

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การเตรียมสารละลายที่ใช้ในงานวิจัย

1. สารละลายไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร

นำไคโตซานจำนวน 0.5 กรัม ละลายในน้ำ ddH₂O ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ข้ามคืน ภายใต้การกวนด้วยเครื่องกวนสาร เติมกรดอะซิติก 80 เปอร์เซ็นต์ ลงไปปริมาณ 12 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ข้ามคืน ภายใต้การกวนด้วยเครื่องกวนสาร ปรับปริมาตรด้วย ddH₂O จนครบ 1000 มิลลิลิตร แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. สารละลาย Dinitrosalicylic acid (DNS)

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวน 80 กรัม ละลายในน้ำ ddH₂O ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ภายใต้การกวนด้วยเครื่องกวนสาร เติม Dinitrosalicylic acid จำนวน 1 กรัม ลงไปอย่างช้าๆ ทิ้งไว้จนสารละลายกลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเติมโซเดียม-โพแทสเซียมทาร์เทรตจำนวน 60 กรัมลงไป กวนจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ปรับปริมาตรด้วย ddH₂O จนครบ 1000 มิลลิลิตร แล้วเก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง

3. สารละลายกลูโคส 5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร

นำกลูโคสจำนวน 5 กรัม ละลายในน้ำ ddH₂O ปริมาณ 50 มิลลิลิตร คนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ปรับปริมาตรด้วย ddH₂O จนครบ 100 มิลลิลิตร แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4. สารละลายแอลฟาโทโคฟีรอล 5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร

นำแอลฟาโทโคฟีรอลจำนวน 5 กรัม ละลายในเอทานอล ปริมาณ 50 มิลลิลิตร คนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ปรับปริมาตรด้วย ddH₂O จนครบ 100 มิลลิลิตร แล้วเก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ภาคผนวก ข.

วิธีการเตรียมตัวอย่างเพื่อทำการวัดสเปกตรัมอนุภาคนาโนไคโตซาน โดยใช้เทคนิค TR-FTIR

1. นำอนุภาคนาโนไคโตซานทั้งก่อนและหลังการกักเก็บและปลดปล่อยแล้วมาทำการบดอย่างละเอียด
2. นำตัวอย่างที่ทำการบดแล้วจำนวน 1 มิลลิกรัม ผสมกับสารโพแทสเซียมโบรไมด์จำนวน 200 มิลลิกรัม ให้เข้ากัน
3. นำมาอัดด้วยเครื่องอัดแรงดันสูงไม่เกิน 10 นิวตัน เป็นเวลา 2 นาที
4. นำตัวอย่างมาใส่ในเครื่องวัด TR-FTIR เพื่อทำการวัดสเปกตรัม



ภาพผนวกที่ ข-1 เครื่องมือวิเคราะห์เพื่อหาค่าประกอบของสาร (เครื่อง FTIR)

ภาคผนวก ค.

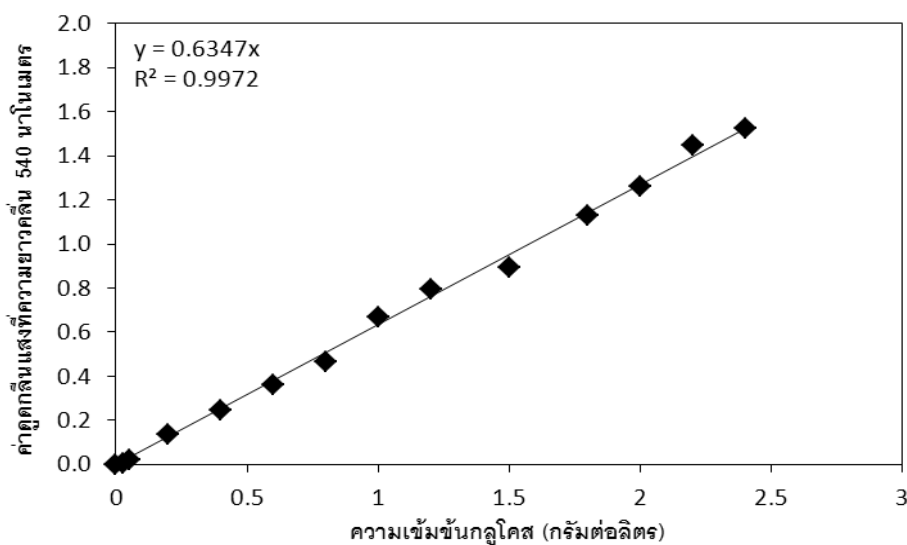
วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล

1. **กลูโคส** : วิเคราะห์หาปริมาณกลูโคสด้วยวิธี DNS (Miller, 1959)

สารเคมี : สารละลาย Dinitrosalicylic acid (DNS)

วิธีการ :

1. นำตัวอย่างปริมาณ 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง
2. เติมสารละลาย DNS ลงไปปริมาณ 1 มิลลิลิตร
3. นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที แล้วทำให้เย็นตัวลงทันที
4. เติมน้ำ ddH₂O ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
5. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร
6. การหากราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลายกลูโคสที่ความเข้มข้นต่างๆ (0-1.2 กรัมต่อลิตร)
 ปริมาณ 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DNS ปริมาณ 1 มิลลิลิตร เขย่า ต้มในน้ำเดือดทำให้เย็นตัวลงทันที เติมน้ำ ddH₂O ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร

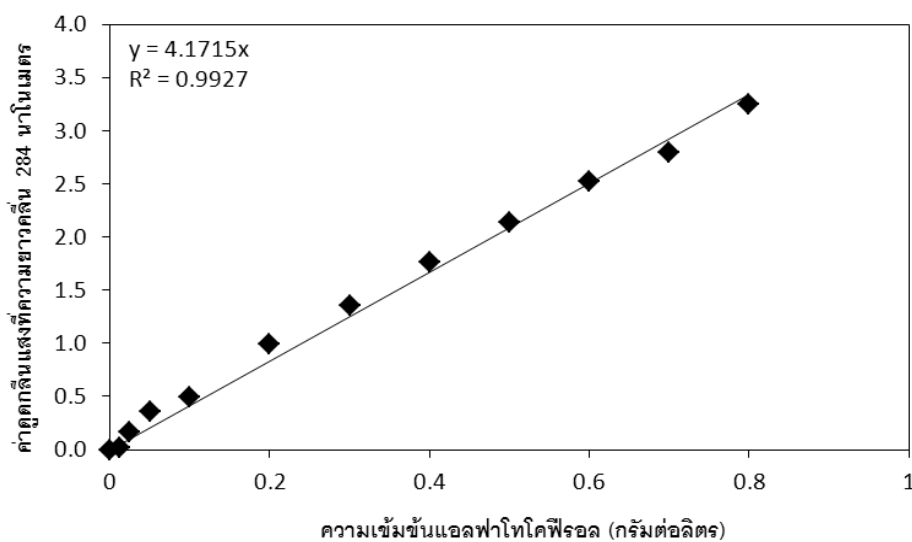


ภาคผนวกที่ ค-1 กราฟมาตรฐานของกลูโคสวัดโดยใช้วิธี DNS

2. แอลฟาโทโคฟีรอล : วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 295 นาโนเมตร (Bilal *et al.*, 2004)

วิธีการ :

1. นำตัวอย่างปริมาณ 3 มิลลิกรัมใส่ในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากัน
2. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 295 นาโนเมตร
3. การหากราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลายแอลฟาโทโคฟีรอลที่ความเข้มข้นต่างๆ (0-1 กรัมต่อลิตร) ปริมาณ 3 มิลลิกรัมใส่ในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 295 นาโนเมตร



ภาคผนวกที่ ค-2 กราฟมาตรฐานของแอลฟาโทโคฟีรอล

สูตรการหาประสิทธิภาพการกักเก็บ :

$$\text{Encapsulation efficiency (\%EE)} = \frac{(\text{Total agent} - \text{Free agent})}{\text{Total agent}} \times 100 \quad (\text{Yan et al., 2005})$$

สูตรการหาประสิทธิภาพการปลดปล่อย :

$$\text{Releasing efficiency (\%RE)} = \frac{(\text{Free agent})}{\text{Total agent}} \times 100 \quad (\text{Ratul et al., 2010})$$

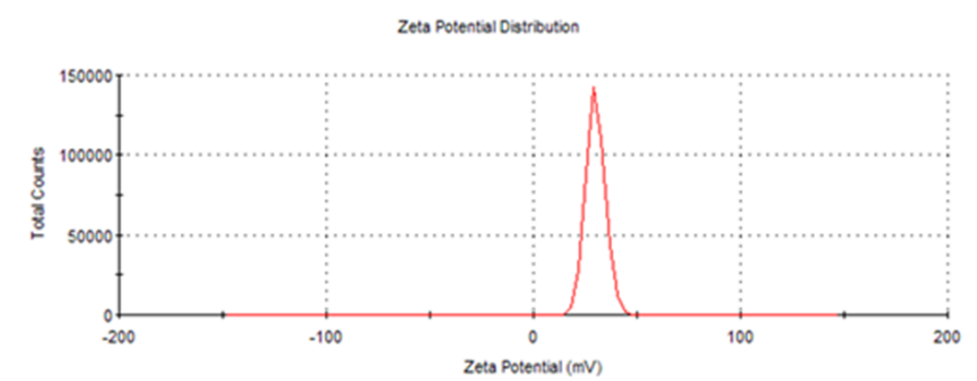
โดยกำหนดให้ total agent คือ ความเข้มข้นกลูโคสหรือแอลฟาโทโคฟีรอลเริ่มต้น (กรัมต่อลิตร)

free agent คือ ความเข้มข้นกลูโคสหรือแอลฟาโทโคฟีรอลที่ไม่ถูกกักเก็บ (กรัมต่อลิตร)

ภาคผนวก ง.

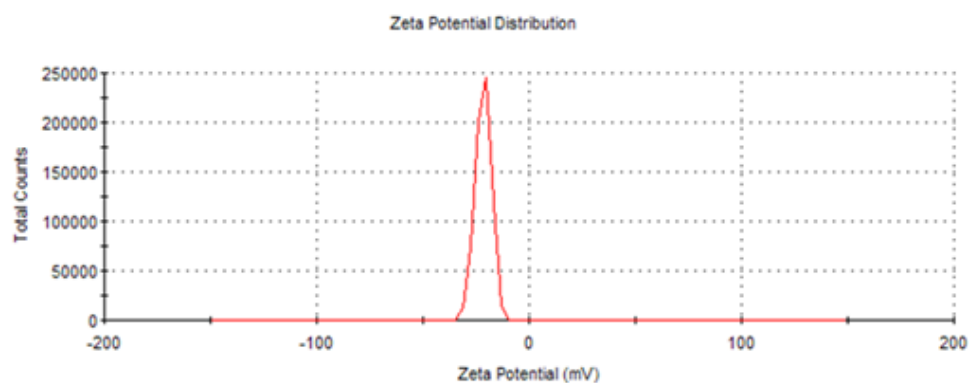
กราฟการวัดค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซานก่อนและหลังการกักเก็บและปลดปล่อย

1. ค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซาน



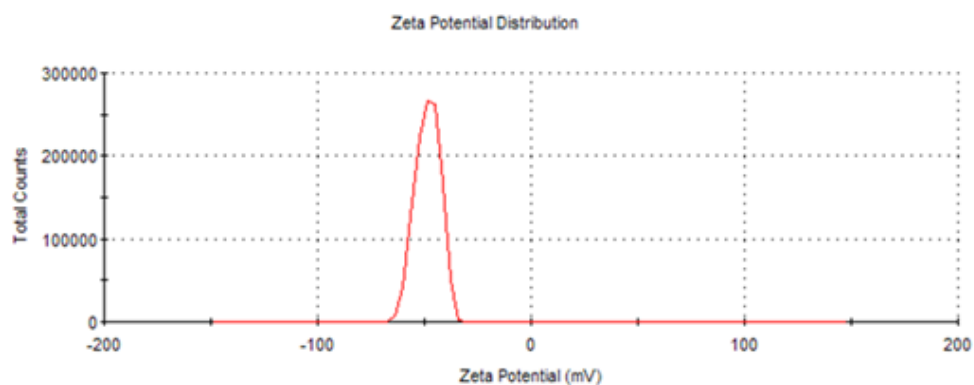
ภาคผนวกที่ ง-1 ผลการวัดค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซาน

2. ค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซานกักเก็บกลูโคส



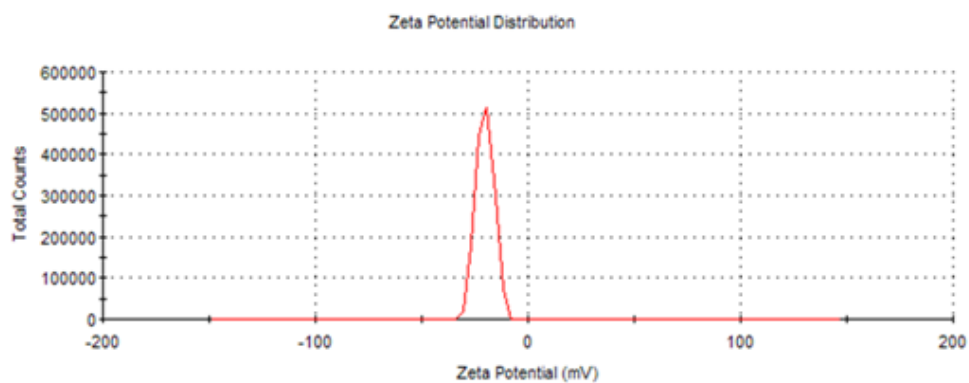
ภาคผนวกที่ ง-2 ผลการวัดค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซาน

3. ค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซานกักเก็บแอลฟาโทโคฟีรอล



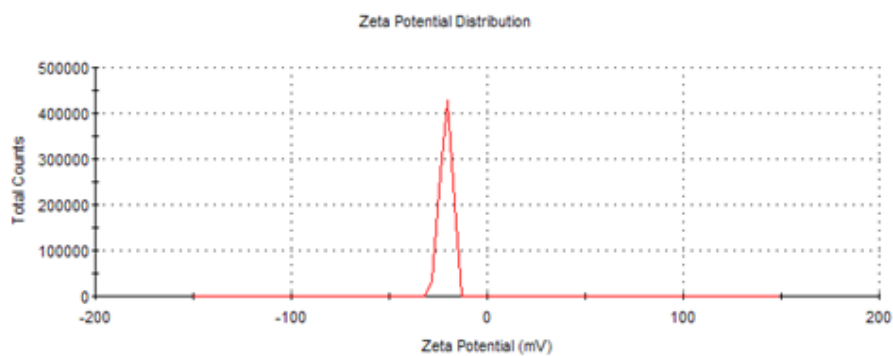
ภาคผนวกที่ ง-3 ผลการวัดค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซานกักเก็บแอลฟาโทโคฟีรอล

4. ค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซานกักเก็บกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล



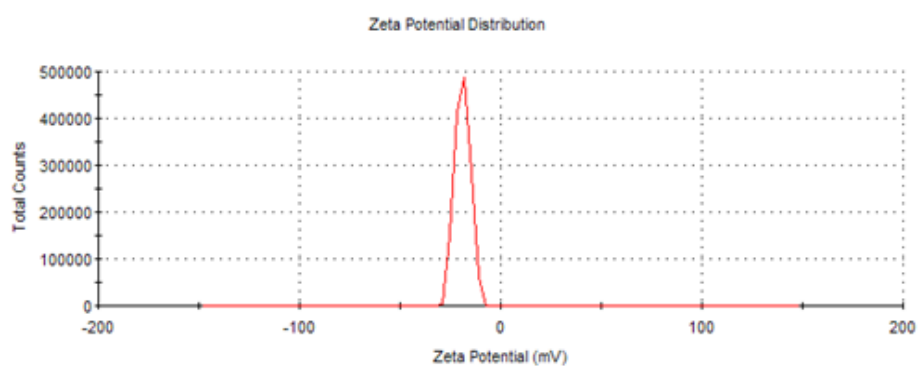
ภาคผนวกที่ ง-4 ผลการวัดค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซานกักเก็บกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล

5. ค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซานปลดปล่อยกลูโคส



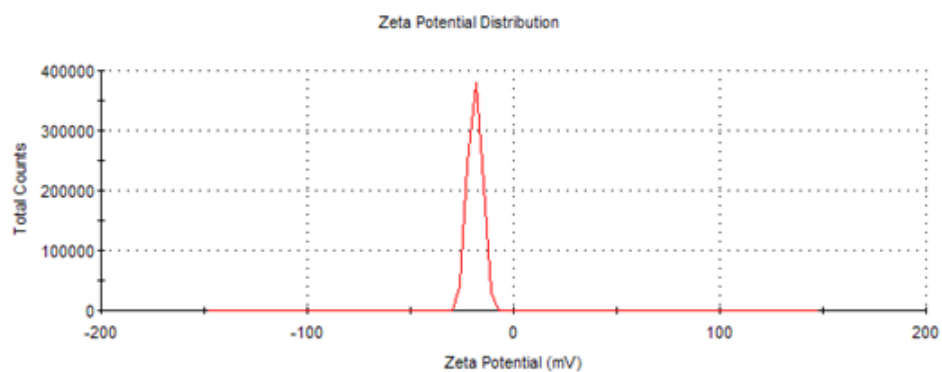
ภาคผนวกที่ ง-5 ผลการวัดค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซานปลดปล่อยกลูโคส

6. ค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซานปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอล



ภาคผนวกที่ ง-6 ผลการวัดค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซานปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอล

7. ค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซานปลดปล่อยกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล



ภาคผนวกที่ ง-7 ผลการวัดค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคไคโตซานปลดปล่อยกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล

ภาคผนวก จ.

ข้อมูลจากการทดลอง

1. กลูโคส

ตารางภาคผนวกที่ จ-1 ประสิทธิภาพการกักเก็บกลูโคส

โคโตซานเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก โดยปริมาตร)	กลูโคสเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก โดยปริมาตร)	ความเข้มข้น กลูโคสเริ่มต้น (กรัมต่อลิตร)	กลูโคสที่ ไม่ได้กักเก็บ (กรัมต่อลิตร)	ประสิทธิภาพ การกักเก็บ (เปอร์เซ็นต์)	ประสิทธิภาพ กักเก็บเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
0.05	0.25	2.056	0.765	62.783	50.404
		2.485	1.379	44.530	
		2.415	1.355	43.900	
	0.5	3.981	0.463	88.367	74.599
		4.953	1.593	67.841	
		4.845	1.570	67.589	
	0.75	6.021	2.210	63.289	72.031
		7.088	1.705	75.939	
		7.017	1.623	76.865	
	1	7.837	2.798	64.291	76.32
		9.988	1.643	83.548	
		9.954	1.551	84.417	
	2	9.159	1.695	81.496	74.064
		9.824	2.838	67.810	
		9.062	2.457	72.882	

ตารางภาคผนวกที่ จ-1 (ต่อ) ประสิทธิภาพการกักเก็บกลูโคส

ไคโตซานเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก โดยปริมาตร)	กลูโคสเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก โดยปริมาตร)	ความเข้มข้น กลูโคสเริ่มต้น (กรัมต่อลิตร)	กลูโคสที่ ไม่ได้กักเก็บ (กรัมต่อลิตร)	ประสิทธิภาพ การกักเก็บ (เปอร์เซ็นต์)	ประสิทธิภาพ กักเก็บเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
0.05	3	9.945	2.622	73.639	66.642
		9.721	4.021	58.639	
		9.839	3.183	67.650	
	5	11.464	1.717	85.019	72.832
		11.206	3.918	65.040	
		11.342	3.230	68.438	
	10	12.069	2.982	75.292	69.238
		11.797	4.781	59.472	
		11.940	3.230	72.948	
0.1	0.25	1.776	0.528	73.233	48.589
		2.478	1.570	36.671	
		2.355	1.511	35.863	
	0.5	4.025	3.076	38.213	57.031
		4.921	1.616	67.158	
		4.259	1.460	65.722	
	0.75	6.162	4.543	26.282	58.801
		7.120	1.758	75.316	
		7.362	1.855	74.804	
	1	7.824	4.018	48.650	69.090
		9.907	1.625	83.595	
		9.824	2.454	75.023	

ตารางภาคผนวกที่ จ-1 (ต่อ) ประสิทธิภาพการกักเก็บกลูโคส

ไคโตซานเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก โดยปริมาตร)	กลูโคสเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก โดยปริมาตร)	ความเข้มข้น กลูโคสเริ่มต้น (กรัมต่อลิตร)	กลูโคสที่ ไม่ได้กักเก็บ (กรัมต่อลิตร)	ประสิทธิภาพ การกักเก็บ (เปอร์เซ็นต์)	ประสิทธิภาพ กักเก็บเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
0.5	0.25	2.078	1.133	45.459	22.747
		2.362	2.131	9.745	
		1.852	2.139	13.036	
	0.5	3.905	2.375	39.190	51.540
		4.652	2.398	48.463	
		4.008	1.324	66.968	
	0.75	5.966	4.204	29.534	54.938
		7.014	2.262	67.744	
		5.499	2.139	67.536	
	1	8.055	3.702	54.046	66.083
		9.945	2.821	71.630	
		7.798	2.139	72.573	
1	0.25	1.971	0.924	53.133	25.993
		2.450	2.253	8.064	
		2.454	4.918	16.782	
	0.5	4.025	0.624	23.560	28.202
		4.928	3.533	28.312	
		4.954	3.314	33.103	
	0.75	7.507	3.96	43.400	44.761
		7.255	3.788	47.789	
		7.429	3.788	43.094	

ตารางภาคผนวกที่ จ-1 (ต่อ) ประสิทธิภาพการกักเก็บกลูโคส

ไคโตซานเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก โดยปริมาตร)	กลูโคสเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก โดยปริมาตร)	ความเข้มข้น กลูโคสเริ่มต้น (กรัมต่อลิตร)	กลูโคสที่ ไม่ได้กักเก็บ (กรัมต่อลิตร)	ประสิทธิภาพ การกักเก็บ (เปอร์เซ็นต์)	ประสิทธิภาพ กักเก็บเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
	1	11.839	6.382	46.096	50.665
		9.595	4.232	55.889	
		9.838	4.918	50.011	
2	0.25	2.272	1.941	14.601	32.759
		2.345	1.395	40.538	
		2.415	1.373	43.137	
	0.5	5.183	4.169	19.558	37.540
		4.719	2.614	44.611	
		2.817	1.452	48.450	
	0.75	7.333	6.393	12.817	36.613
		6.181	3.286	46.829	
		5.891	2.934	50.193	
	1	8.160	6.090	25.362	42.398
		7.860	3.935	49.931	
		7.790	3.747	51.900	

ตารางภาคผนวกที่ จ-2 ปริมาณการปลดปล่อยกลูโคสสะสมและไม่สะสมเป็นระยะเวลา 7 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณกลูโคสสะสม (กรัมต่อลิตร)			ปริมาณกลูโคสไม่สะสม (กรัมต่อลิตร)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	0.020	0.024	0.022	0.021	0.016	0.018
1	0.164	0.163	0.164	0.178	0.171	0.175
2	0.234	0.284	0.259	0.162	0.142	0.152
3	0.275	0.333	0.304	0.147	0.128	0.138
4	0.333	0.404	0.368	0.142	0.116	0.129
5	0.372	0.451	0.411	0.134	0.104	0.119
6	0.418	0.507	0.462	0.122	0.094	0.108
7	0.424	0.514	0.469	0.105	0.085	0.095

ตารางภาคผนวกที่ จ-3 ผลของค่าพีเอชที่มีต่อปริมาณการปลดปล่อยกลูโคสสะสมและไม่สะสมเป็นระยะเวลา 7 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณกลูโคสสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)				ปริมาณกลูโคสไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)			
	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.113	0.109	0.099	0.087	0.117	0.112	0.084	0.078
2	0.118	0.115	0.109	0.100	0.113	0.111	0.075	0.072
3	0.128	0.122	0.119	0.106	0.109	0.105	0.070	0.067
4	0.136	0.131	0.128	0.112	0.101	0.100	0.067	0.058
5	0.142	0.135	0.134	0.119	0.095	0.091	0.062	0.053
6	0.150	0.141	0.138	0.127	0.092	0.081	0.056	0.049
7	0.152	0.145	0.141	0.131	0.090	0.077	0.052	0.046

ตารางภาคผนวกที่ จ-4 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณการปลดปล่อยกลูโคสสะสมและไม่สะสมเป็นระยะเวลา 7 วัน (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณกลูโคสสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)				ปริมาณกลูโคสไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)			
	25	45	60	80	25	45	60	80
อุณหภูมิ								
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.041	0.105	0.149	0.165	0.045	0.102	0.140	0.153
2	0.067	0.121	0.184	0.190	0.038	0.083	0.123	0.142

ตารางภาคผนวกที่ จ-4 (ต่อ) ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณการปลดปล่อยกลูโคสสะสมและไม่สะสมเป็นระยะเวลา 7 วัน (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณกลูโคสสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)				ปริมาณกลูโคสไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)			
	25	45	60	80	25	45	60	80
3	0.153	0.210	0.214	0.219	0.031	0.078	0.098	0.116
4	0.159	0.274	0.276	0.302	0.016	0.063	0.083	0.091
5	0.179	0.374	0.387	0.414	0.010	0.040	0.058	0.072
6	0.230	0.382	0.413	0.437	0.004	0.018	0.035	0.045
7	0.248	0.403	0.422	0.451	0.000	0.009	0.015	0.017

2. แอลฟาโทโคฟีรอล

ตารางภาคผนวกที่ จ-5 ประสิทธิภาพการกักเก็บแอลฟาโทโคฟีรอล

ไคโตซาน (เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโดย ปริมาตร)	แอลฟาโทโคฟีรอล เข้มข้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก โดยปริมาตร)	ความเข้มข้น แอลฟาโทโคฟีรอล เริ่มต้น (กรัมต่อลิตร)	แอลฟาโทโคฟีรอล ที่ไม่ได้ถูกกักเก็บ (กรัมต่อลิตร)	ประสิทธิภาพ กักเก็บ (เปอร์เซ็นต์)	ประสิทธิภาพ กักเก็บเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
0.05	0.25	2.334	1.469	77.382	65.385
		2.060	1.284	62.335	
		1.965	1.100	56.437	
	0.5	3.439	3.117	90.638	84.118
		1.113	0.936	84.151	
		1.215	0.942	77.567	

ตารางภาคผนวกที่ จ-5 (ต่อ) ประสิทธิภาพการกักเก็บแอลฟาโทโคฟีรอล

โคโตซาน (เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโดย ปริมาตร)	แอลฟาโทโคฟีรอล เข้มข้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก โดยปริมาตร)	ความเข้มข้น แอลฟาโทโคฟีรอล เริ่มต้น (กรัมต่อลิตร)	แอลฟาโทโคฟีรอล ที่ไม่ได้ถูกกักเก็บ (กรัมต่อลิตร)	ประสิทธิภาพ กักเก็บ (เปอร์เซ็นต์)	ประสิทธิภาพ กักเก็บเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
0.05	0.75	3.689	1.046	71.645	71.970
		6.263	0.279	77.420	
		6.226	0.422	66.844	
	1	4.193	1.346	67.894	66.609
		1.766	0.530	69.972	
		1.783	0.678	61.962	
0.1	0.25	2.771	0.627	62.932	50.913
		0.823	0.310	42.941	
		0.857	0.373	46.866	
	0.5	3.836	1.467	89.605	76.816
		1.130	0.287	74.605	
		1.275	0.431	66.239	
	0.75	5.751	0.624	89.156	71.007
		1.349	0.480	64.427	
		1.421	0.577	59.437	
	1	5.810	2.040	64.887	54.621
		2.174	1.023	52.958	
		2.247	1.213	46.018	

ตารางภาคผนวกที่ จ-5 (ต่อ) ประสิทธิภาพการกักเก็บแอลฟาโทโคฟีรอล

โคโตซาน (เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโดย ปริมาตร)	แอลฟาโทโคฟีรอล เข้มข้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก โดยปริมาตร)	ความเข้มข้น แอลฟาโทโคฟีรอล เริ่มต้น (กรัมต่อลิตร)	แอลฟาโทโคฟีรอล ที่ไม่ได้ถูกกักเก็บ (กรัมต่อลิตร)	ประสิทธิภาพ กักเก็บ (เปอร์เซ็นต์)	ประสิทธิภาพ กักเก็บเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
0.5	0.25	2.351	2.005	14.708	27.970
		0.539	0.418	22.557	
		1.377	0.449	46.646	
	0.5	2.222	0.933	57.992	57.572
		1.225	0.643	47.511	
		1.787	0.586	67.213	
	0.75	1.970	0.486	57.673	39.038
		1.388	0.951	31.508	
		1.415	1.019	27.932	
	1	2.351	2.082	11.443	35.414
		1.807	1.103	38.951	
		1.840	1.250	32.039	
1	0.25	1.798	0.588	67.296	54.038
		0.809	0.396	50.998	
		1.943	1.092	43.820	
	0.5	2.029	0.551	72.852	66.646
		1.387	0.503	63.766	
		1.424	0.522	63.322	

ตารางภาคผนวกที่ ๑-5 (ต่อ) ประสิทธิภาพการกักเก็บแอลฟาโทโคฟีรอล

โคโตซาน (เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโดย ปริมาตร)	แอลฟาโทโคฟีรอล เข้มข้น (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก โดยปริมาตร)	ความเข้มข้น แอลฟาโทโคฟีรอล เริ่มต้น (กรัมต่อลิตร)	แอลฟาโทโคฟี รอลที่ไม่ได้ถูกกัก เก็บ (กรัมต่อลิตร)	ประสิทธิภาพ กักเก็บ (เปอร์เซ็นต์)	ประสิทธิภาพ กักเก็บเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
1	0.75	5.481	1.553	71.664	58.371
		1.521	0.752	50.591	
		1.619	0.763	52.857	
	1	5.784	1.716	70.330	56.120
		1.807	0.955	47.164	
		1.941	0.953	50.866	
2	0.25	1.957	0.721	63.171	50.217
		1.165	0.615	47.230	
		2.139	1.278	40.251	
	0.5	2.903	0.790	72.780	65.587
		1.585	0.600	62.130	
		1.663	0.635	61.851	
	0.75	5.614	1.606	71.385	59.814
		1.944	0.885	54.482	
		2.051	0.952	53.574	
	1	5.740	1.935	66.298	55.544
		3.432	1.732	49.524	
		3.641	1.791	50.810	

ตารางภาคผนวกที่ จ-6 ปริมาณการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมและไม่สะสมเป็นระยะเวลา 7 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร แอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลสะสม (กรัมต่อลิตร)			ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลไม่สะสม (กรัมต่อลิตร)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	0.006	0.009	0.007	0.006	0.009	0.007
1	0.165	0.177	0.171	0.165	0.177	0.171
2	0.188	0.181	0.184	0.131	0.128	0.130
3	0.197	0.191	0.194	0.120	0.116	0.118
4	0.241	0.226	0.233	0.103	0.112	0.108
5	0.275	0.281	0.278	0.092	0.089	0.091
6	0.289	0.294	0.291	0.052	0.059	0.055
7	0.313	0.303	0.308	0.049	0.052	0.050

ตารางภาคผนวกที่ จ-7 ผลของค่าพีเอชที่มีต่อปริมาณการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมและไม่สะสมเป็นระยะเวลา 7 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร แอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)				ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)			
	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.142	0.130	0.106	0.099	0.136	0.129	0.106	0.097
2	0.162	0.138	0.129	0.114	0.134	0.122	0.103	0.094
3	0.171	0.145	0.136	0.129	0.131	0.120	0.099	0.092
4	0.176	0.154	0.143	0.133	0.129	0.117	0.089	0.085
5	0.181	0.162	0.149	0.145	0.124	0.111	0.086	0.076
6	0.189	0.168	0.153	0.152	0.121	0.101	0.080	0.072
7	0.194	0.173	0.156	0.153	0.119	0.099	0.079	0.070

ตารางภาคผนวกที่ จ-8 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมและไม่สะสมเป็นระยะเวลา 7 วัน (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร แอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)				ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)			
	25	45	60	80	25	45	60	80
อุณหภูมิ								
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.097	0.112	0.118	0.126	0.097	0.115	0.121	0.126
2	0.137	0.147	0.154	0.150	0.094	0.114	0.118	0.124

ตารางภาคผนวกที่ จ-8 (ต่อ) ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมและไม่สะสมเป็นระยะเวลา 7 วัน (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร แอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)				ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)				
	อุณหภูมิ	25	45	60	80	25	45	60	80
3		0.139	0.152	0.159	0.166	0.089	0.109	0.115	0.121
4		0.144	0.154	0.167	0.175	0.086	0.105	0.109	0.119
5		0.146	0.160	0.185	0.190	0.079	0.097	0.104	0.111
6		0.148	0.165	0.193	0.197	0.067	0.086	0.096	0.107
7		0.150	0.166	0.196	0.200	0.063	0.083	0.092	0.104

3. กลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล

ตารางภาคผนวกที่ จ-9 ปริมาณการปลดปล่อยกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมและไม่สะสมเป็นระยะเวลา 7 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร และแอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณการปลดปล่อยสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)		ปริมาณการปลดปล่อยไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)	
	กลูโคส	แอลฟาโทโคฟีรอล	กลูโคส	แอลฟาโทโคฟีรอล
0	0	0	0	0
1	0.047	0.085	0.040	0.090
2	0.061	0.124	0.036	0.088
3	0.101	0.136	0.029	0.083

ตารางภาคผนวกที่ จ-9 (ต่อ) ปริมาณการปลดปล่อยกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมและไม่สะสมเป็นระยะเวลา 7 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร และแอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณการปลดปล่อยสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)		ปริมาณการปลดปล่อยไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)	
	กลูโคส	แอลฟาโทโคฟีรอล	กลูโคส	แอลฟาโทโคฟีรอล
4	0.148	0.003	0.020	0.074
5	0.184	0.004	0.016	0.072
6	0.216	0.004	0.005	0.065
7	0.223	0.003	0.0009	0.060

ตารางภาคผนวกที่ จ-10 ผลของค่าพีเอชที่มีต่อปริมาณการปลดปล่อยกลูโคสสะสมและไม่สะสมจากการกักเก็บสารสองชนิด เป็นระยะเวลา 7 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร และแอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณกลูโคสสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)				ปริมาณกลูโคสไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)			
	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.086	0.066	0.046	0.025	0.103	0.070	0.046	0.031
2	0.115	0.078	0.069	0.033	0.099	0.059	0.036	0.026
3	0.135	0.109	0.091	0.076	0.081	0.049	0.028	0.019
4	0.177	0.167	0.159	0.097	0.059	0.040	0.022	0.013
5	0.224	0.190	0.175	0.122	0.047	0.030	0.016	0.009

ตารางภาคผนวกที่ จ-10 (ต่อ) ผลของค่าพีเอชที่มีต่อปริมาณการปลดปล่อยกลูโคสสะสมและไม่สะสมจากการกักเก็บสารสองชนิด เป็นระยะเวลา 7 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโดยปริมาตร กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร และแอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณกลูโคสสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)				ปริมาณกลูโคสไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)			
	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9
6	0.261	0.243	0.193	0.146	0.039	0.022	0.011	0.006
7	0.269	0.258	0.205	0.156	0.029	0.018	0.004	0.003

ตารางภาคผนวกที่ จ-11 ผลของค่าพีเอชที่มีต่อปริมาณการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมและไม่สะสมจากการกักเก็บสารสองชนิด เป็นระยะเวลา 7 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร และแอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)				ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)			
	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.113	0.109	0.099	0.087	0.117	0.112	0.084	0.078
2	0.118	0.115	0.109	0.100	0.113	0.111	0.075	0.072
3	0.128	0.122	0.119	0.106	0.109	0.105	0.070	0.067
4	0.136	0.131	0.128	0.112	0.101	0.100	0.067	0.058
5	0.142	0.135	0.134	0.119	0.095	0.091	0.062	0.053

ตารางภาคผนวกที่ จ-11 (ต่อ) ผลของค่าพีเอชที่มีต่อปริมาณการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมและไม่สะสมจากการกักเก็บสารสองชนิด เป็นระยะเวลา 7 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร และแอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)				ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)			
	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9
6	0.150	0.141	0.138	0.127	0.092	0.081	0.056	0.049
7	0.152	0.145	0.141	0.131	0.090	0.077	0.052	0.046

ตารางภาคผนวกที่ จ-12 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณการปลดปล่อยกลูโคสสะสมและไม่สะสมจากการกักเก็บสารสองชนิด เป็นระยะเวลา 7 วัน (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร แอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณกลูโคสสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)				ปริมาณกลูโคสไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)			
	25	45	60	80	25	45	60	80
อุณหภูมิ								
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.025	0.054	0.086	0.123	0.048	0.081	0.099	0.130
2	0.035	0.077	0.123	0.138	0.038	0.069	0.089	0.113
3	0.047	0.126	0.139	0.159	0.029	0.058	0.070	0.100
4	0.072	0.146	0.150	0.180	0.022	0.045	0.051	0.088
5	0.103	0.163	0.171	0.197	0.013	0.033	0.043	0.059
6	0.119	0.177	0.195	0.214	0.004	0.019	0.036	0.049
7	0.130	0.189	0.208	0.223	0.001	0.010	0.026	0.045

ตารางภาคผนวกที่ จ-12 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมและไม่สะสมจากการกักเก็บสารสองชนิด เป็นระยะเวลา 7 วัน (ไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร แอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

จำนวนวัน	ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)				ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลไม่สะสมเฉลี่ย (กรัมต่อลิตร)			
อุณหภูมิ	25	45	60	80	25	45	60	80
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.090	0.107	0.116	0.119	0.089	0.098	0.111	0.119
2	0.101	0.129	0.132	0.139	0.086	0.100	0.109	0.117
3	0.107	0.140	0.144	0.151	0.084	0.100	0.106	0.113
4	0.113	0.148	0.153	0.159	0.081	0.092	0.099	0.106
5	0.131	0.160	0.168	0.171	0.075	0.085	0.090	0.103
6	0.137	0.162	0.177	0.179	0.067	0.081	0.084	0.096
7	0.141	0.165	0.179	0.182	0.066	0.080	0.081	0.095

ภาคผนวก จ.

ผลงานทางวิชาการ

O-11

ประสิทธิภาพการกักเก็บกลูโคสในอนุภาคนาโนไคโตซาน
Glucose-encapsulated efficiencies in chitosan nanoparticles

Yuwaporn Sornsiri¹, Pariya Na Nakorn^{1*}

¹Department of Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University Rangsit

Campus, Pathum Thani, Thailand 12120

Tel: +66-2564-4440, Fax: +66-2564-4500, e-mail: yuyu_sy14@hotmail.com

บทคัดย่อ : ในงานวิจัยนี้ทำการเตรียมไคโตซานให้มีขนาดนาโนเมตรกักเก็บกลูโคสเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกักเก็บทดสอบอัตราการปลดปล่อย ศึกษาผลของอุณหภูมิ และค่าพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการปลดปล่อย ซึ่งกลูโคสที่นำมากักเก็บนั้นมุ่งหวังเพื่อใช้เป็นสารต้นแบบในการประยุกต์นำสารที่ละลายน้ำได้มากักเก็บในอนุภาคนาโนไคโตซาน จากการทดสอบประสิทธิภาพการกักเก็บกลูโคสพบว่าอัตราการปลดปล่อยแบบสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปจนถึงระยะเวลานึงแล้วลดลง ในขณะที่อัตราการปลดปล่อยแบบไม่สะสมมีลักษณะลดลง ผลของอุณหภูมิพบว่า อัตราการปลดปล่อยกลูโคสได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ผลของค่าพีเอชพบว่า ที่พีเอช 8.0 ของฟิโอสบัฟเฟอร์ มีการปลดปล่อยกลูโคสได้ดีที่สุด

Abstract: In this research glucoses-encapsulated chitosan nanoparticles were prepared to study glucose encapsulated efficiencies, determined released rate, study of temperature and pH effects. This glucoses encapsulation is the model for serving as a hydrophilic substance to encapsulate in chitosan nanoparticles. The efficiency of glucose encapsulation in term of an accumulative release rate was increased over time and was then decreased. However, non-accumulative release rate gradually decreased. Effect of temperature showed the best release of glucose at 40 degrees Celsius. On the other hand, PBS buffer pH 8.0 was the best.

Introduction

Chitosan is the second abundant polysaccharide and a cationic polyelectrolyte present in nature [1]. It is a linear polysaccharide composed of randomly distributed β -(1-4)-linked D-glucosamine (deacetylated unit) and N-acetyl-D-glucosamine (acetylated unit). Its commercial forms are essentially produced from N-deacetylation of chitin. Because of its biocompatibility, biodegradability, nontoxicity and low to high molecular weight biopolymer. Chitosan has attracted much attention in pharmaceutical, cosmetical, biomedical applications. Uniquely, the glucosamine units on the chitosan backbone render this hydrophilic polymer a high density of positive charge in an acid solution and was presently utilized as the wall material of the delivery system [2]. Encapsulation potentially can protect active molecules from degradation by direct exposure to severe environments, e.g., light, oxygen, chemicals, etc. In other words, encapsulation can reduce the loss of activity of the

active compounds [3]. However, the objectives of this study were to study glucose encapsulated chitosan and glucose released efficiency including the effect of temperature and pH changes on the glucose released rate. So that we used the model agents encapsulated chitosan nanoparticles. In addition, the other work can apply soluble agents encapsulated chitosan nanoparticles to utilize for carrier system. We propose a spectrophotometric method to determine total glucose concentration in chitosan nanoparticles because the reaction of DNS with reducing sugars is simple [4].

Materials and Methods

Chitosan (95% DD, $M_w = 100,000$) was obtained from Seafresh Chitosan (Lab). D-glucose purchased from Ajax Finechem Pty Ltd. Tripolyphosphate (TPP). 3, 5-Dinitrosalicylic acid (DNS) was prepared by dissolved sodium hydroxide 80 g in 500 ml of distilled water with magnetic stirrer. Add 1 g DNS and stir continuously until well dissolve. Add sodium-potassium tartrate 60 g until homogeneous dissolve with little heat. Adjust to final volume of 1000 ml with volumetric flask. Keep DNS solution in brown glass bottle.

Chitosan nanoparticles preparation

Mixed 0.05 %w/v chitosan solution with 10%w/v glucose. Then dropped with TPP solution 0.75 mg/ml slowly with magnetic stirrer to glucose encapsulated chitosan. Then sonication for one minute and centrifuged 15 minutes at 5,000 rpm. Washing with distilled water for three times by centrifugation. Kept supernatant for determined glucose encapsulated chitosan nanoparticles with DNS method. The pellet was added with distilled water to suspension continuously measured.

Glucose-encapsulated chitosan nanoparticles efficiencies determination

Glucose-encapsulated efficiencies determination by detection of glucose amounts with DNS method. Separated glucose-encapsulated chitosan nanoparticles suspension to 3 test tubes. Mixed 1 ml of sample with 1 ml of DNS solution and boiled for 10 minutes. Cool down the samples with put the sample tube in cold water immediately. Added 5 ml of distilled water and mixed well. Determined absorbance at wavelength 540 nanometer by spectrophotometer. Convert OD_{540} with glucose concentration standard curve for encapsulated efficiencies determination.

Rate of accumulative glucose released determination

Glucose-encapsulated chitosan nanoparticles suspensions were divided to 14 tubes and shaken at 180 rpm all time. Next day after prepared glucose-encapsulated chitosan nanoparticles divided suspension samples into 2 tubes to centrifuged 15 minutes at 5,000 rpm. Then separated supernatant and pellet and stored at -20°C . The same procedure was repeated everyday for one week. Then supernatant were determined with DNS method.

Rate of non- accumulative glucose released determination

Glucose-encapsulated chitosan nanoparticles suspensions were divided to 2 tubes and shaken at 180 rpm all time. The first day after prepared glucose-encapsulated chitosan nanoparticles sample was took to centrifuged 15 minutes at 5,000 rpm. Kept supernatant at -20°C . The pellet was added

with distilled water and continuously shaken. The same procedure was repeated everyday for one week. Supernatants were determined with DNS method.

Effects of temperature and pH on glucose released efficiencies

Glucose-encapsulated chitosan nanoparticles were stirred until getting homogeneous suspension. Separated into each of tube 5 ml and incubated in shaker at 0, 15, 25, 30, 37, 40, 45, 50, 55, 60 °C for 1 hour and centrifuged for 15 minutes at 5,000 rpm. Supernatants were determined with DNS method.

Effects of pH on glucose released efficiencies

Glucose-encapsulated chitosan nanoparticles were stirred until getting homogeneous suspension. Separated into each of tube 5 ml and centrifuged for 15 minutes at 5,000 rpm to separated unencapsulated glucoses. After that adding with buffer solution i.e. acetate buffer pH 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.5, PBS buffer pH 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0 and Tris HCl buffer pH 7.5, 8.0, 8.5, 9.0, 9.5 into each tube for 5 ml. Then was shaken 180 rpm at room temperature for 1 hour. Centrifuged for 15 minutes at 5,000 rpm. Supernatant were determined with DNS method.

Results and Discussion

For measurement of glucose concentration in all samples were calculated from this standard curve. The chemistry of the DNS method tests for the presence of free carbonyl group ($C=O$) in glucose. This involves the oxidation of the aldehyde functional group appear to be oxidized to carboxyl groups. Simultaneously, 3,5-dinitrosalicylic acid is reduced to 3-amino,5-nitrosalicylic acid under alkaline conditions. The facts, however, that the equivalence between aminonitrosalicylic acid produced and sugar is not exact and that different sugars yield different amounts of color suggest that the chemistry of the test may actually be appreciably more complicated [5,6].

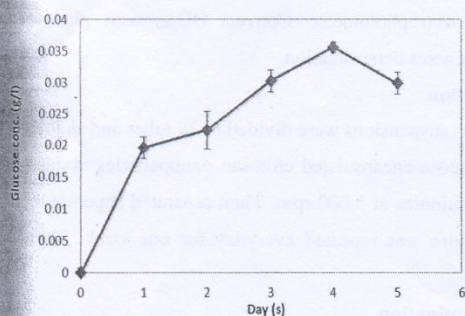


Fig. 1 : Rate of accumulative glucose released from chitosan nanoparticles

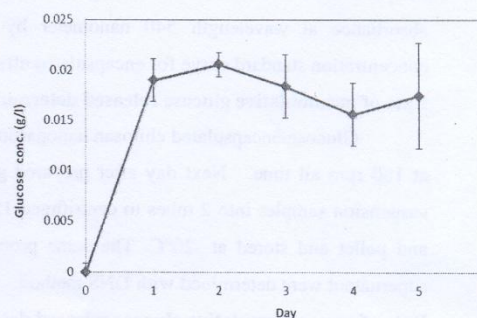


Fig. 2 : Rate of non - accumulative glucose released from chitosan nanoparticles

Determination of cumulative glucose released rate from chitosan nanoparticles found that increased continuously because the glucose concentration in chitosan nanoparticles have accumulated which glucose concentration is very. So, the diffusion of glucose from chitosan nanoparticles to the surrounding water until the fourth day was slowly decreased in the next day because of glucose terminated from chitosan nanoparticles (Fig.1).

In measurement of non-accumulative glucose release rate from chitosan nanoparticles found that the release rate decreased continuously. Because the first day is the diffusion of glucose release from chitosan nanoparticles well because the concentration of glucose within the chitosan nanoparticles more than in the surrounding water. While the following day were added to fresh distilled water every day. Of course, there will be a decrease in glucose concentration in chitosan nanoparticles every day. When fresh distilled water is added the concentration of water over therefore,

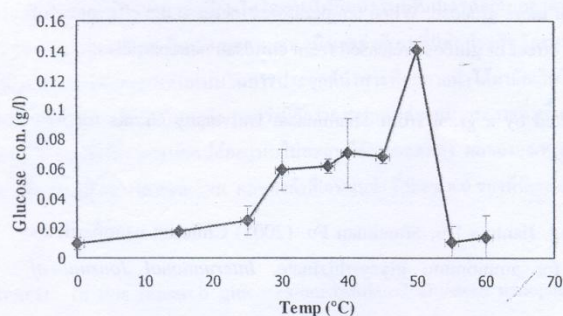


Fig. 3 : Effect of temperature on glucose release from chitosan nanoparticles

the diffusion of water into the chitosan nanoparticles are very. Resulting in glucose release out less, respectively (Fig.2). Effect of temperature on glucose released found that glucose concentration increased which the best temperature glucose released was 40°C. Moreover, the viscosity and molecular weight of chitosan. Both decreased when the temperature gradually rises. For instance, the viscosity and molecular weight of the product were reduced to 40.9 g/ml and 2.00×10^4 , respectively, at 80 C. However, the yields of chitosan gradually decreased when the temperature rises, which indicates that the more chitosan is degraded into soluble chitosan or monomer at higher temperatures [7]. Higher temperatures result in stronger structures chitosan less allowing glucose released it. (Fig. 3).

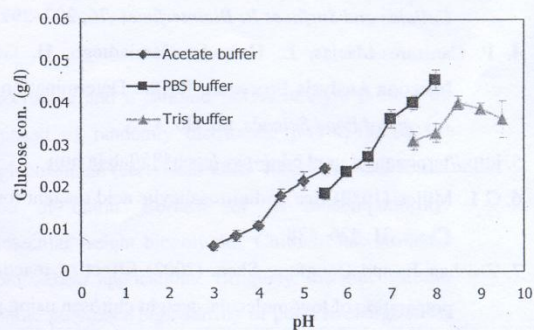


Fig. 4 : Effect of pH on glucose released from chitosan nanoparticles

To study the effect of pH on the release of glucose. When the glucose encapsulated chitosan nanoparticles and then to fill the buffer solution such as acetate buffer, PBS buffer and Tris-HCl buffer found that when pH increased the release of glucose from the chitosan nanoparticles increased. To a certain level, then begin to decreased the glucose released. PBS buffer solution pH 8.0 resulted in the best glucose released when compared with the acetate buffer and Tris HCl buffer (Fig. 4). Because each of buffer solution will have the ability to resistance to change pH of the substance is not the same. The PBS buffer solution has buffer capacity more than other two buffer solution and work effectively in a range from pH 5.0 to 8.0 The buffer capacity depends on the presence of actual moles of conjugate acid and base.

Conclusion

The results imply that the rate of glucose release from the concentration of glucose in chitosan nanoparticles and the water outside was unequal therefore, the diffusion of glucose into the outside. Over time caused the released of more glucose. When temperatures increase the efficiency of glucose release better and pH increasing effect of glucose released from chitosan nanoparticles.

Acknowledgment

This work was partially supported by a grant from Thammasat University Grants for new researcher (2010)

References:

1. Yan Wu, Wuli Yang, Changchun Wang, Jianhua Hu, Shoukuan Fu. (2005) Chitosan nanoparticles as a novel delivery system for ammonium glycyrrhizinate. *International Journal of Pharmaceutics*, 295, 235–245.
2. Hongqian Bao, Lin Li, Hongbin Zhang. (2008) Influence of cetyltrimethylammonium bromide on physicochemical properties and microstructures of chitosan-TPP nanoparticles in aqueous solutions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 328, 270–277.
3. Rangrong Yoksan, Jatesuda Jirawutthiwongchai, Kridsada Arpo. (2010) Encapsulation of ascorbyl palmitate in chitosan nanoparticles by oil-in-water emulsion and ionic gelation processes. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 76, 292–297.
4. P. Canizares-Macias, L. Hernandez-Garciadiego, H. Gomez-ruiz. (2001) An Automated Flow Injection Analysis Procedure for the Determination of Reducing Sugars by DNSA Method. *Journal of Food Science*, 66, No. 3
5. <http://terpconnect.umd.edu/~nsw/ench485/lab4a.htm>
6. G. L. Miller. (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem*, 31, 426–428.
7. Zhishen Jia and Dongfeng Shen. (2002) Effect of reaction temperature and reaction time on the preparation of low-molecular-weight chitosan using phosphoric acid. *Carbohydrate Polymers*, 49(4), 393-396.

ประวัติการศึกษา

ชื่อ	นางสาวยุวพร สอนศิริ
วันเดือนปีเกิด	14 สิงหาคม พ.ศ. 2528
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยบูรพา
ผลงานทางวิชาการ	
Proceeding	Y. Sornsiri and P. Na Nakorn, “Glucose-encapsulated efficiencies in chitosan nanoparticles”, <i>The Sixth National Chitin-Chitosan Conference (NCCC 6th)</i> . 26-28 August 2010 , pp. 66-70, Bangkok, Thailand.