

การศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่สด Optimization of Fresh Yellow Alkaline Noodle Formulation for Shelf Life Extension

จารุภัทร ลือชา¹ วรพจน์ ราชการดี¹ ชวโรจน์ ดำเนินสวัสดิ์¹ ฐิติศิลป์ กิจชเวงกุล¹ และ ภาวินี ดีแท้^{1,2*}
Jarupat Luecha¹, Worrapod Radchakandee¹, Chawarod Damnoensawat¹, Thitisilp Kijchavengkul¹ and Pawinee Deetae^{1,2*}

Received: September 2, 2017

Accepted: November 14, 2017

บทคัดย่อ

บะหมี่สดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับความนิยม เพราะมีราคาถูกและนำไปใช้ปรุงอาหารได้หลากหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสที่เป็นเอกลักษณ์ แต่เนื่องจากมีปริมาณความชื้นและสารอาหารสูง จึงทำให้เส้นบะหมี่สดที่ไม่ได้ใส่สารกันเสียมีอายุการเก็บรักษาเพียง 2-3 วันที่ยืดหยุ่นได้ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาบะหมี่สดที่ยืดหยุ่นได้ โดยการดัดแปลงปริมาณสารเติมแต่ง ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมคลอไรด์ และกลีเซอรอล และใช้การออกแบบการทดลองแบบ Box-Behnken เพื่อหาปริมาณส่วนผสมที่สามารถยืดอายุบะหมี่สดได้ยาวนานที่สุด โดยทำการตรวจวิเคราะห์ทางด้านการกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ทุกวันจนถึงวันที่ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเกิน 10^6 CFU ต่อกรัม จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบมีนัยสำคัญดังนี้ ปริมาณกลีเซอรอลและโซเดียมคลอไรด์ส่งผลต่อค่า a_w และค่าความแข็ง ขณะที่ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และทุกส่วนผสมมีผลร่วมกันต่ออายุการเก็บรักษาของบะหมี่ นอกจากนี้พบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถใช้อธิบาย ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่า a_w และอายุการเก็บรักษาได้อย่างเหมาะสม จึงนำไปใช้เป็นเงื่อนไขในการคำนวณส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด จากการคำนวณพบว่าทั้งหมด 27 สูตรที่ยืดอายุการเก็บของบะหมี่ได้ถึง 2 เท่า ที่ผู้ผลิตในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กสามารถนำไปประยุกต์ใช้ผลิตบะหมี่สดปราศจากสารกันเสียได้

คำสำคัญ : บะหมี่สด กลีเซอรอล การยืดอายุการเก็บรักษา การวิเคราะห์ทางสถิติ พื้นผิวตอบสนอง

ABSTRACT

Fresh yellow alkali noodle (YAN) is one of the widely consumed staple foods. YAN also has a unique texture and flavor. However, the shelf life of fresh YAN is relatively short (2-3 days) at room temperature without preservatives. Hence, in this study, we varied amount of sodium carbonate, sodium chloride and glycerol as key ingredients that can effectively prolong YAN's shelf-life with low impact on its unique quality and used Box-Behnken design to optimize the YAN formulation. Noodles made from all formulations were stored at room temperature and monitored for changes in their characteristics until the day that the total bacteria count was greater than 10^6 CFU/g. The statistical analysis suggested that the salt and glycerol contents significantly affected the water activity (a_w) and the hardness. While the sodium carbonate strongly influenced on the pH value. The shelf-life of YAN was significantly influenced by all the key ingredients. The RSM models were able to describe pH, a_w and shelf life properly, thus being appropriate criterion for optimization. There were 27 formulations that were able to increase shelf life of fresh YAN for 2 times. These findings can be utilized by small-medium enterprise for manufacturing preservative-free YAN.

Keyword: fresh yellow alkaline noodle, glycerol, shelf-life, shelf-life extension, statistical analysis, response surface methodology

* Corresponding author e-mail: pawinee_deetae@hotmail.com

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จังหวัด กาญจนบุรี 71150

²คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10520

บทนำ

บะหมี่ เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับความนิยมมาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานในหลากหลายประเทศแถบทวีปเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น จีน เกาหลี มาเลเซีย และไทย เป็นต้น เนื่องจากบะหมี่ มีคุณสมบัติทางโภชนาการ มีกระบวนการผลิตที่ง่าย ราคาถูก สามารถนำมาใช้ปรุงอาหารได้มากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับวัฒนธรรมในแต่ละประเทศ นอกจากนี้บะหมี่ยังมีรสชาติและเนื้อสัมผัสเป็นที่ถูกปากผู้บริโภค [1] บะหมี่โดยทั่วไปจะผลิตจากแป้งข้าวเจ้า น้ำ เกลือ และเกลือเบส นอกจากนี้ อาจมีส่วนผสมอื่น เช่น ไข่ แป้งดัดแปร หรือ เครื่องเทศ ที่ถูกนำมาเป็นส่วนประกอบร่วมขึ้นอยู่กับสูตรของแต่ละผู้ผลิต เพื่อปรับปรุงคุณภาพและสร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ [2] กระบวนการผลิตบะหมี่จะเริ่มจากนำแป้งสาลี น้ำ เกลือ และ เกลือเบส มาละลายน้ำ นวดผสมให้เข้ากันเป็นก้อนโด จากนั้นนำก้อนโดที่ได้มารีดเป็นแผ่น แล้วตัดเป็นเส้นตามขนาดที่ต้องการ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมา จะเรียกว่า บะหมี่สด [1,3] การบริโภคบะหมี่สดมักจะนำมาลวกหรือนำมาต้มก่อนรับประทาน

บะหมี่สด เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่คนไทยนิยมรับประทานเป็นอย่างมาก ผู้ผลิตบะหมี่สดในประเทศไทยส่วนใหญ่มักจะเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนหรือเป็นธุรกิจขนาดเล็ก ที่มีเงินทุนและกำลังการผลิตต่ำ บะหมี่สดที่ผลิตขึ้นมักผลิตในปริมาณที่น้อยเพื่อจัดจำหน่ายในระยะเวลาที่สั้น การเก็บรักษาและการขนส่งมักจะใช้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อประหยัดต้นทุนและค่าใช้จ่าย [4] บะหมี่สดโดยทั่วไป มีคาร์โบไฮเดรต 52.3 กรัม โปรตีน 15.4 กรัม ไขมัน 4.4 กรัม [5] และมีค่าความชื้นสูง อยู่ในช่วงร้อยละ 32-40 ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ จึงส่งผลให้เน่าเสียง่าย มีอายุการเก็บรักษาที่สั้น โดยประมาณ 2-3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง [1,4] ถ้าเก็บนานกว่านี้จะทำให้เส้นบะหมี่เกิดสีคล้ำ เกิดเมือก มีกลิ่นเหม็น และมีการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ [6] ด้วยเหตุดังกล่าว จึงทำให้

อุตสาหกรรมในครัวเรือนและธุรกิจขนาดเล็กในประเทศไทย เกิดข้อจำกัดในการผลิต ไม่สามารถผลิตได้เป็นจำนวนมากและการขยายตลาดทำได้ยากเนื่องจากเสี่ยงต่อการเสื่อมเสียขณะเก็บรักษาและการขนส่ง วิธีการในการยืดอายุการเก็บรักษาสินผลิตภัณฑ์บะหมี่สด สามารถทำได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นวิธีทางกายภาพ วิธีทางเคมี วิธีทางชีวภาพ การใช้บรรจุภัณฑ์ หรือเป็นการนำหลายวิธีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ร่วมกัน [6-12] ยกตัวอย่าง เช่น วิธีทางกายภาพ นำบะหมี่สดมาผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ 10 kGy ของ 60 CO จะช่วยยืดอายุการเก็บได้ถึง 10 วัน ที่อุณหภูมิช่วง 18-24 องศาเซลเซียส [6] ในขณะที่วิธีทางชีวภาพ การเติมแบคทีเรีย *Brevibacterium helvolum* ลงในบะหมี่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บได้นาน 7 วัน [7] อย่างไรก็ตาม วิธีการทางเคมี โดยเฉพาะการเติมสารกันบูด เช่น กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก [8,11] เป็นวิธีที่ผู้ผลิตนิยมนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาบะหมี่สดกันมากที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและมีค่าใช้จ่ายน้อย อย่างไรก็ตามถ้าร่างกายได้รับสารดังกล่าวอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานจะทำให้ประสิทธิภาพของตับและไตลดลง [12]

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความรู้ และ คำนึงถึงความปลอดภัยของอาหาร ซึ่งส่งผลต่อการเลือกอาหารรับประทานมากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้ประกอบการบางกลุ่มตื่นตัวและให้ความสนใจที่จะหาสารเติมแต่งชนิดใหม่ นอกเหนือจากที่ใช้ใช้ในการผลิตบะหมี่สด ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค มาแทนที่สารกันบูดที่ใช้อยู่เดิม สารเติมแต่งที่ใช้ในอาหารและมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์มีหลายชนิด เช่น กรดแลคติก ซอร์บิทอล และ กลีเซอรอล เป็นต้น [1,8,9] กลีเซอรอล เป็นสารกลุ่มน้ำตาลแอลกอฮอล์ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีราคาถูก นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมากมายในการเป็นสารกักเก็บความชื้น [13] งานวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้กลีเซอรอลมาประยุกต์ใช้ในการผลิตบะหมี่สดเพื่อยืดอายุการเก็บ

* Corresponding author e-mail: pawinee_deetae@hotmail.com

¹Food Technology Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, Kanchanaburi, 71150

²Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

รักษา ในการผลิตเบหมีสดอัตราส่วนของสารเติมแต่ง เช่น เกลือ เกลือเบส มีบทบาทสำคัญในการกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยการใส่เกลือช่วยให้โดมีความคงตัวในการขึ้นรูปที่ดี ในขณะที่การใส่เกลือเบสช่วยให้เส้นเบหมีที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่ดี มีความยืดหยุ่น และมีสีเหลือง [4] จุดประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ คือ การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง กลีเซอรอล โซเดียมคลอไรด์ (เกลือ) และ โซเดียมคาร์บอเนต (เกลือเบส) ในการผลิตเบหมีสดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบพื้นผิวตอบสนอง (response surface methodology) ผลจากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้ผลิตระดับอุตสาหกรรมครัวเรือนหรือเป็นธุรกิจขนาดเล็ก ที่มีต้นทุนน้อย ที่ต้องการผลิตเบหมีสดไร้สารกันเสียที่มีอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้องได้นานกว่าเดิม

วัสดุ อุปกรณ์ และ วิธีการทดลอง

1. การเตรียมเส้นเบหมีสด

ในการศึกษาครั้งนี้ วิธีการทำเส้นเบหมีสดจะดัดแปลงมาจากวิธีการผลิตของผู้ประกอบการ ซึ่งเบหมีสดสูตรควบคุม (control) (baker's percentage) เตรียมส่วนผสม โดยใช้ แป้งข้าวสาลี ร้อยละ 100 เกลือ (โซเดียมคลอไรด์) ร้อยละ 0.3 (โดยน้ำหนักแป้ง) เกลือเบส (โซเดียมคาร์บอเนต) ร้อยละ 1.5 (โดยน้ำหนักแป้ง) ไข่ ร้อยละ 3 (โดยน้ำหนักแป้ง) และน้ำ ร้อยละ 45 (โดยน้ำหนักแป้ง) นำ

ส่วนผสมมาผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม Kitchen aid ทำการนวดเป็นเวลา 5 นาที ให้เข้ากันจนเป็นโด โดยใช้ระดับความเร็วสูงสุด หากในสูตรมีกลีเซอรอล จะเติมกลีเซอรอลหลังจากเริ่มผสมแป้งและส่วนผสมอื่นไปแล้ว 1 นาที นำโดที่ได้มารีดด้วยเครื่องรีด ให้เป็นแผ่นบาง โดยค่อยๆ รีดจากระยะห่างของลูกกลิ้งจากมากไปน้อย 4 ระดับ รีดระดับละ 2 ครั้ง แล้วนำมาตัดให้เป็นเส้นเบหมี ความกว้างของเส้นคือ 0.2 เซนติเมตร จากนั้นนำเส้นที่ตัดแล้วมาบรรจุลงในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีน ปิดปากถุงให้สนิท เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส)

2. การศึกษาหาอัตราส่วนของสารเติมแต่งที่เหมาะสมในการผลิตเบหมีสด

ในการศึกษาหาอัตราส่วนของสารเติมแต่งที่เหมาะสมในการผลิตเบหมีสดเพื่อยืดอายุการเก็บ ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบพื้นผิวตอบสนอง (response surface methodology) โดยออกแบบการทดลองแบบ Box-Behnken [14] ซึ่งมี 3 ตัวแปรต้น (independent variables) ที่สนใจ คือ ปริมาณกลีเซอรอล ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ และปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต ทั้งหมดเป็นปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง (baker's percentage) ช่วงที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้แสดงใน Table 1 ช่วงการศึกษาของแต่ละตัวแปรได้มาจากการศึกษาเบื้องต้น โดยที่ระดับ upper limit นั้นไม่มีผลต่อรสชาติของเบหมี

Table 1. Level of examined ingredients according to Box-Behnken RSM

Independent variables	Code	Coded variables**		
		-1	0	1
		Actual values		
Na ₂ CO ₃ (wt %*)	A	1.50	1.75	2.00
NaCl (wt %)	B	0.30	1.40	2.50
Glycerol (wt %)	C	0.00	1.50	3.00

*wt is weight percentage of weight of flour

** The ranges of each key ingredients were selected based on preliminary study

* Corresponding author e-mail: pawinee_deetae@hotmail.com

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จังหวัด กาญจนบุรี 71150

²คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10520

การศึกษาครั้งนี้ทำการทดลองทั้งหมด 13 สูตร (สูตร T) 3 ครั้ง โดยรวมมีทั้งหมด 15 การทดลอง ดัง
การทดลอง โดยเป็นการทดลองที่ตำแหน่งกึ่งกลาง แสดงใน Table 2 และแต่ละการทดลองทำ 3 ซ้ำ

Table 2. Fresh Yellow alkaline noodle formulations used according to Box-Behnken RSM

Formulas	Ingredients (Baker's percentage (%)) [Code]		
	NaCO ₃	NaCl	Glycerol
H	1.75 [0]	0.3 [-1]	3 [1]
I	1.75 [0]	0.3 [-1]	0 [-1]
J	2 [1]	1.4 [0]	3 [1]
K	1.5 [-1]	0.3 [-1]	1.5 [0]
L	2 [1]	0.3 [-1]	1.5 [0]
M	1.5 [-1]	2.5 [1]	1.5 [0]
N	2 [1]	1.4 [0]	0 [-1]
O	2 [1]	2.5 [1]	1.5 [0]
P	1.5 [-1]	1.4 [0]	0 [-1]
Q	1.75 [0]	2.5 [1]	3 [1]
R	1.5 [-1]	1.4 [0]	3 [1]
S	1.75 [0]	2.5 [1]	0 [-1]
T*	1.75 [0]	1.4 [0]	1.5 [0]

*There were 3 center points as formula T (15 runs, 3 replicates for each run)

3. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บะหมี่สด

บรรจุบะหมี่สดสูตรต่างๆ ที่เตรียมไว้ดัง Table 2 ในบรรจุภัณฑ์พอลิโพรพิลีนซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดเดียวกับที่ผู้ประกอบการใช้ แล้วจัดเก็บที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางเคมี กายภาพ และค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ทุกวัน จนถึงวันที่พบว่าปริมาณแบคทีเรียมากกว่า 10⁶ CFU/กรัมตัวอย่าง [15]

3.1 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางเคมีกายภาพ

ค่าความเป็นกรด-ด่าง วิเคราะห์โดยชั่งตัวอย่างเส้นบะหมี่ 10 กรัม ใส่ลงไปในถุง stomacher bag เติมน้ำที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7 ลงไป 90 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปตีผสมโดยใช้เครื่องเขย่า (stomacher) เป็น

เวลา 1 นาที นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter จดบันทึกข้อมูล

ค่าสี วิเคราะห์โดยบรรจุตัวอย่างเส้นบะหมี่ 25 กรัม ลงในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน ขนาดกว้างxยาวเท่ากับ 3x5 นิ้ว โดยบรรจุตัวอย่างให้แน่นมีความสูงจากก้นถุงประมาณ 2.5 นิ้ว วัดค่าสีของตัวอย่างด้วยเครื่อง Konica Minolta รุ่น CR-400 ซึ่งจะวัดในรูป (L* a* และ b*) โดยที่ ค่า L* แสดงความสว่าง มีค่าระหว่าง 0-100 ค่า a* แสดงค่าสีแดงเมื่อมีค่าเป็นบวก และแสดงค่าสีเขียวเมื่อมีค่าเป็นลบ ส่วนค่า b* แสดงค่าสีเหลืองเมื่อมีค่าเป็นบวก และแสดงค่าสีน้ำเงินเมื่อมีค่าเป็นลบ สีเป็นคุณลักษณะของบะหมี่สิ่งหนึ่งที่นิยมใช้เป็นตัวชี้วัดในการสังเกตการณ์หมดอายุโดยเฉพาะในโรงบะหมี่ที่มีการผลิตระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ซึ่งในทางปฏิบัติจะ

* Corresponding author e-mail: pawinee_deetae@hotmail.com

¹Food Technology Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, Kanchanaburi, 71150

²Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

เป็นการสังเกตโดยผู้สังเกตการณ์ด้วยตาเปล่าโดยการมองผ่านบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงทำการวัดสีผ่านบรรจุภัณฑ์พลาสติกรวม 6 จุด คิดเป็นค่าเฉลี่ย จดบันทึกข้อมูลที่ได้

ค่าน้ำอิสระ วิเคราะห์โดยวัดตัวอย่างเส้นบะหมี่สดก่อนทำการวัด จากนั้นนำตัวอย่างไปใส่ในตลับเครื่องมือวัดปริมาณน้ำอิสระ (aqualab dewpoint water activity meter, Aqualab) จดบันทึกบันทึกข้อมูลที่ได้

ค่าเนื้อสัมผัส วิเคราะห์โดยนำตัวอย่างเส้นบะหมี่ที่ผ่านการต้มสุกในน้ำเดือด 3 นาที (ระยะเวลาการต้มและ สัดส่วนระหว่างน้ำต้มเดือดกับบะหมี่กำหนดจาก preliminary test) แล้วล้างด้วยน้ำเย็น สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาตัดแบ่งให้มีความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ทำการทดสอบเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่ ด้วยหัววัดแบบกดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร โดยเครื่อง texture analyzer (Stable Microsystem Ltd.) ทำการกดแบบหนึ่งครั้งด้วยอัตราเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ค่าความแข็ง (hardness) คือค่าแรงสูงสุดเมื่อตัวอย่างถูกกดและความเกาะติด (adhesiveness) คือค่าแรงดึงอันเนื่องมาจากตัวอย่างที่ติดกับฐานเมื่อหัววัดเดินทางกลับสู่ที่เดิม ทำการกดตัวอย่างสูตรเดียวกันครั้งละ 3 เส้น ทำซ้ำอย่างน้อย 5 ครั้ง จดบันทึกบันทึกข้อมูลที่ได้

3.2 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์และอายุการเก็บรักษา

การวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียและปริมาณยีสต์และรา ดำเนินการตามวิธีทาง A.O.A.C. [16] ซึ่งตัวอย่างเส้นบะหมี่มา 10 กรัม ใส่ใน stomacher bag เติมน้ำสะอาดละลายเปปโตน ร้อยละ 0.1 ลงไป 90 มิลลิลิตร นำไปตีผสมในเครื่อง stomacher เป็นเวลา 1 นาที สำหรับตรวจหาปริมาณแบคทีเรีย ดูดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ลงบนอาหารวุ้นแข็ง plate count agar (PCA) บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สำหรับตรวจหาปริมาณยีสต์รา ดูดตัวอย่าง 0.1

มิลลิลิตร ลงบนอาหารวุ้นแข็ง potato dextrose agar (PDA) บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง รายงานผลเป็นจำนวน log CFU/กรัม ตัวอย่าง อายุการเก็บของบะหมี่ที่ผลิตได้ กำหนดโดยนับจำนวนวันจากวันผลิตจนถึงวันที่ค่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่ามากกว่า 6 log CFU/กรัมตัวอย่าง ค่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดมีค่ามากกว่า 6 log CFU/กรัมตัวอย่าง เป็นค่าที่ใช้แยกระหว่างอาหารเสื่อมเสียกับอาหารไม่เสื่อมเสีย (incipient spoilage) จึงนิยมใช้เป็นเงื่อนไขในการประเมินคุณภาพอาหาร [15]

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของข้อมูลผลการเก็บรักษาต่อคุณลักษณะต่างๆ และหาความแตกต่างในแต่ละวันที่เก็บที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากนั้นเฉพาะคุณลักษณะที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างการเก็บเท่านั้นที่นำมาใช้สร้างแบบจำลองพื้นผิวตอบสนอง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ใช้โปรแกรม Design Expert 7 Software (Stat Ease, Inc., Minneapolis, MN, USA) โดยใช้ค่า R^2 ค่า adjusted R^2 และค่า Lack-of-fit จาก ANOVA เป็นเกณฑ์ในการชี้วัดความเหมาะสมของแบบจำลอง ซึ่งถ้าค่า Lack-of-fit มีนัยสำคัญแสดงว่าแบบจำลองนั้นไม่เหมาะสม ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเกิดจากการเลือกใช้ตัวแปรที่ไม่เหมาะสม [14,17] โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความแข็ง ค่าปริมาณน้ำ a_w (ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ) ใช้ผลการวิเคราะห์ของวันแรกที่ทำกรผลิตในการสร้างแบบจำลอง การหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการยืดอายุนั้น ผู้ทดลองได้นำผลการคำนวณทางสถิติที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ มาคำนวณหาสูตรโดยใช้โปรแกรม Design-Expert version 7.0 และเลือกสูตรที่เหมาะสมจากการคำนวณด้วยฟังก์ชัน Desirability (D) ดังสมการที่ 1 โดยการฟังก์ชัน Desirability จะใช้ในกรณีที่ต้องการหาสูตรที่เหมาะสมที่สุด

* Corresponding author e-mail: pawinee_deetae@hotmail.com

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จังหวัด กาญจนบุรี 71150

²คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10520

โดยใช้เงื่อนไขมากกว่า 1 เงื่อนไขพร้อมกัน ซึ่งสูตรที่เหมาะสมที่สุด คือ สูตรที่มีค่า Desirability ใกล้เคียง 1 มากที่สุด [17] การกำหนดเงื่อนไข ในการหาสูตรดังนี้ ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมคลอไรด์และปริมาณกลีเซอรอลอยู่ในช่วงปริมาณที่ทำการทดลอง และมีอายุการเก็บรักษากำหนดให้นานที่สุด ซึ่งการใช้อายุการเก็บรักษามาก่อนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นเคยมีการรายงานมาก่อน [18] และนอกจากนี้ยังเป็นการง่ายต่อผู้ผลิตในการนำแบบจำลองไปใช้จริง ทั้งนี้ค่า $D(\text{pH})$ และ $D(a_w)$ จะเท่ากับ 1 เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และ ค่า a_w ของสูตรเส้นบะหมี่อยู่ในช่วงที่ทำการทดลอง และค่า D (shelf life) จะเข้าใกล้ 1 เมื่อสูตรนั้นๆ มีอายุการเก็บรักษายาวนานที่สุดเท่าที่เป็นไปทางคณิตศาสตร์

$$D = \sqrt[3]{D(\text{pH}) \times D(a_w) \times D(\text{shelf life})} \quad (1)$$

ผลการทดลองและวิจารณ์

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เริ่มต้นอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10.48 ± 0.03 ถึง 10.70 ± 0.02 ขึ้นอยู่กับสูตร เมื่อเก็บเส้นบะหมี่สดที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของบะหมี่สดทุกสูตรมีแนวโน้มลดลงทีละน้อย เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ยกตัวอย่างเช่น มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของตัวอย่างเริ่มต้นที่ 10.62 ± 0.03 ลดเหลือ 10.10 ± 0.07 ในวันที่สี่ของการเก็บรักษา การลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง ในบะหมี่สดระหว่างการเก็บรักษาสอดคล้องกับงานวิจัยที่มีรายงานมาก่อนหน้า [15,19] การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง เกิดจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง สอดคล้องกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น [15,19]

ค่าสีของบะหมี่สดในภาพรวม วันแรก จะมี ค่า L^* a^* และ b^* เฉลี่ยอยู่ที่ 63.62 ± 1.10 -2.14 ± 0.33 และ 20.82 ± 0.41 ตามลำดับ เพื่อให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของค่าสี จึงขอรายงานสีของบะหมี่ในวันที่สี่ของการเก็บรักษา ซึ่งพบว่า มีค่า L^* a^* และ b^* เฉลี่ยอยู่ที่

60.93 ± 1.46 -1.15 ± 0.05 และ 22.19 ± 0.27 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อเก็บบะหมี่สดไว้ระยะเวลาเพิ่มขึ้นค่าสีของผลิตภัณฑ์บะหมี่มีการเปลี่ยนแปลง มีลักษณะคล้ำขึ้นและมีสีออกน้ำตาลเทามากขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจเป็นผลมาจาก เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase หรือ PPO) ทำปฏิกิริยากับสารกลุ่มฟีนอลิกที่มีอยู่ในแป้งข้าวสาลี มีรายงานวิจัยพบว่าปฏิกิริยาของ PPO ถือเป็นปัจจัยหลัก ที่ส่งผลต่อการพัฒนาสีน้ำตาลเทาคล้ำของบะหมี่เหลือง ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค [20-21]

ค่า a_w เริ่มต้นของเส้นบะหมี่สดในแต่ละสูตร การทดลอง อยู่ใน ช่วง ตั้งแต่ 0.93 ± 0.00 ถึง 0.97 ± 0.01 สูตรที่ไม่มีกลีเซอรอลเป็นส่วนผสม (สูตร I) เป็นสูตรที่มีค่า a_w สูงสุด และสูตร Q ที่มีปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ และ ปริมาณกลีเซอรอลมากที่สุด มีค่า a_w น้อยที่สุด เมื่อพิจารณาค่า a_w ของเส้นบะหมี่สดระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า a_w ในบะหมี่สดทุกสูตรมีค่าลดลงเล็กน้อย ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากเชื้อจุลินทรีย์นำน้ำอิสระที่มีในผลิตภัณฑ์ไปใช้ในการเจริญเติบโต

ค่าความแข็ง เริ่มต้นมีค่าอยู่ในช่วง 7366.17 ± 75.10 ถึง 8997.93 ± 170.47 กรัม โดยสูตรที่มีการเติมกลีเซอรอลมีค่าความแข็งของเส้นบะหมี่ต่ำกว่าสูตรที่ไม่ได้เติม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานว่า กลีเซอรอล เมื่อเติมในขนมปังจะทำให้ความแข็งของขนมปังลดลง [22] เพราะกลีเซอรอลเมื่อเติมในปริมาณน้อยในแป้งสาลีจะทำให้หน้าที่เป็นพลาสติกไฮดรอกซ์ที่ดีได้ [13] จึงทำให้เนื้อสัมผัสของบะหมี่มีความอ่อนนุ่มมากขึ้น ผลการทดลอง เมื่อทำการเก็บรักษาเส้นบะหมี่ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่าบะหมี่สดในแต่ละสูตรมีความแข็งของเส้นค่อนข้างคงที่ จากวันแรกที่ผลิตจนถึงวันที่ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสีย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ทำการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่ เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 ± 2 และ 30 ± 2

* Corresponding author e-mail: pawinee_deetae@hotmail.com

¹Food Technology Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, Kanchanaburi, 71150

²Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

องศาเซลเซียส พบว่าการความแข็งของเส้นบะหมี่มีการเปลี่ยนแปลงน้อย [4] ค่าการเกาะติดที่วัดได้โดยเครื่องมือ นั้นสะท้อนให้เห็นถึงเกาะติดพื้นขณะเคี้ยวของเส้นบะหมี่ สุก พบว่าโดยเฉลี่ยค่าการเกาะติดในวันแรกอยู่ในช่วง 105.48 ± 6.58 ถึง 172.34 ± 38.22 กรัม และพบว่าไม่มีรูปแบบการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าการเกาะติดที่แน่นอนเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น อาจเป็นไปได้ว่าตัวการสำคัญที่ทำให้หน้าทีเกาะติดคือแป้งซึ่งเป็นส่วนผสมหลักของบะหมี่สด เท่านั้น ในขณะที่สารเติมแต่งอื่นๆ ในปริมาณที่ศึกษาไม่ส่งผลต่อค่าการเกาะติด

ผลการวิเคราะห์ค่าจุลินทรีย์และอายุการเก็บ
จากผลการตรวจหาปริมาณ เชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (Table 3) ในตัวอย่างบะหมี่สดสูตรต่างๆ ณ วันแรกที่ผลิตพบว่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสูตร ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด ในบะหมี่สดทุกสูตร โดยเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่า $1 \log$ CFU ต่อกรัมตัวอย่าง เมื่อทำการเก็บรักษาเส้นบะหมี่สดที่ อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส และทำการสุ่มตัวอย่าง

ตรวจสอบปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดทุกวัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสูตร ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดในบะหมี่สดทุกสูตร โดยเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่า $10 \log$ CFU ต่อกรัมตัวอย่าง และพบว่าบะหมี่ทุกสูตรมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามสูตรในการผลิตบะหมี่สดที่ต่างกันจะส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จาก Table 3 บะหมี่สดสูตรควบคุม จะสามารถเก็บไว้ได้ที่ อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน ในขณะที่บะหมี่สดสูตร O ซึ่งมีปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต ร้อยละ 2 โซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 2.5 กลีเซอรอล ร้อยละ 1.5 และ บะหมี่สดสูตร Q ซึ่งมีปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต ร้อยละ 1.75 โซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 2.5 และกลีเซอรอล ร้อยละ 3 จะเก็บไว้ได้นานถึง 5 วัน สำหรับผลการตรวจยีสต์และราทั้งหมดนั้นไม่ได้แสดงผล ในรายงาน เนื่องจากให้ผลการทดลองในทิศทางเดียวกับ ผลการตรวจแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์และรามีการเจริญเติบโตช้ากว่าแบคทีเรีย

Table 3. Total bacteria plate counts of different formulas during 7-day storage at $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$

Formulas	Total Bacteria plate count (log CFU/g)							
	day 0	day 1	day 2	day 3	day 4	day 5	day 6	day 7
Control	0	1.95	<u>4.81</u>	6.11	7.26	> 7	> 7	> 7
H	0	0.94	4.23	<u>5.32</u>	6.03	7.79	> 7	> 7
I	0	2.03	<u>4.63</u>	6.04	7.19	> 7	> 7	> 7
J	0	0.32	2.04	3.70	<u>4.16</u>	6.14	7.34	> 7
K	0	2.06	<u>4.57</u>	6.05	7.01	> 7	> 7	> 7
L	0	2.04	<u>4.71</u>	6.14	7.25	> 7	> 7	> 7
M	0	0.66	1.98	3.67	<u>4.19</u>	6.04	7.29	> 7
N	0	0.00	2.03	3.70	4.18	<u>5.92</u>	7.30	> 7
O	0	0.00	1.94	3.71	4.13	<u>5.84</u>	6.23	7.52
P	0	0.89	4.10	<u>5.27</u>	6.19	7.41	> 7	> 7
Q	0	0.00	2.02	3.64	4.20	<u>5.86</u>	6.25	7.19
R	0	0.97	4.10	<u>5.14</u>	6.18	7.40	> 7	> 7
S	0	0.00	2.09	3.71	<u>4.14</u>	6.05	7.24	> 7
T	0	0.00	3.87	<u>5.17</u>	6.16	7.39	> 7	> 7

The underlined numbers indicate the date that noodles have total bacteria counts below $6 \log$ CFU/g

* Corresponding author e-mail: pawinee_deetae@hotmail.com

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จังหวัด กาญจนบุรี 71150

²คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10520

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต ปริมาณเกลือ และ ปริมาณกลีเซอรอล กับผลของค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่า a_w ค่าความแข็ง และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์บะหมี่สด (ใช้ Table 3 โดยเลือกวันสุดท้ายที่ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า 6 log CFU) โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์-ชนิดกำลังสอง (Quadratic Model) ได้ผลแสดงดัง Table 4 พบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่า a_w ค่าความแข็ง และ อายุการเก็บรักษา มีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.7373-

0.9437 สำหรับ Table 5 แสดงผลการทดสอบทางสถิติของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกสร้างขึ้นมา เมื่อพิจารณาค่า F values ของแต่ละแบบจำลอง พบว่าทุกแบบจำลองที่ถูกจำลองขึ้นมามีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งยังพบว่าค่า Lack-of-Fit ไม่มีนัยสำคัญ หรือกล่าวได้ว่าแบบจำลองหรือตัวแปรที่เลือกใช้มีความเหมาะสม ยกเว้นแบบจำลองสำหรับค่าความแข็ง บ่งชี้ให้เห็นว่า สามารถนำแบบจำลองค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่า a_w และอายุการเก็บรักษามาใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องการศึกษา

Table 4. The predictive equation models for pH, water activity, hardness and shelf life of Fresh yellow alkaline noodle

Dependent variables	Predictive Models ¹	R^2
pH	$10.62+0.093A-9.58 \times 10^{-3}B+2.5 \times 10^{-3}C+1.67 \times 10^{-3}AB-0.011AC-0.012BC-0.042A^2-8.33 \times 10^{-4}B^2+0.012C^2$	0.90
a_w	$0.95-7.5 \times 10^{-4}A-0.012B-6.58 \times 10^{-3}C$	0.74
Hardness	$8120.35+20.19A-17.64B-549.41C+143.85AB+114.73AC+31.54BC+169.10A^2+312.18B^2+7.33C^2$	0.85
Shelf life	$4 + 0.37A+1.13B+0.25C+0.25AB+0.13A^2+0.13B^2+ 0.37C^2$	0.94

¹ A= percentage of Na_2CO_3 ; B= percentage of NaCl; C= percentage of Glycerol

เมื่อพิจารณาผล ANOVA ใน Table 5 พบว่า โซเดียมคาร์บอเนตเท่านั้นที่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ขณะที่โซเดียมคาร์บอเนตและ กลีเซอรอลมีผลต่อค่า a_w ของบะหมี่สดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และทั้งโซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมคลอไรด์ และ กลีเซอรอล มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของบะหมี่สด

อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ถึงแม้ว่าปริมาณกลีเซอรอลจะส่งผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญดัง Table 5 แต่ค่า Lack-of-fit ของแบบจำลองค่าความแข็งก็แสดงนัยสำคัญ ($p \leq 0.001$) ซึ่งหมายความว่าแบบจำลองนี้ไม่เหมาะที่จะใช้อธิบายค่าความแข็ง ดังนั้นจึงไม่นำค่าความแข็งมาเป็นเงื่อนไขในการคำนวณสูตรที่เหมาะสมต่อไป

* Corresponding author e-mail: pawinee_deetae@hotmail.com

¹Food Technology Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, Kanchanaburi, 71150

²Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

Table 5. Analysis of variance (ANOVA) for the model of pH, water activity, hardness and shelf life of Fresh yellow alkaline noodle

Source ¹	F value			
	pH	a _w	Hardness	Shelf life
Model	35.70**	38.36**	17.89**	65.25**
A	282.83**	0.36 NS	0.18 NS	52.50**
B	3.01 NS	87.01**	0.14 NS	472.50**
C	0.20 NS	27.71**	1**	23.33**
AB	0.05 NS		2.48×10 ⁵ NS	11.67*
AC	1.92 NS		1.58×10 ⁵ NS	0 NS
BC	2.56 NS		0.23 NS	0 NS
A ²	27.31**		1.96×10 ⁵ NS	2.69 NS
B ²	0.01 NS		6.68×10 ⁵ NS	2.69 NS
C ²	2.06 NS		6.96×10 ⁻³ NS	24.23**
Lack-of-Fit	0.13 NS	0.66 NS	8.02**	0.75 NS
R-Squared	0.90	0.74	0.85	0.94
Adj R-Squared	0.88	0.72	0.80	0.93

*Significant at p<0.01, ** Significant at p<0.0001, NS = not significant

¹ A= percentage of Na₂CO₃; B= percentage of NaCl; C= percentage of Glycerol

เมื่อนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้มาใช้ในการสร้างกราฟสามมิติ (Response surface plots) ดังแสดงใน Figure 1 ในแต่ละกราฟ (A-C) จะแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของ 2 ตัวแปรต้นที่ศึกษาต่อคุณลักษณะที่สังเกต ในขณะที่ตัวแปรที่ 3 จะถูกกำหนดไว้ที่ค่ากลางของช่วงทดสอบ ซึ่งค่าที่เลือกมาใช้แสดงผลในแต่ละกราฟ จะเลือกมาจากค่าที่มีบทบาทหรือมีผลร่วมอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) จาก Figure 1A แสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์บะหมี่สดจะเพิ่มขึ้น

เมื่อร้อยละของโซเดียมคาร์บอเนตที่ใช้เพิ่มขึ้น Figure 1B แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเกลือ และ ปริมาณกลีเซอรอล ค่า a_w ที่มีในเส้นบะหมี่สดลดลง มีรายงานวิจัยพบว่า กลีเซอรอลสามารถดึงน้ำโดยใช้ระบบออสโมติกออกจากระบบที่มีแป้งและกลูเตน [22] ส่งผลให้สามารถลดค่า a_w และลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ [8] Figure 1C แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตและปริมาณเกลือ จะช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาเส้นบะหมี่สดได้อย่างชัดเจน

* Corresponding author e-mail: pawinee_deetae@hotmail.com

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จังหวัด กาญจนบุรี 71150

²คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10520

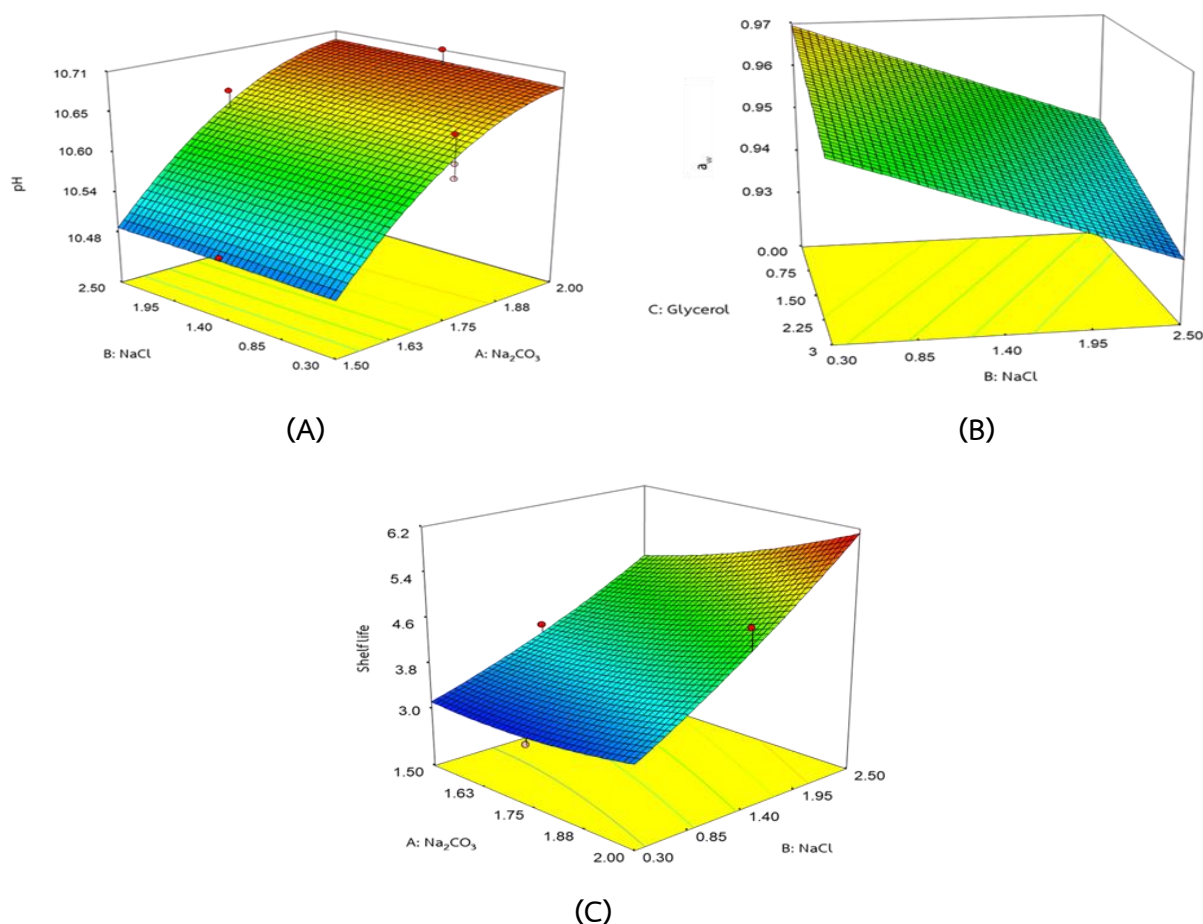


Figure 1. Response surface curves for pH (A); for aw (B); and for shelf life (C) of fresh alkaline noodles.

การวิเคราะห์เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม เมื่อคำนวณด้วยโปรแกรม Design-Expert version 7.0 พบว่าสูตรที่เหมาะสมในการยืดอายุบะหมี่สด ที่ให้ผลตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 4 กล่าวคือมีค่า Desirability เท่ากับ 1 นั่นคือมีอายุการเก็บรักษายาวนานที่สุด พบว่ามีทั้งหมด 27 สูตรที่ให้ค่า Desirability เท่ากับ 1 ซึ่งสูตรดังกล่าวทั้งหมดจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาบะหมี่สดที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ได้ถึง 6 วัน ซึ่งเก็บได้ยาวนานกว่าสูตรควบคุมถึง 2 เท่า โดยที่ผู้ผลิตสามารถเลือกใช้สูตรใดก็ได้จาก 27 สูตร (Table 6 แสดงตัวอย่างที่เลือกมา 5 สูตร) ขึ้นกับปัจจัยอื่นๆของผู้ผลิตเอง เช่น

ต้นทุนการผลิตหรือความยากง่ายในการผลิต เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น สูตรที่ใช้ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต ร้อยละ 1.98 ปริมาณเกลือร้อยละ 2.50 และปริมาณกลีเซอรอล ร้อยละ 0.11 เป็นสูตรที่ใช้ปริมาณกลีเซอรอลน้อย อาจเหมาะกับผู้ที่ผลิตที่ไม่คุ้นเคยกับการใช้กลีเซอรอลในการผลิตบะหมี่สด เป็นต้น Figure 2A และ 2B แสดงผลของส่วนผสมของสารเติมแต่งต่อสูตรที่เหมาะสมที่สุด (Desirability = 1) เห็นได้ชัดเจนว่า ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ โซเดียมคาร์บอเนต และปริมาณกลีเซอรอลต่างส่งผลให้บะหมี่สดมีอายุการเก็บรักษายาวนานที่สุด โดยที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง และ a_w อยู่ในช่วงที่ทำการทดลอง

* Corresponding author e-mail: pawinee_deetae@hotmail.com

¹Food Technology Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, Kanchanaburi, 71150

²Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

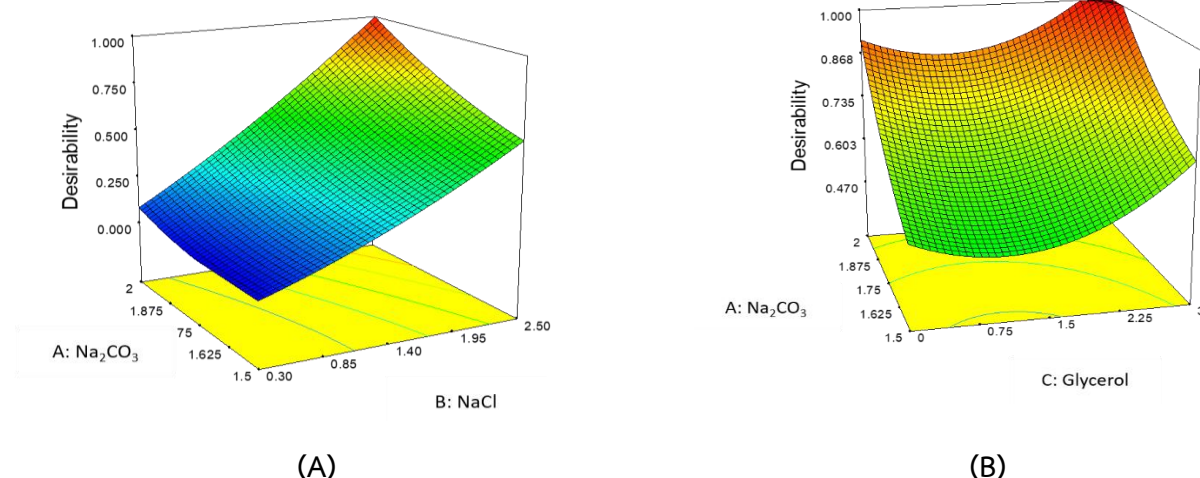


Figure 2. Response surface curves of desirability test; effects of Na₂CO₃ and NaCl at fixed glycerol of 1.52% (A) and effects of Na₂CO₃ and glycerol at fixed NaCl of 2.23% (B).

Table 6. Selected calculated formulations (Baker's percentage).

Number	Na ₂ CO ₃ (%)	NaCl (%)	Glycerol (%)	pH	a _w	Shelf life (days)	Desirability
1	2.00	2.23	2.71	10.661	0.938	6.046	1.000
2	2.00	2.50	1.52	10.665	0.941	6.001	1.000
3	1.81	2.50	2.99	10.633	0.935	6.028	1.000
4	1.97	2.33	2.73	10.658	0.937	6.111	1.000
5	1.98	2.50	0.11	10.692	0.947	6.013	1.000

การทดสอบยืนยันสมการทางคณิตศาสตร์
พบว่าเมื่อทำการผลิตขนมด้วยสูตรแบบสุ่ม 2 สูตร สูตรละ 3 ซ้ำ ได้แก่สูตรที่ 1 ใช้ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต ร้อยละ 1.93 ปริมาณเกลือ ร้อยละ 2.20 และปริมาณกลีเซอรอล ร้อยละ 0 และสูตรที่ 2 ใช้ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต ร้อยละ 1.58 ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 1.80 และปริมาณกลีเซอรอล ร้อยละ 0 พบว่าสูตรที่ 1 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ย 10.64 และ ค่า a_w เฉลี่ย 0.94 ซึ่งได้ใกล้เคียงกับผลการคำนวณ คือ 10.68 และ 0.95 ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 2 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง

เฉลี่ย 10.52 และ ค่า a_w เฉลี่ย 0.96 ซึ่งได้ใกล้เคียงกับผลการคำนวณ คือ 10.52 และ 0.95 ตามลำดับ

สรุปผล

จากการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในการใช้โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมคลอไรด์ และกลีเซอรอล มาเป็นสารเติมแต่งในการผลิตขนมรส พบว่า การปรับใช้ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ และปริมาณกลีเซอรอล ที่เหมาะสม สามารถยืดอายุการเก็บรักษาขนมรสที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ได้มากกว่าสูตรเดิมถึง 2 เท่า ซึ่งสารเติมแต่งแต่ละตัวมี

* Corresponding author e-mail: pawinee_deetae@hotmail.com

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จังหวัด กาญจนบุรี 71150

²คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10520

บทบาทต่อค่าคุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน โดยโซเดียมคาร์บอเนตมีบทบาทอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง กลีเซอรอลมีบทบาทต่อค่าความแข็ง กลีเซอรอล และเกลือมีบทบาทต่อค่า a_w ในขณะที่โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมคลอไรด์ และกลีเซอรอลมีบทบาทต่ออายุการเก็บ และเห็นได้ชัดเจนว่าค่าความเป็นกรด-ด่างและค่า a_w เป็นสมบัติที่สำคัญต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์บะหมี่ โดยผู้ผลิตบะหมี่สดในระดับอุตสาหกรรมครัวเรือนหรือธุรกิจขนาดเล็ก ที่มีต้นทุนน้อย สามารถนำผลการทดลองครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง โดยเลือกสูตรที่เหมาะสมกับปัจจัยภายนอกอื่นๆ ของผู้ผลิตได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Fu, B.X. (2008) Asian noodles: history, classification, raw materials, and processing. Food Research International. 41(9): 888–902.
- [2] Huang, Y.C. and Lai, H.M. (2010). Noodle quality affected by different cereal starches. Journal of Food Engineering. 97: 135–143.
- [3] อรอนงค์ นัยวิกุล. (2540). ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี . สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- [4] กมลรัตน์ รักกิจศิริ. (2549). การศึกษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาบะหมี่สดไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5] กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2544). ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการอาหารไทย. โรงพิมพ์กองการทหารผ่านศึก. กรุงเทพฯ.
- [6] Forsythe, S.J. (2000). The microbiology of safe food. Blackwell Science. Oxford Malden, MA.
- [7] Jianming, C. (1998). Preservation of fresh noodles by irradiation, Radiation Physics Chemistry. 52(1-6): 35-38.
- [8] Saito K., Nishio, Z., Takata, K., Kuwabara, T., Yokota, A. and Yamauchi, H. (2003). Bacterial adjunct to improve the quality of alkaline noodles. Food Science and Technology Research. 9(1): 40-44.
- [9] Li, M., Zhu, K.X., Guo, X., Peng, W., and Zhou, H.M. (2011). Effect of water activity (a_w) and irradiation on the shelf-life of fresh noodles. Innovative Food Science Emerging Technology. 12: 526–530.
- [10] Mosqueda-Melgar, J., Raybaudi-Massilia, R.M., and Martin-Belloso, O. (2008). Combination of high-intensity pulsed electric fields with natural antimicrobials to inactivate pathogenic microorganisms and extend the shelf-life of melon and watermelon juices. Food Microbiology. 25(3): 479–491.
- [11] Rosyid, T. A., Karim, R., Adzahan, N.M. and Ghazali, F.M. (2011). Antibacterial activity of several Malaysian leaves extracts on the spoilage bacteria of yellow alkaline noodles. African Journal of Microbiology Research. 5(8): 898-904.
- [12] กาญจนา มัทธนทวี และ วชิรา คงบรรเจิดสกุล. (2553-2554). การยืดอายุเส้นก๋วยเตี๋ยวสด.

* Corresponding author e-mail: pawinee_deetae@hotmail.com

¹Food Technology Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, Kanchanaburi, 71150

²Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัย
สยาม. 6(1): 27-34.

- [13] Gontard, N., Guilbert, S. and Cuq, J.L. (1993). Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier of an edible wheat gluten film. *Journal of Food Science*. 58(1): 206-211.
- [14] Kutner, M. Nachtsheim, C., Neter, J. and Li, W. (2004). *Applied linear statistical model*. McGraw-Hill. New York.
- [15] Ghaffar, S., Abdulamir, A.S., Bakar, A.F., Karim, R. and Saari, N. (2009). Microbial growth, sensory characteristic and pH as potential spoilage indicators of Chinese yellow wet noodles from commercial processing plants. *American Journal of Applied Sciences*. 6(6): 1059-1066.
- [16] Association of Official Analytical Chemists (AOAC International). (1990). *Official methods of analysis* (15th ed.), Washington, D.C.
- [17] Derringer, G., and Suich, R. (1980). Simultaneous Optimization of Several Response Variables. *Journal of Quality Technology*. 12: 214-219.
- [18] Fang, F.W., Chin, F.L. and Shih, D.Y.C. (1994). Antifungal activity of chitosan and its preservative effect on low-sugar candied Kumquat. *Journal of Food Protection*. 57: 136-140.
- [19] Del Nobile, M.A., Di Benedetto, N., Suriano N., Conte, A., Lamacchia, C., Corbo, M.R. and Sinigaglia, M. (2009). Use of natural compounds to improve the microbial stability of Amaranth-based homemade fresh pasta. *Food Microbiology*. 26 (2): 151-156.
- [20] Davies, J. and Berzonsky, W.A. (2003). Evaluation of spring wheat quality traits and genotypes for production of Cantonese Asian noodles. *Crop Science*. 43: 1313-1319.
- [21] Fuerst, E. P., Anderson, J.V. and Morris, C.F. (2006). Delineating the role of polyphenol oxidase in the darkening of alkaline wheat noodles. *Journal Agricultural and Food Chemistry*. 54(6): 2378-2384.
- [22] Baik, M.Y. and Chinachoti, P. (2003). Water self-diffusion coefficient and staling of white bread as affected by glycerol. *Cereal Chemistry*. 80(6): 740-744.

* Corresponding author e-mail: pawinee_deetae@hotmail.com

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จังหวัด กาญจนบุรี 71150

²คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10520