

ภาคผนวก

การเตรียมสารเคมีในการวิเคราะห์โดยวิธี ดีเอ็นเอส (DNS method)

1. 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) 1.0 % เตรียมโดยชั่ง ดีเอ็นเอส 10 กรัม ในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร

2. เตรียมสารละลายต่าง (NaOH 16 กรัมละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร) คนสารละลาย ที่ละน้อยให้เข้ากันจนหมด

3. นำไปอุ่นในอ่างน้ำร้อนจนกระทั่งได้สารละลายใสจากนั้นเติม potassium sodium tartrate (Rochelle salt) ลงไปที่ละน้อยจนครบ 300 กรัม ปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง

4. สารละลายมาตรฐาน เตรียมโดยชั่งกลูโคสมา 0.1000 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับ ปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร จะให้ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส 1.0 มิลลิกรัมต่อ มิลลิลิตร จากนั้นนำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.2-1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตารางภาคผนวก 1-1 ดังนี้

ตารางภาคผนวกที่ 1-1 การเตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

หลอดที่	สารละลายกลูโคส (1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	สารละลายกลูโคสมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
1	0.0	1.00	0
2	0.2	0.8	0.2
3	0.4	0.6	0.4
4	0.6	0.4	0.6
5	0.8	0.2	0.8
6	1.0	0.0	1.0

ตารางภาคผนวกที่ 1-2 Power input และ Re ขณะย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์เทอร์มามิล

อัตราการกววน (รอบ/นาที)	Power input, E_T (วัตต์/กิโลกรัม)	Re ที่เวลาต่าง ๆ (ชั่วโมง)					
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
200	0.0004	4996	6963	13162	13439	39517	44994
300	0.0015	7152	23795	31975	33974	48843	51026
400	0.0031	11038	21669	40082	57394	59583	69335

ตารางภาคผนวกที่ 1-3 Power input และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ขณะย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์เทอร์มามิล

อัตราการกววน (รอบ/นาที)	Power input, E_T (วัตต์/กิโลกรัม)	ปริมาณน้ำตาลที่เวลาต่าง ๆ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)					
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
200	0.0004	12.32 ± 0.23	18.00 ± 0.26	20.75 ± 0.08	25.58 ± 0.89	27.20 ± 0.61	28.11 ± 0.78
		12.33 ± 0.23	19.44 ± 0.85	21.94 ± 0.23	22.94 ± 0.63	25.83 ± 0.27	31.91 ± 0.63
300	0.0015	12.33 ± 0.23	19.44 ± 0.85	21.94 ± 0.23	22.94 ± 0.63	25.83 ± 0.27	31.91 ± 0.63
		12.33 ± 0.23	19.44 ± 0.85	21.94 ± 0.23	22.94 ± 0.63	25.83 ± 0.27	31.91 ± 0.63
400	0.0031	18.50 ± 0.34	20.17 ± 1.87	22.80 ± 0.41	25.72 ± 2.13	30.80 ± 1.71	38.14 ± 2.26
		18.50 ± 0.34	20.17 ± 1.87	22.80 ± 0.41	25.72 ± 2.13	30.80 ± 1.71	38.14 ± 2.26

ตารางภาคผนวกที่ 1-4 Power input และ DE ขณะย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์เอนไซม์เทอร์นามิด

อัตราการกววน (รอบ/นาที)	Power input, E_r (วัตต์/กิโลกรัม)	ปริมาณน้ำตาลที่เวลาต่างๆ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)					
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
200	0.0004	12.32 ± 0.23	18.00 ± 0.26	19.75 ± 0.08	20.58 ± 0.89	22.20 ± 0.61	24.11 ± 0.78
300	0.0015	12.33 ± 0.23	17.44 ± 0.85	18.94 ± 0.23	22.94 ± 0.63	23.83 ± 0.27	26.91 ± 0.63
400	0.0031	18.50 ± 0.34	19.17 ± 1.87	21.80 ± 0.41	23.72 ± 2.13	24.80 ± 1.71	28.14 ± 2.26

ตารางภาคผนวกที่ 1-5 ตารางแสดงค่า Power input และ Re ขณะย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์
กลูโคอะไมเลส

อัตราการกววน (รอบ/นาที)	Power input, E_r (วัตต์/กิโลกรัม)	Re ที่เวลาต่าง ๆ กัน (ชั่วโมง)					
		0	1	4	8	16	20
200	0.0004	33148	34483	34483	40360	40854	41711
300	0.0015	40830	46267	47762	49848	50230	51765
400	0.0031	67646	70639	75724	77027	80371	82221

ตารางภาคผนวกที่ 1-6 Power input และปริมาณน้ำศาลรีคิวซ์ขณะย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์
กลูโคอะไมเลส

อัตราการกวน (รอบ/นาที)	Power input, E_p (วัตต์/กิโลกรัม)	ปริมาณน้ำตาลที่เวลาต่าง ๆ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)					
		0 ช.ม.	1 ช.ม.	4 ช.ม.	8 ช.ม.	16 ช.ม.	20 ช.ม.
200	0.0004	65.09 ± 7.65	147.75 $\pm$ 2.06	208.57 $\pm$ 12.93	201.70 $\pm$ 20.04	219.25 $\pm$ 13.58	233.53 $\pm$ 1.43
300	0.0015	72.75 $\pm$ 1.34	90.87 $\pm$ 0.81	169.54 $\pm$ 10.04	190.94 $\pm$ 5.22	234.44 $\pm$ 8.97	253.09 $\pm$ 0.00
400	0.0031	87.67 $\pm$ 4.46	110.17 $\pm$ 3.75	173.09 $\pm$ 2.81	209.75 $\pm$ 0.68	202.11 $\pm$ 6.96	218.62 $\pm$ 4.56

ตารางภาคผนวกที่ 1-7 Power input และ DE ขณะย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส

อัตราการกวน (รอบ/นาที)	Power input, E_p (วัตต์/กิโลกรัม)	ปริมาณน้ำตาลที่เวลาต่าง ๆ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)					
		0 ช.ม.	1 ช.ม.	4 ช.ม.	8 ช.ม.	16 ช.ม.	20 ช.ม.
200	0.0004	31.40 $\pm$ 3.43	64.93 $\pm$ 0.92	81.73 $\pm$ 4.52	88.94 $\pm$ 4.31	92.48 $\pm$ 2.01	94.74 $\pm$ 1.07
300	0.0015	40.29 $\pm$ 1.20	76.88 $\pm$ 0.37	78.60 $\pm$ 1.30	81.28 $\pm$ 0.13	94.36 $\pm$ 2.31	98.57 $\pm$ 0.11
400	0.0031	44.03 $\pm$ 2.23	84.72 $\pm$ 4.16	87.56 $\pm$ 1.12	88.70 $\pm$ 1.16	90.44 $\pm$ 2.01	94.13 $\pm$ 1.33

ผลการทดสอบทางสถิติ

3.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสลายแป้งมันโดยใช้กรด

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SUGAR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7.282 ^a	11	.662	199.435	.000
Intercept	20.325	1	20.325	6123.033	.000
TEMP	2.377	2	1.188	358.028	.000
CONC	4.497	3	1.499	451.551	.000
TEMP * CONC	.409	6	6.809E-02	20.514	.000
Error	7.967E-02	24	3.319E-03		
Total	27.687	36			
Corrected Total	7.362	35			

a. R Squared = .989 (Adjusted R Squared = .984)

SUGAR

Duncan^{a,b}

TEMP	N	Subset		
		1	2	3
90	12	.4092		
95	12		.8167	
98	12			1.0283
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 3.319E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

b. Alpha = .05.

SUGAR

Duncan^{a,b}

CONC	N	Subset		
		1	2	3
HCl 0.5 N	9	.3278		
H2SO4 0.5 N	9		.6700	
HCl 1.0	9		.6989	
H2SO4 1 N	9			1.3089
Sig.		1.000	.298	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 3.319E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

3.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสลายมันเส้นโดยใช้กรด

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SUGAR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.746 ^a	11	.613	279.824	.000
Intercept	18.376	1	18.376	8384.264	.000
TEMP	2.661	2	1.331	607.157	.000
CONC	3.667	3	1.222	557.692	.000
TEMP * CONC	.418	6	6.965E-02	31.779	.000
Error	5.260E-02	24	2.192E-03		
Total	25.174	36			
Corrected Total	6.799	35			

a. R Squared = .992 (Adjusted R Squared = .989)

SUGAR

Duncan^{a,b}

TEMP	N	Subset		
		1	2	3
90	12	.3408		
95	12		.8225	
98	12			.9800
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 2.192E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

b. Alpha = .05.

SUGAR

Duncan^{a,b}

CONC	N	Subset			
		1	2	3	4
HCl 0.5 N	9	.3167			
H2SO4 0.5 N	9		.5944		
HCl 1.0 N	9			.7489	
H2SO4 1 N	9				1.1978
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 2.192E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

3.3 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสลายแป้งมันสำปะหลังโดยเอนไซม์เทอร์มามิ
ลในการย่อยครั้งแรก

PH * TEMP

Dependent Variable: SUGAR

PH	TEMP	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
5.5	90	.652	.005	.642	.663
	95	.570	.005	.560	.580
	98	.550	.005	.540	.560
6.0	90	.857	.005	.847	.867
	95	.747	.005	.737	.757
	98	.716	.005	.706	.726
6.5	90	.864	.005	.854	.874
	95	.771	.005	.761	.781
	98	.712	.005	.702	.722

SUGAR

Duncan^{a,b}

PH	N	Subset		
		1	2	3
5.5	9	.5908		
6.0	9		.7731	
6.5	9			.7823
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 6.994E-05.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

SUGAR

Duncan^{a,b}

TEMP	N	Subset		
		1	2	3
98	9	.6593		
95	9		.6960	
90	9			.7909
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 6.994E-05.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

3.4 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสลายมันเส้นโดยเอนไซม์เทอร์มามิลในการ
ย่อยครั้งแรก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SUGAR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.363 ^a	8	4.534E-02	437.179	.000
Intercept	8.080	1	8.080	77911.75	.000
PH	.178	2	8.895E-02	857.714	.000
TEMP	.167	2	8.371E-02	807.250	.000
PH * TEMP	1.737E-02	4	4.343E-03	41.875	.000
Error	1.867E-03	18	1.037E-04		
Total	8.444	27			
Corrected Total	.365	26			

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .993)

SUGAR

Duncan^{a,h}

PH	N	Subset		
		1	2	3
5.5	9	.4789		
6.0	9		.5011	
6.5	9			.6611
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.037E-04.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

SUGARDuncan^{a,b}

TEMP	N	Subset		
		1	2	3
98	9	.4556		
95	9		.5378	
90	9			.6478
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.037E-04.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

3.5

ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสลายแป้งมันสำปะหลังโดยเอนไซม์
กลูโคอะไมเลสในการย่อยครั้งสุดท้าย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SUGAR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.132 ^a	8	1.650E-02	218.596	.000
Intercept	10.613	1	10.613	140622.4	.000
PH	1.033E-02	2	5.166E-03	68.443	.000
TEMP	.120	2	6.008E-02	795.997	.000
PH * TEMP	1.501E-03	4	3.753E-04	4.973	.007
Error	1.359E-03	18	7.547E-05		
Total	10.747	27			
Corrected Total	.133	26			

a. R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .985)

SUGARDuncan^{a,b}

PH	N	Subset		
		1	2	3
5.0	9	.6039		
4.0	9		.6252	
4.5	9			.6517
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 7.547E-05.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

SUGARDuncan^{a,b}

TEMP	N	Subset		
		1	2	3
55	9	.5484		
60	9		.6210	
65	9			.7115
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 7.547E-05.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

3.5 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสลายมันเส้นโดยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสใน
ครั้งสุดท้าย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SUGAR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.106 ^a	8	1.324E-02	120.544	.000
Intercept	9.575	1	9.575	87171.55	.000
PH	3.786E-02	2	1.893E-02	172.351	.000
TEMP	6.260E-02	2	3.130E-02	284.957	.000
PH * TEMP	5.463E-03	4	1.366E-03	12.434	.000
Error	1.977E-03	18	1.098E-04		
Total	9.683	27			
Corrected Total	.108	26			

a. R Squared = .982 (Adjusted R Squared = .974)

SUGARDuncan^{a,b}

PH	N	Subset		
		1	2	3
5.0	9	.5475		
4.0	9		.6001	
4.5	9			.6389
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.098E-04.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

SUGARDuncan^{a,b}

TEMP	N	Subset		
		1	2	3
55	9	.5413		
60	9		.5870	
65	9			.6583
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.098E-04.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

4. การย่อยสลายแบ่งในปฏิกรณ์ชีวภาพขนาด 10 ลิตร

4.1 ปริมาณน้ำตาลเกิดจากการสลายแป้งมันสำปะหลังโดยเอนไซม์เทอร์มามีลในการย่อยครั้งแรก

ANOVA

SUGAR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	112.955	2	56.478	198.477	.000
Within Groups	1.707	6	.285		
Total	114.663	8			

SUGAR

Duncan^a

SPEED	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
200	3	28.1133		
300	3		32.0667	
400	3			36.7800
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

4.2 ปริมาณ DE จากการสลายแป้งมันสำปะหลังโดยเอนไซม์เทอร์มามีลในการย่อย

ครั้งแรก

ANOVA

DE					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	31.687	2	15.843	95.698	.000
Within Groups	.993	6	.166		
Total	32.680	8			

DE

SPEED	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
Duncan ^a 200	3	23.6667		
300	3		26.9333	
400	3			28.1000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

4.3 ปริมาณน้ำตาลเกิดจากการสลายแป้งมันสำปะหลังโดยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสใน
 ครั้งการย่อยสุดท้าย

ANOVA

SUGAR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1140.247	2	570.124	558.786	.000
Within Groups	6.122	6	1.020		
Total	1146.369	8			

SUGAR

Duncan^a

SPEED	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
400	3	226.4833	233.5267	253.0900
200	3			
300	3			
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

4.4 ปริมาณ DE น้ำตาลเกิดจากการสลายแป้งมันสำปะหลังโดยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสใน
 ครั้งการย่อยสุดท้าย

ANOVA

DE

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	34.160	2	17.080	16.583	.004
Within Groups	6.180	6	1.030		
Total	40.340	8			

DE

Duncan^a

SPEED	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
400	3	94.1333	98.5333
200	3	94.7333	
300	3		
Sig.		.496	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.