

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. ผลิตก้างปลาผงและปลากระดูกผงเพื่อเป็นแหล่งแคลเซียม

ผลิตก้างปลาผงและปลากระดูกผงตามวิธีของลักษณะ และคณะ (2545) ศึกษาและนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของก้างปลาผง และปลากระดูกผง (ต่อ 100 กรัม) จากการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม ความชื้น โปรตีน ไขมัน คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตและพลังงานในก้างปลาผง ปลากระดูกผงแสดงผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของก้างปลาผง และปลากระดูกผง ในปริมาณ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ก้างปลาผง	ปลากระดูกผง
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	6,608±1.01 ^a	3,426±0.44 ^b
โปรตีน (กรัม)	48.78±2.0 ^b	71.49±0.3 ^a
เถ้า (กรัม)	30.62±0.2 ^a	17.10±0.3 ^b
ความชื้น (กรัม)	6.51 ±0.8 ^a	5.23±0.9 ^b
ไขมัน (กรัม)	13.15±0.7 ^a	4.67±0.2 ^b
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	0.9	1.4
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	317.2	334.0

ค่าเฉลี่ยที่มีตัว a, b และ c เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ก้างปลาผงมีปริมาณแคลเซียม 6,608 มิลลิกรัม ปลากระดูกผงมีปริมาณแคลเซียม 3,426 มิลลิกรัม ปริมาณแคลเซียมที่มีในก้างปลาผงที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ต่ำกว่าก้างปลาผงที่ใช้ในการศึกษาของ ลักษณะและคณะ (2545) ประมาณ 3 เท่า ทั้งนี้จะเป็นเพราะชนิดก้างปลาที่ต่างกัน ในขณะที่ปริมาณแคลเซียมในปลากระดูกผงมีปริมาณใกล้เคียงกันทั้งสองการศึกษา จะเห็นได้ว่าก้างปลาผงมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าปลากระดูกผงประมาณหนึ่งเท่าตัว ก้างปลาที่มีส่วนที่เป็นกระดูกมากกว่าปลากระดูก เนื่องจากแคลเซียมจะพบมากในเปลือกและกระดูกของสัตว์ที่สามารถรับประทานได้ทั้งตัว (พรรัตน์, 2554) ส่วนโปรตีนในปลากระดูกจะมีปริมาณสูงกว่าก้างปลา เนื่องจากโปรตีนส่วนใหญ่จะอยู่ในส่วนที่เป็นเนื้อของสัตว์ต่างๆ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ปลากระดูกทั้งตัวซึ่งจะมีส่วนของเนื้อปลามากกว่าส่วนที่เป็นก้างปลา

2. ผลของการใช้กากปลาผง ปลากระดักผงและแคลเซียมสังเคราะห์ต่อคุณภาพของข้าวเกรียบ

2.1 การหาสูตรมาตรฐานข้าวเกรียบ

ทำการศึกษาสูตรมาตรฐานข้าวเกรียบโดยการแปรปริมาณและชนิดของแป้งที่ใช้เป็นส่วนผสมใน 3 ระดับ (ตารางที่ 4) เมื่อนำข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตร ไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าข้าวเกรียบสูตรปลา 49% ใช้แป้งมันสำปะหลังและแป้งสาลี กับข้าวเกรียบสูตรปลา 49% ใช้แป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู มีความชอบรวมไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 5) จึงเลือกข้าวเกรียบสูตรปลา 49% ใช้แป้งมันสำปะหลังและแป้งสาลีมาเป็นสูตรพื้นฐานสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากบางพื้นที่แป้งสาคูหายากและมีราคาสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง อีกทั้งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตข้าวเกรียบอีกด้วย

ตารางที่ 4 ข้าวเกรียบปลาสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	เปอร์เซ็นต์		
	สูตรปลา 44%	สูตร ปลา 49% ไม่ใส่แป้งสาคู	สูตรปลา 49% ใส่แป้งสาคู
เนื้อปลา	44	49	49
แป้งมันสำปะหลัง	47.9	39.4	39.4
แป้งสาลี	6.3	4.9	0
แป้งสาคู	0	0	4.9
เกลือป่น	0.5	2	2
น้ำตาลทราย	0.6	2.8	2.8
พริกไทยป่น	0.2	0.8	0.8
กระเทียม	0.3	0.8	0.8

ตารางที่ 5 ผลการประเมินการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาสูตรพื้นฐาน

ปัจจัย	สูตรปลา 44%	สูตร ปลา 49% ไม่ใส่แป้งสาคุ	สูตรปลา 49% ใส่แป้งสาคุ
สี	5.2 ± 1.3 ^a	5.0 ± 1.4 ^a	5.1 ± 1.2 ^a
กลิ่นคาวปลา	4.4 ± 1.4 ^b	4.8 ± 1.1 ^{ab}	5.2 ± 1.0 ^a
กลิ่นรสพริกไทย	3.8 ± 1.1 ^b	5.0 ± 1.2 ^a	5.2 ± 0.9 ^a
รสเค็ม	3.1 ± 1.4 ^b	4.9 ± 1.2 ^a	4.7 ± 1.3 ^a
ความกรอบ	5.0 ± 1.4 ^b	5.7 ± 0.8 ^a	5.5 ± 1.2 ^{ab}
การพองตัว	4.4 ± 1.6 ^b	5.3 ± 1.2 ^a	5.2 ± 1.5 ^a
ความชอบรวม	4.1 ± 1.4 ^b	5.3 ± 1.0 ^a	5.5 ± 1.1 ^a

ค่าเฉลี่ยที่มี a b c เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ปริมาณวัตถุดิบแหล่งแคลเซียมที่เสริมในข้าวเกรียบปลาสูตรพื้นฐาน

วัตถุดิบ	สูตรพื้นฐาน %	ก้างปลาหรือ ปลากะตักผง %	แคลเซียมสังเคราะห์ %
เนื้อปลาสด	49.3	0	49.5
แป้งมันสำปะหลัง	39.4	39.4	39.4
แป้งสาคุ	4.9	4.9	4.9
ก้างปลาผง/ปลากะตักผง	0	17.5	1.93**
เกลือป่น	2	2	2
น้ำ ตาลทราย	0.6	0.6	0.6
พริกไทยป่น	0.2	0.2	0.2
กระเทียม	0.3	0.3	0.3
น้ำ	15-20	15-20	15-20

** คำนวณปริมาณแคลเซียมสังเคราะห์ที่ทำให้ได้แคลเซียมในข้าวเกรียบคิดเป็น 30% RDI (RDI เป็นปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป โดยแนะนำให้บริโภคแคลเซียมปริมาณ 800 มิลลิกรัมต่อวัน)

2.2 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบปลาก้างปลาผง ข้าวเกรียบปลากระตักผง และข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมสังเคราะห์

ข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมจากก้างปลาผง (FB) และข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมจากปลากระตักผง (KT) มีปริมาณแหล่งแคลเซียมผงคิดเป็นร้อยละ 17.5 ของส่วนผสมทั้งหมด (ไม่รวมน้ำ) และไม่ใช้เนื้อปลาในสูตร ในขณะที่ข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมจากแคลเซียมสังเคราะห์ (TCP) ใช้ไตรแคลเซียมฟอสเฟตในส่วนผสมคิดเป็นร้อยละ 1.93 และใช้เนื้อปลาในสูตร ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการพบว่า ปริมาณแคลเซียมในข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย FB มีปริมาณแคลเซียมมากกว่า TCP และ KT เนื่องจากคุณสมบัติก้างปลามีปริมาณแคลเซียมสูง (ตารางที่ 3) เมื่อเสริมลงในข้าวเกรียบในปริมาณเท่ากัน ทำให้ข้าวเกรียบก้างปลาจึงมีแคลเซียมสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบที่มีวางจำหน่ายทั่วไปในประเทศมาเลเซียจำนวน 28 ตัวอย่าง จากการศึกษาของ (Nurul *et al.*, 2001) พบว่าในข้าวเกรียบมีแคลเซียมอยู่ระหว่าง 9.75-381.50 มิลลิกรัม/100 กรัม โปรตีนร้อยละ 5.53-15.80 จะเห็นว่าข้าวเกรียบที่มีวางจำหน่ายโดยทั่วไปส่วนใหญ่จะมีปริมาณแคลเซียมค่อนข้างต่ำ จากการศึกษาปริมาณโปรตีนของข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พบว่า TCP มีโปรตีนมากกว่า KT และ FB เนื่องจาก TCP ในส่วนผสมได้ใช้เนื้อปลาร้อยละ 49 ซึ่งเนื้อปลาเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ ส่วนของ FB จะมีส่วนที่เป็นเนื้อปลาน้อยมากจึงมีโปรตีนต่ำตามลำดับ

ตารางที่ 7 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบปลาก้างปลาผง ข้าวเกรียบปลากระตักผงและข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมสังเคราะห์ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ข้าวเกรียบก้างปลา ผง(ร้อยละ 17.5)	ข้าวเกรียบปลากระตัก ผง(ร้อยละ 17.5)	ข้าวเกรียบเสริมแคลเซียม สังเคราะห์ (ร้อยละ 1.93)
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	867±0.60 ^a	416±0.10 ^c	558.6±0.11 ^b
โปรตีน (กรัม)	8.1 ±0.12 ^c	8.9±0.01 ^b	11.4±0.10 ^a
เถ้า (กรัม)	6.8±0.10 ^a	4.0±0.03 ^b	4.1±0.00 ^b
ความชื้น (กรัม)	2.5±0.06 ^b	1.7±0.06 ^c	3.0±0.05 ^a
ไขมัน (กรัม)	17.3±0.49 ^c	40.6±0.52 ^a	23.5±0.11 ^b
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	65.0	44.60	57.70
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	448.90	580.60	488.50

ค่าเฉลี่ยที่มีตัว a , b และ c เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของข้าวเกรียบก้างปลาผง ข้าวเกรียบปลากระดกผง และข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมสังเคราะห์

ข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมทั้งสามชนิดมีการพองตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย KT และ TCP การพองตัวสูงกว่า FB เนื่องจากข้าวเกรียบ KT และ TCP มีเนื้อปลาเป็นส่วนผสมหลัก เนื้อปลาซึ่งมีโปรตีนหากนำมาผสมกับแป้งในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะช่วยให้ข้าวเกรียบพองตัวดี ขณะเดียวกันหากข้าวเกรียบมีปริมาณเนื้อปลามากเกินไป ทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้น การขยายตัวของข้าวเกรียบลดลง เนื่องจากโปรตีนไปจับตัวกับแป้งทำให้แป้งไม่ขยายตัว (Yu *et al.*, 1981) ขณะที่ FB มีเถ้าสูง มีโปรตีนต่ำ (ตารางที่ 3) จึงมีผลต่อการพองตัวของข้าวเกรียบลดลงและทำให้ข้าวเกรียบมีค่าความแข็งสูงกว่าข้าวเกรียบ KT และ TCP ซึ่งอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบหลังทอดเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ (Siaw *et al.*, 1985) ค่าสีของข้าวเกรียบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย TCP มีค่าความสว่าง (L^*) สูงกว่า FB และ KT ส่วนค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) FB มีค่าสูงกว่า KT และ TCP จากรูปที่ 2 จะเห็นว่า ข้าวเกรียบ TPC และ FB มีสีเหลืองอ่อน ๆ สว่างกว่า ข้าวเกรียบ KT ซึ่งมีสีค่อนข้างคล้ำ เมื่อเปรียบเทียบ ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบแบบ Hedonic scaling 9 ระดับคะแนน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับ TCP ด้านการพองตัวของข้าวเกรียบสูง สอดคล้องกับคุณภาพข้าวเกรียบ (ตารางที่ 8) ซึ่งผลการประเมินความชอบรวม TCP ได้รับการยอมรับสูงกว่า FB และ KT ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 คุณภาพข้าวเกรียบก้างปลาผง ข้าวเกรียบปลากระดกผง และข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมสังเคราะห์

คุณภาพข้าวเกรียบ	ข้าวเกรียบก้างปลาผง (ร้อยละ 17.5)	ข้าวเกรียบปลากระดกผง (ร้อยละ 17.5)	ข้าวเกรียบเสริม แคลเซียมสังเคราะห์ (ร้อยละ 1.93)
ค่า a_w	0.51±0.03 ^a	0.53±0.02 ^a	0.55±0.04 ^a
ค่าความแข็ง(กรัม)	875.81±90.95 ^a	570.23±39.01 ^b	568.39±34.6 ^b
ค่าการพองตัว(ร้อยละ)	62.24±4.88 ^b	85.75±17.20 ^a	83.56±27.67 ^a
ค่าสี			
ค่าความสว่าง (L^*)	41.55±3.75 ^b	33.62±2.22 ^c	43.48±4.3 ^a
ค่าสีแดง (a^*)	7.60±0.64 ^a	1.36±0.13 ^b	1.15±0.38 ^b
ค่าสีเหลือง (b^*)	21.20±2.20 ^a	7.70±.82 ^c	16.35±0.73 ^b

ค่าเฉลี่ยที่มีตัว a , b และ c เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



TCP

FB

KT

ภาพที่ 2 ข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมจากแหล่งแคลเซียมต่าง ๆ

ตารางที่ 9 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบเสริมแคลเซียม

คุณลักษณะ	ข้าวเกรียบก้างปลาผง (ร้อยละ 17.5)	ข้าวเกรียบปลากระตัก ผง(ร้อยละ 17.5)	ข้าวเกรียบเสริม แคลเซียมสังเคราะห์ (ร้อยละ 1.93)
สี	6.65±1.18 ^{ab}	5.85 ±1.49 ^b	6.80 ±1.43 ^a
กลิ่น	6.20 ±1.24 ^a	6.20 ±1.24 ^a	6.65 ±1.46 ^a
พริกไทย	6.10 ±1.41 ^a	5.90 ±1.25 ^a	6.00 ±1.33 ^a
เกลือ	6.00 ±1.55 ^a	6.05 ±1.50 ^a	6.50 ±1.43 ^a
ความกรอบ	7.20 ±1.19 ^{ab}	6.50 ±1.19 ^b	7.30 ±1.08 ^a
การพองตัว	6.35 ±1.30 ^b	5.05 ±1.60 ^c	7.55 ±.57 ^a
ความชอบรวม	6.90 ±1.11 ^{ab}	6.25 ±1.16 ^b	7.15 ±.87 ^a

ค่าเฉลี่ยที่มี a, b และ c เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

2.3 การแตกตัวของแคลเซียมที่เสริมในข้าวเกรียบ

การศึกษาประสิทธิภาพในการแตกตัวของแคลเซียมที่เสริมในข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตร เปรียบเทียบกับการแตกตัวของแคลเซียมในนม (เป็นแหล่งแคลเซียมอ้างอิง) โดยใช้วิธีการของ Roig *et al* (1999)

ตารางที่ 10 ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด ร้อยละการซึมผ่านเมมเบรนของแคลเซียม (%dialyzability) และร้อยละการละลายของแคลเซียม (% solubility) ในตัวอย่างนมผง และข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมทั้งสามสูตร

ชนิดอาหาร	แคลเซียมในตัวอย่าง (มก.ต่อ 100 ก.)	ร้อยละการซึมผ่านเมมเบรนของแคลเซียม*	ร้อยละการละลายของแคลเซียม*	ประสิทธิภาพการซึมผ่านเมมเบรนของแคลเซียมเทียบกับนม**	ประสิทธิภาพการละลายของแคลเซียมเทียบกับนม**
นมผง	419.2	13.53±1.23	71.60±2.67	-	-
ข้าวเกรียบก้างปลา	897.0	5.69±1.03	29.81±2.17	42.0	41.6
นมผง					
ข้าวเกรียบปลา	419.7	2.76±2.03	11.76±4.32	20.4	16.4
กะตักผง					
ข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมสังเคราะห์	558.6	5.14±1.77	28.31±12.95	37.9	39.6

* ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 2 ซ้ำ

** คำนวณจากร้อยละการซึมผ่านเมมเบรน หรือ การละลายของแคลเซียมในตัวอย่างข้าวเกรียบเทียบกับ ร้อยละการซึมผ่านเมมเบรน หรือ การละลายของแคลเซียมในตัวอย่างนมผง

การศึกษาปริมาณแร่ธาตุที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ (bioavailability) ในหลอดทดลอง (in vitro) เป็นการจำลองการย่อยอาหารที่เกิดขึ้นในร่างกายโดยทำในหลอดทดลอง ปริมาณแร่ธาตุที่วัดได้ในตัวอย่างที่ผ่านการย่อย (digesta) ด้วยเอนไซม์เปปซิน-กรดไฮโดรคลอริก และเอนไซม์จากตับอ่อน (แพนครีเอติน)-เกลื่อน้ำดี เป็นปริมาณแร่ธาตุที่ละลายได้ (soluble mineral) ซึ่งแร่ธาตุเหล่านี้เป็นส่วนที่พร้อมจะดูดซึมได้ (available for absorption) ในขณะที่ปริมาณแร่ธาตุที่วัดได้ในถุงไดอะไลซิส (dialysis bag) ที่มีขนาดรูพรุนที่จำเพาะกับขนาดอนุภาคของแร่ธาตุที่ต้องการศึกษา เป็นส่วนของแร่ธาตุที่แตกตัวและมีขนาดอนุภาคที่สามารถเคลื่อนผ่านเมมเบรนของถุงไดอะไลซิสได้ เรียกว่า ปริมาณแร่ธาตุที่ซึมผ่านเมมเบรน (dialyzable mineral) ได้ แม้ว่าการวัดปริมาณแร่ธาตุที่ละลายได้ และแร่ธาตุที่ซึมผ่านเมมเบรนเป็นวิธีการที่สามารถบ่งชี้สัดส่วนของแร่ธาตุที่สามารถดูดซึมได้เท่านั้น ซึ่งเป็นขั้นตอน

แรกในการดูดซึมที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต (Roig et al, 1999) ไม่สามารถใช้ในการบ่งชี้ปริมาณแร่ธาตุทั้งหมดที่ร่างกายดูดซึมไปใช้ได้ แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้สามารถใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณแคลเซียมที่สามารถจะนำไปใช้ได้ระหว่างแคลเซียมจากแหล่งต่าง ๆ ได้ สำหรับการพิจารณาคัดเลือกแหล่งแคลเซียมขั้นต้นก่อนที่จะทำการศึกษา in vivo bioavailability ต่อไป เพื่อศึกษาปริมาณแคลเซียมที่ร่างกายจะนำไปใช้ได้จริง ๆ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวัดปริมาณแคลเซียมที่ละลายได้ และปริมาณแคลเซียมที่ซึมผ่านเมมเบรนได้ โดยใช้นมผงเป็นแหล่งแคลเซียมอ้างอิง เนื่องจากนมเป็นแหล่งแคลเซียมที่นิยมบริโภคกันทั่วไป และมีข้อมูลการศึกษา bioavailability ค่อนข้างมาก ผลการศึกษา พบว่า แคลเซียมจากข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมจากก้างปลาผงมีประสิทธิภาพในการละลาย และการซึมผ่านเยื่อเมมเบรนได้มากกว่าแคลเซียมจากข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมสังเคราะห์และข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมจากปลากระตักผง ตามลำดับ เมื่อเทียบกับนมผงแล้ว แคลเซียมจากข้าวเกรียบเสริมก้างปลาผงมีการแตกตัวได้ประมาณ 40% ของแคลเซียมในนมผง จากข้อมูลนี้อาจกล่าวได้ว่า เมื่อรับประทานข้าวเกรียบเสริมก้างปลา หรือข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมสังเคราะห์ และ นมผงในปริมาณที่มีแคลเซียมเทียบเท่ากัน ร่างกายจะได้รับแคลเซียมจากข้าวเกรียบเสริมแคลเซียม น้อยกว่า นมผงกว่าสองเท่าตัว กล่าวคือ จะต้องบริโภคข้าวเกรียบเสริมก้างปลาปริมาณ 60 กรัม ในขณะที่ข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมสังเคราะห์ปริมาณ 100 กรัม จึงจะได้รับแคลเซียมในปริมาณที่เทียบเท่ากับนม 1 แก้ว

2.5. การคำนวณต้นทุนข้าวเกรียบ

นำข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมมาคำนวณต้นทุนเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาสูตรท้องถิ่นผล ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบสูตรปลาท้องถิ่นและข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมต่อน้ำหนักของก้อนแป็งก้อนหนึ่ง 100 กรัม

ชนิดของข้าวเกรียบ	จำนวนเงิน (บาท)
ข้าวเกรียบปลาสูตรท้องถิ่น	4.26
ข้าวเกรียบก้างปลาผง	1.31
ข้าวเกรียบปลากระตักผง	2.78
ข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมสังเคราะห์	4.98

จากตารางที่ 11 ผลการศึกษาพบว่าต้นทุนวัตถุดิบการผลิตข้าวเกรียบสูตรปลาท้องถิ่นและข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมต่อน้ำหนักของก้อนแป็งก้อนหนึ่ง 100 กรัม การเสริมก้างปลาผงและปลากระตักผงในข้าวเกรียบจะช่วยลดต้นทุน ส่วนการเสริมแคลเซียมสังเคราะห์ ต้นทุนการผลิตข้าวเกรียบจะสูงกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรท้องถิ่นเล็กน้อย

3. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อเก็บข้าวเกรียบ นำข้าวเกรียบไปทดสอบกับผู้บริโภค
จำนวน 200 คน แสดงผลดังตาราง

ตารางที่ 12 การยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวเกรียบเสริมแป้งปลาผง ข้าวเกรียบเสริมปลากระตักผง
ข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมสังเคราะห์

ชนิดข้าวเกรียบ	ความพึงพอใจต่อชนิดข้าวเกรียบ
	(5 ระดับคะแนน)
ข้าวเกรียบเสริมแป้งปลา	3.91.33±0.76 ^b
ข้าวเกรียบเสริมปลากระตัก	3.72±0.98 ^c
ข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมสังเคราะห์	4.26±0.87 ^a

ค่าเฉลี่ยที่มีตัว a , b และ c เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ

จากตารางที่ 12 ผลการศึกษาพบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อข้าวเกรียบทั้ง 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผู้บริโภคให้การยอมรับ TCP มากที่สุด รองลงมาคือ FB และ KT ตามลำดับ KT ผู้บริโภคให้การยอมรับน้อย อาจเนื่องจากข้าวเกรียบมีสีคล้ำกว่า FB และ TCP ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะและคณณะ (2545) พบว่า KT ผู้บริโภคให้การยอมรับน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ FB และข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมจากกุ้งฝอยผง

ตารางที่ 13 ร้อยละของผู้บริโภคต่อการตัดสินใจซื้อและไม่ซื้อข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมแต่ละชนิด
ไปบริโภค

ชนิดข้าวเกรียบ	ร้อยละการตัดสินใจซื้อ/ไม่ซื้อข้าวเกรียบ		
	ซื้อ	ไม่ซื้อ	ไม่แน่ใจ
ข้าวเกรียบเสริมแป้งปลา	74	11	15
ข้าวเกรียบเสริมปลากระตัก	62.5	19.5	18
ข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมสังเคราะห์	80.5	9.5	11

จากตารางที่ 13 ผลการศึกษาพบว่าผู้บริโภคตัดสินใจซื้อและไม่ซื้อข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยผู้บริโภคตัดสินใจซื้อ TCP มากที่สุด รองลงมาข้าว FB และ KT ตามลำดับ และผู้บริโภคตัดสินใจไม่ซื้อ KT มากที่สุด รองลงมา FB TCP ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวเกรียบ (ตารางที่ 11)

4. ผลของการศึกษาอายุการเก็บข้าวเกรียบในลักษณะแห้งดิบ และข้าวเกรียบทอด

คัดเลือกชุดการทดลองที่ได้รับความนิยมมากที่สุด จากเกรียบก้างปลาผง (FB) ข้าวเกรียบปลากระตักผง (KT) และข้าวเกรียบเสริมแคลเซียมสังเคราะห์ (TCP) นำมาตรวจสอบคุณภาพของข้าวเกรียบแห้งดิบ และข้าวเกรียบทอด โดยข้าวเกรียบแห้งดิบเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ทำการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในเดือนที่ 0 1 2 3 4 5 และ 6 ส่วนข้าวเกรียบทอดบรรจุข้าวเกรียบในถุงโพลีโพรพิลีน (Polypropylene) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium foil) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ทำการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในสัปดาห์ที่ 0 1 2 3 4 และ 5 นำมาศึกษาวิเคราะห์หาวอเตอร์ แอคติวิตี การพองตัว ค่าสี และค่าจุลินทรีย์ ที่มีผลต่อข้าวเกรียบ

4.1 ข้าวเกรียบในลักษณะแห้งดิบ

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ตารางที่ 14 คุณภาพทางกายภาพของข้าวเกรียบแห้งดิบทั้งสามชนิด ที่เก็บรักษาในระยะเวลา 0-6 เดือน

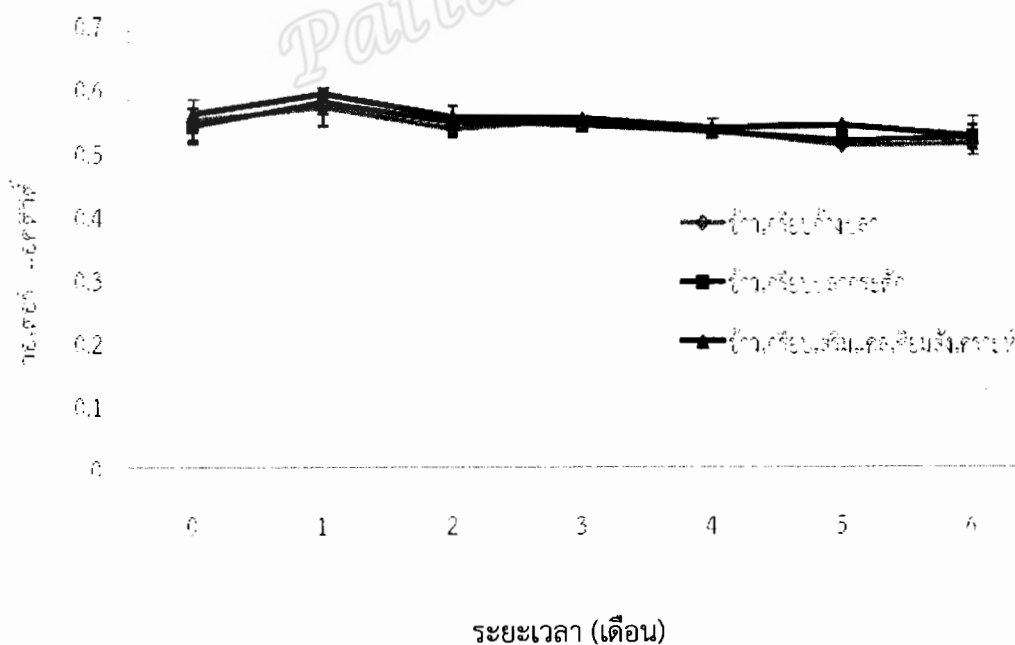
คุณภาพทางกายภาพ	ชนิดของข้าวเกรียบแห้งดิบ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)						
		0	1	2	3	4	5	6
วอเตอร์แอกติวิตี	FB	0.54 ± 0.032 ^a	0.56 ± 0.029 ^a	0.53 ± 0.008 ^a	0.54 ± 0.006 ^a	0.53 ± 0.013 ^a	0.51 ± 0.000 ^c	0.51 ± 0.002 ^a
	KT	0.54 ± 0.028 ^a	0.57 ± 0.019 ^a	0.54 ± 0.025 ^a	0.54 ± 0.010 ^a	0.53 ± 0.008 ^a	0.51 ± 0.000 ^b	0.52 ± 0.020 ^a
	TCP	0.56 ± 0.024 ^a	0.59 ± 0.012 ^a	0.55 ± 0.005 ^a	0.55 ± 0.005 ^b	0.53 ± 0.014 ^a	0.54 ± 0.000 ^a	0.52 ± 0.030 ^a
การพองตัว	FB	63.14 ± 4.88 ^b	71.90 ± 0.70 ^b	74.78 ± 6.91 ^c	73.40 ± 1.71 ^b	27.96 ± 1.91 ^c	27.77 ± 1.69 ^c	26.49 ± 0.82 ^c
	KT	86.80 ± 17.20 ^a	108.73 ± 10.79 ^a	95.05 ± 6.38 ^b	87.33 ± 1.66 ^a	38.19 ± 1.82 ^b	38.77 ± 1.64 ^b	36.44 ± 2.52 ^b
	TCP	80.56 ± 27.69 ^a	126.24 ± 21.11 ^a	118.98 ± 6.13 ^a	74.48 ± 0.98 ^b	53.58 ± 2.08 ^a	52.21 ± 1.82 ^a	51.60 ± 0.81 ^a
ค่าสี L*	FB	40.53 ± 3.85 ^{ab}	42.63 ± 2.07 ^a	38.97 ± 2.04 ^a	41.53 ± 1.56 ^a	40.43 ± 0.05 ^b	40.06 ± 0.105 ^b	42.83 ± 0.08 ^a
	KT	33.98 ± 2.42 ^b	33.62 ± 0.68 ^b	33.58 ± 4.68 ^a	32.49 ± 1.22 ^b	35.96 ± 0.01 ^c	34.81 ± 0.09 ^c	35.07 ± 0.15 ^c
	TCP	43.33 ± 4.41 ^a	42.96 ± 3.21 ^a	39.82 ± 1.97 ^a	42.62 ± 3.26 ^a	49.36 ± 0.05 ^a	43.04 ± 0.03 ^a	42.31 ± 0.04 ^b
ค่าสี a*	FB	7.44 ± 0.64 ^a	8.62 ± 0.42 ^a	8.17 ± 0.25 ^a	8.56 ± 0.28 ^a	8.60 ± 0.61 ^a	9.03 ± 0.618 ^a	9.70 ± 0.27 ^a
	KT	1.19 ± 0.03 ^b	1.40 ± 0.13 ^b	1.37 ± 0.22 ^b	1.44 ± 0.13 ^b	1.84 ± 0.15 ^b	1.71 ± 0.200 ^b	1.79 ± 0.06 ^b
	TCP	0.09 ± 0.39 ^c	0.42 ± 0.33 ^c	0.47 ± 0.35 ^c	0.03 ± 0.98 ^c	1.15 ± 0.23 ^b	0.71 ± 0.036 ^c	0.75 ± 0.24 ^c
ค่าสี b*	FB	20.77 ± 2.30 ^a	22.46 ± 1.28 ^a	21.19 ± 0.84 ^a	22.31 ± 1.43 ^a	21.49 ± 0.75 ^a	21.52 ± 1.32 ^a	24.41 ± 0.29 ^a
	KT	6.60 ± 0.80 ^c	7.19 ± 0.54 ^c	7.17 ± 1.50 ^c	7.52 ± 0.45 ^c	8.92 ± 0.64 ^c	11.64 ± 4.28 ^b	9.20 ± 0.069 ^c
	TCP	15.01 ± 2.06 ^b	16.43 ± 1.23 ^b	15.67 ± 0.72 ^b	16.20 ± 1.45 ^b	19.12 ± 1.18 ^b	17.70 ± 0.27 ^a	17.32 ± 0.86 ^b

ค่าเฉลี่ยที่มี a, b และ c เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

14. 1 ผลต่อวอเตอร์ แอคติวิตี (a_w)

ผลการศึกษาค่า a_w ของ FB KT และ TCP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา 0-6 เดือน พบว่า ข้าวเกรียบแห้งดิบทั้ง 3 ชนิด มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.51-0.56 เมื่อเก็บรักษาข้าวเกรียบแห้งดิบ นานทำให้ข้าวเกรียบมีค่า a_w ลดลง เนื่องจากการเก็บผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบในบรรยากาศที่มีความชื้นสูงกว่าความชื้นภายในของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จะดูดความชื้นจากบรรยากาศเข้าไปจนกระทั่งความชื้น ภายในผลิตภัณฑ์สมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ (Labusa 1982, อ้างถึงในจันทร์เพ็ญ ,2540) ซึ่งในการวิจัยนี้ได้เก็บข้าวเกรียบแห้งดิบในสภาพที่ใกล้เคียงกับที่ผู้ผลิตข้าวเกรียบในพื้นที่ปัตตานีวางข้าว เกรียบจำหน่ายโดยทั่วไป คือวางในสภาพห้องที่โล่งและสามารถหยิบซื้อขายได้ง่าย สภาพห้องที่เก็บ ค่อนข้างอบอ้าวส่งผลให้ ค่า a_w ของข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิดที่เก็บรักษาในเดือนที่ 1- 4 มีแนวโน้มลดลง เรื่อย ๆ

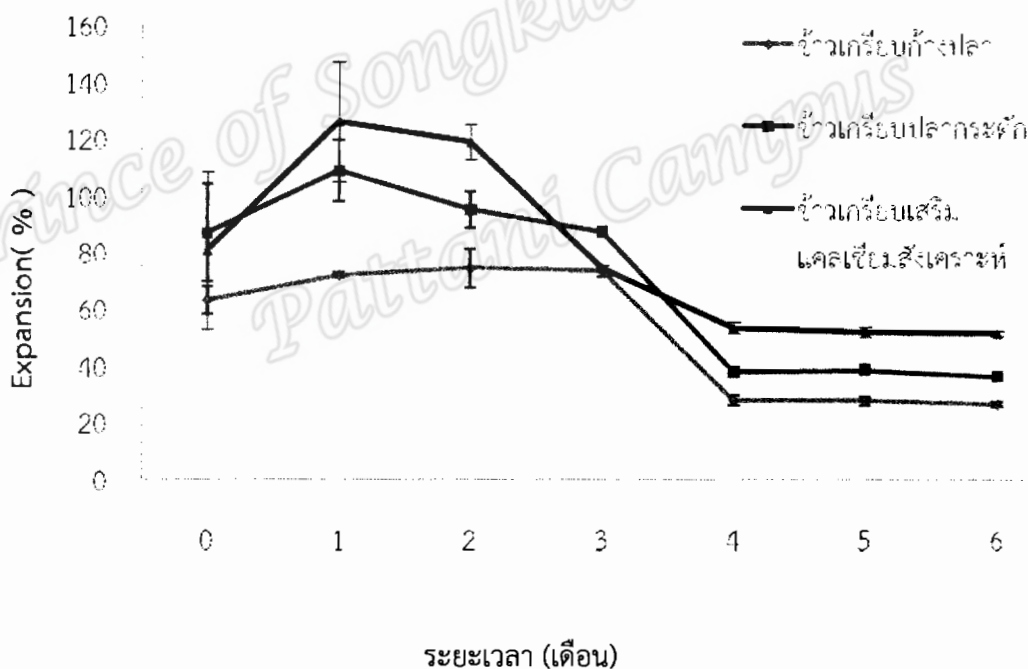
สอดคล้องกับการศึกษาของ สุรางค์ (2534) พบว่า ค่าวอเตอร์ แอคติวิตี ของข้าวเกรียบปลาไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการขยายตัวของข้าวเกรียบ แต่เมื่อพิจารณา ค่าวอเตอร์ แอคติวิตี กับลักษณะ ปรากฏของข้าวเกรียบ พบว่าข้าวเกรียบที่มีค่าวอเตอร์ แอคติวิตีต่ำที่สุดจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ด้านแข็ง บริเวณตรงกลาง ส่วนข้าวเกรียบที่มีค่าวอเตอร์ แอคติวิตี สูงที่สุด จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่สวยงาม เนื้อ ละเอียดสม่ำเสมอ โดยข้าวเกรียบที่มีค่าวอเตอร์ แอคติวิตี อยู่ระหว่าง 0.285-0.310 จะให้ลักษณะเนื้อ ข้าวเกรียบที่ดีเช่นกัน และยังมีเกณฑ์ที่ทำให้ข้าวเกรียบมีความกรอบดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผลของ วอเตอร์ แอคติวิตี (a_w) ต่อข้าวเกรียบแห้งดิบแสดงสรุปดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าวอเตอร์ แอคติวิตีของข้าวเกรียบแห้งดิบที่เก็บรักษาในระยะเวลา 6 เดือน

14.2 ผลต่อการพองตัว

ผลการศึกษาการพองตัวของข้าวเกรียบแห้งดิบทั้ง 3 ชนิด ในระยะเวลาตั้งแต่เดือนที่ 0-6 (ตารางที่ 14) ในช่วงเดือนที่ 0-1 พบว่าค่าการพองตัวของ TCP สูงกว่า KT และ FB ($P \leq 0.05$) และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษามากขึ้น พบว่าในช่วงเดือนที่ 4-6 ค่าการพองตัวของ TCP สูงกว่า FB และ KT ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้ การที่ TCP มีค่าการพองตัวสูงสุด เนื่องจาก TCP ซึ่งมีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบหลักนั้น เนื่องจากแคลเซียมมีสมบัติความเป็นเกลืออยู่ ซึ่งเกลือจะส่งผลต่อการสกัดไมโอซิน (myosin) ออกจากเนื้อปลา โดยไมโอซินเป็นโครงสร้างที่ทำให้เกิดเจลของโปรตีน ทำให้เจลมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี ส่งผลให้เนื้อสัมผัสเกิดความยืดหยุ่น ซึ่งในขณะที่ทำการนวดนั้นจะส่งผลให้ข้าวเกรียบสดมีความเหนียว (สายใจ, 2543) ดังนั้นการขยายตัวและการพองตัวของ TCP จึงเพิ่มขึ้นได้สูงกว่า FB และ KT สอดคล้องกับการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ (ตารางที่ 7) พบว่า TCP มีปริมาณโปรตีนสูงกว่า FB และ KT และการพองตัวของข้าวเกรียบสอดคล้องกับผลการยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 14) ซึ่งพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับ TCP สูงกว่า FB และ KT ซึ่งสอดคล้องกับ (Siaw *et al.*, 1985) พบว่าข้าวเกรียบที่มีอัตราการพองตัวสูงกว่าร้อยละ 77 ผู้บริโภคจะให้อยอมรับ ผลของการพองตัวต่อข้าวเกรียบแห้งดิบแสดงสรุปดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ค่าการพองตัวของข้าวเกรียบแห้งดิบที่เก็บรักษาในระยะเวลา 6 เดือน

14.3 ผลของค่าสี

การวัดสีของข้าวเกรียบทำโดยการใช้ Hunter LAB หาค่า L^* a^* และ b^* ซึ่งค่า L หมายถึง ค่าความสว่าง 0 มีค่าความสว่างน้อย 100 มีค่าความสว่างมาก a หมายถึง ค่าสีแดงและสีเขียว เมื่อ a เป็นบวกจะเป็นสีแดง และ a เป็นลบจะเป็นสีเขียว และ b หมายถึง ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน เมื่อ b เป็นบวกจะเป็นสีเหลือง และ b เป็นลบจะเป็นสีน้ำเงิน จากการวัดค่าสีของข้าวเกรียบแห้งดิบทั้ง 3 ชนิด ในระยะเวลาตั้งแต่เดือนที่ 0-6 (ตารางที่ 14) พบว่า TCP มีค่า L มากที่สุด กล่าวคือ มีค่าความสว่างมากที่สุด ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาจะมากขึ้น TCP ก็ยังคงมีค่าความสว่างมากกว่า FB และ KT ตามลำดับ ($P \leq 0.05$) ในทางกลับกัน พบว่า FB มีค่า a และ b สูงกว่า KT และ TCP ซึ่งการคล้ำของ FB เป็นผลมาจากสีของก้างปลาผงที่มีสีส้มเหลือง ซึ่งประกอบไปด้วยเม็ดสี (pigments) ที่จะส่งผลโดยตรงต่อข้าวเกรียบ รวมไปถึงสารประกอบในกลุ่มไนโตรเจน (nitrogenous compounds) เช่น ไมโอโกลบิน (myoglobin) ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) และฮีโมไซยานิน (hemocyanins) มีส่วนสำคัญต่อการคล้ำของข้าวเกรียบเช่นกัน (Haard *et al.*, 1994)

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ผลการศึกษาคคุณภาพทางจุลินทรีย์ของข้าวเกรียบแห้งดิบทั้ง 3 ชนิด ในระยะเวลาตั้งแต่เดือนที่ 0-6 พบว่า การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในระยะเวลา 6 เดือน FB มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 2,850-7,900 CFU/g ในขณะที่ TCP และ KT มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 4,500-6,550 CFU/g และ 950-3,550 CFU/g ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กันกับ ค่า a_w ที่มีอยู่ในช่วง 0.51-0.55 (ตารางที่ 8) โดยเป็นช่วงสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือ pH เท่ากับ 6-7 และ ค่า a_w เท่ากับ 0.96-0.99 (Nor-Khaizura *et al.*, 2009) ทั้งนี้ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีสูงในช่วงเริ่มต้นการเก็บรักษา อาจเกิดมาจากในช่วงการผลิตข้าวเกรียบในช่วงต้น ที่อาจมาจากวัตถุดิบหรือมาจากอุปกรณ์ และตัวบุคคลที่เกี่ยวข้องในระหว่างการผลิต ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลต่อผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากกระบวนการผลิตได้ (Fuselli *et al.*, 1994) แต่จากผลการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงนั้นมีความสัมพันธ์กับค่า a_w ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น นอกจากค่า a_w แล้ว ยังมีปัจจัยสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น อุณหภูมิ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การเกิดปฏิกิริสัมพันธ์ของจุลินทรีย์ รวมไปถึงสารอาหารในข้าวเกรียบ เป็นต้น (Gram and Huss, 1996) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของธีรวรรณและสุภัญญา (2554) พบว่า ข้าวเกรียบเมล็ดขนุนที่มีค่า a_w เพียง 0.311 ส่งผลให้ไม่พบจุลินทรีย์ในข้าวเกรียบเมล็ดขนุน เนื่องจากสภาวะดังกล่าวจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้

ในขณะที่การศึกษายีสต์ รา รวมทั้ง *E. coli* และ *S. aureus* พบว่า เดือนที่ 0 ไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกลุ่มดังกล่าว และถึงแม้ระยะเวลาในการเก็บรักษาจะเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกลุ่มดังกล่าวเช่นกัน จากผลการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในข้าวเกรียบแห้งดิบทั้ง 3 ชนิด สอดคล้องกับสำนักงานมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน ที่ได้กำหนดให้ข้าวเกรียบดิบต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *S. aureus* ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.107/2546)

4.2 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวเกรียบทอด

ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิด การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิดในระหว่างการเก็บรักษา โดยนำข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิด ที่ผ่านการทอดแล้วมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ประเภท คือ ถุงโพลีโพรพิลีน และถุงอลูมิเนียมฟอยด์ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิด โดยทำการตัวอย่างเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ โดยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ ผลการทดลองดังตารางที่ 16

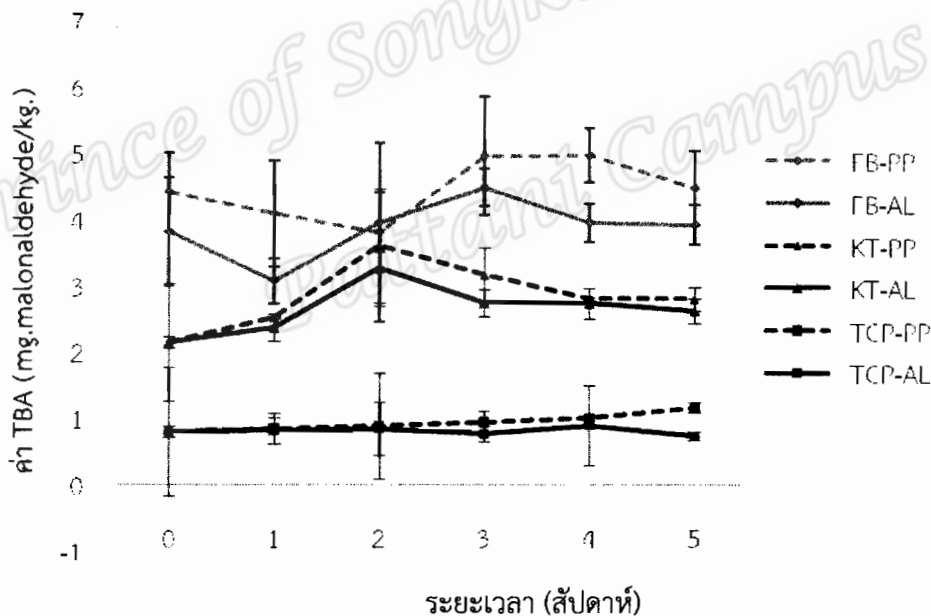
ตารางที่ 16 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของข้าวเกรียบทอดทั้งสามชนิด ที่เก็บในถุงโพลีพรไพลีนและถุงอูมิเนียมฟอยด์ ที่เก็บรักษา ในระยะเวลา 0 สัปดาห์ และ 5 สัปดาห์

คุณภาพทางเคมี และกายภาพ	ชนิดของ ข้าวเกรียบ	สถานะการเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)					
			0	1	2	3	4	5
TBARS (mg/kg)	FB	ถุงโพลีพรไพลีน	4.42±0.60 ^a	4.09±0.80 ^a	3.81±1.35 ^a	4.97±0.90 ^a	4.98±0.41 ^a	4.48±0.56 ^a
		ถุงอูมิเนียมฟอยด์	3.82±0.82 ^a	3.08±0.34 ^{ab}	3.96±0.45 ^a	4.49±0.28 ^a	3.96±0.29 ^{ab}	3.93±0.30 ^a
	KT	ถุงโพลีพรไพลีน	2.15±0.09 ^b	2.53±0.02 ^b	3.61±0.86 ^a	3.17±0.42 ^b	2.81±0.03 ^c	2.81±0.18 ^b
		ถุงอูมิเนียมฟอยด์	2.15±0.88 ^b	2.37±0.20 ^b	3.27±0.58 ^a	2.75±0.20 ^b	2.74±0.23 ^{bc}	2.63±0.19 ^b
TCP	KT	ถุงโพลีพรไพลีน	0.81±0.97 ^c	0.85±0.23 ^c	0.89±0.80 ^b	0.95±0.17 ^c	1.01±0.05 ^c	1.17±0.08 ^c
		ถุงอูมิเนียมฟอยด์	0.81±0.09 ^c	0.82±0.20 ^c	0.85±0.40 ^b	0.77±0.12 ^c	0.90±0.60 ^c	0.74±0.07 ^c
ความแข็ง (g)	FB	ถุงโพลีพรไพลีน	721.19±18.74 ^a	429.16±24.99 ^b	489.28±56.58 ^{bc}	432.35±10.77 ^c	379.23±3.79 ^c	260.15±2.423 ^d
		ถุงอูมิเนียมฟอยด์	532.96±38.40 ^a	543.93±0.73 ^b	412.83±47.74 ^c	323.43±3.17 ^f	267.62±1.32 ^e	249.13±0.53 ^e
	KT	ถุงโพลีพรไพลีน	508.37±11.02 ^a	292.22±15.55 ^c	292.47±58.28 ^d	397.61±5.60 ^d	262.48±0.46 ^f	184.98±3.91 ^f
		ถุงอูมิเนียมฟอยด์	587.14±17.30 ^a	476.90±13.50 ^b	563.72±9.40 ^b	367.07±4.84 ^e	342.84±0.48 ^d	294.35±5.29 ^c
TCP	KT	ถุงโพลีพรไพลีน	601.90±29.55 ^a	777.33±39.82 ^a	670.14±55.12 ^a	577.93±2.35 ^a	587.35±1.24 ^a	487.13±1.70 ^a
		ถุงอูมิเนียมฟอยด์	535.96±28.62 ^a	525.49±69.95 ^b	454.60±7.82 ^c	443.37±4.05 ^b	393.34±1.83 ^b	348.48±3.22 ^b

16.1 ผลต่อค่า TBARs

การศึกษาการหืนในข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิด พบว่า ข้าวเกรียบที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน มีค่า TBARs สูงกว่าข้าวเกรียบที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ อรอนงค์ และคณะ (2554) พบว่า ข้าวเกรียบกล้วยหอมที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเมทิลโลทที่มีค่า TBARs ต่ำกว่าข้าวเกรียบกล้วยหอมที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน และสอดคล้องกับ (อรนุช, 2548) พบว่าค่า TBARs ของข้าวเกรียบปลาที่เก็บรักษาที่บรรจุถุงโพลีโพรพิลีนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเร็วกว่าข้าวเกรียบที่เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่สภาวะการเก็บรักษาเดียวกัน ทั้งนี้ ค่า TBARs ที่เพิ่มขึ้นของข้าวเกรียบที่บรรจุทั้งในถุงโพลีโพรพิลีนและถุงอลูมิเนียมฟอยล์ เป็นผลมาจาก ระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ปริมาณไขมันในข้าวเกรียบทอดก็จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ โดยค่า TBARs (Thiobarbituric acid) เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงกลิ่นเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ (รณิดา, 2541)

และการศึกษาพบว่า FB มีค่า TBARs สูงกว่า KT และ TCP ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบ FB มีปริมาณไขมันสูงกว่า KT (ดังตาราง 1) ปริมาณไขมันในวัตถุดิบจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเมื่อเก็บข้าวเกรียบนานขึ้น ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนในข้าวเกรียบ ค่า TBARs ในข้าวเกรียบทอดทั้ง 3 ชนิด แสดงดังภาพที่ 5



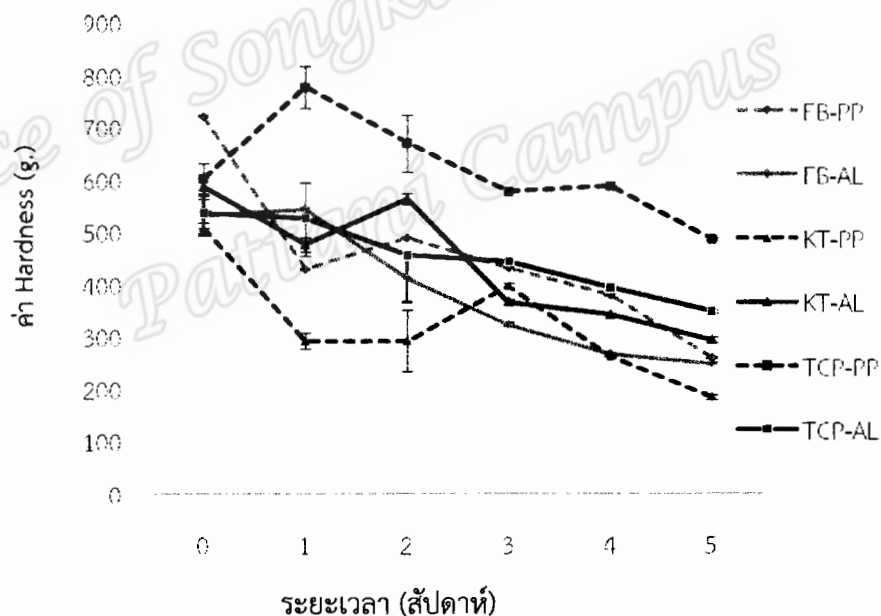
- หมายเหตุ :
- FB-PP ข้าวเกรียบก้างปลาผงเก็บในถุงโพลีโพรพิลีน
 - FB-AL ข้าวเกรียบก้างปลาผงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์
 - KT-PP ข้าวเกรียบปลากระตักผงเก็บในถุงโพลีโพรพิลีน
 - KT-AL ข้าวเกรียบปลากระตักผงเก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์
 - TCP-PP ข้าวเกรียบแคลเซียมสังเคราะห์เก็บในถุงโพลีโพรพิลีน
 - TCP-AL ข้าวเกรียบปลากระตักผงเก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์

ภาพที่ 5 ค่า TBARs ของข้าวเกรียบทอดที่เก็บรักษาในระยะเวลา 5 สัปดาห์

16.2 ผลต่อความแข็ง

จากการศึกษาความแข็งของข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิด พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นจะส่งผลให้คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสของความกรอบลดลง ดังจะเห็นได้จากค่าความแข็ง (Hardness) ของข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิด (ตารางที่ 16) ซึ่งมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ($P \leq 0.05$) โดยพบว่า ค่าความแข็งของข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิดที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟลอยด์ มีค่าความแข็งลดลงน้อยกว่าข้าวเกรียบที่บรรจุอยู่ในถุงโพลีโพรพิลีน ทั้งนี้การที่บรรจุภัณฑ์ประเภทอลูมิเนียมฟลอยด์ส่งผลให้ข้าวเกรียบมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งน้อยกว่าถุงโพลีโพรพิลีน เนื่องจากถุงอลูมิเนียมฟลอยด์มีลักษณะทึบแสง และมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและอากาศมากกว่าถุงโพลีโพรพิลีน

สอดคล้องกับการศึกษาของ อีรวรรณและสุกัญญา (2554) พบว่า ข้าวเกรียบเมล็ดขนุนที่เก็บรักษาในถุงร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าถุงอลูมิเนียมฟลอยด์ ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายเทมวลสารผ่านบรรจุภัณฑ์ ทั้งก๊าซและไอน้ำ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของอากาศในบรรจุภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์เกิดการดูดซับความชื้นเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อ่อนตัวลง ความแข็งในข้าวเกรียบทอดแสดงสรุปดังภาพที่ 6



หมายเหตุ : FB-PP ข้าวเกรียบก้างปลาผงเก็บในถุงโพลีโพรพิลีน
 FB-AL ข้าวเกรียบก้างปลาผงในถุงอลูมิเนียมฟลอยด์
 KT-PP ข้าวเกรียบปลากระตักผงเก็บในถุงโพลีโพรพิลีน
 KT-AL ข้าวเกรียบปลากระตักผงเก็บในถุงอลูมิเนียมฟลอยด์
 TCP-PP ข้าวเกรียบแคลเซียมสังเคราะห์เก็บในถุงโพลีโพรพิลีน
 TCP-AL ข้าวเกรียบปลากระตักผงเก็บในถุงอลูมิเนียมฟลอยด์

ภาพที่ 6 ค่าความแข็งของข้าวเกรียบทอดที่เก็บรักษาในระยะเวลา 5 สัปดาห์

16.3 ผลต่อจุลินทรีย์

ตารางที่ 17 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของข้าวเกรียบทอดทั้งสามชนิด ที่เก็บในถุงโพลีเอทิลีนและถุงอคูมิเนียมพลอยด์ ที่เก็บรักษา ในระยะเวลา 0 สัปดาห์ และ 5 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ชนิดของข้าวเกรียบ	สถานะการเก็บรักษา	คุณภาพทางจุลินทรีย์				
			จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	<i>E. Coli</i> (ร้อยละ)	<i>S. Aureus</i> (ร้อยละ)	ยีสต์ (CFU/g)	รา (CFU/g)
0	FB	ถุงโพลีเอทิลีน	15	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
		ถุงอคูมิเนียมพลอยด์	15	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	KT	ถุงโพลีเอทิลีน	5	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
		ถุงอคูมิเนียมพลอยด์	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	TCP	ถุงโพลีเอทิลีน	85	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
		ถุงอคูมิเนียมพลอยด์	50	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
5	FB	ถุงโพลีเอทิลีน	15	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
		ถุงอคูมิเนียมพลอยด์	10	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	KT	ถุงโพลีเอทิลีน	5	ไม่พบ	ไม่พบ	10	ไม่พบ
		ถุงอคูมิเนียมพลอยด์	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	TCP	ถุงโพลีเอทิลีน	340	ไม่พบ	ไม่พบ	30	ไม่พบ
		ถุงอคูมิเนียมพลอยด์	25	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

เมื่อพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ (ตารางที่ 17) โดยปริมาณจุลินทรีย์ของข้าวเกรียบทั้ง 3 ชนิดที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนและถุงอูมิเนียมฟลอยด์เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 5 ของการเก็บรักษา พบว่า FB และ KT ไม่พบการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ทั้งหมด นอกจากนี้แล้วยังไม่พบ *E. Coli*, *S. aureus* และยีสต์ รา ในขณะที่อายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในส่วนของ TCP กลับพบว่ามีการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยในสัปดาห์ที่ 0 ของตัวอย่าง TCP ที่บรรจุถุงโพลีโพรพิลีน พบปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 85 CFU/g และเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 5 สัปดาห์ พบการเพิ่มปริมาณสูงขึ้นเป็น 340 CFU/g ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อรรณู (2548) พบว่าถุงโพลีโพรพิลีนจะมีอัตราการซึมผ่านของอากาศและอัตราการซึมผ่านของน้ำได้เร็วกว่าถุงอูมิเนียมฟลอยด์ นอกจากนี้แล้วสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในช่วงการเก็บรักษาอาจปนเปื้อนมาจากสุขลักษณะในการผลิตตั้งแต่วัตถุดิบ กระบวนการผลิต ตลอดจนถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป บรรจุภัณฑ์ อนามัยส่วนบุคคลของผู้ผลิต โดยจุลินทรีย์ที่มีปะปนในข้าวเกรียบมาจาก 2 แหล่งใหญ่ ๆ ได้แก่ จุลินทรีย์ที่ปะปนมากับวัตถุดิบ และจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนจากภาชนะบรรจุภัณฑ์ อุปกรณ์เครื่องมือในการผลิต หรือบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตรวมทั้งอากาศอันเป็นสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ บริเวณ (สุรางค์, 2534) อย่างไรก็ตามค่าจุลินทรีย์ทั้งหมดยังอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพผู้บริโภค ซึ่งตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน ได้กำหนดให้ข้าวเกรียบพร้อมบริโภคมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม และราต้องไม่เกิน 100 โคโรนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 107/2546)