ภาคผนวก ก

ผลมะเดื่อฝรั่งสดและมะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก-1 มะเดื่อฝรั่ง (*Ficus carica*) จากมูลนิธิโครงการหลวง สถานีวิจัยฯ อินทนนท์ จ.เชียงใหม่

รูป ก-2 ผลมะเดื่อฝรั่งและภาพตัดขวาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก-3 การแช่สารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาล

รูป ก-4 จัดเรียงมะเดื่อฝรั่งบนตะแกรงรอให้สะเด็ดน้ำก่อนนำไปอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก-5 เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer)

รูป ก-6 ผลิตภัณฑ์มะเดื่อฝรั่งอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก-7 มะเดื่อฝรั่งที่แช่สารละลายต่างๆ ก่อนอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 55 °ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก-8 มะเดื่อฝรั่งอบแห้ง 60 ชั่วโมงที่แช่สารละลายต่าง ๆ

รูป ก-9 ผลิตภัณฑ์มะเดื่อฝรั่งอบแห้งวันเริ่มต้น โดยไม่แช่สารละลาย (ชุดควบคุม) และแช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % ก่อนอบแห้ง แล้วบรรจุในบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ

รูป ก-10 ผลิตภัณฑ์มะเดื่อฝรั่งอบแห้งสัปดาห์ที่ 1 โดยไม่แช่สารละลาย (ชุดควบคุม) และแช่สารละลายกรดซิตริกกความเข้มข้น 0.6 % ก่อนอบแห้ง แล้วบรรจุในบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก-11 ผลิตภัณฑ์มะเดื่อฝรั่งอบแห้งสัปดาห์ที่ 2 โดยไม่แช่สารละลาย (ชุดควบคุม) และแช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % ก่อนอบแห้ง แล้วบรรจุในบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ

รูป ก-12 ผลิตภัณฑ์มะเดื่อฝรั่งอบแห้งสัปดาห์ที่ 3 โดยไม่แช่สารละลาย (ชุดควบคุม) และแช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % ก่อนอบแห้ง แล้วบรรจุในบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก-13 ผลิตภัณฑ์มะเดื่อฝรั่งอบแห้งสัปดาห์ที่ 4 โดยไม่แช่สารละลาย (ชุดควบคุม) และแช่สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.6 % ก่อนอบแห้ง แล้วบรรจุในบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

ตารางผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข-1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและ a_w ของมะเดื่อฝรั่งระหว่างการอบที่ระยะเวลาต่างๆ

เวลาที่อบแห้ง (ชั่วโมง)	**ร้อยละปริมาณความชื้น (Wet basis)**	**a_w**
0	85.40±0.07	0.969±0.00
4	83.66±0.40	0.966±0.00
8	81.61±0.49	0.959±0.00
12	77.21±0.14	0.952±0.00
16	69.31±0.42	0.932±0.00
20	65.55±0.19	0.926±0.00
24	61.96±0.02	0.921±0.00
28	57.77±0.66	0.909±0.00
32	54.39±0.43	0.890±0.00
36	50.50±0.61	0.847±0.01
40	46.48±0.03	0.808±0.01
44	37.53±0.36	0.657±0.00
48	35.74±0.25	0.644±0.00
52	33.43±0.35	0.641±0.00
56	31.82±0.17	0.618±0.00
60	30.25±0.21	0.603±0.00

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข-2 ผลการเปรียบเทียบค่าสีของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

สิ่งทดลอง	ค่าสี		
	L	a*	b*
ไม่แช่สารละลาย	$29.32^{d} \pm 1.98$	$5.69^{c} \pm 1.15$	$2.09^{ab} \pm 1.18$
น้ำกลั่น	$30.71^{cd} \pm 1.23$	$5.86^{bc} \pm 1.30$	$2.10^{ab} \pm 1.47$
KMS 0.1 %	$32.05^{abc} \pm 1.41$	$6.14^{abc} \pm 0.96$	$2.38^{ab} \pm 1.79$
KMS 0.2 %	$33.57^{ab} \pm 1.55$	$6.37^{abc} \pm 0.35$	$2.49^{ab} \pm 1.69$
Citric 0.3 %	$33.09^{ab} \pm 1.70$	$6.44^{ab} \pm 0.41$	$2.35^{ab} \pm 1.07$
Citric 0.6 %	$33.81^{a} \pm 1.38$	$6.79^{a} \pm 0.64$	$2.74^{a} \pm 1.38$
CL 1 %	$30.62^{cd} \pm 1.27$	$5.93^{bc} \pm 0.59$	$1.12^{bc} \pm 1.57$
CL 2 %	$31.94^{bc} \pm 0.92$	$6.21^{abc} \pm 0.60$	$1.58^{ab} \pm 1.21$
$CaCl_2$ 2 %	$30.59^{cd} \pm 1.07$	$6.51^{ab} \pm 0.47$	$0.15^{c} \pm 1.06$
$CaCl_2$ 4 %	$31.83^{bc} \pm 1.06$	$6.17^{abc} \pm 0.66$	$0.24^{c} \pm 1.36$

หมายเหตุ: - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

- ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- KMS คือ สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
- Citric คือ สารละลายกรดซิตริก
- CL คือ สารละลายแคลเซียมแลคแตต
- $CaCl_2$ คือ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข-3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคเตต และแคลเซียม-คลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

สิ่งทดลอง	**น้ำตาลทั้งหมด (%)**	**น้ำตาลรีดิวซ์ (%)**
ไม่แช่สารละลาย	$36.85^{c} \pm 0.50$	$27.33^{c} \pm 0.88$
น้ำกลั่น	$36.03^{cb} \pm 0.84$	$25.44^{c} \pm 0.34$
KMS 0.1 %	$38.96^{ab} \pm 0.79$	$28.38^{b} \pm 0.79$
KMS 0.2 %	$39.85^{a} \pm 0.60$	$28.86^{ab} \pm 0.56$
Citric 0.3 %	$38.48^{b} \pm 0.76$	$28.64^{ab} \pm 0.66$
Citric 0.6 %	$39.98^{a} \pm 0.72$	$29.43^{a} \pm 0.37$
CL 1 %	$35.41^{de} \pm 0.43$	$25.08^{d} \pm 0.41$
CL 2 %	$35.44^{de} \pm 0.80$	$25.34^{d} \pm 0.12$
$CaCl_2$ 2 %	$34.84^{e} \pm 0.55$	$24.08^{de} \pm 0.36$
$CaCl_2$ 4 %	$35.00^{de} \pm 0.92$	$24.82^{e} \pm 0.33$

หมายเหตุ: - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

- ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- KMS คือ สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
- Citric คือ สารละลายกรดซิตริก
- CL คือ สารละลายแคลเซียมแลคเตต
- $CaCl_2$ คือ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข-4 ผลการเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสในมะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่แช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ กรดซิตริก แคลเซียมแลคแตต และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้นข้นต่างๆ

สิ่งทดลอง	กิจกรรมของเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดส (Units/g)	กิจกรรมของเอนไซม์ เปอร์ออกซิเดส (Units/g)
ไม่แช่สารละลาย	$6.25^{d} \pm 0.40$	$6.55^{d} \pm 0.82$
น้ำกลั่น	$5.84^{c} \pm 0.60$	$6.49^{d} \pm 0.28$
KMS 0.1 %	$3.83^{bc} \pm 0.22$	$3.70^{abc} \pm 0.89$
KMS 0.2 %	$3.45^{ab} \pm 0.56$	$2.79^{a} \pm 0.83$
Citric 0.3 %	$3.79^{bc} \pm 0.33$	$3.26^{ab} \pm 1.43$
Citric 0.6 %	$2.85^{a} \pm 0.30$	$2.74^{a} \pm 0.76$
CL 1 %	$4.21^{c} \pm 0.61$	$4.94^{c} \pm 0.55$
CL 2 %	$3.98^{b} \pm 0.21$	$3.34^{ab} \pm 0.16$
$CaCl_2$ 2 %	$4.33^{c} \pm 0.46$	$4.56^{bc} \pm 0.33$
$CaCl_2$ 4 %	$4.03^{bc} \pm 0.25$	$4.02^{abc} \pm 1.09$

หมายเหตุ: - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

- ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- KMS คือ สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
- Citric คือ สารละลายกรดซิตริก
- CL คือ สารละลายแคลเซียมแลคแตต
- $CaCl_2$ คือ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข-5 ปริมาณความชื้น (%) ระหว่างการเก็บรักษามะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่งทดลอง				เฉลี่ย*
	ไม่แช่สารละลาย		แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 %		
	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	
0	30.21±0.37	30.42±0.41	30.21±0.37	30.42±0.41	**30.32^{a}±0.12**
1	30.07±0.10	29.53±0.10	30.13±0.15	29.84±0.36	**29.89^{a}±0.27**
2	29.10±0.25	29.31±0.17	29.75±0.20	29.52±0.81	**29.40^{b}±0.31**
3	28.28±0.59	28.30±0.35	28.63±0.60	28.73±0.21	**28.49^{c}±0.23**
4	27.58±0.48	27.26±0.27	27.92±0.18	27.75±0.10	**27.63^{d}±0.28**
เฉลี่ย**	**29.21±1.01**	**28.92±1.13**	**29.37±1.03**	**29.07±1.22**	

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง ข-6 ค่า Water activity (a_w) ระหว่างการเก็บรักษามะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่งทดลอง				เฉลี่ย*
	ไม่แช่สารละลาย		แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 %		
	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	
0	0.604±0.002	0.604±0.002	0.625±0.006	0.625±0.006	**0.615^{a}±0.012**
1	0.596±0.003	0.592±0.004	0.589±0.004	0.581±0.005	**0.591^{b}±0.004**
2	0.593±0.003	0.581±0.001	0.583±0.003	0.584±0.005	**0.585^{c}±0.006**
3	0.582±0.004	0.579±0.004	0.578±0.002	0.572±0.011	**0.578^{d}±0.005**
4	0.576±0.001	0.569±0.006	0.570±0.007	0.561±0.007	**0.569^{e}±0.006**
เฉลี่ย**	**0.584±0.011**	**0.580±0.013**	**0.594±0.021**	**0.589±0.024**	

หมายเหตุ: - *ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \le 0.05$)

- ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข-7 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%) ระหว่างการเก็บรักษามะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่งทดลอง				เฉลี่ย*
	ไม่แช่สารละลาย		แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 %		
	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	
0	27.73±0.24	27.73±0.24	29.14±0.17	29.14±0.17	**28.44[a]±0.81**
1	26.67±0.41	27.04±0.36	28.87±0.61	29.08±0.61	**27.92[b]±1.24**
2	26.73±0.61	26.01±0.70	27.17±0.88	28.06±0.59	**26.99[c]±0.86**
3	24.97±0.62	25.01±0.55	26.97±0.86	27.28±0.52	**26.06[d]±1.24**
4	23.50±0.78	23.21±0.41	26.86±0.97	27.00±0.41	**25.14[e]±2.07**
เฉลี่ย**	**25.92[a]±1.68**	**25.80[a]±1.78**	**27.80[b]±1.11**	**28.11[c]±0.99**	

หมายเหตุ: - *ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

- **ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)
- ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข-8 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%) ระหว่างการเก็บรักษามะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	**สิ่งทดลอง**				**เฉลี่ย***
	ไม่แช่สารละลาย		**แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 %**		
	บรรยากาศปกติ	**สุญญากาศ**	**บรรยากาศปกติ**	**สุญญากาศ**	
0	37.00±0.59	37.00±0.59	39.21±0.37	39.21±0.37	**38.11[a]±1.28**
1	36.85±0.89	36.88±0.45	38.18±0.38	38.75±0.93	**37.67[a]±0.95**
2	35.10±0.90	34.34±0.92	37.30±0.27	38.28±0.58	**36.26[b]±1.84**
3	34.81±0.76	34.67±0.77	37.62±0.87	37.42±0.16	**36.13[b]±1.61**
4	32.03±0.44	32.26±0.86	35.21±0.93	35.28±0.86	**33.70[c]±1.79**
เฉลี่ย**	**35.16[a]±2.01**	**35.03[a]±1.97**	**37.50[b]±1.47**	**37.79[b]±1.55**	

หมายเหตุ: - *ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

- **ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

- ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข-9 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Units/g) ระหว่างการเก็บรักษามะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่งทดลอง				เฉลี่ย*
	ไม่แช่สารละลาย		แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 %		
	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	
0	6.90±0.42	6.90±0.42	4.05±0.64	4.05±0.64	**5.48^{ab}±1.65**
1	7.35±0.28	5.03±0.25	3.18±0.32	3.83±0.53	**4.85 ^{a}±1.84**
2	8.15±0.64	5.97±0.28	4.90±0.49	4.03±0.67	**5.76^{ab}±1.78**
3	7.88±0.25	6.43±0.53	5.98±0.32	5.13±0.14	**6.36 ^{b}±1.15**
4	9.83±0.18	6.96±0.85	6.38±0.46	5.20±0.42	**7.09 ^{c}±1.97**
เฉลี่ย**	**8.02^{d}±1.12**	**6.26^{c}±0.79**	**4.90^{b}±1.33**	**4.45^{a}±0.66**	

หมายเหตุ: - *ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

- **ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)
- ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข-10 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Units/g) ระหว่างการเก็บรักษามะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	**สิ่งทดลอง**				**เฉลี่ย***
	ไม่แช่สารละลาย		**แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 %**		
	บรรยากาศปกติ	**สุญญากาศ**	**บรรยากาศปกติ**	**สุญญากาศ**	
0	7.04±0.55	7.04±0.55	3.34±0.16	3.34±0.16	**5.19[a]±2.14**
1	8.06±0.76	6.29±0.90	3.44±0.33	1.24±0.27	**4.76[a]±3.80**
2	7.35±0.11	5.94±0.65	2.29±0.19	2.61±0.34	**4.64[a]±2.94**
3	9.58±0.49	7.20±0.11	4.25±0.49	3.18±0.28	**6.05[b]±2.80**
4	10.56±0.16	8.89±0.48	5.59±0.87	3.61±0.34	**7.16[c]±4.28**
เฉลี่ย**	**8.52[d]±2.26**	**7.07[c]±1.14**	**3.91[b]±1.65**	**2.75[a]±0.96**	

หมายเหตุ: - *ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

- **ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)
- ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข-11 ค่าสี L ระหว่างการเก็บรักษามะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	**สิ่งทดลอง**				**เฉลี่ย***
	ไม่แช่สารละลาย		**แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 %**		
	บรรยากาศปกติ	**สุญญากาศ**	**บรรยากาศปกติ**	**สุญญากาศ**	
0	28.73±2.93	28.73±2.93	34.74±3.25	34.74±3.25	**31.74 ^{a}±3.34**
1	27.55±2.43	28.67±2.84	32.89±1.74	33.89±1.28	**30.73 ^{b}±3.11**
2	27.23±2.42	28.51±2.92	32.36±1.54	33.61±1.27	**30.43^{bc}±3.04**
3	26.41±1.97	27.93±2.77	31.27±2.59	33.05±1.35	**29.67 ^{c}±3.04**
4	24.82±1.92	25.28±1.89	29.18±1.19	31.40±0.50	**27.67 ^{d}±3.16**
เฉลี่ย**	**26.95^{d}±1.45**	**27.82^{c}±1.46**	**32.09^{b}±2.05**	**33.34^{a}±1.24**	

หมายเหตุ: - *ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

- **ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)
- ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข-12 ค่าสี a* ระหว่างการเก็บรักษามะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่งทดลอง				เฉลี่ย*
	ไม่แช่สารละลาย		แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 %		
	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	
0	5.90±0.89	5.90±0.89	6.72±0.95	6.72±0.95	**6.31[a]±0.47**
1	5.73±0.72	5.80±0.61	6.39±0.54	6.64±0.73	**6.14[a]±0.45**
2	5.23±0.98	5.62±0.81	5.93±0.46	6.18±0.66	**5.74[b]±0.41**
3	4.31±0.56	5.22±0.69	5.87±0.56	5.98±0.43	**5.35[c]±0.77**
4	4.26±0.68	4.57±0.96	5.39±0.69	5.60±0.72	**4.96[d]±0.64**
เฉลี่ย**	**5.09[b]±0.77**	**5.42[b]±0.54**	**6.06[a]±0.51**	**6.22[a]±0.47**	

หมายเหตุ: - *ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P\leq0.05$)

- **ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P\leq0.05$)
- ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข-13 ค่าสี b* ระหว่างการเก็บรักษามะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่งทดลอง				เฉลี่ย*
	ไม่แช่สารละลาย		แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 %		
	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	
0	2.75±1.60	2.75±1.60	3.54±2.41	3.54±2.41	**3.15 ^{a}±0.46**
1	2.34±2.08	2.53±2.43	2.47±2.80	2.58±1.88	**2.48^{ab}±0.10**
2	1.90±1.95	2.25±2.11	2.12±1.38	2.12±1.69	**2.12^{bc}±0.16**
3	0.94±1.27	1.58±1.69	1.64±1.27	1.61±1.19	**1.44^{cd}±0.16**
4	0.35±1.62	0.69±0.81	0.81±1.57	1.01±1.03	**0.72 ^{d}±0.28**
เฉลี่ย**	**1.66±0.99**	**1.96±0.84**	**2.12±1.01**	**2.19±0.96**	

หมายเหตุ: - *ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

- ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง ข-14 ค่าแรงเฉือน (นิวตัน) ระหว่างการเก็บรักษามะเดื่อฝรั่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	สิ่งทดลอง				เฉลี่ย*
	ไม่แช่สารละลาย		แช่สารละลายกรดซิตริก 0.6 %		
	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	บรรยากาศปกติ	สุญญากาศ	
0	17.79±0.50	17.79±0.50	17.67±0.65	17.67±0.65	**17.73 ^{a}±0.07**
1	18.06±0.55	18.48±0.41	17.83±0.51	18.15±0.71	**18.13^{ab}±0.27**
2	18.95±0.69	19.14±0.90	18.68±0.47	19.29±1.06	**19.02^{ab}±0.26**
3	19.19±0.82	19.83±0.85	18.93±0.96	20.03±0.15	**19.50 ^{b}±0.52**
4	21.44±0.95	21.44±0.65	22.07±0.71	23.40±0.64	**22.09 ^{c}±0.92**
เฉลี่ย**	**19.09±0.95**	**19.34±0.65**	**19.04±0.71**	**19.710±0.64**	

หมายเหตุ: - *ค่าเฉลี่ย ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของแต่ละข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

- ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์คุณภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

- ตู้อบลมร้อน
- กระป๋องอบความชื้น (Moisture can)
- โถดูดความร้อน

วิธีการวิเคราะห์

1. อบกระป๋องอบความชื้นพร้อมฝาที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 °ซ นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก (W_1)

2. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้วประมาณ 5 กรัม ใส่ในกระป๋องอบความชื้นที่อบเรียบร้อยแล้วและชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว (W_2)

3. นำกระป๋องอบความชื้นพร้อมฝา โดยเปิดฝาออกไปอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 °ซ นาน 16 ชั่วโมง

4. นำกระป๋องอบความชื้นออกมาโดยปิดฝาทันที และทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

5. นำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมงจนได้น้ำหนักที่คงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันต่างกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) (W_3) คำนวนหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ, เทียบ น้ำหนักเปียก)} = \frac{(W_2 - W_3) \times 100}{W_2 - W_1}$$

เมื่อ

W_1 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้น (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การวัดค่า Water Activity (a_w)

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

- ตลับพลาสติก (a_w box)
- เครื่องวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพน้ำ (Water Activity Meter ; AquaLab : CX 3TE, USA)

วิธีการวิเคราะห์

1. ปิดเครื่อง $a_w$meter (Aqualab Serire 3) โดยวอร์ม เครื่องทิ้งไว้ 30 นาที
2. เติมตัวอย่างที่บดละเอียดไม่เกินครึ่งหนึ่งของภาชนะบรรจุ
3. ทำความสะอาดขอบริมและด้านนอกของภาชนะบรรจุให้สะอาด
4. ตัวอย่างที่เตรียมต้องมีอุณหภูมิไม่สูงเกิน 4 °ซ เมื่อเทียบกับอุณหภูมิของ Chamber
5. ใส่ภาชนะบรรจุลงในลิ้นชักใส่ตัวอย่าง ปิดลิ้นชัก
6. หมุนปุ่มของลิ้นชักจากตำแหน่ง OPEN/LOAD ไปยังตำแหน่ง READ
7. เมื่อเครื่องเริ่มทำการวัดค่า a_w จะมีสัญญาณเตือนหนึ่งครั้ง
8. เครื่องจะแสดงผลของค่า a_w ที่อ่านได้ครั้งแรก เมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาที
9. เมื่อเครื่องทำการวัดค่า a_w เสร็จเรียบร้อย จะมีสัญญาณเตือน
10. หน้าจอ LCD ของเครื่องจะแสดงค่า a_w ที่อ่านได้ค่าสุดท้าย พร้อมอุณหภูมิของตัวอย่าง

3. การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้ pH-meter

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Microprocessor pH meter WTW : pH 537, Germany)

วิธีปรับค่ามาตรฐาน

ปรับค่ามาตรฐานด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.00 และ 4.00 ตามลำดับ ก่อนทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิธีการวัด

ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดจำนวน 10 กรัม เติมน้ำกลั่น ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร แล้ววัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH-meter โดยใช้อิเลคโทรดจุ่มลงในตัวอย่าง แช่ทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที อ่านค่าที่ได้และบันทึกผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด (Reducing and total sugar) (James, 1995)

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

- เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer : Model Biomate 5, Unicam Co., Ltd., England)

สารเคมีที่ใช้

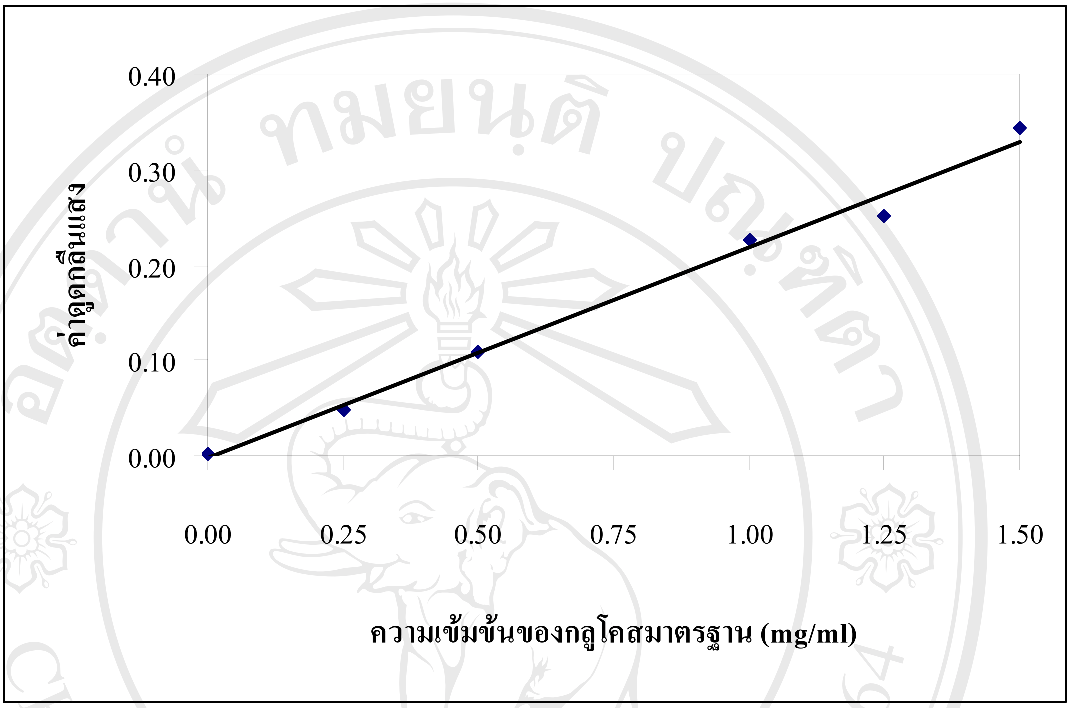
- น้ำตาลกลูโคส ความเข้มข้น 15 กรัม/ลิตร
- กรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10%
- DNS reagent เตรียมโดยละลาย DNS 10 กรัม ในสารละลาย 200 มิลลิลิตร ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 โมลาร์ จากนั้นละลายโซเดียมโปแตสเซียมทาร์เทรท 300 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ผสมเข้าด้วยกัน แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น จากนั้นเก็บในขวดสีชา)

การเตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

เตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐานความเข้มข้น 0, 0.25, 0.5, 1.0, 1.25 และ 1.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐานที่เตรียมไว้ใส่ลงในหลอดทดลองอย่างละ 1 มิลลิลิตร เติม DNS reagent 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร นำไปต้มใน Water bath 100 °ซ นาน 5 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำเย็นทันที จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กราฟสารละลายกลูโคสมาตรฐาน



สมการสารละลายกลูโคสมาตรฐาน : Y = 0.2221X - 0.003846 , R^2 = 0.9955

คำนวณปริมาณน้ำตาลจากสูตร

$$\%\ \text{ปริมาณน้ำตาล (เทียบ น้ำตาลกลูโคส)} = \frac{C \times 250}{W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

C = ความเข้มข้น (ในมิลลิกรัม ของกลูโคส ต่อ 20 มิลลิตร)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์

- ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่ใน flask เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มใน Water bath 50 °ซ นาน 10 นาที
- กรองด้วยกระดาษกรอง และล้างส่วนที่เหลือบนกระดาษกรองแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ใน Volumetric flask
- ดูดสารละลาย 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร แล้วดูดมา 1 มิลลิลิตร เติม DNS reagent 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
- นำไปต้มใน Water bath 100 °ซ นาน 5 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำเย็นทันที จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

วิธีวิเคราะห์น้ำตาลทั้งหมด

- ชั่งตัวอย่างประมาณ 1.0-1.2 กรัม เติมกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์ จำนวน 10 มิลลิลิตร นำไปต้มใน Water bath 100 °ซ นาน 20 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำเย็นทันที
- เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10% จำนวน 12 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ดูดมา 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร
- จากนั้นดูดสารละลายมา 1 มิลลิลิตร เติม DNS reagent 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มใน Water bath 100 °ซ 5 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำเย็นทันที
- ปรับปริมาตรให้เป็น 20 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5. การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์

5.1 การสกัดเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

ชั่งตัวอย่างบดละเอียด 1 กรัม ใส่โกร่งบดที่แช่เย็นจัดแล้วเติมสารละลายสำหรับสกัด (Extraction solution) ประกอบด้วยสารละลายโพแทสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ pH 6.2 ที่มีโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ และโพลีไวนิลโพลีไพโรลิโดน ความเข้มข้น 2 % ในอัตราส่วนปริมาตรสารสกัดต่อตัวอย่าง เท่ากับ 4:1 เมื่อบดตัวอย่างเข้ากับสารละลายที่สกัดได้เข้ากันดีแล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็ว 3,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4 °ซ นาน 30 นาที ภายหลังการปั่นนำเฉพาะของเหลวที่เป็นสารละลายเอนไซม์ที่สกัดได้ (Crude enzyme) ไปใช้ในการวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

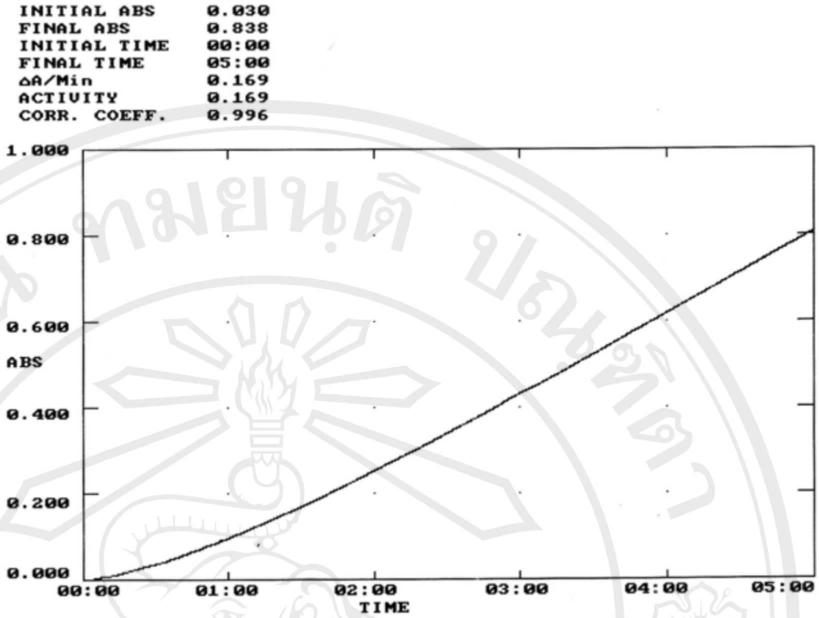
5.2 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Flurkey and Jen, 1978)

วัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส โดยปิเปตสารสกัดหยาบมา 0.05 มิลลิตร ใส่ลงในสารละลายสับสเตรท ซึ่งประกอบด้วยสารละลายโพแทสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ pH 6.2 ปริมาตร 2.2 มิลลิลิตร และสารละลายแคทีคอลความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร โดยกำหนดให้กิจกรรมของเอนไซม์ PPO 1หน่วย (unit) เท่ากับปริมาณเอนไซม์ที่ทำให้ค่าดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เพิ่มขึ้น 0.1 หน่วยในเวลา 1 นาที ที่ pH 6.2

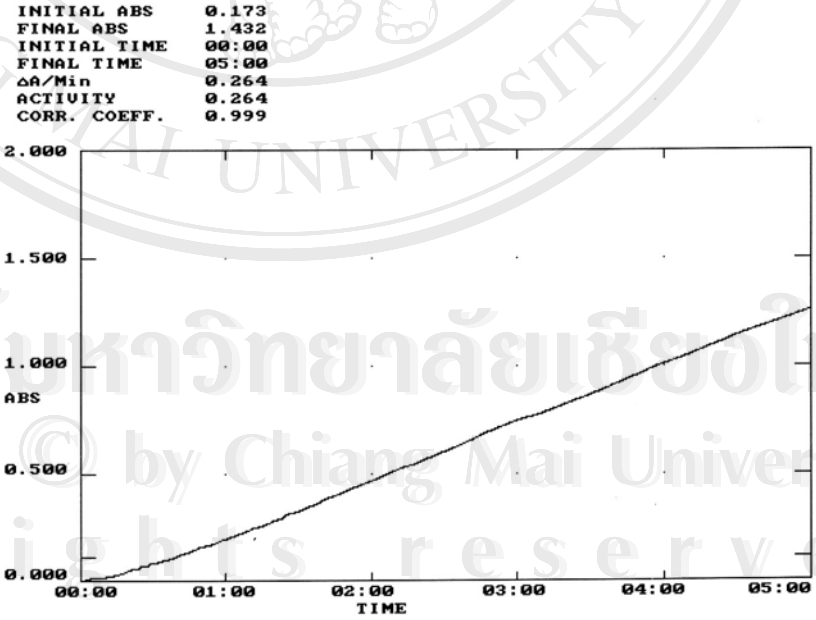
5.3 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Flurkey and Jen, 1978)

วัดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส โดยปิเปตสารสกัดหยาบมา 0.05 มิลลิตร ใส่ลงในสารละลายสับสเตท ได้แก่ สารละลายโซเดียอะซิเตตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ pH 6.0 ปริมาตร 21.5 มิลลิลิตร ซึ่งประกอบด้วยกัวอะคอลความเข้มข้น 0.5 % และไฮโดรเจนเปอร์-ออกไซด์ความเข้มข้น 0.1 % ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร โดยกำหนดให้กิจกรรมของเอนไซม์ POD 1หน่วย (unit) เท่ากับปริมาณเอนไซม์ที่ทำให้ค่าดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เพิ่มขึ้น 0.1 หน่วยในเวลา 1 นาที ที่ pH 6.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป ค-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Absorbance กับเวลา (นาที) ในการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ เปอร์ออกซิเดส ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ของมะเดื่อฝรั่งผลสด



รูป ค-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Absorbance กับเวลา (นาที) ในการวัดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ของมะเดื่อฝรั่งอบแห้งชุดควบคุม (ไม่แช่สารละลาย)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. การวัดค่าสี ระบบ CIE (L, a*, b*) ตามวิธีของ Minolta Co., Ltd.

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

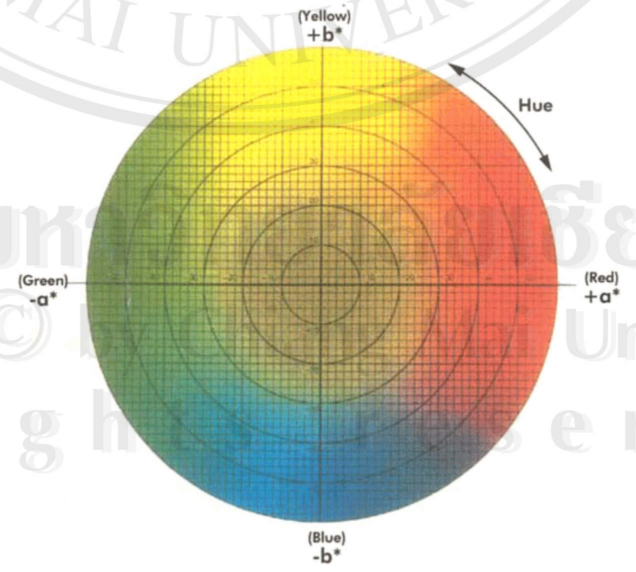
- เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter : Model CR-300, Yamamoto Trading Co., Ltd., Japan)

วิธีการวิเคราะห์

เป็นการวัดค่าสีตัวอย่างด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter โดยวัดค่าสีในระบบ CIE ซึ่งแสดงค่าเป็น L, a* และ b* โดยค่า L เป็นค่าความสว่าง (Lightness) a เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (Redness/Greenness) และ b* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Blueness)

L	คือ	ค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100
a*	คือ	ค่าสีแดงและสีเขียว	เมื่อ a มีค่าบวก เป็นสีแดง
			เมื่อ a มีค่าลบ เป็นสีเขียว
b*	คือ	ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน	เมื่อ b มีค่าบวก เป็นสีเหลือง
			เมื่อ b มีค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน

ก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank; L=97, a=-0.18, b=1.84) แล้วจึงวัดสีของผลิตภัณฑ์



รูป ค-3 แสดงค่าสี L, a*,b*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2. วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Texture Analyzer

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer: TA.XT plus, England)

2.1 วิธีกาวัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness)

เป็นการวัดความแน่นเนื้อของผลมะเดื่อ หรือ Firmness (นิวตัน) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ใช้หัววัด (prob) รูปกระบอก หัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร (P/2) น้ำหนัก Load cell 5 กิโลกรัม โดยตั้งอัตราเร็ว 1.5 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทางในการกดเจาะเท่ากับ 5 มิลลิเมตร วัดออกมาเป็นค่า Peak load (นิวตัน) นำผลมะเดื่ออบแห้งแต่ละผลมาทำการวัดตัวอย่างละ 5 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.2 วิธีกาวัดค่าแรงเฉือน (Shear force)

เป็นการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารโดยวัดค่าแรงเฉือน หรือ Shear force (นิวตัน) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ใช้อุปกรณ์ชุดวัดต้านแรงเฉือน (Cutting and shearing) ใบมีดรูปฟันตัด (HDP/BSW) น้ำหนัก Load cell 50 กิโลกรัม โดยตั้งอัตราเร็ว 2 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทางในการกดเฉือนเท่ากับ 50 มิลลิเมตร วัดออกมาเป็นค่า Peak load (นิวตัน) นำมะเดื่ออบแห้งแต่ละผลมาตัดส่วนเนื้อให้มีขนาด 1.5 x 2 เซนติเมตร ทำการวัดตัวอย่างละ 5 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

2.1 การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (AOAC, 1998)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างอาหารแข็ง 25 กรัมใส่ในถุง stomacher เติมสารละลาย 0.1% peptone water จำนวน 225 กรัม นำเข้าเครื่องตีปั่น (Stomacher) นาน 1-2 นาที
2. เจือจางอาหารในสารละลาย 0.1% peptone water หลอดละ 9 มล. จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม
3. ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดสารละลายอาหารที่ระดับความเจือจางที่เหมาะสม จำนวน 3 ระดับความเข้มข้นที่ติดกัน จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อ โดยทำแบบ Duplicate
4. เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA อุณหภูมิ 44-46 °ซ ประมาณ 12-15 มิลลิลิตรใส่ในจานเพาะเชื้อ เขย่าจานให้สารละลายอาหารกระจายทั่วจานเพาะเชื้อ
5. ปล่อยให้อาหารวุ้นแข็งตัว คว่ำจานเพาะเชื้อ บ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 35-37 °ซ นาน 48 ± 3 ชั่วโมง
6. นับจำนวนโคโลนีจากจานที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25-250 โคโลนี คำนวณ CFU/g (ml) ของอาหารได้จากสูตรนี้

$$\text{CFU/g หรือ ml} = \frac{\sum C}{(v1n1 + 0.1n2)\, d}$$

เมื่อ	v1	=	ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อ
	ΣC	=	ผลรวมของโคโลนีที่นับได้ทั้งหมดจากจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 25-250 โคโลนี
	n1	=	จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 25-250 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นแรก
	n2	=	จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 25-250 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นที่ 2
	d	=	ระดับความเข้มข้นแรกที่สามารถนับเชื้อได้ในช่วง 25-250 โคโลนี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

- กรณีที่จำนวนโคโลนีในทุกจานเพาะเชื้อมีน้อยกว่า 25 โคโลนี ให้รายงานผลเป็น “น้อยกว่า 25 คูณกับ Dilution factor” เช่น

โคโลนีที่นับได้		เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยประมาณ /มล. หรือ (กรัม)
ความเข้มข้น 1:100	ความเข้มข้น 1:1000	(EAPC*/ml or g)
18	2	< 2,500
0	0	< 2,500

* EAPC = Estimated Aerobic Plate Count

- กรณีที่จำนวนโคโลนีในทุกจานเพาะเชื้อมีมากกว่า 250 โคโลนี แต่โดยเฉลี่ยแล้วมีจำนวนโคโลนีน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตารางเซนติเมตร ให้คำนวณจากจานที่มีจำนวนใกล้เคียงกับ 250 โคโลนีมากที่สุด เช่น

โคโลนีที่นับได้		เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยประมาณ /มล. หรือ (กรัม)
ความเข้มข้น 1:100	ความเข้มข้น 1:1000	(EAPC*/ml or g)
TNTC**	640	640,000

* EAPC = Estimated Aerobic Plate Count **TNTC = to numerous to count

- กรณีที่ทุกจานมีเชื้อแผ่กระจาย (Spreader) เต็มจานและ/หรือเกิดข้อผิดพลาดจากการปฏิบัติการ (Laboratory accident) ให้รายงานดังนี้

1.1 เชื้อแผ่กระจาย ให้รายงานว่า “Spreader (SPR)”

1.2 เกิดข้อผิดพลาดจากการปฏิบัติการ ให้รายงานว่า “Laboratory accident (LA)”

- กรณีที่จำนวนโคโลนีในทุกจานเพาะเชื้อมีมากกว่า 250 โคโลนี และโดยเฉลี่ยแล้วมีจำนวนโคโลนีมากกว่า 100 โคโลนีต่อตารางเซนติเมตร ให้ประมาณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่า 100 เท่าของระดับความความเจือจางที่มากที่สุดคูณกับพื้นที่ของจานเพาะเชื้อ เช่น

โคโลนีที่นับได้		เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยประมาณ /มล. หรือ (กรัม)
ความเข้มข้น 1:100	ความเข้มข้น 1:1000	(EAPC*/ml or g)
TNTC**	7,150	> 6,500,000 EAPC เมื่อจานเพาะเชื้อมีพื้นที่ 65 cm^2
TNTC	6,490	> 5,900,000 EAPC เมื่อจานเพาะเชื้อมีพื้นที่ 65 cm^2

* EAPC = Estimated Aerobic Plate Count **TNTC = to numerous to count

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 การตรวจหาเชื้อยีสต์และรา (Yeast and Mould) (AOAC, 1998)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างอาหารจำนวน 25-50 กรัม ใส่ในถุง Stomacher เติมสารละลายเจือจาง Peptone water เข้มข้น 0.1% หรือ Phosphate buffer ในอัตราส่วน 1:10 นำเข้าเครื่องตีป่น (Stomacher) นาน 2 นาที
2. เจือจางอาหารในสารละลายเจือจาง หลอดละ 9 มล. จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม 3 ระดับที่ติดกัน
3. ให้ใช้ปิเปตที่อุดด้วยสำลีดูดสารละลายอาหารความเข้มข้นที่เหมาะสม ปริมาณ 1.0 มล. ลงในจานเพาะเชื้อขนาด 15 X 100 มม. (จานพลาสติกหรือแก้ว)
4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ปรับ pH เป็น 3.5 ด้วยกรดทาร์ทาริค เข้มข้น 10% อุณหภูมิประมาณ 45 °ซ ปริมาณ 20-25 มล. ผสมให้เข้ากันโดยหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา ให้ทำ Dilution ละ 3 จาน
5. ไม่ควรใช้เวลาในการเตรียมสารละลายอาหารจนถึงขั้นตอนการเกลี่ยเชื้อหรือ Pour plate นานเกิน 20 นาที
6. บ่มเพาะเชื้อในที่มืด อุณหภูมิ 25 °ซ โดยไม่ต้องคว่ำจานเพาะเชื้อ และห้ามวางจานเพาะเชื้อซ้อนกันเกิน 3 จาน บ่มเพาะเชื้อนาน 5 วัน ห้ามเคลื่อนไหวจานเพาะเชื้อก่อนครบกำหนดระยะเวลาการบ่มเพาะ นับจำนวนโคโลนีของเชื้อในจานที่อยู่ในช่วง 10-150 โคโลนี
7. เฉลี่ยจำนวนเชื้อจากทั้ง 3 จาน รายงานการพบเชื้อยีสต์และราเป็น CFU/g หรือ CFU/ml โดย คำนวณการพบเชื้อยีสต์และรา ดังนี้

   7.1 กรณีที่ตัวเลขหลักที่ 3 เป็นเลข 6 หรือสูงกว่านี้ให้ปัดขึ้น เช่น 456 = 460

   7.2 กรณีที่ตัวเลขหลักที่ 3 เป็นเลข 4 หรือต่ำกว่านี้ให้ปัดลง เช่น 454 = 450

   7.3 กรณีที่ตัวเลขหลักที่ 3 เป็นเลข 5 ให้พิจารณาตัวเลขหลักที่ 2 ว่าน้อยกว่าหรือมากกว่า 5 โดยถ้าเลขหลักที่ 2 น้อยกว่า 5 ให้ปัดลง เช่น 445 = 440 แต่ถ้าเลขหลักที่ 2 มากกว่าหรือเป็น 5 ให้ปัดขึ้น เช่น 455 = 460

   7.4 กรณีที่ไม่พบโคโลนีของเชื้อขึ้นเลยทุกระดับความเข้มข้น ให้รายงานการพบเชื้อยีสต์และราน้อยกว่า 1 X ระดับความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวกิตตินันท์ ธรรมไชย
วัน เดือน ปี เกิด	23 สิงหาคม 2523
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย ปีการศึกษา 2541
	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีการศึกษา 2545

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved