

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมสารอาหาร
(CBD, B9, B12, Ca) โดยวิธีไมโครเอนแคปซูเลชัน
Developing food-fortified production
via microencapsulation

กลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ สำนักโภชนาการ
ภัทธีรา ยิ่งเลิศรัตนะกุล

ความสำคัญและที่มา

- การขาด B9, A, Ca, Fe, I₂ ยังคงเป็นปัญหารุนแรงของทุกประเทศทั่วโลก
- สถานการณ์ปัญหาทุพโภชนาการเด็กอายุ 0-5 ปี 2559-2563 ยังคงมีปัญหาเด็กเตี้ย อ้วน และเด็กผอม สถานการณ์เด็กวัยเรียน 6-14 ปี 2561-2563 พบว่าต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 66 คือร้อยละ 64, 62, 64
- จากการศึกษาอัตราการขาดโพแทสเซียมของประเทศ Senegal พบเด็กอายุ 15-49 ปี และหญิงให้นมบุตร ยังคงมีภาวะการขาดโพแทสเซียมในระดับที่ค่อนข้างสูงโดยเฉพาะในเขตชนบท (Ndiaye et al., 2018)
- Nutrition Examination Survey (NHANES) ระหว่างปี 2003-2006 ของ USA การเสริมกรดโฟลิกในอาหาร ช่วยลดภาวะการขาดโพแทสเซียมจากเดิมร้อยละ 16 เป็นร้อยละ 0.5 (Diazk et al., 2021)

วัตถุประสงค์

- 1.2.1 พัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมสารอาหาร (บะหมี่ไข่เสริม CBD, B9, B12, Ca)
- 1.2.2 ฝึกอบรมเพื่อถ่ายทอดนวัตกรรมเสริมสารอาหาร (CBD, B9, B12, Ca)

สู่ภาคีเครือข่าย

ขอบเขตของงานวิจัย

- ผลิตไมโครเอนแคปซูเลชันเสริม CBD, B9, B12, Ca ทำแห้งด้วยเครื่อง Freezed dry จากนั้นนำไปใส่ในแป้งสาลีอเนกประสงค์เพื่อผลิตบะหมี่ไข่เสริม CBD, B9, B12, Ca เก็บตัวอย่างวิเคราะห์หาปริมาณ proximate, mineral, CBD, B9, B12, Ca

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- นวัตกรรมที่เป็นผลิตภัณฑ์บะหมี่ไข่เสริมสารอาหารที่สามารถต่อยอดระดับครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมเพื่อเป็นทางเลือกอาหารที่ใช้ส่งเสริมป้องกันโรคขาดสารอาหารให้กับประชาชน



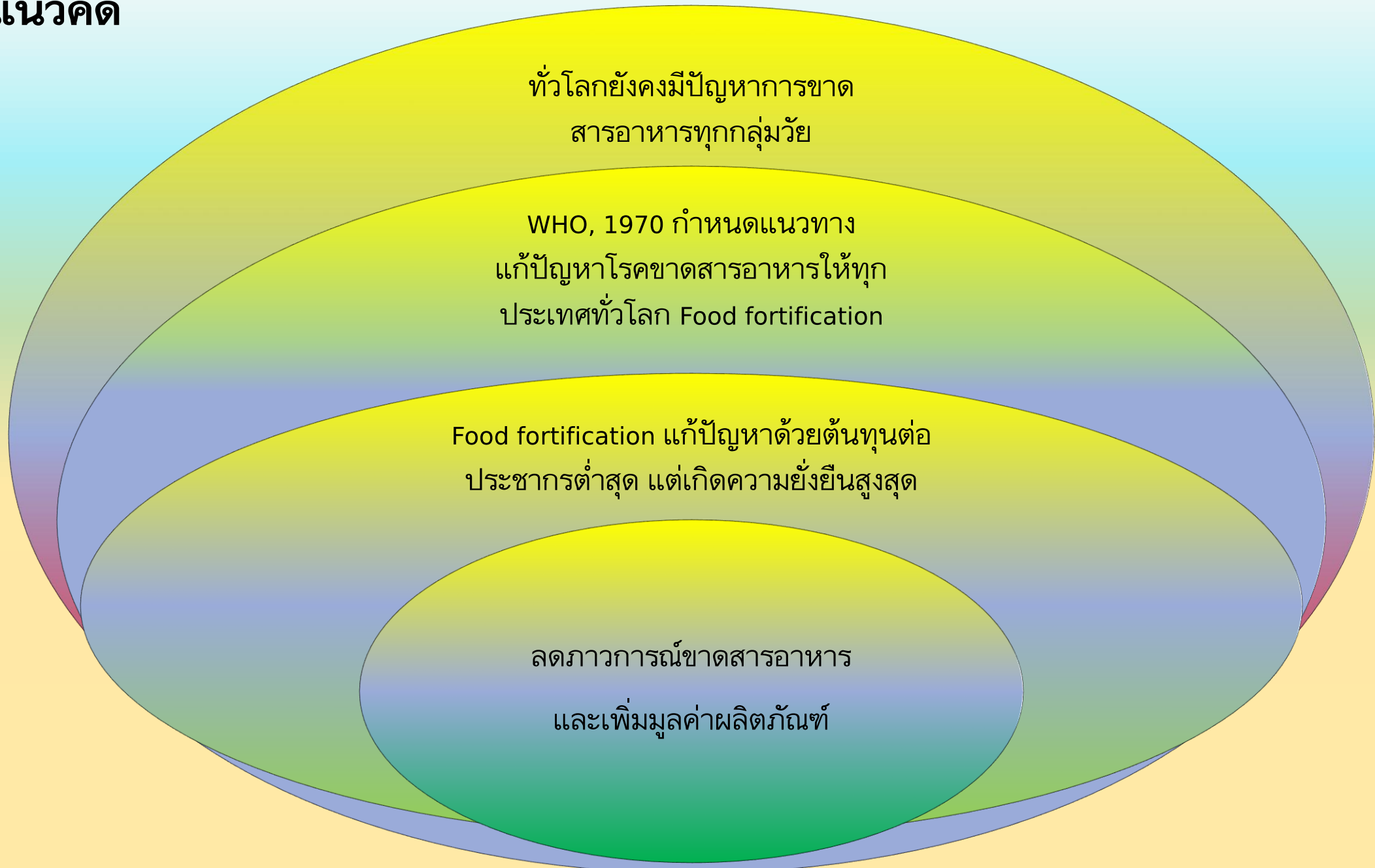
บทบาทวรรณกรรม

- กรดโฟลิก ช่วยลดความเสี่ยงต่อภาวะโลหิตจางในทารกและหญิงตั้งครรภ์ ลดความเสี่ยงต่อหลอดประสาทปลายเปิด (neural tube defects , NTDs) ในทารกแรกเกิด ลดระดับโฮโมซิสเตอีน ป้องกันการเกิดโรคหัวใจ ความดันโลหิต มะเร็ง สมองเสื่อม (Alzheimer dementia) ในผู้สูงอายุ
- Cobalamin สังเคราะห์สารพันธุกรรม (DNA และ RNA) สร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงและเซลล์ต่าง ๆ สร้างสารและส่งสัญญาณสื่อประสาท
- แคลเซียม ป้องกันโรคกระดูกพรุน ช่วยการหดและคลายตัวของหลอดเลือด ควบคุมความดันโลหิต ป้องกันการเกิดตะคริว ช่วยการแข็งตัวของเลือด การส่งผ่านประสาท
- CBD ยับยั้งการเกิดมะเร็งปอด มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งเต้านม

ทบทวนวรรณกรรม (ต่อ)

- การขาดจุลโภชนาการเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในวงกว้างของประชาชนทั่วโลกและส่งผลกระทบกับประชากรกลุ่มใหญ่ที่เป็นผู้ด้อยโอกาสทางสังคมและเศรษฐกิจ
- การเลือกใช้มาตรการการแก้ปัญหาทางอุดมคติมีต้นทุนต่อประชากรต่ำสุดแต่ให้เกิดความยั่งยืนมากที่สุด ซึ่งในทางปฏิบัติมีข้อจำกัดที่เกิดจากสภาพความรุนแรงของปัญหาซึ่งจำเป็นต้องแก้ไขเร่งด่วน จึงมีการใช้มาตรการแตกต่างกัน เช่น มาตรการเสริมสารอาหารในอาหาร (Food fortification)
- WHO กำหนดแนวทางแก้ปัญหาโรคขาดสารอาหารต่างๆ ด้วยการสนับสนุนและส่งเสริมให้แต่ละประเทศเสริมสารอาหารในอาหารหลักให้กับประชาชนกลุ่มเสี่ยงที่ไม่สามารถเข้าถึงแหล่งอาหาร และเป็นการต่อยอดเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์เสริมสารอาหารในภาคอุตสาหกรรม เพื่อการเข้าถึงแหล่งอาหารและเกิดการเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจของประเทศในอนาคต เพราะการเสริมสารอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารจัดเป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิผลทั้งด้านสุขภาพ เศรษฐกิจ และสังคม (Olson et al., 2021)

กรอบแนวคิด



Microencapsulated technique

1. Pectin(20g) +DI (980 g) (mix 30-45 min)
2. Sodium alginate (20g) (mix 30-45 min)
3. Ratio of P70:A30 (mix 30-45 min)

CBD 0.81 mg*, B9 81 ug**, B12 8.1 ug**, Ca 2,160 mg**
+ CaCl₂ (solid 2%) + Chitosan (solid 2%) (mix 30 min)
* (มาตรฐานกำหนดของอย.), (** DRI)



Egg Noodle-fortified Processing



1. Wheat flour 270 g+ Corn flour 3 teaspoon
+ Breaking soda 1 teaspoon +Salt 2.5 g (Mix)
2. H₂O 75 ml + 1 egg + Machine (random sample for analysis)

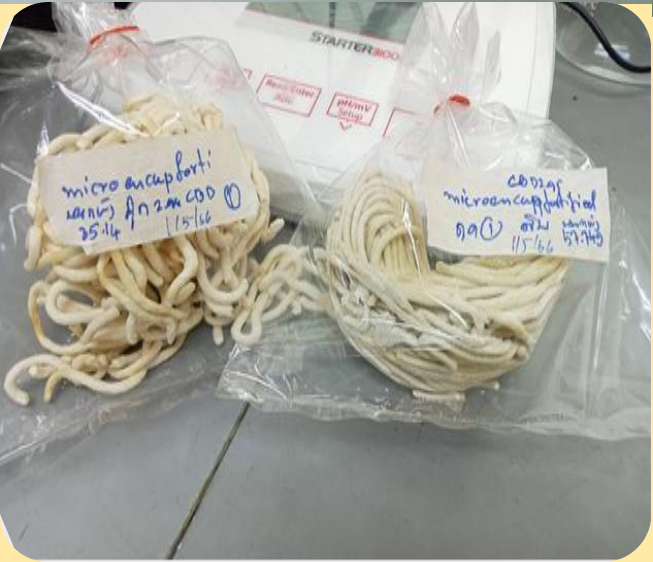
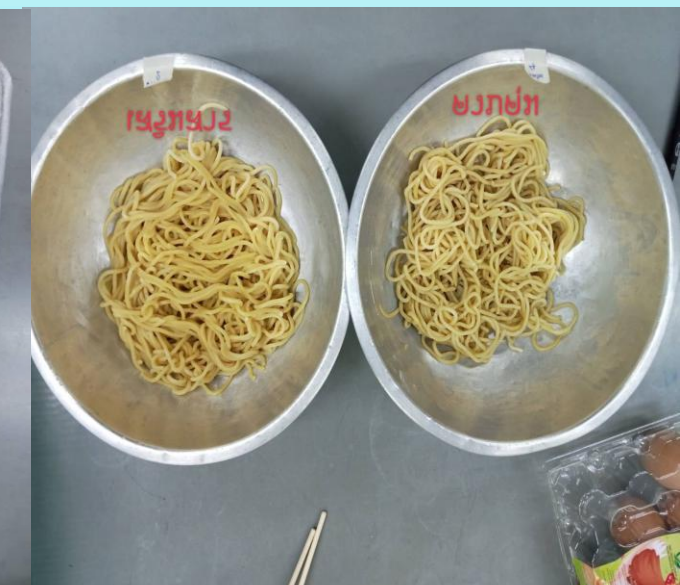
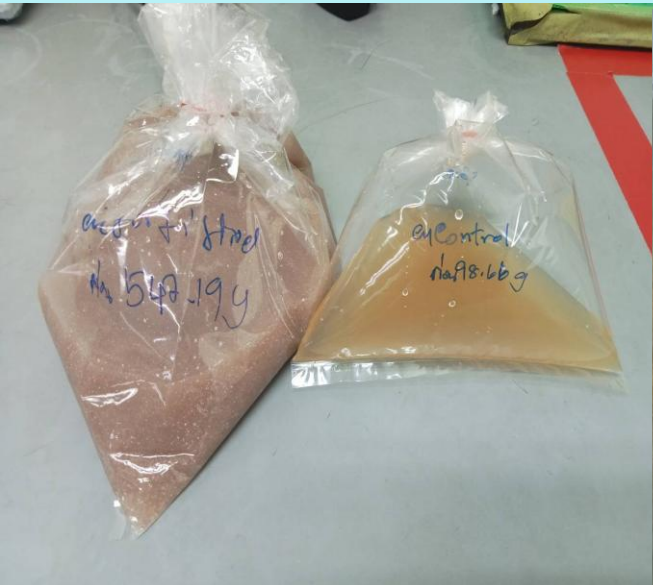


1. Branch egg noodle 95°C 7-8 min (random sample for analysis)
2. Freezed dry (random sample for analysis)



1. Physical chemical; (L* a* b*), pH, Total acid, H₂O, Aw
2. Nutrition; proximate, vitamin; HPLC, Mineral, ICP-OES
3. Stability of processing, preserve 4°C, Freezed dry ; CBD, B9, B12, Ca
4. Sensory with Hedonic scale; 60 volunteer
5. Safety; LD₅₀
6. Training
7. Statistic Sd; Duncan's New Multiple Range Test

ผลการศึกษา



สมบัติด้านกายภาพ (Physicochemical property)

การทดสอบ		บะหมี่ไข่ควบคุม ดิบ	บะหมี่ไข่เสริม ดิบ	บะหมี่ไข่ควบคุม สุก	บะหมี่ไข่เสริม สุก
สี	L*	63.50±1.06 ^a	62.20±1.08 ^b	67.20±2.95 ^c	65.53±2.51 ^d
	a*	2.67±0.21 ^a	2.17±0.58 ^b	0.83±0.31 ^d	0.87±0.42 ^c
	b*	22.87±0.15 ^a	21.46±0.42 ^b	21.80±0.26 ^c	20.40±2.22 ^d
pH		9.73±0.04 ^a	9.58±0.09 ^b	9.02±0.08 ^c	8.88±0.51 ^d
Total acid		0.08±0.01 ^a	0.08±0.01 ^a	0.27±0.02 ^c	0.25±0.01 ^d
Aw		0.72±0 ^a	0.68±0 ^b	0.83±0 ^c	0.80±0 ^d

ความเสถียรต่อปริมาณสารอาหารที่คงเหลือระหว่างกระบวนการผลิต

การทดสอบ ต่อ 100 กรัม		บะหมี่ไข่ควบคุม ดิบ	บะหมี่ไข่เสริม ดิบ	บะหมี่ไข่ควบคุม สุก	บะหมี่ไข่เสริม สุก
สารอาหารหลัก	Moisture (g)	28.96±1.64 ^b	32.22±2.17 ^a	64.09±2.14 ^d	67.96±0.68 ^c
	Protein (g)	9.66±0.30 ^b	10.11±0.57 ^a	4.21±0.20 ^d	5.03±0.23 ^c
	Fat (g)	2.43±0.04 ^a	2.31±0.04 ^b	1.18±0.04 ^c	1.08±0.01 ^d
	CHO (g)	57.65±2.40 ^a	53.82±2.55 ^b	30.77±2.23 ^c	25.41±0.97 ^d
	Energy (kcal)	281.53±8.52 ^a	268.82±10.16 ^b	151.77±10.46 ^c	133.26±3.82 ^d
วิตามิน	B9 (ug)	113.95±3.02 ^b	156.42±9.63 ^a	99.57±4.19 ^d	131.85±8.30 ^c
	B12 (ug)	17.16±1.09 ^b	17.54±0.56 ^a	16.72±0.30 ^d	17.30±0.52 ^c
แร่ธาตุ	Ca (mg)	22.74±1.64 ^b	184.20±7.80 ^a	18.51±0.34 ^d	99.87±1.91 ^c
	P (mg)	93.99±0.93 ^b	97.34±2.23 ^a	53.31±0.27 ^c	46.65±0.81 ^d
CBD (ug)	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.

ความเสถียรต่อปริมาณสารอาหารที่คงเหลือระหว่างกระบวนการผลิต ปริมาณสารอาหารต่อ 100 กรัม

การทดสอบ ต่อ 100 กรัม		บะหมี่ไข่ควบคุม ดิบ	บะหมี่ไข่เสริม ดิบ	บะหมี่ไข่ควบคุม สุก	บะหมี่ไข่เสริม สุก
สารอาหารหลัก	Moisture (g)	28.96±1.64 ^b	32.22±2.17 ^a	64.09±2.14 ^d	67.96±0.68 ^c
	Protein (g)	9.66±0.30 ^b	10.11±0.57 ^a	4.21±0.20 ^d	5.03±0.23 ^c
	Fat (g)	2.43±0.04 ^a	2.31±0.04 ^b	1.18±0.04 ^c	1.08±0.01 ^d
	CHO (g)	57.65±2.40 ^a	53.82±2.55 ^b	30.77±2.23 ^c	25.41±0.97 ^d
	Energy (kcal)	281.53±8.52 ^a	268.82±10.16 ^b	151.77±10.46 ^c	133.26±3.82 ^d
วิตามิน	B9 (ug)	113.95±3.02 ^b	156.42±9.63 ^a	99.57±4.19 ^d	131.85±8.30 ^c
	B12 (ug)	17.16±1.09 ^b	17.54±0.56 ^a	16.72±0.30 ^d	17.30±0.52 ^c
แร่ธาตุ	Ca (mg)	22.74±1.64 ^b	184.20±7.80 ^a	18.51±0.34 ^d	99.87±1.91 ^c
	P (mg)	93.99±0.93 ^b	97.34±2.23 ^a	53.31±0.27 ^c	46.65±0.81 ^d
CBD (ug)	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.

ความเสถียรของสารเคลือบต่อปริมาณสารอาหารระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา

การทดสอบ ต่อ 100 กรัม	เก็บรักษา 4 °C		
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
CBD (ug)	tr.	tr.	tr.
B9 (ug)	207.68+13.70 ^a	180.27±9.26 ^b	164.56±7.27 ^c
B12 (ug)	17.54±0.58 ^a	17.86±0.30 ^a	15.99±0.34 ^b
Ca (mg)	58.62±0.48 ^a	57.26±1.75 ^b	54.56±1.04 ^c

ความเสถียรของสารเคลือบต่อปริมาณสารอาหารระหว่างการทำแห้ง (Freezed dry)

การทดสอบ ต่อ 100 กรัม	บะหมี่ไข่ควบคุม ดิบ	บะหมี่ไข่ควบคุม สุก	บะหมี่ไข่เสริม ดิบ	บะหมี่ไข่เสริม สุก
CBD (ug)	tr.	tr.	tr.	tr.
B9 (ug)	132.81±4.86 ^b	129.51±6.39 ^d	165.17±8.04 ^a	153.40±1.64 ^c
B12 (ug)	2.80±0.26 ^b	3.32±0.16 ^d	4.95±0.31 ^a	4.95±0.58 ^c
Ca (mg)	23.22±0.62 ^b	11.98±0.27 ^a	196.57±4.11 ^d	107.70±1.62

ผลของการเคลือบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธีทดสอบ	ตัวอย่าง	รายการทดสอบ			
		สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
ชิมเส้นเปล่า	บะหมี่ไข่ควบคุม สุก	4.20±1.70 ^a	3.25±1.62 ^a	4.65±1.36 ^a	4.87±1.22 ^a
	บะหมี่ไข่เสริม สุก	3.72±1.47 ^b	2.95±1.40 ^b	4.03±1.03 ^b	4.45±1.40 ^b
ชิมพร้อมน้ำซุ๊ป	บะหมี่ไข่ควบคุม สุก	4.72±1.70 _a	4.43±1.68 ^b	4.90±1.43 ^a	4.78±1.32 ^b
	บะหมี่ไข่เสริม สุก	4.38±1.67 ^b	4.50±1.60 ^a	4.63±1.44 ^b	5.10±1.29 ^a



ผลของสารอาหารต่อค่า LD₅₀ (ค่าความปลอดภัยต่อการบริโภคของคน)

การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน	ผลการทดสอบด้วยสัตว์ทดลอง
ละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นมีความเข้มข้น 0.25 กรัม/มล โดยให้หนูถีบจักรแต่ละตัวดื่ม 20 มล./กก.	หนูกลุ่มทดลองไม่มีอาการผิดปกติภายหลังได้รับตัวอย่าง หนูทุกตัวมีชีวิตรอดจนครบกำหนด ผลการผ่าซากชันสูตรไม่พบความผิดปกติของอวัยวะภายในทางมหพยาธิวิทยาของหนูกลุ่มทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังนั้นขนาดตัวอย่างที่ทำให้หนูถีบจักรตายร้อยละ 50 (LD50) ควรมีค่ามากกว่า 5.0 ก./กก. ระดับความเป็นพิษของตัวอย่างนี้จัดอยู่ใน Category 5



ประเมินความพึงพอใจของผู้ร่วมอบรม

ประเด็นคำถาม	ระดับคะแนนความพึงพอใจต่อการอบรม				
	1 = น้อยสุด	2 = น้อย	3 = ปานกลาง	4 = มาก	5 = มากสุด
1. ประโยชน์ต่อหน่วยงาน				4 $\pm$ 1.2	
2. ประโยชน์เพื่อการประยุกต์				4 $\pm$ 0.8	
3. รูปแบบอบรมเหมาะสม				4 $\pm$ 0.7	
4. ระยะเวลาอบรม				4 $\pm$ 0.7	
5. สถานที่อบรม				4 $\pm$ 0.7	
6. วิทยากรถ่ายทอด				4 $\pm$ 0.7	
7. ต่อยอดองค์ความรู้					5 $\pm$ 0.9
8. ผลิตภัณฑ์แก้ปัญหาโรคขาดสารอาหาร				4 $\pm$ 1.4	
9. ต่อยอดนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา					5 $\pm$ 1.5
10. ประโยชน์ต่อการอบรม					5 $\pm$ 1.9



สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สมบัติด้านเคมีและกายภาพ

บะหมี่ไข่เสริมสารอาหาร ๓ < บะหมี่ไข่ไม่เสริมสารอาหาร ๓

- มีค่า Aw, pH, total acid ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์สามารถเก็บได้นาน
- L* a* b* (ดิบ) ยกเว้นสุก a*>

คุณค่าทางโภชนาการ

- บะหมี่ไข่เสริมสารอาหาร ๓ > บะหมี่ไข่ไม่เสริมสารอาหาร ๓
- มีค่า moist, Prot, Ca, P, B9, B12

บะหมี่ไข่เสริมสารอาหาร ๓ < บะหมี่ไข่ไม่เสริมสารอาหาร ๓

Fat, CHO, Energy

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์; B 9 < 13%, B12 < 9%,
Ca < เล็กน้อย, CBD(tr.)

การทำแห้ง; B9 (สุก) <7%, Ca (ดิบ) < 45%, B12>16%
(bacteria)

ผลทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ชิมเส้นเปล่า: บะหมี่ไข่เสริมสารอาหาร ๓ < บะหมี่ไข่ไม่เสริมสารอาหาร ๓

ชิมพร้อมน้ำซุ๊ป: บะหมี่ไข่เสริมสารอาหาร ๓ > บะหมี่ไข่ไม่เสริมสารอาหาร ๓

ผลทดสอบความปลอดภัย

- LD50 หนูทดลองไม่มีอาการผิดปกติหลังได้รับตัวอย่างและทุกตัวมีชีวิตรอดจนครบกำหนด ผ่านทุกชั้นสูตรไม่พบความผิดปกติของอวัยวะภายในทางมหาพยาธิวิทยา

ผลประโยชน์ความพึงพอใจต่อการเข้าอบรม

- ผู้เข้าอบรมให้คะแนนการฝึกอบรมดีถึงดีมาก มีประโยชน์สามารถต่อยอดผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือครัวเรือน และเป็นผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกในอนาคตที่สามารถส่งเสริมป้องกันโรคขาดสารอาหารให้กับประชาชน อีกทั้งต่อยอดผลิต ผลิตภัณฑ์อื่นๆ

ข้อเสนอแนะ

- ไม่ควรเสริมสารอาหารหลากหลายสารอาหารในผลิตภัณฑ์เดียวกัน
เพราะสารอาหารที่เสริมบางชนิดอาจมีปฏิกิริยาเสริม หรือ
ลดประสิทธิภาพสารหล่อหุ้มส่งผลให้ขั้นตอนการผลิต
และการเก็บรักษาลดประสิทธิภาพสารหล่อหุ้ม