

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์เชิงคุณทรัพย์

1. การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาเชื้อจุลินทรีย์

เตรียมตัวอย่าง โดยชั่งตัวอย่างหน่อไม้ฝรั่ง 25 กรัมที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 มล. ที่มีน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อ (sterile water) ปริมาตร 225 มล. จะได้ระดับความเจือจาง เท่ากับ 10 เท่า (1:10) เขย่าให้เข้ากันประมาณ 2 นาที จากนั้นทำการเจือจางเป็นลำดับไป โดยดูด ตัวอย่างที่เจือจางแล้ว 10 เท่ามา 1 มล. ใส่ลงในน้ำสำหรับเจือจางปริมาตร 9 มล. จะได้ความเจือจาง 100 เท่า (1:100) เขย่าให้เข้ากัน ทำการเจือจางเป็นลำดับไปเช่นนี้ จนกระทั่งได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ถึงระดับความเจือจาง 1000 เท่า (1:1000)

2. การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ aerobic plate count (APC)

โดยวิธีมาตรฐานของ Bacteriological Analytical Manual 2001 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

Aerobic Plate Count (APC) เป็นการตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีชีวิตอยู่ใน ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค pour plate ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เจือจางที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 1.0 มล. ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ แล้วเทอาหาร Plate Count Agar (PCA) ของบริษัท Merck ที่ หลอมแล้วที่อุณหภูมิประมาณ 50 °C ลงไปประมาณ 20 – 25 มล. แล้ววนอาหารกับสารละลาย ตัวอย่างให้เข้ากัน ทำซ้ำ 3 ซ้ำที่แต่ละระดับความเจือจาง เมื่ออาหารแข็งตัวดีแล้ว ให้กลับจานเพาะ เชื้อโดยให้ฝาจานอยู่ด้านล่าง นำไปบ่มในตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 24 ชม. นำมาตรวจนับ จำนวนจุลินทรีย์ด้วย Colony Counter โดยดูการเจริญของโคโลนีเดี่ยว ๆ ลักษณะกลม สีขาวขุ่น ของจุลินทรีย์บนจานเพาะเชื้อที่อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมคือ 25 – 250 โคโลนี

3. การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ Escherichia coli (E.coli) โดยใช้เทคนิค spread plate

Escherichia coli (E.coli) เป็นการตรวจสอบแบคทีเรียในกลุ่มที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคน และสัตว์เลือดอุ่น โดยใช้เทคนิค spread plate เทอาหาร MacCONKEY agar ของบริษัท Merck ที่ หลอมแล้วที่อุณหภูมิประมาณ 50 °C ลงไปในจานเพาะเชื้อ ประมาณ 20 – 25 มล. รอจนอาหาร แข็งตัวดี แล้วปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เจือจางในระดับต่าง ๆ ปริมาตร 0.1 มล. ลงบนผิวหน้า อาหารแล้วใช้แท่งแก้วคนไฟฆ่าเชื้อเกลี่ยสารละลายให้กระจายและซึมไปทั่วผิวอาหาร ทำ 3 ซ้ำที่แต่ละระดับความเจือจาง ไม่ต้องกลับจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มในตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24

ชม. ตรวจสอบเชื้อเช่นเดียวกับ APC ซึ่งมีการคำนวณปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากค่าเฉลี่ยของ 3 จานเพาะเชื้อ (C) ในระดับเจือจางหนึ่ง ๆ ดังนี้

$$\text{ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (CFU/g)} = C \times \text{ระดับความเจือจาง}$$

ภาคผนวก ข

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ

การตรวจสอบคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง ได้แก่ ปริมาณเส้นใย ตามมาตรฐาน Official Methods of Analysis of AOAC International 2000 และลักษณะสีผิวด้วยเครื่อง Chromameter รุ่น CR – 300 (Minolta, Japan) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ปริมาณเส้นใย (Fiber content) ตัดตัวอย่างหน่อไม้ฝรั่งความยาว 15 เซนติเมตรจากปลายยอด หนักประมาณ 50 กรัม มาต้มในน้ำเดือด 100 มล. นาน 10 นาที แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 50% (w/v) ปริมาตร 12.5 มล. ต้มต่อไปอีก 15 นาที หลังจากนั้นล้างเส้นใยที่เหลือนบนตะแกรงขนาด 25 – 30 mesh โดยให้น้ำไหลผ่าน แล้วนำเส้นใยไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 2 ชม. ชั่งน้ำหนักของเส้นใยที่อบได้ ทำ 3 ซ้ำต่อตัวอย่างในแต่ละวัน คำนวณหาปริมาณเส้นใยโดยใช้สูตร

$$\% \text{เส้นใย} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นใยที่อบได้ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักสดตัวอย่าง (กรัม)}}$$

2. ลักษณะสีผิว ตัดตัวอย่างหน่อไม้ฝรั่งความยาว 5 – 10 เซนติเมตรจากปลายยอด มาผ่าครึ่งตามยาวแล้ววางแนวราบลงในถ้วยใส่ตัวอย่างสีดำ เพื่อไม่ให้ค่าจากการอ่านด้วย sensor ถูกกระทบจากแสงภายนอก โดยใช้เครื่อง Chromameter รุ่น CR – 300 วัดในระบบ Hunter Lab Color Scale (L*, a*, b*) อ่านค่า 3 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง และทำ 3 ซ้ำในแต่ละวัน

ภาคผนวก ก1

การแก้สมการคณิตศาสตร์เชิงอนุพันธ์แบบธรรมดา

การแก้สมการคณิตศาสตร์เชิงอนุพันธ์แบบธรรมดา (ordinary differential equation, ODE) โดยวิธีเชิงตัวเลข (numerical method)

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์แบบปรับบรรยากาศสำหรับผัก และผลไม้สดสามารถเขียนแทนได้ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปสมการเชิงอนุพันธ์แบบธรรมดา ซึ่งมีรูปแบบสมการทั่วไปสำหรับสมการอนุพันธ์อันดับที่ n ใด ๆ เป็น

$$c_n \frac{d^n y}{dt^n} + c_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + c_1 \frac{dy}{dt} + c_0 y = f(t)$$

โดยที่ค่า $c_0, c_1, c_2, \dots, c_n$ เป็นค่าคงที่

สมการเชิงอนุพันธ์แบบธรรมดาในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถหาคำตอบได้ด้วยวิธีเชิงตัวเลข โดยวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางคือวิธีรังกัตตาอันดับสี่ (fourth-order Runge-Kutta method) ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงสูง สำหรับสมการอนุพันธ์อันดับ 1

$$c_1 \frac{dy}{dt} + c_0 y = f(t)$$

อัลกอริทึม (algorithm) ของรังกัตตาอันดับสี่เพื่อแก้สมการหา $y(t)$ ของชุดสมการ 2 สมการพร้อมกันคือ

$$\frac{dy}{dt} = f_1(y, z, t)$$

$$\frac{dz}{dt} = f_2(y, z, t)$$

$$y_{i+1} = y_i + \frac{a_1 + 2a_2 + 2a_3 + a_4}{6}$$

$$z_{i+1} = z_i + \frac{b_1 + 2b_2 + 2b_3 + b_4}{6}$$

เมื่อ

$$a_1 = f_1(y_i, z_i, t_i) dt$$

$$b_1 = f_2(y_i, z_i, t_i) dt$$

$$a_2 = f_1\left(y_i + \frac{a_1}{2}, z_i + \frac{b_1}{2}, t_i + \frac{dt}{2}\right) dt$$

$$b_2 = f_2\left(y_i + \frac{a_1}{2}, z_i + \frac{b_1}{2}, t_i + \frac{dt}{2}\right) dt$$

$$a_3 = f_1\left(y_i + \frac{a_2}{2}, z_i + \frac{b_2}{2}, t_i + \frac{dt}{2}\right) dt$$

$$b_3 = f_2\left(y_i + \frac{a_2}{2}, z_i + \frac{b_2}{2}, t_i + \frac{dt}{2}\right) dt$$

$$a_4 = f_1(y_i + a_3, z_i + b_3, t_i + dt) dt$$

$$b_4 = f_2(y_i + a_3, z_i + b_3, t_i + dt) dt$$

$$t_{i+1} = t_i + dt$$

กำหนดสถานะเริ่มต้น (initial condition): $y = y_0, z = z_0, t = t_0$

เมื่อ i = รอบของการคำนวณ และ dt = ช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้นของตัวแปรอิสระ t

ภาคผนวก ก2

รายละเอียดโปรแกรม Quick Basic

```

DECLARE FUNCTION func1! (x!, yo!, yc!)
DECLARE FUNCTION func2! (x!, yo!, yc!)
DECLARE SUB minmax (Np!, yo!(), yc!(), Yomin!, Yomax!, Ycmin!, Ycmax!)
DECLARE SUB graph (Start!, max!, R!(), S!(), Smin!, Smax!)
DECLARE FUNCTION func! (x!, yo!, yc!)

CLS

OPEN "AspA.txt" FOR OUTPUT AS #1

PRINT TAB(15); "SIMULATION'S PROJECT"
PRINT TAB(15); "Shelf Life Predictive Modeling"
PRINT TAB(15); "4th order Runge-Kutta Method"
L$ = STRING$(75, "-")
PRINT L$

PRINT " i    ti    yoi    yci    yo(i+1) yc(i+1)"
PRINT L$

Start = 0: Finish = 672

Dt = 24

Np = (Finish - Start) / Dt + 1

DIM t(Np), yo(Np), yc(Np), S(Np)

t(1) = Start: yo(1) = .18: yc(1) = .08

u$ = "###.#####"

FOR i = 1 TO Np

    PRINT USING "#####  ###.###"; i; t(i);

    PRINT USING u$; yo(i); yc(i);

    A1 = Dt * func1(t(i), yo(i), yc(i))
    B1 = Dt * func2(t(i), yo(i), yc(i))

    A2 = Dt * func1(t(i) + Dt / 2, yo(i) + A1 / 2, yc(i) + B1 / 2)
    B2 = Dt * func2(t(i) + Dt / 2, yo(i) + A1 / 2, yc(i) + B1 / 2)

    A3 = Dt * func1(t(i) + Dt / 2, yo(i) + A2 / 2, yc(i) + B2 / 2)
    B3 = Dt * func2(t(i) + Dt / 2, yo(i) + A2 / 2, yc(i) + B2 / 2)

```

```

A4 = Dt * func1(t(i) + Dt, yo(i) + A3, yc(i) + B3)
B4 = Dt * func2(t(i) + Dt, yo(i) + A3, yc(i) + B3)
IF i <> Np THEN
  yo(i + 1) = yo(i) + (A1 + 2 * A2 + 2 * A3 + A4) / 6
  yc(i + 1) = yc(i) + (B1 + 2 * B2 + 2 * B3 + B4) / 6
  t(i + 1) = t(i) + Dt
  PRINT USING u$; yo(i + 1); yc(i + 1)
  PRINT #1, ti; yo(i + 1); yc(i + 1)
  END IF
NEXT
PRINT

PRINT : PRINT L$
CLOSE #1

INPUT "See graph? (y/n)", y$
IF LCASE$(y$) = "y" THEN
  CALL minmax(Np, yo(), yc(), Yomin, Yomax, Ycmin, Ycmax)
  CALL graph(Start, Np, t(), yo(), Ymin, Ymax)
  CALL minmax(Np, yo(), yc(), Yomin, Yomax, Ycmin, Ycmax)
  CALL graph(Start, Np, t(), yc(), Ymin, Ymax)
END IF

FUNCTION func1 (x, yo, yc)
  Po = 145.83
  A = .0529: W = .2: V = 635.4: L = 1.37795
  Vm = 200: Km = 3.68: Ki = 16.67
  func1 = (Po * A * (.21 - yo) / (V * L)) - ((W / V) * (Vm * yo) / (Km + yo * (1 + yc / Ki)))
END FUNCTION

```

```

FUNCTION func2 (x, yo, yc)
Pc = 543.54
A = .0529: W = .2: V = 635.4: L = 1.37795
Vm = 222.22: Km = 2.91: Ki = 7.5
func2 = (Pc * A * (.0003 - yc) / (V * L)) + ((W / V) * (Vm * yo) / (Km + yo * (1 + yc / Ki)))
END FUNCTION

```

```

SUB graph (Start, max, R(), S(), Smin, Smax)

```

```

R = R(max) 'Largest x value

```

```

A$ = "###.###"

```

```

SCREEN 8: CLS : COLOR 7, 1

```

```

VIEW (50, 10)-(610, 186), , 7

```

```

WINDOW (0, 0)-(672, 1)

```

```

LOCATE 25, 5: PRINT USING A$; R(1);

```

```

LOCATE 25, 75: PRINT USING A$; R;

```

```

LOCATE 24, 1: PRINT USING A$; Smin;

```

```

LOCATE 2, 1: PRINT USING A$; Smax;

```

```

FOR x = 1 TO max

```

```

    PSET (R(x), S(x)), 11

```

```

NEXT

```

```

LOCATE 25, 31: PRINT "Press any key to quit";

```

```

DO WHILE INKEY$ = "": LOOP

```

```

END SUB

```

```

SUB minmax (Np, yo(), yc(), Yomin, Yomax, Ycmin, Ycmax)

```

```

Yomin = yo(1): Yomax = yo(1)

```

```

Ycmin = yc(1): Ycmax = yc(1)

```

```

FOR i = 2 TO Np

```

```

    IF yo(i) > Yomax THEN Yomax = yo(i)

```

```

    IF yo(i) < Yomin THEN Yomin = yo(i)

```

```
IF yc(i) > Ycmax THEN Ycmax = yc(i)
IF yc(i) < Ycmin THEN Ycmin = yc(i)
NEXT
END SUB
```

ภาคผนวก ง

ข้อมูลดิบจากการทดลอง

ตารางผนวกที่ 1 ค่าสีของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 6 วัน

วันที่เก็บ	วิธีการ	สี L	สี a*	สี b*	Hue angle
รักษา					
1	ไม่ล้าง	51.45 ± 2.96 a	-16.93 ± 0.10 a	23.73 ± 0.58 a	125.51 ± 0.67 a
	ล้างน้ำประปา	51.38 ± 2.54 a	-17.09 ± 0.50 a	24.52 ± 0.82 a	124.89 ± 1.65 a
	ล้างน้ำคลอรีน	50.13 ± 1.76 a	-17.25 ± 0.31 a	23.86 ± 1.03 a	125.88 ± 0.76 a
	ล้างน้ำไอโซน	51.07 ± 3.03 a	-17.57 ± 0.44 a	24.61 ± 0.85 a	125.54 ± 1.54 a
3	ไม่ล้าง	52.22 ± 1.47 a	-16.87 ± 0.17 a	24.45 ± 0.73 ab	124.62 ± 1.05 b
	ล้างน้ำประปา	52.23 ± 1.27 a	-16.78 ± 0.92 a	24.77 ± 0.79 ab	124.10 ± 0.97 b
	ล้างน้ำคลอรีน	50.85 ± 0.57 a	-17.11 ± 0.37 a	24.38 ± 0.35 ab	125.07 ± 0.78 b
	ล้างน้ำไอโซน	51.43 ± 2.91 a	-17.48 ± 0.03 a	25.23 ± 0.79 ab	124.74 ± 0.80 b
6	ไม่ล้าง	53.04 ± 3.82 a	-16.74 ± 0.08 a	25.11 ± 0.31 b	123.69 ± 0.32 c
	ล้างน้ำประปา	52.90 ± 2.86 a	-16.67 ± 0.67 a	25.42 ± 0.69 b	123.25 ± 0.41 c
	ล้างน้ำคลอรีน	52.78 ± 4.54 a	-16.74 ± 1.11 a	25.16 ± 1.66 b	123.64 ± 0.51 c
	ล้างน้ำไอโซน	53.48 ± 2.46 a	-17.03 ± 0.21 a	25.62 ± 0.67 b	123.62 ± 0.68 c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณเส้นใย (%) ของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 6 วัน

วันที่เก็บรักษา	ไม่ล้าง	ล้างน้ำประปา	ล้างน้ำคลอรีน	ล้างน้ำไอโซน
1	0.62 ± 0.02 a	0.63 ± 0.04 a	0.60 ± 0.03 a	0.61 ± 0.05 a
3	0.80 ± 0.04 b	0.79 ± 0.07 b	0.76 ± 0.02 b	0.77 ± 0.04 b
6	0.80 ± 0.09 b	0.87 ± 0.02 b	0.84 ± 0.08 b	0.80 ± 0.11 b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 33 ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์
พลาสติกเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่อุณหภูมิ 4°C

วันที่เก็บรักษา (วัน)	ปริมาณก๊าซออกซิเจน (%)	ปริมาณก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (%)
0	17.51 ± 0.39	8.15 ± 0.29
1	11.59 ± 0.55	9.29 ± 1.28
2	12.01 ± 1.45	12.62 ± 0.09
5	11.40 ± 1.75	13.05 ± 0.05
7	9.38 ± 0.33	20.20 ± 0.99
9	9.17 ± 0.59	18.16 ± 1.44
12	7.18 ± 0.18	16.50 ± 1.31
15	7.39 ± 0.99	13.36 ± 0.10
20	7.04 ± 0.87	12.33 ± 0.53
23	6.05 ± 0.45	10.79 ± 0.58
28	5.80 ± 0.67	10.26 ± 0.60

ตารางผนวกที่ 34 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย และค่า hue angle ของหน่อไม้ฝรั่งเก็บรักษาที่
อุณหภูมิ 4°C

วันที่เก็บรักษา (วัน)	ปริมาณเส้นใย (%)	ค่า hue angle
0	0.17 ± 0.03	126.65 ± 0.63
1	0.26 ± 0.02	126.42 ± 0.08
2	0.28 ± 0.06	126.04 ± 0.40
5	0.26 ± 0.04	125.96 ± 0.69
7	0.29 ± 0.02	126.04 ± 0.48
9	0.32 ± 0.03	125.71 ± 0.35
12	0.37 ± 0.09	125.49 ± 0.13

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

วันที่เก็บรักษา (วัน)	ปริมาณเส้นใย (%)	ค่า hue angle
15	0.37 ± 0.10	125.42 ± 0.50
20	0.39 ± 0.05	125.32 ± 0.80
23	0.41 ± 0.04	124.88 ± 0.55
28	0.44 ± 0.01	123.99 ± 1.30

ตารางผนวกที่ 5 ค่าเฉลี่ยคะแนนของการสังเกตลักษณะภายนอก (appearance) ที่อุณหภูมิ 4°C โดยผู้ทดลอง

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	คะแนนของลักษณะปรากฏ ที่อุณหภูมิ 4°C
0	4.0
1	4.0
2	4.0
5	4.0
7	4.0
9	3.7
12	3.0
15	3.0
20	3.0
23	2.3
28	2.0

ตารางผนวกที่ 6 ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นสุดท้ายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจน ในระบบปิดในรูปฟังก์ชันของความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน โดยไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (0%)

การทำซ้ำ	การวัดค่า	ความเข้มข้นเริ่มต้น (%)		ความเข้มข้นสุดท้าย (%)	
		CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂
2% O ₂	ครั้งที่ 1	0.00	2.50	0.49	2.19
	ครั้งที่ 2	0.00	2.74	0.52	2.26
	ครั้งที่ 1	0.00	2.51	0.53	2.05
	ค่าเฉลี่ย	0.00	2.58	0.51	2.17
	ค่า SD	0.00	0.14	0.02	0.11
2% O ₂	ครั้งที่ 1	0.00	2.68	0.47	2.29
	ครั้งที่ 2	0.00	2.03	0.54	1.69
	ครั้งที่ 2	0.00	2.02	0.50	1.58
	ค่าเฉลี่ย	0.00	2.24	0.50	1.85
	ค่า SD	0.00	0.38	0.03	0.38
5% O ₂	ครั้งที่ 1	0.00	5.49	0.69	4.75
	ครั้งที่ 2	0.00	5.52	0.68	4.75
	ครั้งที่ 1	0.00	5.37	0.67	4.82
	ค่าเฉลี่ย	0.00	5.46	0.68	4.78
	ค่า SD	0.00	0.08	0.01	0.04
5% O ₂	ครั้งที่ 1	0.00	5.12	0.69	4.98
	ครั้งที่ 2	0.00	4.91	0.69	4.28
	ครั้งที่ 2	0.00	5.36	0.68	4.67
	ค่าเฉลี่ย	0.00	5.13	0.69	4.64
	ค่า SD	0.00	0.22	0.01	0.35

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

การทำซ้ำ	การวัดค่า	ความเข้มข้นเริ่มต้น (%)		ความเข้มข้นสุดท้าย (%)		
		CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	
10% O ₂	ครั้งที่ 1	0.00	10.86	0.84	9.65	
	ครั้งที่ 2	0.00	10.85	0.96	10.15	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 3	0.00	10.37	0.80	10.03
	ค่าเฉลี่ย	0.00	10.69	0.87	9.95	
	ค่า SD	0.00	0.28	0.09	0.26	
10% O ₂	ครั้งที่ 1	0.00	10.72	0.74	10.00	
	ครั้งที่ 2	0.00	11.02	0.98	10.83	
	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	0.00	10.35	0.98	9.04
	ค่าเฉลี่ย	0.00	10.70	0.90	9.96	
	ค่า SD	0.00	0.33	0.14	0.89	
15% O ₂	ครั้งที่ 1	0.00	15.52	0.82	14.90	
	ครั้งที่ 2	0.00	15.12	0.86	14.56	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 3	0.00	15.32	0.99	14.01
	ค่าเฉลี่ย	0.00	15.32	0.89	14.49	
	ค่า SD	0.00	0.20	0.09	0.45	
15% O ₂	ครั้งที่ 1	0.00	15.66	0.91	14.70	
	ครั้งที่ 2	0.00	15.29	0.98	14.34	
	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	0.00	14.98	0.95	14.01
	ค่าเฉลี่ย	0.00	15.31	0.95	14.35	
	ค่า SD	0.00	0.34	0.03	0.35	

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

การทำซ้ำ	การวัดค่า	ความเข้มข้นเริ่มต้น (%)		ความเข้มข้นสุดท้าย (%)	
		CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂
21% O ₂	ครั้งที่ 1	0.00	21.27	0.97	20.65
	ครั้งที่ 2	0.00	21.03	0.91	20.32
	ครั้งที่ 3	0.00	21.52	0.92	20.74
	ค่าเฉลี่ย	0.00	21.27	0.93	20.57
	ค่า SD	0.00	0.25	0.03	0.22
21% O ₂	ครั้งที่ 1	0.00	21.45	0.79	20.59
	ครั้งที่ 2	0.00	21.59	0.73	20.67
	ครั้งที่ 3	0.00	21.15	0.88	20.48
	ค่าเฉลี่ย	0.00	21.40	0.80	20.58
	ค่า SD	0.00	0.23	0.07	0.10

ตารางผนวกที่ 7 ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนในระบบปิดในรูปฟังก์ชันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 21%

การทำซ้ำ	การวัดค่า	ความเข้มข้นเริ่มต้น (%)		ความเข้มข้นสุดท้าย (%)	
		CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂
1% CO ₂	ครั้งที่ 1	1.50	20.71	3.56	18.95
	ครั้งที่ 2	1.27	21.19	2.62	19.41
	ครั้งที่ 3	1.38	21.03	3.18	19.23
	ค่าเฉลี่ย	1.38	20.98	3.12	19.20
	ค่า SD	0.12	0.24	0.47	0.24

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

การทำซ้ำ	การวัดค่า	ความเข้มข้นเริ่มต้น (%)		ความเข้มข้นสุดท้าย (%)	
		CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂
1% CO ₂ ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	1.59	20.94	3.00	19.08
	ครั้งที่ 2	1.48	21.51	2.55	19.70
	ครั้งที่ 3	1.34	20.17	3.14	18.28
	ค่าเฉลี่ย	1.47	20.87	2.90	19.02
	ค่า SD	0.12	0.67	0.30	0.71
3% CO ₂ ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	3.30	20.84	4.56	19.14
	ครั้งที่ 2	3.23	21.00	4.19	19.43
	ครั้งที่ 3	3.11	21.02	4.38	19.40
	ค่าเฉลี่ย	3.21	20.95	4.38	19.32
	ค่า SD	0.10	0.10	0.18	0.16
3% CO ₂ ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	3.59	21.14	4.90	19.75
	ครั้งที่ 2	3.68	21.19	4.92	19.82
	ครั้งที่ 3	3.42	21.16	4.68	19.68
	ค่าเฉลี่ย	3.56	21.16	4.83	19.75
	ค่า SD	0.13	0.03	0.14	0.07
6% CO ₂ ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	5.68	20.44	6.75	19.39
	ครั้งที่ 2	5.83	20.55	6.47	19.45
	ครั้งที่ 3	5.74	21.04	6.66	19.88
	ค่าเฉลี่ย	5.75	20.68	6.63	19.57
	ค่า SD	0.08	0.32	0.15	0.27

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

การทำซ้ำ	การวัดค่า	ความเข้มข้นเริ่มต้น (%)		ความเข้มข้นสุดท้าย (%)	
		CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂
6% CO ₂	ครั้งที่ 1	5.80	21.00	6.82	19.77
	ครั้งที่ 2	5.80	20.96	6.86	19.55
	ครั้งที่ 3	5.73	21.05	6.76	19.62
	ค่าเฉลี่ย	5.78	21.00	6.81	19.65
	ค่า SD	0.04	0.05	0.05	0.11
9% CO ₂	ครั้งที่ 1	8.65	21.77	9.86	20.69
	ครั้งที่ 2	8.69	21.05	9.27	20.05
	ครั้งที่ 3	9.10	20.83	9.91	20.00
	ค่าเฉลี่ย	8.81	21.22	9.68	20.25
	ค่า SD	0.25	0.50	0.35	0.38
9% CO ₂	ครั้งที่ 1	8.76	20.63	9.41	19.59
	ครั้งที่ 2	9.00	21.03	9.55	20.10
	ครั้งที่ 3	8.49	21.39	9.15	20.39
	ค่าเฉลี่ย	8.75	21.02	9.37	20.03
	ค่า SD	0.26	0.38	0.20	0.40
15% CO ₂	ครั้งที่ 1	11.82	21.52	12.29	20.60
	ครั้งที่ 2	12.23	21.12	12.57	20.26
	ครั้งที่ 3	11.69	21.32	12.20	20.41
	ค่าเฉลี่ย	11.91	21.32	12.35	20.43
	ค่า SD	0.29	0.20	0.19	0.17

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

การทำซ้ำ	การวัดค่า	ความเข้มข้นเริ่มต้น (%)		ความเข้มข้นสุดท้าย (%)	
		CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂
15% CO ₂ ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	12.06	21.66	12.62	20.87
	ครั้งที่ 2	11.86	20.29	12.38	19.45
	ครั้งที่ 3	11.55	20.98	12.25	20.05
	ค่าเฉลี่ย	11.82	20.98	12.42	20.13
	ค่า SD	0.26	0.69	0.19	0.71

ตารางผนวกที่ 8 ค่าความชันเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์เก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่อุณหภูมิ 4°C

วันที่เก็บรักษา (วัน)	ความชันของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์	ความชันของ ก๊าซออกซิเจน
0	0.0114	-0.0592
1	0.0333	0.0042
2	0.0015	-0.0020
5	0.0357	-0.0101
7	-0.0102	-0.0010
9	-0.0055	-0.0067
12	-0.0105	0.0007
15	-0.0021	-0.0007
20	-0.0051	-0.0033
23	-0.0011	-0.0005

ภาคผนวก จ1

วิธีการคำนวณอัตราดอกเบี้ย

การคำนวณอัตราการหายใจในระบบปิดในรูปฟังก์ชันของความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน จากสมการที่ (17)

$$r_o = \left[\frac{((\text{ผลต่างก๊าซ}/100) \times V) + ((\text{ผลต่างก๊าซ}/100) \times 0.0059 \times W \times 0.94)}{W \times t} \right] \times 1000$$

เมื่อค่า V = ปริมาตรอิสระภายในภาชนะบรรจุ (cm^3)

W = น้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่ง = 300 g

t = 1 hr.

โดยปริมาตรของภาชนะบรรจุเท่ากับ 6600 cm^3 และหน่อไม้ฝรั่ง 300 g มีปริมาตร 275 cm^3 ดังนั้น

ปริมาตรอิสระ = $6600 - 275 = 6325 \text{ cm}^3$

ยกตัวอย่างเช่น ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซ $\text{O}_2 = 2.41\%$ และความเข้มข้นสุดท้ายของก๊าซ $\text{O}_2 = 2.01\%$ ดังนั้น ผลต่างก๊าซ = $2.41 - 2.01 = 0.40 \text{ ml}$

$$\begin{aligned} r_o &= \left[\frac{((0.40/100) \times 6325) + ((0.40/100) \times 0.0059 \times 300 \times 0.94)}{300 \times 1} \right] \times 1000 \\ &= 84.36 \text{ ml /kg}\cdot\text{hr} \end{aligned}$$

การคำนวณอัตราการหายใจในระบบปิดในรูปฟังก์ชันของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากสมการที่ (17)

$$r_c = \left[\frac{((\text{ผลต่างก๊าซ}/100) \times V) + ((\text{ผลต่างก๊าซ}/100) \times 0.75 \times W \times 0.94)}{W \times t} \right] \times 1000$$

ยกตัวอย่างเช่น ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซ $\text{CO}_2 = 0\%$ และความเข้มข้นสุดท้ายของก๊าซ $\text{CO}_2 = 0.51\%$ ดังนั้น ผลต่างก๊าซ = 0.51 ml

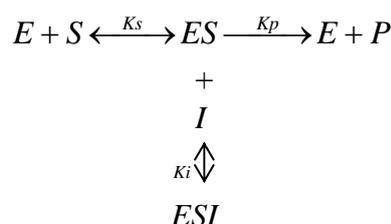
$$\begin{aligned} r_c &= \left[\frac{((0.51/100) \times 6325) + ((0.51/100) \times 0.75 \times 300 \times 0.94)}{300 \times 1} \right] \times 1000 \\ &= 111.13 \text{ ml /kg}\cdot\text{hr} \end{aligned}$$

ภาคผนวก จ2

การคำนวณค่าคงที่ของสมการ Michaelis-Menten

อัตราการหายใจของผักผลไม้สด ถือเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากการทำงานของ เอนไซม์ เนื่องจากเอนไซม์มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยอาหาร และสร้างพลังงานจาก สารอาหารที่ย่อยได้เหล่านั้นเพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีพ ซึ่งการศึกษาที่เกี่ยวกับอัตราเร็วของ ปฏิกิริยา (reaction rate) รวมทั้งกลไกการทำงานของเอนไซม์ เรียกว่า จลนพลศาสตร์ของเอนไซม์

Michaelis-Menten ได้พัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์อธิบายความสัมพันธ์ของความเร็วของ ปฏิกิริยา และความเข้มข้นของสารตั้งต้น (substrate) โดยกำหนดค่า K_m (Michaelis-Menten constant) ให้มีค่าเท่ากับความเร็วของสารตั้งต้นจำเพาะที่ทำให้ความเร็วปฏิกิริยาเป็นครึ่งหนึ่ง ของความเร็วสูงสุด (V_m) และหากมีตัวยับยั้งแบบ uncompetitive ซึ่งไม่จับกับเอนไซม์อิสระ จะมี วงจรปฏิกิริยาดังนี้



เมื่อ	E	=	เอนไซม์
	S	=	สารตั้งต้น
	ES	=	เอนไซม์ที่จับกับสารตั้งต้น
	P	=	ผลิตภัณฑ์
	ESI	=	เอนไซม์ที่จับกับสารตั้งต้นและตัวยับยั้ง
	K_s, K_p, K_i	=	ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา

ค่า V_m ของปฏิกิริยาที่มีตัวยับยั้งประเภทนี้จะมีค่าต่ำกว่ากรณีที่ไม่มีตัวยับยั้ง และค่า K_m จะ ลดลงอันเป็นผลมาจากปฏิกิริยาของ $ES + I \xrightleftharpoons{K_i} ESI$ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการใช้ ES ให้หมดไป ทำให้เกิดการสร้าง ES จาก $E + S \xrightleftharpoons{K_s} ES$ มีผลให้ปฏิกิริยาเกิดต่อไปเรื่อย ๆ

การทดลองโดยวิธีของ Michaelis-Menten ใช้การเขียนกราฟระหว่าง v กับ S ได้เป็นกราฟ ไฮเปอร์โบลา ซึ่งค่อนข้างยุ่งยากในการประเมินค่า V_m และค่า K_m เพื่อที่จะให้การหาค่าทั้งสองนี้ไม่ ซับซ้อน จึงมีวิธีเขียนกราฟความสัมพันธ์ออกมาเป็นเส้นตรง โดยจัดรูปแบบดังสมการที่ 19 แล้ว

พล็อตกราฟระหว่าง $[S]/v$ และ $[S]$ หรือที่เรียกว่า Hanes plot จะได้กราฟเส้นตรงที่มี slope เป็น $1/V_m$ จุดตัดบนแกน $[S]/v$ เป็น K_m/V_m เช่น ในภาพที่ 9 สมการเส้นตรงจากการพล็อตในรูปฟังก์ชันของก๊าซออกซิเจน คือ $\frac{[O_2]}{r} = 0.0050[O_2] + 0.0184$ ซึ่งมีค่า slope = $1/V_m = 0.0050$ ดังนั้น $V_m = 1/0.0050 = 200 \%$ ส่วนจุดตัดบนแกน $[O_2]/r = K_m/V_m = 0.0184$ ดังนั้น $K_m = 0.0184 \times 200 = 3.68 \%$

ส่วนค่า K_s หาได้จากการพล็อตสมการที่ 20 ระหว่าง $[I]/v$ และ $[I]$ หรือที่เรียกว่า Dixon plot จะได้กราฟเส้นตรงที่มี slope เป็น $1/(V_m \cdot K_s)$ เช่น ในภาพที่ 10 สมการเส้นตรงจากการพล็อตในรูปฟังก์ชันของก๊าซออกซิเจน คือ $\frac{1}{r} = 0.0003[CO_2] + 0.0022$ ซึ่งมีค่า slope = $1/(V_m \cdot K_s) = 0.0003$ เมื่อ V_m จาก Hanes plot = 200% ดังนั้น $K_s = 1/(0.0003 \times 200) = 16.67 \%$

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวพีริยา เกียรติชนะไพบุลย์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2520
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีทางอาหาร) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (พ.ศ. 2541)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-