บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 <u>ศึกษาชนิดและปริมาณสารเชื่อมที่เหมาะสมสำหรับอาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร</u>

ผลการศึกษาสารเชื่อม 8 ชนิดแปรระดับการใช้ชนิดละ 3 ระดับ เปรียบเทียบกับ sodium alginate 1.5 % ร่วมกับ sodium hexametaphosphate 1 % แล้ววัดค่าความคงตัวของอาหารในน้ำเพื่อหาชนิดและปริมาณสารเชื่อมที่เหมาะสมสำหรับอาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร แสดงดังตารางที่ 4.1-4.9

ตารางที่ 4.1 ความคงตัวของอาหารในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ppt. เมื่อใช้ sodium alginate 1.5 % และ sodium hexametaphosphate 1 % เป็นสารเชื่อม

เวลาแช่	เปอร์เซนต์ความคงตัวของอาหารในน้ำ (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน)
30 นาที	96.63±0.38
1 ชั่วโมง	95.40±0.34
2 ชั่วโมง	93.33±0.05
3 ชั่วโมง	91.33±0.79
4 ชั่วโมง	89.37±0.02

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ความคงตัวของอาหารในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ppt. เมื่อใช้ wheat gluten เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 5, 10 และ 15 %

ปริมาณ wheat gluten (%)	เปอร์เซนต์ความคงตัวของอาหารในน้ำ (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน) เวลาแช่ (ชั่วโมง)				
	0.5	1	2	3	4
5	98.46±0.13	96.41±0.36	92.74±0.51	92.66±0.51	90.50±0.34
10	98.63±0.28	97.64±0.27	95.55±0.03	94.00±0.18	91.19±0.81
15	98.65±0.51	97.99±0.63	96.09±0.22	94.66±0.27	91.72±0.11

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าความแตกต่างของค่าความคงตัวสำหรับอาหารที่มีปริมาณ wheat gluten ทั้ง 3 ระดับ ที่เวลา 4 ชั่วโมง ไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) จึงเลือก wheat gluten 5% เป็นปริมาณเหมาะสมที่สุดเพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ความคงตัวของอาหารในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ppt. เมื่อใช้ Borebone ® เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 1, 2 และ 3 %

ปริมาณ Borebone ® (%)	เปอร์เซนต์ความคงตัวของอาหารในน้ำ (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน) เวลาแช่ (ชั่วโมง)				
	0.5	1	2	3	4
1	96.51±0.58	93.01±0.28	90.97±0.25	89.90±0.05	87.55±0.39
2	98.62±0.21	94.96±0.58	93.24±0.42	89.69±0.51	88.84±0.49
3	96.47±0.38	91.95±1.37	89.52±0.34	88.48±0.35	87.00±0.74

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าความแตกต่างของค่าความคงตัวสำหรับอาหารที่มีปริมาณ Borebone ® ทั้ง 3 ระดับ ที่เวลา 4 ชั่วโมง ไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) จึงเลือก Borebone ® 1 % เป็นปริมาณเหมาะสมที่สุดเพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ความคงตัวของอาหารในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ppt. เมื่อใช้ guar gum เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 1, 2 และ 3 %

ปริมาณ guar gum (%)	เปอร์เซนต์ความคงตัวของอาหารในน้ำ (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน) เวลาแช่ (ชั่วโมง)				
	0.5	1	2	3	4
1	97.64±1.22	97.37±0.36	93.62±1.19	92.74±0.09	91.28±0.53
2	96.78±0.16	96.48±0.48	93.91±0.12	92.10±0.44	90.91±0.71
3	98.54±0.68	96.98±0.05	94.58±0.89	93.02±0.26	92.99±0.38

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าความแตกต่างของค่าความคงตัวสำหรับอาหารที่มีปริมาณ guar gum ทั้ง 3 ระดับที่เวลา 4 ชั่วโมงไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) จึงเลือก guar gum 1 % เป็นปริมาณเหมาะสมที่สุดเพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ความคงตัวของอาหารในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ppt. เมื่อใช้ Purity DA ® เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 2.5, 5 และ 7.5 %

ปริมาณ Purity DA ® (%)	เปอร์เซนต์ความคงตัวของอาหารในน้ำ (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน) เวลาแช่ (ชั่วโมง)				
	0.5	1	2	3	4
2.5	96.99±0.87	95.01±0.75	92.90±0.03	91.52±0.27	89.55±0.55
5	96.80±0.43	94.44±0.48	89.71±1.13	89.43±0.07	89.00±0.01
7.5	97.59±0.00	94.91±0.27	92.52±0.40	90.32±0.20	89.81±0.37

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าความแตกต่างของค่าความคงตัวสำหรับอาหารที่มีปริมาณ Purity DA ® ทั้ง 3 ระดับ ที่เวลา 4 ชั่วโมง ไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) จึงเลือก Purity DA ® 2.5 % เป็นปริมาณเหมาะสมที่สุดเพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ความคงตัวของอาหารในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ppt. เมื่อใช้ TTL-X 78 ® เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 2.5, 5 และ 7.5 %

ปริมาณ TTL-X 78 ® (%)	เปอร์เซนต์ความคงตัวของอาหารในน้ำ (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน) เวลาแช่ (ชั่วโมง)				
	0.5	1	2	3	4
2.5	98.76±0.29	95.26±0.44	93.86±0.10	90.36±0.52	90.70±0.75
5	98.92±0.58	97.96±0.55	95.09±0.07	94.16±0.21	92.27±0.29
7.5	98.31±0.42	98.57±0.67	97.68±0.71	94.27±0.77	92.16±0.30

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าความแตกต่างของค่าความคงตัวสำหรับอาหารที่มีปริมาณ TTL-X 78 ® ทั้ง 3 ระดับ ที่เวลา 4 ชั่วโมง ไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) จึงเลือก TTL-X 78 ® 2.5 % เป็นปริมาณเหมาะสมที่สุดเพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ความคงตัวของอาหารในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ppt. เมื่อใช้ Paselli BC ® เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 2.5, 5 และ 7.5 %

ปริมาณ Paselli BC ® (%)	เปอร์เซนต์ความคงตัวของอาหารในน้ำ (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน) เวลาแช่ (ชั่วโมง)				
	0.5	1	2	3	4
2.5	97.13±0.46	94.24±0.67	91.18±1.31	89.87±0.06	88.29^{a}±0.69
5	96.06±0.02	93.28±0.47	88.82±0.49	87.8±0.21	86.32^{a}±0.09
7.5	92.30±0.01	91.16±0.74	85.70±0.51	84.88±0.00	81.03^{b}±0.53

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าความแตกต่างของค่าความคงตัวสำหรับอาหารที่มีปริมาณ Paselli BC ® ทั้ง 3 ระดับที่เวลา 4 ชั่วโมง มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จึงเลือก Paselli BC ® 2.5 % เป็นปริมาณเหมาะสมที่สุดเพราะค่าความคงตัวของอาหารสูงสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ความคงตัวในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ppt. เมื่อใช้ Thin-n-Thik ® 99 starch เป็นสารเชื่อมในปริมาณ 2.5, 5, และ 7.5 %

ปริมาณ Thin-n-Thik ® 99 (%)	เปอร์เซนต์ความคงตัวของอาหารในน้ำ (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน) เวลาแช่ (ชั่วโมง)				
	0.5	1	2	3	4
2.5	97.09±0.96	94.84±0.71	91.84±0.26	88.59±0.35	87.63[a]±0.13
5	97.60±0.31	94.96±0.59	91.90±0.27	88.91±0.11	86.77[a]±0.14
7.5	55.22±0.76	53.87±0.70	51.53±0.22	10.75±1.31	9.00[b]±0.00

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าความแตกต่างของค่าความคงตัวสำหรับอาหารที่มีปริมาณ Thin-n-Thik ® 99 ทั้ง 3 ระดับที่เวลา 4 ชั่วโมง มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จึงเลือก Thin-n-Thik® 99 2.5 % เป็นปริมาณเหมาะสมที่สุดเพราะความคงตัวของอาหารสูงสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 ความคงตัวของอาหารในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ppt. เมื่อใช้ส่วนผสมของ ISP กับ α-starch เป็นสารเชื่อมในอัตราส่วน 10%:0%, 10%:3% และ 7%:3%

ปริมาณ ISP : α-starch (% : %)	เปอร์เซนต์ความคงตัวของอาหารในน้ำ (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน) เวลาแช่ (ชั่วโมง)				
	0.5	1	2	3	4
10:0	97.39±0.71	97.35±0.22	95.72±0.84	90.69±0.01	90.86±0.11
10:3	97.99±0.28	96.92±0.17	90.33±0.95	90.92±0.55	89.87±0.89
7:3	98.28±0.43	96.45±0.56	93.40±0.43	89.92±0.48	89.10±0.09

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าความแตกต่างของค่าความคงตัวสำหรับอาหารที่มี ISP ผสมกับ α-starch ทั้ง 3 อัตราส่วนที่เวลา 4 ชั่วโมงไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) จึงเลือกปริมาณ ISP 10 % เป็นปริมาณเหมาะสมที่สุด เพราะค่าความคงตัวสูงสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอาหารที่ใช้เป็นองค์ประกอบอาหารกุ้งวัยรุ่น

องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอาหาร แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอาหารที่ใช้ในการผลิตอาหารกุ้ง

วัสดุอาหาร	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เส้นใย (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)
ปลาป่น	8.79	60.36	8.25	0.93	17.38	4.29
ปลาเป็ด	67.89	24.38	1.67	0.00	3.98	2.08
ปลาหมึกป่น	12.10	62.95	6.13	0.49	9.70	8.63
หัวกุ้งป่น	7.79	33.38	8.89	5.41	3.32	41.21
กากถั่วเหลือง	10.52	43.93	2.98	3.41	7.68	31.48
ปลายข้าว	11.95	6.57	0.01	0.49	0.39	80.59
รำอัด	11.13	11.74	0.31	14.45	13.61	42.59
ISP	7.20	78.44	0.01	0.24	3.62	10.49
Purity DA [R]	12.05	0.00	0.12	0.00	0.03	87.80
wheat gluten	7.76	71.69	1.40	1.11	0.84	24.96

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ศึกษาผลการใช้สารเชื่อมในสูตรอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดและอัตราแลกเนื้อของกุ้งกุลาดำวัยรุ่น

เลือกชนิดและปริมาณสารเชื่อมจากข้อ 4.1 โดยคำนึงถึงค่าความคงตัวของอาหารในน้ำ และราคา ผลิตอาหารกุ้งโดยใช้สารเชื่อมต่างกัน 5 ชนิด เปรียบเทียบคุณภาพโดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ความคงตัวของอาหารในน้ำ และปริมาณวิตามิน C ผลแสดงดังตารางที่ 4.11, 4.12 และ 4.13 เมื่อนำอาหารกุ้งไปเลี้ยงกุ้งกุลาดำวัยรุ่นเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ วัดอัตราการเจริญเติบโตโดยชั่งน้ำหนักกุ้ง และวัดความยาวเหยียดดังแสดงในตารางที่ 4.14 และ 4.15 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก หรือความยาวของกุ้ง กับระยะเวลาการเลี้ยง ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 หาอัตราการรอดและอัตราแลกเนื้อของกุ้ง ดังตารางที่ 4.16 และ 4.17

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารกุ้งกุลาดำที่ใช้สารเชื่อมต่างชนิดกันรวม 5 ชนิด

(ค่าเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน)

อาหาร	ความชื้น ns (%)	โปรตีน ns (%)	ไขมัน ns (%)	เส้นใย (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)
Na	7.21±0.49	41.69±0.07	6.11±0.06	2.14^{c}±0.07	14.60^{a}±0.36	28.26^{b}±0.45
FF	7.18±0.35	41.76±0.18	6.13±0.12	3.30^{b}±0.12	13.54^{c}±0.09	28.11^{c}±0.15
ISP	7.36±0.45	41.37±0.10	6.37±0.13	2.47^{c}±0.04	13.48^{c}±0.07	28.95^{a}±0.37
BB	7.54±0.97	41.02±0.36	6.14±0.10	3.68^{a}±0.03	13.79^{b}±0.08	26.84^{cd}±0.55
DA	8.37±0.15	41.71±0.06	6.24±0.03	3.42^{ab}±0.17	13.81^{b}±0.05	26.48^{d}±0.175

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

a,b,c,d ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีอักษรต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

Na อาหารที่ใช้ sodium alginate 1.5 % และ sodium hexametaphosphate 1 % เป็นสารเชื่อม

FF อาหารที่ใช้ปลาเป็ดบดละเอียดเป็นสารเชื่อมและเป็นแหล่งโปรตีนแทนปลาป่น

ISP อาหารที่ใช้ ISP 10 % เป็นสารเชื่อมและแหล่งโปรตีน

BB อาหารที่ใช้ Borebone® 1,% เป็นสารเชื่อม

DA อาหารที่ใช้ Purity DA® 2.5 % เป็นสารเชื่อม

ตารางที่ 4.12 ความคงตัวของอาหารกุ้งในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ppt. เมื่อใช้สารเชื่อมต่างชนิดกันรวม 5 ชนิด

อาหาร	เปอร์เซนต์ความคงตัวของอาหารในน้ำ (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน)				
	เวลาแช่ (ชั่วโมง)				
	0.5	1	2	3	4
Na	96.67±0.14	91.51±0.00	87.93±0.16	85.58±0.06	84.41^{d}±0.18
FF	93.62±0.19	90.37±0.27	86.59±0.31	84.43±0.24	83.21^{e}±0.16
ISP	96.28±0.28	94.47±0.01	91.63±0.31	90.40±0.56	89.16^{a}±0.09
BB	94.79±0.06	92.83±0.74	91.36±0.36	85.60±0.21	85.02^{b}±0.36
DA	95.02±0.02	92.09±0.02	88.60±0.11	86.46±0.30	84.73^{c}±0.06

a,b,c,d,e ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีอักษรต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าความแตกต่างของค่าความคงตัวในน้ำสำหรับอาหารที่ใช้สารเชื่อมต่างกัน 5 ชนิดที่เวลา 4 ชั่วโมงมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) อาหารกุ้งสูตรที่ใช้ ISP 10 % เป็นสารเชื่อมและแหล่งโปรตีนมีค่าคงตัวในน้ำสูงสุด

ตารางที่ 4.13 ปริมาณวิตามิน c ที่ตรวจพบในอาหารกุ้งกุลาดำ เมื่อใช้สารเชื่อมต่างชนิดกันรวม 5 ชนิด

อาหาร	มิลลิกรัมวิตามินซี/กรัมอาหาร ns (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน)
Na	1.45±0.05
FF	1.50±0.10
ISP	1.50±0.10
BB	1.60±0.00
DA	1.55±0.05

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้สารเชื่อมต่างกัน 5 สูตร เป็นเวลา 6 สัปดาห์

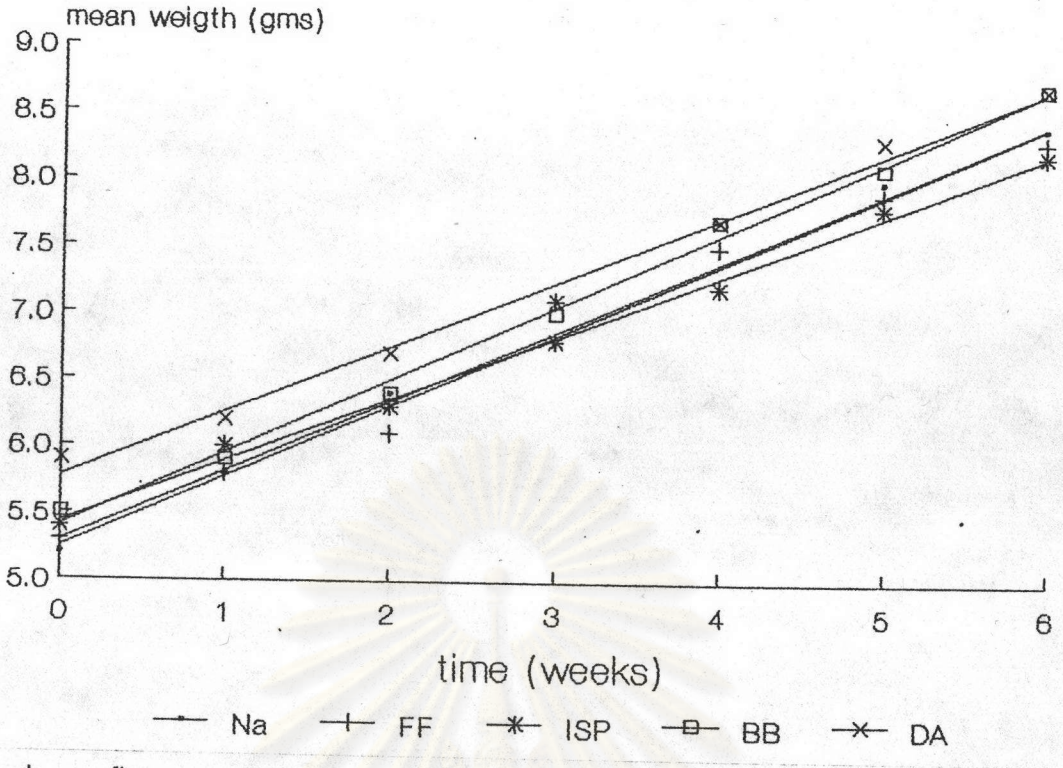
อาหาร	น้ำหนักเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน (กรัม) สัปดาห์ที่						
	0	1	2	3	4	5	6
Na	5.2±0.63	5.8±0.80	6.4±0.98	6.8±0.92	7.2±0.88	8.0±0.94	8.4±0.85
FF	5.3±0.70	5.8±0.75	6.1±0.63	7.1±0.73	7.5±0.89	7.9±0.75	8.3±0.59
ISP	5.4±0.77	6.0±0.41	6.3±0.76	6.8±0.77	7.2±0.79	7.8±0.02	8.2±0.09
BB	5.5±0.17	5.9±0.06	6.4±0.01	7.0±0.13	7.7±0.11	8.1±0.09	8.7±0.13
DA	5.9±0.12	6.2±0.04	6.7±0.12	7.1±0.01	7.7±0.17	8.3±0.29	8.7±0.51

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ AOC (แสดงในภาคผนวก ข.4 ตาราง ข.4) พบว่าความแตกต่างของน้ำหนักกุ้งที่กินอาหารที่ใช้สารเชื่อมต่างกัน 5 ชนิดตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 6 สัปดาห์มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กุ้งที่กินอาหารสูตร DA และ สูตร BB มีการเจริญเติบโตสูงสุด รองลงมาคือสูตร Na ,สูตร FF และสูตร ISP ตามลำดับ

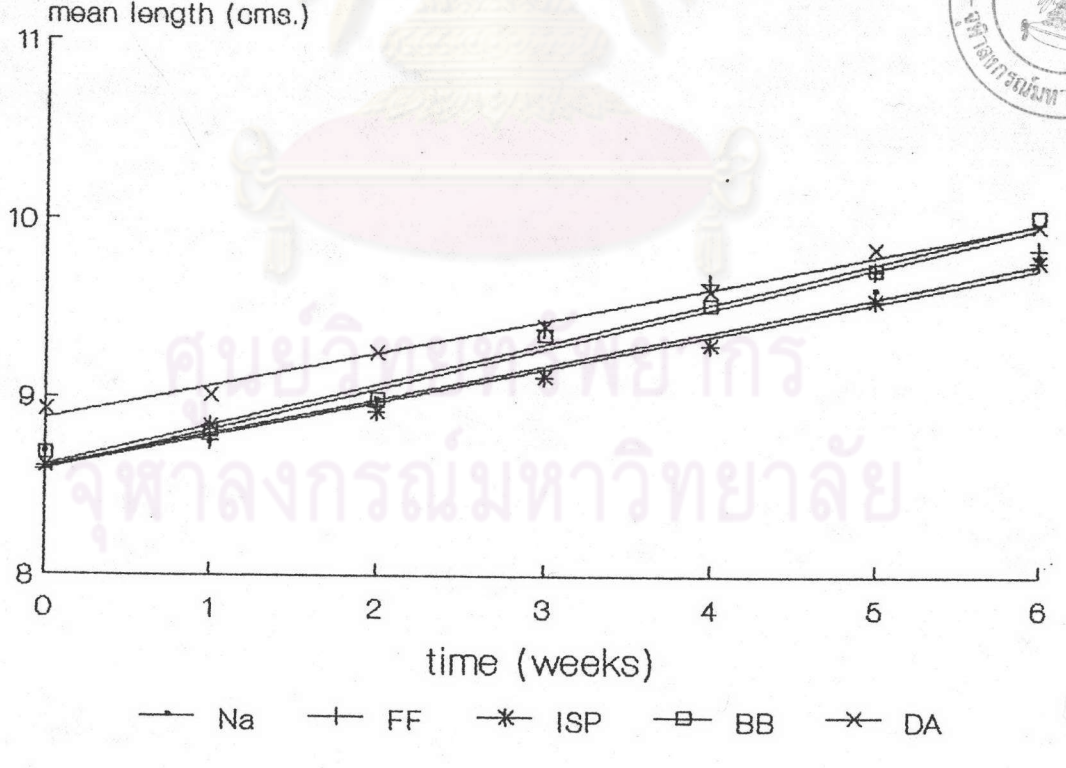
ตารางที่ 4.15 ความยาวเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้สารเชื่อมต่างกัน 5 สูตร เป็นเวลา 6 สัปดาห์

อาหาร	ความยาวเฉลี่ย ±เบี่ยงเบนมาตรฐาน (เซนติเมตร) สัปดาห์ที่						
	0	1	2	3	4	5	6
Na	8.69±0.50	8.75±0.51	8.99±0.47	9.12±0.38	9.3±0.36	9.61±0.38	9.80±0.33
FF	8.59±0.40	8.76±0.39	8.95±0.35	9.39±0.31	9.65±0.55	9.72±0.35	9.84±0.17
ISP	8.61±0.35	8.84±0.32	8.92±0.31	9.12±0.27	9.30±0.26	9.55±0.42	9.77±0.39
BB	8.68±0.07	8.81±0.07	8.99±0.03	9.35±0.09	9.52±0.03	9.72±0.02	10.02±0.04
DA	8.93±0.02	9.01±0.01	9.25±0.07	9.40±0.05	9.60±0.09	9.84±0.06	9.97±0.16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำที่กินอาหารที่ใช้สารเชื่อมต่างกัน 5 ชนิด เป็นเวลา 6 สัปดาห์



รูปที่ 2 ความยาวเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำที่กินอาหารที่ใช้สารเชื่อมต่างกัน 5 ชนิด เป็นเวลา 6 สัปดาห์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการรอด และอัตราแลกเนื้อของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้สารเชื่อมต่างกัน 5 สูตร เป็นเวลา 6 สัปดาห์

อาหาร	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้น ±เบี่ยงเบนมาตรฐาน (กรัม)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้าย ±เบี่ยงเบนมาตรฐาน (กรัม)	ค่าเฉลี่ยอัตราการรอด ±เบี่ยงเบนมาตรฐาน (%)	ค่าเฉลี่ยอัตราแลกเนื้อ ±เบี่ยงเบนมาตรฐาน
Na	5.2±0.63	8.4±0.85	97.22^{a}±2.78	1.95^{ab}±0.01
FF	5.3±0.70	8.3±0.59	97.22^{a}±2.78	1.69^{a}±0.06
ISP	5.4±0.77	8.2±0.09	97.22^{a}±2.78	2.47^{c}±0.09
BB	5.5±0.17	8.7±0.13	95.83^{b}±2.78	2.12^{bc}±0.15
DA	5.9±0.12	8.7±0.51	95.83^{b}±1.39	2.01^{abc}±0.06

a,b,c ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีอักษรต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าความแตกต่างของอัตราการรอด และอัตราแลกเนื้อ มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) อาหารกุ้งที่ให้อัตราการรอดสูงสุดคืออาหารสูตร Na, อาหารสูตร FF และอาหารสูตร ISP ส่วนอาหารที่ให้อัตราแลกเนื้อต่ำสุดคือสูตร FF

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Symmetric Factorial Design พบว่าความแตกต่างของค่าความคงตัวสำหรับอาหารที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill ไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) จึงเลือกภาวะรุนแรงน้อยที่สุดคือ Purity DA ^{R} 2.5 % ความชื้นของวัสดุอาหารก่อนเข้าเครื่อง 10 % และเวลาในการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ 5 นาทีเป็นภาวะที่ดีที่สุด ในการผลิตอาหารกุ้ง

4.5 ศึกษาคุณภาพของอาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร อาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill เปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้า

การเปรียบเทียบคุณภาพของอาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร อาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill เปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้าโดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ความคงตัวของอาหารในน้ำ และปริมาณวิตามิน C แสดงในตารางที่ 4.18 , 4.19 และ 4.20 ตามลำดับ เมื่อนำอาหารที่ผลิตได้ไปเลี้ยงกุ้งกุลาดำวัยรุ่นเปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้าเป็นเวลา 6 สัปดาห์ วัดอัตราการเจริญเติบโตโดยชั่งน้ำหนักและวัดความยาวเหยียดกุ้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.21 และ 4.22 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักหรือความยาวกุ้ง กับระยะเวลาเลี้ยง ดังรูปที่ 3 และ 4 หาอัตรารอดและอัตราแลกเนื้อกุ้ง ดังตารางที่ 4.23

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการอัดเม็ดอาหารกุ้งด้วยเครื่อง pellet mill

หาภาวะที่เหมาะสมในการอัดเม็ดอาหารด้วยเครื่อง pellet mill โดยเปรียบเทียบค่าความคงตัวของอาหารในน้ำที่เวลา 4 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.17) เมื่อใช้สารเชื่อมที่เลือกจากข้อ 4.2 คือ Purity DA ® 2.5, 5 และ 7.5 % ปรับความชื้นของวัสดุอาหารก่อนเข้าเครื่องเป็น 10, 15 และ 20 % และให้ความร้อนด้วยไอน้ำหลังการอัดเม็ดนาน 5, 10 และ 15 นาที

ตารางที่ 4.17 ความคงตัวของอาหารในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ppt. เมื่อผลิตอาหารด้วยเครื่อง pellet mill

ปริมาณ Purity DA ® (%)	ความชื้นของวัสดุอาหารก่อนเข้าเครื่อง(%)	เปอร์เซนต์ความคงตัวของอาหารในน้ำที่เวลา 4 ชั่วโมง ns (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน)		
		เวลาที่ให้ความร้อนด้วยไอน้ำ (นาที)		
		5	10	15
2.5	10	93.12±0.91	89.07±1.29	91.12±0.66
	15	89.84±0.79	90.93±0.89	90.93±0.53
	20	91.78±0.55	92.70±0.95	90.26±0.09
5	10	93.43±0.15	93.51±0.41	90.08±0.70
	15	89.12±0.89	92.54±0.45	92.06±0.98
	20	89.82±0.83	92.09±0.25	92.34±0.68
7.5	10	93.64±0.02	93.57±0.25	93.60±0.65
	15	92.29±0.59	93.03±0.15	91.94±0.63
	20	91.71±0.26	91.73±0.23	91.14±0.16

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารกุ้งกุลาดำที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร อาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill เปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้า

อาหาร	ค่าเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เส้นใย ns (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต ns (%)
เชิงการค้า	10.16^{a}±0.41	38.53^{c}±0.52	5.77^{c}±0.12	3.21±0.18	15.49^{a}±0.02	26.84±0.15
สูตร 1	7.10^{b}±1.28	41.91^{a}±0.65	7.03^{a}±0.28	3.32±0.04	13.09^{c}±0.42	27.55±0.24
สูตร 2	5.67^{b}±0.02	41.99^{a}±0.56	7.06^{a}±0.11	3.50±0.08	14.56^{b}±0.01	27.22±0.38
สูตร 3	7.49^{b}±0.33	40.03^{bc}±0.28	6.31^{b}±0.09	3.71±0.32	15.17^{b}±0.21	27.29±0.22
สูตร 4	7.77^{b}±0.47	40.41^{ab}±0.15	7.07^{a}±0.01	3.64±0.11	14.69^{bc}±0.04	26.42±0.51

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

a,b,c ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีอักษรต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

สูตรที่ 1 อาหารที่ใช้ Purity DA ^{R} 2.5 % เป็นสารเชื่อมผลิตด้วยเครื่อง pellet mil
สูตรที่ 2 อาหารที่ใช้ Purity DA ^{R} 2.5 % เป็นสารเชื่อมผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร
สูตรที่ 3 อาหารที่ใช้ wheat gluten 5 % เป็นสารเชื่อมผลิตด้วยเครื่อง pellet mill
สูตรที่ 4 อาหารที่ใช้ wheat gluten 2.5 % และ Purity DA ^{R} 2.5 % เป็นสารเชื่อมผลิต ด้วยเครื่อง pellet mill

ตารางที่ 4.19 ความคงตัวของอาหารกุ้งในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ppt. เมื่อผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร อาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill เปรียบเทียบกับ อาหารกุ้งเชิงการค้า

อาหาร	เปอร์เซนต์ความคงตัวของอาหารในน้ำ (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน)				
	เวลาแช่ (ชั่วโมง)				
	0.5	1	2	3	4
เชิงการค้า	98.87±0.17	98.03±0.46	95.39±0.11	95.14±0.44	93.04^{a}±0.19
สูตร 1	96.15±0.23	93.14±0.93	90.57±0.08	89.16±0.02	87.93^{e}±0.29
สูตร 2	97.83±0.31	93.63±0.32	89.44±0.11	88.13±0.14	88.52^{d}±0.87
สูตร 3	97.44±0.57	96.87±0.55	94.40±0.28	93.08±0.63	91.12^{c}±0.43
สูตร 4	98.39±0.16	95.71±0.36	92.01±0.08	91.59±0.03	91.27^{b}±0.38

a,b,c,d,e ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีอักษรต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าความแตกต่างของค่าความคงตัวสำหรับอาหารที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร อาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้า ที่เวลา 4 ชั่วโมง มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) อาหารกุ้งที่มีความคงตัวในน้ำสูงสุด คืออาหารเชิงการค้า รองลงมาคือสูตร 4, สูตร 3, สูตร 2 และสูตร 1 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.20 ปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบในอาหารกุ้งกุลาดำเมื่อผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร อาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill เปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้า

อาหาร	มิลลิกรัมวิตามินซี/กรัมอาหาร ns (เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน)
เชิงการค้า	2.50±0.14
สูตรที่ 1	2.39±0.18
สูตรที่ 2	1.78±0.03
สูตรที่ 3	2.27±0.14
สูตรที่ 4	2.47±0.03

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร อาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill เปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้าเป็นเวลา 6 สัปดาห์

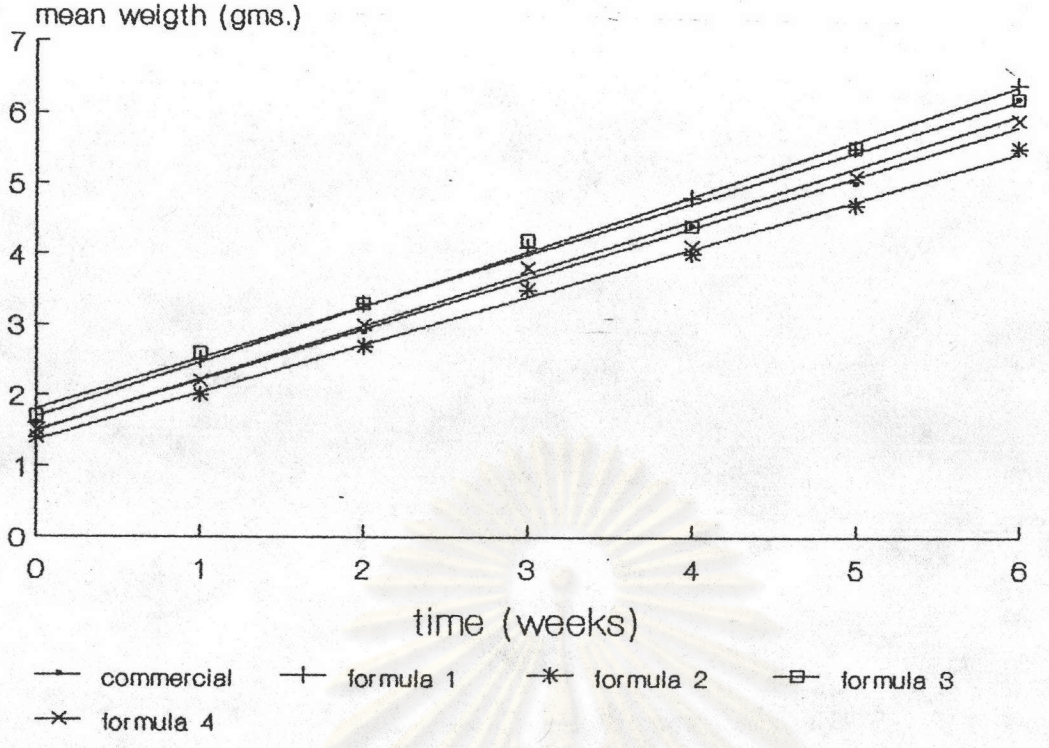
อาหาร	น้ำหนักเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน (กรัม)						
	สัปดาห์ที่						
	0	1	2	3	4	5	6
เชิงการค้า	1.6±0.31	2.2±0.45	2.9±0.67	3.8±0.74	4.4±0.92	5.0±1.01	6.2±1.08
สูตร 1	1.6±0.34	2.5±0.52	3.3±0.72	4.1±0.97	4.8±1.20	5.5±1.33	6.4±1.36
สูตร 2	1.4±0.27	2.0±0.41	2.7±0.52	3.5±0.73	4.0±0.86	4.7±0.90	5.5±0.97
สูตร 3	1.7±0.42	2.6±0.49	3.3±1.31	4.2±0.96	4.4±0.98	5.5±1.10	6.2±0.95
สูตร 4	1.5±0.33	2.2±0.56	3.0±0.64	3.8±0.76	4.1±0.86	5.1±1.09	5.9±0.93

จากการวิเคราะห์ผลแบบ AOC (แสดงในภาคผนวก ข.4 ตาราง ข.5) พบว่าความแตกต่างของน้ำหนักกุ้งที่กินอาหารที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร อาหารที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill เปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้า ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 6 สัปดาห์ มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กุ้งที่กินอาหารสูตร 1 และสูตร 3 มีการเจริญเติบโตสูงสุด รองลงมาคืออาหารเชิงการค้า และอาหารสูตร 4 ส่วนกุ้งที่กินอาหารสูตร 2 มีการเจริญเติบโตต่ำสุด

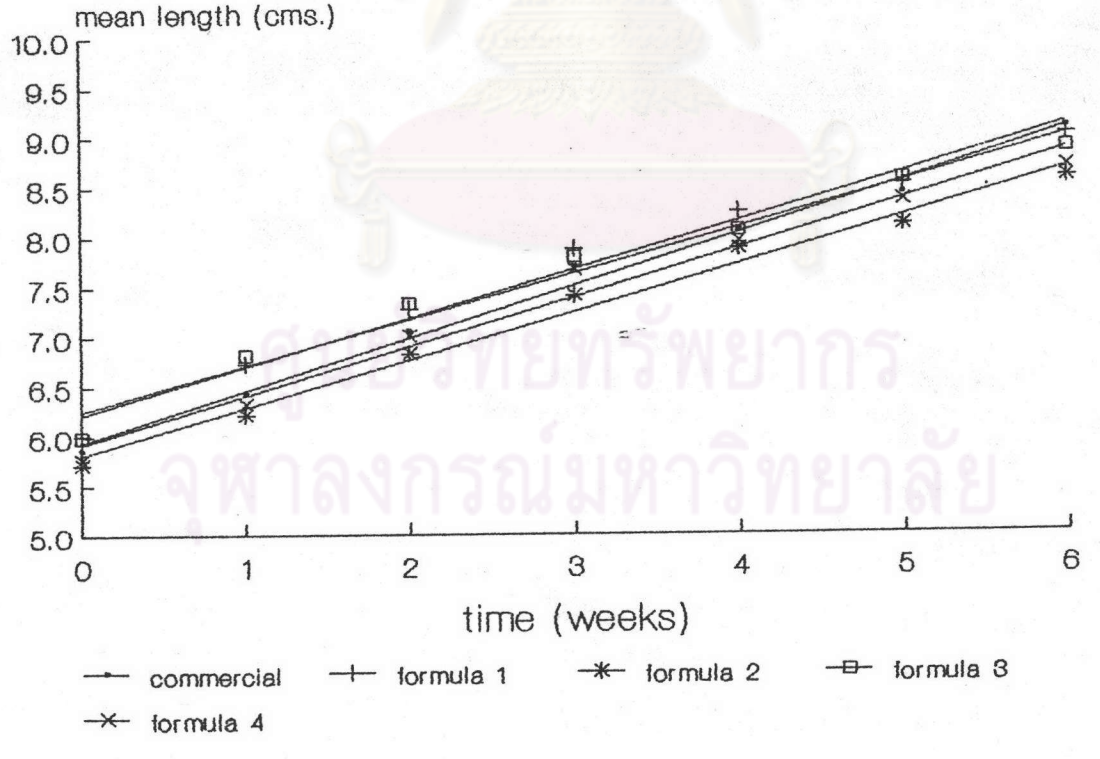
ตารางที่ 4.22 ความยาวเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร อาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill เปรียบเทียบกับอาหารเชิงการค้า เป็นเวลา 6 สัปดาห์

อาหาร	ความยาวเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน (เซนติเมตร) สัปดาห์ที่						
	0	1	2	3	4	5	6
เชิงการค้า	5.85±0.32	6.42±0.51	7.05±0.53	7.69±0.56	8.05±0.59	8.42±0.59	9.07±0.48
สูตร 1	6.01±0.39	6.73±0.47	7.28±0.57	7.87±0.60	8.24±0.62	8.53±0.67	9.01±0.63
สูตร 2	5.72±0.31	6.21±0.44	6.83±0.48	7.40±0.52	7.87±0.53	8.10±0.51	8.57±0.48
สูตร 3	5.99±0.45	6.81±0.42	7.33±0.24	7.79±0.64	8.05±0.63	8.56±0.58	8.87±0.44
สูตร 4	5.76±0.42	6.32±0.59	7.01±0.55	7.66±0.54	7.94±0.50	8.35±0.62	8.68±0.37

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำที่กินอาหารที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร อาหารที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill เปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้า เป็นเวลา 6 สัปดาห์



รูปที่ 4 ความยาวเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำที่กินอาหารที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร อาหารที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill เปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้า เป็นเวลา 6 สัปดาห์

ตารางที่ 4.23 น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการรอด และอัตราแลกเนื้อของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผลิตด้วยเครื่องบดอาหาร อาหารกุ้งที่ผลิตด้วยเครื่อง pellet mill เปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้า

อาหาร	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้น ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน (กรัม)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้าย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน (กรัม)	ค่าเฉลี่ยอัตราการรอด ns ±เบี่ยงเบนมาตรฐาน (%)	ค่าเฉลี่ยอัตราแลกเนื้อ ns ±เบี่ยงเบนมาตรฐาน
เชิงการค้า	1.6±0.31	6.2±1.08	94.44±2.78	1.85±0.15
สูตร 1	1.6±0.34	6.4±1.36	93.06±2.78	1.99±0.05
สูตร 2	1.4±0.27	5.5±0.97	88.89±2.78	2.01±0.02
สูตร 3	1.7±0.42	6.2±0.95	93.06±1.39	1.98±0.06
สูตร 4	1.5±0.33	5.9±0.93	94.44±2.78	1.98±0.01

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าความแตกต่างของอัตราการรอด อัตราแลกเนื้อ ไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) สรุปว่าการอัดเม็ดอาหารด้วยเครื่องบดอาหารและเครื่อง pellet mill เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารกุ้งเชิงการค้าไม่มีผลต่ออัตราการรอด และอัตราแลกเนื้อของกุ้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย