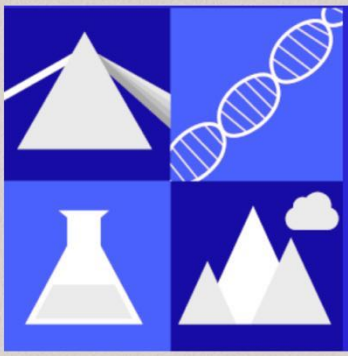
TSJOS.org
Thailand Scholastic Journal of Science

Thailand Scholastic Journal of Science

January – December, 2020
Volume 1, Issue 1



TSJOS.org

Thailand Scholastic Journal of Science

The Thailand Scholastic Journal of Science (TSJOS) is a bilingual, entry-level, reviewed journal dedicated to publishing the original research of Thai secondary school science students.

TSJOS เป็นวารสารสองภาษาที่ได้จัดตั้งขึ้นเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยระดับมัธยมศึกษา

TSJOS.org
Thailand Scholastic Journal of Science

About

ในโลกนี้การสอนวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนระดับมัธยมนั้นไม่ควรเป็นเพียงแค่การสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ควรสอน *ให้เป็นนักวิทยาศาสตร์อ* นักเรียนควรได้ทดลองทุกด้านของการเป็นนักวิทยาศาสตร์ ควรได้ทั้งการเรียนรู้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในหนังสือเรียน และการเรียนรู้วิธีการสร้างความรู้ใหม่ผ่านการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นก็ต้องมีโอกาสที่จะเผยแพร่ผลงาน ที่องค์กร StudentScientists.org เรามีเป้าหมายในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำการวิจัยและเผยแพร่ผลงาน เราเลยได้จัดตั้งวารสารวิทยาศาสตร์ Thailand Scholastic Journal of Science ไว้

บทความการวิจัยที่ส่งไปยัง TSJOS ได้รับการคัดเลือกจากบรรณาธิการ จากนั้นบรรณาธิการจัดส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (Reviewer) พิจารณา หลังจากการทบทวนและการยอมรับบรรณาธิการจะให้คำปรึกษากับผู้เขียนในการทบทวนบทความตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ เมื่อแก้ไขเสร็จแล้วบรรณาธิการจะส่งบทความไปยังผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อขออนุมัติขั้นสุดท้าย บทความจะถูกเผยแพร่ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ วารสารรับบทความเพื่อตีพิมพ์บทความตามเกณฑ์ที่กำหนดตลอดทั้งปี

วารสารวิทยาศาสตร์ Thaland Scholastic Journal of Science เป็นวารสารออนไลน์ที่ไม่มีค่าใช้จ่ายในการเสนอบทความหรือค่าใช้จ่ายจากผู้เขียน บทความที่ตีพิมพ์ใน TSJOS มีลิขสิทธิ์ภายใต้การอนุญาต Creative Commons ประเภท CC BY ผู้เขียนจะถือลิขสิทธิ์ของบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารไว้เป็นของตนเอง

In an ideal world, teaching science to secondary school students means not just teaching students the science content, but also teaching them *how to be scientists*. Students should experience all aspects of being a scientist. They should not only master current scientific knowledge found in text books, they should also learn how to *create new knowledge* through scientific research and then have the opportunity to *publish* their work. At StudentScientists.org, we work towards the development of science curricula that include opportunities for original student research and publishing. As a part of that effort, we have established the Thailand Scholastic Journal of Science.

The Thailand Scholastic Journal of Science is a bilingual, entry-level, peer-reviewed journal publishing papers in Thai and/or English. TSJOS is dedicated to publishing the original research of Thai secondary students in all areas of STEM. Papers submitted to the TSJOS undergo an editorial selection process and are then forwarded to a Reviewer. Following review and acceptance, the editor consults with the author to revise the paper according to the suggestions of the reviewer. Upon revision, the paper is sent to the reviewer for final approval. The TSJOS publishes papers on a rolling basis as they are received throughout the year.

The Thailand Scholastic Journal of Science is an online, Open-Access Journal with no author or submission fees. Papers in the TSJOS are copyrighted under Creative Commons licensing, CC BY. Authors retain the copyright to their papers published in the Journal.

Editorial Staff

Editor-in-Chief: Jonathan Eales, PhD

Editors

- Min Medhisuwakul, PhD
- Orawan Chaowalit, PhD

Editorial Board

- Arjaree Thirach
- Tanawan Leeboonngam
- Ian Jacobs, PhD

.

TSJOS.org
Thailand Scholastic Journal of Science

Aims & Scope

TSJOS เป็นวารสารที่เปิดโอกาสให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้มีโอกาสตีพิมพ์ผลงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ หรือ สะเต็ม TSJOS ใช้กระบวนการคัดเลือกและแก้ไขอย่างเข้มงวดเพื่อให้แน่ใจว่าเอกสารที่ตีพิมพ์นั้นเป็นงานที่นักเรียนสร้างขึ้นเอง และส่งเสริมให้เกิดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แก่มวลมนุษยชาติ

วารสารนี้เผยแร่ผลงานวิจัยในระดับที่ไม่ยากมาก และเป็นงานวิจัยในระดับเริ่มต้นแต่มีความหมายในการเผยแพร่องค์ความรู้ด้านสะเต็ม งานวิจัยที่ทำร่วมกับสถาบันการศึกษาระดับสูงหรืองานที่ทำร่วมกับหน่วยงานวิจัยระดับอุตสาหกรรมอาจจะไม่เหมาะสมกับการตีพิมพ์ผลงานในวารสารนี้

งานวิจัยระดับเริ่มต้นนั้นไม่ได้คาดหวังว่าจะต้องเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับงานระดับโลก หากแต่เป็นงานวิจัยเล็ก ๆ ที่มีความหมาย และมีส่วนในการขยายองค์ความรู้ให้กว้างออกไป งานวิจัยที่ตีพิมพ์ใน TSJOS จะต้องแสดงให้เห็นถึงความใหม่ ความถูกต้อง และความมั่นใจในระดับสูงต่อการค้นพบในงานนั้น ๆ นอกจากนั้นจะต้องให้ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยที่อาจมีต่อเนื่องจากผลงานนั้น ๆ ได้

The Thailand Scholastic Journal of Science provides a venue for Thai secondary school students to publish original research conducted as part of their science and STEM studies. The TSJOS employs a rigorous selection, review and revision process to ensure that papers published constitute an original, valid contribution to human knowledge.

The Journal publishes entry-level research that has been conducted by Thai students in the secondary school laboratory. Papers are published in all areas of STEM and the natural sciences on any topic related to a typical secondary science curriculum. Special research conducted by secondary school science students outside their normal courses using university or industry laboratory facilities are not appropriate for publishing in the TSJOS.

Entry-level research is not expected to address cutting-edge topics. Entry-level papers represent a small but meaningful contribution to extending our knowledge of the world. Papers published in the TSJOS must demonstrate originality, validity, and high levels of confidence in the findings, and offer suggestions for continuing research.

Contact

ถ้ามีคำถามหรือคำแนะนำติดต่อได้ที่

If you have any questions or comments regarding the Thailand Scholastic Journal of Science please contact the Editor:

Dr. Jonathan Eales
Editor.TSJOS@gmail.com

The Thailand Scholastic Journal of Science is associated with

Student Scientists Organization
254/153 Ramkamhaeng 112, Sapan Soong
Bangkok, Thailand 10240
www.StudentScientists.org

TSJOS.org
Thailand Scholastic Journal of Science

Thailand Scholastic Journal of Science

Volume 1, Issue 1, January-December, 2020

From the Editors

Papers

1 The Substitution of Powdered Carrot Pulp for Butter in Brownies
Pichayasinee Kachornsethakarn, Sanruthai Ariyabaraneekul, and Thanaporn Kaemongkolsuk
การใช้กากแครอทผงแทนที่เนยขาวในบราวนี่
พิชญาสินี ขจรเศรษฐการ, สันต์ฤทัย อริยะบารนีกุล และ ธนภรณ์ แคมงคลสุข

ISSN ****-****

(cc) BY

Download Issue (PDF)

TSJOS.org
Thailand Scholastic Journal of Science

Thailand Scholastic Journal of Science

Volume 1, Issue 1, January-December, 2020

From the Editor

Dear Readers,

We at TSJOS are proud to present the first paper of the 2020 issue, the inaugural issue of the newly established Thailand Scholastic Journal of Science. We at TSJOS strongly believe that an important aspect of developing the Thai scientists and creators of the future is to provide opportunities for secondary students to publish their research in a reviewed journal. This is the reason we have established this bilingual journal.

We at TSJOS hope that the papers in our journal will inspire secondary students around Thailand to dream of publishing their own original research and making a contribution to our scientific understanding of a small corner of our world. We encourage all Thai secondary students to submit their original, entry-level research to the TSJOS for review.

Jonathan Eales
Editor-in-Chief, TSJOS

The Substitution of Powdered Carrot Pulp for Butter in Brownies

Pichayasinee Kachornsethakarn, Sanruthai Ariyabaraneekul, Thanaporn Kaemongkolsuk
Princess Chulabhorn Science High School Pathumthani,
51 Moo 6, Bo Ngen, Lad Lum Kaew, Phatumthani, Thailand, 12140
Email: pichayasinee13@gmail.com

Abstract

The reduction of butter in bakery products can have positive health benefits for consumers. Carrot pulp, a byproduct of making carrot juice, is available to bakeries that also sell fresh juices and smoothies. The substitution of reconstituted powdered carrot pulp for butter in a brownie recipe was investigated. It was found that substituting carrot pulp for 25% of the butter in the recipe was accepted by consumers, but more than this was rated as less appealing than the original recipe. Substitution of powdered carrot pulp for butter in brownies up to 25% is recommended, as it provides benefits including the reduction in health risk from butter consumption, reduced caloric content, and reduced costs for the bakery.

***Keywords*:** brownies, carrot pulp, butter substitute, healthy brownies, health risk

I. INTRODUCTION

The consumption of bakery products has become very common in Thailand. Most bakery products contain three basic ingredients: flour, sugar, and butter or oil. Butter contains up to 9% trans-fat and up to 50% saturated fats, both of which are known contributors to increased risk of coronary disease[1]. The consumption of butter is also known to increase the risk of a range of diseases including obesity, arteriosclerosis and diabetes[2]. In order to reduce the unhealthy effects of consuming butter, it is possible to substitute other ingredients in bakery products. Pachekrepapol et al have shown that malva nut gum can be partially substituted for butter in brownies[3], while other studies have investigated the substitution of other ingredients to increase nutritional value and reduce health risks in a variety of bakery and food products[2,4,5].

Many bakeries also offer freshly made fruit juices and smoothies for sale. When making carrot juice, there is a significant amount of carrot pulp left over after the juice has been extracted. Bakeries typically have no way to use this by-product and thus dispose of it as waste. Carrot pulp has significant nutritional value[6], so using powdered carrot pulp as a substitute for butter in bakery products would have many benefits, including decreasing the health risks from butter consumption and increasing the nutritional value of the product. The use of the carrot pulp would also significantly reduce the cost of the product for the bakery, as butter represents approximately 40% of the cost of the ingredients at typical wholesale prices in Thailand, according to the authors' estimate. Here we investigate the possibility of substituting powdered carrot pulp for butter in brownies.

Powdered carrot pulp made from the byproduct of juicing carrots, shown in figure 1, was substituted for butter in a brownie recipe at proportions ranging from no carrot pulp to 100% substitution of carrot pulp. Each of the recipes was tested for Hardness,

Figure 1. A sample of the carrot pulp remaining after juicing (left), and the dried carrot powder used in the recipe (right)

Ingredients	Recipe 1 (g)	Recipe 2 (g)	Recipe 3 (g)
Cocoa	60	80	80
Flour	75	190	190
Sugar	220	235	235
Butter	160	150	170
Eggs	100	100	100
Butter Flavor	10	10	10
Chocolate Chips	50	50	50

Figure 2. Ingredients of the tested recipes. For each recipe, ingredients were mixed in order, and baked at 150°C for 20 minutes.

Springiness, Cohesiveness, Toughness and Chewing Strength according to food industry standards, using a Texture Analyzer[7]. The color quality of the recipes was tested using a Colorflex. The Colorflex evaluates the color on three scales: 1. Lightness (L), with higher values indicating lighter overall hue, 2. Red-Green (a) with higher values indicating more red, and 3. Yellow-Blue (b) with higher values indicating more yellow[8]. The caloric content of each of the recipes was also measured using a bomb calorimeter. Finally, the recipes were evaluated by consumers for the qualities of Appearance, Color, Aroma, Taste, and Overall Appeal on the 9-point hedonic scale, which has been shown to be a reliable measure of consumer preference in the food industry[9].

II. METHODS

Brownie Recipe Selection

Three different brownie recipes (figure 2) were baked according to the recipe instructions. Each recipe was then evaluated on the 9-Point Hedonic Scale, where 9 means most liked and 1 means most disliked, for the qualities of Appearance, Color, Aroma, Taste, and Overall Appeal. The recipes were evaluated by a sample of 30 consumers, consisting of 10 adults and 20 high school students, evenly divided by gender. The recipe scoring the best overall was selected as the standard test recipe for the investigation. The selected brownies are shown in figure 3.

Figure 3. The baked brownies (right) cut up into 2 cm by 2 cm pieces for testing (left).

Powdered Carrot Pulp Preparation and Reconstitution Testing

Carrot pulp remaining from the juicing process was added to water at a ratio of 1:2 and boiled for 10 minutes. After straining to remove the water, the remaining pulp was baked at 105° for three hours. It was then ground into a powder and used in the investigation.

The powdered carrot pulp was tested to determine the appropriate ratio of water to reconstitute for use as a substitute for butter in the recipes. Ratios of carrot powder to water ranging from 1:1 up to 1:10 were tested to determine the ratios at which the powder could absorb and hold the water for 5 minutes. The powder and water mixtures were placed in filter paper in a funnel, and the mass of water that dripped out of the bottom of the funnel after 5 minutes was measured. Successful ratios were further tested for their ability to hold the water for up to 30 minutes.

Carrot Powder Substitution Recipes and Testing

Reconstituted powdered carrot pulp was substituted for butter in the selected recipe at ratios of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% substitution and prepared according to the recipe instructions.

Each of the 5 recipes was tested for color qualities using a Colorflex for a total of 3 trials. The caloric content of each recipe was measured with a bomb calorimeter for 2 trials each. A Texture Analyzer was used to measure Hardness, Springiness, Cohesiveness, Toughness and Chewing Strength for

Recipe	Appearance	Color	Aroma	Taste	Overall Appeal
Recipe 1	7.8 ± 1.2 [a]	8.2 ± 0.9 [a]	7.8 ± 1.0 [a]	8.2 ± 0.6 [a]	8.0 ± 0.8 [a]
Recipe 2	6.8 ± 1.8 [b]	7.7 ± 1.1 [a]	7.2 ± 1.8 [b]	7.4 ± 0.8 [b]	7.5 ± 1.0 [ab]
Recipe 3	7.1 ± 1.4 [b]	7.7 ± 1.4 [a]	7.2 ± 1.3 [b]	7.2 ± 1.3 [b]	7.4 ± 1.4 [b]

Figure 4. The results of the consumer testing of the three recipes. The superscript letters following each value indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) in each quality tested. Recipe 1 is preferred at a statistically significant level for all qualities except Color.

a total of 5 trials each. Finally, each recipe was rated by the same 30 consumers on Appearance, Color, Aroma, Taste, and Overall Appeal, using the 9-point hedonic scale. All data were analyzed for variance and difference ($p < 0.05$) using Analysis of Variance (ANOVA) and Ducan's New Multiple Range Test (DMRT) with a statistical analysis program.

III. RESULTS AND DISCUSSION

Brownie Recipe Selection

The results of the consumer ratings of the three recipes on the 9-Point Hedonic Scale are shown in figure 4. The consumer ratings for each quality is shown, with superscript letters indicating statistically significant differences ($p < 0.05$). It was found that Recipe 1 was preferred by the consumer sample at a statistically significant level in terms of Appearance, Aroma, and Taste. Recipe 1 was preferred over Recipe 3 in Overall Appeal at a statistically significant level, but showed no significant preference over Recipe 2. There was no significant difference between the three recipes in terms of Color preference. Recipe 1 was chosen as the preferred recipe for testing in the investigation.

Powdered Carrot Pulp Reconstitution

The powdered carrot pulp was thoroughly mixed with varying ratios of water and tested to determine its ability to hold the water for 5 minutes when placed in filter paper. The results (figure 5) show that ratios of carrot powder to water of up to 1:6 held the water for 5 minutes. Further testing showed that ratios up to 1:6 continued to hold the water for up to 30 minutes. Powdered carrot pulp reconstituted with water at a ratio of 1:6 was used for the test recipes.

Ratio Carrot Powder:Water	Mass of Water Released (g)
1:1	0.00
1:2	0.00
1:3	0.00
1:4	0.00
1:5	0.00
1:6	0.00
1:7	0.02
1:8	0.04
1:9	0.07
1:10	0.09

Figure 5. The results of the test of the ability of the reconstituted carrot powder to hold water for 5 minutes. Carrot powder mixed with water up to a ratio of 1:6 held all the water for up to 30 minutes.

% Carrot Pulp Substitution	Lightness (L)	Red-Green (a)	Yellow-Blue (b)
0%	20.98 [a]	1.99 [a]	1.23 [a]
25%	20.28 [b]	1.46 [b]	1.42 [a]
50%	19.88 [bc]	1.32 [b]	1.31 [a]
75%	19.60 [c]	0.38 [c]	0.55 [b]
100%	19.12 [d]	0.36 [c]	0.54 [b]

Figure 6. The Colorflex measurements for the recipes with different proportions of carrot pulp substituted for butter in the selected recipe. The superscript letters following each value indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) in each quality tested.

% Carrot Pulp Substitution	Caloric Content (cal/g)
0%	4660
25%	4340
50%	3870
75%	3490
100%	2980

Figure 7. The caloric content of the recipes with carrot pulp substituted for butter. As expected, the caloric content decreases with increasing amounts carrot pulp.

Carrot Powder Substitution Recipes Testing

Reconstituted carrot powder was substituted for butter in the selected recipe at ratios ranging from 0% up to 100%, as described above. The results of the Colorflex tests are shown in figure 6. The 'L' values decrease, indicating the recipes become increasingly dark with increasing percentages of carrot pulp. The recipes also show a trend of becoming less red as more carrot pulp is substituted for butter, as the 'a' values decrease significantly at the higher substitution values. On the Yellow-Blue scale, carrot pulp substitution up to 50% shows no significant change in color, but the 75% and 100% carrot pulp recipes are measured as more blue.

The caloric content of each of the recipes was measured using a bomb calorimeter. The results are shown in figure 7. The caloric content of the brownies decreased by 7-10% with each 25% increase in percentage of carrot pulp substitution.
Each recipe was also tested with a Texture Analyzer for Hardness, Springiness, Cohesiveness, Toughness and Chewing Strength. The normalized values for the five qualities for each of the recipes tested is presented in figure 8, showing the relative change in

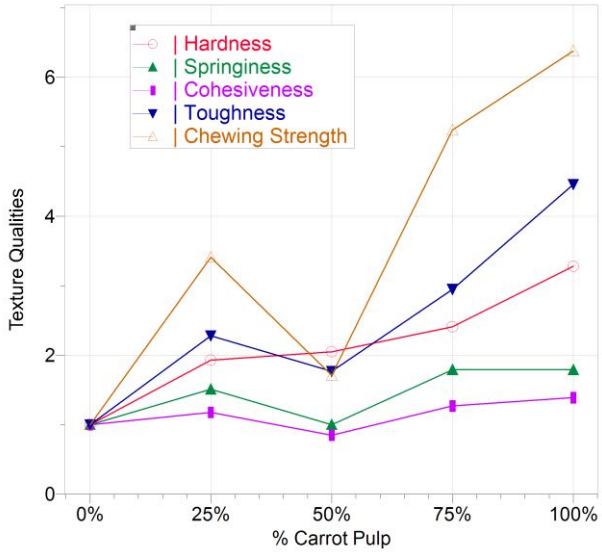


Figure 8. The average values of the texture analysis in the five qualities for each of the recipes tested.

each of the qualities measured for the five recipes tested. Increasing percentages of carrot pulp had relatively little effect on the Springiness and Cohesiveness of the brownies, but the Hardness, Toughness, and Chewing Strength increased by factors of around 3, 4, and 6 respectively.

The results of the statistical analysis of the texture analysis are shown in Figure 9. All of the recipes with substituted carrot pulp show a statistically significant increase compared to the original recipe in the qualities of Hardness, Cohesiveness, and Toughness. Interestingly, the recipe with 50% carrot pulp showed no significant difference with the original recipe in terms of Springiness and Chewing Strength, even though the 25% carrot pulp recipe showed significant increases in both these qualities, compared to the original recipe. It is not clear why this occurred. Further investigation into possible

% Carrot Pulp Substitution	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Toughness	Chewing Strength
0%	1690 ± 30 ^{a}	0.43 ± 0.01 ^{a}	0.33 ± 0.01 ^{a}	570 ± 10 ^{a}	246 ± 3 ^{a}
25%	3260 ± 280 ^{b}	0.65 ± 0.13 ^{b}	0.39 ± 0.29 ^{b}	1300 ± 150 ^{b}	840 ± 100 ^{b}
50%	3460 ± 430 ^{b}	0.43 ± 0.28 ^{a}	0.28 ± 0.17 ^{c}	1010 ± 170 ^{b}	420 ± 65 ^{a}
75%	4070 ± 310 ^{b}	0.77 ± 0.64 ^{c}	0.42 ± 0.01 ^{d}	1680 ± 110 ^{c}	1290 ± 140 ^{c}
100%	5550 ± 300 ^{c}	0.62 ± 0.17 ^{b}	0.46 ± 0.01 ^{b}	2540 ± 130 ^{d}	1570 ± 60 ^{d}

Figure 9. The results of the Texture Analysis for the recipes with carrot pulp substituted for butter in the selected recipe. The superscript letters following each value indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) in each quality tested.

interactions between ingredients in different proportions is suggested.

Finally, each recipe was evaluated by the original consumer sample of 30 people on the qualities of Appearance, Color, Aroma, Taste, and Overall Appeal, using the 9-Point Hedonic Scale, with 9 being the most attractive. The average values for the five qualities for each of the recipes tested is presented in figure 10. The downward trend in consumer preference is clear for all of the qualities. Appearance and Color show the least decrease with increasing pulp substitution, while Taste and Overall Appeal show the greatest. The recipe with 25% carrot pulp shows little decrease for most of the qualities compared to the original recipe, but all the other recipes show much greater reductions in customer appeal.

The results of the statistical analysis of the consumer rating data are shown in figure 11. Consumers showed no statistically significant preference for the appearance of the brownies up to a substitution rate of 50%. In terms of Color, all recipes with carrot pulp substitutions were rated as less attractive by the consumer sample. For the qualities of Aroma, Taste, and Overall Appeal, consumers showed no statistically significant difference in their preference for the 25% carrot pulp recipe compared to the original recipe, while all recipes 50% or over were rated less favorably in these areas.

Considering the Colorflex measurements in the context of the consumer preference results, it seems that increased darkness with increasing percentages of carrot pulp, along with the change in the red-green balance, was less attractive to consumers.

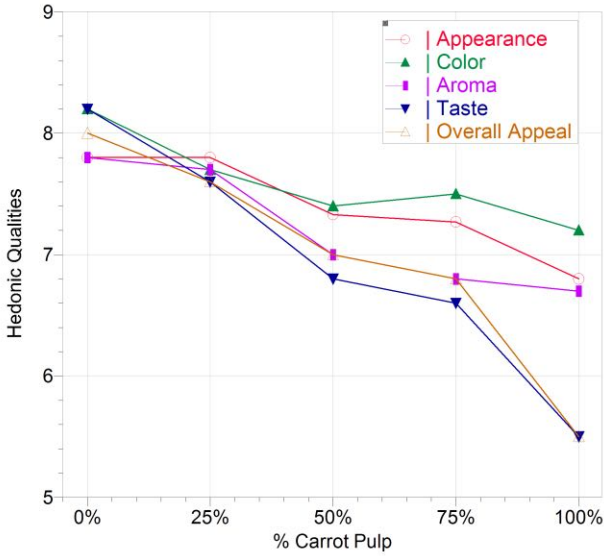


Figure 10. The average values of the consumer ratings in the five qualities for each of the recipes tested.

The correlation between the Texture Analysis and consumer response is less clear. The Hardness, Toughness and Chewing Strength of all recipes with substituted carrot pulp was measured at between 2 and 7 times greater than the original recipe. Increasing levels of carrot pulp substitution roughly corresponded to increasing values measured for each of these qualities, and also matched the general trends of the subjective qualities rated by the consumers, but at reduced differences in levels. However, the results showing the Springiness and Chewing Strength of the 50% carrot pulp recipe as statistically the same as the original recipe is not reflected in the consumer evaluations.

The results of this investigation indicate that bakeries may substitute 25% of the butter in the tested brownie recipe with reconstituted carrot pulp

% Carrot Pulp Substitution	Appearance	Color	Aroma	Taste	Overall Appeal
0%	7.8 ± 1.2 ^{a}	8.2 ± 0.9 ^{a}	7.8 ± 1.0 ^{a}	8.2 ± 0.6 ^{a}	8.0 ± 0.8 ^{a}
25%	7.8 ± 1.5 ^{ab}	7.7 ± 1.6 ^{b}	7.7 ± 1.5 ^{a}	7.6 ± 1.7 ^{a}	7.6 ± 1.6 ^{ab}
50%	7.33 ± 1.5 ^{abc}	7.4 ± 1.5 ^{b}	7.0 ± 1.7 ^{b}	6.8 ± 1.7 ^{b}	7.0 ± 1.7 ^{bc}
75%	7.27 ± 1.6 ^{bc}	7.5 ± 1.7 ^{b}	6.8 ± 2.0 ^{b}	6.6 ± 2.0 ^{b}	6.8 ± 1.9 ^{c}
100%	6.8 ± 1.6 ^{c}	7.2 ± 1.6 ^{b}	6.7 ± 1.7 ^{b}	5.5 ± 2.0 ^{c}	5.5 ± 2.0 ^{d}

Figure 11. Consumer evaluations of the qualities of the various recipes on the 9-Point Hedonic scale. Only the 25% carrot substitution recipe was rated as highly as the original recipe. The superscript letters following each value indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) in each quality tested.

powder, yielding approximately a 10% reduction in ingredient costs, 25% reduction in butter consumption, and about 7% reduction in calorie content, according to the data. This produces brownies with measurable differences in texture, but with no significant reduction in consumer enjoyment. Substituting 50% showed significantly reduced consumer appeal for most of the measured qualities, but, interestingly, showed no significant difference in two of the five measures of texture.

Further research is suggested to determine more precisely the point between 25% and 50% is the ideal substitution amount. Research into alternate methods for preparing and incorporating the carrot pulp into the recipes, to reduce the time and cost of the method used here, would also be beneficial. Finally, investigating the possibility of substituting carrot pulp for butter in other bakery products is suggested.

IV. CONCLUSION

We have shown that substituting powdered carrot pulp reconstituted with water at a ratio of 1:6 for butter in a brownie recipe is accepted by consumers as indistinguishable from the original recipe. It is recommended that bakeries substitute 25% reconstituted powdered carrot pulp for butter in their brownies as a way to reduce the unhealthy effects of butter consumption, increase the nutritional value, and reduce production costs of the brownies.

REFERENCES

1. Brouwer, I., Wanders, A., Katan, M. (2010). Effect of animal and industrial trans fatty acids on HDL and LDL cholesterol levels in humans--a quantitative review. *PLoS One*, 5(3):e9434.

2. Chunhahirun, A. (2009). *The use of pra seed (Elateriospermum tapos Bl.) in combination with maltodextrin as fat substitute in ice cream*. Univ. of Thai Chamber of Commerce.

3. Pachekrepapol, U., Aiumglam, R. and Chansiri, T. (2009). Use of Malva Nut Gum as a Fat Substitute in Brownie Cake. *Agricultural Sci. J.* 40(1), 397-400.

4. Saengthongpinit, W. (2010). *Supplementation of Fiber from Pomelo Albedo in Moo-Yaw.* Proceedings of the 48th Kasetsart University Annual Conference.

5. Dangsungwal, N., Siriwong, N. and Riebroy, S. (2011). *The use of banana flour substituted for wheat flour in brownie.* Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference.

6. Department of Science Service. (2000). Carrot Products. *Journal of Science Service,* 48(152). 32-34.

7. Steffe, J.F.)1996(. Rheological Methods in Food Process Engineering. 2nd Ed. East Lansing, MI: Freeman Press.

8. Pathare, P., Opara, U. and Al-Julanda Al-Said, F. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*. 10.1007/s11947-012-0867-9.

9. Lawless, H. and Heymann, H. (1998). Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. Second Edition. New York, NY: Springer.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Chutharat Chaingam and Dr. Prapasri Theprugsa for their support, advice and assistance with the research for this paper.

การใช้กากแครอทผงแทนที่เนยขาวในบราวนี่

พิชญาสินี ขจรเศรษฐการ, สันต์ฤทัย อริยะบารนีกุล และ ธนภรณ์ แคมงคลสุข
โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี
51 หมู่ 6 ตำบลบ่อเงิน อ.ลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี 12140
อีเมล์ : pichayasinee13@gmail.com

บทคัดย่อ
การลดปริมาณเนยในผลิตภัณฑ์เบเกอรีสามารถส่งผลเชิงบวกต่อสุขภาพของผู้บริโภค กากแครอทที่เหลือจากการทำน้ำแครอทนั้นหาได้ทั่วไปจากร้านเบเกอรีที่ขายน้ำผลไม้คั้นสดหรือน้ำผลไม้ปั่นอยู่แล้ว ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้กากแครอทแปรรูปแทนเนยในการทำบราวนี่ ซึ่งพบว่าสูตรที่มีการใช้แครอทแทนเนยเป็นปริมาณ 25% นั้นเป็นที่พึงพอใจของผู้ทดลอง แต่หากใส่กากแครอทมากกว่านี้ผู้บริโภคจะให้คะแนนต่ำกว่าสูตรดั้งเดิม จึงแนะนำให้ใช้กากแครอทผงแทนเนยใน บราวนี่ในปริมาณ25% ซึ่งมีข้อดีหลายประการ ทั้งการลดความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการบริโภคเนย ลดปริมาณแคลอรี่ และลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

คำสำคัญ: บราวนี่ กากแครอท การใช้แทนเนย บราวนี่เพื่อสุขภาพ ปัจจัยเสี่ยงด้านสุขภาพ

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เป็นอาหารที่คนไทยบริโภคอย่างแพร่หลาย ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ส่วนใหญ่มส่วนประกอบสำคัญสามอย่างคือ แป้ง น้ำตาล และเนยหรือน้ำมัน เนยมีไขมันทรานส์ในปริมาณมากถึง 9%และไขมันอิ่มตัวมากถึ 50% ซึ่งทั้งสองอย่างนี้เป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นตัวเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดเส้นเลือดอุดตัน[6] การบริโภคเนยยังเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคอื่นๆ เช่นโรคอ้วนโรคผนังหลอดเลือดแข็ง และโรคเบาหวาม[4] เพื่อจะลดผลกระทบด้านลบต่อสุขภาพจากการบริโภคเนย เป็นไปได้ที่จะทดแทนเนยด้วยส่วนประกอบอื่น

อุลิสาณ์ และคณะ ได้แสดงให้เห็นว่ายางของลูกสำรองสามารถใช้แทนเนยในบราวนี่ได้บางส่วน[5] และยังมีการศึกษาการใช้ส่วนประกอบอื่น ๆ เพื่อเพิ่มสารอาหารและลดปัจจัยเสี่ยงด้านสุขภาพใ ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และอาหารหลาย ๆ อย่าง[,2,3,4]

ร้านเบเกอรี่จำนวนมากมีการจำหน่ายน้ำผลไม้คั้นสดและน้ำผลไม้ปั่น การทำน้ำแครอทคั้นสดจะมีกากแครอทจำนวนมากเหลือจากการคั้นน้ำแครอท ซึ่งปกติจะถูกทิ้งไปเฉย ๆ กากแครอทนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการ[1] ดังนั้นการใช้กากแครอทผงมาแทนเนยขาวในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่นั้นมีข้อดีหลายประการ เช่น ลดปัจจัยเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคเนย และยังเป็นการเพิ่มสารอาหารให้กับผลิตภัณฑ์ การใช้กากแครอทยังเป็นการลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ลงได้อย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากเนยนั้นคิดเป็นต้นทุนประมาณ %40 ของส่วนประกอบทั้งหมดของราคาขายส่งในประเทศไทยตามที่ผู้เขียนประมาณการ ในที่นี้เราศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผงจากกากแครอทแทนเนยในบราวนี่

ผงจากกากแครอททำมาจากกากแครอทที่เหลือจากการคั้นน้ำแครอทซึ่งแสดงในรูปที่ 1 จะใช้แทนเนยในบราวนี่ ในอัตราส่วนเริ่มจากไม่มีแครอทเลย

รูปที่ 1. ตัวอย่างกากแครอทที่เหลือจากการคั้นน้ำแครอท และผงแป้งแครอทแห้งที่ใช้ในสูตรต่าง ๆ (ซ้าย)ของบราวนี่ (ขวา)

จนถึงการใช้แครอทแทนเนยทั้งหมด บราวนี่แต่ละสูตรจะถูกทดสอบความแข็ง ความยืดหยุ่น การเกาะตัว ความเหนียว และ แรงการเคี้ยว ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมอาหารโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส[7] (Texture Analyzer) และสีของแต่ละสูตรโดยใช้เครื่องวัดสี (Colorflex) ซึ่งจะประเมินค่าสีเป็นสามตัวแปร 1 ความสว่าง (Lightness;L) โดยค่า ที่มาก L หมายถึง สีอ่อน 2ค่าสีแดง-เขียว (Red-Green; a) โดย 3 ค่าที่มากแสดงถึงสีที่ออกแดงมาก และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน(Yellow-Blue;b)โดยค่าที่มากแสดงถึงสีที่ออกเหลืองมาก ปริมาณแคลอรี่ของแต่ละสูตรถูกวัดโดยใช้แคลอรี่มิเตอร์ (bomb calorimeter) และท้ายสุด แต่ละสูตรจะถูกประเมินความพึงพอใจโดยผู้บริโภคในด้านต่าง ๆ คือ ลักษณะภายนอก สี กลิ่น รสชาติ และความพึงพอใจโดยรวม โดยวิธี ซึ่ง point hedonic scale-9 เป็นวิธีการวัดความพึงพอใจของผู้บริโภคที่เชื่อถือได้ในอุตสาหกรรมอาหาร[9]

2. วิธีการทดลอง

การเลือกสูตรบราวนี่

สูตรบราวนี่จำนวน 3 สูตร (รูปที่ 2) ถูกอบตามคำแนะนำของสูตร แต่ละสูตรได้รับการประเมินด้านต่าง ๆ คือ ลักษณะภายนอก สี กลิ่น รสชาติ และความพึงพอใจโดยรวมโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale ซึ่งระดับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุดและระดับ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด โดยผู้ประเมินจำนวน 30 คน ประกอบด้วยผู้ใหญ่ 10 คนและนักเรียนมัธยมปลาย 20 คน ซึ่งแบ่งชายหญิงอย่างละเท่ากัน สูตรที่ให้คะแนนโดยรวมที่ดีที่สุดได้รับเลือกเป็นสูตรทดสอบมาตรฐานสำหรับการทดลอง สูตรที่ได้รับคัดเลือกแสดงในรูปที่ 3

องค์ประกอบ	สูตร 1 (กรัม)	สูตร 2 (กรัม)	สูตร 3 (กรัม)
ผงโกโก้	60	80	80
แป้งอเนกประสงค์	75	190	190
น้ำตาลทราย	220	235	235
เนย	160	150	170
ไข่ไก่	100	100	100
กลิ่นนมเนย	10	10	10
ช็อคโกแลตชิพ	50	50	50

รูปที่ 2. ส่วนประกอบของแต่ละสูตร โดยส่วนประกอบจะถูกผสมตามลำดับ และอบที่อุณหภูมิ องศาเซลเซียส 150 นาที 20 เป็นเวลา

การเตรียมกากแครอทผงและการหาสูตรที่เหมาะสม

นำกากแครอทที่เหลือจากการคั้นมาเติมน้ำในอัตราส่วน 1: 2 และต้มเป็นเวลา 10 นาที ทิ้งน้ำแล้วนำไปอบด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดเป็นผงสำหรับใช้ในการทดลอง นำกาก

แครอทผงไปทดสอบหาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณน้ำ เพื่อใช้แทนเนยในสูตรอาหาร ผสมกากแครอทผงและน้ำในอัตราส่วนตั้งแต่ 1: 1 ถึง 1:10 เพื่อหาอัตราส่วนที่กากแครอทผงสามารถดูดซับและเก็บน้ำได้ดี กากแครอทผงและน้ำผสมอยู่บนกระดาษกรองในกรวยกรอง หลังจากทิ้งไว้ 5 นาที วัดมวลของน้ำที่ไหลออกมาจากด้านล่าง นำอัตราส่วนที่ดีที่สุดไปทดสอบความสามารถในการกักเก็บน้ำได้นานถึง 30 นาที

การทดสอบสูตรการทดแทนผงแครอท

ใช้กากแครอทผงที่ทำขึ้นใหม่แทนเนยขาวในการอบบราวนี่สูตรที่เลือก ในอัตราส่วน 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% นำบราวนี่ทั้ง 5 สูตรไปทดสอบคุณภาพสีโดยใช้เครื่องวัดสี Colorflex รวมทั้งหมด 3 ครั้ง ปริมาณแคลอรี่ของแต่ละสูตรถูกวัดด้วยบอมเคลอรี่มิเตอร์ สุตรละ 2 ครั้ง ใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสในการวัดค่าความแข็ง (Hardness) ความยืดหยุ่น (Springiness)

รูปที่ 3 แสดงบราวนี่ที่อบเสร็จแล้ว (ซ้าย) ตัดเป็นชิ้นขนาด 2x2 ตารางเซนติเมตร สำหรับใช้ในการทดสอบ

สูตร	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
สูตรที่ 1	7.8 ± 1.2 [a]	8.2 ± 0.9 [a]	7.8 ± 1.0 [a]	8.2 ± 0.6 [a]	8.0 ± 0.8 [a]
สูตรที่ 2	6.8 ± 1.8 [b]	7.7 ± 1.1 [a]	7.2 ± 1.8 [b]	7.4 ± 0.8 [b]	7.5 ± 1.0 [ab]
สูตรที่ 3	7.1 ± 1.4 [b]	7.7 ± 1.4 [a]	7.2 ± 1.3 [b]	7.2 ± 1.3 [b]	7.4 ± 1.4 [b]

รูปที่ 4. ผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคของทั้ง 3 สูตร ตัวอักษรตัวยกแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในการทดสอบคุณภาพแต่ละครั้ง สูตรที่ 1 ได้รับความพึงพอใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกด้านยกเว้นสี

การยึดเกาะ (Cohesiveness) ความเหนียว (Toughness) และแรงการเคี้ยว (Chewing strength) จำนวน 5 ครั้งต่อตัวอย่าง สุดท้ายแต่ละสูตรได้รับการการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส จากผู้ทดสอบจำนวน 30 รายประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบประเมิน 9-point hedonic scale วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทดสอบความแตกต่างโดย Ducan's New Multiple Rang Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราห์ทางสถิติ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

การเลือกสูตรบราวนี่

จากการนำสูตรบราวนี่ 3 สูตรที่มาประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี รสชาติ และความชอบโดยรวม ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4 ตัวอักษร

อัตราส่วน กากแครอทผง :น้ำ	มวลของน้ำที่ออกมา (g)
1:1	0.00
1:2	0.00
1:3	0.00
1:4	0.00
1:5	0.00
1:6	0.00
1:7	0.02
1:8	0.04
1:9	0.07
1:10	0.09

รูปที่ 5. ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซับและกับเก็บน้ำของกากแครอทผงเป็นเวลา 5 นาที และอัตราส่วน 1: 6 กักเก็บน้ำได้นานถึง 30 นาที

ตัวยกที่มีอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ p) ($0.05 \geq$

พบว่าบราวนี่สูตรที่ 1ได้รับคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ สูตรที่ 1 มีคะแนนมากกว่าสูตร 3 ในความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มากกว่าสูตร 2 อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่าง 3 สูตรในด้านสี จึงเลือกสูตร 1 เป็นสูตรควบคุมเพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

การเตรียมกากแครอทผงและการหาสูตรที่เหมาะสม

นำกากแครอทที่ผสมเป็นผงผสมกับอัตราส่วนน้ำที่แตกต่างกัน และทดสอบความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ 5 นาที เมื่อวางในกระดาษกรอง ผลลัพธ์ดังรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของกากแครอทผงต่อน้ำ 1: 6 เก็บกักน้ำไว้ได้ดีที่สุดภายใน 5 นาที ได้ทำการทดสอบเพิ่มเติมแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วน 1:6 ยังคงกักเก็บน้ำไว้ได้นานถึง 30 นาที ดังนั้นจึงใช้ อัตราส่วนกากแครอทผงต่อน้ำ 1: 6ในสูตรที่ใช้ทดสอบต่อไป

% การแทนที่ด้วยกากแครอท	Lightness (L)	Red-Green (a)	Yellow-Blue (b)
0%	20.98 [a]	1.99 [a]	1.23 [a]
25%	20.28 [b]	1.46 [b]	1.42 [a]
50%	19.88 [bc]	1.32 [b]	1.31 [a]
75%	19.60 [c]	0.38 [c]	0.55 [b]
100%	19.12 [d]	0.36 [c]	0.54 [b]

รูปที่ 6. การวัดค่าสีของบราวนี่ที่ใช้กากแครอทแทนเนยขาวด้วยอัตราส่วนต่างๆ ในสูตรที่เลือก ตัวอักษรตัวยกแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบคุณภาพแต่ละครั้ง

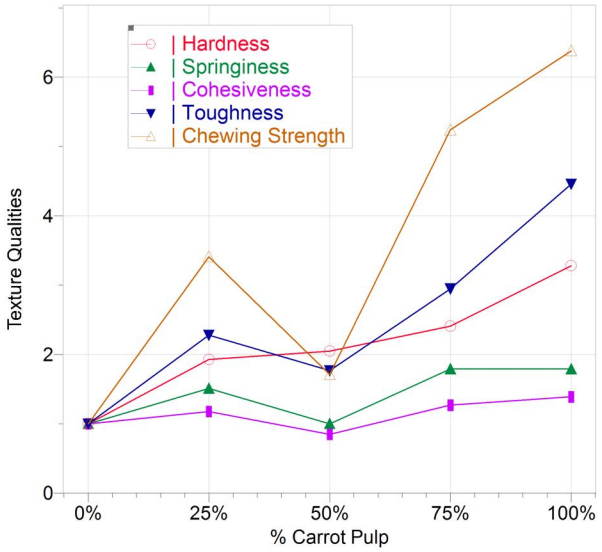
% Carrot Pulp Substitution	Caloric Content (cal/g)
0%	4660
25%	4340
50%	3870
75%	3490
100%	2980

รูปที่ 7. ปริมาณแคลอรี่ของบราวนี่ที่ใช้กากแครอผงทดแทนเนยขาวในปริมาณต่าง ผลเป็นไปตามที่คาดไว้คือ ปริมาณแคลอรี่น้อยลงเมื่อเพิ่มกากแครอทผงมากขึ้น

การทดสอบสูตรการทดแทนผงแครอท

ทดลองใช้กากแครอทผงงทดแทนเนยขาวในสูตรที่เลือกที่อัตราส่วนตั้งแต่ 0% ถึง 100% ตามที่อธิบายไว้ข้างต้น ผลการทดสอบค่าสีด้วยเครื่อง Colorflex แสดงในรูปที่ 6 พบว่า ค่า 'L' ลดลงซึ่งแสดงว่าสูตรอาหารมีสีเข้มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเพิ่มปริมาณกากแครอทผง สูตรยังแสดงแนวโน้มของสีแดงที่น้อยลงเนื่องจากมีการใช้กากแครอทผงแทนเนยขาวมากกว่าเนื่องจากค่า 'a' ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้กากแครอทผลในเปอร์เซนต์ที่สูงกว่า ในระดับสีเหลือง - การใช้กากแครอทผงทนแทนถึง 50% ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างมีนัยสำคัญ แต่สูตรกากแครอท 75% และ 100% นั้นจะเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น

การวัดปริมาณแคลอรี่ของแต่ละสูตรโดยใช้เครื่องแคลอริมิเตอร์ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 7 ปริมาณแคลอรี่ของบราวนี่ลดลง 7-10% เมื่อเพิ่มการทดแทนกากแครอทผงขึ้น 25%



รูปที่ 8. ค่าเฉลี่ยของการทดสอบผิวสัมผัสทั้ง 5 ตัวแปรในแต่ละสูตร

เมื่อทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส เพื่อวัดความแข็ง, ความยืดหยุ่น, การยืดเกาะ, ความเหนียวและแรงการเคี้ยว ค่าเฉลี่ยสำหรับคุณสมบัติ 5 ตัวแปรสำหรับแต่ละสูตรที่ทดสอบจะแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ในแต่ละคุณสมบัติที่วัดสำหรับห้าสูตรที่ทดสอบ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของเนื้อแครอทมีผลกระทบเล็กน้อยต่อความยืดหยุ่นและการยืดเกาะของบราวนี่ แต่ความแข็งความเหนียวและแรงในการเคี้ยวเพิ่มขึ้นจากปัจจัยประมาณ 3, 4 และ 6 ตามลำดับ

ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ทางสถิติของการวิเคราะห์ผิวสัมผัส แสดงในรูปที่ 9 สูตรทั้งหมดเพิ่มกากแครอทแทนเนยขาว มีค่าความแข็ง การยืดเกาะ และ

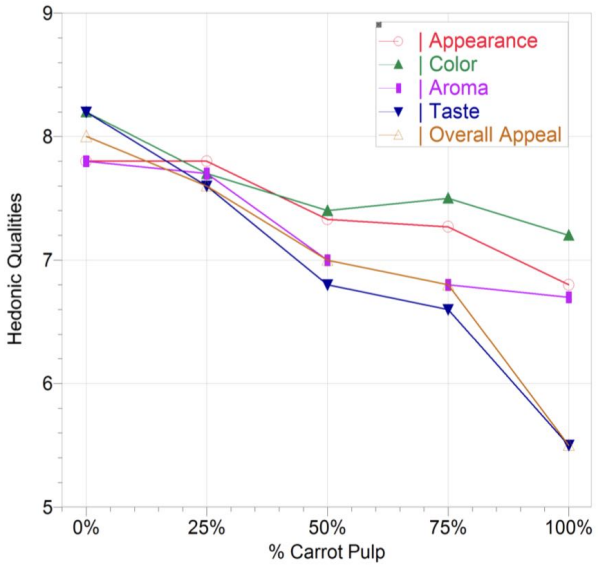
% การแทนที่ด้วยกากแครอท	ความแข็ง	ความยืดหยุ่น	การยืดเกาะ	ความเหนียว	แรงการเคี้ยว
0%	1690 ± 30 ^{a}	0.43 ± 0.01 ^{a}	0.33 ± 0.01 ^{a}	570 ± 10 ^{a}	246 ± 3 ^{a}
25%	3260 ± 280 ^{b}	0.65 ± 0.13 ^{b}	0.39 ± 0.29 ^{b}	1300 ± 150 ^{b}	840 ± 100 ^{b}
50%	3460 ± 430 ^{b}	0.43 ± 0.28 ^{a}	0.28 ± 0.17 ^{c}	1010 ± 170 ^{b}	420 ± 65 ^{a}
75%	4070 ± 310 ^{b}	0.77 ± 0.64 ^{c}	0.42 ± 0.01 ^{d}	1680 ± 110 ^{c}	1290 ± 140 ^{c}
100%	5550 ± 300 ^{c}	0.62 ± 0.17 ^{b}	0.46 ± 0.01 ^{b}	2540 ± 130 ^{d}	1570 ± 60 ^{d}

รูปที่ 9. ผลการวิเคราะห์ผิวสัมผัสของบราวนี่ที่ใช้กากแครอทแทนเนยขาวด้วยอัตราส่วนต่างๆ ในสูตรที่เลือก ตัวอักษรตัวยกแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบคุณภาพแต่ละครั้ง

ความเหนียวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสูตรดั้งเดิม แต่ที่น่าสนใจคือสูตรที่มีกากแครอท 50% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรดั้งเดิมในด้านความยืดหยุ่นและแรงการเคี้ยว แม้ว่าสูตรเนื้อเยื่อจากแครอท 25% มีคุณสมบัติทั้งสองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ยังไม่ชัดเจนว่าเป็นเพราะเหตุใด จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างส่วนผสมในสัดส่วนที่ต่างกัน

ท้ายสุดทุกสูตรได้รับการประเมินโดยผู้ทดสอบ 30 คนด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบประเมิน 9-point hedonic scale ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติทั้ง 5 ของแต่ละสูตรที่ทดสอบแสดงในรูปที่ 10 ผลการทดสอบคุณสมบัติทั้งหมด แนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน ลักษณะปรากฏและสีลดลงน้อยที่สุดเมื่อเพิ่มการทดแทนที่กากแครอท ในขณะที่รสชาติ และ ความชอบโดยรวม แสดงเห็นชัดที่สุด สูตรที่มีกากแครอท 25% มีคะแนนคุณสมบัติส่วนใหญ่ลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับสูตรดั้งเดิม แต่สูตรอื่น ๆ มีคะแนนลดลง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลคะแนนความพอใจของผู้ทดสอบแสดงในรูปที่ 11 ผู้ทดสอบพอใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับการปรากฏตัวของบราวนี่ถึงอัตราทดแทน 50% ในแง่ของสีสูตรทดแทนกากแครอทมีคะแนนความน่าสนใจน้อยกว่าโดยกลุ่มตัวอย่าง สำหรับคุณภาพของกลิ่นหอมรสชาติและความดึงดูดใจโดยรวมพบว่าผู้บริโภคไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเลือกใช้สูตรกากแครอท



รูปที่ 10. ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติทั้ง 5 ของแต่ละสูตร

25% เปรียบเทียบกับสูตรดั้งเดิมในขณะที่สูตรทั้งหมด 50% ขึ้นไป

เมื่อพิจารณาถึงการวัดค่าสี ในส่วนความพึงพอใจของผู้ทดสอบมีแนวโน้มลดลง เมื่อสีของบราวนี่เข้มขึ้นจากการเพิ่มปริมาณกากแครอท พร้อมกับเกิดการเปลี่ยนแปลงของความสมดุลสีแดง และเขียว

ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ผิวสัมผัสและความพอใจของผู้ทดสอบมีความชัดเจนน้อยกว่าความแข็ง ความเหนียว และแรงการเคี้ยวของสูตรทั้งหมดด้วยกากแครอททดแทนนั้นวัดได้สูงกว่าสูตรดั้งเดิมตั้งแต่ 2 ถึง 7 เท่า การเพิ่มปริมาณกากแครอทผงนั้นทำให้คุณสมบัติเหล่านี้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับแนวโน้มการให้คะแนนของผู้ทดสอบ แต่ลดระดับความ

% การแทนที่ด้วยกากแครอท	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0%	7.8 ± 1.2 ^{a}	8.2 ± 0.9 ^{a}	7.8 ± 1.0 ^{a}	8.2 ± 0.6 ^{a}	8.0 ± 0.8 ^{a}
25%	7.8 ± 1.5 ^{ab}	7.7 ± 1.6 ^{b}	7.7 ± 1.5 ^{a}	7.6 ± 1.7 ^{a}	7.6 ± 1.6 ^{ab}
50%	7.33 ± 1.5 ^{abc}	7.4 ± 1.5 ^{b}	7.0 ± 1.7 ^{b}	6.8 ± 1.7 ^{b}	7.0 ± 1.7 ^{bc}
75%	7.27 ± 1.6 ^{bc}	7.5 ± 1.7 ^{b}	6.8 ± 2.0 ^{b}	6.6 ± 2.0 ^{b}	6.8 ± 1.9 ^{c}
100%	6.8 ± 1.6 ^{c}	7.2 ± 1.6 ^{b}	6.7 ± 1.7 ^{b}	5.5 ± 2.0 ^{c}	5.5 ± 2.0 ^{d}

รูปที่ 11. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลคะแนนความพอใจของผู้ทดสอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic scale. สูตรที่มีการแครอท 25% มีคะแนนคุณสมบัติส่วนใหญ่สูงใกล้เคียงกับสูตรดั้งเดิม ตัวอักษรตัวยกแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบคุณภาพแต่ละครั้ง

แตกต่างลง อย่างไรก็ตามผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นยืดหยุ่นและแรงการเคี้ยวของสูตรที่ผสมกากแครอทผง 50% ซึ่งเป็นสถิติเดียวกันกับสูตรดั้งเดิมนั้นไม่ได้สะท้อนในการประเมินของผู้ทดสอบอย่างถูกต้อง

ผลการศึกษาแสดงว่าร้านเบเกอรี่อาจใช้กากแครอทผงทดแทนเนยขาว 25% ในสูตรบราวนี่ ให้ผลการลดต้นทุนส่วนผสม 10% ลดการบริโภคเนยลง 25% และลดปริมาณแคลอรี่ประมาณ 7% จากข้อมูลที่พบ ในการผสมกากแครอทในบราวนี่ทำให้เกิดผลในเนื้อสัมผัสแต่ไม่ได้ลดความพึงพอใจของผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ การทดแทน 50% แสดงให้เห็นว่าคะแนนของผู้ทดสอบลดลงอย่างมาก ในด้านต่างๆ แต่ที่น่าสนใจคือ 2 ใน5 ของการวัดผิวสัมผัสไม่ได้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ควรทำการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อกำหนดปริมาณที่เหมาะสมระหว่าง 25% ถึง 50% หรือทำการวิจัยด้วยวิธีการอื่นในการเตรียมกากแครอทผงในสูตรเพื่อลดเวลาและค่าใช้จ่าย และอาจศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากแครอทผงมาทดแทนเนยในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อื่น ๆ

4. สรุปผลการทดลอง

เราได้แสดงให้เห็นว่าการใช้กากแครอทผง ในอัตราส่วนกากแครอทต่อน้ำ 1: 6 สำหรับแทนที่เนยขาวในการทำบราวนี่ ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคว่าไม่แตกต่างจากสูตรดั้งเดิม ร้านเบเกอรี่สามารถใช้กากแครอทผง ทดแทนเนยขาวได้ 25% เพื่อลดผลกระทบของการบริโภคเนยขาวต่อสุขภาพ เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและลดต้นทุนการผลิตของบราวนี่

5. เอกสารอ้างอิง

1. กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2543). ผลิตภัณฑ์แครอท. วารสารวิทยาศาสตร์บริการ. 48(152). 32-34
2. วันเพ็ญ แสงทองพินิจ. (2551). โครงงานการผลิตและคุณสมบัติของใยอาหารจากเปลือกส้มโอเพื่อนำมาใช้ในการ ผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
3. ณนนท์ แดงสังวาลย์. (2544). การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
4. อัญชัน ชุณหะหิรัณย์.(2554). การซ้เมล็ดประร่วมกับมอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารทดแทนไขมันในไอศกรีม. มหาวิทยาลัยหอการค้า
5. อุลิสาณ์ พาชีครีพาพล (2552). การใช้วุ้นสำรองทดแทนไขมันในเค้กบราวนี. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
6. Brouwer, I., Wanders, A., Katan, M. (2010). Effect of animal and industrial trans fatty acids on HDL and LDL cholesterol levels in humans--a quantitative review. PLoS One, 5(3): page9434.
7. Steffe, J.F. (1996). Rheological Methods in Food Process Engineering. 2nd Ed. East Lansing, MI: Freeman Press.
8. Pathare, P., Opara, U. and Al-Julanda Al-Said, F. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. Food and Bioprocess Technology. 10.1007/s11947-012-0867-9.
9. Lawless, H. and Heymann, H. (1998). Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. Second Edition. New York, NY: Springer.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์จุฑารัตน์ ใจงาม โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี และรองศาสตราจารย์.ดร.ประภาศรี เทพรักษา ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต สำหรับการให้คำปรึกษา และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย