

บทที่ 3

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ประเทศไทยอุดมไปด้วยพืชสมุนไพรนานาชนิด บางชนิดมีฤทธิ์เอื้อประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ได้ดี เช่น ฤทธิ์ด้านออกซิเดชัน (Xiao และคณะ, 2010; Juma และคณะ, 2004) และฤทธิ์ด้านเชื้อจุลินทรีย์ (Trakranrungsie และคณะ, 2003; Naovi และคณะ, 1991) ในบรรดาพืชสมุนไพรดังกล่าว ข่าเป็นพืชที่น่าจะมีศักยภาพในการนำมาพัฒนาเป็นสารเสริมเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตให้สัตว์มากที่สุด เนื่องจากเป็นพืชที่มีฤทธิ์ฟิงประสงค์ (ศิริพร และคณะ, พ.ศ. 2553; Haraguchi และคณะ, 2004) และเป็นพืชที่ใช้ปรุงอาหารรับประทานมาแต่โบราณ จึงไม่มีปัญหาเรื่องความเป็นพิษ โครงการวิจัยนี้จึงได้นำน้ำมันหอมระเหยจากข่ามาพัฒนาเป็นแกรนูล เพื่อเหมาะสมเป็นอาหารเสริมผสมในอาหารหลักของสัตว์ โดยทางโครงการได้เน้นไปที่สุกร เนื่องจากสุกรถือเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศ

ผลการสกัดและการศึกษาสมบัติของน้ำมันหอมระเหยข่า

เมื่อทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่า โดยวิธี hydrodistillation ผลการทดลองพบว่าเหง้าข่าสดหนักประมาณ 1 กิโลกรัม ให้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณ 2.1 ± 0.5 มิลลิลิตร ลักษณะของน้ำมันหอมระเหยข่าเป็นของเหลวใส มีสีเหลืองอ่อน ดังแสดงในรูปที่ 3-1 น้ำมันหอมระเหยข่า มีกลิ่นหอมฉุน มีความเป็นกรดเล็กน้อย โดยมี pH ประมาณ 6.8

ความหนาแน่นและ Refractive index ของน้ำมันหอมระเหย เป็นค่าจำเพาะของน้ำมันเหล่านั้น ดังนั้นค่าความหนาแน่นและ Refractive index ของน้ำมันหอมระเหยจึงใช้เป็นตัวควบคุมมาตรฐานของน้ำมันได้ด้วย ผลการทดลองเมื่อนำน้ำมันหอมระเหยข่ามาศึกษาหาความหนาแน่นและ Refractive index พบว่าน้ำมันหอมระเหยข่ามีความหนาแน่นเท่ากับ 0.875 กรัม/มิลลิลิตร เมื่อเทียบกับน้ำซึ่งมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.000 กรัม/มิลลิลิตร จะเห็นว่าความหนาแน่นของน้ำมันหอมระเหยข่ามีค่าน้อยกว่าน้ำ ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยข่าจึงลอยอยู่บนน้ำ สำหรับค่า Refractive index พบว่าน้ำมันหอมระเหยข่ามีค่าเท่ากับ 1.482 เมื่อ

เทียบกับน้ำ ซึ่งมีค่า Refractive index เท่ากับ 1.333 จะเห็นว่าน้ำมันหอมระเหยขามีค่า Refractive index สูงกว่าน้ำ



รูปที่ 3-1 แสดงลักษณะของน้ำมันหอมระเหยจากข่า

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยข่าที่สกัดได้ มาศึกษาสมบัติการละลาย พบว่าน้ำมันหอมระเหยขามีสมบัติละลายได้ดีใน Ethanol และ Hexane และไม่สามารถละลายในน้ำ ละลายยากใน DMSO, Propylene glycol และ Methanol ดังแสดงในตารางที่ 3-1

การศึกษาหาค่าแรงตึงผิวของน้ำมันหอมระเหยข่า เปรียบเทียบกับของเหลวมาตรฐานต่าง ๆ พบว่าแรงตึงผิวของน้ำมันหอมระเหยขามีค่าต่ำกว่า น้ำ DMSO, PEG 400 และ Polyethylene glycol ตามลำดับ แต่มีค่าสูงกว่า Isopropyl myristate, Methanol, Mineral oil, และ Ethanol ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-1 แสดงสมบัติการละลายของน้ำมันหอมระเหยซ่า

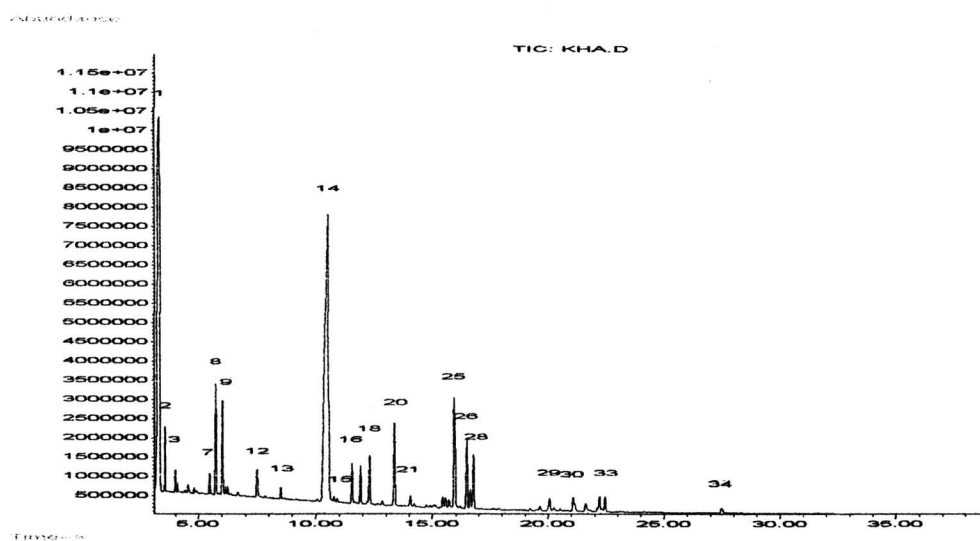
ตัวทำละลาย	ส่วนของตัวทำละลายที่ใช้ละลาย ตัวถูกละลาย 1 ส่วน
น้ำ	>10000
DMSO	500
PEG 400	40
Propylene glycol	400
Isopropyl myristate	<10
Methanol	600
Mineral oil	15
Ethanol	<10
Hexane	<10

ตารางที่ 3-2 แสดงค่าแรงตึงผิวของน้ำมันหอมระเหยซ่าและตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

น้ำมันหอมระเหย / ตัวทำละลาย	แรงตึงผิว (ดาไน์/เซนติเมตร)
ซ่า	30.5
Water	71.1
DMSO	43.6
PEG400	37.6
Propylene glycol	36.0
Isopropyl myristate	28.5
Methanol	23.1
Mineral oil	22.9
Ethanol	22.6

ผลการศึกษารองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยข่า

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยข่า ไปศึกษาหาองค์ประกอบโดยอาศัยเครื่อง GC-MS ใช้วิธีอิเล็กตรอนอิมแพค (Electron Impact (EI) mode) ผลการทดลองแสดงในโครมาโตแกรมรูปที่ 3-2 และตารางที่ 3-3 พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากข่ามีองค์ประกอบที่สามารถระบุได้ จำนวน 30 ชนิด องค์ประกอบที่มีปริมาณมากที่สุดคือ 1,8-cineole มีปริมาณ 36.33% และออกมาในเวลาที่ 3.32 องค์ประกอบที่มีปริมาณมากรองลงมาคือ 4-allylphenyl acetate มีปริมาณ 33.31% และออกมาในเวลาที่ 10.56



รูปที่ 3-2 แสดง GC Chromatogram ของน้ำมันหอมระเหยจากข่า

ตารางที่ 3-3 แสดงองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากข่า

Peak No	RT (min)	สาร	พื้นที่ใต้กราฟ (%)	%QA
1	3.32	1,8-Cineole	36.33	98
2	3.56	gamma-Terpinene	1.22	97
3	3.99	alpha-Terpinolene	0.44	98
4	4.09	1-Undecene	0.20	95
5	4.55	(E)-4,8-dimethyl-1,2,3,7-nonatriene	0.27	92
6	4.81	Unidentified	0.12	-
7	5.48	(-)-Borneol	0.72	97
8	5.75	Terpinene-4-ol	3.45	-
9	6.03	Estragole = methyl chavicol	0.19	91
10	6.16	dill Ether	0.20	99
11	6.25	alpha-Terpineol	0.20	98
12	7.50	Z-citral = neral	1.23	97
13	8.51	(-)-Bornyl acetate	0.39	98
14	10.56	4-Allylphenyl acetate	33.31	96
15	10.78	alpha-Cubebene	0.15	98
16	11.55	Decaolic acid	1.31	91
17	11.91	Unidentified	1.27	-
18	12.30	beta-Elemene	1.91	98
19	12.83	alpha-Gurjunene	0.20	98
20	13.39	trans-beta-Caryophyllene	3.38	94
21	14.05	Unidentified	0.47	-
22	15.44	trans-beta-Farnesene	0.42	95
23	15.56	beta-Selinene	0.46	96

(ต่อหน้าถัดไป)

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

Peak No	RT (min)	สาร	พื้นที่ใต้กราฟ (%)	%QA
24	15.71	delta-Selinene	0.31	90
25	15.95	Pentadecane	0.80	91
26	16.50	alpha-Amorphene	2.58	99
27	16.65	7-epi-alpha-Selinene	0.83	98
28	16.79	trans-gamma-Bisabolene acetyl eugenol	0.85	94
29	20.06	Unidentified	0.63	-
30	21.08	alpha-Cadinol	0.61	95
31	21.62	gamma-Selinene	0.40	98
32	22.21	beta-Bisabolene	0.84	83
33	22.45	Apiol	0.65	98
34	27.46	alpha-trans-Bergamotol	0.30	87

ผลการเตรียมแกรนูล

ผลการศึกษาอิทธิพลของสารยึดเกาะ

ผลการศึกษาสารยึดเกาะที่เหมาะสม พบว่า PVP K90 ความเข้มข้น 10% ในเอธานอล เป็นสารยึดเกาะที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากให้แกรนูลที่มีความร่อนน้อยที่สุด ดังแสดงใน ตารางที่ 3-4 ดังนั้นจึงใช้ PVP K90 10% ในเอธานอล เป็นสารยึดเกาะในการทดลองขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3-4 แสดงความกร่อนของแกรนูลจากสารยึดเกาะต่าง ๆ

สารยึดเกาะ	ความกร่อน (%)
PVP K30 5%	11.3 ± 0.7
PVP K30 10%	7.1 ± 0.6
PVP K90 5%	5.7 ± 0.3
PVP K90 10%	5.2 ± 0.4

ผลการศึกษาอิทธิพลของสารเพิ่มปริมาณ

สารเพิ่มปริมาณที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มี 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลี ผลการทดลองพบว่าสารเพิ่มปริมาณทั้งสามชนิดให้แกรนูลน้ำมันหอมระเหย ข่าที่มีสมบัติคล้ายและแตกต่างกันหลายประการ ส่วนที่คล้ายกันคือลักษณะ สี และกลิ่นของแกรนูล พบว่าแกรนูลจากแป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลีมีลักษณะสวยงาม และมีสีขาวเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 3-3 ถึงรูปที่ 3-5 ตามลำดับ อีกทั้งยังมีกลิ่นหอมของน้ำมันข่าเช่นเดียวกัน แต่แป้งมันสำปะหลังให้ % yield มากที่สุด และมีความกร่อนน้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3-5 และรูปที่ 3-6 สำหรับ % yield และ ตารางที่ 3-5 และรูปที่ 3-6 สำหรับความกร่อน

หากเปรียบเทียบในด้านการไหล การทดลองพบว่าแกรนูลที่มีแป้งมันสำปะหลัง มีการไหลดีที่สุด โดยให้ค่า Compressibility ต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3-7 และรูปที่ 3-8

การศึกษาในด้านพฤติกรรมเมื่อได้รับความร้อน ผลการทดลองแสดง DSC Thermogram ดังรูปที่ 3-9 ถึงรูปที่ 3-14 จากผลการทดลองดังกล่าวไม่พบ endothermic reaction อันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารภายใน แต่ TGA Thermogram ดังแสดงในรูปที่ 3-15 ถึงรูปที่ 3-21 จะเห็นว่ามี endothermic reaction เกิดขึ้นบริเวณอุณหภูมิประมาณ 50 – 150 องศาเซลเซียส ใน Thermogram ของน้ำมันหอมระเหยข่าเพียงอย่างเดียว endothermic reaction ที่เกิดขึ้นน่าจะเกิดจากความร้อนในช่วงอุณหภูมิดังกล่าวได้เปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำมันจากของเหลวเป็นสถานะแก๊สไปเกือบหมด ($66.95 + 32.53 = 99.48\%$) ไม่น่าจะเกิดจาก

water dehydration เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจำที่สกัดได้นั้นปราศจากน้ำ ส่วนแกรนูลเปล่าของสารเพิ่มปริมาณทั้งสามชนิด คือแกรนูลเปล่าแป้งข้าวโพด แกรนูลเปล่าแป้งมันสำปะหลัง และแกรนูลเปล่าแป้งสาลี endothermic reaction ที่เกิดขึ้นน่าจะมาจาก water dehydration เนื่องจากแป้งทั้งสามไม่มีองค์ประกอบของสารที่ระเหยได้ แต่ในขณะเดียวกันแป้งทั้งสามสามารถดูดความชื้นได้บ้าง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเกิด water dehydration มากกว่า ที่สำคัญที่สุดคือ Thermogram ของแกรนูลที่มีน้ำมันหอมระเหยบรรจุอยู่ จะเห็นว่าน้ำหนักที่หายไปของแกรนูลเปล่าและแกรนูลที่บรรจุน้ำมันหอมระเหยไม่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ 10.02 และ 9.96% สำหรับแกรนูลเปล่าและแกรนูลที่บรรจุน้ำมันหอมระเหยของแป้งข้าวโพด 9.54 และ 9.34% สำหรับแกรนูลเปล่าและแกรนูลที่บรรจุน้ำมันหอมระเหยของแป้งมันสำปะหลัง และ 8.86 และ 9.26% สำหรับแกรนูลเปล่าและแกรนูลที่บรรจุน้ำมันหอมระเหยของแป้งสาลี แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์แกรนูลสามารถลดการสูญเสียหรือการระเหยของน้ำมันหอมระเหยเข้าได้



รูปที่ 3-3 แสดงแกรนูลที่ได้จากแป้งข้าวโพด



รูปที่ 3-4 แสดงเกรนูลที่ได้จากแป้งมันสำปะหลัง

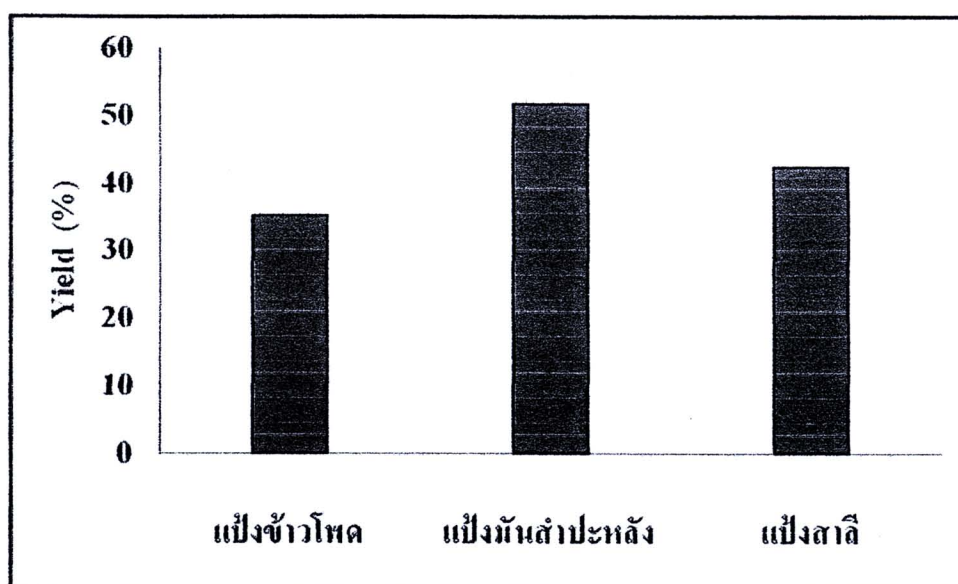


รูปที่ 3-5 แสดงเกรนูลที่ได้จากแป้งสาลี



ตารางที่ 3-5 แสดง % Yield ของแกรนูลที่ได้จากสารเพิ่มปริมาณชนิดต่าง ๆ

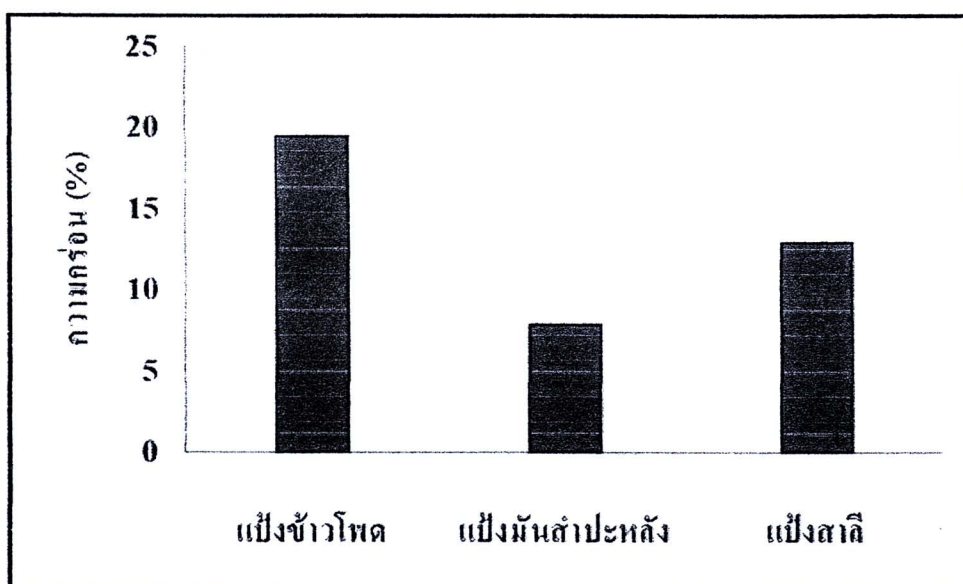
สารเพิ่มปริมาณ	Yield (%)
แป้งข้าวโพด	35.11 ± 1.60
แป้งมันสำปะหลัง	51.74 ± 10.40
แป้งสาลี	42.38 ± 5.36



รูปที่ 3-6 เปรียบเทียบปริมาณ Yield ของแกรนูลที่ได้จากสารเพิ่มปริมาณชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 3-6 แสดงความกร่อนของแกรนูลที่ได้จากสารเพิ่มปริมาณชนิดต่าง ๆ

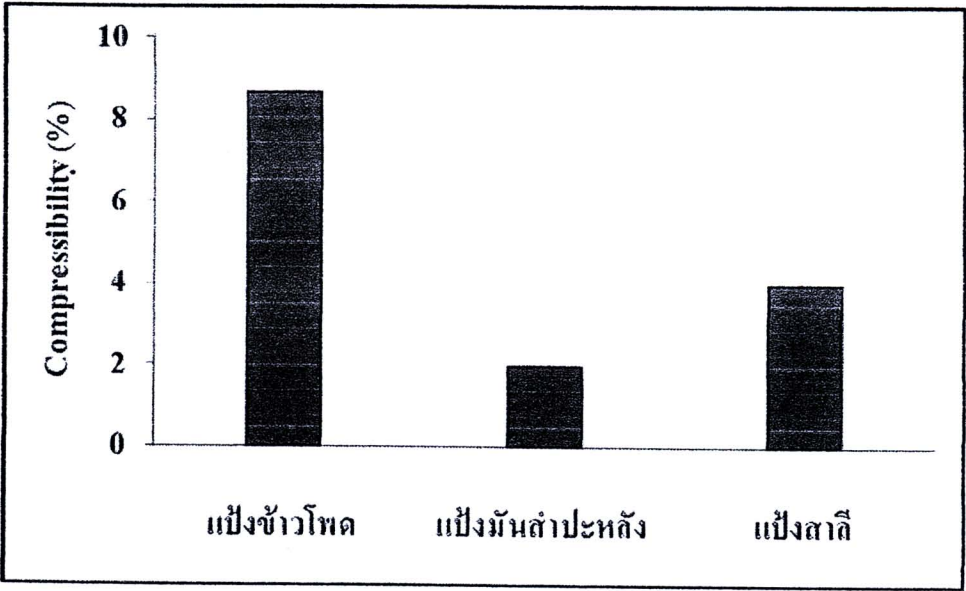
สารเพิ่มปริมาณ	ความกร่อน (%)
แป้งข้าวโพด	19.5 ± 5.9
แป้งมันสำปะหลัง	7.9 ± 0.3
แป้งสาลี	12.9 ± 2.7



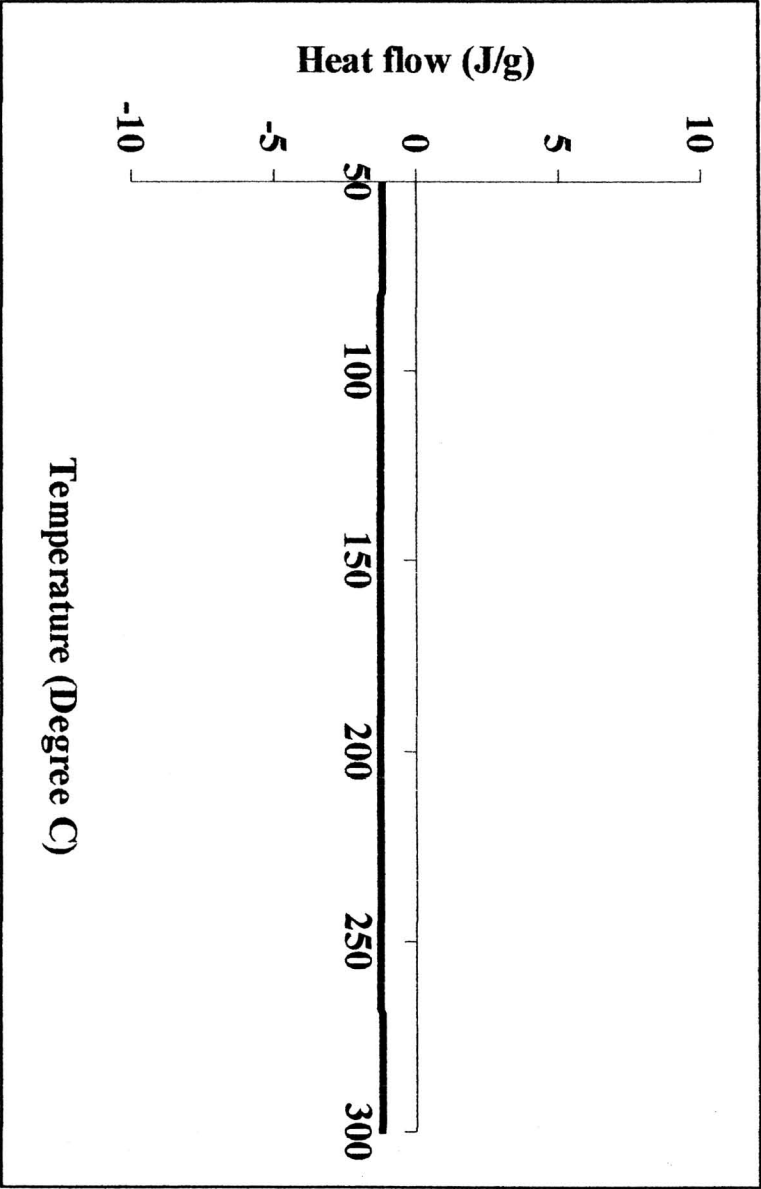
รูปที่ 3-7 เปรียบเทียบความกร่อนของแกรนูลที่ได้จากสารเพิ่มปริมาณชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 3-7 ค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการไหลของแกรนูลที่ได้จากสารเพิ่มปริมาณชนิดต่าง ๆ

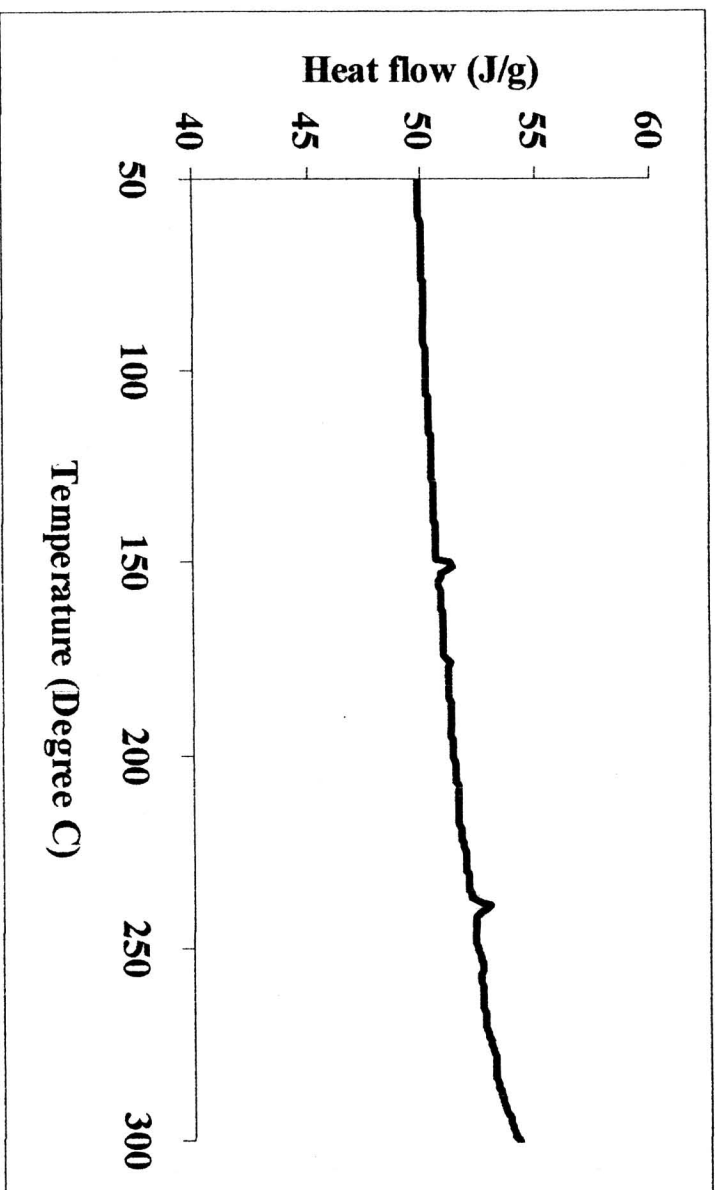
สารเพิ่มปริมาณ	Bulk density (g/ml)	Tapped density (g/ml)	Compressibility (%)
แป้งข้าวโพด	0.353 ± 0.000	0.386 ± 0.005	8.667 ± 1.155
แป้งมันสำปะหลัง	0.328 ± 0.000	0.334 ± 0.000	2.000 ± 0.000
แป้งสาลี	0.361 ± 0.001	0.377 ± 0.001	4.000 ± 0.000



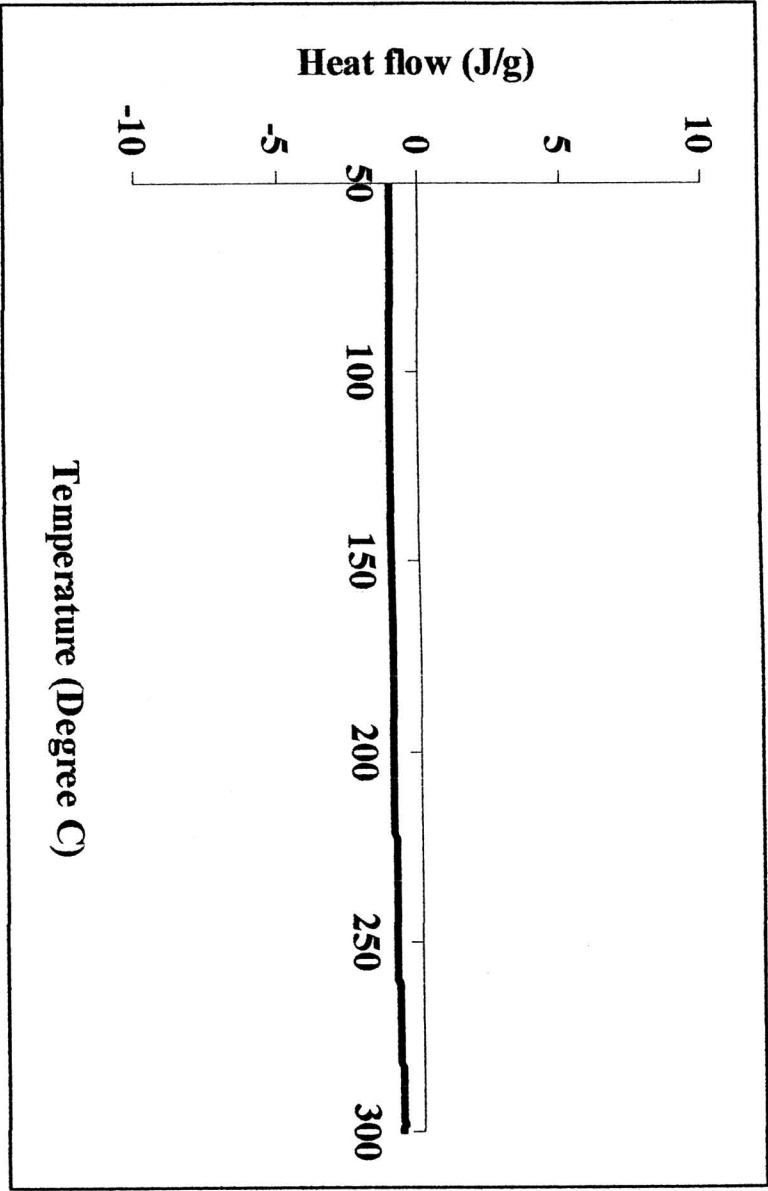
รูปที่ 3-8 ค่า compressibility ของแกรนูลของแกรนูลที่ได้จากสารเพิ่มปริมาณชนิดต่าง ๆ



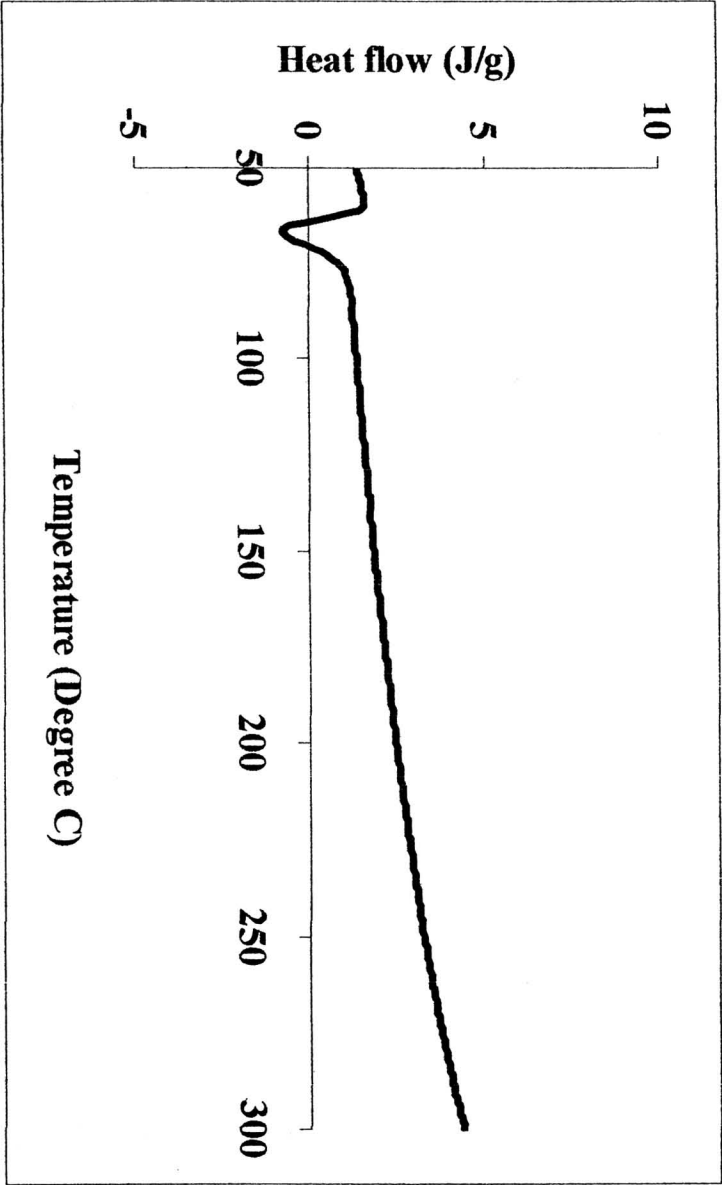
รูปที่ 3-9 แสดง DSC Thermogram ของเกรนูลเปล่าของแป้งข้าวโพด



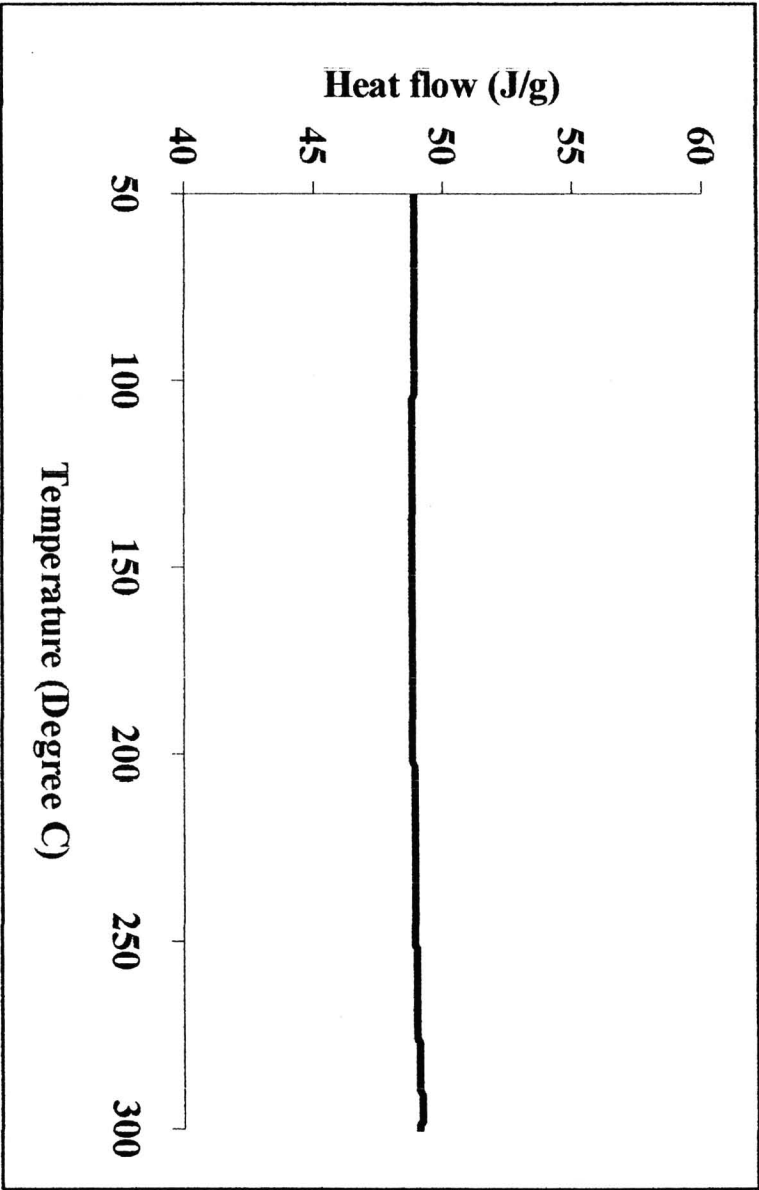
รูปที่ 3-10 แสดง DSC Thermogram ของแกรนูเลตข้าวโพดที่บรรจุน้ำมันหอมระเหยข้าว



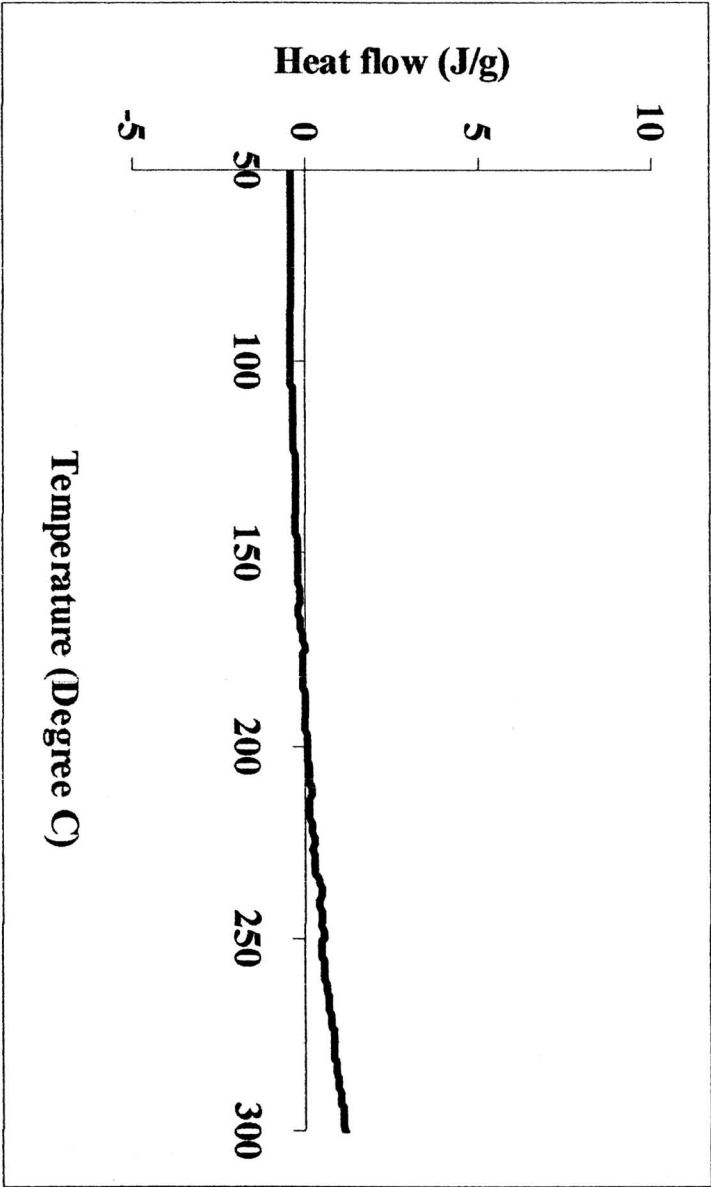
รูปที่ 3-11 แสดง DSC Thermogram ของแกรนูเลต่าของแป้งมันสำปะหลัง



รูปที่ 3-12 แสดง DSC Thermogram ของแกรนูเลเป็งมีนสำปะหลังที่บรรจุน้ำมันหอมระเหยข่า



รูปที่ 3-13 แสดง DSC Thermogram ของแกรนูเลต่าของแป้งสตาลี

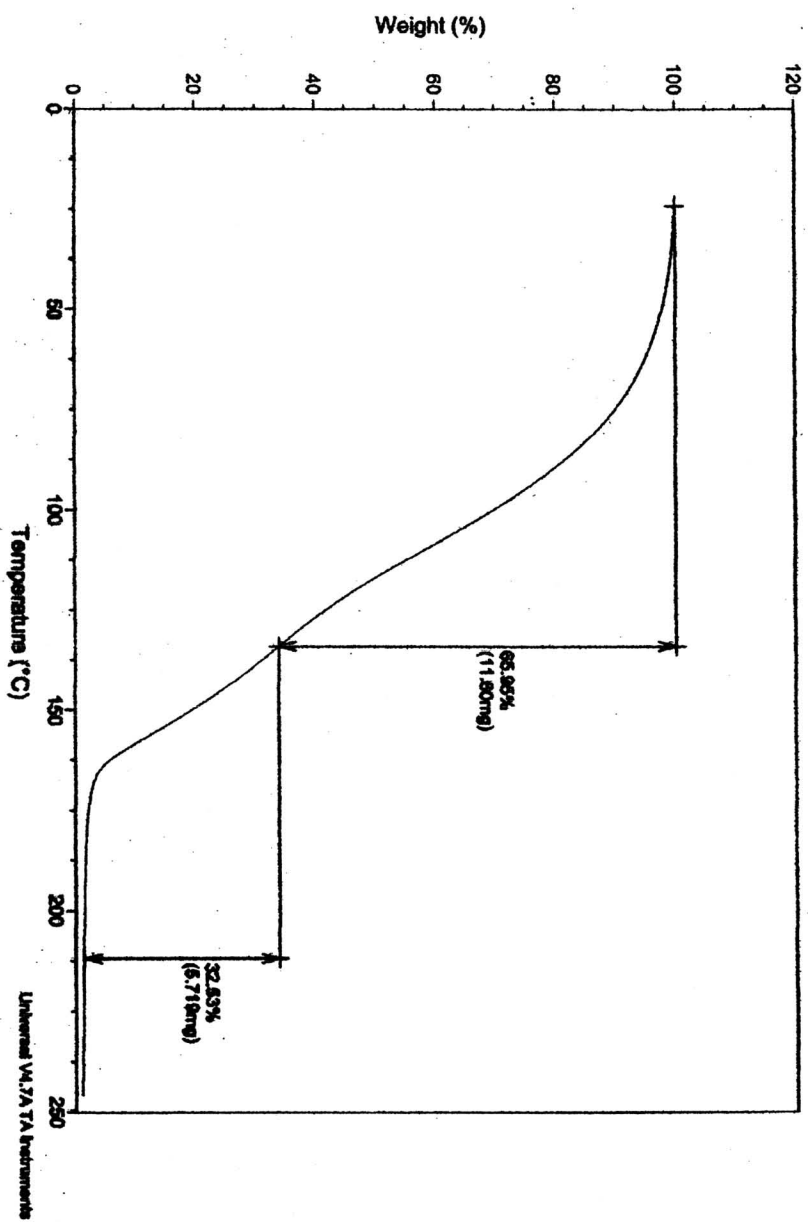


รูปที่ 3-14 แสดง DSC Thermogram ของสารเปลี่ยนแปลงสถานะที่บรรจุในหลอดหยด

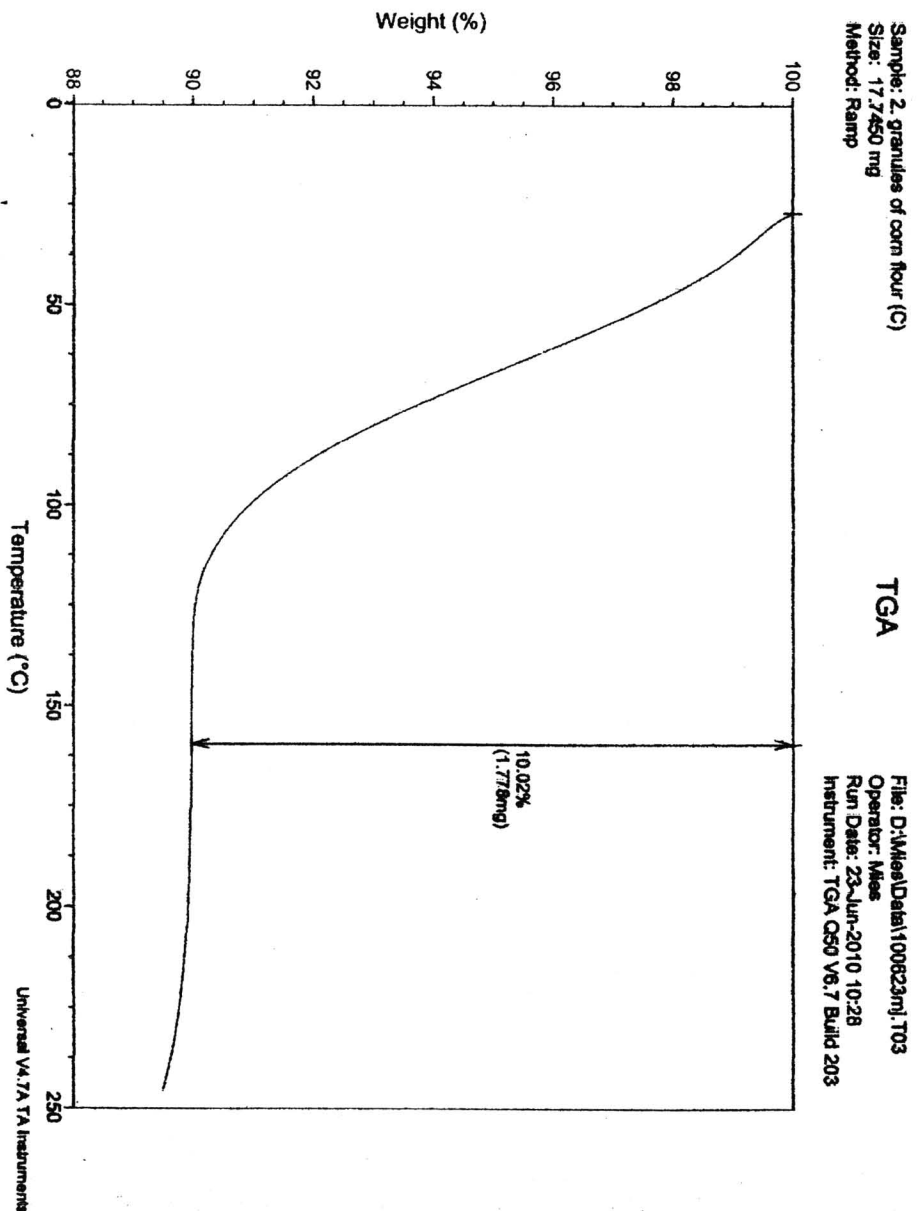
Sample: CH G
Size: 17.5810 mg
Method: Ramp

TGA

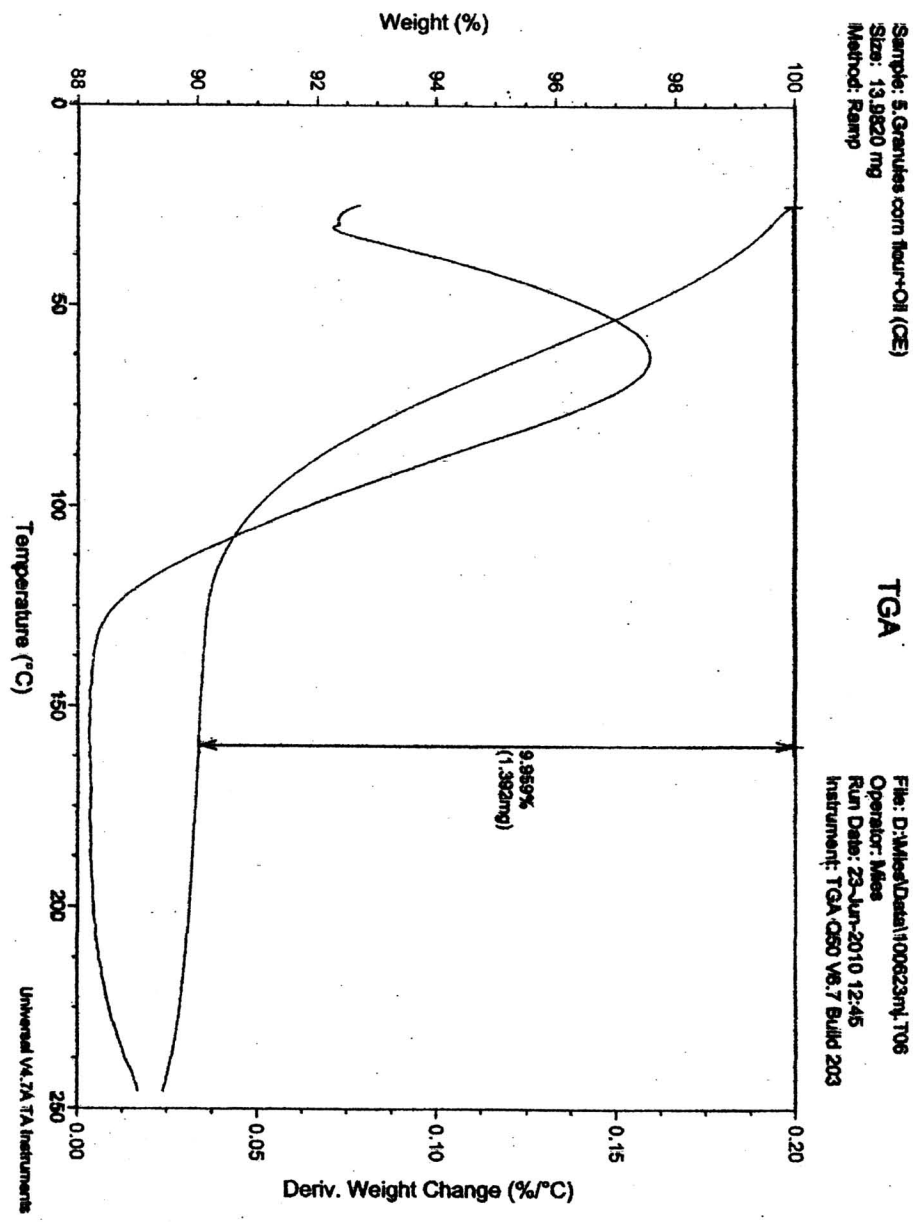
File: D:\MassData\100622mg.T01
Operator: Mass
Run Date: 23-Jun-2010 06:57
Instrument: TGA Q50 V6.7 Build 203



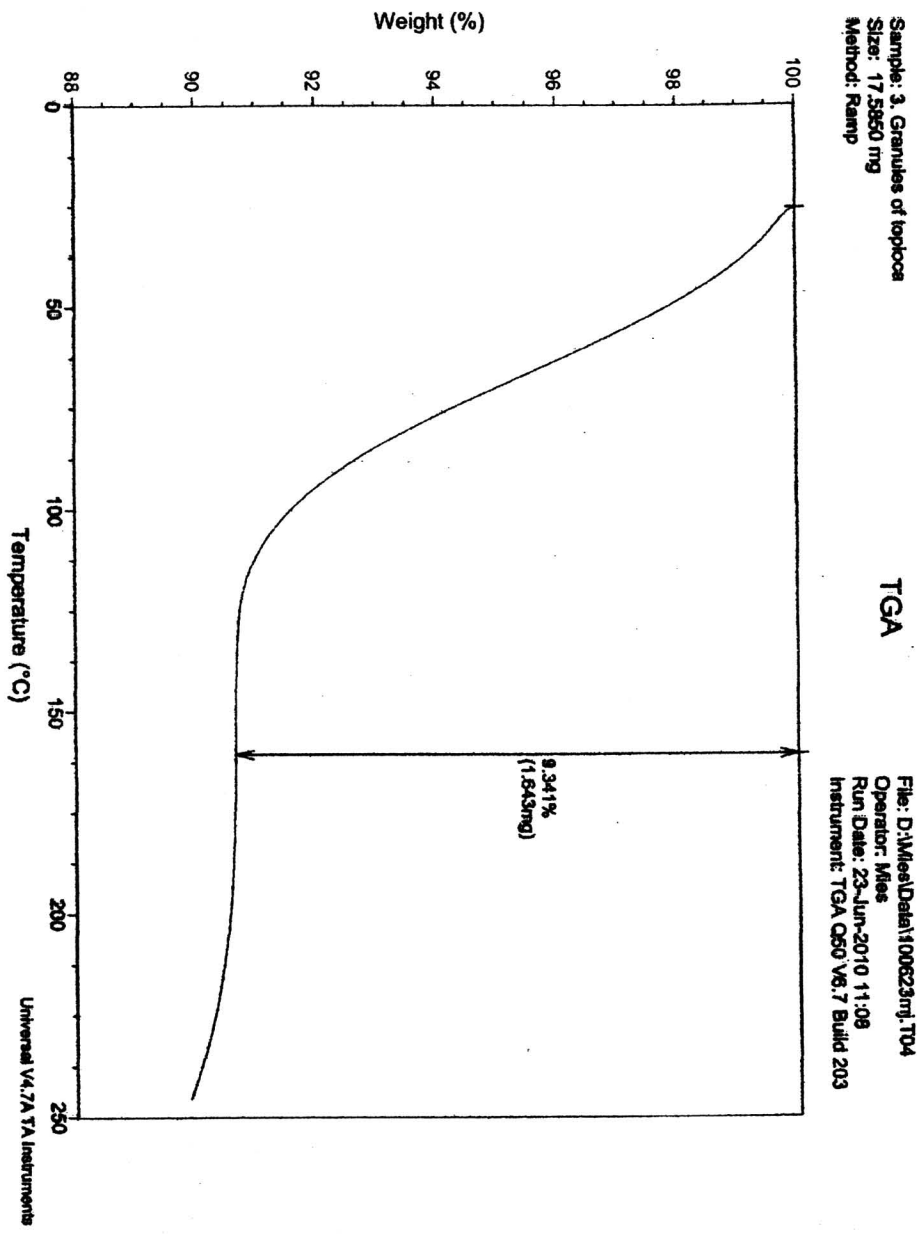
รูปที่ 3-15 แสดง TGA Thermogram ของน้ำมันหอมระเหยป่า



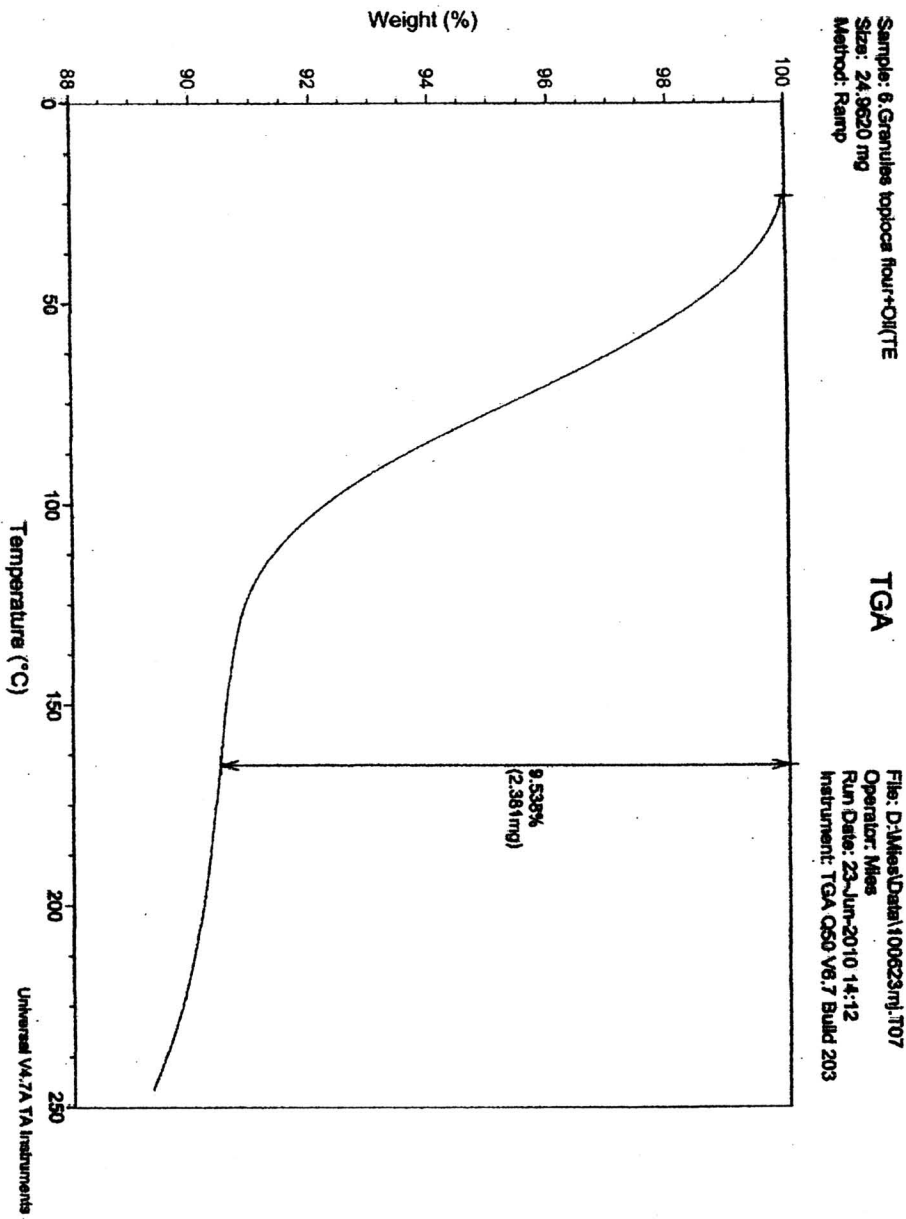
รูปที่ 3-16 แสดง TGA Thermogram ของเม็ดแป้งข้าวโพด



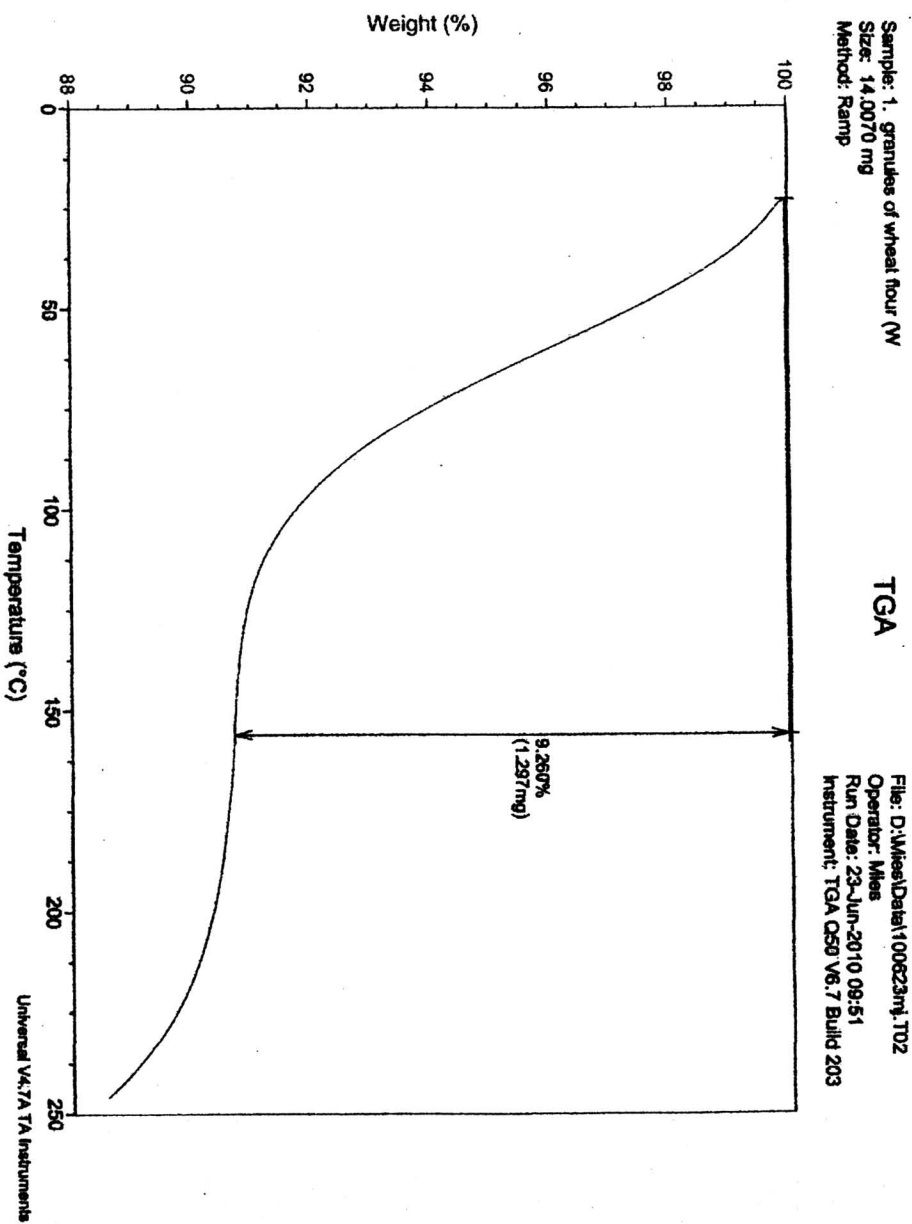
รูปที่ 3-17 แสดง TGA Thermogram ของเกรนูลของแป้งข้าวโพดที่บรรจุน้ำมันหอมระเหย



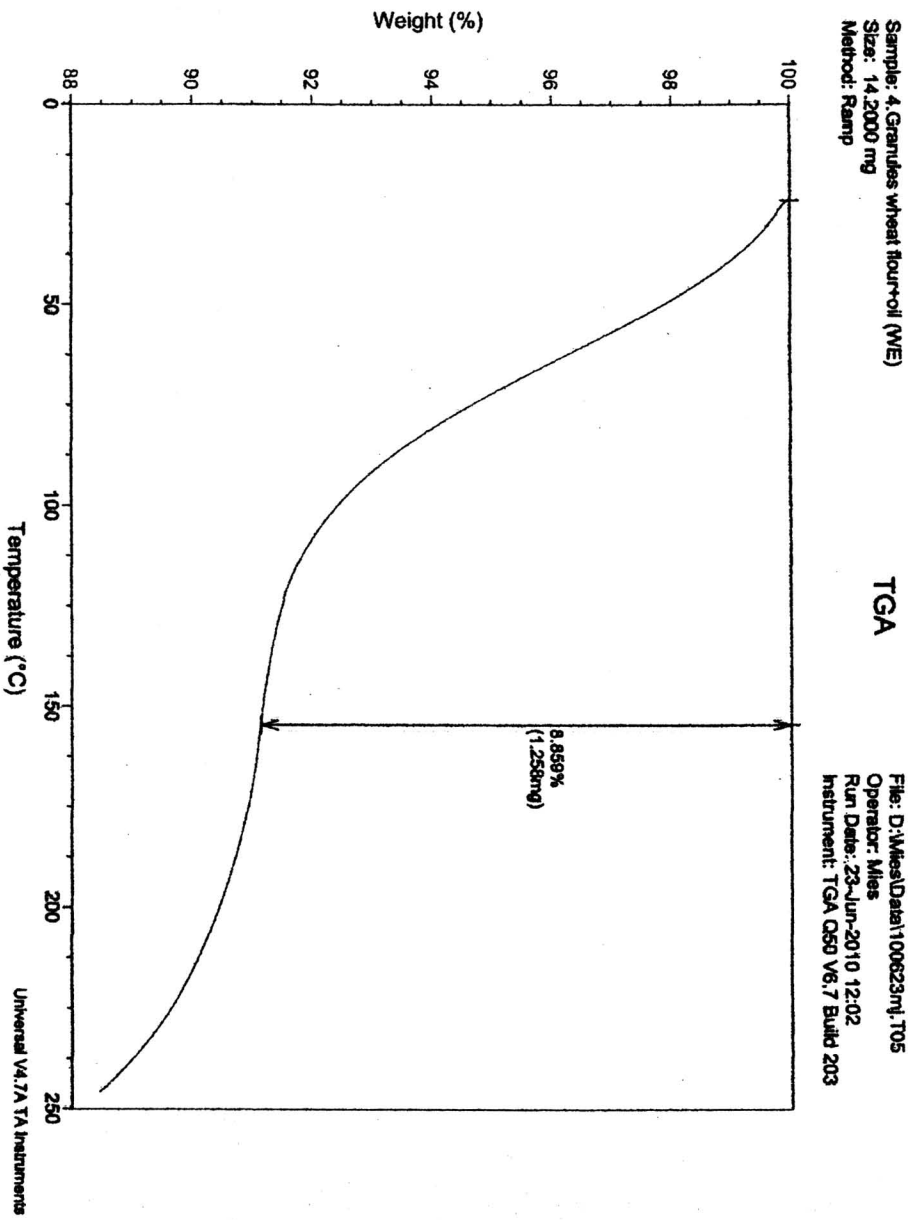
รูปที่ 3-18 แสดง TGA Thermogram ของแกรนูลเปล่าของแป้งมันสำปะหลัง



รูปที่ 3-19 แสดง TGA Thermogram ของแกรนูลของแป้งมันสำปะหลังที่บรรจุน้ำมันหอมระเหย



รูปที่ 3-20 แสดง TGA Thermogram ของเกรนูลแป้งของแป้งสาลี



รูปที่ 3-21 แสดง TGA Thermogram ของเกรนูลของแป้งสาลีที่บรรจุน้ำมันหอมระเหยจำ

ผลการศึกษาแกรนูลน้ำมันหอมระเหยต่อการเจริญของสุกร

จากผลการทดลองในด้านการพัฒนาแกรนูลทำให้ทราบว่าแกรนูลสามารถป้องกันการระเหยของน้ำมันฆ่าได้ และจากผลการศึกษาคุณสมบัติของแกรนูล ที่มีสารเพิ่มปริมาณแตกต่างกัน พบว่าแกรนูลที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นสารเพิ่มปริมาณเป็นแกรนูลที่มีสมบัติเหมาะสมที่สุด คือมี yield มากที่สุด มีความกรอบน้อยที่สุด และมีการไหลดีที่สุด แกรนูลที่มีการไหลดีจะทำให้ผสมกับอาหารหลักของสุกรได้สะดวก แกรนูลที่มีความกรอบน้อยจะเหมาะสำหรับการขนย้ายซึ่งจะไม่ทำให้แกรนูลแตกได้ง่าย จึงได้พิจารณานำแกรนูลน้ำมันหอมระเหยที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังมาทำการทดลองในสุกรเพื่อศึกษาผลต่อการเจริญของสุกรต่อไป

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3-8 พบว่าน้ำหนักแรกเริ่มของลูกสุกรทั้ง 4 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่ภายหลังเสร็จสิ้นการทดลองพบว่าลูกสุกรกลุ่มที่ 3 ซึ่งได้รับอาหารที่ผสมแกรนูลจากน้ำมันหอมระเหยจากข้าว จำนวน 2 กิโลกรัมในอาหาร 1 ตัน และกลุ่มลูกสุกรที่ได้รับอาหารที่มียาปฏิชีวนะ colistin จำนวน 100 ppm มีน้ำหนักสุดท้าย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น มากกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 ซึ่งได้รับอาหารที่ผสมแกรนูลจากน้ำมันหอมระเหยจากข้าว จำนวน 1 กิโลกรัมในอาหาร 1 ตัน ($p<0.05$)

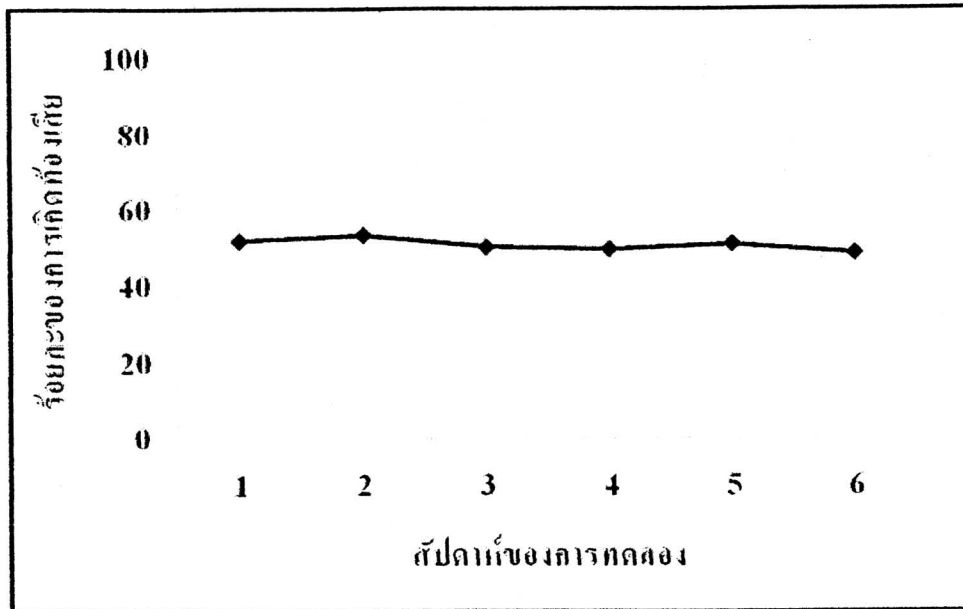
นอกจากนั้นจากการสังเกตการเกิดท้องเสียในลูกสุกรแต่ละกลุ่ม พบว่ากลุ่มควบคุม (กลุ่มที่ได้รับอาหารเพียงอย่างเดียว) มีสุกรที่ท้องเสียใกล้เคียงกันในแต่ละสัปดาห์ โดยท้องเสียมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 4-6 ของการทดลอง ดังแสดงในกราฟรูปที่ 3-22 กลุ่มสุกรทดลองกลุ่มที่ 2 (กลุ่มที่ได้รับอาหารผสมแกรนูลของน้ำมันหอมระเหยจากข้าว 1 กิโลกรัมในอาหาร 1 ตัน) มีสุกรที่ท้องเสียลดลง โดยจะเห็นได้ไม่ชัดเจนนัก ดังแสดงในกราฟรูปที่ 3-23 สำหรับกลุ่มสุกรทดลองกลุ่มที่ 3 (กลุ่มที่ได้รับอาหารผสมแกรนูลของน้ำมันหอมระเหยจากข้าว 2 กิโลกรัมในอาหาร 1 ตัน) พบว่าในช่วงสัปดาห์แรกของการเลี้ยงมีสุกรที่ท้องเสียเพิ่มขึ้นแต่ก็มีการลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ของการเลี้ยง และพบการท้องเสียลดลงเรื่อยๆ อย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในกราฟรูปที่ 3-24 และในสุกรกลุ่มทดลองที่ 4 (กลุ่มที่ได้รับอาหารผสมยาปฏิชีวนะ colistin ขนาด 100 ppm) พบการท้องเสียลดลงเรื่อยๆ อย่างเห็นได้ชัด ตั้งแต่สัปดาห์แรกของการทดลอง ดังแสดงในกราฟรูปที่ 3-25

ตารางที่ 3-8 แสดงผลของแกรนูต่อการเจริญเติบโตของสุกร

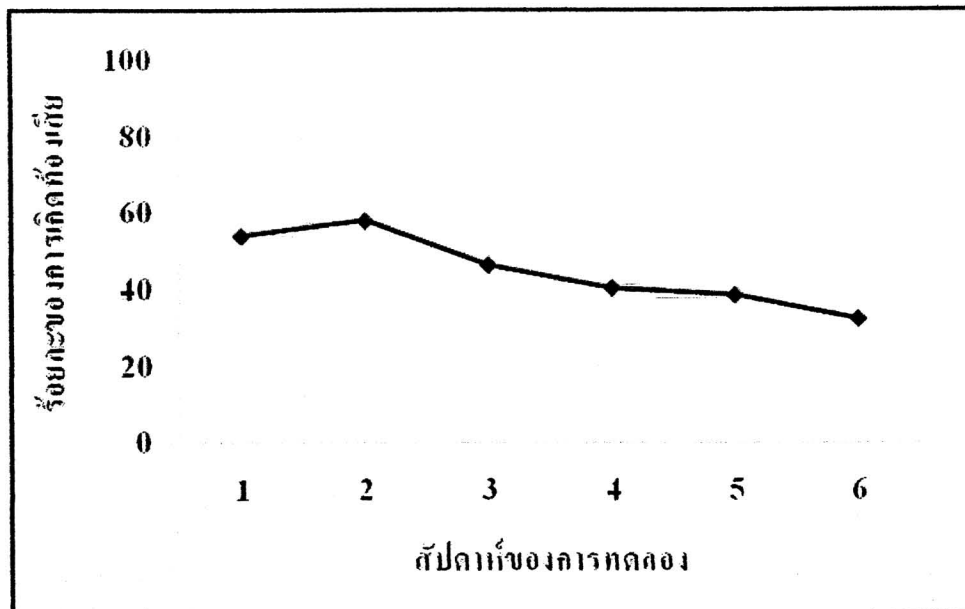
น้ำหนักของสุกร (กิโลกรัม)	กลุ่มสุกร			
	กลุ่มที่ (กลุ่มควบคุม)	กลุ่มที่ 2 (แกรนูลดำ 1 กก/ตัน)	กลุ่มที่ 3 (แกรนูลดำ 2 กก/ตัน)	กลุ่มที่ 4 (colistin 100ppm)
น้ำหนักเริ่มต้น	7.54±0.33	7.59±0.35	7.63±0.34	7.61±0.36
น้ำหนักสุดท้าย	28.19±2.66	30.58±1.94	32.13±1.58 ^a	32.73±1.91 ^a
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น	20.65±2.22	23.02±1.89	25±1.57 ^a	25.11±1.98 ^a



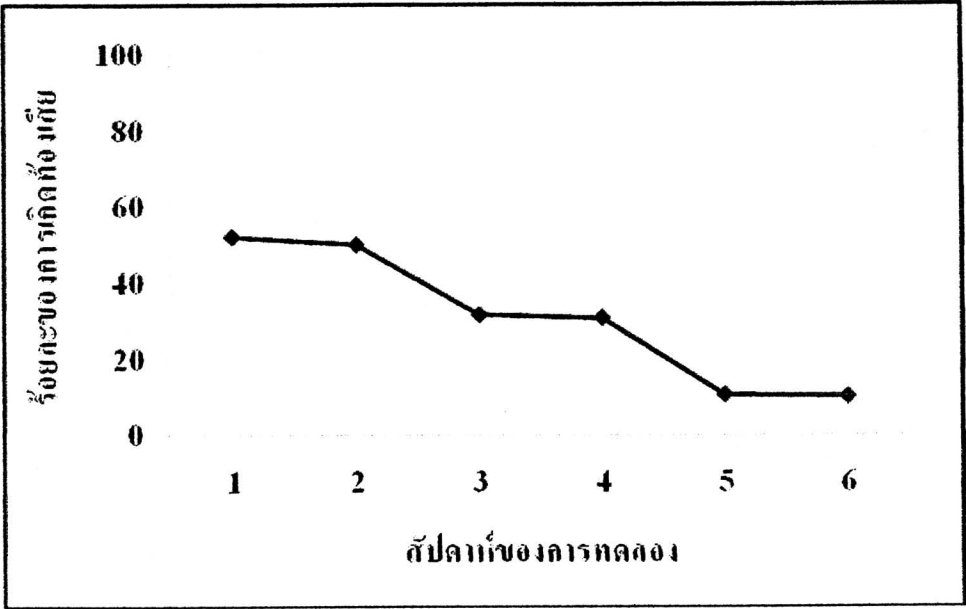
รูปที่ 3-22 แสดงร้อยละของการเกิดท้องเสียของสุกรกลุ่มที่ 1



รูปที่ 3-23 แสดงร้อยละของการเกิดทั้งผืนของวัชกรกลุ่มที่ 2



รูปที่ 3-24 แสดงร้อยละของการเกิดทั้งผืนของวัชกรกลุ่มที่ 3



รูปที่ 3-25 แสดงร้อยละของการเกิดทั้งหมยของสุกรกลุ่มที่ 4