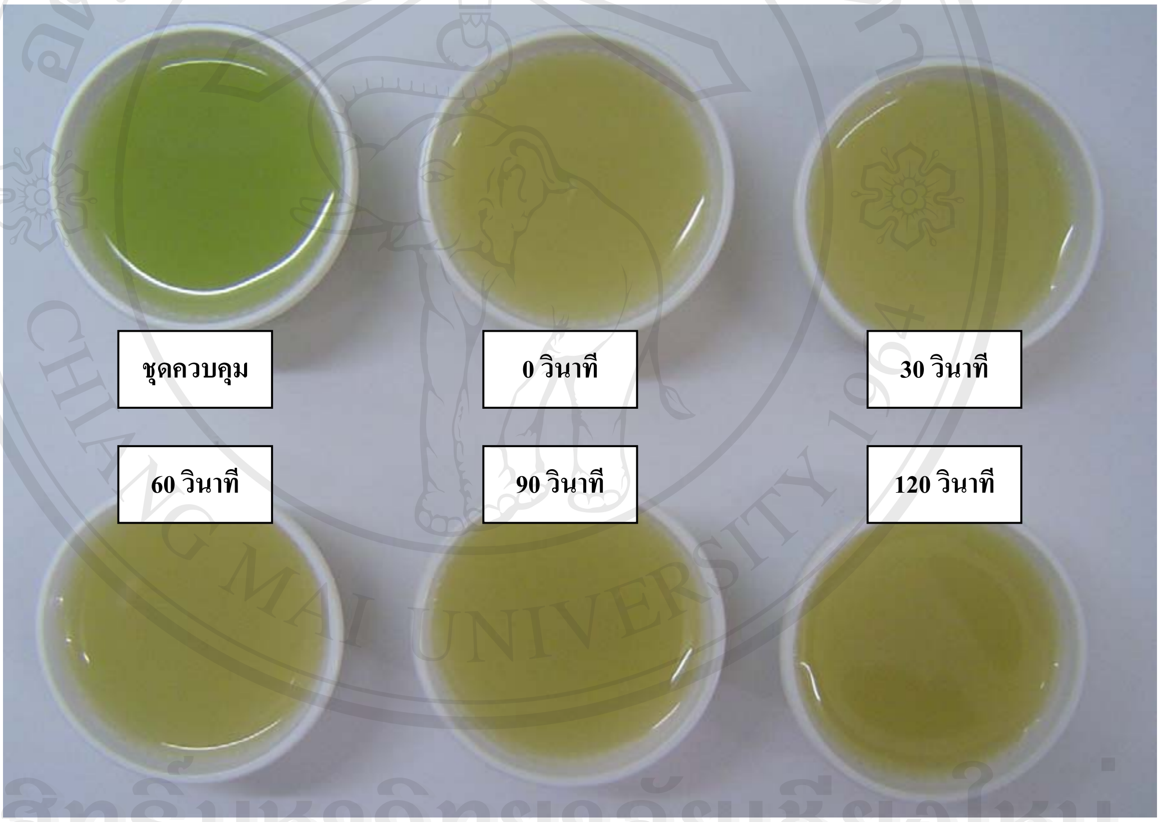
ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

ภาพผลิตภัณฑ์น้ำฝรั่ง



รูปภาคผนวก ก1 น้ำฝรั่งที่ผลิตด้วยเทคนิคความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ชุดควบคุม	**400 MPa**	**500 MPa**	**600 MPa**	**700 Mpa**

รูปภาคผนวก ก2 น้ำฝรั่งผลิตด้วยเทคนิคความดันสูง ที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C

ชุดควบคุม	**400 MPa**	**500 MPa**	**600 MPa**	**700 Mpa**

รูปภาคผนวก ก3 น้ำฝรั่งผลิตด้วยเทคนิคความดันสูง ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ชุดควบคุม	**400 MPa**	**500 MPa**	**600 MPa**	**700 Mpa**

รูปภาคผนวก ก4 น้ำฝรั่งผลิตด้วยเทคนิคความดันสูง ที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C

ชุดควบคุม	**5 นาที**	**10 นาที**	**15 นาที**	**20 นาที**

รูปภาคผนวก ก5 น้ำฝรั่งผลิตด้วยเทคนิคความดันสูงที่ 500 MPa อุณหภูมิ 30 ^{o}C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ชุดควบคุม | **เทคนิคความร้อนที่ 90 ^{0}C** | **เทคนิคความดันสูงที่ 500 MPa**

30 วินาที | **60 วินาที** | **15 นาที** | **20 นาที**

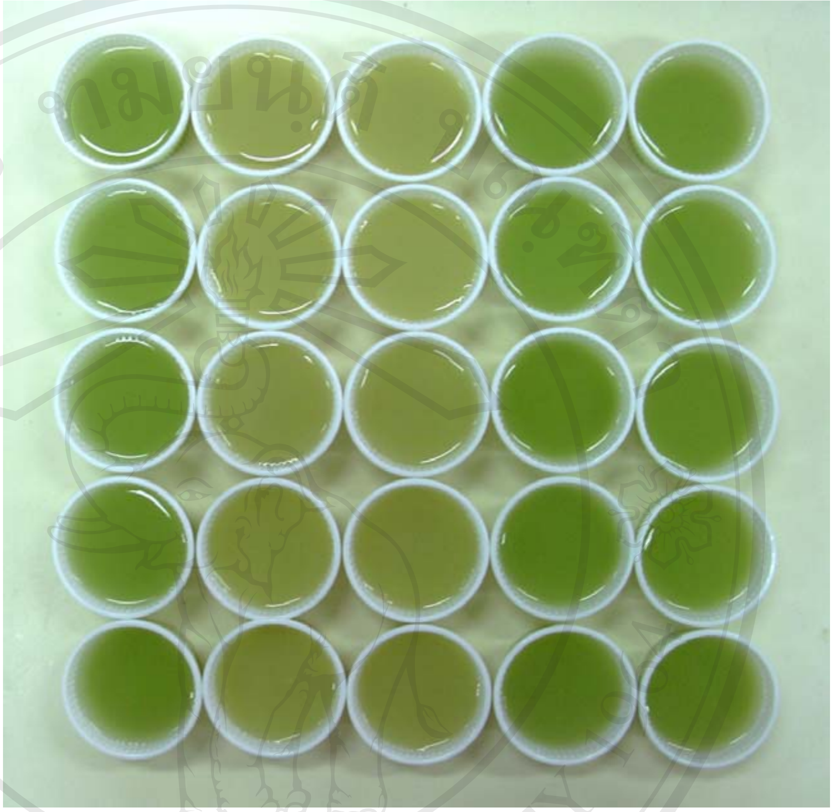
เริ่มต้น

7 วัน

14 วัน

21 วัน

28 วัน



รูปภาคผนวก ก6 น้ำฝรั่งผลิตด้วยเทคนิคความร้อนและเทคนิคความดันสูง เก็บรักษาที่ 4 ^{o}C เป็นเวลา28 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

ตารางผลการทดลอง

ตารางภาคผนวก ข1 ค่าความสว่าง (L) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา	ค่าความสว่าง (L)				
	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
(วัน)		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	49.14 ± 0.04	55.46 ± 0.21	53.02 ± 0.47	48.50 ± 0.18	49.07 ± 0.07
7	48.18 ± 0.11	55.44 ± 0.15	54.95 ± 0.20	49.02 ± 0.19	48.66 ± 0.06
14	48.35 ± 0.27	55.19 ± 0.33	54.02 ± 0.54	48.75 ± 0.37	48.79 ± 0.25
21	48.28 ± 0.48	55.03 ± 0.27	53.92 ± 0.57	48.59 ± 0.41	48.72 ± 0.12
28	48.55 ± 0.17	54.59 ± 0.68	53.73 ± 0.83	48.34 ± 0.88	48.88 ± 0.16

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางภาคผนวก ข2 ค่าสีแดง-เขียว (a) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา	ค่าสีแดง-เขียว (a)				
	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
(วัน)		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	-7.40 ± 0.08	-4.28 ± 0.08	-4.09 ± 0.16	-7.49 ± 0.06	-7.39 ± 0.06
7	-7.24 ± 0.03	-4.43 ± 0.02	-4.23 ± 0.10	-7.39 ± 0.11	-7.12 ± 0.06
14	-7.10 ± 0.06	-4.35 ± 0.15	-4.11 ± 0.15	-7.21 ± 0.05	-7.12 ± 0.04
21	-7.04 ± 0.03	-4.22 ± 0.10	-4.07 ± 0.26	-7.17 ± 0.52	-7.08 ± 0.12
28	-6.88 ± 0.02	-4.13 ± 0.15	-3.88 ± 0.23	-6.94 ± 0.30	-7.06 ± 0.05

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก ข3 ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b)				
	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	10.83 ± 0.14	14.73 ± 0.13	13.61 ± 0.15	10.40 ± 0.09	10.75 ± 0.09
7	10.54 ± 0.14	14.21 ± 0.08	14.50 ± 0.13	10.75 ± 0.10	10.12 ± 0.02
14	10.43 ± 0.11	14.25 ± 0.10	14.12 ± 0.54	10.70 ± 0.10	10.31 ± 0.04
21	10.35± 0.13	14.39 ± 0.08	14.10 ± 0.05	10.77 ± 0.21	10.35 ± 0.06
28	10.25 ± 0.05	14.55 ± 0.27	13.66 ± 0.35	10.87 ± 0.89	10.41 ± 0.14

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางภาคผนวก ข4 ค่าความหนืด (viscosity; cP) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าความหนืด (cP)				
	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	12.51 ± 1.56	4.57 ± 0.15	4.75 ± 0.23	14.65 ± 1.01	13.88 ± 1.75
7	13.35 ± 0.26	5.63 ± 0.08	5.13 ± 0.08	13.52 ± 0.32	11.47 ± 0.23
14	12.73 ± 0.11	5.94 ± 0.28	5.29 ± 0.05	12.33 ± 1.69	11.38 ± 0.34
21	12.41 ± 0.31	6.31 ± 0.27	5.44 ± 0.16	11.63 ± 0.17	11.31 ± 1.16
28	12.28 ± 0.43	6.55 ± 0.34	5.53 ± 0.34	11.18 ± 0.15	11.00 ± 0.18

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก ข5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C) 30 วินาที	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C) 60 วินาที	เทคนิคความดันสูง (500 MPa) 15 นาที	เทคนิคความดันสูง (500 MPa) 20 นาที
0	4.15 ± 0.01	4.16 ± 0.02	4.15 ± 0.01	4.13 ± 0.02	4.12 ± 0.01
7	4.21 ± 0.01	4.22 ± 0.01	4.23 ± 0.04	4.18 ± 0.02	4.18 ± 0.02
14	4.27 ± 0.02	4.25 ± 0.01	4.25 ± 0.02	4.20 ± 0.01	4.21 ± 0.01
21	4.39 ± 0.01	4.25 ± 0.03	4.25 ± 0.01	4.21 ± 0.01	4.20 ± 0.04
28	4.51 ± 0.02	4.27 ± 0.01	4.26 ± 0.02	4.20 ± 0.01	4.22 ± 0.03

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางภาคผนวก ข6 ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (acidity; % citric acid equivalent) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C) 30 วินาที	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C) 60 วินาที	เทคนิคความดันสูง (500 MPa) 15 นาที	เทคนิคความดันสูง (500 MPa) 20 นาที
0	0.33 ± 0.01	0.34 ± 0.01	0.34 ± 0.02	0.34 ± 0.01	0.34 ± 0.02
7	0.34 ± 0.01	0.32 ± 0.02	0.32 ± 0.02	0.33 ± 0.19	0.31 ± 0.01
14	0.33 ± 0.01	0.32 ± 0.02	0.31 ± 0.02	0.33 ± 0.01	0.33 ± 0.01
21	0.34 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.32 ± 0.02	0.32 ± 0.02	0.33 ± 0.01
28	0.33 ± 0.01	0.32 ± 0.02	0.31 ± 0.02	0.33 ± 0.01	0.32 ± 0.01

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก ข7 ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar; %) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	0.57 ± 0.03	0.54 ± 0.01	0.54 ± 0.01	0.53 ± 0.01	0.53 ± 0.01
7	0.55 ± 0.01	0.55 ± 0.01	0.54 ± 0.02	0.52 ± 0.01	0.53 ± 0.01
14	0.51 ± 0.01	0.53 ± 0.03	0.53 ± 0.02	0.49 ± 0.01	0.49 ± 0.02
21	0.49 ± 0.01	0.53 ± 0.02	0.51 ± 0.03	0.49 ± 0.01	0.49 ± 0.03
28	0.51 ± 0.02	0.54 ± 0.01	0.54 ± 0.02	0.49 ± 0.01	0.50 ± 0.01

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางภาคผนวก ข8 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar ; %) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	6.66 ± 0.03	6.61 ± 0.20	6.61 ± 0.46	6.58 ± 0.31	6.65 ± 0.15
7	6.65 ± 0.73	6.61 ± 1.46	6.64 ± 0.20	6.62 ± 0.19	6.59 ± 0.06
14	6.61 ± 0.32	6.55 ± 0.15	6.62 ± 0.54	6.55 ± 0.54	6.59 ± 0.25
21	6.51 ± 0.28	6.57 ± 0.03	6.62 ± 0.11	6.59 ± 0.26	6.52 ± 0.16
28	6.22 ± 0.08	6.62 ± 0.15	6.58 ± 0.08	6.55 ± 0.08	6.51 ± 0.06

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก ข9 ปริมาณวิตามินซี (vitamin C; mg/100ml) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	77.80 ± 0.27	74.20 ± 0.27	72.47 ± 0.20	77.29 ± 0.25	77.76 ± 0.82
7	76.67 ± 0.10	72.70 ± 0.27	68.57 ± 0.48	77.29 ± 0.48	76.98 ± 0.27
14	76.35 ± 0.27	74.02 ± 0.14	65.19 ± 0.10	76.75 ± 0.21	76.72 ± 0.16
21	76.83 ± 0.27	68.57 ± 0.06	69.03 ± 0.30	76.30 ± 0.14	76.16 ± 0.27
28	76.54 ± 0.41	64.33 ± 0.41	67.46 ± 1.37	75.90 ± 0.48	75.96 ± 0.14

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางภาคผนวก ข10 ปริมาณวิตามินซีที่เหลืออยู่ (residue vitamin C content; %) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	100.00	95.37	93.15	99.34	99.95
7	98.55	93.44	88.14	99.34	98.95
14	98.14	95.14	86.71	98.65	98.61
21	98.75	88.14	88.73	98.07	97.89
28	98.38	82.69	83.79	97.56	97.63

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าความสัมพันธ์เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นของชุดควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก ข11 ปริมาณเพคติน (pectin; mg/100 ml) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	6.85 ± 0.04	7.04 ± 0.03	6.99 ± 0.02	6.70 ± 0.03	6.63 ± 0.03
7	6.41 ± 0.03	6.96 ± 0.03	6.90 ± 0.02	6.66 ± 0.03	6.54 ± 0.02
14	6.09 ± 0.04	6.89 ± 0.02	6.87 ± 0.04	6.60 ± 0.02	6.52 ± 0.02
21	5.75 ± 0.04	6.87 ± 0.04	6.81 ± 0.01	6.52 ± 0.03	6.43 ± 0.02
28	5.24 ± 0.04	6.79 ± 0.03	6.75 ± 0.02	6.43 ± 0.02	6.37 ± 0.03

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางภาคผนวก ข12 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอร์เรส (pectin methylesterase; unit/ml) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	0.95 ± 0.02	0.33 ± 0.02	0.27 ± 0.01	0.69 ± 0.02	0.64 ± 0.01
7	0.83 ± 0.02	0.31 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.66 ± 0.02	0.65 ± 0.02
14	0.85 ± 0.01	0.36 ± 0.01	0.31 ± 0.02	0.65 ± 0.01	0.69 ± 0.02
21	0.85 ± 0.01	0.36 ± 0.02	0.33 ± 0.01	0.67 ± 0.01	0.65 ± 0.01
28	0.79 ± 0.01	0.42 ± 0.01	0.37 ± 0.01	0.75 ± 0.01	0.70 ± 0.01

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก ข13 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอร์เรสที่เหลืออยู่ (residual pectin methylesterase activity;%) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	100.00	34.74	28.42	72.63	67.37
7	87.37	32.63	31.58	69.47	68.42
14	89.47	37.89	32.63	68.42	72.63
21	89.47	37.89	34.74	70.53	68.42
28	83.16	44.21	38.95	78.95	73.68

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าความสัมพันธ์เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นของชุดควบคุม

ตารางภาคผนวก ข14 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase ; unit/ml) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	6.52 ± 0.06	ND	ND	3.52 ± 0.13	3.38 ± 0.24
7	6.13 ± 0.17	ND	ND	3.80 ± 0.20	3.66 ± 0.24
14	4.69 ± 0.11	ND	ND	4.01 ± 0.21	3.95 ± 0.19
21	3.94 ± 0.16	ND	ND	4.11 ± 0.24	4.37 ± 0.17
28	2.60 ± 0.04	ND	ND	4.35 ± 0.21	4.71 ± 0.10

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ND = ตรวจไม่พบ (not detected)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก ข15 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลืออยู่ (residual peroxidase activity;%) ระหว่างเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 °C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	100.00	0.00	0.00	53.99	51.84
7	94.02	0.00	0.00	58.28	56.13
14	71.93	0.00	0.00	61.50	60.58
21	60.43	0.00	0.00	63.04	67.02
28	39.88	0.00	0.00	66.72	72.24

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าความสัมพันธ์เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นของชุดควบคุม

ตารางภาคผนวก ข16 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase; unit/ml) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 °C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	2.16 ± 0.02	1.44 ± 0.02	1.13 ± 0.01	1.65 ± 0.03	1.78 ± 0.01
7	2.20 ± 0.01	1.40 ± 0.01	1.13 ± 0.02	1.71 ± 0.10	1.80 ± 0.02
14	2.14 ± 0.02	1.41 ± 0.01	1.15 ± 0.01	1.87 ± 0.27	1.92 ± 0.02
21	2.09 ± 0.02	1.43 ± 0.01	1.14 ± 0.02	1.98 ± 0.48	1.89 ± 0.01
28	2.03 ± 0.03	1.49 ± 0.01	1.19 ± 0.02	1.92 ± 0.17	1.87 ± 0.01

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก ข17 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่เหลืออยู่ (residual polyphenol- -oxidase activity) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา	**ชุดควบคุม**	**เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)**		**เทคนิคความดันสูง (500 MPa)**	
(วัน)		**30 วินาที**	**60 วินาที**	**15 นาที**	**20 นาที**
0	100.00	66.67	52.31	82.41	76.39
7	101.85	64.81	52.31	83.33	79.17
14	99.07	65.28	53.24	88.89	86.57
21	96.76	66.20	52.78	87.50	91.67
28	93.98	68.98	55.09	86.57	88.89

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าความสัมพันธ์เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นของชุดควบคุม

ตารางภาคผนวก ข18 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count ; log cfu/ml) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา	**ชุดควบคุม**	**เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)**		**เทคนิคความดันสูง (500 MPa)**	
(วัน)		**30 วินาที**	**60 วินาที**	**15 นาที**	**20 นาที**
0	3.49	ND	ND	ND	ND
7	3.48	ND	ND	ND	ND
14	3.59	< 1.4	< 1.4	ND	ND
21	3.86	< 1.4	< 1.4	ND	ND
28	4.01	< 1.4	< 1.4	ND	ND

หมายเหตุ : ND = ตรวจไม่พบ (not detected)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก ข19 ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (yeast and mold; log cfu/ml) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	3.43	ND	ND	ND	ND
7	3.54	ND	ND	ND	ND
14	3.76	< 1.4	< 1.4	ND	ND
21	3.90	< 1.4	< 1.4	ND	ND
28	3.87	< 1.4	< 1.4	ND	ND

หมายเหตุ : ND = ตรวจไม่พบ (not detected)

ตารางภาคผนวก ข20 ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (coliform bacteria; MPN/ml) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
7	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
14	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
21	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
28	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก ข21 ค่าคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี (colour) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
(วัน)		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	7.40 ± 0.84	3.80 ± 1.03	3.80 ± 1.40	7.00 ± 1.41	7.20 ± 1.03
7	7.70 ± 0.82	4.00 ± 1.85	3.50 ± 1.43	7.60 ± 0.52	7.10 ± 0.88
14	7.30 ± 0.95	3.60 ± 1.84	3.60 ± 1.07	7.00 ± 0.41	7.20 ± 1.03
21	7.20 ± 0.63	3.70 ± 0.95	3.60 ± 1.17	7.30 ± 0.95	7.10 ± 0.88
28	7.10 ± 0.74	3.90 ± 0.99	3.90 ± 1.29	7.10 ± 0.88	7.20 ± 0.63

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 15 ซ้ำ

ทดสอบโดยวิธี 9-point hedonic scale คะแนนเต็ม 9 คะแนน

ตารางภาคผนวก ข22 ค่าคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น (odor) ระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา	ชุดควบคุม	เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)		เทคนิคความดันสูง (500 MPa)	
(วัน)		30 วินาที	60 วินาที	15 นาที	20 นาที
0	7.20 ± 0.79	4.10 ± 1.66	3.70 ± 1.64	7.10 ± 1.10	7.10 ± 1.10
7	7.30 ± 1.16	4.10 ± 0.74	4.30 ± 0.95	7.20 ± 0.79	6.80 ± 1.23
14	7.00 ± 0.82	4.00 ± 0.67	4.10 ± 0.74	7.20 ± 0.79	7.10 ± 0.88
21	6.70 ± 0.82	4.00 ± 0.67	4.00 ± 0.67	7.20 ± 0.79	7.20 ± 0.92
28	5.70 ± 0.95	3.80 ± 0.42	3.60 ± 0.70	7.30 ± 0.67	7.30 ± 0.82

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 15 ซ้ำ

ทดสอบโดยวิธี 9-point hedonic scale คะแนนเต็ม 9 คะแนน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก ข23 ค่าคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏระหว่างการเก็บรักษาน้ำฝรั่งแปรรูปที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 28 วัน

ระยะเวลา (วัน)	**ชุดควบคุม**	**เทคนิคความร้อน (90 ^{0}C)**		**เทคนิคความดันสูง (500 MPa)**	
		30 วินาที	**60 วินาที**	**15 นาที**	**20 นาที**
0	7.50 ± 0.71	3.90 ± 1.37	3.60 ± 1.26	7.60 ± 0.52	7.40 ± 0.52
7	7.40 ± 0.42	4.00 ± 1.25	4.00 ± 0.67	7.30 ± 0.48	7.30 ± 0.67
14	6.90 ± 0.57	3.90 ± 1.10	4.00 ± 0.82	7.20 ± 0.63	7.30 ± 0.67
21	6.60 ± 1.17	3.90 ± 0.88	3.90 ± 1.10	7.30 ± 0.67	7.20 ± 0.79
28	6.00 ± 1.05	3.80 ± 0.92	3.90 ± 0.74	7.30 ± 0.67	7.40 ± 0.07

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 15 ซ้ำ

ทดสอบโดยวิธี 9-point hedonic scale คะแนนเต็ม 9 คะแนน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์น้ำฝรั่ง

ชื่อผู้ทดสอบ...

วันที่..............................

โปรดทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างในด้านสีที่ปรากฏ กลิ่น และการยอมรับรวม พร้อมทั้งให้ระดับความชอบต่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ตามระดับคะแนนดังต่อไปนี้

คะแนน	9 = ชอบมากที่สุด	4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
	8 = ชอบมาก	3 = ไม่ชอบ
	7 = ชอบ	2 = ไม่ชอบมาก
	6 = ชอบเล็กน้อย	1 = ไม่ชอบมากที่สุด
	5 = เฉยๆ	

	รหัสผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง					
	___	___	___	___	___	___
สีที่ปรากฏ	......	......	......	......	......	......
กลิ่น	......	......	......	......	......	......
ลักษณะปรากฏ	......	......	......	......	......	......

ขอขอบคุณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์คุณภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวัดสีระบบ Hunter ตามวิธีของ Minolta Co., Ltd.

เป็นการวัดค่าสี L ค่าสี a และค่าสี b ของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR300 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

การวัดความหนืด (Viscosity) ตามวิธีของ Cannon Co., Ltd. (1998)

วัดความหนืดของน้ำฝรั่งด้วย rotating cylinder (Cannon, Model V-2000 series II) ใช้spindle เบอร์ 1 ความเร็วรอบ 6 รอบ/นาที แรงเฉือน 7.34 /วินาที ปิเปตน้ำฝรั่งปริมาตร 25 ml โดยวัดที่อุณหภูมิสารละลาย 25 ^{o}C ความหนืดที่วัดได้มีหน่วยเป็น cP

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

1. อบกระป๋องอบความชื้นพร้อมฝาที่ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100±2 ^{o}C นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก(W1)
2. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนใส่ในกระป๋องอบความชื้นที่อบและชั่งน้ำหนักไว้เรียบร้อยแล้ว(W2)
3. กระป๋องอบความชื้นพร้อมฝาโดยเปิดฝาออกไปอบที่ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100±2 ^{o}C นาน 3 ชั่วโมง
4. นำกระป๋องอบความชื้นออกจากตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า โดยปิดฝาทันที และทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
5. นำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมงจนได้น้ำหนักที่คงที่ (W3)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{(W2-W3)\times 100}{W2-W1}$$

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลดาห์ล (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. ขวดเจลดาห์ล (Kjeldahl method) ขนาด 250 ml
2. สคูป (scoop)
3. บิวเรต ขนาด 50 ml
4. กระบอกตวง (cylinder) ขนาด 100 ml
5. ขวดน้ำกลั่น (wash bottle) ขนาด 250 ml
6. ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 250 ml
7. ชุดกลั่นโปรตีน (distillation apparatus)
8. ชุดย่อยโปรตีน (digesion unit)
9. เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์ (analysis balance)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (sulfuric acid : H_2SO_4) ความเข้มข้น 98% (w/v)
2. คะตะลิสต์ผสมอัตราส่วนระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulfate : $CuSO_2.5H_2O$) ปราศจากไนโตรเจน 3.5 %(w/w) , โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate : Na_2SO_4) ปราศจากไนโตรเจน 96 %(w/w) ,ซิลิเนียมไดออกไซด์ (selenium dioxide : SeO_2) ปราศจากไนโตรเจน 0.5%(w/w)
3. เม็ดเดือด (glass beat)
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide : NaOH) ความเข้มข้น 40 %(w/v)
5. กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid : H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.1 N มีอายุการเก็บรักษา 1 เดือน หากครบกำหนดเวลาดังกล่าวให้นำสารละลายไปหาความเข้นข้นที่แน่นอนใหม่ หรือ นำไปใช้งานอื่นที่ไม่ต้องการความเข้มข้นที่แน่นอน
6. อินดิเคเตอร์ผสม (mix indicitor) ประกอบด้วยเมทิลเรด (methyl red) ความเข้มข้น 0.2 %(w/v) ในแอลกอฮอล์ ผสมกับโบรโมครีซอลกรีน (bromocresol green) ความเข้มข้น 0.2 %(w/v) ในแอลกอฮอล์ อัตราส่วน 1 : 5
7. กรดบอริก ความเข้มข้น 4 %(w/v)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่มีน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 0.5 – 2.0 g (W) ถ่ายตัวอย่างลงในหลอดเจลดาลห์ ทำ blank ควบคู่กันไปด้วย
2. เติมคะตะลิสต์ผสมจำนวน 8 g
3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 ml โดยเอียงขวดและค่อยๆรินกรดลงข้างๆหลอด เพื่อล้างตัวอย่างที่อาจติดอยู่ข้างหลอดให้หมด และค่อยๆเขย่าตัวอย่างเบาๆ
4. นำไปย่อยที่ชุดย่อยโปรตีนในตู้ควันโดยใช้ความร้อนระดับ 5 ประมาณ 1 ชั่วโมงและจึงเพิ่มเป็นความร้อนระดับ 10 อีกประมาณ 2 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งสารละลายใสจะปิดชุดย่อย รอจนกระทั่งสารละลายเย็นลงในอุณหภูมิห้อง ห้ามนำหลอดย่อยไปทำให้เย็นโดยใช้น้ำเพราะจะทำให้หลอดย่อยแตกได้
5. นำสารละลายที่ได้ต่อกับเครื่องกลั่นโปรตีน โดยนำขวดรูปชมพู่ที่มีกรดบอริกจำนวน 50 mlและเติมอินดิเคเตอร์ผสม ลงไป 6 – 10 หยด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

6. อัตราการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้มีปริมาณมากเกินพอ (ประมาณ 70 ml) <u>ข้อสังเกต</u> ถ้าปริมาณด่างมากเกินพอสารละลายจะมีสีดำ ถ้ายังไม่เกิดสีดำให้เติมสารละลาย NaOH ลงไปอีก 5 – 10 ml
   6.1 เปิดเครื่องเริ่มทำการกลั่น โดยให้ทำ blank ก่อนตัวอย่าง
   6.2 นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก จนได้จุดยุติ คือสังเกตสีชมพูปรากฏขึ้นและสารละลายสีเทาอมม่วง

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(V_a - V_b) \times N.H_2SO_4 \times 1.4007}{W}$$

เมื่อ

V_a = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง หน่วย ml

V_b = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรต blank หน่วย ml

$N.H_2SO_4$ = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก หน่วย N

W = น้ำหนักตัวอย่าง หน่วย ml

ปริมาณโปรตีน ร้อยละของน้ำหนัก =ปริมาณไนโตรเจนร้อยละของน้ำหนัก x แฟกเตอร์

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยวิธีซอร์คเลต (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. บิกเกอร์ (beaker) ขนาด 50 ml
2. ขวดก้นกลม ขนาด 250 ml
3. ทิมเบอร์กระดาษ (cellulose thimble)
4. กระดาษกรอง whatman เบอร์ 42
5. เดซิเคเตอร์ (desicater) ที่มีสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกา

สารเคมี

ไดเอทิล อีเทอร์ (diethyl ether)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีวิเคราะห์

1. อบขวดก้นกลมด้วยตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100 ± 2°C นาน 30 นาที ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W1)
2. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้ว โดยใช้เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์ปริมาณ 2 g (W) ใส่ในบีกเกอร์ เทผ่านกรวยกรองลงในทิมเบอร์ที่มีกระดาษกรองรองรับภายใน แล้ววางทิมเบอร์ลงในชุดซอล์กเลต
3. สกัดโดยใช้ไดเอทิลอีเทอร์ ตามเวลาที่กำหนด (ขึ้นกับปริมาณไขมันในตัวอย่าง)
4. เมื่อทำการสกัดครบตามเวลาที่กำหนดแล้วให้ระเหยอีเทอร์ออกจากตัวอย่าง
5. นำขวดก้นกลมที่มีไขมันเหลืออยู่ไปอังที่เครื่องอังไอน้ำจนอีเทอร์ระเหยหมด แล้วนำไปอบที่ตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 – 105 °C นาน 30 นาที ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก
6. อบต่ออีกครั้ง ครั้งละประมาณ 30 นาที จนได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักคงที่คือผลต่างระหว่างการชั่งสองครั้งติดต่อกันมีค่าไม่เกิน 2 mg) ชั่งน้ำหนัก (W2)

$$\text{ปริมาณไขมัน ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W2 - W1) \times 100}{W}$$

เมื่อ

W1	=	น้ำหนักขวดก้นกลม เป็น g
W2	=	น้ำหนักขวดก้นกลมและไขมัน เป็น g
W	=	น้ำหนักตัวอย่าง เป็น g

การวิเคราะห์กากโดยวิธีการย่อยด้วยกรดและด่าง (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. เตาให้ความร้อนแบบไฟฟ้า
2. เตาเผาเถ้า
3. ตู้อบลมร้อน
4. เดซิเคเตอร์
5. บีกเกอร์ 500 ml
6. กรวยบุชเนอร์
7. ถ้วยกระเบื้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารเคมี

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide : NaOH) ความเข้มข้น 1.25 % (0.313±0.005 N)
2. เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol :C_2H_5OH) ความเข้มข้น 95 %
3. กรดซัลฟูริก (sulfuric acid: H_2SO_4) ความเข้มข้น 1.25 % (0.255±0.005 N)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน โดยใช้บิกเกอร์ใส่ตัวอย่าง 1 g และชั่งน้ำหนัก(W1) ถ่ายตัวอย่างลงในบิกเกอร์แล้วชั่งน้ำหนักบิกเกอร์ที่ถ่ายตัวอย่างออกเรียบร้อยแล้ว(W2)
2. ตวงสารละลายกรดซัลฟูริก จำนวน 200 ml ด้วยกระบอกตวงถ่ายใส่บิกเกอร์แล้วนำไปต้มบนเตาไฟฟ้าโดยปิดปากบิกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา
3. เมื่อสารละลายกรดซัลฟูริกเริ่มเดือด จึงถ่ายลงในบิกเกอร์ โดยการหมุนบิกเกอร์แล้วใช้กรดซัลฟูริกค่อยๆ ล้างตัวอย่างที่ติดข้างบิกเกอร์ออก
4. นำไปต้มบนเตาไฟฟ้า โดยใช้ขวดก้นกรมปิดปากของบิกเกอร์ให้สนิทเพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที
5. กรองทันที่ด้วยกรวยบุชเนอร์ทีมีผ้ากรองโดยใช้แรงสุญญากาศ
6. ฉีดล้างสิ่งที่เหลือบนบิกเกอร์ ด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้งลงในกรวยบุชเนอร์
7. ล้างสิ่งที่ตกค้างบนผ้ากรองด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด ทดสอบด้วยสารละลายที่กรองได้ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสสีน้ำเงินเป็นแดง
8. ตวงสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 200 ml ใส่ในบิกเกอร์ที่ใช้ต้มด่าง นำไปต้มให้เดือดบนเตาไฟฟ้า แล้วล้างกากบนผ้ากรองลงในบิกเกอร์ใบเดิมให้หมด
9. นำไปต้มบนเตาไฟฟ้า โดยใช้ขวดก้นกลมปิดปากของบิกเกอร์ให้สนิทเพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที
10. กรองทันทีผ่านกรวยบุชเนอร์ซึ่งบุด้วยกระดาษกรอง ที่ตัดพอดีและฉีดน้ำให้แนบสนิทกับกรวยบุชเนอร์แล้ว
11. ฉีดล้างสิ่งที่เหลือบนบิกเกอร์ ด้วยน้ำร้อนหลายๆ ครั้งลงในกรวยบุชเนอร์
12. ล้างสิ่งที่ตกค้างบนกระดาษกรอง ด้วยน้ำร้อนจนหมดด่าง ทดสอบด้วยสารละลายที่กรองได้ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสแดงเป็นสีน้ำเงิน
13. ถ่ายกากใส่ถ้วยกระเบื้องที่ทนร้อนด้วยน้ำร้อนจนหมดกากนำไประเหยน้ำออกโดยใช้อ่างน้ำร้อนจนแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

14. นำไปอบที่ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 100±2 °C นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W3)
15. เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมกากที่อบเรียบร้อยแล้วในเตาเผาอุณหภูมิ 550±25 °C นาน 1ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W4)

$$\text{ปริมาณกากร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W3 - W4)(100 - \%H_2O - \%fat)}{(W1 - W2)}$$

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 525-550 °C นาน 30 นาที จากนั้นทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ชั่งน้ำหนัก(W1) และใส่ตัวอย่างทันทีในถ้วยกระเบื้องเคลือบ ชั่งให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2-3 g (W2)
2. นำไปเผาด้วยไฟอ่อนบนเตาไฟฟ้าโดยเพิ่มความร้อนขึ้นทีละน้อยจนตัวอย่างไหม้เกรียม และเผาต่อด้วยตะเกียงบุนเซนให้หมดควัน ในกรณีที่ตัวอย่างเป็นของเหลวหนืดกึ่งแข็งกึ่งเหลวให้นำตัวอย่างไประเหยแห้งบนเครื่องอังน้ำก่อนนำไปเผาบนเตาไฟฟ้า
3. นำไปเผาต่อในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 525-550 °C จนได้เถ้าสีขาว
4. ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ชั่งน้ำหนักไว้(W3)

$$\text{ปริมาณเถ้าร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W3-W1)\times 100}{(W2-W1)}$$

การวิเคราะห์หาความเป็นกรด- ด่าง (AOAC, 2000)

นำน้ำฝรั่งไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (Hanna instrument, Model HI 9321) ซึ่งได้มีการปรับค่ามาตรฐานด้วยสารละลายมาตรฐานที่มี pH เท่ากับ 4.00 และ 7.00 ตามลำดับแล้ว ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000)

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 M โดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 g ด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 L โดยใช้ขวดปรับปริมาตร แล้วนำไปหาความเข้มข้นที่แน่นอน
2. ฟีนอฟธาลีน (phenolthalein) เตรียมโดยชั่งฟีนอฟธาลีน 1 g : 95% เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol :C_2H_5OH) 60 ml แล้วเติมน้ำให้ครบ 100 ml

อุปกรณ์

1. ขวดปรับปริมาตร 1000 ml
2. ปีเปตปรับปริมาตร 10 ml
3. กระดาษกรอง เบอร์ 1
4. ฟลาสก์ ขนาด 125 ml
5. บิวเรต ขนาด 25 ml

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 g ปรับปริมาตรให้ครบ 100 ml ด้วยน้ำกลั่น แล้วนำตัวอย่างที่ได้มากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1
2. ปีเปตสารละลายใส 10 ml ลงในฟลาสก์ ขนาด 125 ml หยดฟีนอฟธาลีน (อินดิเคเตอร์) 2 – 3 หยด
3. นำมาไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 M จนสารละลายใสกลายเป็นสีชมพู จึงหยุดทำการไทเทรต
4. จดบันทึกจำนวนสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 M ที่ใช้ไปในการไตเตรทแล้วนำมาคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1 ml ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 M สมมูลกับกรดซิตริก 0.07005 g

$$\% \text{ citric acid} = \frac{a \times M \times 0.07005 \times 100}{10}$$

เมื่อ a = จำนวนปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

M = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (AOAC, 2000)

การเตรียมสารเคมี

1. เตรียมสารละลายกรดออกซาลิค (oxalic acid) ความเข้มข้น 0.4 %(w/v) โดยชั่งกรดออกซาลิค 0.4 g ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 ml โดยใช้ขวดปรับปริมาตร
2. เตรียมสารละลายอินโดฟีนอลมาตรฐาน โดยชั่ง 2,6 dichlorophenolindophenol 0.05 g ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 ml โดยใช้ขวดปรับปริมาตร แล้วกรองสารละลายนี้เก็บในตู้เย็นได้ 2 – 3 สัปดาห์ ก่อนใช้ทุกครั้งควรไตเตรตเทียบกับสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน
3. เตรียมสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน โดยชั่ววิตามินซีบริสุทธิ์ 0.05 g ละลายในสารละลายกรดออกซาลิคความเข้มข้น 0.4 %(w/v) จำนวน 60 ml เติมน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 250 ml โดยใช้ขวดปรับปริมาตร สารละลายวิตามินซีที่ได้ 1 ml มีวิตามินซี 0.2 mg สารละลายนี้เตรียมทันทีก่อนใช้

วิธีวิเคราะห์

ปิเปตน้ำฝรั่งตัวอย่างมา 50 ml ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 ml เติมสารละลายกรดลงไป 25 ml แล้วปรับปริมาตร 100 ml ด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน ปิเปตน้ำฝรั่งที่เจือจางแล้วมา 10 ml ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 ml ไตเตรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอลจนกระทั่งได้สีชมพูอ่อน ซึ่งสีจะคงตัวนานกว่า 15 วินาที จดปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ ทำการไตเตรตซ้ำ 3 ครั้ง ปิเปตสารลายวิตามินซีมาตรฐานมา 10 ml ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 ml ไตเตรตเช่นเดียวกับน้ำฝรั่งตัวอย่าง คำนวณหาปริมาณวิตามินซีในน้ำฝรั่ง ในรูป mg/ 100 ml

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด (AOAC, 2000)

สารเคมีที่ใช้

1. น้ำตาลกลูโคส ความเข้มข้น 15 g / L
2. กรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 1.5 M
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10 % (w/v)
4. สารละลาย DNS เตรียมโดยละลาย 3,5-dinitrosalisylic acid 10 g ในสารละลาย 200 ml ของ 2 M สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ อุ่นและคนตลอดเวลา จากนั้นละลายโซเดียมโปแตสเซียมทาร์เทรท 300 g ในน้ำกลั่น 500 ml นำสารละลายที่ได้ผสมเข้าด้วยกัน แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 L ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นเก็บในขวดสีชา

การเตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

เตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐานความเข้มข้น 0, 0.25, 0.5, 1.0, 1.25 และ 1.5 mg/ml ปิเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐานที่เตรียมไว้ใส่ลงในหลอดทดลองอย่างละ 1 ml เติมสารละลาย DNS 1 ml และเติมน้ำกลั่น 2 ml นำไปต้มในน้ำเดือด นาน 5 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำเย็นทันที จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 20 ml แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm

วิธีวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 g ใส่ใน flask เติมน้ำกลั่น 50 ml แล้วนำไปอุ่นใน Water bath 50 ^{o}C นาน 10 นาที
2. กรองด้วยกระดาษกรอง ล้างส่วนที่เหลือบนกระดาษกรองแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml ใน volumetric flask
3. ดูดสารละลาย 10 ml แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 250 ml แล้วดูดมา 1 ml เติมสารละลาย DNS 1 ml และน้ำกลั่น 2 ml ผสมให้เข้ากันด้วย votex mixer
4. นำไปต้มน้ำเดือด นาน 5 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำเย็นทันที จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 20 ml แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีวิเคราะห์น้ำตาลทั้งหมด

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1.0 – 1.2 g เติม 1.5 M กรดซัลฟูริก จำนวน 10 ml นำไปต้มในน้ำเดือด นาน 20 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำเย็นทันที
2. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10 % จำนวน 12 ml เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml ดูดมา 10 ml แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 250 ml
3. จากนั้นดูดสารละลายมา 1 ml เติมสารละลาย DNS 1 ml และน้ำกลั่น 2 ml เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือด นาน 5 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำเย็นทันที
4. ปรับปริมาตรให้เป็น 20 ml แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm

การวิเคราะห์ปริมาณเพคตินทั้งหมด (IFJU, 1964)

การเตรียมสารเคมี

1. เอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 %
2. เตรียมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 63 % โดยตวง 95 % เอทิลแอลกอฮอล์ ปริมาณ 65 ml เติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ครบ 100 ml
3. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 M โดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 4 g ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 ml
4. เตรียมสารละลายแอมโมเนียมออกซาเลต ความเข้มข้น 0.75 % โดยชั่งแอมโมเนียมออกซาเลตจำนวน 0.75 g ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 ml
5. สารละลาย anti-foaming agent
6. เตรียมสารละลายแอลกอฮอล์คาร์บาโซล (alcohol carbazole) ความเข้มข้น 0.1% โดยชั่งคาร์บาโซล ปริมาณ 0.1 g ละลายและปรับปริมาตรด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ให้ครบ 100 ml โดยเตรียมขึ้นมาใหม่ทุกครั้งเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การแยกตะกอนสารประกอบเพคตินทั้งหมด

1. ปิเปตตัวอย่างมาครั้งละ 15 ml ใส่ในหลอดหมุนเหวี่ยง ขนาด 50 ml แล้วหยดสารละลายต้านการเกิดโฟม (anti-foam) 1-2 หยด
2. เติมเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 % อุณหภูมิ 75 ^{o}C ปริมาณ 25 ml ใส่ในหลอดหมุนเหวี่ยง คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้ว จากนั้นนำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 85 ^{o}C เป็นเวลา 10 นาที ระหว่างนั้นใช้แท่งแก้วคนบางครั้ง เมื่อครบเวลานำหลอดหมุนเหวี่ยงขึ้นล้างแท่งแก้วคนด้วยเอทิลแอลกอฮอล์อีก 10 ml
3. นำหลอดหมุนเหวี่ยงมาแยกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูงที่อัตราเร็ว 4500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นค่อยๆเทส่วนของเหลวทิ้งไป นำตะกอนที่ได้มาทำการสกัดต่อ
4. ทำการสกัดซ้ำตามขั้นตอนข้อ 2 และ 3 โดยเติมเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 63 % อุณหภูมิ 75 ^{o}C ครั้งละ 40 ml ทำการสกัดซ้ำเช่นนี้ 2 ครั้ง ตะกอนที่ได้เป็นตะกอนของสารประกอบ เพคติน

วิธีวิเคราะห์

1. ใช้หลอดทดลองขนาดใหญ่เตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ต่อไปนี้

หลอด	สารเคมี
A	สารละลายเพคตินที่เตรียมได้ 1 ml + สารละลาย Alcohol-carbazole 0.5 ml
B	สารละลายเพคตินที่เตรียมได้ 1 ml + สารละลาย Ethanol 0.5 ml
C	น้ำกลั่น 1 ml + สารละลายAlcohol-carbazole 0.5 ml
D	น้ำกลั่น 1 ml + สารละลาย Ethanol 0.5 ml

2. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นปริมาณ 6 ml โดยใช้สูบชักดูดสาร (Dispensette) ค่อยๆกดปล่อยกรดซัลฟูริกลงมาตามข้างหลอดช้าๆแต่ให้หมดภายใน 7 วินาที
3. ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องเหวี่ยงผสม (Vortex) จากนั้นนำหลอดทดลองลงไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 85 ^{o}C เป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานำหลอดขึ้นทิ้งให้เย็นประมาณ 15 นาที
4. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 525 nm บันทึกค่าการดูดกลืนคลื่นแสง เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบเพคตินที่มีในตัวอย่าง โดยเทียบกับกราฟมาตราฐานของกรดกาแลกตูโรนิค (galacturonic acid monohydrate)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. เตรียม stock solution ของสารละลายกรดกาแลกทูโรนิคโมโนไฮเดรต (galacturonic acid monohydrate) โดยชั่งกรดกาแลกทูโรนิคโมโนไฮเดรต ปริมาณ 120.5 mg แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 M ปริมาณ 0.5 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1000 ml ทิ้งไว้ข้ามคืนเพื่อให้เกิดการขยายตัวของสายโมเลกุลของกรดกาแลกทูโรนิคโมโนไฮเดรต สารละลายที่เตรียมได้นี้มีความเข้มข้นเท่ากับ 100 µg/ml
2. เจือจาง stock solution ของสารละลายกรดกาแลกทูโรนิคโมโนไฮเดรต ตามข้อ 1 ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 10, 20, 40, 50, 60 และ 80 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 ml
3. เตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณเพคตินเช่นเดียวกับในตัวอย่าง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงเช่นเดียวกัน
4. นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกรดกาแลกทูโรนิคโมโนไฮเดรตที่ความเข้มข้นต่างๆ มาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น ทำให้ได้สมการเส้นตรงและนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณสาร ประกอบเพคตินที่มีในตัวอย่าง

สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตราฐาน $y = a(x)+b$

เมื่อ y คือ ปริมาณสารประกอบเพคติน มีหน่วยเป็น µg/ml

a คือ ค่าความชันของเส้นกราฟ

x คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานหลังจากหักลบด้วย blank แล้วหรือเขียนได้ว่า x = (ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดทดลอง A – ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดทดลอง B – ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดทดลอง C – ค่าการดูดกลืนแสงของหลอดทดลอง D)

b คือ ค่าคงที่ของสมการ (จุดตัดแกน y)

คำนวณค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของตัวอย่างเช่นเดียวกับของสารละลาย ทำให้ได้ค่า x นำไปแทนในสมการข้างต้นเพื่อคำนวณหาปริมาณสารประกอบเพคตินที่มีในตัวอย่างวิเคราะห์ ซึ่งจำเป็นต้องนำมาคำนวณให้อยู่ในหน่วย mg/100 gของตัวอย่างเริ่มต้นดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณสารประกอบเพคตินในตัวอย่างวิเคราะห์ (mg/L)

$$= \frac{\text{ปริมาณสารประกอบเพคตินที่เทียบจากกราฟมาตรฐาน } (\mu g/L) \times 100}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างเท่ากับ 15 ml}}$$

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอเรส (Hagerman and Austin, 1986)

การเตรียมสาร

1. สารละลายเพคตินความเข้มข้น 0.5 %(w/v) ชั่งเพคติน 0.50 g ละลายในน้ำกลั่น 85 ml ปรับ pH เป็น 7.5 จากนั้นปรับปริมาตรสารละลายจนครบ 100 ml เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C
2. สารละลายโบรโมไธมอลบลูความเข้มข้น 0.1 %(w/v) ชั่งโบรโมไธมอลบลู 0.1 g ละลายใน 0.003 M KH_2PO_4-K_2HPO_4 buffer pH 7.5 ปริมาตร 100 ml
3. น้ำกลั่น ปรับ pH เป็น 7.5 ด้วย 2 N NaOH

การสกัดเอนไซม์

1. ปิเปตน้ำฝรั่ง 10 ml ผสมกับ 0.003 M KH_2PO_4-K_2HPO_4 buffer pH 7.5 ปริมาตร 10 ml คนให้เข้ากัน
2. นำสารละลายที่ได้ไปเหวี่ยงแยกตะกอนที่ 3500 rpm, 4 ^{o}C เป็นเวลา 20 นาที เก็บส่วนสารละลายใสมาวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์

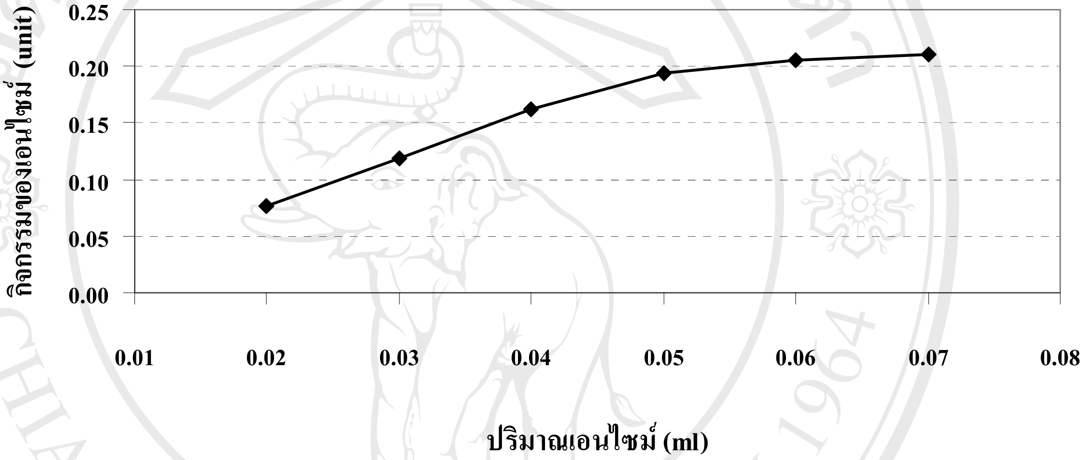
วิธีวิเคราะห์

หาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมโดยใส่สารละลายเพคติน 2 ml ในหลอดวัด เติมสารละลายโบรโมไธมอลบลู 0.15 ml และผันแปรปริมาณน้ำกลั่น และปริมาณเอนไซม์ โดยให้มีปริมาตรรวมในการวิเคราะห์ 4 ml ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หลอดที่	1	2	3	4	5	6	
ปริมาณเอนไซม์	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	ml
ปริมาณน้ำกลั่น	1.83	1.82	1.81	1.80	1.79	1.78	ml

ผสมให้เข้ากันวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 nm 5 นาที และคำนวณหาค่ากิจกรรมของเอนไซม์ ที่เปลี่ยนไปใน 1 นาทีได้ผลดังรูปภาคผนวก ง1



รูปภาคผนวก ง1 กิจกรรมของเอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอร์เรส (unit)

จากรูปภาคผนวก ง1 จะเห็นว่าปริมาณเอนไซม์มีค่าสูงที่สุดในช่วงเส้นตรงเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์ 0.05 ml ดังนั้นจึงใช้ปริมาณสารตัวอย่าง 0.05 mlในการวิเคราะห์

ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ 1 หน่วย (unit) มีค่าเท่ากับ ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปใน 1 นาที ที่ความยาวคลื่น 620 nm มีหน่วยเป็น unit/ml

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (ดัดแปลงจาก Yen and Lin, 1996)

การเตรียมสาร

1. 0.1 M Guajacol ชั่ง guajacol 1.25 g ละลายใน 0.2 M KH_2PO_4-K_2HPO_4 buffer pH 6.0 จากนั้นปรับปริมาตรสารละลายจนครบ 100 ml เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 ^oC
2. 0.05 M H_2O_2 ปิเปต H_2O_2 0.5 ml ละลายใน 0.2 M KH_2PO_4-K_2HPO_4 buffer pH 6.0 จากนั้นปรับปริมาตรสารละลายจนครบ 100 ml เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 ^oC
3. สารละลายสกัดเอนไซม์ ละลาย 1.5 % Polyvinylpyrrolidone (PVP) และ 1 M KCl ใน 0.05 M KH_2PO_4-K_2HPO_4 buffer pH 7.0

การสกัดเอนไซม์

1. ปิเปตน้ำฝรั่ง 10 ml ผสมกับสารละลายสกัด ปริมาตร 10 ml คนให้เข้ากัน
2. นำสารละลายที่ได้ไปเหวี่ยงแยกตะกอนที่ 3500 rpm เป็นเวลา 20 นาที เก็บส่วนสารละลายใสมาวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์

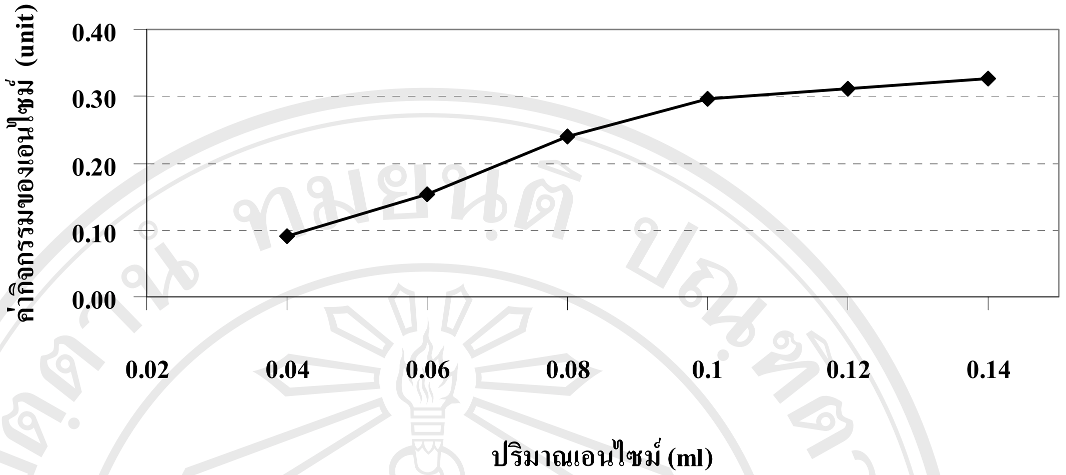
วิธีวิเคราะห์

หาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสม โดยใส่สารละลาย 0.1 M guaiacol 0.08 ml ในหลอดวัด เติม 0.05 M H_2O_2 0.02 ml และผันแปร 0.2 M KH_2PO_4-K_2HPO_4 buffer (pH 6.0) และสารตัวอย่าง ให้มีปริมาตรรวมในการวิเคราะห์ 3 ml ดังนี้

หลอดที่	1	2	3	4	5	6	
ปริมาณเอนไซม์	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	ml
ปริมาณบัฟเฟอร์	2.86	2.84	2.82	2.80	2.78	2.76	ml

ผสมให้เข้ากันวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 470 nm คำนวณหาค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปต่อ 1 นาที ได้ผลดังรูปภาคผนวก ง2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปภาคผนวก ง2 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (unit)

จากรูปภาคผนวก ง2 จะเห็นว่าปริมาณเอนไซม์มีค่าสูงที่สุดในช่วงเส้นตรงเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์ 0.1 ml ดังนั้นจึงใช้ปริมาณสารตัวอย่าง 0.1 mlในการวิเคราะห์

ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ 1 หน่วย (unit) มีค่าเท่ากับ ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปใน 1 นาที ที่ความยาวคลื่น 470 nm มีหน่วยเป็น unit/ml

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (ดัดแปลงจาก Flurkey and Jen, 1978)

การเตรียมสาร

1. 0.2 M catechol ชั่ง catechol 2.20 g ละลายใน 0.2 M KH_2PO_4-K_2HPO_4 buffer pH 6.8 จากนั้นปรับปริมาตรสารละลายจนครบ 100 ml เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C
2. สารละลายสกัดเอนไซม์ ละลาย 1.5 % polyvinylpyrrolidone (PVP) และ 1 M KCl ใน 0.2 M KH_2PO_4-K_2HPO_4 buffer pH 6.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การสกัดเอนไซม์

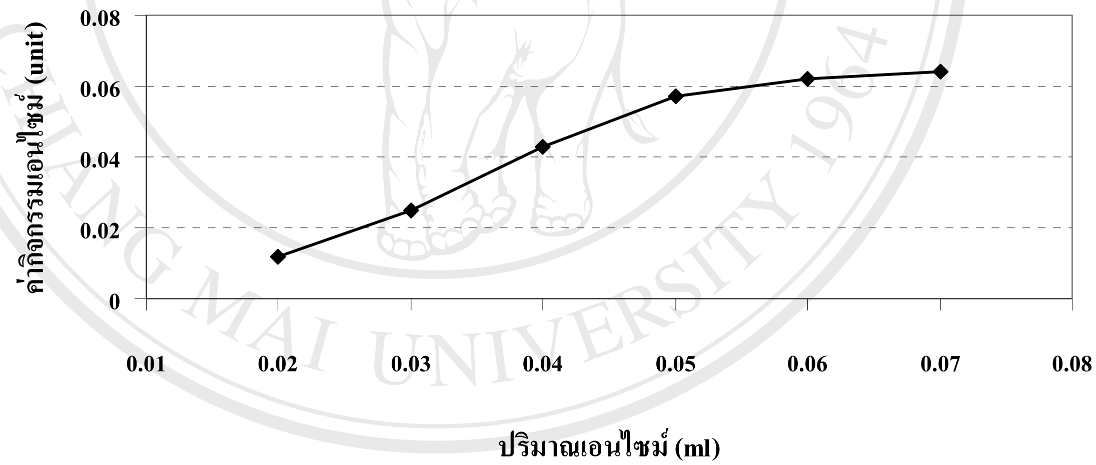
1. ปิเปตน้ำฝรั่ง 10 ml ผสมกับสารละลายสกัด ปริมาตร 10 ml คนให้เข้ากัน
2. นำสารละลายที่ได้ไปเหวี่ยงแยกตะกอนที่ 3500 rpm เป็นเวลา 20 นาที เก็บส่วนสารละลายใสมาวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์

วิธีวิเคราะห์

หาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสม โดยใส่สารละลาย 0.2 M Catechol ใน 0.2 M KH_2PO_4-K_2HPO_4 buffer (pH 6.8) 0.25 ml ลงในหลอดวัด และผันแปร 0.2 M KH_2PO_4-K_2HPO_4 buffer (pH 6.8) และสารตัวอย่าง ให้มีปริมาตรรวมในการวิเคราะห์ 2.5 ml ดังนี้

หลอดที่	1	2	3	4	5	6	
ปริมาณเอนไซม์	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	ml
ปริมาณบัฟเฟอร์	2.23	2.22	2.21	2.20	2.19	2.18	ml

ผสมให้เข้ากันวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm คำนวณหาค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปต่อ 1 นาที ดังรูปภาคผนวก ง3



รูปภาคผนวก ง3 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (unit)

จากรูปภาคผนวก ง3 จะเห็นว่า ปริมาณเอนไซม์มีค่าสูงที่สุดในช่วงเส้นตรง เมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์ 0.05 ml ดังนั้นจึงใช้ปริมาณสารตัวอย่าง 0.05 mlในการวิเคราะห์

ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ 1 หน่วย (unit) มีค่าเท่ากับ ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปใน 1 นาที ที่ความยาวคลื่น 420 nm มีหน่วยเป็น unit/ml

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (APHA, 1992)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว
2. ปิเปตผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว ขนาด 1 และ 10 ml
3. ตู้บ่ม (incubator) อุณหภูมิ 35-37 ^{o}C
4. เครื่องตีป่น (stomacher)
5. ถุงตีป่น

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. 0.1%(w/v) peptone water
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (PCA)

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำฝรั่ง 25 ml ใส่ในถุงตีป่น เติมสารละลาย 0.1%(w/v) peptone water จำนวน 225 ml นำเข้าเครื่องตีป่น นาน 1-2 นาที
2. ทำเจือจางอาหารในสารละลาย 0.1%(w/v) peptone water หลอดละ 9 ml จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม
3. ใช้ปิเปตขนาด 1 ml ดูดสารละลายอาหารที่ระดับความเจือจางที่เหมาะสมจำนวน 3 ระดับความเข้มข้นที่ติดกัน จำนวน 1 ml ใส่ในจานเพาะเชื้อ โดยทำสองซ้ำ
4. เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA อุณหภูมิ 44-46 ^{o}C ประมาณ 12-15 mlใส่ในจานเพาะเชื้อ เขย่าจานให้สารละลายอาหารกระจายทั่วจานเพาะเชื้อ
5. ปล่อยให้อาหารวุ้นแข็งตัว คว่ำจานเพาะเชื้อ บ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 35-37 ^{o}C นาน 48 $\pm$ 3 ชั่วโมง
6. นับจำนวนโคโลนีจากจานที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25-250 โคโลนี คำนวณ Log cfu/ml ของอาหารได้จากสูตรนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\log \text{cfu/ml} = \log \frac{\Sigma C}{(v_1 n_1 + 0.1 n_2)\, d}$$

เมื่อ v_1 = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อ

ΣC = ผลรวมของโคโลนีที่นับได้ทั้งหมดจากจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 25-250 โคโลนี

n_1 = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 25-250 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นแรก

n_2 = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 25-250 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นที่ 2

d = ระดับความเข้มข้นแรกที่สามารถนับเชื้อได้ในช่วง 25-250 โคโลนี

การตรวจหาเชื้อยีสต์และรา (APHA, 1992)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว
2. ปิเปตผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว ขนาด 1 และ 10 ml
3. ตู้บ่ม (incubator) อุณหภูมิ 20-25 ^{o}C
4. เครื่องตีป่น (stomacher)
5. ถุงตีป่น (stomacher)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. 0.1%(w/v) peptone water
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PCA), pH 3.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำฝรั่ง 25 ml ใส่ในถุงตีป่น เติมสารละลาย 0.1%(w/v) peptone water จำนวน 225 ml นำเข้าเครื่องตีป่น นาน 1-2 นาที
2. ทำเจือจางอาหารในสารละลาย 0.1%(w/v) peptone water หลอดละ 9 ml จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม
3. ใช้ปิเปตขนาด 1 ml ดูดสารละลายอาหารที่ระดับความเจือจางที่เหมาะสมจำนวน 3 ระดับความเข้มข้นที่ติดกัน จำนวน 1 ml ใส่ในจานเพาะเชื้อ โดยทำสองซ้ำ
4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ปรับ pH เป็น 3.5 อุณหภูมิ 40-45 ^{o}C จำนวน 15-20 ml ลงในจานเพาะเชื้อ เขย่าจานให้สารละลายอาหารกระจายทั่วจานเพาะเชื้อ
5. ปล่อยให้อาหารวุ้นแข็งตัว บ่มในตู้เพาะเชื้ออุณหภูมิ 30 $\pm$ 2 ^{o}C เป็นเวลา 72 $\pm$ 3 ชั่วโมง
6. นับจำนวนโคโลนีจากจานที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25-250 โคโลนี คำนวณค่า Log cfu/ml ของอาหารได้จากสูตรเดียวกับการหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

การหาโคลิฟอร์มและ *E. coli* โดยวิธี MPN (APHA, 1992)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดทดลอง ขนาด 16*150 mm
2. หลอดดักก๊าซ (Durham tube)
3. ปิเปตขนาด 1 และ 10 ml
4. ตู้บ่มเชื้อ (incubator)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายเจือจาง

1. สารละลายเปปโตนความเข้มข้น ร้อยละ 0.1(w/v)
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ lauryl sulfate tryptose broth
3. อาหารเลี้ยงเชื้อ brilliant green lactose bile broth
4. อาหารเลี้ยงเชื้อ *E. coli* broth (EC broth)
5. อาหารเลี้ยงเชื้อ Levine-eosinmethyleneblue agar (Levine-EMB agar)
6. อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar
7. อาหารเลี้ยงเชื้อ methylred Voges-Proskauer (MR-VP broth)
8. อาหารเลี้ยงเชื้อ simmons citrate agar

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

9. สารละลาย gram crystal violet
10. สารละลาย gram iodine
11. สารละลาย tryptone broth
12. สารละลาย Kovac's reagent
13. สารละลาย α-naphthol solution
14. สารละลาย potassium hydroxide เข้มข้น 40% (w/v)
15. สารละลาย methyl red solution

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตน้ำฝรั่ง 25 ml ใส่ในขวดดูแรนที่มีสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1 (w/v) จำนวน 225 ml เขย่าให้เข้ากัน นาน 1-2 นาที
2. เจือจางอาหารในสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1 (w/v) หลอดละ 9 ml จนได้ระดับความเจือจางที่ 10, 100 และ 1,000 เท่า
3. ใช้ปิเปตขนาด 1 ml ดูดสารละลายเจือจางที่เตรียมไว้ในข้อ 1 และ 2 ลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ lauryl sulfate tryptose broth หลอดละ 1 ml ความเข้มข้นละ 3 หลอด
4. อบเพาะเชื้อที่ 35 ^{o}C นาน 48 $\pm$ 2 ชั่วโมง ตรวจดูการเกิดก๊าซหลังการอบเพาะเชื้อ 24 $\pm$ 2 ชั่วโมง ถ้าไม่มีก๊าซเกิดขึ้นนำไปอบเพาะเชื้อต่ออีก 24 ชั่วโมง ตรวจดูการเกิดก๊าซอีกครั้ง ถ้ามีก๊าซเกิดขึ้นนำไปทดสอบยืนยัน (confirmation) ต่อ
5. นำหลอดที่มีก๊าซเกิดขึ้นมาเขย่าเบาๆ แล้วใช้ห่วงเขี่ยเชื้อซึ่งเผาไฟฆ่าเชื้อแล้ว ถ่ายเชื้อลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ brilliant green broth 2% อบเพาะเชื้อที่ 35 ^{o}C นาน 48 $\pm$ 2 ชั่วโมง ตรวจดูการเกิดก๊าซและบันทึกผล
6. คำนวณค่า MPN/ml ของโคลิฟอร์มจากจำนวนหลอดอาหาร brilliant green broth 2% ที่มีก๊าซเกิดขึ้นตามตาราง ค1
7. นำหลอดอาหาร lauryl sulfate tryptose broth ที่มีก๊าซเกิดขึ้นมาเขย่าเบาๆ ใช้ห่วงถ่ายเชื้อเผาไฟฆ่าเชื้อ ถ่ายเชื้อลงในหลอดอาหาร EC broth เพาะเชื้อในอ่างน้ำอุ่นควบคุมอุณหภูมิที่ 45.5 ^{o}C ตรวจดูการเกิดก๊าซหลังการบ่มเพาะนาน 24 $\pm$ 2 ชั่วโมง ถ้าไม่มีก๊าซเกิดขึ้นให้บ่มเพาะต่อ และตรวจดูการเกิดก๊าซอีกครั้งหลังจากบ่มนาน 48 $\pm$ 2 ชั่วโมง คำนวณหาปริมาณเชื้อ faecal coliform จากตาราง ค1
8. ใช้ห่วงถ่ายเชื้อเผาไฟฆ่าเชื้อ ถ่ายเชื้อจากหลอดอาหาร EC broth ที่เกิดก๊าซขีดเป็นเส้น (streak) ลงบนผิวหน้าอาหาร Levine-EMB agar บ่มเพาะเชื้อที่ 35 ^{o}C นาน 18-24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ชั่วโมง ตรวจดูโคโลนีที่มีสีม่วงแดงเข้ม ลักษณะแบน มีเงาเลื่อมโลหะสีเขียว (metallic sheen)

9. ถ่ายเชื้อที่มีลักษณะเฉพาะตามข้อ 8 จานเพาะเชื้อละ 2 โคโลนี ลงในหลอดอาหาร plate count agar ที่มีผิวหน้าเอียง โคโลนีละ 2 หลอด บ่มเพาะเชื้อที่ 35 ^{o}C นาน 18-24 ชั่วโมง ถ้าไม่มีโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะตามข้อ 8 ให้เลือกโคโลนีที่ลักษณะใกล้เคียงมากที่สุด จานเพาะเชื้อละ 1 โคโลนี
10. นำเชื้อจากหลอดอาหาร plate count agar ที่บ่มเพาะนาน 18 ชั่วโมง มาย้อมสีกรัม ดังนี้
    - 10.1 หยดน้ำกลั่นลงบนสไลด์ 1 หยด
    - 10.2 ใช้ห่วงถ่ายเชื้อแตะเชื้อจากหลอดอาหาร plate count agar นำไปกระจายในหยดน้ำ กลั่นบนสไลด์ ปล่อยให้แห้งในอากาศ นำสไลด์ไปผ่านเปลวไฟ 2-3 ครั้ง เพื่อทำให้เชื้อติดแน่นบนสไลด์
    - 10.3 หยดสารละลาย gram crystal violet ลงไปให้ท่วมบริเวณที่มีเชื้อ ทิ้งไว้นาน 1 นาที ล้างออกด้วยน้ำ
    - 10.4 หยดสารละลาย gram iodine ลงไปให้ท่วมบริเวณที่มีเชื้อ ทิ้งไว้นาน 1 นาที ล้างออกด้วยน้ำ
    - 10.5 ล้างสี crystal violet ส่วนเกินออกโดยเอียงสไลด์แล้วหยดเอทานอล เข้มข้น 95% ให้ไหลผ่านสไลด์ 15-30 วินาที ล้างออกด้วยน้ำ
    - 10.6 หยดสารละลาย gram safranin O ลงไปให้ท่วมบริเวณที่มีเชื้อ ทิ้งไว้นาน 15 วินาที ล้างออกด้วยน้ำ ซับน้ำ ทิ้งไว้ให้แห้ง
    - 10.7 ตรวจดูรูปร่าง ลักษณะการเรียงตัว และการติดสีgของเชื้อ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์

11. ถ้าพบเชื้อที่มีรูปร่างเป็นท่อนสั้นและกลม ติดสีgลบ ไม่มีสปอร์ ให้นำหลอดอาหาร plate count agar ที่เหลืออีกหลอดหนึ่งไปทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี ดังนี้
    - 11.1 **การทดสอบ Indole** - เพาะเชื้อลงใน tryptone broth บ่มเชื้อที่ 35 ^{o}C นาน 24 $\pm$ 2 ชั่วโมง ทดสอบการสร้างอินโดลโดยหยด Kovac's reagent 0.2-0.3 ml เมื่อมีสีแดงเกิดขึ้นในชั้นบนของหลอดอาหารแสดงว่าเกิดการสร้างอินโดล รายงานผลการทดสอบเป็นบวก ถ้าเป็นสีเหลืองแสดงว่าไม่มีการสร้างอินโดล รายงานผลการทดสอบเป็นลบ
    - 11.2 **การทดสอบ Voges-Proskauer (VP)** - เพาะเชื้อลงใน MR-VP medium บ่มเชื้อที่ 35 ^{o}C นาน 48 $\pm$ 2 ชั่วโมง ใช้ปิเปตดูดอาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ml ใส่ในหลอด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทดลอง ขนาด 13 X 100 mm ทดสอบ VP โดยเติมสารละลาย α-naphthol solution จำนวน 0.6 ml และสารละลาย 40% potassium hydroxide จำนวน 0.2 ml เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติม creatin เล็กน้อย วางทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง เมื่อมีสีชมพู (eosin pink) เกิดขึ้น รายงานผลการทดสอบเป็นบวก ถ้าไม่เกิดการเปลี่ยนสี รายงานผลการทดสอบเป็นลบ

11.3 **การทดสอบ methyl red** - นำ MR-VP medium ที่เหลือไปบ่มที่ 35 ^{o}C นาน 48 ± 2 ชั่วโมง ทดสอบปฏิกิริยา methyl red โดยหยด methyl red solution จำนวน 5 หยด ในแต่ละหลอด เมื่อมีสีแดงเกิดขึ้นรายงานผลการทดสอบเป็นบวก ถ้าเป็นสีเหลืองรายงานผลการทดสอบเป็นลบ

11.4 **การทดสอบ citrate -** เพาะเชื้อใน simmons citrate agar โดยการแทง (stab) ลงในวุ้น และขีดเป็นเส้นบนผิวหน้าของอาหารวุ้น บ่มที่ 35 ^{o}C ต่ออีก 24 ± 2 ชั่วโมง เมื่อมีโคโลนีเกิดขึ้นและอาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนสีรายงานผลการทดสอบเป็นบวก และถ้าสีของอาหารไม่เปลี่ยนแปลงรายงานผลการทดสอบเป็นลบ

11.5 **การเกิดก๊าซจากแลคโตส** - เพาะเชื้อลงในหลอดอาหาร lauryl sulfate tryptose broth บ่มที่ 35 ^{o}C นาน 48 ± 2 ชั่วโมง ตรวจสอบการเกิดก๊าซ

11.6 **คำนวณค่า MPN ของ *E. coli*** โดยเทียบค่าจากตาราง MPN ในภาคผนวก จากเชื้อที่ติดสีgลบ รูปร่างเป็นท่อนสั้น ไม่มีสปอร์ ทำให้เกิดก๊าซจากน้ำตาลแลคโตส และให้ผลการทดสอบ IMViC (indole, methyl red, Voges-Proslauer และcitrate) เป็น ++-- หรือ -+--

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง1 ค่า MPN/ml ของตัวอย่างอาหาร เมื่อใช้ตัวอย่าง 0.1 0.01 และ 0.001 ml ความเข้มข้นละ 3 หลอด

จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก				จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก			
0.1	**0.01**	**0.001**	**MPN/ml**	**0.1**	**0.01**	**0.001**	**MPN/ml**
0	0	0	<3	2	0	0	9.1
0	0	1	3	2	0	1	14
0	0	2	6	2	0	2	20
0	0	3	9	2	0	3	26
0	1	0	3	2	1	0	15
0	1	1	6.1	2	1	1	20
0	1	2	9.2	2	1	2	27
0	1	3	12	2	1	3	34
0	2	0	6.2	2	2	0	21
0	2	1	9.3	2	2	1	28
0	2	2	12	2	2	2	35
0	2	3	16	2	2	3	42
0	3	0	9.4	2	3	0	29
0	3	1	13	2	3	1	36
0	3	2	16	2	3	2	44
0	3	3	19	2	3	3	53

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ง1 (ต่อ)

จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก				จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก			
0.1	**0.01**	**0.001**	**MPN/ml**	**0.1**	**0.01**	**0.001**	**MPN/ml**
1	0	0	3.6	3	0	0	23
1	0	1	7.2	3	0	1	39
1	0	2	11	3	0	2	64
1	0	3	15	3	0	3	95
1	1	0	7.3	3	1	0	43
1	1	1	11	3	1	1	75
1	1	2	15	3	1	2	120
1	1	3	19	3	1	3	160
1	2	0	11	3	2	0	93
1	2	1	15	3	2	1	150
1	2	2	20	3	2	2	210
1	2	3	24	3	2	3	290
1	3	0	16	3	3	0	240
1	3	1	20	3	3	1	460
1	3	2	24	3	3	2	1100
1	3	3	29	3	3	3	>1100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายเรวัตร พงษ์พิสุทธินันท์

วัน เดือน ปีเกิด 8 ตุลาคม 2520

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2538 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคาร

พ.ศ. 2542 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved