงของสารประกอบฟีนอล ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการแช่เยือกแข็งผลบลูเบอรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลในระหว่างการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (Scibisz and Mitek, 2007) และสารประกอบฟีนอลของผลราสเบอร์รี่แช่เยือกแข็ง ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ปี (De Ancos *et al*., 2000) แสดงว่าการแช่เยือกแข็งเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการเก็บรักษาผลไม้ โดยทำให้มีคุณภาพและปริมาณสารประกอบฟีนอลใกล้เคียงกับผลสดมากที่สุด (Lohachoompol *et al*., 2004)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งในชุดทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ยกเว้นการเก็บรักษาในเดือนที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลที่พบในเนื้อมะม่วงจะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส หากสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้จะทำให้การสูญเสียสารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง อย่างไรก็ตาม สารประกอบฟีนอลของเนื้อมะม่วงชุดทดลองในบางเดือนมีปริมาณต่ำกว่าชุดควบคุม ในขณะที่มีกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการจุ่มเนื้อแห้วจีนที่หั่นชิ้นในสารละลายกรดซิตริกก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและปริมาณสารประกอบฟีนอลที่วัดได้ในชุดทดลองลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยอาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของโครงสร้างเซลล์ในระหว่างการแช่เยือกแข็ง จึงทำให้สารประกอบฟีนอล เอนไซม์ และสารต่างๆ ที่อยู่ภายในเซลล์รั่วซึมออกมา จึงทำให้ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลและเอนไซม์ได้ลดลง (Xu, 2005) และ Mahattanatawee *et al*. (2006) รายงานว่าเนื้อมะม่วงสุกมีสารประกอบฟีนอลเท่ากับ 508.94 ไมโครกรัม/กรัมของเนื้อมะม่วง และสารประกอบฟีนอลที่พบมากในเนื้อมะม่วง ซึ่งเป็นสับสเตรตของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส ได้แก่ แคทีคอล แคทีชิน กรดคลอโรเจนิก และไทโรซิน เป็นต้น (Marshall *et al*., 2000)

เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.20 และรูปที่ 4.20

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 234.44 และ 232.54 ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด ตามลำดับ และในเดือนที่ 6 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่ากับ 240.04 และ 263.94 ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด โดยในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน เนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 3 เดือนแรก และลดลงเล็กน้อยในเดือนที่ 6 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการเก็บรักษาผลสาลี่ภายหลังการปอกเปลือก แยกเอาแกนในออกและหั่นชิ้น จากนั้นนำไปแช่เยือกแข็งแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วง 2-3 เดือนแรกของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้น 30% เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา ซึ่งอาจเกิดจากเซลล์ถูกทำลายและมีสารประกอบฟีนอลถูกสกัดออกมามากขึ้น (Asami *et al*., 2003a) ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลของผลราสเบอรี่แช่เยือกแข็งซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ปี มีค่าไม่การเปลี่ยนแปลง (De Ancos *et al*., 2000)

ตลอดระยะการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่ในชุดควบคุมและชุดทดลองมีสารประกอบฟีนอลอยู่ในช่วง 234.44-282.63 และ 232.54-319.48 ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่ระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลใกล้เคียงกัน โดยในชุดทดลองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลมากกว่าชุดควบคุมเฉพาะในเดือนที่ 3 และเดือนที่ 6 และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของทั้งสองชุดทดลองเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน แสดงว่าการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่ด้วยวิธีแช่เยือกแข็งช่วยชะลอการสูญเสียสารประกอบฟีนอลของเนื้อลิ้นจี่ได้

Mahattanatawee *et al*. (2006) ได้รายงานว่า เนื้อลิ้นจี่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลเท่ากับ 770.12 ไมโครกรัม/กรัมของเนื้อลิ้นจี่ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าสารประกอบฟีนอลของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่วิเคราะห์ได้ และการเก็บรักษาผลไม้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส ไม่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในผลไม้ เช่น กล้วย มะม่วง และอะโวกาโด เป็นต้น ทำให้ชะลอการลดลงของสารประกอบฟีนอลได้ (Eadington, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็ง (ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

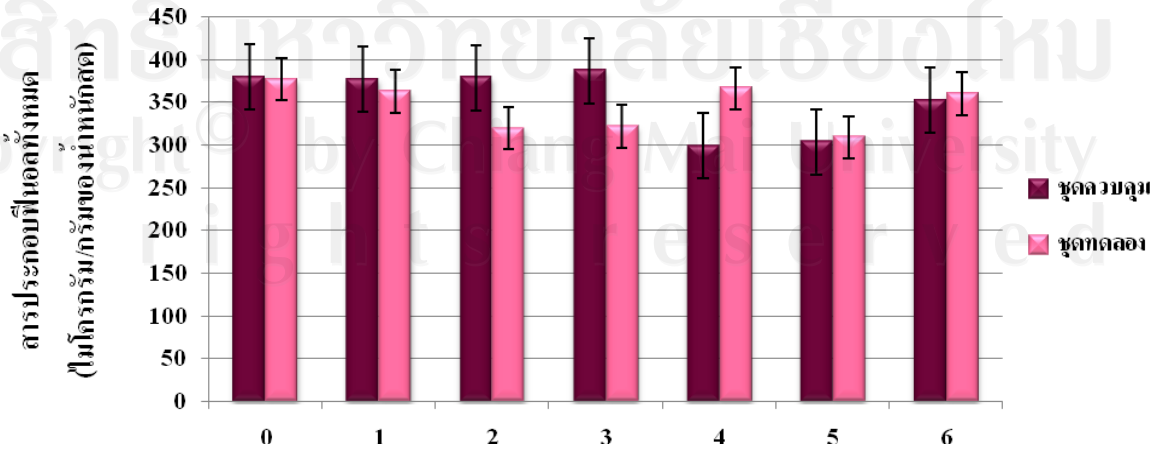
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักสด)		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	379.75±0.01**A**^{ns}	376.75±0.02**A**^{ns}	378.25**A**
เดือนที่ 1	377.01±4.18**A**^{ns}	362.55±1.05**A**^{ns}	369.78**A**
เดือนที่ 2	378.90±0.91**A**^{a}	319.47±1.96**B**^{b}	349.19**A**
เดือนที่ 3	386.97±3.27**A**^{a}	321.90±3.51**B**^{b}	354.43**A**
เดือนที่ 4	298.82±0.50**B**^{b}	366.21±3.54**A**^{a}	332.52**A**
เดือนที่ 5	303.74±0.91**B**^{ns}	309.00 ±1.96**B**^{ns}	306.37**A**
เดือนที่ 6	352.14±3.40**B**^{ns}	359.76±3.03**A**^{ns}	355.95**A**
ค่าเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา	353.90^{ns}	345.09^{ns}	349.50

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)



รูปที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธ์มหาชนก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย แช่เยือกแข็ง (ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

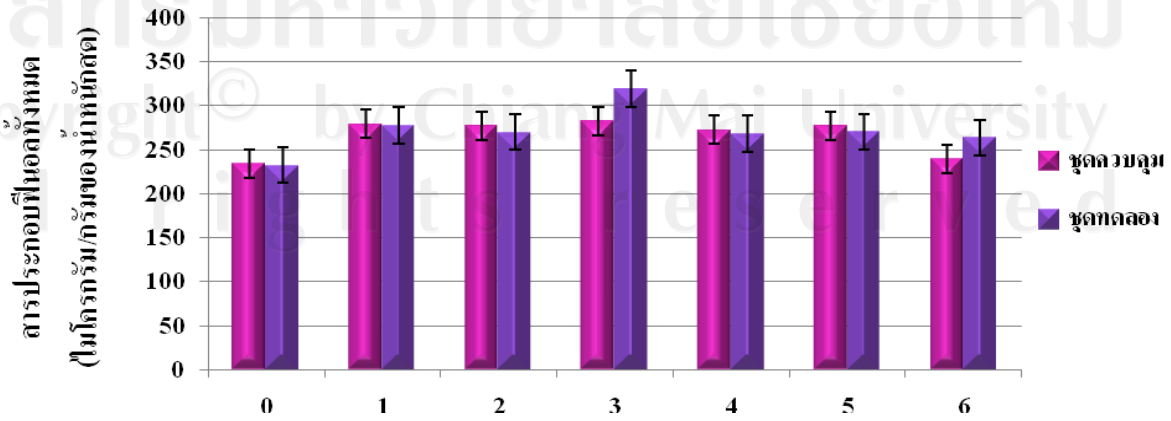
เวลาเก็บรักษา (เดือน)	สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักสด)		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
เริ่มต้น	234.44±0.06**B**^{ns}	232.54±0.11**E**^{ns}	233.49**B**
เดือนที่ 1	279.49±1.61**A**^{ns}	277.83±0.20**B**^{ns}	278.66**AB**
เดือนที่ 2	277.24±5.16**A**^{ns}	270.30±3.22**C**^{ns}	273.77**AB**
เดือนที่ 3	282.63±4.59**A**^{b}	319.48±2.32**A**^{a}	301.06**A**
เดือนที่ 4	272.80±4.15**A**^{ns}	268.73±1.27**CD**^{ns}	270.76**AB**
เดือนที่ 5	277.54±5.16**A**^{ns}	270.61±3.22**C**^{ns}	274.08**AB**
เดือนที่ 6	240.04±2.26**B**^{b}	263.94±2.63**D**^{a}	251.99**B**
ค่าเฉลี่ยตลอดระยะการเก็บรักษา	266.31^{ns}	271.92^{ns}	269.12

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)



รูปที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสในเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.21 และ 4.22 และรูปที่ 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ

ก) กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็ง พบว่าเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งทั้งชุดควบคุมและชุดทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 992.5 และ 388.7 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที ตามลำดับ โดยกิจกรรมของเอนไซม์ชุดทดลองลดลงเท่ากับ 57.9% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 4.21) ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นเป็นเวลา 6 เดือน พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ทั้งชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าลดลงจนถึงเดือนที่ 4 และเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนที่ 5 และ 6 ซึ่งในเดือนที่ 6 กิจกรรมของเอนไซม์ทั้งชุดควบคุมและชุดทดลองสูงขึ้นเป็น 1,130.9 และ 547.6 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที ตามลำดับ ซึ่งสูงขึ้นกว่าเมื่อเริ่มต้นหรือสูงขึ้นเป็น 22.59 และ 40.88% ตามลำดับ และแตกต่างกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดทดลอง ตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสระหว่างเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่าตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน กิจกรรมเอนไซม์ของชุดทดลองมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และกิจกรรมเฉลี่ยของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในชุดทดลองลดลงตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.4% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจุ่มเนื้อมะม่วงในสารละลายผสมของกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ช่วยชะลอการทำงานของเอนไซม์ โดยส่งผลให้การทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของเนื้อมะม่วงอยู่ในสภาวะไม่เหมาะสมที่ค่าพีเอชต่ำกว่า 5.0 (Arogba *et al*., 1998; Garcia and Barrett, 2002; Ndiaye *et al*., 2008)

การเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกด้วยวิธีแช่เยือกแข็งเป็นการลดอุณหภูมิของผลไม้ให้ต่ำลง จึงไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในเนื้อมะม่วงมีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้นกิจกรรมของเอนไซม์จึงลดลงที่สภาวะอุณหภูมิสูงกว่าหรือต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส (Arogba *et al*., 1998; Sun *et al*., 2008) และที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สภาวะอุณหภูมิแช่เยือกแข็ง ยังทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมและกระบวนการหายใจหยุดลง จึงช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อมะม่วงสุก ซึ่งเมื่อวัดอุณหภูมิใจกลางของเนื้อมะม่วงสุกระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งอยู่ในช่วง -16 ถึง -18 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การแช่เยือกแข็งด้วยวิธีไครโอจีนิกโดยใช้ไนโตรเจนเหลวจะทำให้เกิดผลึกของน้ำแข็งที่บริเวณผิวหน้าของอาหาร จึงช่วยลดการสัมผัสของเนื้อผลไม้กับแก๊สออกซิเจนและลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลอีกด้วย (Piskarev and Bornovalova, 1969; Khadatkar *et al*., 2004)

ข) กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสเท่ากับ 1,774.1 และ 1,093.1 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที ตามลำดับ โดยกิจกรรมของเอนไซม์ชุดทดลองลดลงเท่ากับ 38.4% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 4.22) และกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งสองชุดการทดลองลดลงในช่วง 4 เดือนแรก แล้วจึงเพิ่มขึ้นในช่วงหลัง โดยในเดือนที่ 6 วัดกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ 1,600.4 และ 939.1 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที ซึ่งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 18.07 และ 32.44% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมของเอนไซม์ที่วัดได้ในเดือนที่ 4 และในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน เนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งมีกิจกรรมของเอนไซม์ในชุดควบคุมและชุดทดลองอยู่ในช่วง 1,264.1-1,774.1 และ 709.1-1,093.1 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที ตามลำดับ

ผลการทดลองที่ได้ไม่สอดคล้องกับกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นพันธุ์ ‘Davis-Haden’ แช่เยือกแข็ง ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน รายงานว่ากิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสเพิ่มสูงขึ้น 40% เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อมะม่วงสด (Marin *et al*., 2005) ทั้งนี้อาจเนื่องจากงานวิจัยนี้เก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส จึงสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของเนื้อมะม่วงสุกในชุดทดลองต่ำกว่าชุดควบคุม และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในชุดทดลองมีกิจกรรมเฉลี่ยของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส ตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 40.8% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แสดงว่าการจุ่มเนื้อมะม่วงในสารละลายส่งผลให้เนื้อมะม่วงมีค่าพีเอชต่ำกว่า 5.0 ร่วมกับการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่มีอุณหภูมิของใจกลางของเนื้อมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาเท่ากับ -16 ถึง -18 องศาเซลเซียส อาจมีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสลดลง เนื่องจากค่าพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของเนื้อมะม่วงอยู่ในช่วง 6-7 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (Lamikanra, 2002)

ตารางที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที)		ค่าเฉลี่ยทั้งสองชุดการทดลอง	% ลดลง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง		
เนื้อมะม่วงสด	998.4±2.4**B**[a]	398.6±1.0**BC**[b]	698.5**A**	60.1
เริ่มต้น	922.5±0.2**B**[a]	388.7±43.0**BC**[b]	655.6**A**	57.9
เดือนที่ 1	807.8±16.7**C**[a]	383.5±48.5**BC**[b]	595.7**A**	52.5
เดือนที่ 2	799.3±50.8**C**[a]	371.4±36.7**BC**[b]	585.4**A**	53.5
เดือนที่ 3	700.6±39.6**D**[a]	319.5±7.5**C**[b]	510.1**A**	54.4
เดือนที่ 4	683.1±11.7**D**[a]	323.0±5.4**C**[b]	503.1**A**	52.7
เดือนที่ 5	923.0±4.1**B**[a]	449.2±13.4**B**[b]	686.1**A**	51.3
เดือนที่ 6	1130.9±44.4**A**[a]	547.6±40.7**A**[b]	839.2**A**	51.6
ค่าเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา	852.5[a]	397.5[b]	625.0	53.4±2.2

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที)		ค่าเฉลี่ยทั้งสองชุดทดลอง	%ลดลง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง		
เนื้อมะม่วงสดเริ่มต้น	1,826.8±4.4**A**[a]	1,100.8±45.6**A**[b]	1463.8**A**	39.7
เดือนที่ 1	1,774.1±0.4**A**[a]	1,093.1±2.4**A**[b]	1,433.6**A**	38.4
เดือนที่ 2	1,615.7±33.4**B**[a]	885.7B±26.6**C**[b]	1,250.7**A**	45.2
เดือนที่ 3	1,410.0±17.8**C**[a]	873.6±186.4**BC**[b]	1,141.8**A**	38.0
เดือนที่ 4	1,264.1±2.7**E**[a]	802.9±7.7**BC**[b]	1,033.5**A**	36.5
เดือนที่ 5	1,355.4±6.1**D**[a]	709.1±31.6**C**[b]	1,032.2**A**	47.7
เดือนที่ 6	1,453.9±13.3**C**[a]	893.8±20.5**ABC**[b]	1,173.8**A**	38.5
	1,600.4±24.4**B**[a]	939.1±17.6**AB**[b]	1,269.7**A**	41.3
ค่าเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา	1,596.2[a]	885.3[b]	1,240.8	40.8±4.2

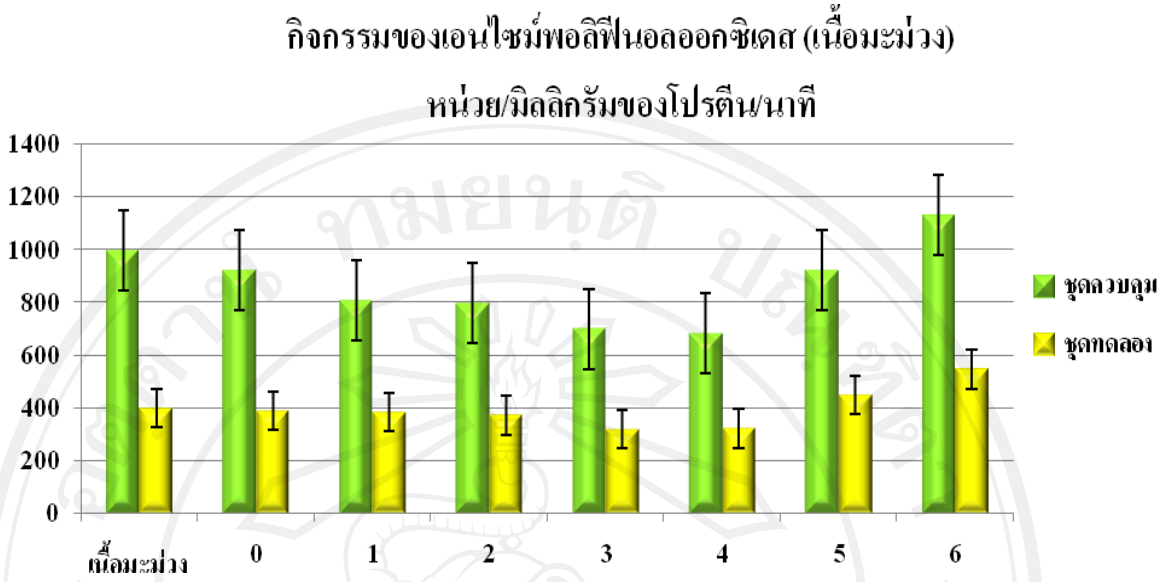
หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

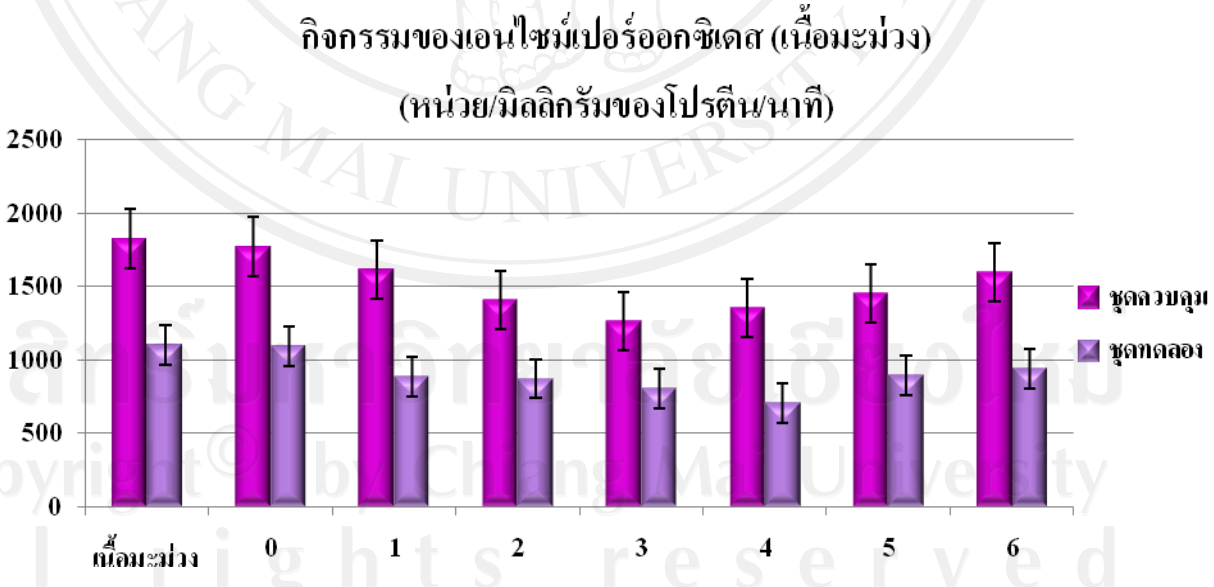
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก



รูปที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเพอร์ออกซิเดสในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.23 และ 4.24 และรูปที่ 4.23 และ 4.24 ตามลำดับ

ก. กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลอง พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเท่ากับ 1,624.8 และ 988.8 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที ตามลำดับ หรือลดลงเท่ากับ 39.1% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน กิจกรรมของเอนไซม์ในชุดควบคุมและชุดทดลองอยู่ในช่วง 1,348.1-1,624.8 และ 905.2-1,027.8 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23)

กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสทั้งชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าลดลงในช่วง 4 เดือนแรกหลังจากนั้นจึงเพิ่มขึ้น โดยกิจกรรมของเอนไซม์ในเดือนที่ 6 เพิ่มขึ้นจาก1,348.1 เป็น 1,500.8 และจาก 905.2 เป็น 1,027.8 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที หรือเพิ่มขึ้น 11.33 และ 13.54% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมของเอนไซม์ที่วัดได้ในเดือนที่ 4

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสระหว่างเนื้อลิ้นจี่ทั้งสองชุดทดลองในแต่ละเดือน พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ในชุดทดลองค่อนข้างคงที่โดยมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าชุดควบคุม และกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำกว่าชุดควบคุมตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยกิจกรรมของเอนไซม์ในชุดทดลองลดลงตลอดการเก็บรักษาเท่ากับ 34.6% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แสดงว่าการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ และจากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีในตอนต้น พบว่าการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไม่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้และค่าพีเอช (ตารางที่ 4.11 และ 4.13) จึงทำให้เนื้อลิ้นจี่มีค่าพีเอชไม่เปลี่ยนแปลง โดยมีค่าพีเอช อยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของเนื้อลิ้นจี่ ซึ่งมีค่าพีเอชที่เหมาะสมเท่ากับ 6.5

ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการรายงานของ Jiang and Fu (1998) ที่จุ่มผลสตรอเบอรี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% ก่อนนำไปเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของผลสตรอเบอรี่ในชุดทดลองต่ำกว่าชุดควบคุม นอกจากนี้ แคลเซียมคลอไรด์จัดเป็นเกลือที่มีธาตุหมู่ 7 (halide salt) เป็นองค์ประกอบ จึงสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส โดยคลอไรด์ไอออนอาจรวมตัวกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โลหะทองแดงซึ่งเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส จึงทำให้ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ลดลง นอกจากนี้ แคลเซียมคลอไรด์ยังมีผลต่อระดับความเข้มข้นของไอออนในสารละลาย ซึ่งจะไปมีผลต่อโครงสร้างของเอนไซม์และอาจทำให้เอนไซม์ตกตะกอนได้ เช่น การจุ่มเนื้อแอปเปิลในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลที่เนื้อแอปเปิลได้ โดยทั่วไปการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในระดับโรงงานอุตสาหกรรมอาหารจะอยู่ในช่วง 2-4% (Miyawaki, 2006)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่ากิจกรรมของเอนไซม์ของเนื้อลิ้นจี่ชุดทดลองต่ำกว่าชุดควบคุม แต่ผลการวัดค่า L* ของเนื้อลิ้นจี่ในชุดควบคุมและชุดทดลองในเดือนที่ 6 ได้ค่าเท่ากับ 53.29 และ 53.04 ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของเนื้อลิ้นจี่ในทั้ง 2 ชุดทดลอง ไม่ส่งผลกระทบต่อ ค่า L* ภายหลังการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 6 เดือน

ข. กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสเท่ากับ 4,062.1 และ 2,472.1 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที โดยชุดทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสลดลงเท่ากับ 39.14% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 4.24) กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสในเนื้อลิ้นจี่ทั้งสองชุดทดลองสูงขึ้นตลอดระยะการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมและชุดทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเดือนที่ 2 ถึงเดือนที่ 4 ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์ในเดือนที่ 4 เพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 114.30 และ 132.18% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา

เนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน อยู่ในช่วง 3,873.2-9,865.0 และ 2,472.1-6,285.1 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ องุ่นแดง ราสเบอรี่ เชอรี่ และกูสเบอรี่ด้วยวิธีการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 เดือน พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 3 และ 4 ของการเก็บรักษา และยังสัมพันธ์กับปริมาณวิตามินซีที่ลดลง (Fik and Macura, 1986)

กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสในชุดควบคุมและชุดทดลองในเดือนที่ 6 เพิ่มขึ้นเท่ากับ 9,865.0 และ 6,285.1 หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 142.85 และ 154.24% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา และกิจกรรมเฉลี่ยของเอนไซม์ในเนื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิ้นจี่ชุดทดลองตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ลดลงเท่ากับ 35.3% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แสดงว่าการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสได้ เนื่องจากคลอไรด์ไอออนอาจรวมตัวกับเหล็กซึ่งเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส จึงทำให้ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ลดลง หรืออาจมีผลต่อระดับความเข้มข้นของไอออนในสารละลาย ซึ่งจะไปมีผลต่อโครงสร้างของเอนไซม์ และอาจทำให้เอนไซม์ตกตะกอนได้ (Miyawaki, 2006) เช่น การจุ่มแตงหั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าของเนื้อแตงได้ เนื่องจากคลอไรด์ไอออนไปมีผลทำให้เอนไซม์เสียสภาพและไม่สามารถจับกับสับสเตรตได้ (Luna-Gutzman *et al*., 1999) และยังสอดคล้องกับ Saftner *et al.* (2003) ที่ทดลองจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ พบว่านอกจากแคลเซียมไอออนจะช่วยรักษาความแน่นเนื้อของผลลิ้นจี่แล้ว ยังช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสด้วย และการจุ่มเนื้อสาลี่หั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 4.0% สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่เนื้อติดแกนผลและรักษาความแน่นเนื้อของผลสาลี่ตลอดระยะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 75 วัน (Mahajan and Dhatt, 2004) และยังมีการรายงานผลของคลอไรด์ไอออนต่อกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส โดยการจุ่มเนื้อแอปเปิลหั่นชิ้นในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2% ซึ่งมีค่าพีเอชของสารละลายเท่ากับ 5.0 สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ได้มากกว่า 80% (Miyawaki, 2006)

การจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ พบว่าไม่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้และค่าพีเอช จึงทำให้ค่าพีเอชของเนื้อลิ้นจี่ยังอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส ซึ่งมีค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานเท่ากับ 7.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของ โปรตีน/นาที) ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที)		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง	%ลดลง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง		
เนื้อลิ้นจี่สด	1,807.3±1.9**A**[a]	1,035.5±3.2**A**[b]	1,421.4**A**	42.7
เริ่มต้น	1,624.8±1.50**A**[a]	988.8±3.9**A**[b]	1,306.8**A**	39.1
เดือนที่ 1	1,576.4±49.1**AB**[a]	970.5±291.8**A**[b]	1,273.5**A**	38.4
เดือนที่ 2	1,409.9±12.3**DE**[a]	919.6±17.2**A**[b]	1,164.8**A**	34.8
เดือนที่ 3	1,543.9±30.2**AB**[a]	992.6±2.2**A**[b]	1,268.3**A**	35.7
เดือนที่ 4	1,348.1±11.1**E**[a]	905.2±62.8**A**[b]	1,126.6**A**	32.9
เดือนที่ 5	1,440.8±34.4**CD**[a]	1,007.6±15.8**A**[b]	1,224.2**A**	30.1
เดือนที่ 6	1,500.8±9.3**BC**[a]	1,027.8±31.5**A**[b]	1,264.3**A**	31.0
ค่าเฉลี่ยตลอดระยะการเก็บรักษา	1,492.1[a]	973.2[b]	1,232.6	34.6±3.5

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที) ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที)		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง	% ลดลง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง		
เนื้อลิ้นจี่สด	4,206.8±12.8**E**[a]	2,904.5±3.0**E**[b]	3,555.6**A**	31.0
เริ่มต้น	4,062.1±3.8**E**[a]	2,472.1±9.7**E**[b]	3,267.1**A**	39.1
เดือนที่ 1	3,873.2±61.9**F**[a]	2,571.3±55.6**E**[b]	3,222.3**A**	33.6
เดือนที่ 2	7,049.6±86.2**D**[a]	4,598.0±61.4**D**[b]	5,823.8**A**	34.8
เดือนที่ 3	6,974.7±3.6**D**[a]	4,576.8±26.9**D**[b]	5,775.7**A**	34.4
เดือนที่ 4	8,705.5±59.0**C**[a]	5,739.9±49.4**C**[b]	7,222.7**A**	34.1
เดือนที่ 5	9,099.6±65.3**B**[a]	5,917.7±20.1**B**[b]	7,508.7**A**	35.0
เดือนที่ 6	9,865.0±45.6**A**[a]	6,285.1±48.1**A**[b]	8,075.1**A**	36.3
ค่าเฉลี่ยตลอดระยะการเก็บรักษา	7,090.0[a]	4,594.4[b]	4,596.4	35.3±1.9

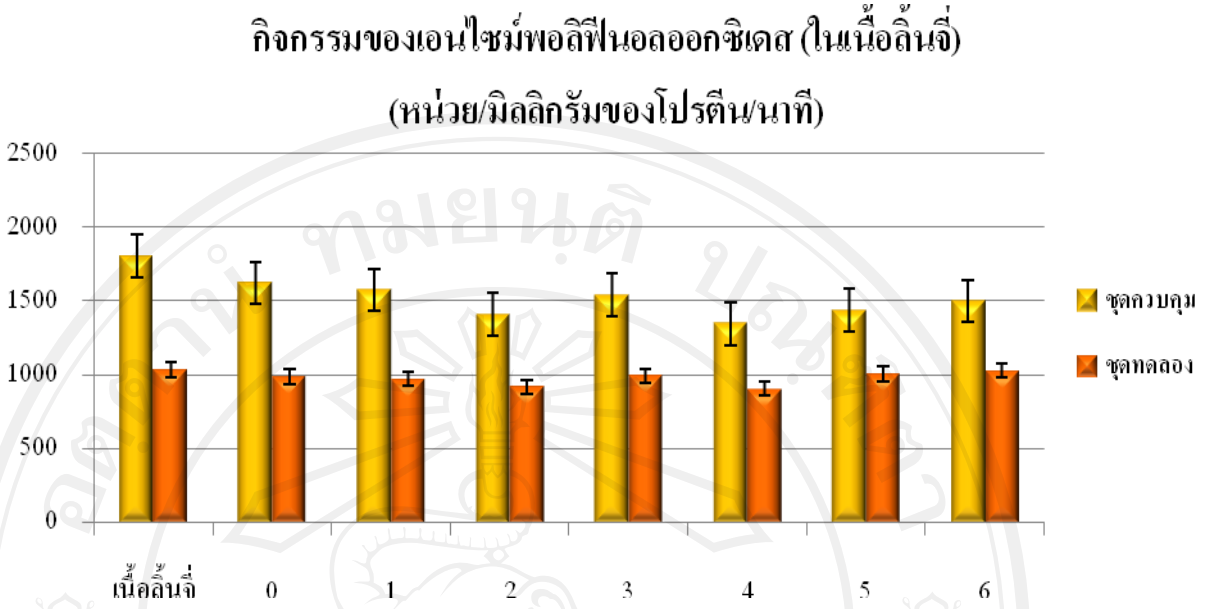
หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

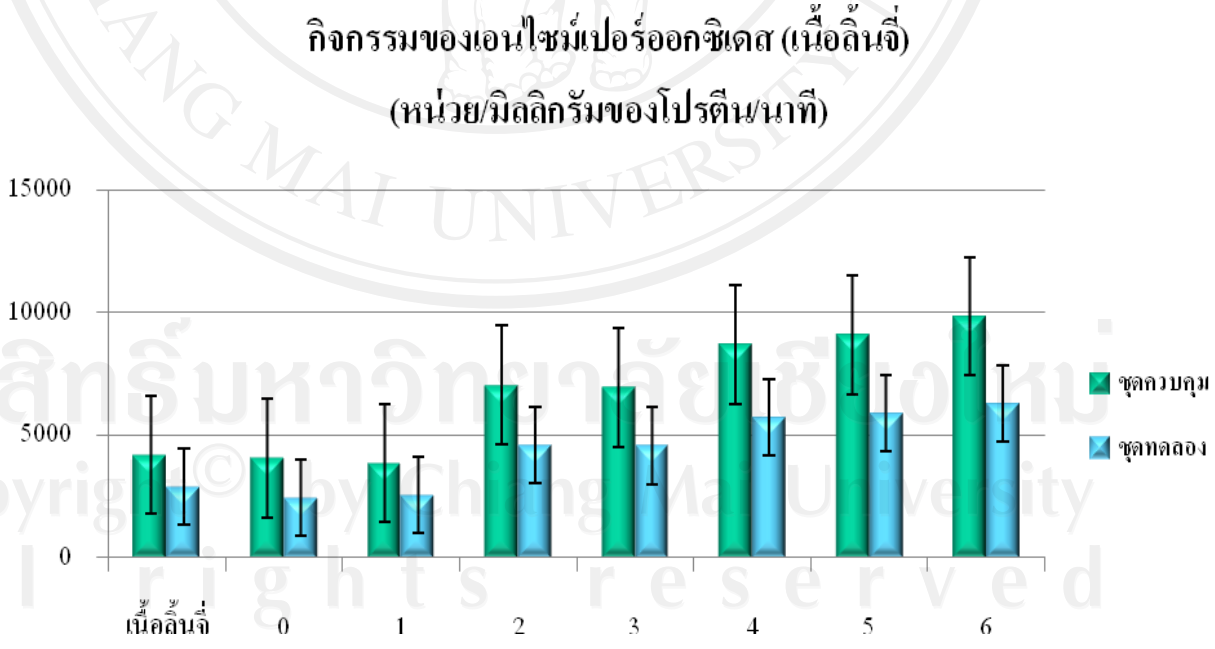
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย



รูปที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นภายหลังการแช่เยือกแข็งเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา และระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.25

ผลการทดลองพบว่าการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งทั้งสองชุดการทดลองเป็นเวลา 6 เดือน ไม่พบโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ระดับความเจือจาง 10^{-2} และ 10^{-3} แต่พบโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ระดับความเจือจาง 10^{-1} โดยมีจำนวนโคโลนีต่ำกว่าที่มาตรฐานผลไม้แช่เยือกแข็งกำหนด คือให้มีปริมาณจุลินทรีย์ได้ไม่เกิน 10^{6} โคโลนี/กรัมของเนื้อผลไม้ (FAO/WHO, 1989; ฐานข้อมูลสถาบันอาหาร, 2551; กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2552; Gilbert *et al*., 2000) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ในแต่ละเดือนพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ในเดือนที่ 1, 2 และ 3 ของชุดควบคุมสูงกว่าชุดทดลอง และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการจุ่มเนื้อมะม่วงในสารละลายผสมของกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่รายงานว่าการจุ่มเนื้อผลไม้หั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหารได้ เช่น การจุ่มเนื้อแอปเปิลสดหั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้จุ่มในสารละลาย (Root and Barrett, 2006)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนโคโลนีตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนทั้งในชุดควบคุมและชุดทดลอง พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ลดลงแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยมีจำนวนโคโลนีอยู่ในช่วง 12-65 และ 10-50 โคโลนี/กรัมเนื้อมะม่วง เนื่องจากการแช่เยือกแข็งผลไม้ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยน้ำภายในอาหารจะเกิดการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว จึงทำให้มีปริมาณน้ำอิสระภายในเนื้อผลไม้ลดลงและความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้เนื่องจากที่สภาวะความเข้มข้นของสารละลายดังกล่าวเป็นอันตรายต่อเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งการเก็บรักษาผลไม้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียส ทำให้จุลินทรีย์บางชนิดตายได้ (Torreggiani and Maestrelli, 2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยภายหลังการแช่เยือกแข็งเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา และระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.26

ผลการการทดลองพบว่าการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งทั้งสองชุดการทดลองเป็นเวลา 6 เดือน ไม่พบโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ระดับความเจือจาง 10^{-2} และ 10^{-3} แต่พบโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ระดับความเจือจาง 10^{-1} โดยมีจำนวนโคโลนีต่ำกว่าที่มาตรฐานอาหารแช่เยือกแข็งกำหนดคือ ให้มีปริมาณจุลินทรีย์ได้ไม่เกิน 10^{6} โคโลนี/กรัมของเนื้อผลไม้ (FAO/WHO, 1989; ฐานข้อมูลสถาบันอาหาร, 2551; กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2552; Gilbert *et al*., 2000) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณจุลินทรีย์มีปริมาณลดลงตลอดการเก็บรักษา เนื่องจากการแช่เยือกแข็งที่อัตราเร็วสูง และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลอง พบว่าในชุดทดลองมีจำนวนโคโลนีต่ำกว่าชุดควบคุม และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ โดยสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ใช้สารเคลือบผลสตรอเบอรี่ที่มีส่วนผสมของแคลเซียมคลอไรด์จะช่วยลดอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหารได้ (Ribeiro *et al*., 2007) และการจุ่มเนื้อแตงหั่นชิ้นพันธุ์ ‘Amarillo’ ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์น้อยกว่าชุดควบคุมตลอดการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจากแคลเซียมไอออนช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อและทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์คงความแข็งแรง ซึ่งหากความแน่นเนื้อของผลไม้ลดลง จะทำให้ผลไม้ง่ายต่อการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ (Conway *et al*., 1987)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนโคโลนีตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนในชุดควบคุมและชุดทดลอง พบว่าจำนวนโคโลนีเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 1 และ 2 แล้วจึงลดลง โดยในเดือนที่ 6 มีจำนวนโคโลนีเท่ากับ 18 และ 12 โคโลนี/กรัมเนื้อลิ้นจี่ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา คือชุดควบคุมและชุดทดลองมีจำนวนโคโลนีอยู่ในช่วง 20-97 และ 12-76 โคโลนี/กรัมเนื้อลิ้นจี่ ตามลำดับ ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อมะม่วงพันธุ์มหาชนกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง (โคโลนี/กรัม)	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
เริ่มต้น	$6.5\times10^{1}\mathbf{A}^{ns}$	$5.0\times10^{1}\mathbf{A}^{ns}$
เดือนที่ 1	$5.0\times10^{1}\mathbf{AB}^{a}$	$1.0\times10^{1}\mathbf{B}^{b}$
เดือนที่ 2	$4.2\times10^{1}\mathbf{AB}^{a}$	$1.2\times10^{1}\mathbf{B}^{b}$
เดือนที่ 3	$6.3\times10^{1}\mathbf{AB}^{a}$	$3.3\times10^{1}\mathbf{AB}^{b}$
เดือนที่ 4	$4.5\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$	$3.0\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$
เดือนที่ 5	$2.5\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$	$2.4\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$
เดือนที่ 6	$1.2\times10^{1}\mathbf{B}^{ns}$	$1.6\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$
ค่าเฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา	4.31×10^{1ns}	2.50×10^{1ns}

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม) ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

เวลาเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยแช่เยือกแข็ง (โคโลนี/กรัม)	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
เริ่มต้น	$2.5\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$	$2.5\times10^{1}\mathbf{B}^{ns}$
เดือนที่ 1	$9.3\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$	$7\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$
เดือนที่ 2	$9.7\times10^{1}\mathbf{A}^{ns}$	$7.6\times10^{1}\mathbf{A}^{ns}$
เดือนที่ 3	$5.8\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$	$5.8\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$
เดือนที่ 4	$2.0\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$	$2.7\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$
เดือนที่ 5	$3.6\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$	$3.0\times10^{1}\mathbf{AB}^{ns}$
เดือนที่ 6	$1.8\times10^{1}\mathbf{B}^{ns}$	$1.2\times10^{1}\mathbf{B}^{ns}$
ค่าเฉลี่ยตลอดระยะการเก็บรักษา	5.0×10^{1ns}	4.26×10^{1ns}

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนาที่กำกับค่าของข้อมูลเดือนที่ 0-6 ตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิม

เนื้อมะม่วงพันธุ์มหาชนก

การประเมินคุณภาพของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมของกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% (ชุดทดลอง) เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มในสารละลาย ภายหลังการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งเป็นระยะเวลานาน 6 เดือน โดยแบ่งลักษณะที่ใช้ในการประเมินเนื้อมะม่วงสุกออกเป็น 6 ลักษณะ คือ สีที่ปรากฏ (สีเหลือง) ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นของมะม่วง รสหวาน รสเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน และใช้วิธีทดสอบแบบ Hedonic nine point scale โดยให้คะแนนลักษณะของเนื้อมะม่วงสุกที่ผู้ทดสอบชิมชอบมากที่สุด เท่ากับ 9 คะแนน สำหรับผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสจากลักษณะต่างๆ โดยผู้ทดสอบชิม คะแนนที่ได้แสดงในตารางที่ 4.27 และรูปที่ 4.25

- **สีที่ปรากฏ (สีเหลือง)**

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบที่มีต่อสีที่ปรากฏในเดือน 6 โดยให้คะแนนเฉลี่ยในชุดทดลองเท่ากับ 7.48 ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมที่ได้คะแนนเท่ากับ 6.28 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการจุ่มเนื้อมะม่วงสุกในสารละลายผสมของกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีที่ปรากฏของเนื้อมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน

- **เนื้อสัมผัส**

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัส โดยเนื้อมะม่วงชุดควบคุมและชุดทดลองได้คะแนนเฉลี่ยความชอบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสเท่ากับ 5.44 และ 6.76 ตามลำดับ โดยคะแนนที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสจากค่าแรงกดของเนื้อมะม่วงในชุดควบคุมได้ค่าแรงกดเท่ากับ 3.06±0.59 นิวตัน ซึ่งต่ำกว่าชุดทดลองที่วัดค่าแรงกดได้เท่ากับ 4.17±0.69 นิวตัน และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าการจุ่มเนื้อมะม่วงในสารละลายผสมที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% สามารถปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสและเพิ่มความแน่นเนื้อได้ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคสามารถชี้บ่งความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสระหว่างเนื้อมะม่วงชุดควบคุมและชุดทดลองได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **กลิ่น**

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบต่อกลิ่นของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองในเดือนที่ 6 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยคะแนนเฉลี่ยความชอบของกลิ่นเนื้อมะม่วงชุดควบคุมและชุดทดลองเท่ากับ 7.04 และ 7.44 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบกลิ่นของเนื้อมะม่วงสุกมีค่ามากกว่า 6 แสดงว่าการจุ่มเนื้อมะม่วงในสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 1.0% และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% ไม่มีผลต่อกลิ่นของเนื้อมะม่วงแช่เยือกแข็ง

- **รสหวาน**

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนผลการประเมินความชอบต่อรสหวาน ได้คะแนนเฉลี่ยของชุดควบคุมและชุดทดลองเท่ากับ 6.36 และ 6.28 ตามลำดับ แสดงว่าผู้ทดสอบชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างด้านรสหวานระหว่างเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและชุดทดลองได้ จะเห็นได้ว่าชุดควบคุมได้คะแนนรสหวานมากกว่าชุดทดลองเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากชุดควบคุมไม่ได้จุ่มในสารละลายใดๆ ขณะที่ชุดทดลองจุ่มในสารละลายผสมที่มีกรดซิตริกซึ่งมีรสเปรี้ยว และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงในเดือนที่ 6 พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงที่วัดได้ในชุดควบคุมเท่ากับ 64.46±0.90 มิลลิกรัม/กรัมของน้ำหนักสด ซึ่งมีปริมาณมากกว่าชุดทดลองซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 59.73±1.91 มิลลิกรัม/กรัมของน้ำหนักสด และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

รสเปรี้ยว

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบรสเปรี้ยวของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในเดือนที่ 6 ได้คะแนนเฉลี่ยของชุดควบคุมและชุดทดลองเท่ากับ 5.60 และ 6.52 ตามลำดับ แสดงว่าผู้ทดสอบชิมมีความชอบรสเปรี้ยวของเนื้อมะม่วงสุกชุดทดลองมากกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในชุดควบคุม และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งรสเปรี้ยวของเนื้อมะม่วงสุกในชุดทดลองอาจเกิดจากการจุ่มเนื้อมะม่วงในสารละลายผสมที่มีกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0%

- **การยอมรับโดยรวม**

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนการยอมรับโดยรวมระหว่างเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งภายหลังการหลอมละลายของชุดควบคุมและชุดทดลองในเดือนที่ 6 ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.24 และ 7.28 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนที่ได้มีค่ามากกว่า 6 แสดงว่าเนื้อมะม่วงทั้งสองชุดการทดลองเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม โดยผู้ทดสอบชิมมีความชอบเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในชุดทดลองมากกว่าชุดควบคุม และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

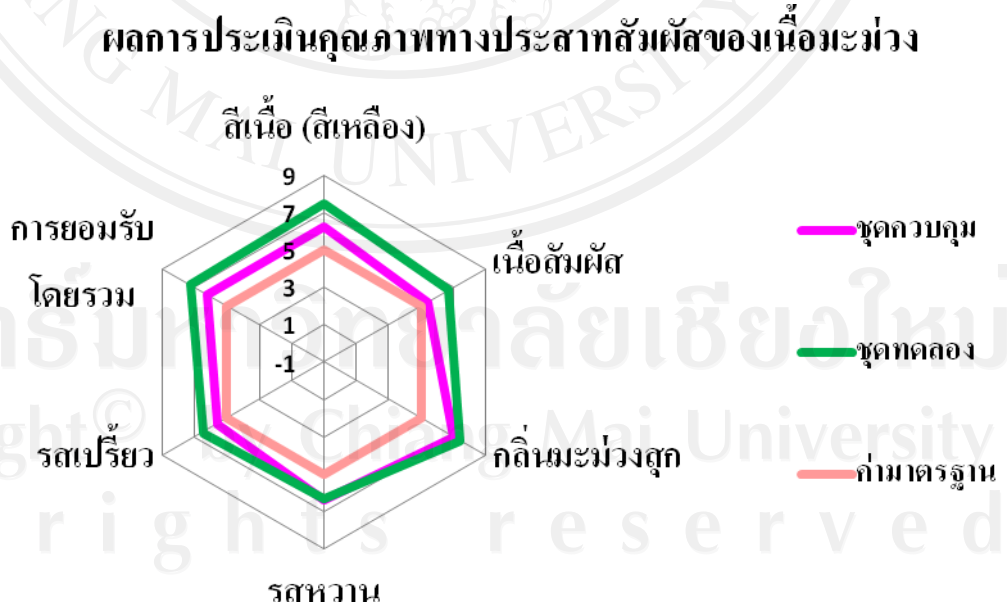
ตารางที่ 4.27 การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

คุณภาพที่ใช้ประเมิน	การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน)		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
1. สีเนื้อ (สีเหลือง)	6.28^{b}±1.28	7.48^{a}±0.92	6.88
2. เนื้อสัมผัส	5.44^{b}±1.42	6.76^{a}±1.45	6.10
3. กลิ่นมะม่วงสุก	7.04^{ns}±0.73	7.44^{ns}±0.65	7.24
4. รสหวาน	6.36^{ns}±0.64	6.28^{ns}±0.89	6.32
5. รสเปรี้ยว	5.60^{b}±1.26	6.52^{a}±0.96	6.06
6. การยอมรับโดยรวม	6.24^{b}±1.27	7.28^{a}±0.89	6.76

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.25 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก ในเดือนที่ 6 ภายหลังหลอมละลาย โดยเปรียบเทียบระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

การประเมินคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่ในสาระลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% (ชุดทดลอง) เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการจุ่มในสารละลาย ภายหลังการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง เป็นระยะเวลานาน 6 เดือน โดยแบ่งลักษณะที่ใช้ในการประเมินเนื้อลิ้นจี่ออกเป็น 6 ลักษณะ คือ รูปทรงภายนอก ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นของลิ้นจี่ รสหวาน รสเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน และใช้วิธีทดสอบแบบ Hedonic nine point scale โดยให้คะแนนลักษณะของเนื้อลิ้นจี่ที่ผู้ทดสอบชิมชอบมากที่สุด เท่ากับ 9 คะแนน สำหรับผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสจากลักษณะต่างๆ โดยผู้ทดสอบชิม คะแนนที่ได้แสดงในตารางที่ 4.28 และรูปที่ 4.26

- **รูปทรงภายนอก**

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบต่อรูปทรงภายนอกที่ปรากฏในเดือน 6 โดยให้คะแนนเฉลี่ยในชุดทดลองเท่ากับ 6.72 ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมที่ได้คะแนนเท่ากับ 5.16 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แสดงว่าการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง มีผลต่อรูปทรงของผลโดยรักษาโครงสร้างลักษณะของผลไว้ได้ ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน

- **เนื้อสัมผัส**

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบต่อลักษณะเนื้อสัมผัส โดยเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมและชุดทดลองได้คะแนนเฉลี่ยความชอบลักษณะเนื้อสัมผัสเท่ากับ 4.64 และ 6.36 ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) และเมื่อวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสจากค่าแรงกดที่กระทำต่อเนื้อลิ้นจี่ในชุดควบคุมได้ค่าแรงกดเท่ากับ 0.67±0.11 นิวตัน โดยมีค่าต่ำกว่าชุดทดลองที่ได้ค่าแรงกดเท่ากับ 0.77±0.31 นิวตัน แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แสดงว่าการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสได้ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชิมสามารถชี้บ่งความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองได้

- **กลิ่น**

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบต่อกลิ่นของเนื้อลิ้นจี่ระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองในเดือนที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยให้คะแนนความชอบกลิ่นของเนื้อลิ้นจี่ในชุดทดลองเท่ากับ 6.60 ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 4.84 แสดงว่าผู้ทดสอบชิมมีความชอบกลิ่นของเนื้อลิ้นจี่ในชุดทดลองมากกว่าชุดควบคุม และการจุ่มเนื้อลิ้นจี่ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% ไม่มีผลต่อกลิ่นของเนื้อลิ้นจี่ แต่มีผลในการช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่และลดการรั่วซึมของของเหลวที่มีสารให้กลิ่นเป็นองค์ประกอบ

- **รสหวาน**

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบต่อรสหวาน โดยคะแนนเฉลี่ยในชุดควบคุมและชุดทดลองเท่ากับ 6.36 และ 6.60 ตามลำดับ แสดงว่าผู้ทดสอบชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างด้านรสหวานระหว่างเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมและชุดทดลองได้ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อลิ้นจี่ในเดือนที่ 6 พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงที่วัดได้ในชุดควบคุมเท่ากับ 71.13±1.51 มิลลิกรัม/กรัมของน้ำหนักสด ซึ่งมีปริมาณมากกว่าชุดทดลองซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 67.51±0.78 มิลลิกรัม/กรัมของน้ำหนักสด และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

- **รสเปรี้ยว**

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบต่อรสเปรี้ยวของเนื้อลิ้นจี่ในเดือนที่ 6 โดยให้คะแนนชุดควบคุมและชุดทดลองเท่ากับ 5.04 และ 6.40 ตามลำดับ แสดงว่าผู้ทดสอบชิมมีความชอบรสเปรี้ยวของเนื้อลิ้นจี่ชุดทดลองมากกว่าเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และรสเปรี้ยวของเนื้อลิ้นจี่อาจเกิดจากปริมาณกรดที่เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดมาลิก โดยในเดือนที่ 6 พบว่าเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.29% ซึ่งน้อยกว่าเนื้อลิ้นจี่ชุดทดลองที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ 0.36% และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

- **การยอมรับโดยรวม**

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนการยอมรับโดยรวมระหว่างเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งชุดควบคุมและชุดทดลองในเดือนที่ 6 ได้คะแนนเท่ากับ 4.84 และ 6.68 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนที่ได้แสดงว่าผู้บริโภคมีความชอบว่าเนื้อลิ้นจี่ชุดทดลองมากกว่าชุดควบคุม โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

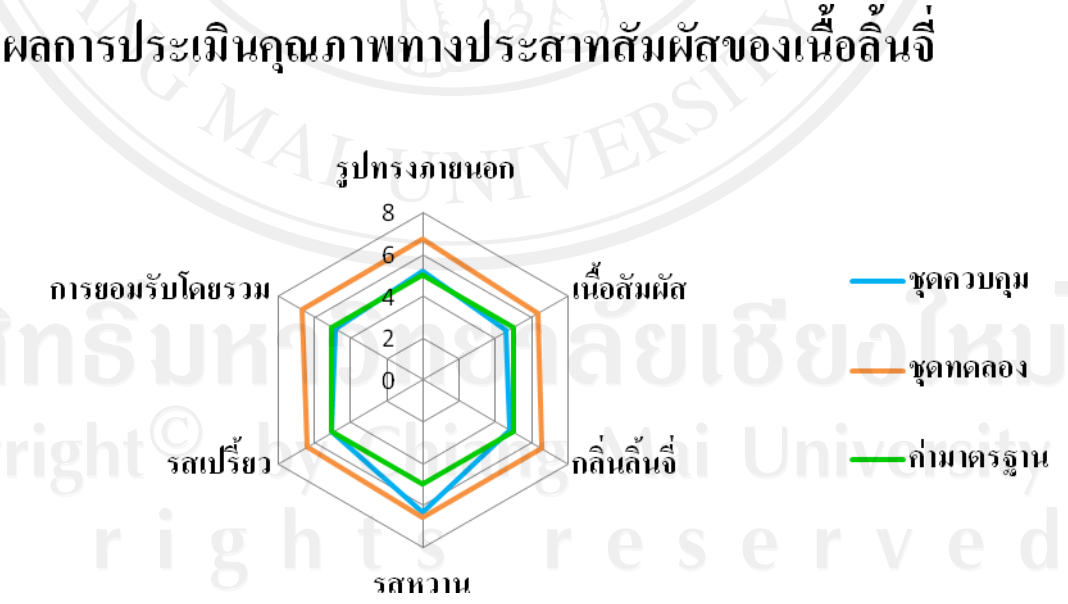
ตารางที่ 4.28 การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

คุณลักษณะที่ใช้ประเมิน	การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน)		ค่าเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลอง
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	
1. รูปทรงภายนอก	$5.16^{b}\pm1.43$	$6.72^{a}\pm1.02$	5.94
2. เนื้อสัมผัส	$4.64^{b}\pm1.58$	$6.36^{a}\pm1.25$	5.50
3. กลิ่นลิ้นจี่	$4.84^{b}\pm1.40$	$6.60^{a}\pm1.15$	5.72
4. รสหวาน	$6.36^{ns}\pm0.76$	$6.60^{ns}\pm1.19$	6.48
5. รสเปรี้ยว	$5.04^{b}\pm1.24$	$6.40^{a}\pm1.15$	5.72
6. การยอมรับโดยรวม	$4.84^{b}\pm1.25$	$6.68^{a}\pm1.01$	5.76

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนแต่ละคู่ที่แตกต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.26 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ในเดือนที่ 6 ภายหลังหลอมละลาย โดยเปรียบเทียบระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved