

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ปริมาณไอโอไดด์และไอโอเดต

การวิเคราะห์ปริมาณไอโอไดด์ด้วยวิธี Potentiometry ร่วมกับ Ion Selective Electrode (ISE)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Iodide Combination Electrode (Ion Selective Electrode) ยี่ห้อ Orion Research, Inc., USA
2. เครื่อง sonication ของ Bandelin sonelex, Germany
3. pH meter ของ Orion รุ่น Model FA 720, USA
4. เครื่องแก้วต่างๆ

สารเคมีที่ใช้และการเตรียม

1. สารละลายโซเดียมไนไตรท์ (NaNO_2) ความเข้มข้น 1 M
การเตรียม ละลายโซเดียมไนไตรท์ 17.2500 กรัม ด้วย double distilled water ให้ได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร
2. สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ความเข้มข้น 0.5 M
การเตรียม ละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 44.5125 กรัม ด้วย double distilled water ให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร
3. สารละลายโมโนโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ความเข้มข้น 0.5 M
การเตรียม ละลายโมโนโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 39.0125 กรัม ด้วย double distilled water ให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร
4. สารละลาย Phosphate buffer pH 4
การเตรียม นำ 0.5 M $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ และ 0.5 M $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ อย่างละ 400 มิลลิลิตร เทรวมกัน ปรับ pH ด้วย 6 M HCl ให้ได้ 4 จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร ด้วย double distilled water
5. สารละลายไอโอดีนมาตรฐานความเข้มข้น 0.01 M
การเตรียม ละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 0.1660 กรัม ด้วย double distilled water ให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายไอโอดีนมาตรฐานเพื่อใช้ทำ working standard

นำ stock solution ของ KI มาเตรียม standard solution ให้มีความเข้มข้น 0, 0.1, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150 และ 200 ไมโครโมลาร์ เติม 1 M NaNO_2 1.5 มิลลิลิตร และ phosphate buffer pH 4 จำนวน 12.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วย double distilled water

การวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนด้วยวิธี Flow Injection Analysis (FIA)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่อง spectrometer ของ Perkin Elmer รุ่น Lambda35 uv/vis spectrometer
2. เครื่อง sonication ของ Bandelin sonex, Germany
3. pH meter ของ Orion รุ่น Model FA 720, USA
4. hot plate
5. เครื่องแก้วต่างๆ
6. เครื่อง Flow injection ของ FIA Lab Instrument ใช้ detector ของ Jenway 6061 colorimeter ของ Labquid

สารเคมีที่ใช้และการเตรียม

1. เตรียม stock solution ของกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 1 M
การเตรียม ปิเปตกรดซัลฟูริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4) มา 13.8 มิลลิลิตร ใส่ใน double distilled water ปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร
2. เตรียม soluble starch ความเข้มข้น 0.04% (w/v)
การเตรียม ละลาย soluble starch 0.2000 กรัม ด้วย double distilled water ให้ได้ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปต้มบน hotplate จนสารละลายใส
3. เตรียม H_2SO_4 0.04 M/starch 0.04% (w/v)
การเตรียม นำ soluble starch มา 200 มิลลิลิตร เติม H_2SO_4 1 M ลงไป 20 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย double distilled water ให้ได้ 500 มิลลิลิตร

4. เตรียมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 1 M

การเตรียม ละลายโซเดียมคลอไรด์ 58.4405 กรัม ด้วย double distilled water ให้ได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

5. เตรียมโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ความเข้มข้น 0.06 M/NaCl

การเตรียม ละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 4.9800 กรัม ด้วย NaCl 1 M ให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

6. สารละลายไอโอดีนมาตรฐานความเข้มข้น 0.001 M

การเตรียม ละลายโพแทสเซียมไอโอเดต (KIO_3) 0.0214 กรัม ด้วย double distilled water ให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายไอโอดีนมาตรฐานเพื่อใช้ทำ working standard

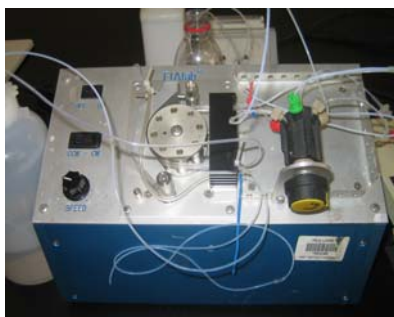
นำ stock solution ของ KIO_3 มาเตรียม standard solution ให้มีความเข้มข้น 0, 1.5, 2.0, 5.0, 7.5, 10.0, 20.0 และ 40.0 ไมโครโมลาร์ ปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ด้วย double distilled water

ภาคผนวก ข

Flow injection system

ภาพผนวกที่ ข.1

Flow injection system ที่ประกอบไปด้วย a) peristaltic pump b) colorimeter และ c) recorder



a)



b)



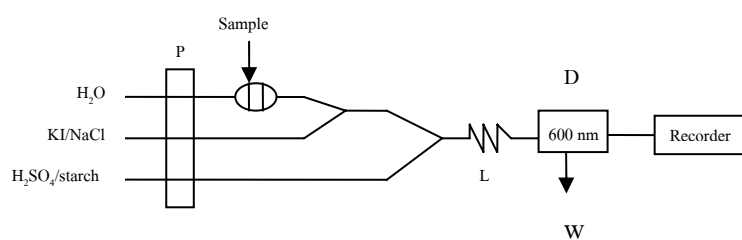
c)

ภาพผนวกที่ ข. 2

Manifold ของระบบ FIA: P, peristaltic pump; L, reaction coil 30 cm; D, detector 600 nm;

W, waste water. (Condition: H_2O , KI 0.06 M/NaCl, H_2SO_4 0.04 M/starch 0.04% (w/v)):

sample volume 200 μl ; flow rate 3.7 ml/min.



ภาคผนวก ค

ผลปริมาณไอโอไดด์และไอโอเดตที่สะสมในต้นและรากของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak

ตารางผนวกที่ ค. 1

ปริมาณไอโอไดด์ที่สะสมในต้นและรากของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่เติมไอโอไดด์ความเข้มข้น 0, 1, 5, 10, 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต (42 วันหลังเพาะเมล็ด)

ความเข้มข้น (ไมโครโมลาร์)	ปริมาณไอโอไดด์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ^{1/}	
	ต้น	ราก
0	0.00 ± 0.00 ^e	00.00 ± 0.00 ^d
1	1.10 ± 0.36 ^e	0.81 ± 0.48 ^d
5	8.90 ± 1.59 ^d	1.95 ± 0.45 ^d
10	22.41 ± 3.26 ^c	4.97 ± 0.92 ^c
50	181.91 ± 5.62 ^b	20.00 ± 2.21 ^b
100	401.60 ± 7.10 ^a	87.47 ± 3.71 ^a
F-test	**	**
C.V. (%)	4.55	10.31

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ ค. 2

ปริมาณไอโอเดตที่สะสมในต้นและรากของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่เติมไอโอเดตความเข้มข้น 0, 1, 5, 10, 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต (42 วันหลังเพาะเมล็ด)

	ความเข้มข้น (ไมโครโมลาร์)	ปริมาณไอโอเดต (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ^{1/}	
		ต้น	ราก
IO ₃ ⁻	0	0.00 ± 0.00 ^c	0.00 ± 0.00 ^b
	1	0.29 ± 0.26 ^{bc}	1.12 ± 0.20 ^a
	5	0.54 ± 0.38 ^{bc}	1.57 ± 0.18 ^a
	10	0.68 ± 0.59 ^b	1.44 ± 0.21 ^a
	50	0.41 ± 0.16 ^{bc}	1.25 ± 0.67 ^a
	100	2.29 ± 0.74 ^a	1.80 ± 0.69 ^a
F-test		**	**
C.V. (%)		16.76	11.02

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ภาคผนวก ง

ผลปริมาณไอโอไดด์และไอโอเดตที่สะสมในต้นและรากของผักบุ้งจีนพันธุ์ยอดไผ่ 9

ตารางผนวกที่ ง. 1

ปริมาณไอโอไดด์ที่สะสมในต้นและรากของผักบุ้งจีนพันธุ์ยอดไผ่ 9 ที่ปลูกในสารละลาย

ธาตุอาหารที่เติมไอโอไดด์ความเข้มข้น 0, 1, 5, 10, 50 และ 100 ไมโครโมลาร์

เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต (21 วันหลังเพาะเมล็ด)

	ความเข้มข้น (ไมโครโมลาร์)	ปริมาณไอโอไดด์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ^{1/}	
		ต้น	ราก
I ⁻	0	0.00 ± 0.00 ^d	0.00 ± 0.00 ^c
	1	1.32 ± 0.15 ^d	0.43 ± 0.05 ^c
	5	8.39 ± 0.83 ^d	1.72 ± 0.15 ^c
	10	20.14 ± 2.33 ^c	4.87 ± 0.78 ^c
	50	75.13 ± 6.94 ^b	41.19 ± 4.45 ^b
	100	135.62 ± 14.50 ^a	72.82 ± 7.06 ^a
F-test		**	**
C.V. (%)		16.56	17.43

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ ง. 2

ปริมาณไอโอเดตที่สะสมในต้นและรากของผักบุ้งจีนพันธุ์ยอดไผ่ 9 ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่เติมไอโอเดตความเข้มข้น 0, 1, 5, 10, 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต (21 วันหลังเพาะเมล็ด)

	ความเข้มข้น (ไมโครโมลาร์)	ปริมาณไอโอเดต (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ^{1/}	
		ต้น	ราก
IO ₃ ⁻	0	0.00 ± 0.00 ^d	0.00 ± 0.00 ^b
	1	1.14 ± 0.32 ^{bc}	0.00 ± 0.00 ^b
	5	1.66 ± 0.51 ^{ab}	1.17 ± 0.60 ^a
	10	0.78 ± 0.59 ^c	0.15 ± 0.10 ^b
	50	1.17 ± 0.19 ^{bc}	0.38 ± 0.28 ^b
	100	1.97 ± 0.31 ^a	1.24 ± 0.52 ^a
F-test		**	**
C.V. (%)		12.06	14.99

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ภาคผนวก จ

ภาพจากการทดลอง

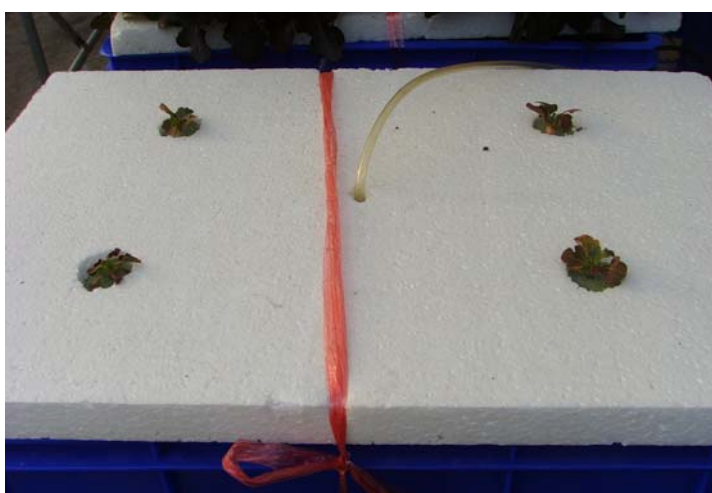
ภาพผนวกที่ จ. 1

แปลงปลูกผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak เมื่ออายุ 40 วันหลังเพาะเมล็ด



ภาพผนวกที่ จ. 2

ผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่เติมไอโอดีนได้
ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ เมื่ออายุ 40 วันหลังเพาะเมล็ด



ภาพผนวกที่ จ. 3

ระบบรากของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่เติมไอโอไดด์
ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ เมื่ออายุ 42 วันหลังเพาะเมล็ด



ภาพผนวกที่ จ. 4

แปลงปลูกผักบุ้งจีนพันธุ์ยอดไผ่ 9 เมื่ออายุ 20 วันหลังเพาะเมล็ด

