การพัฒนาวัสดุพอกไข่เค็มจากเยื่อฟางข้าว

Development of Rice Straw Pulp for Salted Egg Coating

สุภกาญจน์ พรหมขันธ์[1*] และ ศุกฤชชญา เหมะธุลิน[1]

Supakarn Promkhan[1*] and Sukrichaya Hemathulin[1]

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในขั้นตอนการต้มสกัดเยื่อฟางข้าว จากการทดลองพบว่า เยื่อฟางข้าวคุณภาพสูงมีกรรมวิธีในการผลิต คือ แช่ฟางข้าวในสารละลายยูเรียความเข้มข้น ร้อยละ 10 นาน 10 วัน ร่วมกับการต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซค์ ร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที สามารถลดปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซค์ตามวิธีการเดิม จากร้อยละ 20 เหลือเพียงร้อยละ 5 โดยเยื่อฟางข้าวที่ได้มีปริมาณเส้นใยหยาบ ร้อยละ 82.73 และพบว่าไข่แดงของไข่เค็มที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้มีค่ามุมของสี (h^o) 8.37 มีความเป็นสีแดงมากกว่าไข่เป็ดที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าวแบบเดิม และมีคุณลักษณะภายในของไข่ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม (มผช.27/2546) คือ ไข่ขาวต้มสุกมีสีขาว เนื้อนิ่ม เรียบ ไม่กระด้าง ส่วนไข่แดงมีสีเข้ม มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) 0.96 อีกทั้งมีการปนเปื้อนของสารตะกั่วและปรอท ในระดับต่ำเพียง 0.031 มก./กก. และ 0.0027 มก./กก. ตามลำดับ ซึ่งมีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม (มผช.27/2546) คือ มีสารตะกั่วและสารปรอท ไม่เกิน 1 มก./กก. และ 0.02 มก./กก. ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์ไข่เค็มพอกด้วยเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้มีความปลอดภัยต่อการบริโภค ตลอดจนมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ในปริมาณน้อยกว่า 10 ซีเอฟยู/ก. และไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. *Clostridium perfrigens* และ *Staphylococcus aureus* ปนเปื้อน
คำสำคัญ: ไข่เค็ม, เยื่อฟางข้าว, โซเดียมไฮดรอกไซด์, สมุนไพร

ABSTRACT: This research aimed to reduce the amount of sodium hydroxide (NaOH) used in the extraction by boiling of rice straw pulp. The results showed that high quality RSP can be obtained by soaking RSP in 10% urea solution for 10 days and followed by boiling in 5% NaOH solution for 40 minutes. The NaOH concentration decreased from 20% to 5% when compared to the original method. RSP contained 82.73% crude fiber. The hue angle (h^o) of egg yolk in the developed method was 8.37 which was higher than the original method. The eggs conformed to the Thai Community Product Standard that the boiled albumen was white with soft, smooth, and non-harsh texture; and the egg yolk was deep in color with 0.96 a$_w$. Besides, the products were low in lead and mercury contamination which was 0.031 and 0.0027 mg/kg, respectively. The maximum allowable lead and mercury according to the Thai Community Product Standard were 1 and 0.02 mg/kg, respectively. It showed that the salted eggs were safely edible. Furthermore, total microbial count, yeast and mold were less than 10 CFU/g; and *Salmonella* spp., *Clostridium perfrigens* and *Staphylococcus aureus* were not found.
Keywords: salted egg, rice straw pulp, sodium hydroxide, herb

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร สกลนคร 47160

Department of Food Science and Technology Faculty of Natural Resources Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus

* Corressponding author: s_promkhan@hotmail.com

บทนำ

การผลิตไข่เค็มถือเป็นเทคโนโลยีพื้นบ้าน มีกรรมวิธีในการผลิต 2 แบบ คือ ดองในสารละลายเกลือและพอกด้วยดินหรือดินสอพอง โดยเฉพาะดินจอมปลวกที่ปัจจุบันมีปริมาณลดลง และมีขั้นตอนการเตรียมดินที่ยุ่งยาก อีกทั้งกำไรยังต่ำมากเมื่อเทียบกับต้นทุนและแรงงาน ดังนั้น ชมพู่ (2543) จึงได้พัฒนาวัสดุพอกไข่เค็มโดยใช้เยื่อฟางข้าวทดแทนดินจอมปลวก โดยดัดแปลงจากกรรมวิธีการผลิตกระดาษสาด้วยวิธีชาวบ้านของ วิชัย (2542) และลดการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) โดยใช้เกลือโปแตสเซียมคลอไรด์ (KCl) ผสม ในอัตราส่วน 60 ต่อ 40 ได้ผลิตภัณฑ์ไข่เค็มชนิดโซเดียมต่ำพอกด้วยเยื่อฟาง ซึ่งมีข้อเสียคือการเติมเกลือโปแตสเซียมคลอไรด์ผสมทำให้ไข่เค็มที่ได้มีรสชาติด้อยลงเนื่องจากผลเสียของเกลือโปแตสเซียมคลอไรด์คือทำให้อาหารมีรสเฝื่อน ดังนั้น สุภกาญจน์ และศุกฤชชญา (2550) จึงได้เพิ่มสมุนไพรเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรส โดยศึกษาสมุนไพรที่เหมาะสมในการผลิตไข่เค็มสมุนไพรชนิดโซเดียมต่ำพอกด้วยเยื่อฟางข้าว 3 ชนิด คือ ใบมะกรูด ใบเตย และตะไคร้ ตลอดจนศึกษาปริมาณสมุนไพรที่เหมาะสม 3 ระดับ คือ ร้อยละ 20, 30 และ 40 ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าไข่เค็มสมุนไพรที่มีส่วนผสมของตระไคร้ ร้อยละ 40 ได้รับการยอมรับมากที่สุดทั้งในด้านความชอบรวมและกลิ่นสมุนไพร อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณสูง (ร้อยละ 20) ในขั้นตอนการต้มสกัดเยื่อฟางข้าว ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไข่เค็มสมุนไพรชนิดโซเดียมต่ำพอกด้วยเยื่อฟางข้าวคุณภาพสูง จึงควรศึกษาวิธีการลดปริมาณการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้นสูงลง ช่วยขจัดปัญหาในการผลิตเยื่อซึ่งอาจได้รับไอระเหยที่เกิดขึ้นระหว่างการต้มและเกิดอันตรายจากการสูดดม ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของผู้ผลิตได้ (สุภกาญจน์ และศุกฤชชญา, 2553) อีกทั้งความเข้มข้นของด่างในระดับนี้มีความสามารถสูงในการกัดกร่อนภาชนะต้มเยื่อ ส่งผลให้เกิดโลหะตกค้างในเยื่อฟางข้าวที่ได้ และอาจเกิดการปนเปื้อนในไข่เค็มพอกเยื่อฟางข้าวต่อไป

วิธีการทดลอง

1. พัฒนาวิธีการในการผลิตเยื่อฟางข้าวคุณภาพสูง

โดยศึกษากรรมวิธีในการผลิตเยื่อฟางข้าวที่มีความปลอดภัยมากขึ้น ด้วยการแช่สารละลายยูเรียร่วมกับการต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ความเข้มข้นของสารละลายยูเรีย ร้อยละ 0 10 และ 20 และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 1 3 และ 5 วางแผนการทดลองแบบ 3^2 factorial in CRD ทำทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT โดยมีขั้นตอนการผลิตดัง Figure 1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเยื่อฟางข้าวที่ผลิตได้ ได้แก่ ร้อยละของผลผลิตเยื่อที่ได้ (% yield) ค่าสี L* a* b* C* และ h° ด้วยเครื่องวัดสี (ColorFlex รุ่น CX 1498) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ด้วยเครื่อง water activity meter รุ่น Pawkit ความชื้น (A.O.A.C., 2000) ปริมาณเส้นใยหยาบ (A.O.A.C., 2000)

2. ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ไข่เค็มพอกด้วยเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้

ผลิตไข่เค็มพอกเยื่อฟางข้าวจากเยื่อที่พัฒนาได้ในข้อ 1 ตามวิธีการของ สุภกาญจน์ และศกฤชชญา (2550) โดยปั่นผสมเยื่อด้วยน้ำตะไคร้ความเข้มข้นร้อยละ 40 และสารละลายเกลือผสมระหว่างโซเดียมคลอไรด์และโปแทสเซียมคลอ-ไรด์ (60:40) ความเข้มข้น ร้อยละ 30 เก็บในถุงพลาสติกชนิดมีซิบ นาน 25 วัน จากนั้นต้มในน้ำสะอาดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้แก่ a_w ค่าสี L* C* และ h° ปริมาณคลอไรด์ในรูปโซเดียมคลอไรด์ ความชื้น และการปนเปื้อนโลหะ ได้แก่ สารตะกั่ว (มก./กก.) และ สารปรอท (มก./กก.) ของไข่เค็มทั้งฟองโดยวิธี A.O.A.C. (2000) ตลอดจนวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ โดยวิธี BAM (2001) จากนั้นเปรียบเทียบคุณภาพที่ได้กับไข่เค็มพอกเยื่อฟางตามวิธีการเดิมของสุภกาญจน์ และศุกฤชชญา (2550)

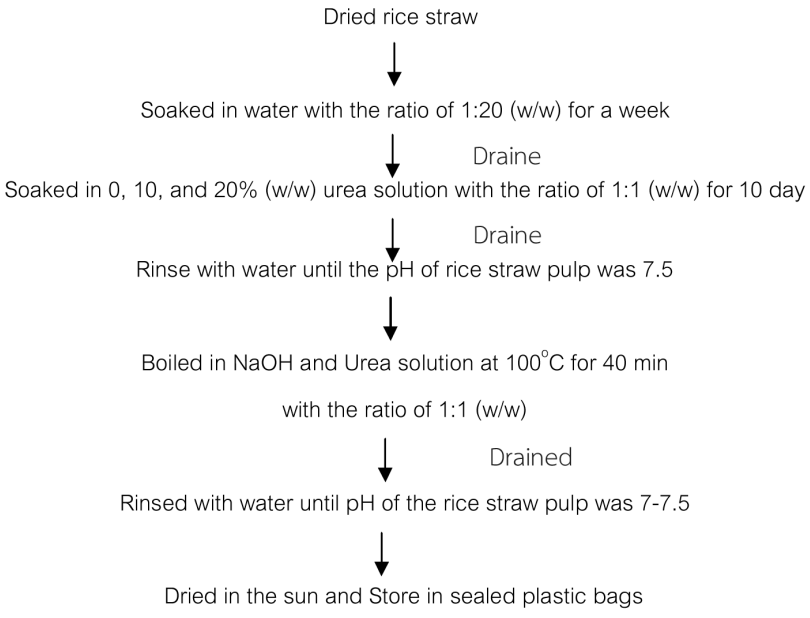

Figure 1 The production of rice straw pulp

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. คุณภาพเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้

การแช่ฟางข้าวในสารละลายยูเรียเพียงอย่างเดียว และการต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า ร้อยละ 20 ไม่สามารถผลิตเยื่อฟางข้าวที่มีคุณภาพตามต้องการได้ (สุภกาญจน์ และศุกฤชชญา, 2553) จึงพัฒนากรรมวิธีการผลิตเยื่อฟางข้าวด้วยการแช่ในสารละลายยูเรียร่วมกับการต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้เยื่อฟางข้าวดัง **Figure 2** และมีคุณภาพทางกายภาพและเคมีดังแสดงใน **Table 1** พบว่า ความเข้มข้นของโซเดียม ไฮดรอกไซด์และยูเรียที่ใช้ในการผลิตให้ร้อยละของผลผลิตเยื่อฟางข้าวที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ขณะที่ความเข้มข้นของยูเรียคงที่ มีผลให้ร้อยละของผลผลิตมีแนวโน้มลดลง และไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์กัน (interaction) ระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์และยูเรีย เมื่อพิจารณาที่ค่าความสว่าง (L*) พบว่า ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อค่า L* ($p \leq 0.05$) เมื่อความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นทำให้ค่า L* เพิ่มขึ้น ส่วนความเข้มข้นของยูเรียไม่มีผลต่อค่า L* ($p>0.05$) และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์และยูเรีย โดยเมื่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่าความเข้มของสี (C*) พบว่าให้ผลเช่นเดียวกับค่าความเป็นสีเหลือง (b*) คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์และยูเรีย โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลให้ค่า C* ลดลง และเมื่อพิจารณาค่ามุมของสี (h°) พบว่า ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์และยูเรียมีผลต่อค่า h° ทางสถิติ และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์และยูเรีย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลการตอบสนองต่อยูเรียของค่า h° ต่างกันที่ระดับต่างกันของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเมื่อพิจารณาค่าสีทั้งหมดแล้ว พบว่าเยื่อฟางข้าวทุกสิ่งทดลองมีค่า h° อยู่ในควอดแรนท์ที่ 1 (สีแดง-ส้ม-เหลือง) โดยสิ่งทดลองที่ 3 มีค่า h° และค่า L* สูงสุด คือ 86.06 และ 73.32 ตามลำดับ

Table 1 Physical quality of rice straw pulp

Treatment	Solution concentration (%)		Color Value						
	NaOH	Urea	%yield	L*	a*	b*	C*	h°	a_w
1	1	0	26.12±1.79^{b}	61.72±1.99^{d}	1.80±0.30^{d}	22.86±0.97^{a}	22.93±0.99^{a}	85.52±0.59^{b}	0.68±0.02^{ab}
2	3	0	18.23±0.65^{c}	66.49±4.29^{bc}	2.10±0.09^{bc}	19.66±0.21^{c}	19.78±0.21^{c}	83.90±0.27^{cd}	0.66±0.01^{b}
3	5	0	20.82±0.70^{c}	73.32±1.44^{a}	1.35±0.13^{e}	19.55±0.51^{c}	19.60±0.52^{c}	86.06±0.29^{a}	0.71±0.00^{a}
4	1	10	30.39±2.24^{ab}	64.97±1.25^{bcd}	2.42±0.10^{a}	23.20±0.72^{a}	23.33±0.73^{a}	84.03±0.18^{cd}	0.65±0.01^{b}
5	3	10	26.48±3.62^{b}	67.07±0.93^{bc}	2.01±0.19^{bcd}	20.74±0.87^{b}	20.84±0.89^{b}	84.47±0.32^{c}	0.53±0.05^{c}
6	5	10	27.73±5.11^{ab}	65.38±0.61^{bcd}	1.96±0.05^{cd}	18.03±0.45^{d}	18.14±0.44^{d}	83.81±0.03^{d}	0.52±0.01^{c}
7	1	20	32.57±2.63^{a}	63.41±0.79^{cd}	2.27±0.09^{ab}	22.55±0.35^{a}	22.67±0.35^{a}	84.24±0.22^{cd}	0.56±0.03^{c}
8	3	20	30.39±4.72^{ab}	65.71±1.15^{bc}	2.10±0.16^{bc}	20.15±0.33^{bc}	20.26±0.35^{bc}	84.05±0.36^{cd}	0.55±0.01^{c}
9	5	20	26.60±1.32^{b}	67.74±3.08^{b}	1.78±0.05^{d}	18.04±0.24^{d}	18.13±0.24^{d}	84.36±0.23^{cd}	0.56±0.02^{c}

Remark: $^{a-d}$ Means within the same attribute with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)
Means value after ± are standard deviation

เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของยูเรีย ค่า a_w มีแนวโน้มลดลง และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างความเข้มข้นของยูเรียและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเมื่อใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในระดับสูง (ร้อยละ 5) และเพิ่มความเข้มข้นของยูเรียจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 10 จะทำให้ค่า a_w มีแนวโน้มลดลง โดยสิ่งทดลองที่ 6 ซึ่งใช้ความเข้มข้นของยูเรียร้อยละ 10 มีค่า a_w ต่ำสุด คือ 0.52 แต่หากความเข้มข้นของยูเรียเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 20 จะทำให้ค่า a_w มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งที่ระดับดังกล่าวมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (Martinez, 2002) ทำให้เยื่อฟางข้าวมีอายุการเก็บยาวนาน ซึ่งการที่ค่า a_w ลดลงเมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของยูเรีย อาจเนื่องมาจากยูเรียทำให้เยื่อฟางข้าวมีรูพรุนเพิ่มมากขึ้น จึงสามารถดูดน้ำได้มากขึ้น อีกทั้ง เมื่อนำฟางข้าวไปทำให้แห้งน้ำจึงระเหยได้ดีขึ้น

จากผลการทดลอง Table 2 พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และยูเรียมีผลต่อปริมาณความชื้นของเยื่อฟางข้าวทางสถิติ ($p<0.05$) และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์และยูเรีย โดยเมื่อความเข้มข้นของยูเรียเท่ากับร้อยละ 0 และ 20 การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลให้ความชื้นเพิ่มขึ้น และความชื้นลดลงเมื่อความเข้มข้นของยูเรียเท่ากับร้อยละ 10 และพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของยูเรียมีผลให้ปริมาณความชื้นของเยื่อฟางข้าวลดลง เนื่องจากยูเรียมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นจึงทำให้ค่าความชื้นลดลงเมื่อมีการเพิ่มระดับของยูเรีย อีกทั้งความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อปริมาณเส้นใยหยาบทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้ปริมาณเส้นใยหยาบเพิ่มขึ้นสำหรับความเข้มข้นของของยูเรีย พบว่า ไม่มีผลต่อปริมาณเส้นใยหยาบทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่สิ่งทดลองที่ 6 มีปริมาณเส้นใยหยาบสูงสุด คือ ร้อยละ 82.73 ซึ่งเยื่อฟางข้าวที่ผลิตได้หากมีปริมาณเส้นใยหยาบสูงจะมีการดูดซึมน้ำได้ดี และจะช่วยในการแทรกซึมของเกลือขณะพอกไข่ โดยในเส้นใยหยาบ ส่วนที่เหลือจากการย่อยส่วนใหญ่ คือ เซลลูโลส และมีบางส่วนของเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน

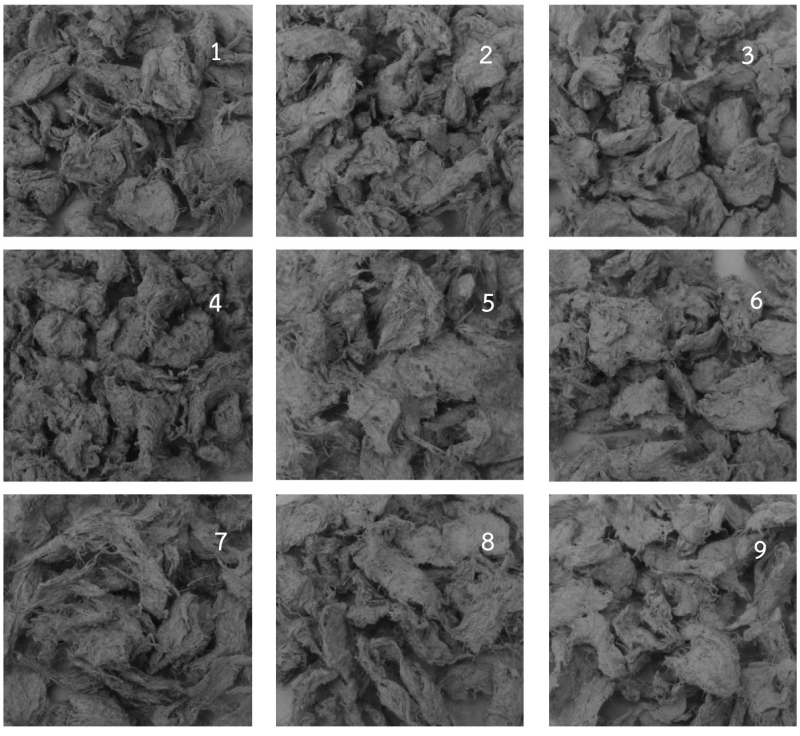

Figure 2 9 treatment of straw pulp produced by infusion with boiling solution of urea in solution sodium Hydroxide

Table 2 Chemical quality of dried rice straw pulp 9 treatment

Treatment	Solution concentration (% w/w)		Moistures content (%)	Fiber content (%)
	NaOH	Urea		
1	1	0	5.51 ± 0.24^{b}	72.65 ± 0.70^{e}
2	3	0	5.47 ± 0.14^{b}	78.12 ± 1.23^{c}
3	5	0	6.44 ± 0.17^{a}	79.30 ± 2.45^{bc}
4	1	10	5.90 ± 0.14^{b}	70.41 ± 1.22^{f}
5	3	10	4.21 ± 0.04^{c}	79.11 ± 0.11^{bc}
6	5	10	3.46 ± 0.66^{d}	82.73 ± 0.81^{a}
7	1	20	2.48 ± 0.16^{ef}	74.78 ± 0.76^{d}
8	3	20	2.14 ± 0.05^{f}	80.69 ± 1.14^{b}
9	5	20	2.73 ± 0.20^{b}	78.67 ± 0.37^{bc}

Remark: $^{a-f}$ Means within the same attribute with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)
Means value after ± are standard deviation

จากการศึกษาพบว่า ลักษณะเส้นใยของฟางข้าว มีความยาวประมาณ 0.7-3.5 มิลลิเมตร เฉลี่ยประมาณ 1.5 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5-15 ไมโครเมตร เฉลี่ย 9 ไมโครเมตร องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยจากฟางข้าวประกอบด้วยเซลลูโลส ร้อยละ 28-41 ลิกนิน ร้อยละ 10-17 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, มปป.) ดังนั้นจากกระบวนการต้มเยื่อฟางข้าวและการสกัดเพื่อหาปริมาณเส้นใยหยาบส่วนที่เหลือจะเป็น

เซลลูโลส เนื่องจากเฮมิเซลลูโลส จะถูกสกัดออกด้วยด่างและกรดจากกระบวนการดังกล่าวแล้ว

2. คุณภาพผลิตภัณฑ์ไข่เค็มพอกด้วยเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไข่เค็มพอกด้วยเยื่อฟางข้าว แบบ 9-point Hedonic scale ช่วงคะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) ในด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ความเค็ม และความชอบรวม พบว่าผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนทั้ง 30 คน ให้คะแนนความชอบด้านรสชาติที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่หากพิจารณาในด้านความชอบรวม พบว่าสิ่งทดลองที่ 9 มีคะแนนสูงที่สุด คือ 7.40 คะแนน อยู่ในระดับชอบปานกลาง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับสิ่งทดลองที่ 6 (7.13 คะแนน) ที่ให้ปริมาณเส้นหยาบสูงสุด และเป็นเยื่อฟางข้าวได้จากการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5 และยูเรียร้อยละ 10 ซึ่งใช้สารเคมีในปริมาณต่ำกว่าการสิ่งทดลองที่ 9

Table 3 Sensory evaluation quality of salted egg coating using rice straw 9 treatment

Treatment	Atttibute					
	Color	Odor	Texture	Taste^{ns}	salty	Overall
1	6.27 ± 1.66^{bc}	5.83 ± 1.66^{b}	6.40 ± 1.65^{ab}	6.10 ± 1.97	5.87 ± 2.21^{ab}	6.27 ± 1.98^{bc}
2	7.17 ± 1.32^{ab}	5.87 ± 1.94^{b}	6.20 ± 2.27^{ab}	6.33 ± 2.16	6.53 ± 2.27^{ab}	6.83 ± 1.37^{abc}
3	6.30 ± 2.00^{abc}	6.53 ± 1.57^{ab}	6.53 ± 1.81^{ab}	6.43 ± 1.81	6.13 ± 2.19^{ab}	6.73 ± 1.72^{abc}
4	6.03 ± 2.06^{c}	6.37 ± 1.65^{ab}	6.90 ± 1.54^{a}	6.27 ± 1.98	6.27 ± 2.03^{ab}	6.73 ± 1.84^{abc}
5	6.63 ± 1.94^{abc}	6.17 ± 1.90^{ab}	6.83 ± 1.15^{a}	6.47 ± 1.55	5.87 ± 1.81^{ab}	6.80 ± 1.22^{abc}
6	6.53 ± 1.76^{abc}	7.00 ± 1.31^{a}	6.83 ± 1.53^{a}	6.73 ± 1.55	6.53 ± 1.81^{ab}	7.13 ± 1.31^{ab}
7	6.07 ± 1.53^{c}	6.37 ± 1.50^{ab}	5.80 ± 1.56^{b}	6.03 ± 1.65	5.60 ± 2.06^{b}	6.10 ± 1.45^{c}
8	7.00 ± 1.44^{abc}	6.97 ± 0.96^{a}	7.10 ± 1.09^{a}	6.77 ± 1.28	6.77 ± 1.46^{a}	6.97 ± 1.03^{abc}
9	7.27 ± 1.39^{a}	6.90 ± 1.09^{a}	6.97 ± 1.38^{a}	6.80 ± 1.52	6.83 ± 1.37^{a}	7.40 ± 1.28^{a}

Remark: $^{a-c}$ Means within the same attribute with different letters are significantly different ($p\leq0.05$)
^{ns} The average of each data set vertically not significantly different ($p> 0.05$)
Means value after ± are standard deviation

และเมื่อนำไข่เค็มพอกด้วยเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้จากสิ่งทดลองที่ 6 ใน **Figure 3** (หลังต้ม) มาวัดค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมี เปรียบเทียบการไข่เค็มที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าววิธีการเดิม ดังแสดงผลใน **Table 4** พบว่าค่า h° ของไข่ขาวที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้แตกต่างจากไข่ขาวที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าววิธีการเดิม โดยมีค่า h° เท่ากับ 57.65 ซึ่งอยู่ในควอดแรนท์ที่ 1 สีค่อนไปเหลือง ส่วนไข่ขาวที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าววิธีการเดิม ค่า h° มีค่า 118.07 อยู่ในควอดแรนท์ที่ 2 สีค่อนไปเหลือง อมเขียว แต่มีค่า L* ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนไข่แดงของไข่ที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้มีค่า h° 8.37 มีความเป็นสีแดง (a*) มากกว่าไข่แดงที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าววิธีการเดิม คือ มีค่า h° 34.17 สีออกแดงส้ม โดยไข่เค็มที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้ มีคุณลักษณะภายในตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม (มผช.27/2546) คือ ไข่ขาวต้มสุกมีสีขาว เนื้อนิ่ม เรียบ ไม่กระด้าง ส่วนไข่แดงมีสีเข้ม มีลักษณะเป็นมัน เมื่อพิจารณาค่า a_w ของไข่เค็มที่พอกด้วยเยื่อฟางทั้ง 2 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยทั้งไข่ขาวและไข่แดงที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้มีค่า a_w สูง คือ 0.91 และ 0.96 ตามลำดับ

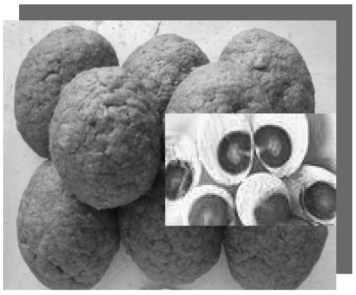

Figure 3 Herb-Low Sodium Salt Eggs Coated with rice straw pulp

Table 4 Physical, chemical and Microorganism characteristics of salted egg coating using rice straw pulp

Properties	Developed production		Original production	
	Egg white	Yolk	Egg white	Yolk
Physical				
color L*	52.66[a]	94.70[c]	54.20[a]	64.18[b]
C*	18.54[c]	2.20[a]	11.24[b]	10.85[b]
h^o	57.65[c]	8.37[a]	118.07[d]	34.17[b]
Water activity (a_w)	0.91[c]	0.96[c]	0.84[b]	0.52[a]
chemical				
NaCl (%)	5.82[d]	0.09[a]	3.98[c]	1.71[b]
Moisture (%)	81.36[c]	21.51[a]	82.07[c]	34.78[b]
Lead (mg/kg in whole egg)	0.031		-	
Mercury (mg/kg in whole egg)	0.0027		-	
Microorganism				
Total plate count (CFU /g)	<10		$4.2x10^3$	
Yeast/mold (CFU /g)	<10		<10	
Salmonella spp.	Not found		Not found	
Clostridium perfrigens	Not found		Not found	
Staphylococcus aureus	Not found		Not found	

Remark: [a-b] Means within the same attribute with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

นอกจากนี้ไข่ขาวที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้ มีปริมาณเกลือ (ร้อยละของโซเดียมคลอไรด์) สูงกว่าไข่ขาวที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าววิธีการเดิม แต่ในไข่แดงมีปริมาณเกลือต่ำกว่า ส่วนปริมาณความชื้นในไข่ขาวทั้ง 2 วิธีนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อีกทั้งไข่เค็มพอกเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้มีการปนเปื้อนของสารตะกั่วและปรอท 0.031 มก./กก. และ 0.0027 มก./กก. ตามลำดับ ซึ่งมีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม (มผช.27/2546) คือมีสารตะกั่วไม่เกิน 1 มก./กก. และสารปรอทไม่เกิน 0.02 มก./กก. ซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์ไข่เค็มพอกด้วยเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้มีความปลอดภัยต่อการบริโภค นอกจากนี้พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรามีปริมาณน้อยกว่า 10 ซีเอฟยู/ก. และไม่พบเชื้อ

Salmonella spp *Clostridium perfrigens* และ *Staphylococcus aureus* ปนเปื้อน เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม (มผช.27/2546) เช่นกัน

สรุป

กระบวนการผลิตเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้ คือ แช่ฟางข้าวในสารละลายยูเรีย ร้อยละ 10 นาน 10 วัน ร่วมกับการต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซค์ ร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที โดยระดับของการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซค์ลดลงจากร้อยละ 20 เป็นร้อยละ 5 ซึ่งสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการสูดดมไอระเหยขณะต้มเยื่อ และเยื่อที่พัฒนาได้มีปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละ 82.73 ส่งผลต่อการดูดซึมน้ำและช่วยในการแทรกซึมของเกลือขณะพอกไข่ได้ และเมื่อนำเยื่อฟางข้าวแห้ง 1 กิโลกรัม เกลือ 1.12 กิโลกรัม ตะไคร้ 1.20 กิโลกรัม และน้ำสะอาด 2.80 กิโลกรัม ปั่นผสมกันจนเนียน นำเยื่อฟางข้าวเปียกที่ได้มาพอกไข่ (50 กรัม/ฟอง) เก็บในถุงพลาสติกชนิดมีซิบนาน 25 วัน พบว่าไข่แดงของไข่เค็มที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้มีค่า h° เท่ากับ 8.37 มีความเป็นสีแดงมากกว่าไข่เป็ดที่พอกด้วยเยื่อฟางข้าวแบบเดิม และมีคุณลักษณะภายในของไข่ตามมามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม (มผช.27/2546) คือ ไข่ขาวต้มสุกมีสีขาว เนื้อนิ่ม เรียบ ไม่กระด้าง ส่วนไข่แดงมีสีเข้ม มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) 0.96 อีกทั้งมีการปนเปื้อนของสารตะกั่วและปรอท ในระดับต่ำเพียง 0.031 มก./กก. และ 0.0027 มก./กก. ตามลำดับ ตลอดจนมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ในปริมาณน้อยกว่า 10 ซีเอฟยู/ก. และไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp *Clostridium perfrigens* และ *Staphylococcus aureus* ปนเปื้อน ซึ่งมีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม (มผช.27/2546) คือ มีสารตะกั่วและสารปรอท ไม่เกิน 1 มก./กก. และ 0.02 มก./กก. ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์ไข่เค็มพอกด้วยเยื่อฟางข้าวที่พัฒนาได้มีความปลอดภัยต่อการบริโภค

คำขอบคุณ

ขอบคุณสำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดสกลนคร และสำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2550 และ 2553

เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. มปป. การผลิตเยื่อกระดาษ. แหล่งข้อมูล : http://goo.gl/WjVsFY. ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2554.

ชมพู่ ยิ้มโต. 2543. การพัฒนาไข่เค็มชนิดโซเดียมต่ำพอกด้วยเยื่อฟางข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ ฯ.

วิชัย หฤทัยธนาสันติ์. 2542. รายงานการวิจัยกระดาษสาดัดแปลงจากวิธีชาวบ้าน. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

สุภกาญจน์ พรหมขันธ์ และศุกฤชชญา สัพโส. 2550. การพัฒนาไข่เค็มสมุนไพรชนิดโซเดียมต่ำพอกด้วยเยื่อฟางข้าว. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดสกลนคร ประจำปีงบประมาณ 2550. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร.

สุภกาญจน์ พรหมขันธ์ และศุกฤชชญา เหมะธุลิน. 2553. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่เค็มสมุนไพรชนิดโซเดียมต่ำพอกด้วยเยื่อฟางข้าวคุณภาพสูง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ได้รับงบประมาณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2553. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม. มผช.27/2546.

A.O.A.C. 2000. Official Method of Analysis. 17th ed., The Association of Official Analytical Chemists Gaithersburg, Maryland.

BAM. 2001. Bacteriological Analytical Manual (BAM). Available: http://www.fda.gov/default.htm. Accessed Jan. 15, 2012.

Martinez, Jose E. 2002. Microbial bioburden on oral solid dosage forms. Pharmaceutical Technology. Feb: 58-68.