



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชุดโครงการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ

Research and Development of Healthy Food Products for the Elderly

โครงการวิจัยย่อยที่ 2 การเตรียมผักเพื่อเป็นแหล่งใยอาหาร และเป็นฟังก์ชันนอลฟู้ดส์

สำหรับผู้สูงอายุ

Preparing Vegetables as Source of Dietary Fiber and Functional Food
for The Elderly

หัวหน้าโครงการวิจัย

ดร.สุมิตรา บุญบำรุง

คณะผู้ร่วมวิจัย

ดร.วารุณี วารัญญานนท์

ดร.จุฑา มุกดาสนิท

นางสาวทิพย์ธิดา แก้วตาทิพย์

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พฤษภาคม 2554

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

และผลงานนี้เป็นความรับผิดชอบของผู้วิจัยแต่ผู้เดียว

ปีงบประมาณ 2553

โครงการวิจัยย่อยที่ 2 การเตรียมผักเพื่อเป็นแหล่งใยอาหาร และเป็นฟังก์ชันนอลฟู้ดส์สำหรับ
ผู้สูงอายุ

Preparing Vegetables as Source of Dietary Fiber and Functional Food for
The Elderly

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2553

หัวหน้าโครงการ

นางสาวสุมิตรา บุญบำรุง

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร 02-942-8629-35 ต่อ 504 แฟกซ์ 02-940-6455 มือถือ 086-976-3398

E-mail: ifrstb@ku.ac.th

ผู้ร่วมโครงการ

1) นางสาวทิพย์ธิดา แก้วดาทิพย์

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) นางวารุณี วารัญญานนท์

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) นายจุฑา มุกดาสนิท

คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

ผักเป็นแหล่งใยอาหารและฟังก์ชันนอลฟู้ดส์สำหรับผู้สูงอายุ เนื้อสัมผัสที่แข็งของผักเป็นอุปสรรคในการบริโภคของผู้สูงวัย ผัก 6 ชนิดที่บริโภคเป็นประจำ เช่น แครอท ฟักทอง มันเทศ บร็อคโคลี่ ข้าวโพดฝักอ่อนและถั่วแขกจึงถูกเลือกมาทดลอง ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทดสอบปัจจัยหลายชนิดที่มีผลทำให้ผักนุ่มได้แก่ การให้ความร้อน ความดันและการใช้เอนไซม์ในการแปรรูป จากผลการทดลองพบว่าวิธีที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปฟักทองและมันเทศคือการนึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 30 นาที ส่วนแครอทนึ่งด้วยไอน้ำเพียง 20 นาที สภาวะการแปรรูปที่เหมาะสมสำหรับบร็อคโคลี่คือแช่ในสารละลายกรดซิตริกและเกลือแล้วนึ่งไอน้ำ ข้าวโพดฝักอ่อนและถั่วแขกควรลวกในสารละลายกรดซิตริกและเกลือแล้วนึ่งไอน้ำ อายุการเก็บรักษาของแครอท ฟักทอง และมันเทศหนึ่ง คือ 4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ในขณะที่บร็อคโคลี่ ข้าวโพดฝักอ่อน และถั่วแขกหนึ่ง มีอายุการเก็บรักษา 1 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ผักนุ่มที่ได้รับการยอมรับทั้ง 6 ชนิดมีการศึกษาถึงคุณค่าทางโภชนาการ เช่น β -carotene และ dietary fiber

คำสำคัญ: แครอท ฟักทอง มันเทศ ข้าวโพดฝักอ่อน บร็อคโคลี่ ถั่วแขก เอนไซม์ ความดัน การนึ่ง เบต้า-แคโรทีน ใยอาหาร

Abstract

Vegetables are a source of fiber and functional food for elderly people; however the hard texture of the make them difficult to eat. Commonly eaten vegetables -carrot, pumpkin, sweet potato, broccoli, baby corn and French bean- were selected for the experiment. Factors affecting vegetable softness such as heating, pressure and enzyme treatments were examined. The best conditions to soften pumpkin and sweet potato were steaming for 30 min, while carrot should be steamed for 20 min. Suitable processing for broccoli involved soaking in salt and citric acid solution before steaming whereas baby corn and French bean should be blanched in salt and citric acid solution before steaming. The shelf life of steamed carrot, pumpkin and sweet potato was 4 weeks at $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ while the shelf life of steamed broccoli, baby corn and French bean was 1 week. All acceptably softened vegetables were determined for nutritive values such as β -carotene and dietary fiber.

Key words: carrot, pumpkin, sweet potato, baby corn, broccoli, French bean, enzyme, pressure, steaming, β -carotene, dietary fiber

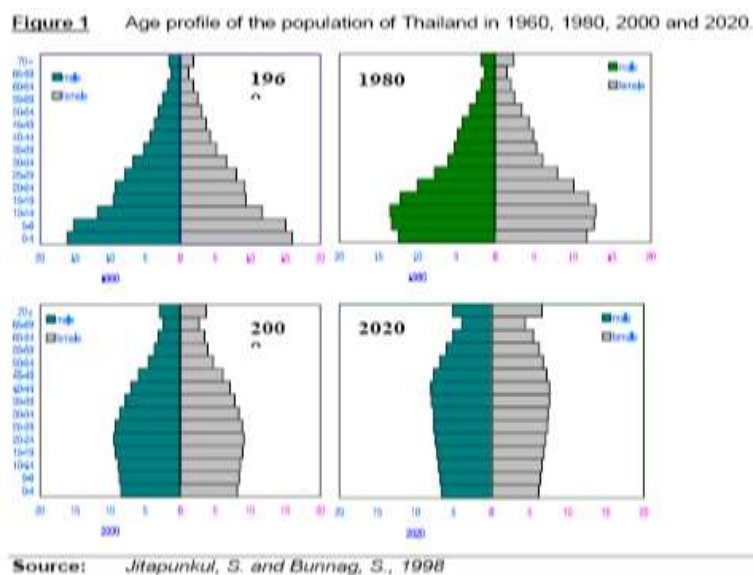
บทที่ 1

บทนำ

ข้อมูลประชากรในประเทศไทย จากบทความเรื่อง Older Population and Health

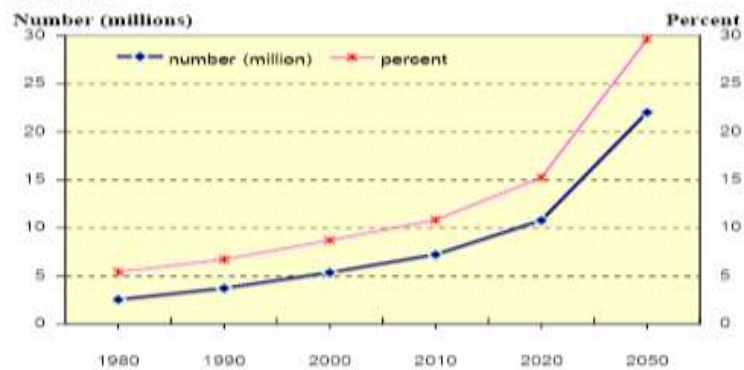
System: A profile of Thailand

(http://www.who.int/ageing/projects/intra/phase_one/alc_intra1_cp_thailand.pdf) รูปที่ 1-4 จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของประชากรกำลังปรับเปลี่ยนไปสู่สังคมผู้สูงอายุมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับภาพรวมของประชากรโลกก็เป็นเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 1 Age profile of the population of Thailand in 1960, 1980, 2000 and 2020.

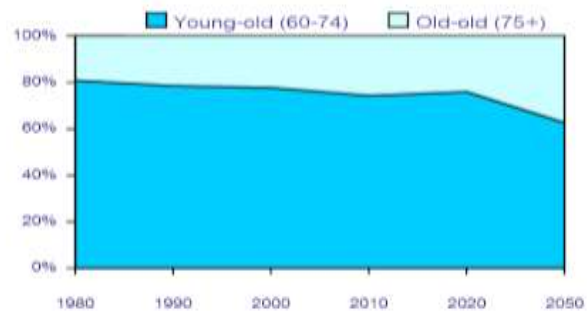
Figure 2 Linear graph of total number and percent of the older population in Thailand, 1980 - 2050.



Source: Calculated from data provided by the United Nations, 1999b

ภาพที่ 2 Linear graph of total number and percentage of the older population in Thailand, 1980-2050.

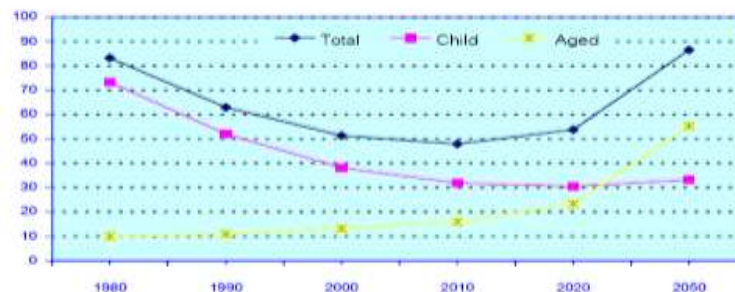
Figure 3 Characteristics of the young olds and the old olds – Area graph 100% stack.



Source: Calculated from data provided by the United Nations, 1999b

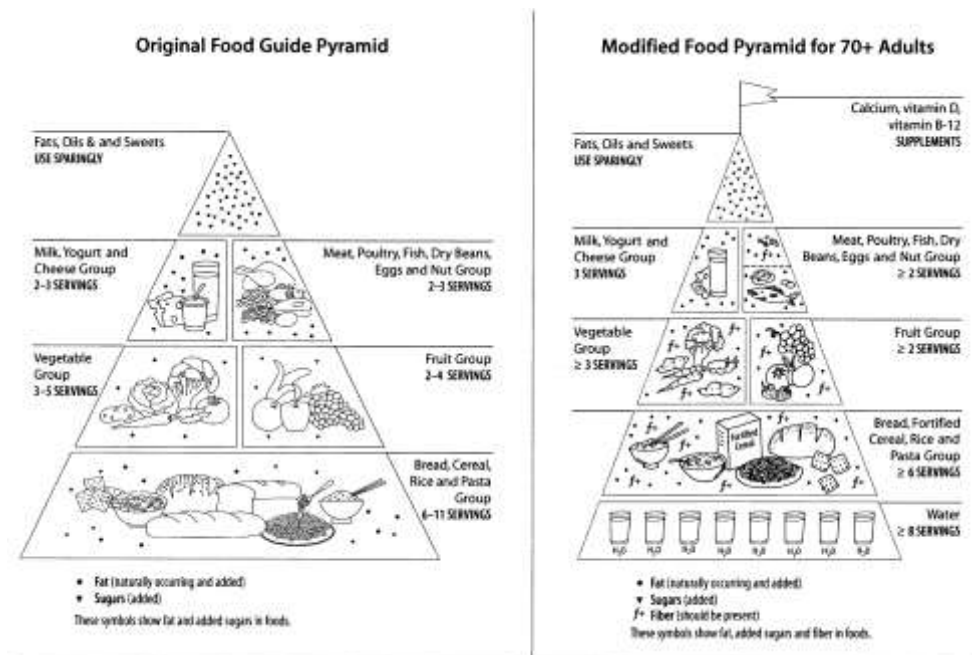
ภาพที่ 3 Characteristics of the young olds and the old olds-Area graph 100% stack.

Figure 4 Total, child and aged dependency ratios of Thailand.



Source: Calculated from data provided by the United Nations, 1999b

ภาพที่ 4 Total, child and aged dependency ratios of Thailand.



ภาพที่ 5. สัดส่วนของอาหารที่ควรได้รับในแต่ละวัน

จากข้อมูลประชากรในประเทศไทย จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของประชากร กำลังปรับเปลี่ยนไปสู่สังคมผู้สูงอายุมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับภาพรวมของประชากรโลกที่เป็นเช่นเดียวกัน เพื่อให้ประชากรผู้สูงอายุมีสุขภาพดี จึงควรดูแลเรื่องอาหารการกินให้เหมาะสม กับความต้องการของร่างกายเพื่อที่จะช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ และสร้างเซลล์ใหม่ทดแทนเซลล์เก่าเพื่อให้มีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรง ดังนั้น การดูแลเรื่องอาหารการกินในผู้สูงอายุเป็นสิ่งสำคัญ อาหารถ้าเลือกรับประทานให้เหมาะสมก็มีคุณสมบัติเป็นยาได้ด้วย ผัก ผลไม้เป็นสิ่งที่ร่างกายต้องการเนื่องจากมีบทบาทช่วยให้ระบบการขับถ่ายในร่างกายเป็นปกติและช่วยขจัดสารพิษที่ร่างกายได้รับ รวมทั้งมีสารสำคัญที่ทำให้ระบบต่างๆของร่างกายทำงานได้เป็นปกติ เช่น วิตามิน แร่ธาตุ และสารไฟโตเคมีคอลสำคัญอื่นๆ ที่ช่วยป้องกันการเกิดโรค ช่วยลดและรักษาโรคบางอย่างได้ด้วย เช่น ช่วยโรคมะเร็ง ช่วยลดไขมันในเลือด ช่วยลดอุบัติการณ์ของโรคหลอดเลือดหัวใจ ช่วยลดความดันโลหิตสูงลงได้ ช่วยป้องกันโรคกรดไหลย้อนที่เกิดจากกรดไหลย้อนและแสบกระเพาะ เนื่องจากการแบ่งได้ คนที่กินผัก ผลไม้น้อยจะเป็นได้ตั้งอีกเสบและมะเร็งลำไส้ใหญ่มากกว่าคนที่นิยมกินผัก ผลไม้ที่มีไฟเบอร์มาก

ปัญหาการบริโภคผัก และผลไม้ของผู้สูงอายุก็คือ ไม่สามารถเคี้ยวผักสดหรือผลไม้ที่แข็งได้จึงควรมีการคิดแปลงการประกอบอาหารประเภทผัก และผลไม้ให้มีลักษณะอ่อนนุ่ม เคี้ยวได้ง่าย เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถบริโภคได้สะดวกขึ้น ก็เป็นอีกทางหนึ่ง ที่ช่วยให้ผู้สูงอายุได้รับใยอาหารเพิ่มขึ้น ผู้สูงอายุไม่ควรกินผักดิบเพราะย่อยยากทำให้ท้องอืดได้ จากงานวิจัย ในการสำรวจความเห็นของผู้สูงอายุต่อคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของผัก ผลไม้ในประเทศฟินแลนด์และอังกฤษ พบว่าผู้สูงอายุมีความต้องการในด้านความพร้อมที่จะนำไปบริโภคได้ง่าย ผ่านการเตรียมมาเบื้องต้นบ้าง มีเนื้อสัมผัสที่เคี้ยว บด กัดง่าย ผัก ผลไม้มักจะมีสารเยื่อใยทำให้ทั้งแข็งและบดเคี้ยวยาก ซึ่งเป็นปัญหาแก่ผู้สูงอายุในการรับประทานทำให้ต้องมีการเตรียม ซึ่งค่อนข้างยุ่งยาก ในส่วนของผลไม้ นอกจากจะมีเปลือก และเมล็ดก็เป็นอีกปัญหาที่พบ

ปัจจุบันประชากรไทยนับวันจะมีอายุขัยเพิ่มขึ้น โดยคนไทยมีอายุเฉลี่ยเพียง 47 ปี ในช่วงปี ค.ศ. 1950-1955 และจะเพิ่มขึ้นเป็น 75.3 ปี ในช่วงปี ค.ศ. 2020-2025 ตามการคาดการณ์ขององค์การสหประชาชาติ เมื่อปี ค.ศ. 1996 ขณะเดียวกันประชากรผู้สูงอายุก็มีค่าใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาลมากที่สุดพบว่าความพิการเรื้อรังหลายชนิดในผู้สูงอายุ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมในการดำเนินชีวิตที่ไม่เหมาะสมในช่วงวัยกลางคน ดังนั้นการเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่วัยผู้สูงอายุจึงต้องมีการส่งเสริม ซึ่งแท้จริงแล้วควรเริ่มตั้งแต่วัยก่อนเข้าสู่วัยสูงอายุ นอกจากปัจจัยด้านสุขภาพทั้งทางกายและใจแล้ว การเตรียมความพร้อมเพื่อให้เป็นผู้สูงอายุที่มีคุณภาพชีวิตที่ดี ยังต้องประกอบไปด้วยปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น การสร้างความมั่นคงในการดำเนินชีวิตในช่วงสูงอายุ และการมีส่วนร่วมในครอบครัวและสังคมในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ

สำหรับประเด็นการเตรียมความพร้อมด้านสุขภาพ มีเรื่องที่ต้องคำนึงถึงในการส่งเสริมสุขภาพป้องกันโรคต่างๆ หลายเรื่อง ภาวะโภชนาการที่ไม่เหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะดังกล่าวควรเน้นให้มีการได้รับสารอาหารที่มีความหลากหลายในแต่ละวัน ไม่รับประทานจำเจอยู่แต่อาหารที่ประกอบขึ้นจากสารอาหารไม่กี่ชนิด ซึ่งอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ผู้สูงอายุไม่สามารถรับประทานอาหารได้หลากหลาย คือการมีสุขภาพในช่องปากที่ไม่ดี เช่น การมีโรคฟันผุ โรคเหงือก และฟันหลุดร่วงจนไม่สามารถเคี้ยวอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงรับประทานแต่อาหารอ่อน ทำให้ขาดสารอาหารหลายชนิดที่จำเป็น เช่น วิตามินหลายชนิดในอาหารจะสูญเสียไปกับความร้อนในการปรุงอาหาร เพื่อทำให้

อาหารอ่อนและนิ่มจนตัวเองรับประทานได้ รวมทั้งการที่ไม่สามารถจัดหาอาหารที่มีความหลากหลายได้ เช่นผู้ที่อยู่ตัวคนเดียวและไม่สามารถเดินไปซื้ออาหารนอกบ้านได้สะดวก ผู้ที่ช่วยเหลือตัวเองไม่ได้ ญาติหรือผู้ดูแลจึงควรคำนึงถึง ความสำคัญของปริมาณและความหลากหลายของอาหารที่ผู้สูงอายุควรได้รับในแต่ละวัน

ผู้สูงอายุควรรับประทานอาหารจำพวกใดบ้าง เพื่อช่วยถนอมรักษาสุขภาพปากและฟัน ทั้งในวัยกำลังเจริญเติบโตและวัยสูงอายุจำเป็นต้องได้รับอาหารครบ 5 หมู่ ดังในรูปที่ 5 (Russell et al.1999) ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ผักและผลไม้ เพื่อใช้อาหารเหล่านี้เป็นพลังงานและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของอวัยวะในร่างกายและเพื่อต่อสู้กับโรคประจำตัวด้วย เพราะผู้สูงอายุมักมีโรคประจำตัวกันแทบทุกคน รุนแรงบ้าง ไม่รุนแรงบ้าง ดังนั้น อาหารจำพวกผัก และผลไม้จึงเป็นสิ่งจำเป็นและมีประโยชน์ต่อร่างกาย จะช่วยให้ระบบย่อยอาหารทำงานได้ดี เพราะมีกากใยช่วยให้ขับถ่ายง่าย ไม่เกิดปัญหาโรคกระเพาะอาหาร หรือโรคลำไส้ โรคในช่องปาก เหงือก และฟัน

อาหารสำหรับผู้สูงวัยนอก จากต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการ ที่ต้องสนองตอบความต้องการของร่างกายที่ต้องการใช้ เพื่อซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ และ ชะลอการเสื่อมของเซลล์ต่างๆแล้วคุณลักษณะด้านต่างๆไม่ว่าจะเป็นกลิ่นรส สีสัมผัส และความอ่อนนุ่มของอาหาร เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาด้วยเนื่องจากสภาพร่างกายที่อาจไม่เอื้ออำนวยให้รับประทานได้เหมือนในอดีตที่ผ่านมา การแปรรูปอาหารหรือขั้นตอนการเตรียมอาหารเพื่อนำมาบริโภค หรือนำไปแปรรูปขึ้นต่อไปจึงเป็นเรื่องที่สมควรให้หยิบยกขึ้นมาพิจารณา

Functional food (ฟังก์ชันนอล ฟู้ดส์) หมายถึง อาหารหรือสารอาหารชนิดใดๆ ก็ได้ที่อยู่ในรูปธรรมชาติ หรือแปรรูปเพื่อให้ประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกเหนือจากประโยชน์ที่ได้รับจากสารอาหารที่รับประทานกันในชีวิตประจำวัน ฟังก์ชันนอล ฟู้ดส์ ไม่ใช่ยา แต่รับประทานร่วมกับมื้ออาหารได้และให้ผลต่อระบบการทำงานของร่างกายในการป้องกันโรคบางชนิด หรือเพิ่มภูมิคุ้มกันโรค เพื่อเสริมสร้างสุขภาพที่ดีได้ อาหารที่จัดว่าเป็นฟังก์ชันนอล ฟู้ดส์ มีหลากหลายประเภทด้วยกัน อาทิ "แครอท" ซึ่งมีเบต้าแคโรทีน ช่วยป้องกันมะเร็ง และทำหน้าที่ช่วยลดคอเลสเตอรอลอิสระในร่างกายด้วย (Eskin and Tamir 2006; Shi 2007)

ในสภาวะปัจจุบันจำนวนของผู้สูงวัยมีเพิ่มขึ้น จากการที่มีสาธารณสุขดีขึ้นจึงทำให้ประชากรของโลกมีอายุขัยเพิ่มขึ้น และด้วยเวลาในการดำเนินชีวิตที่รีบเร่งในปัจจุบัน เรื่องของอาหาร

ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่มีความเหมาะสมกับวัย และสะดวกในการเตรียม จึงทำให้มีความสนใจในการจะนำเอาความรู้และเทคโนโลยีมาผนวกกันเข้า เพื่อใช้เตรียมผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีต่อสุขภาพร่างกายของผู้สูงวัย ซึ่งมีความต้องการ ทั้งทางด้าน สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัสของผักที่อ่อนนุ่ม อุดมไปด้วยสารไฟโตเคมีคอลซึ่งทำให้ผักหลายชนิดเป็น **ฟังก์ชันนอล ฟู้ดส์** นอกจากจะประกอบไปด้วยสารเชื้อใยที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในการขับถ่าย แล้วยังมีสารไฟโตเคมีคอลที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและป้องกันโรคบางชนิด หรือเพิ่มภูมิคุ้มกันโรค เพื่อเสริมสร้างสุขภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) ศึกษาผลของการเตรียมแครอท (carrot), ฟักทอง(pumpkin), มันเทศ(sweet potato), บร็อกโคลี่ (broccoli), ข้าวโพดฝักอ่อน (baby corn) และ ถั่วแขก (green bean) โดยใช้เอนไซม์ และผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย
- 2) ศึกษาผลของการปรับสภาพความดันและอุณหภูมิ ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและลักษณะทางเคมีกายภาพของผักนุ่มชนิดต่างๆและผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย
- 3) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณสารอาหารสำคัญของตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมในสถานะที่กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายให้การยอมรับ

ขอบเขตของการวิจัย

- 1) ดำเนินการเตรียมผักนุ่มชนิดต่างๆ โดยการปรับสภาพด้วย enzyme (pectinase; cellulase) และใช้ความร้อนร่วมกับความดัน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มเหมาะสมกับผู้สูงอายุ
- 2) ดำเนินการทดสอบการยอมรับลักษณะปรากฏต่างๆทั้ง รูปร่าง สี กลิ่น รสชาติของผักนุ่ม จากกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย
- 3) ดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพอื่นๆของผักนุ่มที่เตรียมได้ โดยทำการศึกษาคูณสมบัติทางประสาทสัมผัสต่างๆเช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ เช่น β -carotene, lutein, phenolic compounds และ dietary fiber เป็นต้น

- 4) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านเคมี กายภาพของผลิตภัณฑ์ที่เก็บในสภาวะแช่แข็ง(Freezing) และแช่เย็น (Chilling)

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้ประชากรผู้สูงอายุมีสุขภาพดี จึงควรดูแลเรื่องอาหารการกินให้เหมาะสม กับความต้องการของร่างกายเพื่อที่จะช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอและสร้างเซลล์ใหม่ทดแทนเซลล์เก่า เพื่อให้มีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรง ดังนั้นการดูแลเรื่องอาหารการกินในผู้สูงอายุเป็นสิ่งสำคัญ อาหาร ถ้าเลือกรับประทานให้เหมาะสมก็มีคุณสมบัติเป็นยาได้ด้วย ผัก ผลไม้เป็นสิ่งที่ร่างกายต้องการ เนื่องจากมีบทบาทช่วยให้ระบบการขับถ่ายในร่างกายเป็นปกติและช่วยขจัดสารพิษที่ร่างกายได้รับ รวมทั้งมีสารสำคัญที่ทำให้ระบบต่างๆของร่างกายทำงานได้เป็นปกติ เช่น วิตามิน แร่ธาตุ และสาร ไฟโตเคมีคอลสำคัญอื่นๆ ที่ช่วยป้องกันการเกิดโรค ช่วยลดและรักษาโรคบางอย่างได้ด้วย เช่น ช่วย ให้โรคเบาหวานทุเลา ช่วยลดไขมันในเลือด ช่วยลดอุบัติการณ์ของโรคหลอดเลือดหัวใจ ช่วยลดความดันโลหิตสูงลงได้ ช่วยป้องกันโรคริดสีดวงทวารที่เกิดจากหลอดเลือดดำในทวารขยายและแตกปริ เนื่องจากการเบ่งได้ คนที่กินผัก ผลไม้น้อยจะเป็นไส้ติ่งอักเสบและมะเร็งลำไส้ใหญ่มากกว่าคนที่นิยม กินผัก ผลไม้ที่มีไฟเบอร์มาก

ปัญหาการบริโภคผัก และผลไม้ของผู้สูงอายุก็คือ ไม่สามารถเคี้ยวผักสดหรือผลไม้ที่ แข็งได้จึงควรมีการคิดแปรรูปการประกอบอาหารประเภทผัก และผลไม้ให้มีลักษณะอ่อนนุ่ม เคี้ยวได้ ง่าย เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถบริโภคได้สะดวกขึ้น ก็เป็นอีกทางหนึ่ง ที่ช่วยให้ผู้สูงอายุได้รับใยอาหาร เพิ่มขึ้น ผู้สูงอายุไม่ควรกินผักดิบเพราะย่อยยากทำให้ท้องอืดได้ จากงานวิจัย ในการสำรวจความเห็น ของผู้สูงอายุต่อคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของผัก ผลไม้ในประเทศฟินแลนด์และอังกฤษ พบว่า ผู้สูงอายุมีความต้องการในด้านความพร้อมที่จะนำไปบริโภคได้ง่าย ผ่านการเตรียมมาเบื้องต้นบ้าง มี เนื้อสัมผัสที่เคี้ยว บด กัดง่าย ผัก ผลไม้มักจะมีสารเยื่อใยทำให้ทั้งแข็งและบดเคี้ยวยากซึ่งเป็นปัญหา แก่ผู้สูงอายุในการรับประทานทำให้ต้องมีการเตรียม ซึ่งค่อนข้างยุ่งยาก ในส่วนของผลไม้ นอกจากจะมีเปลือก และเมล็ดก็เป็นอีกปัญหาที่พบ

ปัจจุบันประชากรไทยนับวันจะมีอายุขัยเพิ่มขึ้น โดยคนไทยมีอายุเฉลี่ยเพียง 47 ปี ในช่วงปี ค.ศ. 1950-1955 และจะเพิ่มขึ้นเป็น 75.3 ปี ในช่วงปี ค.ศ. 2020-2025 ตามการคาดการณ์ของ องค์การสหประชาชาติ เมื่อปี ค.ศ. 1996 ขณะเดียวกันประชากรผู้สูงอายุก็มีค่าใช้จ่ายด้านการ รักษาพยาบาลมากที่สุดพบว่าความพิการเรื้อรังหลายชนิดในผู้สูงอายุมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมใน การดำเนินชีวิตที่ไม่เหมาะสมในช่วงวัยกลางคน ดังนั้นการเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่วัยสูงอายุจึง ต้องมีการส่งเสริม ซึ่งแท้จริงแล้วควรเริ่มตั้งแต่วัยก่อนเข้าสู่วัยสูงอายุ นอกจากปัจจัยด้านสุขภาพทั้ง ทางกายและใจแล้ว การเตรียมความพร้อมเพื่อเป็นผู้สูงอายุที่มีคุณภาพชีวิตที่ดี ยังต้องประกอบไป ด้วยปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น การสร้างความมั่นคงในการดำเนินชีวิตในช่วงสูงอายุ และการมีส่วนร่วม ในครอบครัวและสังคมในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ

สำหรับประเด็นการเตรียมความพร้อมด้านสุขภาพมีเรื่องที่ต้องคำนึงถึงในการ ส่งเสริมสุขภาพป้องกันโรคต่างๆ หลายเรื่อง ภาวะโภชนาการที่ไม่เหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะ ดังกล่าวควรเน้นให้มีการได้รับสารอาหารที่มีความหลากหลายในแต่ละวัน ไม่รับประทานจำเจอยู่แต่ อาหารที่ประกอบขึ้นจากสารอาหารไม่กี่ชนิด ซึ่งอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ผู้สูงอายุไม่สามารถ รับประทานได้หลากหลาย คือการมีสุขภาพในช่องปากที่ไม่ดี เช่น การมีโรคฟันผุ โรคเหงือก และฟัน หลุดร่วงจนไม่สามารถเคี้ยวอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงรับประทานแต่อาหารอ่อน ทำให้ขาด สารอาหารหลายชนิดที่จำเป็น เช่น วิตามินหลายชนิดในอาหารจะสูญเสียไปกับความร้อนในการปรุง อาหาร เพื่อทำให้อาหารอ่อนและนุ่มจนตัวเองรับประทานได้ รวมทั้งการที่ไม่สามารถจัดหาอาหารที่มี ความหลากหลายได้ เช่นผู้ที่อยู่ตัวคนเดียวและไม่สามารถเดินไปซื้ออาหารนอกบ้านได้สะดวก ผู้ที่ ช่วยเหลือตัวเองไม่ได้ ญาติหรือผู้ดูแลจึงควรคำนึงถึง ความสำคัญของปริมาณและความหลากหลาย ของอาหารที่ผู้สูงอายุควรได้รับในแต่ละวัน

ผู้สูงอายุควรรับประทานอาหารจำพวกใดบ้าง เพื่อช่วยถนอมรักษาสุขภาพปากและ ฟัน ทั้งในวัยกำลังเจริญเติบโตและวัยสูงอายุจำเป็นต้องได้รับอาหารครบ 5 หมู่ ได้แก่ โปรตีน คาร์ โบไฮเดรต ไขมัน ผักและผลไม้ เพื่อใช้อาหารเหล่านี้เป็นพลังงานและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรบของ อวัยวะในร่างกายและเพื่อต่อสู้กับโรคประจำตัวด้วย เพราะผู้สูงอายุก็มีโรคประจำตัวกันแทบทุกคน รุนแรงบ้าง ไม่รุนแรงบ้าง ดังนั้น อาหารจำพวกผัก และผลไม้จึงเป็นสิ่งจำเป็นและมีประโยชน์ต่อ

ร่างกาย จะช่วยให้ระบบย่อยอาหารทำงานได้ดี เพราะมีกากใยช่วยให้ขับถ่ายง่าย ไม่เกิดปัญหาโรคกระเพาะอาหาร หรือโรคลำไส้ โรคในช่องปาก เหงือก และฟัน

อาหารสำหรับผู้สูงวัยนอกจากต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการที่ต้องสนองตอบความต้องการของร่างกายที่ต้องการใช้เพื่อซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ และชะลอการเสื่อมของเซลล์ต่างๆ แล้วคุณลักษณะด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นกลิ่นรส สี สันและความอ่อนนุ่มของอาหารเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาด้วยเนื่องจากสภาพร่างกายที่อาจไม่เอื้ออำนวยให้รับประทานได้เหมือนในอดีตที่ผ่านมา การแปรรูปอาหารหรือขั้นตอนการเตรียมอาหารเพื่อนำมาบริโภค หรือนำไปแปรรูปขึ้นต่อไปจึงเป็นเรื่องที่สมควรให้หยิบยกขึ้นมาพิจารณา

สารอาหารมีความจำเป็นต่อร่างกายเป็นอย่างมาก ดังนั้นขั้นตอนการเตรียมอาหารควรได้มีการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมผักที่มีคุณภาพทั้งทางเคมี กายภาพและปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ ตลอดจนได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายต่อลักษณะปรากฏทั้งด้าน สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส เนื่องมาจากผู้บริโภคผู้สูงวัยที่มีข้อจำกัดทางด้านการรับประทานอาหารซึ่งจะพิจารณาจากลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มเป็นอันดับแรก นอกจากลักษณะปรากฏด้านอื่นรองลงไป อาจเนื่องมาจากความเสื่อมถอยของต่อมรับรสและสายตา ตลอดจนสภาพร่างกายที่ผลิตน้ำย่อยออกมาย่อยอาหารที่บริโภคเข้าไปได้น้อยลงตามอายุหรือสภาพร่างกายแต่ละคน(ขึ้นกับชนิดของโรคภัยไข้เจ็บ) ดังนั้นลักษณะปรากฏด้านอื่นๆต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์จึงเป็นลำดับรองลงมาจากลักษณะเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มซึ่งจะมีผลต่อการย่อยได้ง่ายด้วยเมื่อรับประทานแล้วไม่แน่น อืด จุกเสียด ในขณะที่เดียวกันยังประกอบไปด้วย สารไฟโตเคมีคอล ที่มีประโยชน์อยู่เป็นจำนวนมากด้วย

แครอท มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Daucus carota* L. subsp. sativus เป็นผักที่ได้รับการความนิยมบริโภคกันแพร่หลายในประเทศไทย แครอทมีสาร phytonutrients ที่สำคัญ คือ lutein and β -carotene ซึ่งเป็น carotenoids ชนิดหนึ่งที่พบได้ในผักและผลไม้หลายชนิด โดยที่ lutein เป็น precursors ที่สำคัญที่สุดของ provitamin A ในขณะที่ β -carotene ช่วยในเรื่องของการมองเห็น อีกทั้งยังระบุด้วยว่า lutein and β -carotene มีคุณสมบัติเป็น antioxidants ที่มีศักยภาพมากในการชะลอการชราภาพ การเกิดมะเร็งและโรคอื่นๆ (Watson 2003; Eskin and Tamir 2006; Anonymous 2009)

ข้าวโพดอ่อน มีชื่อสามัญ คือ Baby Corn และชื่อวิทยาศาสตร์ : *Zea mays* Linn. ตามรายงานคุณค่าทางอาหาร (แสง โสม 2544) ข้าวโพดอ่อน 100 กรัม ให้พลังงาน 33 กิโลแคลอรี

ประกอบด้วย โปรตีน 2.3 กรัม ไขมัน 0.3 กรัม ไฟเบอร์ 2.1 กรัม แคลเซียม 4 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 25 มิลลิกรัม เหล็ก 0.5 มิลลิกรัม เบต้า-แคโรทีน 12 ไมโครกรัม ไทอะมิน 0.13 มิลลิกรัม ไนอะซิน 0.4 มิลลิกรัม วิตามินซี 23 มิลลิกรัม ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกข้าวโพดอ่อนเป็นรายใหญ่ของโลก โดยปี 2548-2549 ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดอ่อน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 2,405 และ 1,880 ล้านบาท ตามลำดับ (กรมการค้าระหว่างประเทศ 2549)

บร็อกโคลี่มีชื่อสามัญ คือ Broccoli และชื่อวิทยาศาสตร์ : *Brassica oleracea* var. *italica* ตามรายงานคุณค่าทางอาหาร (แสงโสม 2544) พบว่าบร็อกโคลี่ 100 กรัม ให้พลังงาน 33 กิโลแคลอรี ประกอบด้วย เส้นใย 1.3 กรัม โปรตีน 2.7 กรัม ไขมัน 0.3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 3.7 กรัม แคลเซียม 10 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 44 มิลลิกรัม เหล็ก 1.2 มิลลิกรัม ไนอะซิน 2.8 มิลลิกรัม วิตามินบี1 0.05 มิลลิกรัม วิตามินบี2 0.23 มิลลิกรัม วิตามินซี 183 มิลลิกรัม วิตามินเอ 292 ไมโครกรัม โดยมีสรรพคุณทางยาตามรายงานของ Solowiej, Solowiej et al. 2006; Qin 2007; Clarke, Dashwood et al. 2008; Yanaka, Fahey et al. 2009 บร็อกโคลี่มีสารซัลเฟอร่าเฟนช่วยต้านการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งปอด มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งเต้านม ลดความเสี่ยงของการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ ป้องกันการแข็งตัวของเกล็ดเลือด ช่วยให้หลอดเลือดมีความยืดหยุ่น ป้องกันโรคไขข้ออักเสบ โรคตาต้อในคนแก่ โรคเบาหวาน ลดโคเลสเตอรอล ลดความดันโลหิต และช่วยป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน

ถั่วแขกมีชื่อสามัญ คือ French Bean และมีชื่อวิทยาศาสตร์ : *Phaseolus vulgaris* L. พบว่าคุณค่าทางอาหาร ของถั่วแขก 100 กรัม ให้พลังงาน 27 กิโลแคลอรี ประกอบด้วย โปรตีน 1.9 กรัม ไขมัน 0.1 กรัม คาร์โบไฮเดรต 5.5 กรัม แคลเซียม 78 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 45 มิลลิกรัม เหล็ก 3.8 มิลลิกรัม วิตามินบี1 0.07 มิลลิกรัม วิตามินบี2 0.09 มิลลิกรัม ไนอะซิน 0.6 มิลลิกรัม วิตามินซี 32 มิลลิกรัม วิตามินเอ 60 ไมโครกรัม นอกจากนี้ มีสรรพคุณทางยา ถั่วแขกเหมาะสำหรับคนเป็นโรคเบาหวาน เนื่องจากช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (Pari and Venkateswaran 2003; Pari and Venkateswaran 2003; Obiro, Zhang et al. 2008)

นักโภชนาการเล็งเห็นถึงความสำคัญในเรื่องโภชนาการของผู้สูงอายุ จึงแนะนำให้รับประทานผักที่อุดมไปด้วยสารสำคัญต่างๆที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย แต่สิ่งสำคัญที่ผู้สูงอายุประสบคือไม่สามารถที่จะรับประทานได้เนื่องจากลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่อำนวยความสะดวกแก่กลุ่มคนเหล่านี้บริโภคได้ง่ายนัก ดังนั้น โครงการนี้จึงนำเอาเทคโนโลยีการใช้ความร้อน ความดันและการนำเอาเอนไซม์มาใช้เพื่อเตรียมให้ผักมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหมาะสมกับผู้สูงอายุ เพื่อช่วยเพิ่มกากใยอาหารนอกจากได้รับสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อระบบต่างๆภายในร่างกาย ผักที่นำมาศึกษานำร่องในปีแรกคือ แครอท ฟักทอง และมันเทศ ซึ่งเป็นผักที่มี β -carotene ในปริมาณสูง ด้วยลักษณะของผักที่ผู้สูงวัยรับประทานได้ยากเนื่องมาจากลักษณะเนื้อสัมผัสไม่เอื้อต่อการบริโภคนั่นเอง ซึ่งในทางปฏิบัติปัจจุบันการเตรียมผักผลไม้ให้กับผู้สูงอายุ ผักจะถูกนำมาต้ม ตู้นจนเปื่อยยุ่ย ซึ่งกรรมวิธีดังกล่าวจะมีผลต่อสารอาหารที่มีประโยชน์ซึ่งไม่ทนต่อสภาวะในการเตรียมที่ให้ความร้อนสูง เป็นเวลานาน ดังนั้นการนำเอาเอนไซม์มาใช้ร่วมด้วยน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ควรศึกษา

การนำเอาเอนไซม์มาผนวกใช้ในการปรับลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และลักษณะทางประสาทสัมผัสอื่นๆ ข้อจำกัดในการนำเอาเอนไซม์มาใช้คือขนาดของเอนไซม์ เพื่อให้เข้าถึงเนื้อเยื่อได้ง่าย จึงมีการใช้ความดันและการปรับสภาวะให้เหมาะสมเช่น การปรับสภาพสูญญากาศร่วมด้วย (Baker and Wicker 1996) และการนำเทคนิคต่างๆมาช่วยให้เอนไซม์เข้าถึงเนื้อเยื่อของพืชเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุ จึงเป็นเรื่องที่หยิบยกขึ้นมาศึกษาในงานนี้

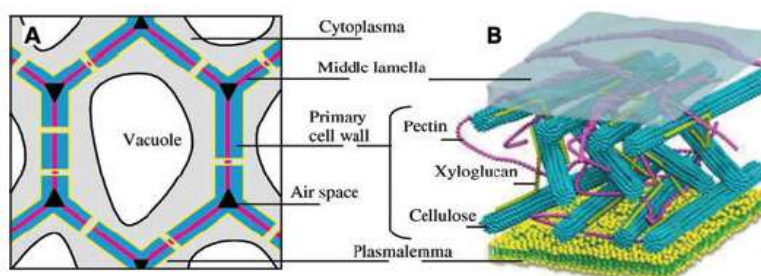
ตารางที่ 1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของแครอท ฟักทอง และมันเทศ

ชนิดผัก	คุณค่าทางโภชนาการของผักต่อ 100g ของส่วนที่รับประทานได้		
	Fiber (gram)	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Lutein/Zeaxanthin ($\mu\text{g}/100\text{g}$)
แครอท	1.0 ^a	6994 ^b	729 ^b
ฟักทอง	1.0 ^a	1300-7400 ^d	80-7100 ^d
มันเทศ	0.9 ^c	2606 ^b	ไม่สามารถตรวจวัดได้
บร็อคโคลี่	1.3 ^a	589 ^b	1962 ^b
ข้าวโพดอ่อน	2.1 ^a	12 ^a	ไม่สามารถตรวจวัดได้
ถั่วแขก	1.0 ^a	393 ^c	ไม่สามารถตรวจวัดได้

^a-(แสงโสม 2544), ^b-(Nunn, Giraud et al. 2006), ^c-(Huang, Tanudjaja et al. 1999), ^d-

(Murkovic, Mulleder et al. 2002), ^e-(Kandlakunta, Rajendran et al. 2008)

ส่วนที่รับประทานได้ของผักโดยทั่วไปจะประกอบด้วย parenchyma โดย parenchyma cell จะประกอบไปด้วย (1) one or more vacuoles, (2) cytoplasm, (3) the plasma membrane, (4) the cell wall, and (5) the middle lamella ดังรูปที่ 6



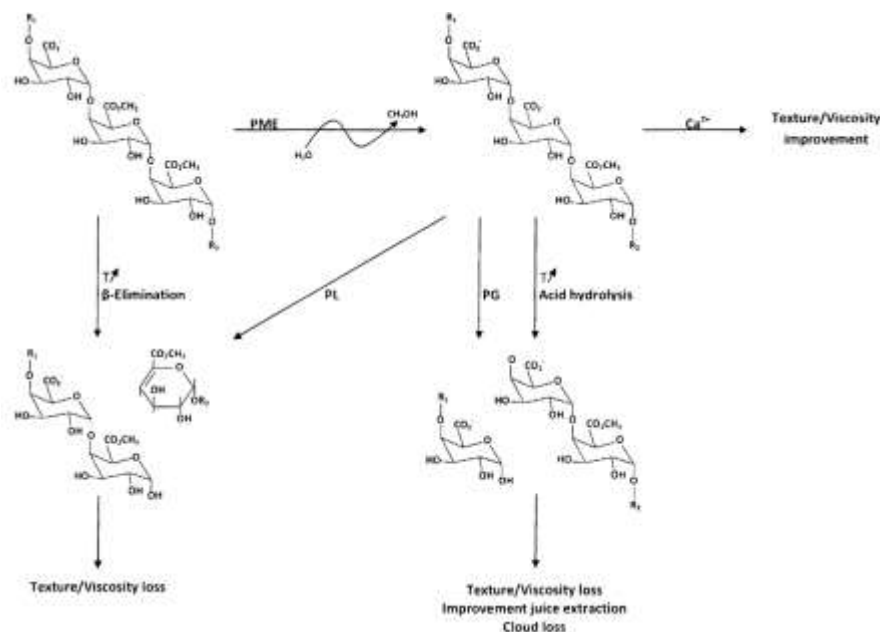
ภาพที่ 6. รูป parenchyma tissue (A) และ รูป plant cell wall (B)

ที่มา:(Van Buggenhout, Sila et al. 2009)

การที่เซลล์ของ cytoplasm เรียงชิดติดกันเป็นจำนวนมากทำให้เกิดเป็น primary cell wall หรือที่เรียกว่า plasmodesmata ขนาด cell wall ของ parenchyma tissue นั้นบาง (0.1-10 μm) แต่มีความแข็งแรง โดยการเรียงชิดติดกันของ cell wall มี middle lamella ที่ทำหน้าที่เหมือนกาวเชื่อมให้ cell wall แต่ละเซลล์ติดกันซึ่ง middle lamella จะประกอบด้วย pectin material เป็นหลัก ความแข็งแรงและเนื้อสัมผัสของผักจะสามารถพิจารณาได้จากคุณสมบัติของ cell wall (Van Buggenhout, Sila et al. 2009)

มีรายงานอธิบายถึง primary cell wall ของ parenchyma tissue ประกอบด้วยส่วนผสมของ cellulose, hemicellulose และ pectin โดยที่ pectin เป็นองค์ประกอบหลักถึง 30% (dry matter) ของ primary cell wall อีกทั้ง pectin เป็นองค์ประกอบหลักของ middle lamella (Sila, Van Buggenhout et al. 2009; Van Buggenhout, Sila et al. 2009)

การแปรรูปมีผลต่อคุณสมบัติของเนื้อสัมผัสของผัก รวมถึงคุณค่าทางอาหารซึ่งบางครั้งทำให้สารสำคัญที่มีส่วนต่อระบบการทำงานของร่างกายในการป้องกันโรคบางชนิด หรือเพิ่มภูมิต้านทานโรคเปลี่ยนแปลงไป ผู้สูงอายุชอบที่จะรับประทานอาหารที่นุ่มและย่อยได้ง่ายดังนั้นวิธีการแปรรูปผักแบบดั้งเดิมคือการต้มหรือลวก สาเหตุที่ทำให้ผักนุ่มได้เนื่องจากความร้อนทำให้ pectin ละลายหรือเกิด depolymerization ส่งผลให้การยึดเกาะติดกันของ cell wall แต่ละเซลล์ลดลงทำให้ผักที่ผ่านการให้ความร้อนจึงนุ่มลงได้ (Waldron, Parker et al. 2003) โดยการให้ความร้อนทำให้เกิด β -elimination reaction กับ pectin ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการนุ่มของผักเมื่อแปรรูปด้วยความร้อนดังรูปที่ 7



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของ pectin อันเนื่องมาจากการแปรรูปซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส : PME = pectin methylesterase, PG = polygalacturonase, T = high temperature, OMe = methoxyl ester ที่มา: (Van Buggenhout, Sila et al. 2009)

ได้มีรายงานวิจัยศึกษาเปรียบเทียบกรรมวิธีการแปรรูปที่มีผลต่อความนุ่ม และสารสำคัญในผัก 3 ชนิดคือ บร็อกโคลี่, แครอท และถั่วแขก โดยใช้การให้ความร้อนจากการเหนียวน้ำด้วยแม่เหล็ก (induction boiling), การต้มด้วยวิธีดั้งเดิม, การนึ่งโดยใช้ไมโครเวฟ จากผลการทดลองพบว่าปริมาณ α -carotene, β -carotene, lutein/zeaxanthin ไม่มีความแตกต่างกันมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างผักที่ให้ความร้อนทั้ง 3 วิธี แต่การต้มด้วยวิธีดั้งเดิมจะทำให้ได้ผักที่นุ่มที่สุด (Nunn, Giraud et al. 2006)

มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของเอนไซม์ polygalacturonase (PG) , pectin methylesterase (PME), cellulase และ β -galactosidase และการอ่อนตัวของเนื้อทุเรียนสุกพบว่าทุเรียนพันธุ์ชะนีมีการอ่อนตัวของเนื้อค่อนข้างเร็วกว่าพันธุ์หมอนทอง สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ soluble solids (SS) , water soluble pectin (WSP) โดยทุเรียนพันธุ์ชะนีที่มีอายุเก็บเกี่ยว 109 วัน มีปริมาณ SS และ WSP สูงกว่าผลที่มีอายุเก็บเกี่ยว 102 วัน รวมทั้งพันธุ์หมอนทองทั้งสองอายุเก็บเกี่ยว การอ่อนตัวของเนื้อและการเพิ่มขึ้นของปริมาณ WSP ของทุเรียนทั้งสองพันธุ์ สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ PG และ PME โดยทุเรียนพันธุ์ชะนีมีกิจกรรมของ เอนไซม์ PG

และ PME สูงกว่าพันธุ์หมอนทอง แต่ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติระหว่าง กิจกรรมของเอนไซม์ PME ของทุเรียนแต่ละพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวต่างกัน การเปลี่ยนแปลง กิจกรรมของเอนไซม์ cellulase ก่อนข้างคองที่ และ β -galactosidase ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัด (จิรา 2538)

Okamoto, T. และคณะ (2004) กล่าวว่าคุณลักษณะของเนื้อสัมผัสของผักจะนุ่มขึ้น และคุณภาพจะเปลี่ยนแปลงไปหลังจากผ่านเครื่อง retort หรือการ freeze และ thaw ซึ่งเป็นปัญหาในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร และรายงานไว้ว่า Pectin methyl esterase (PME) เป็นเอนไซม์ที่นำมาไฮโดรไลซ์ เมทิลเอสเทอร์ของเพคตินซึ่งสามารถทำให้ cell wall ของผักเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นผลให้เนื้อสัมผัสของผักนุ่มขึ้น

เอนไซม์กลุ่ม pectinase ประกอบไปด้วย 1)pectin methylesterase (PME), 2) polygalacturonase (PG), 3) pectate lyase (PL) โดยเอนไซม์กลุ่มนี้มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผักเพราะสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ pectin ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของ middle lamella และ cell wall ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 2 (Van Buggenhout, Sila et al. 2009; ปราณี 2535) มีรายงานว่า PME ใน green bean มีกิจกรรมสูงเมื่อให้ความร้อนแก่ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 65 °C (Anthon and Barrett 2006) ในปัจจุบันได้มีการศึกษาผลของการใช้ความร้อน, เอนไซม์ PME ร่วมกับ CaCl_2 ทำให้ผักมีความแน่นเนื้อสูงขึ้น (Trong, Smout et al. 2006; Van Buggenhout, Lille et al. 2006; Van Buggenhout, Messagie et al. 2006; Sila, Van Buggenhout et al. 2009; ปราณี 2535) การที่เติม Ca^{2+} (divalent ion) แล้วทำให้ผักมีเนื้อสัมผัสที่แน่นขึ้นมีสาเหตุมาจาก Ca^{2+} ไปรวมตัวกับ free carboxyl groups ของ pectin chain (ดังรูปที่ 2) เกิดเป็นโพลีเมอร์โครงข่ายเชื่อมโยงกัน ในทางตรงกันข้ามถ้าใส่ NaCl, ascorbic acid หรือ citric acid เข้าไป ไอออนที่เป็น monovalent ion จะเข้าไปแย่งเกาะที่ free carboxyl groups ของ pectin chain ซึ่งจะไม่ทำให้เกิด polymer ขึ้นมาได้ ส่งผลให้ผักมีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม (Trong, Smout et al. 2006)

primary cell wall ของ parenchyma tissue ในผักประกอบด้วย ส่วนผสมของ cellulose, hemicellulose และ pectin โดยที่ pectin เป็นองค์ประกอบหลักถึง 30% (dry matter) ของ primary cell wall อีกประมาณ 70% ที่เหลือก็คือส่วนประกอบของ cellulose, hemicellulose ดังนั้นการใช้เอนไซม์ cellulase การสลาย cellulose นั้นย่อมมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผักได้เช่นกัน (Sila, Van

Buggenhout et al. 2009; Van Buggenhout, Sila et al. 2009; ปราณิ 2535) มีรายงานการวิจัยใช้ เอนไซม์ cellulase ร่วมกับ pectinase ในการสกัด carotenoid จาก carrot, sweet potato และ orange peel (Cinar 2005) ผลของการใช้เอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดร่วมกันสามารถเพิ่ม yield ในการสกัด carotenoid ได้และpigment นี้จะเกิดพันธะกับprotein ในเซลล์ทำให้เกิดการคงตัวของสี

ปัจจุบันได้มีการใช้ความดันสูงในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผัก จากงานวิจัยพบว่าการใช้ความดันสูงระหว่าง 100-700 MPa ไม่ทำให้ความแน่นเนื้อ (firmness) ของแครอทลดลงเมื่อเทียบกับแครอทสด ในขณะที่การลวกแครอทเพียง 3 นาทีส่งผลให้ความแน่นเนื้อลดลง สาเหตุเนื่องมาจากการใช้ความร้อนทำให้ปริมาณ total pectin ในแครอทลดลงขณะที่การใช้ความดันสูงไม่ส่งผลต่อปริมาณ total pectin ในแครอท (Kato, Teramoto et al. 1997) มีการทดสอบใช้ความดันสูงร่วมกับการใช้อุณหภูมิที่สูงเพื่อลดระยะเวลาในการแปรรูป ส่งผลให้อาหารมีการเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสหรือคุณค่าทางโภชนาการน้อยลง (Sánchez-Moreno, Plaza et al. 2006; Patras, Brunton et al. 2009) มีรายงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าการใช้ความดันที่ 700 MPa ที่ 121 °C นานน้อยกว่า 1 นาที สามารถลดการขยายพันธุ์ของ spore จุลินทรีย์ที่ทนความร้อนเช่น Clostridium และ Bacillus ถึง 10-100 ล้านเท่า (Ahn, Balasubramaniam et al. 2007)

มีการทดลองใช้ความดันสูงที่ระดับ 500-700 MPa ร่วมกับการใช้อุณหภูมิระหว่าง 95-121 °C เพื่อรักษาคุณภาพของเนื้อสัมผัส, สี และปริมาณ carotene ในแครอท ผลวิจัยพบว่าที่อุณหภูมิ 105 °C ที่ 500-700 MPa แครอทมีคุณภาพด้านสีและปริมาณ carotene สูงกว่าการใช้ระบบการให้ความร้อนแบบดั้งเดิม (Nguyen, Rastogi et al. 2007)

จากที่ได้กล่าวมาในเบื้องต้นปัจจัยที่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผักคือ

1) การให้ความร้อน, 2) กิจกรรมของเอนไซม์ และ 3) การใช้ความดัน ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผักแต่ละชนิดซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะใช้ในการศึกษาวิจัยในงานนี้

บทที่ 3

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์

วัตถุดิบ

1. แครอท, พริกทอง, มันเทศ, ข้าวโพดฝักอ่อน, บร็อกโคลี่ และ ถั่วแขก (ซื้อจากตลาดไทและโครงการหลวง)
2. Pectinase (Pectinex Ultra SP-L batch: KRN 05612) และ Cellulase (Celluclast 1.5L batch: CCN 03116) จาก The East Asiatic (Thailand) Public Co., Ltd.

สารเคมี

1. ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง HCl และ NaOH (food grade)
2. ใช้ในการเตรียมบัฟเฟอร์ citric acid และ trisodium citrate (BDH)
3. ใช้ในการวิเคราะห์หา β -carotene (ascorbic acid, 80% KOH, 0.1%BHT, Na₂SO₄, hexane, ethyl acetate, acetonitrile, chloroform, standard β -carotene (Wako))
4. ใช้ในการวิเคราะห์หา dietary fiber (phosphate buffer, α -amylase, protease, amyloglucosidase, 0.325N HCl, 0.275N NaOH, 95% Et OH, Acetone, Celite)

เครื่องมือ

1. หม้อแรงดัน FAGOR ระดับความดันที่ใช้ 1.05 บาร์
2. หม้อหุงข้าว SHARP 10 ลิตร(หม้อนั่งไอน้ำ)
3. เตามแม่เหล็กไฟฟ้า House Worth (HW-4170)
4. Desiccator พร้อมชุดปรับความดันที่ 600 มิลลิบาร์
5. ตู้แช่ SANYO (SBC-339KD) ควบคุมอุณหภูมิที่ $4\pm 2^{\circ}\text{C}$
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก SARTORIUS, CF-3202S (Scientific Promotion Co., Ltd.)
7. เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส TA.XT. Plus Texture Analyser (Charpa Techcenter Co., Ltd.)
8. เครื่องวัดสี datacolor (Color Expert Co., Ltd.) ใช้ระบบ CIE Lab
9. เครื่องวัดค่า ความเป็นกรด-ด่าง pH meter, Schott (CG 842)

10. เครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ Heto SBD50 (Scientific Promotion Co., Ltd.)
11. Fibertec E1023 and shaking water bath 1024 (FOSS TECATOR)
12. HPLC (Agilent HP1100) with diode array detector
13. Column: C18
14. Rotary Evaporator
15. Vortex

วิธีการวิจัย

ขั้นตอนการปรับเนื้อสัมผัสของวัตถุดิบ มีดังต่อไปนี้

แครอทโดยใช้ความร้อนร่วมกับการปรับความดัน และใช้เอนไซม์ร่วมกับการให้ความร้อน ฟักทอง มันเทศ ใช้ความร้อนร่วมกับการปรับความดัน ข้าวโพดอ่อน บร็อกโคลี่ และถั่วแขก ให้ความร้อนโดยการแช่ ลวกและนึ่ง ในสารละลายที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

แครอท: ใช้เฉพาะตรงส่วนกลาง ปลายจากส่วนหัวและท้ายไม่ใช่ 3 ซม. หั่นแครอทหนา 1 ซม. กดด้วยพิมพ์เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม.

ฟักทองและมันเทศ: หั่นหนา 1.5 ซม. กดด้วยพิมพ์เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ซม.

บร็อกโคลี่: ตัดเป็นช่อดอกเล็กๆ ขนาดประมาณ 3 ซม.

ถั่วแขก และข้าวโพดฝักอ่อน: คัดเฉพาะที่สดและอ่อน นำมาล้าง ตัดแต่งก่อนแปรรูป โดยไม่ตัด

ขั้นตอนการนึ่งไอน้ำ

วางวัตถุดิบที่ต้องการนึ่งไอน้ำ ในตะแกรงสเตนเลสที่รองด้วยผ้าขาวบาง ซึ่งวางอยู่ในหม้อหุงข้าว ที่มีไอน้ำเดือดจับเวลานับตั้งแต่เริ่มไต่จนได้ตามระยะเวลาที่ต้องการ

ขั้นตอนการนึ่งไอน้ำด้วยหม้อแรงดัน

วางวัตถุดิบในตะแกรงสเตนเลสที่รองด้วยผ้าขาวบางในหม้อแรงดัน ปรับระดับความดันที่ 1.05 บาร์ ซึ่งได้รับความร้อนจากเตาแม่เหล็กไฟฟ้า รอจนกระทั่งความดันได้ตามกำหนด เริ่มจับเวลาจนได้ตามระยะเวลาที่ต้องการ

ขั้นตอนการใช้เอนไซม์ร่วมกับการให้ความร้อน

ปริมาณของเอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง

อัตราส่วนของ enzyme ที่ใช้ในการทดลอง คือ pectinase 10 μ l+cellulase 40 μ l (สภาวะที่ใช้ในการทำงานของเอนไซม์คือ pH 5, อุณหภูมิ 40 °c) อุณหภูมิในการ shaking 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm ในสารละลาย Citrate buffer pH 5 หรือ น้ำปรับกรด pH 5 (ดูรายละเอียดแต่ละทริตเมนต์ ในหน้า 26-35) การเตรียมซีเตรทบัฟเฟอร์ (Citrate buffer, pH=5)

เตรียมสารละลายกรดซิตริก 0.1M (กรดซิตริก 21.01 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร) และสารละลายโซเดียมซีเตรท 0.1M (โซเดียมซีเตรท 29.41 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร) ผสมสารละลายโซเดียมซีเตรท 0.1M จำนวน 650 มิลลิลิตร และสารละลายกรดซิตริก 0.1M จำนวน 350 มิลลิลิตร ได้ซีเตรทบัฟเฟอร์ปริมาตร 1 ลิตรนำไปปรับวัดค่า ความเป็นกรด-ด่างให้ได้ 5

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูป

โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการคัดเลือกจากผู้ทดสอบ 15-20 คนในห้องปฏิบัติการที่ สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ไปให้ผู้ทดสอบชิม โดยกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย คือ ศูนย์บริการสาธารณสุขที่ 17 ประชาชนเวศน์ 1 กรุงเทพมหานคร โดยมีผู้ทำการทดสอบเป็นกลุ่มผู้สูงอายุ (>60ปี) จำนวน 70 คน โดยใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก หน้า 72)

ขั้นตอนการประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2553 ฉบับที่ 2) ดังตารางที่ 17 ในหน้า 66 โดยเชื้อที่ทำการตรวจ มีดังนี้

- Total plate count (USFDA/CFSAN/BAM online chapter 3),
- *Staphylococcus aureus* (USFDA/CFSAN/BAM online chapter 12),
- *Salmonella spp.* (ISO 6579, 2002),
- MPN *E. Coli* (USFDA/CFSAN/BAM online chapter 4),
- *Listeria monocytogenes* (ISO 11290-1, 1996),
- *Bacillus cereus* (USFDA/CFSAN/BAM online chapter 14),
- Yeast and Mold (USFDA/CFSAN/BAM online chapter 18).

การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคนำมาหาปริมาณ

- β -Carotene (Compendium of Methods for Food Analysis. 2003) และ (Munzuroglu et al. 2003).

- Dietary fiber (AOAC. 2005)

การวัดค่า Firmness (N/m^2) ด้วย Texture Analyzer, TA-XT plus

ใช้หัววัด cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มม. (P/2) ค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่างได้จาก

ค่าแรงที่ใช้กด (N) ลงบนชิ้นงานแต่ละชนิดที่มีขนาดเท่าๆกัน โดยเครื่อง ฟักทอง มันเทศ บร็อคโคลี่

ข้าวโพดฝักอ่อน มีระยะทางกดลงไป 8 มิลลิเมตร ในขณะที่ถั่วแระระยะทางกดลงไป 6 มิลลิเมตร

ด้วยความเร็ว 10 มิลลิเมตรต่อวินาที

ค่าความแน่นเนื้อ = แรง/พื้นที่ผิวสัมผัสของหัวกดมีหน่วยเป็น (N/m^2)

วิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's

Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

1. การผลิตแครอทเพื่อเป็นแหล่งใยอาหารและฟังก์ชันนอลฟู้ดส์สำหรับผู้สูงอายุ

เนื่องด้วยแครอทเป็นผักประเภทหนึ่งที่เป็นแหล่งใยอาหารและมีสารสีกลุ่ม carotenoid ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและมีประโยชน์ต่อผู้สูงอายุ (Watson 2003; Eskin and Tamir 2006; Shi 2007) แต่เนื่องจากแครอทมีเนื้อสัมผัสที่แข็งทำให้ผู้สูงอายุรับประทานได้ลำบาก ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้แปรรูปแครอทด้วยวิธีต่างๆเพื่อให้แครอทนุ่มเหมาะต่อความชอบของผู้สูงอายุ คณะผู้วิจัยจึงทดสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับความชอบของผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นจากผู้ทดสอบทั่วไป 20 คน โดยผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 คะแนนความชอบของแครอทแปรรูปจากผู้ทดสอบทั่วไป

ตัวอย่าง	คะแนนความชอบ (5-1 คะแนน, 5 = ชอบมากที่สุด, 1=ชอบน้อยที่สุด)			
	สี ^{ns}	ความนุ่ม	กลิ่นรส ^{ns}	ความชอบรวม
แครอทหนึ่ง 10 นาที	4.10	2.95 ^b	3.10	3.20 ^e
แครอทหนึ่ง 20 นาที	4.05	3.80 ^c	3.65	3.80 ^f
แครอท Pressure @1.05 bar 4 นาที	4.15	3.32 ^{bc}	3.35	3.27 ^e

a-f ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns- ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

จากผลการทดสอบพบว่าแครอทหนึ่งเป็นเวลา 20 นาที มีคะแนนความชอบรวมและความนุ่มสูงสุด ส่วนสีและกลิ่นรสไม่มีความแตกต่างระหว่าง 3 ทริทเมนต์ ดังนั้น การนึ่งแครอทเป็นเวลา 20

นาที่จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการแปรรูป โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำไปวิเคราะห์คุณภาพต่อไป อีกทั้งวิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อนและไม่ต้องการอุปกรณ์พิเศษในการแปรรูป

ตารางที่ 3 สภาวะที่ใช้ในการผลิตต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของแครอท

ตัวอย่าง	Firmness ($\times 10^4 \text{ N/m}^2$)	Color (L^* , a^* , b^*)	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Dietary fiber ($\text{g}/100\text{g}$)
แครอท สด	297.76 ^a	56, 25, 24	3134 ^c	2.6 ^f
แครอท นึ่ง 20 นาที	11.95 ^b	50, 21, 24	2354 ^d	2.4 ^e
แครอท Pressure @1.05 bar 4 นาที	8.51 ^b	49, 22, 27	3058 ^e	1.6 ^c

a-f ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ที่แสดงในตารางที่ 3 พบว่าความแน่นเนื้อ (firmness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อนำแครอทไปนึ่งเป็นเวลา 20 นาที ซึ่งก็สอดคล้องกับความรู้สึทางประสาทสัมผัสที่พบว่าแครอทมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้นเมื่อนำไปให้ความร้อน การนุ่มขึ้นของผักเมื่อนำไปต้มหรือลวกเป็นผลเนื่องมาจากความร้อนทำให้ pectin ละลายหรือเกิด depolymerization ส่งผลให้การยึดเกาะติดกันของ cell wall แต่ละเซลล์ลดลงทำให้ผักที่ผ่านการให้ความร้อนจึงนุ่มลงได้ (Waldron, Parker et al. 2003) ส่วนการนึ่งภายใต้ความดันที่ 1.05 bar เป็นเวลา 4 นาที สามารถทำให้แครอทมีความแน่นเนื้อลดลงใกล้เคียงกับแครอทที่นึ่งเป็นเวลา 20 นาที เนื่องมาจากการใช้ความดันและความร้อนร่วมกันทำให้ cell wall ของพืชละลายในน้ำและถูกสกัดได้ดียิ่งขึ้น (Lecain, Ng et al. 1999) ส่งผลให้แครอทนึ่งภายใต้ความดันที่ 1.05 bar นั้นนุ่มเร็วกว่าการที่นึ่งในสภาวะบรรยากาศ

แครอทนึ่งภายใต้ความดันที่ 1.05 bar ใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนที่สั้นกว่าแครอทที่นึ่งในสภาวะบรรยากาศส่งผลให้ปริมาณ β -carotene (สารสีกลุ่ม carotenoid) ที่พบในแครอทนึ่งภายใต้

ความดันมีปริมาณสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับแครอทที่นิ่งในสภาวะบรรยากาศ มีรายงานว่าปริมาณ carotenoid ในผักจะลดลงเมื่อมีการแปรรูปด้วยอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน (Miglio, Chiavaro et al. 2008) ด้วยเหตุผลดังกล่าวอาจอธิบายได้ว่าปริมาณ β -carotene ในแครอทนิ่งภายใต้ความดัน(ใช้เวลาน้อยเพียง 4 นาที) จึงมีปริมาณสูงกว่าแครอทที่นิ่งภายใต้สภาวะบรรยากาศ (ใช้เวลานาน 20 นาที)

แครอทนิ่งภายใต้ความดันที่ 1.05 bar มีปริมาณ dietary fiber ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับแครอทที่นิ่งในสภาวะบรรยากาศ

เมื่อพิจารณาจากความชอบ, ปริมาณ β -carotene และ ปริมาณ dietary fiber คณะผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการแปรรูปแครอทโดยการนิ่งเป็นเวลา 20 นาทีโดยไม่ปรับความดันเนื่องจากวิธีนี้สามารถทำได้ง่ายไม่ซับซ้อนเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุไปทำเองได้ อีกทั้งยังทำให้ปริมาณ dietary fiber ยังคงอยู่ไม่สลายไปมากระหว่างการแปรรูป

ศึกษาการใช้เอนไซม์ (enzyme) ในการเตรียมผักนุ่ม

เพื่อศึกษาผลของการใช้เอนไซม์ pectinase และ cellulase ในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสของแครอทโดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมคือแครอทนิ่ง ดังแผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลองแบบย่อในภาพที่ 8 ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4 โดยการทดลองมีทริตเมนต์ดังต่อไปนี้

ทริตเมนต์ที่ 1

แครอทสด นำมาหั่นความหนา 1 เซนติเมตร ทำเป็นรูปดอกเพื่อให้มีพื้นที่สัมผัสเท่าๆกันในทุกชิ้นงาน

ทริตเมนต์ที่ 2

แครอทสด นำมาหั่นความหนา 1 เซนติเมตร ทำเป็นรูปดอกเพื่อให้มีพื้นที่สัมผัสเท่าๆกันในทุกชิ้นงาน นำมานึ่งไอน้ำในหม้อนึ่ง ที่อุณหภูมิน้ำเดือด เป็นเวลานาน 20 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 3

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรดด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 15 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 3s

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรดด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 4

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรดด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 4s

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 25 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 5

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) นำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับลดระดับความดันลงเหลือ 600 mbar ใน desiccator นาน 5 นาที จากนั้นวางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 15 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 5s

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับลดระดับความดันลงเหลือ 600 mbar นาน 5 นาที แล้วนำมาเขย่าต่อที่อุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm อีก 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 6

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) นำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับลดระดับความดันลงเหลือ 600 mbar ใน desiccator นาน 5 นาที จากนั้นวางในเครื่องแช่ควบคุมอุณหภูมิ 40 °C ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 6s

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องแช่ควบคุมอุณหภูมิ 40 °C ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับลดระดับความดันลงเหลือ 600 mbar นาน 5 นาที แล้วนำมาแช่ต่อที่อุณหภูมิ 40 °C ที่ความเร็ว 110 rpm อีก 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 25 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 7

เติมเอนไซม์ pectinase 10μl และ cellulase 40μl ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องแช่ควบคุมอุณหภูมิ 40 °C ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง

แล้วนำไปนึ่ง (pH=7) เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 15 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 7s

เติมเอนไซม์ pectinase 10 μ l และ cellulase 40 μ l ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 8

เติมเอนไซม์ pectinase 10 μ l และ cellulase 40 μ l ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 8s

เติมเอนไซม์ pectinase 10 μ l และ cellulase 40 μ l ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c

ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 25 นาที

ทริตเมนต์ที่ 9

เติมเอนไซม์ pectinase 10 μ l และ cellulase 40 μ l ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรดต่างด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) นำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับลดระดับความดันลงเหลือ 600 mbar ใน desiccator นาน 5 นาที จากนั้นวางในเครื่องแช่ควบคุมอุณหภูมิ 40 °C ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 15 นาที

ทริตเมนต์ที่ 9s

เติมเอนไซม์ pectinase 10 μ l และ cellulase 40 μ l ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรดต่างด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องแช่ควบคุมอุณหภูมิ 40 °C ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับลดระดับความดันลงเหลือ 600 mbar นาน 5 นาที แล้วนำมาแช่ต่อที่อุณหภูมิ 40 °C ที่ความเร็ว 110 rpm อีก 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 10

เติมเอนไซม์ pectinase 10 μ l และ cellulase 40 μ l ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) นำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลาย ปรับลดระดับความดันลงเหลือ 600 mbar ใน desiccator นาน 5 นาที จากนั้นวางในเครื่องเขย่าควบคุม อุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย ให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัส รวมเป็นเวลา 20 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 10s

เติมเอนไซม์ pectinase 10 μ l และ cellulase 40 μ l ในบีกเกอร์บรรจุสารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 (ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยสารละลาย 0.1N HCl และ 0.1N NaOH ชนิด food grade) ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับลดระดับ ความดันลงเหลือ 600 mbar นาน 5 นาที แล้วนำมาเขย่าต่อที่อุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm อีก 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 25 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 11

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อ ปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 15 นาที

ทริตเมนต์ที่ 11s

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่งเป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทริตเมนต์ที่ 12

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่งเป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทริตเมนต์ที่ 12s

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่งเป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 25 นาที

ทริตเมนต์ที่ 13

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) นำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับระดับความดันลงเหลือ 600 mbar ใน desiccator นาน 5 นาที จากนั้นวางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °C ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 15 นาที

ทริตเมนต์ที่ 13s

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °C ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับระดับความดันลงเหลือ 600 mbar นาน 5 นาที แล้วนำมาเขย่าต่อที่อุณหภูมิ 40 °C ที่ความเร็ว 110 rpm อีก 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทริตเมนต์ที่ 14

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) นำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับระดับความดันลงเหลือ 600 mbar ใน desiccator นาน 5 นาที จากนั้นวางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °C ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 14s

ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับลดระดับความดันลงเหลือ 600 mbar นาน 5 นาที แล้วนำมาเขย่าต่อที่อุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm อีก 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 25 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 15

เติมเอนไซม์ pectinase 10μl และ cellulase 40μl ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 15 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 15s

เติมเอนไซม์ pectinase 10μl และ cellulase 40μl ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 16

เติมเอนไซม์ pectinase 10 μ l และ cellulase 40 μ l ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 16s

เติมเอนไซม์ pectinase 10 μ l และ cellulase 40 μ l ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 25 นาที

ทรีตเมนต์ที่ 17

เติมเอนไซม์ pectinase 10 μ l และ cellulase 40 μ l ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) นำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับลดระดับความดันลงเหลือ 600 mbar ใน desiccator นาน 5 นาที จากนั้นวางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนึ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 15 นาที

ทริตเมนต์ที่ 17s

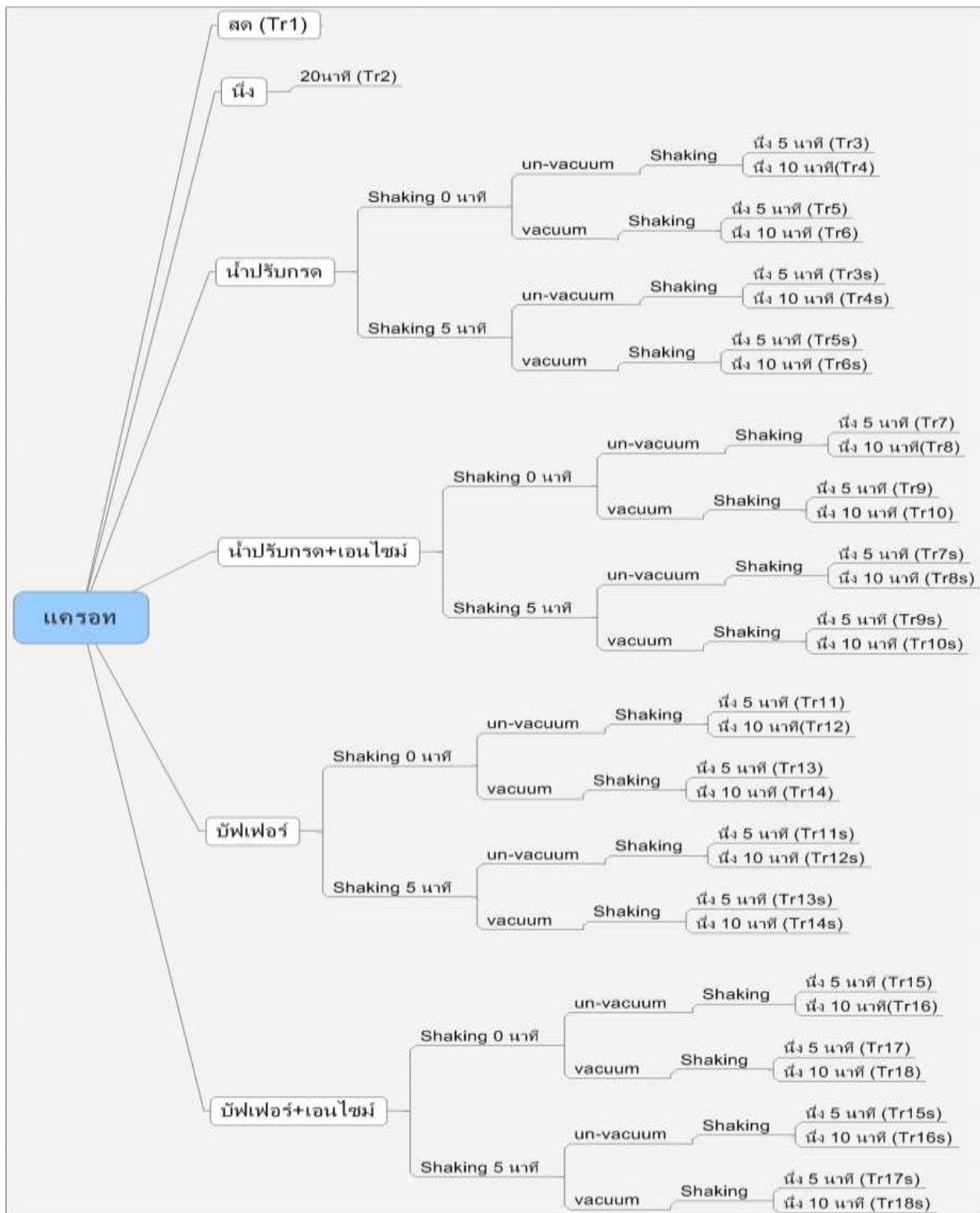
เติมเอนไซม์ pectinase 10 μ l และ cellulase 40 μ l ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับลดระดับความดันลงเหลือ 600 mbar นาน 5 นาที แล้วนำมาเขย่าต่อที่อุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm อีก 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 5 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทริตเมนต์ที่ 18

เติมเอนไซม์ pectinase 10 μ l และ cellulase 40 μ l ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) นำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับลดระดับความดันลงเหลือ 600 mbar ใน desiccator นาน 5 นาที จากนั้นวางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 20 นาที

ทริตเมนต์ที่ 18s

เติมเอนไซม์ pectinase 10 μ l และ cellulase 40 μ l ในบีกเกอร์บรรจุสารละลาย Citrate buffer จำนวน 100 มิลลิลิตร ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ต่อปริมาณ แครอท 35 กรัม (จำนวน 8 ชิ้น) วางในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำบีกเกอร์ที่บรรจุแครอทในสารละลายปรับลดระดับความดันลงเหลือ 600 mbar นาน 5 นาที แล้วนำมาเขย่าต่อที่อุณหภูมิ 40 °c ที่ความเร็ว 110 rpm อีก 5 นาที จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายให้เป็นกลาง (pH=7) แล้วนำไปนิ่ง เป็นเวลานาน 10 นาที ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสรวมเป็นเวลา 25 นาที



ภาพที่ 8 สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัสแครอทโดยใช้ enzymes ร่วมกับการให้ความร้อน

ตารางที่ 4 สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัสแครอทต่อคุณลักษณะทางกายภาพของแครอทโดยใช้ enzymes

Treatment	สภาวะที่ใช้ในการทดลอง	Time (min)	L*	a*	b*	Firmness (x10 ⁴ N/m ²)
1	แครอทสด	0	50.3	23.91	24.86	252.64 ^Q
2	แครอทนิ่ง20นาที	20	49.05	16.69	17.89	32.44 ^{A-D}
3	แครอท+น้ำปรับกรด0+un-vac 5+sh.5 นิ่ง5นาที	15	51.02	20.16	18.72	112.97 ^{N-O}
3s	แครอท+น้ำปรับกรด5+un-vac. 5+sh.5 นิ่ง 5นาที	20	48.86	19.88	21.35	83.85 ^{L-M}
4	แครอท+น้ำปรับกรด0+un-vac 5+sh.5 นิ่ง10นาที	20	46.41	16.93	21.91	44.05 ^{C-G}
4s	แครอท+น้ำปรับกรด5+un-vac. 5+sh.5 นิ่ง 10นาที	25	46.61	15.55	20.22	31.03 ^{A-D}
5	แครอท+น้ำปรับกรด0+vac 5+ sh.5 นิ่ง5นาที	15	48.43	21.35	20.63	107.89 ^N
5s	แครอท+น้ำปรับกรด5+vac. 5+sh.5 นิ่ง5นาที	20	46.79	21.63	23.61	62.59 ^{H-K}
6	แครอท+น้ำปรับกรด0+vac 5+ sh.5 นิ่ง10นาที	20	48.69	19.29	20.73	65.97 ^{I-L}
6s	แครอท+น้ำปรับกรด5+vac. 5+sh.5 นิ่ง10นาที	25	48.5	21.11	25.49	33.08 ^{A-D}
7	แครอทenz.+น้ำปรับกรด0+un-vac 5+sh.5 นิ่ง5นาที	15	49.63	21.14	20.99	89.30 ^M
7s	แครอทenz.+น้ำปรับกรด5+un-vac. 5+sh.5 นิ่ง 5นาที	20	52.17	23.12	24.99	80.20 ^{K-M}
8	แครอทenz.+น้ำปรับกรด0+un-vac 5+sh.5 นิ่ง10นาที	20	48.84	15.62	17.46	52.37 ^{E-I}
8s	แครอทenz.+น้ำปรับกรด5+un-vac.5+sh.5 นิ่ง10นาที	25	47.14	19.84	23.75	35.15 ^{A-E}
9	แครอทenz.+น้ำปรับกรด0+vac 5+ sh.5 นิ่ง5นาที	15	50.25	21.1	19.78	125.83 ^O
9s	แครอทenz.+น้ำปรับกรด5+vac. 5+sh.5 นิ่ง5นาที	20	49.84	20.73	21.54	68.48 ^{I-L}
10	แครอทenz.+น้ำปรับกรด0+vac 5+sh.5 นิ่ง10นาที	20	47.47	20.34	20.52	56.72 ^{G-J}
10s	แครอทenz.+น้ำปรับกรด5+vac. 5+sh.5 นิ่ง10นาที	25	47.07	21.7	26.39	37.01 ^{A-F}
11	แครอท+บัฟเฟอร์0+un-vac 5+sh.5 นิ่ง5นาที	15	48.25	20.07	22.42	142.74 ^P
11s	แครอท+บัฟเฟอร์5+un-vac. 5+sh.5 นิ่ง 5นาที	20	50.82	15.74	17.2	35.86 ^{A-E}
12	แครอท+บัฟเฟอร์0+un-vac 5+sh.5 นิ่ง10นาที	20	49.68	20.37	20.28	47.42 ^{D-H}
12s	แครอท+บัฟเฟอร์5+un-vac. 5+sh.5 นิ่ง 10นาที	25	51.11	22.49	29.17	24.68 ^{A-B}

Treatment	สภาวะที่ใช้ในการทดลอง	Time (min)	L*	a*	b*	Firmness ($\times 10^4$ N/m ²)
13	แครอท+บัฟเฟอร์0+vac 5+sh.5 นึ่ง5นาที	15	49.99	17.04	19.17	108.92 ^N
13s	แครอท+บัฟเฟอร์5+vac. 5+sh.5 นึ่ง5นาที	20	48.89	26.61	29.61	55.57 ^{F-J}
14	แครอท+บัฟเฟอร์0+vac 5+sh.5 นึ่ง10นาที	20	49.6	22.1	24.6	36.50 ^{A-E}
14s	แครอท+บัฟเฟอร์5+vac. 5+sh.5 นึ่ง10นาที	25	49.35	23.69	28.96	22.94 ^{A-B}
15	แครอทenz.+บัฟเฟอร์0+un-vac 5+sh.5 นึ่ง5นาที	15	47.15	19.6	22.04	72.74 ^{J-M}
15s	แครอทenz.+บัฟเฟอร์5+un-vac. 5+sh.5 นึ่ง 5 นาที	20	51.4	25.49	24.02	46.07 ^{D-H}
16	แครอทenz.+บัฟเฟอร์0+un-vac 5+sh.5 นึ่ง10นาที	20	47.85	23.72	24.24	41.54 ^{B-G}
16s	แครอทenz.+บัฟเฟอร์5+un-vac. 5+sh.5 นึ่ง10นาที	25	48.71	21.17	24.94	18.10 ^A
17	แครอทenz.+บัฟเฟอร์0+vac 5+sh.5 นึ่ง5นาที	15	49.66	20.23	19.3	73.27 ^{J-M}
17s	แครอทenz.+บัฟเฟอร์5+vac. 5+sh.5 นึ่ง5นาที	20	49.61	20.45	23.38	53.85 ^{E-I}
18	แครอทenz.+บัฟเฟอร์0+vac 5+sh.5 นึ่ง10นาที	20	50.35	22.8	25.38	38.82 ^{B-G}
18s	แครอทenz.+บัฟเฟอร์5+vac. 5+sh.5 นึ่ง10นาที	25	48.41	24.55	27.62	26.36 ^{A-C}

A-Q ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการใช้เอนไซม์ในการเตรียมผักนึ่ง

จากเอกสารคู่มือคุณสมบัติของเอนไซม์ Pectinex® และ Celluclast ® (พบว่า pH และ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดคือ pH 5 ที่อุณหภูมิ 50°C ตามลำดับ คณะผู้วิจัยจึงได้แบ่งการทดลองเป็น 6 ส่วนคือ 1) แครอทสด, 2) การนึ่งไอน้ำ, 3) การใช้น้ำปรับกรด, 4) การใช้น้ำปรับกรดร่วมกับเอนไซม์, 5) การใช้บัฟเฟอร์, 6) การใช้บัฟเฟอร์ร่วมกับเอนไซม์ ดังที่อธิบายในภาพที่ 8 ผลการทดสอบทางความแน่นเนื้อ และคุณภาพด้านสีแสดงในตารางที่ 4

จากผลการทดลองพบว่าในกลุ่มที่ 3 (การใช้น้ำปรับกรด) ปัจจัยที่มีผลต่อความแน่นเนื้อคือ ระยะเวลาการแช่ตัวอย่างในสารละลายปรับกรด และระยะเวลาในการนึ่ง โดยค่าความแน่นเนื้อทริทเมนต์ที่ 3 (112.97×10^4 N/m²) และ 3S (83.85×10^4 N/m²) อีกทั้งความแน่นเนื้อทริทเมนต์ที่ 5 (107.89×10^4 N/m²) และ 5S (62.59×10^4 N/m²) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

โดยการเพิ่มระยะเวลาในการแช่ทำให้ความแน่นเนื้อของแครอทลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากระยะเวลาการแช่ตัวอย่างในสารละลายทำให้แครอทแช่ในสารละลายปรับกรดนานขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ Pectinmethylesterase (PME) และ Polygalacturonase (PG) PME จะทำให้เกิด demethoxylation ของ pectin เกิดสาร carboxylated pectin จากนั้น carboxylated pectin จะไปรวมตัวกับสารประกอบอื่นที่มี divalent ion เกิดเป็น supramolecule ซึ่งเป็น substrate ให้ PG ย่อยเป็นโมเลกุลที่เล็กลง ส่งผลให้เกิดการนุ่มในพืชหลายชนิด โดยเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดนี้ ทำงานได้ดีในสภาวะที่เป็นกรด (Van Buggenhout, Sila et al. 2009; Sila, Duvetter et al. 2008) แต่ในส่วนทรีทเมนต์ที่มีการนึ่งเป็นเวลา 10 นาที เช่น ทรีทเมนต์ที่ 4 เทียบกับ 4s อีกทั้ง ทรีทเมนต์ที่ 6 เทียบกับ 6s ความแน่นเนื้อไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 อาจเป็นผลเนื่องมาจากการนึ่งที่นานขึ้นมีผลทำให้ความนุ่มลดลงมากจนไม่เห็นผลของความนุ่มที่เกิดจากการแช่ตัวอย่างในสารละลายปรับกรด

ส่วนปัจจัยเรื่องระยะเวลาการนึ่งมีผลต่อความแน่นเนื้อของแครอทในกลุ่มที่ 3 โดยสังเกตได้จากเทียบค่าความแน่นเนื้อทรีทเมนต์ 3 ($112.97 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับ ทรีทเมนต์ 4 ($44.05 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ความแน่นเนื้อทรีทเมนต์ 5 ($107.89 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับ ทรีทเมนต์ 6 ($65.97 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ความแน่นเนื้อทรีทเมนต์ 3s ($83.85 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับ ทรีทเมนต์ 4s ($31.03 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ความแน่นเนื้อทรีทเมนต์ที่ 5s ($62.59 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับทรีทเมนต์ 6s ($33.08 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเพิ่มระยะเวลาการนึ่งทำให้แครอทนุ่มขึ้น ซึ่งอธิบายได้จากเมื่อนำผักไปต้มหรือลวกเป็นผลจากความร้อนทำให้ pectin ละลายหรือเกิด depolymerization ส่งผลให้การยึดเกาะติดกันของ cell wall แต่ละเซลล์ลดลงทำให้ผักที่ผ่านการให้ความร้อนจึงนุ่มลงได้ การเปลี่ยนแปลงของ pectin และ cell wall จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาของการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น (Waldron, K. et al. 2003; Lecain, S. et al. 1999)

กลุ่มที่ 4 (การใช้น้ำปรับกรดและเอนไซม์) ปัจจัยที่มีผลต่อความแน่นเนื้อคือ ระยะเวลาการแช่ตัวอย่างในสารละลายปรับกรด และระยะเวลาในการนึ่ง โดยค่าความแน่นเนื้อทรีทเมนต์ที่ 9 ($125.83 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) และ 9S ($64.48 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) อีกทั้งความแน่นเนื้อทรีทเมนต์ที่ 10 ($56.72 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) และ 10S ($37.01 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่ม

ระยะเวลาในการแช่ทำให้ความแน่นเนื้อของแครอทลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการแช่ตัวอย่างในสารละลายทำให้แครอทแช่ในสารละลายปรับกรดนานขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ PME, PG, Pectinex® และ Celluclast® ทำงานได้ดีขึ้นโดยที่ช่วง pH ที่เป็นกรด และอุณหภูมิ 50°C นี้เป็นสภาวะที่เหมาะสมให้เอนไซม์เหล่านี้ทำงานได้ดี (Waldron, Parker et al. 2003; Lecain, Ng, et al. 1999; Novozyme 2001a, Novozyme 2001b) ส่วนปัจจัยเรื่องระยะเวลาการนิ่งมีผลต่อความแน่นเนื้อของแครอทในการทดลองของกลุ่มที่ 4 สังเกตได้จากการเทียบค่าความแน่นเนื้อทริทเมนต์ 7 ($89.30 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับ ทริทเมนต์ 8 ($52.37 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ความแน่นเนื้อทริทเมนต์ 9 ($125.83 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับ ทริทเมนต์ 10 ($56.72 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ความแน่นเนื้อทริทเมนต์ 7s ($80.20 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับ ทริทเมนต์ 8s ($35.15 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ความแน่นเนื้อทริทเมนต์ที่ 9s ($64.48 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับทริทเมนต์ 10s ($37.01 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงว่าการเพิ่มระยะเวลาการนิ่งทำให้แครอทนุ่มขึ้น

จากที่ได้อธิบายไปด้านบนแล้วว่าปัจจัยที่มีผลต่อความแน่นเนื้อคือ ระยะเวลาการแช่ตัวอย่างในสารละลายปรับกรด และระยะเวลาในการนิ่ง เพื่ออธิบายอิทธิพลของเอนไซม์ต่อความแน่นเนื้อของแครอท ดังนั้นค่าความแน่นเนื้อของกลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 จะพิจารณาในส่วนที่แช่ตัวอย่างในน้ำปรับกรด จากผลการทดลองพบว่าค่าความแน่นเนื้อของทริทเมนต์ 3s ($83.85 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) เทียบกับทริทเมนต์ 7s ($80.20 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ทริทเมนต์ 4s ($31.03 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) เทียบกับทริทเมนต์ 8s ($35.15 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ทริทเมนต์ 5s ($62.59 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) เทียบกับทริทเมนต์ 9s ($64.48 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ทริทเมนต์ 6s ($33.08 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) เทียบกับทริทเมนต์ 10s ($37.01 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 สรุปได้ว่าการเติมเอนไซม์ Pectinex® และ Celluclast® เข้าไปในระบบการใช้ น้ำปรับกรดไม่มีผลช่วยให้แครอทนุ่มขึ้น ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความนุ่มของแครอททั้งกลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 คือ 1) ระยะเวลาการแช่ตัวอย่างในสารละลายปรับกรด และ 2) ระยะเวลาในการนิ่ง

กลุ่มที่ 5 (การใช้บัฟเฟอร์) ปัจจัยที่มีผลต่อความแน่นเนื้อคือ ระยะเวลาการแช่ตัวอย่างในสารละลายบัฟเฟอร์ และระยะเวลาในการนิ่ง โดยเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อทริทเมนต์ที่ 11 ($142.74 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับ ทริทเมนต์ที่ 11S ($35.86 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ทริทเมนต์ที่ 12 ($47.42 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับทริทเมนต์ที่ 12S ($24.68 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ทริทเมนต์ที่ 13 ($108.92 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับทริทเมนต์ที่ 13S (55.57×10^4

N/m^2) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากระยะการเขย่าตัวอย่างในสารละลายบัฟเฟอร์ ส่วนทริทเมนต์ที่ 14 เทียบกับ 14s ความแน่นเนื้อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 อาจเป็นผลเนื่องมาจากการนั่งที่นานขึ้นมีผลทำให้ความนุ่มลดลงมากจนไม่เห็นผลของความนุ่มที่เกิดจากการเขย่าตัวอย่างในสารละลายบัฟเฟอร์

ส่วนปัจจัยเรื่องระยะเวลาการนั่งมีผลต่อความแน่นเนื้อของแครอตในกลุ่มที่ 5 โดยสังเกตได้จากการเทียบค่าความแน่นเนื้อทริทเมนต์ 11 ($142.74 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับ ทริทเมนต์ 12 ($47.42 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ความแน่นเนื้อทริทเมนต์ 13 ($108.92 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับ ทริทเมนต์ 14 ($36.50 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ความแน่นเนื้อทริทเมนต์ 11s ($35.86 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับ ทริทเมนต์ 12s ($24.68 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ความแน่นเนื้อทริทเมนต์ที่ 13s ($55.57 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับทริทเมนต์ 14s ($22.94 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

กลุ่มที่ 6 (การใช้บัฟเฟอร์และเอนไซม์) ปัจจัยที่มีผลต่อความแน่นเนื้อคือ ระยะเวลาการเขย่าตัวอย่างในสารละลายบัฟเฟอร์ และระยะเวลาในการนั่ง โดยเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อทริทเมนต์ที่ 15 ($72.74 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) และทริทเมนต์ที่ 15S ($46.07 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ทริทเมนต์ที่ 16 ($41.54 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) และทริทเมนต์ที่ 16S ($18.10 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ทริทเมนต์ที่ 17 ($73.27 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) และทริทเมนต์ที่ 17S ($53.85 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากการเขย่าตัวอย่างในสารละลายบัฟเฟอร์ทำให้แครอตแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์นานขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ PME, PG, Pectinex® และ Celluclast ® ทำงานได้ดีขึ้นโดยช่วง pH ที่เป็นกรด และอุณหภูมิ 50°C นี่เป็นสภาวะที่เหมาะสมให้เอนไซม์เหล่านี้ทำงานได้ดี (Waldron, Parker et al. 2003; Lecain, Ng, et al. 1999; Novozyme 2001a, Novozyme 2001b) ส่วนปัจจัยเรื่องระยะเวลาการนั่งมีผลต่อความแน่นเนื้อของแครอตในการทดลองของกลุ่มที่ 6 สังเกตได้จากเทียบค่าความแน่นเนื้อทริทเมนต์ 15 ($72.74 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับ ทริทเมนต์ 16 ($41.54 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ความแน่นเนื้อทริทเมนต์ 17 ($73.27 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับ ทริทเมนต์ 18 ($38.82 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ความแน่นเนื้อทริทเมนต์ 15s ($46.07 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับ ทริทเมนต์ 16s ($18.10 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ความแน่นเนื้อทริทเมนต์ที่ 17s ($53.85 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) กับทริทเมนต์ 18s ($26.38 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงว่าการเพิ่มระยะเวลาการนั่งทำให้แครอตนุ่มขึ้น

จากที่ได้อธิบายไปด้านบนแล้วว่าปัจจัยที่มีผลต่อความแน่นเนื้อคือ ระยะเวลาการแช่ตัวอย่างในสารละลายปรับกรด และระยะเวลาในการนึ่ง เพื่ออธิบายอิทธิพลของเอนไซม์ต่อความแน่นเนื้อของแครอท ดังนั้นค่าความแน่นเนื้อของกลุ่มที่ 5 และกลุ่มที่ 6 จะพิจารณาในส่วนที่แช่ตัวอย่างในสารละลายบัฟเฟอร์ จากผลการทดลองพบว่าค่าความแน่นเนื้อของทรีทเมนต์ 11s ($35.86 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) เทียบกับทรีทเมนต์ 15s ($46.07 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ทรีทเมนต์ 12s ($24.68 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) เทียบกับทรีทเมนต์ 16s ($18.10 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ทรีทเมนต์ 13s ($55.57 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) เทียบกับทรีทเมนต์ 17s ($53.85 \times 10^4 \text{ N/m}^2$); ทรีทเมนต์ 14s ($22.94 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) เทียบกับทรีทเมนต์ 18s ($26.38 \times 10^4 \text{ N/m}^2$) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สรุปได้ว่าการเติมเอนไซม์ Pectinex® และ Celluclast® เข้าไปในระบบการใช้น้ำปรับกรดไม่มีผลช่วยให้แครอทนุ่มขึ้น ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความนุ่มของแครอททั้งกลุ่มที่ 5 และ 6 คือ 1) ระยะเวลาการแช่ตัวอย่างในบัฟเฟอร์ และ 2) ระยะเวลาในการนึ่ง

ทรีทเมนต์ที่ 2 คือแครอทหนึ่งนาน 20 นาที เป็นทรีทเมนต์ที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด โดยทรีทเมนต์ที่ 2 มีความแน่นเนื้อ (firmness) เท่ากับ $32.44 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ทรีทเมนต์ที่ 2, 4, 4s, 6s, 11s, 8s, 10s, 11s, 12, 12s, 14, 14s, 15s, 16, 16s, 18s ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 โดยมีค่าความแน่นเนื้อระหว่าง 22.94 ถึง $41.54 \times 10^4 \text{ N/m}^2$

จากการใช้เอนไซม์ ร่วมกับการใช้น้ำปรับกรด, บัฟเฟอร์ และการใช้ Vacuum สรุปได้ดังนี้

1. ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความนุ่มของแครอท คือ ระยะเวลาการแช่ตัวอย่างในสารละลายบัฟเฟอร์ และระยะเวลาในการนึ่ง
2. การใช้เอนไซม์ และ vacuum ไม่แสดงผลอย่างชัดเจนในการทำให้แครอทมีความแน่นเนื้อลดลงแต่จะทำให้การละลายของสารสี (pigment และ β -carotene) ออกมาอยู่ในสารละลายที่ใช้แช่มากกว่าซึ่งส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการลดลง
3. การใช้ความร้อนโดยไม่ปรับความดันและไม่ใช้เอนไซม์ทำให้ลักษณะภายนอกของแครอทดูดีไม่เหี่ยว ในขณะที่การใช้ความดันและใช้เอนไซม์ทำให้ลักษณะภายนอกเหี่ยวและมองเห็นลายของเส้นใยที่ผิวหน้าชั้นแครอท
4. ตัวอย่างที่ปรับสภาพให้เอนไซม์ทำงานโดยใช้น้ำปรับกรดหรือการใช้สารละลายบัฟเฟอร์ปรับสภาพให้เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์จะพบว่าชั้นแครอทจะเป็นเมือกและ

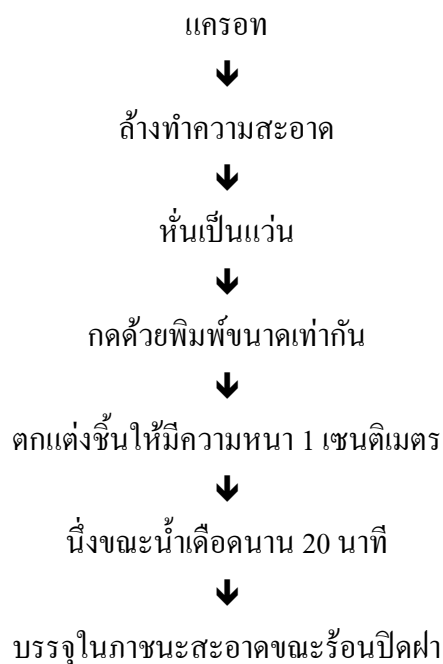
ลื่น อีกทั้งมีสารสีส้มแดง (pigment และ β -carotene) ละลายปนออกมาอยู่ในสารละลาย ซึ่งส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการลดลง

5. ในขั้นตอนขจัดกรดหรือปรับ pH ของผลิตภัณฑ์ให้เป็นกลางอีกครั้ง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสเค็ม อันเนื่องมาจากเกลือที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนขจัดกรดหรือปรับ pH

จากเหตุผลที่ได้แสดงมาข้างต้นจะพบว่าการใช้เอนไซม์นอกจากยุ่งยากในการเตรียมแล้วยังให้ผลต่อการปรับสภาพเนื้อสัมผัสในทางไม่ดี และทำให้ชั้นแคโรทมีรสชาติเค็มจากเกลือที่เกิดจากการปรับสภาพให้เป็นกลาง อีกทั้งยังมีสารสี (pigment และ β -carotene) ละลายปนออกมาอยู่ในสารละลายซึ่งส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการลดลง การใช้เอนไซม์เหมาะที่จะนำมาใช้น้ำผลไม้หรือใช้ในการสกัดให้สารออกมาจากชั้นแคโรทมากกว่าการทำให้ฝักนุ่มเนื่องจากจะทำให้สารสำคัญลดปริมาณลง

เหตุผลอีกประการในการทำงานด้วยเอนไซม์ต้องใช้เวลาในการทำงานของเอนไซม์ด้วยดังนั้นการให้ความร้อนด้วยการนึ่งไอน้ำโดยไม่ต้องปรับความดันเพียงพอและเหมาะสมในการปรับสภาพเนื้อสัมผัสของแคโรท

สรุปขั้นตอนการเตรียมแคโรท



2. การผลิตฟักทองเพื่อเป็นแหล่งใยอาหารและฟังก์ชันนอลฟู้ดสำหรับผู้สูงอายุ

ฟักทองเป็นพืชอีกชนิดที่มีเนื้อสัมผัสที่แข็งทำให้ผู้สูงอายุรับประทานได้ลำบาก คณะผู้วิจัยจึงได้แปรรูปฟักทองด้วยวิธีต่างๆเพื่อให้เหมาะต่อความชอบของผู้สูงอายุ คณะผู้วิจัยจึงทดสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับความชอบของผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นจากผู้ทดสอบทั่วไป 20 คน โดยผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 5 คะแนนความชอบของฟักทองแปรรูปจากผู้ทดสอบทั่วไป

ตัวอย่าง	คะแนนความชอบ (5-1 คะแนน, 5 = ชอบมากที่สุด, 1=ชอบน้อยที่สุด)			
	สี ^{ns}	ความนุ่ม ^{ns}	กลิ่นรส ^{ns}	ความชอบรวม ^{ns}
ฟักทองนึ่ง 25 นาที	3.55	3.61	3.66	3.61
ฟักทองนึ่ง 30 นาที	3.88	3.44	3.61	3.44
ฟักทองPressure@1.05 bar 4 นาที	3.94	3.44	3.27	3.33

ns- ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าฟักทองที่เตรียมทั้ง 3 ทริทเมนต์นั้นผู้ทดสอบมีความชอบในทุกคุณลักษณะ (สี, ความนุ่ม, กลิ่นรส และความชอบรวม) ใกล้เคียงกัน โดยคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในระหว่างการเตรียมตัวอย่างคณะผู้วิจัยพบว่าฟักทองที่นึ่งเป็นเวลา 30 นาทีนั้นมีเนื้อสัมผัสที่เนียนกว่าฟักทองที่นึ่งเป็นเวลา 25 นาที และจากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่ามีความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 คณะผู้วิจัยจึงเลือก ทริทเมนต์ฟักทองที่นึ่งเป็นเวลา 30 นาทีในการทดลองลำดับถัดไป

ตารางที่ 6 สภาวะที่ใช้ในการผลิตต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของฟักทอง

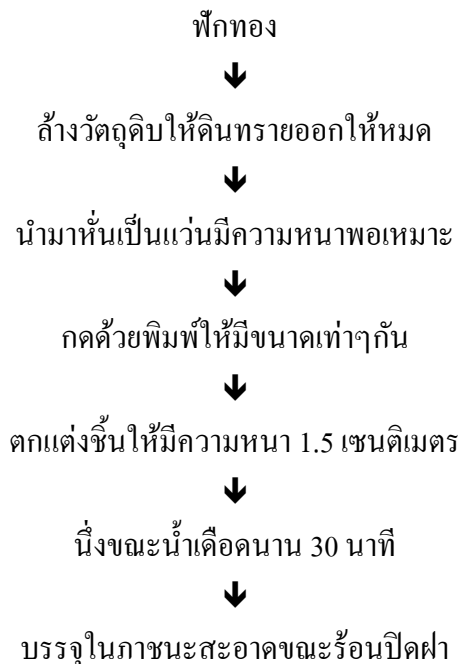
ตัวอย่าง	Firmness ($\times 10^4 \text{ N/m}^2$)	Color (L^*, a^*, b^*)	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Dietary fiber ($\text{g}/100\text{g}$)
ฟักทองสด	400.12 ^a	71, 9, 45	nd	nd
ฟักทองนึ่ง 30 นาที	6.02 ^b	48, 7 36	1003 ^a	1.8
ฟักทอง Pressure@1.05 bar 4 นาที	14.94 ^b	50, 6, 39	445 ^b	nd

a,b ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

nd- No data

จากผลการวิเคราะห์ที่แสดงในตารางที่ 6 พบว่าความแน่นเนื้อ (firmness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อนำฟักทองสดไปนึ่งเป็นเวลา 30 นาที ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่พบว่าฟักทองมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้นเมื่อนำไปให้ความร้อน ส่วนการนึ่งภายใต้ความดันที่ 1.05 bar เป็นเวลา 4 นาที สามารถทำให้ฟักทองมีความแน่นเนื้อลดลงเช่นกัน ในทางตรงกันข้ามการให้ความร้อนที่สูงกว่า 100°C ในฟักทองที่นึ่งภายใต้ความดันส่งผลให้ปริมาณ β -Carotene ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับฟักทองที่นึ่งภายใต้ความดันปกติ โดยปริมาณ β -Carotene ในฟักทองที่นึ่งเป็นเวลา 30 นาที มีค่าเท่ากับ $1003 \mu\text{g}/100\text{g}$ ในด้านคุณลักษณะของสีพบว่าฟักทองที่ไม่ได้นึ่งภายใต้ความดันและภายใต้ความดันมีคุณลักษณะของสีใกล้เคียงกัน ปริมาณ dietary fiber ของฟักทองที่นึ่งเป็นเวลา 30 นาทีนั้น มีปริมาณ dietary fiber เท่ากับ $1.8 \text{ g}/100\text{g}$ of sample แสดงว่าฟักทองเป็นผักที่มีปริมาณ β -Carotene และใยอาหารในระดับสูงเหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งใยอาหารให้กับผู้สูงอายุ

สรุปขั้นตอนการเตรียมผักทอง



3. การผลิตมันเทศเพื่อเป็นแหล่งใยอาหารและฟังก์ชันนอลฟู้ดส์สำหรับผู้สูงอายุ

มันเทศเป็นพืชอีกชนิดที่มีเนื้อสัมผัสที่แข็งทำให้ผู้สูงอายุรับประทานได้ลำบาก คณะผู้วิจัยจึงได้แปรรูปมันเทศด้วยวิธีต่างๆเพื่อให้เหมาะสมต่อความชอบของผู้สูงอายุ คณะผู้วิจัยจึงทดสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับความชอบของผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นจากผู้ทดสอบทั่วไป 20 คน โดยผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 7 ดังนี้

ตารางที่ 7 คะแนนความชอบของมันเทศแปรรูปจากผู้ทดสอบทั่วไป

ตัวอย่าง	คะแนนความชอบ (5-1 คะแนน, 5 = ชอบมากที่สุด, 1=ชอบน้อยที่สุด)			
	สี ^{ns}	ความนุ่ม	กลิ่นรส ^{ns}	ความชอบรวม ^{ns}
มันเทศนึ่ง 25 นาที	3.00	2.85 ^a	3.15	3.12
มันเทศนึ่ง 30 นาที	3.75	3.85 ^b	3.75	3.70
มันเทศ Pressure@ 1.05 bar 5 นาที	3.30	3.62 ^b	3.62	3.55

a-f ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns- ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่ามันเทศที่เตรียมทั้ง 3 ทริทเมนต์นั้นผู้ทดสอบมีความชอบด้านสี, กลิ่นรส และความชอบรวม ใกล้เคียงกันโดยคะแนนความชอบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนความนุ่มนั้นพบว่ามันเทศนึ่ง 30 นาที และมันเทศนึ่งภายใต้ความดันมีคะแนนความชอบสูงกว่ามันเทศนึ่ง 30 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเลือกทริทเมนต์ทั้งสองนี้สำหรับทดลองลำดับถัดไป

ตารางที่ 8 สภาวะที่ใช้ในการผลิตต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของมันเทศ

ตัวอย่าง	Firmness ($\times 10^4$ N/m ²)	Color (L*, a*, b*)	β -Carotene (μ g/100g)	Dietary fiber (g/100g)
มันเทศสด	600.25 ^a	83, 2, 25	nd	nd
มันเทศนึ่ง 30 นาที	25.63 ^b	55, -4, 12	21.24 ^a	2.3
มันเทศ Pressure@ 1.05 bar 5 นาที	23.92 ^b	57, -4, 13	27.03 ^a	nd

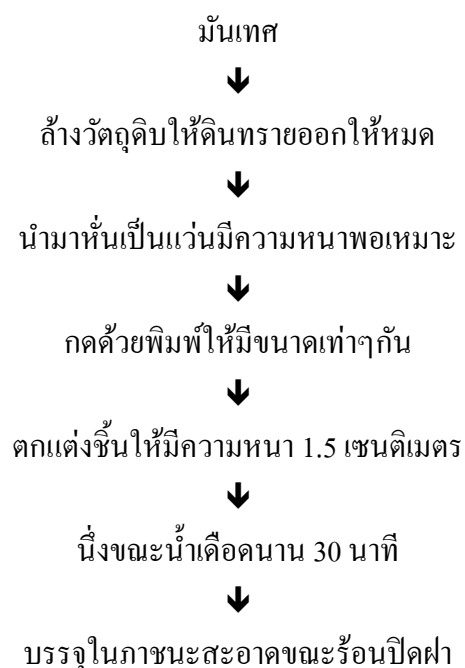
a-f ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

nd- No data

จากผลการวิเคราะห์ที่แสดงในตารางที่ 8 พบว่าความแน่นเนื้อ (firmness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อนำมันเทศสดไปนึ่งเป็นเวลา 30 นาที และนึ่งภายใต้ความดันเป็นเวลา 5 นาที ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่พบว่าพื้กทองมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้นเมื่อนำไปให้ความร้อน โดยความแน่นเนื้อของพื้กทองที่นึ่งด้วยทั้ง 2 วิธีนั้นมีความแน่นเนื้อใกล้เคียงกัน (23.9-25.6

$\times 10^4 \text{ N/m}^2$) อีกทั้งปริมาณ β -Carotene ที่พบในผักทองทั้ง 2 ทริทเมนต์นั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($21\text{--}27 \mu\text{g}/100\text{g}$) ในด้านคุณลักษณะของสีพบว่ามันเทศที่ไม่ได้นึ่งภายใต้ความดันและภายใต้ความดันมีคุณลักษณะของสีใกล้เคียงกัน ปริมาณ dietary fiber ของมันเทศที่นึ่งเป็นเวลา 30 นาทีนั้น มีปริมาณ dietary fiber เท่ากับ $2.3 \text{ g}/100\text{g}$ of sample แสดงว่ามันเทศเป็นผักที่มีใยอาหารในระดับสูงเหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งใยอาหารให้กับผู้สูงอายุ

สรุปขั้นตอนการเตรียมมันเทศ



4. การผลิตข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อเป็นแหล่งใยอาหารและฟังก์ชันนอลฟู้ดส์สำหรับผู้สูงอายุ

ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชอีกชนิดที่มีเนื้อสัมผัสที่แข็งทำให้ผู้สูงอายุรับประทานได้ลำบาก คณะผู้วิจัยจึงได้แปรรูปข้าวโพดด้วยวิธีต่างๆเพื่อให้เหมาะต่อความชอบของผู้สูงอายุ ดังปรากฏในภาพที่ 9 โดยขั้นตอนการแปรรูป แสดงในภาพที่ 10 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 9 จากผลการทดลองพบว่า การลวกข้าวโพดฝักอ่อนในสารละลายปรับสภาพด้วยเกลือและกรดที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3 โดยใช้เกลือ 0.5 กรัมและเกลือ 0.5 กรัมละลายในน้ำกรอง 1 ลิตร เป็นเวลานาน 5 นาที แล้วจึงนำไปนึ่งต่อด้วยไอน้ำอีกนาน 30 นาที จะได้ข้าวโพดฝักอ่อนที่มีคุณลักษณะที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด งานวิจัยนี้จึงได้นำเอาข้าวโพดที่ผ่านขั้นตอนการแปรรูปด้วยขั้นตอนดังกล่าวไปทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภครุ่นสูงอายุเป้าหมายต่อไปรวมทั้งนำไปหาปริมาณของ β -carotene และ dietary fiber

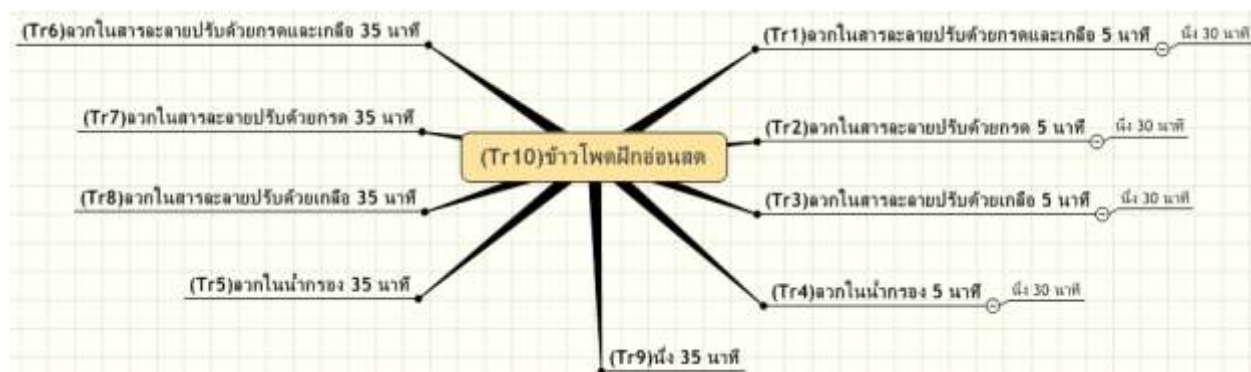


ภาพที่ 9 รูปข้าวโพดปรับสภาพเนื้อสัมผัส

ตารางที่ 9 สภาวะที่ใช้และผลจากการทดลองปรับสภาพเนื้อสัมผัสของข้าวโพดฝักอ่อน

ตัวอย่าง	Firmness ($\times 10^4 \text{N/m}^2$)	Color (L*,a*,b*)	acceptance		Sensory test
			accept	reject	
(1)ข้าวโพดฝักอ่อนลวกใน <u>สารละลายปรับ</u> <u>ด้วยกรด-เกลือ</u> * 5 นาที นึ่ง 30 นาที	185.89	(74,-1,25)	✓		ข้าวโพดมีสีเหลืองสวย รสชาติหวาน หอมกลิ่นข้าวโพด เนื้อสัมผัสกรอบ นุ่ม ร่วน <u>ชอบมากที่สุด</u>
(2)ข้าวโพดฝักอ่อนลวกใน <u>สารละลายปรับ</u> <u>ด้วยกรด</u> ** 5 นาที นึ่ง 30 นาที	180.83	(74,-1,27)	✓		ข้าวโพดมีสีเหลืองเข้มขึ้น รสชาติหวาน หอมกลิ่น ข้าวโพด เนื้อสัมผัส นุ่ม
(3)ข้าวโพดฝักอ่อนลวกใน <u>สารละลายปรับ</u> <u>ด้วยเกลือ</u> *** 5 นาที นึ่ง 30 นาที	159.43	(76,-1,28)	✓		ข้าวโพดมีสีเหลืองเข้มขึ้น รสชาติหวาน และเค็ม หอม กลิ่นข้าวโพด เนื้อสัมผัสนุ่ม ไม่ร่วน
(4)ข้าวโพดฝักอ่อนลวกใน <u>น้ำกรอง</u> **** 5 นาที นึ่ง 30 นาที	164.39	(73,-2,24)	✓		ข้าวโพดมีสีเหลืองเข้มขึ้นเล็กน้อย เนื้อสัมผัสกรอบร่วน รสชาติจืด
(5)ข้าวโพดฝักอ่อนลวกใน <u>น้ำกรอง</u> 35 นาที	166.43	(75,-1,26)	✓		ข้าวโพดมีสีเหลืองสวย เนื้อสัมผัสกรอบร่วนมาก รสชาติจืดมาก
(6)ข้าวโพดฝักอ่อนลวกใน <u>สารละลายปรับ</u> <u>ด้วยกรด-เกลือ</u> 35 นาที	195.32	(74,-1,27)	✓		ข้าวโพดมีสีเหลืองสว่าง เนื้อสัมผัสกรอบ เหนียว รสชาติ จืด

(7)ข้าวโพดฝักอ่อนลวกในสารละลายปรับ ด้วยกรด 35 นาที	197.28	(74,-1,25)	✓		ข้าวโพดมีสีเหลืองสว่าง เนื้อสัมผัสกรอบร่วน รสชาติจืด แต่ดีกว่าลวกในเกลือ(tr.8)
(8)ข้าวโพดฝักอ่อนลวกในสารละลายปรับ ด้วยเกลือ 35 นาที	184.63	(72,0,29)	✓		ข้าวโพดมีสีเหลืองเข้มออกคล้ำ เนื้อสัมผัสกรอบร่วน รสชาติจืด
(9)ข้าวโพดฝักอ่อนนึ่ง 35 นาที	151.76	(77,0,29)	✓		ข้าวโพดมีสีเหลืองคล้ำออกเข้ม เนื้อสัมผัสกรอบร่วน แห้งๆ มีกลิ่นcooked รสชาติหวานเล็กน้อย
(10)ข้าวโพดฝักอ่อนสด	236.77	(74,1,25)	-		ข้าวโพดมีสีเหลืองสวย หอมกลิ่นข้าวโพด



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัส

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัส (ตัวอย่างที่ 1-4)

ข้าวโพดฝักอ่อน

ตัดแต่ง



ลวก

(*ในสารละลาย ปรับด้วยกรด 0.5 g และเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(**ในสารละลาย ปรับด้วยกรด 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(***ในสารละลาย ปรับด้วยเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(****ในน้ำกรอง)



นาน 5 นาที

(อัตราส่วนข้าวโพดอ่อนต่อสารละลายที่ใช้ลวก = 350g/L)



นึ่งด้วยไอน้ำ

นาน 30 นาที



ข้าวโพดปรับสภาพ

บรรจุลงภาชนะ ขณะร้อน

ปิดผนึก

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัส (ตัวอย่างที่ 5-8)

ข้าวโพดฝักอ่อน

ตัดแต่ง



ลวก

(*ในสารละลาย ปรับด้วยกรด 0.5 g และเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(**ในสารละลาย ปรับด้วยกรด 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(***ในสารละลาย ปรับด้วยเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(****ในน้ำกรอง)



นาน 35 นาที

(อัตราส่วนข้าวโพดอ่อนต่อสารละลายที่ใช้ลวก = 350g/L)



ข้าวโพดปรับสภาพ

บรรจุลงภาชนะ ขณะร้อน

ปิดผนึก

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัส (ตัวอย่างที่ 9)

ข้าวโพดฝักอ่อน

ตัดแต่ง



นึ่ง

นาน 35 นาที



ข้าวโพดปรับสภาพ

บรรจุลงภาชนะ ขณะร้อน

ปิดผนึก

ตารางที่ 10 สภาวะที่ใช้ในการผลิตต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของข้าวโพดฝักอ่อน

ตัวอย่าง	Firmness ($\times 10^4 \text{ N/m}^2$)	Color (L^* , a^* , b^*)	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Dietary fiber ($\text{g}/100\text{g}$)
ข้าวโพดฝักอ่อนสด	218.24 ^a	77, 1, 27	nd	nd
ข้าวโพดฝักอ่อนลวกในสารละลายปรีดกรดและเกลือ 5 นาที นึ่ง 30 นาที	165.04 ^b	72, -1, 24	10.67	2.4

a-f ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

nd- No data

จากผลการวิเคราะห์ที่แสดงในตารางที่ 10 พบว่าความแน่นเนื้อ (firmness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อนำข้าวโพดฝักอ่อนสดไปลวกในสารละลายปรีดกรดและเกลือ 5 นาที แล้วนึ่ง เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งก็สอดคล้องกับความรู้สึทางประสาทสัมผัสที่พบว่าข้าวโพดฝักอ่อนมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น เมื่อนำไปให้ความร้อนแล้วพบว่าข้าวโพดฝักอ่อนมีปริมาณ β -Carotene เท่ากับ $10.67 \mu\text{g}/100\text{g}$ ในด้านคุณลักษณะของสีพบว่าสีของข้าวโพดลวกไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเทียบกับสีของข้าวโพดก่อนลวกคือมีสีออกเหลืองและสว่าง ปริมาณ dietary fiber ของข้าวโพดฝักอ่อนที่ลวกเป็นเวลา 30 นาทีนั้น มีปริมาณ dietary fiber เท่ากับ $2.4 \text{ g}/100\text{g}$ of sample แสดงว่าข้าวโพดฝักอ่อนเป็นผักที่มีใยอาหารในระดับสูงเหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งใยอาหารให้กับผู้สูงอายุ

5. การผลิตบร็อกโคลี่เพื่อเป็นแหล่งใยอาหารและฟังก์ชันนอลฟู้ดส์สำหรับผู้สูงอายุ

บร็อกโคลี่เป็นพืชอีกชนิดที่มีเนื้อสัมผัสที่แข็งทำให้ผู้สูงอายุรับประทานได้ลำบาก คณะผู้วิจัยจึงได้แปรรูปบร็อกโคลี่ด้วยวิธีต่างๆเพื่อให้เหมาะต่อความชอบของผู้สูงอายุ ดังปรากฏในภาพที่ 11 โดยขั้นตอนการแปรรูป แสดงในภาพที่ 12 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 11 จากผลการทดลองพบว่า การแช่บร็อกโคลี่ในสารละลายปรับสภาพด้วยเกลือและกรดที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3 โดยใช้เกลือ 0.5 กรัมและเกลือ 0.5 กรัมละลายในน้ำกรอง 1 ลิตร เป็นเวลานาน 10 นาที แล้วจึงนำไปนึ่งต่อด้วยไอน้ำอีกนาน 8 นาที จะได้บร็อกโคลี่ที่มีคุณลักษณะที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด งานวิจัยนี้จึงได้นำเอาบร็อกโคลี่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยขั้นตอนดังกล่าวไปทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคสูงอายุเป้าหมายต่อไป รวมทั้งนำไปหาปริมาณของ β -carotene และ dietary fiber

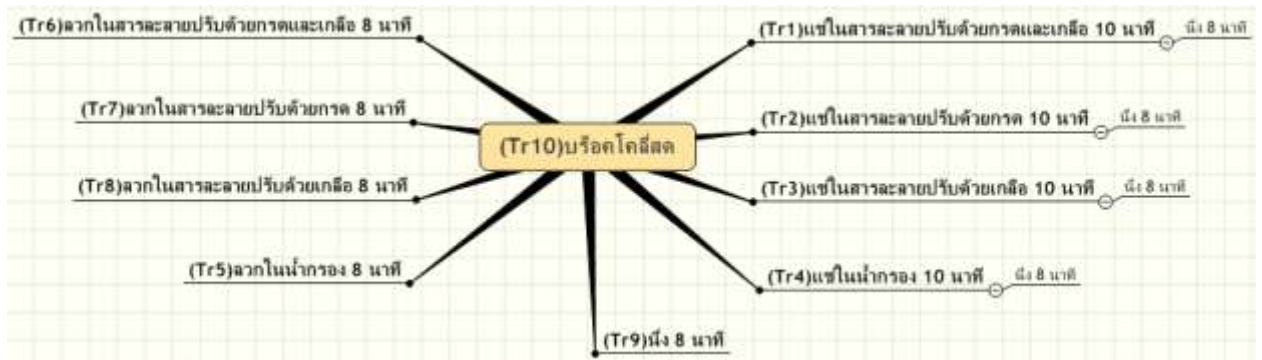


ภาพที่ 11 รูปบร็อกโคลี่ปรับสภาพเนื้อสัมผัส

ตารางที่ 11 สภาวะที่ใช้และผลจากการทดลองปรับสภาพเนื้อสัมผัสของบร็อกโคลี่

สภาวะทดลอง	Firmness ($\times 10^4 \text{N/m}^2$)	Color (L*,a*,b*)	Acceptance		Sensory test
			accept	reject	
(1)บร็อกโคลี่แช่ในสารละลายปรับด้วยกรด-เกลือ* 10 นาที นึ่ง 8 นาที	58.75	(43,-5,10)	✓		บร็อกโคลี่มีสีเขียวสดเข้ม เนื้อสัมผัสนุ่ม รสชาติดี หวานหอมมีกลิ่นบร็อกโคลี่ ชอบมากที่สุด
(2)บร็อกโคลี่แช่ในสารละลายปรับด้วยกรด** 10 นาที นึ่ง 8 นาที	38.77	(37,-4,9)	✓		บร็อกโคลี่มีสีเขียว เนื้อสัมผัสนุ่ม หวานหอม รสชาติดี
(3)บร็อกโคลี่แช่ในสารละลายปรับด้วยเกลือ*** 10 นาที นึ่ง 8 นาที	55.36	(40,-5,10)	✓		บร็อกโคลี่มีสีเขียว เนื้อสัมผัสนุ่ม หวานหอมเล็กน้อย
(4)บร็อกโคลี่แช่ในน้ำกรอง**** 10 นาที นึ่ง 8 นาที	49.67	(41,-5,12)	✓		บร็อกโคลี่มีสีเขียวอ่อน เนื้อสัมผัสนุ่ม หอมหวานเล็กน้อย
(5)บร็อกโคลี่ลวกในน้ำกรอง 8 นาที	44.11	(40,-6,15)	✓		บร็อกโคลี่มีสีเขียวสวย เนื้อสัมผัสนุ่ม หอมเล็กน้อย รสชาติจืด
(6)บร็อกโคลี่ลวกในสารละลายปรับด้วยกรด-เกลือ* 8 นาที	63.65	(40,-2,12)		✓	บร็อกโคลี่มีสีเขียวล้าออกสีน้ำตาลมาก รสชาติจืด เนื้อสัมผัสนุ่ม มีกลิ่นรสคล้ายจับ่าย

(7)บรีอคโคลีลวกในสารละลายปรับด้วยกรด** 8 นาที	60.72	(48,-5,20)		✓	บรีอคโคลีมีสีเขียวคล้ำออกสีน้ำตาล รสชาติจืด เนื้อสัมผัสนุ่ม ไม่มีกลิ่นรสของบรีอคโคลี
(8)บรีอคโคลีลวกในสารละลายปรับด้วยเกลือ*** 8 นาที	56.99	(37,-5,9)		✓	บรีอคโคลีมีสีเขียวเข้มมาก รสชาติจืด เนื้อสัมผัสนุ่ม ไม่มีกลิ่นรสของบรีอคโคลี
(9)บรีอคโคลีนึ่ง 8 นาที	49.41	(39,-5,14)	✓		บรีอคโคลีมีสีเขียวอ่อน เนื้อสัมผัสนุ่ม หอมกลิ่นบรีอคโคลีเล็กน้อย รสชาติจืด
(10)บรีอคโคลีสด	257.15	(43,-5,8)	-		บรีอคโคลีมีสีเขียวเข้ม เนื้อสัมผัสแข็ง กรอบ เหนียวเล็กน้อย



ภาพที่ 12 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างบร็อคโคลี่เพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัส

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างบร็อกโคลี่เพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัส (ตัวอย่างที่ 1-4)

บร็อกโคลี่

ตัดแต่ง



แช่ในสารละลาย

(*ในสารละลาย ปรับด้วยกรด 0.5 g และเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(**ในสารละลาย ปรับด้วยกรด 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(***ในสารละลาย ปรับด้วยเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(****ในน้ำกรอง)



นาน 10 นาที

(อัตราส่วนบร็อกโคลี่ต่อสารละลายที่ใช้แช่ = 200g/L)



นึ่งด้วยไอน้ำ

นาน 8 นาที



บร็อกโคลี่ปรับสภาพ

บรรจุลงภาชนะ ขณะร้อน

ปิดผนึก

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างบร็อกโคลี่เพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัส (ตัวอย่างที่ 5-8)

บร็อกโคลี่

ตัดแต่ง



ลวก

(*ในสารละลาย ปรับด้วยกรด 0.5 g และเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(**ในสารละลาย ปรับด้วยกรด 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(***ในสารละลาย ปรับด้วยเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(****ในน้ำกรอง)



นาน 8 นาที

(อัตราส่วนบร็อกโคลี่ต่อสารละลายที่ใช้ลวก = 200g/L)



บร็อกโคลี่ปรับสภาพ

บรรจุลงภาชนะ ขณะร้อน

ปิดผนึก

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างบรีคโคลิเพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัส (ตัวอย่างที่ 9)

บรีคโคลิ

ตัดแต่ง



นิ่ง

นาน 8 นาที



บรีคโคลิปรับสภาพ

บรรจุลงภาชนะ ขณะร้อน

ปิดผนึก

ตารางที่ 12 สภาวะที่ใช้ในการผลิตต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของบร็อคโคลี่

ตัวอย่าง	Firmness ($\times 10^4 \text{ N/m}^2$)	Color (L^*, a^*, b^*)	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Dietary fiber ($\text{g}/100\text{g}$)
บร็อคโคลี่สด	305.99 ^a	46, -4, 7	nd	nd
บร็อคโคลี่แช่ใน สารละลายปรับกรด และเกลือ 10 นาที นึ่ง 8 นาที	48.05 ^b	39, -3, 7	436	1.0

a-f ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p \leq 0.05$)

nd- No data

จากผลการวิเคราะห์ที่แสดงในตารางที่ 12 พบว่าความแน่นเนื้อ (firmness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อนำบร็อคโคลี่สดไปแช่ในสารละลายปรับกรดและเกลือ 10 นาที แล้วนึ่ง เป็นเวลา 8 นาที ซึ่งก็สอดคล้องกับผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่พบว่าบร็อคโคลี่มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น เมื่อนำไปให้ความร้อนแล้วพบว่าบร็อคโคลี่มีปริมาณ β -Carotene เท่ากับ $436 \mu\text{g}/100\text{g}$ ในด้านคุณลักษณะของสีพบว่าสีของบร็อคโคลี่นี้ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเทียบกับสีของบร็อคโคลี่ก่อนลวกคือมีสีเขียวสดและสว่าง ปริมาณ dietary fiber ของ บร็อคโคลี่ที่ลวกเป็นเวลา 8 นาทีนั้น มีปริมาณ dietary fiber เท่ากับ $1.0 \text{ g}/100\text{g}$ of sample แสดงว่าบร็อคโคลี่เป็นผักที่มีปริมาณ β -Carotene และใยอาหารในระดับปานกลาง สามารถใช้เป็นแหล่งโภชนาการให้กับผู้สูงอายุ ได้เช่นกัน

6. การผลิตถั่วแขกเพื่อเป็นแหล่งใยอาหารและฟังก์ชันนอลฟู้ดส์สำหรับผู้สูงอายุ

ถั่วแขกเป็นพืชอีกชนิดที่มีเนื้อสัมผัสที่กรอบแข็งทำให้ผู้สูงอายุรับประทานได้ลำบาก คณะผู้วิจัยจึงได้แปรรูปถั่วแขกด้วยวิธีต่างๆเพื่อให้เหมาะต่อความชอบของผู้สูงอายุ ดังปรากฏในภาพที่ 13 โดยขั้นตอนการแปรรูป แสดงในภาพที่ 14 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 13 จากผลการทดลองพบว่าถั่วแขกในสารละลายปรับสภาพด้วยเกลือและกรดที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3 โดยใช้เกลือ 0.5 กรัมและเกลือ 0.5 กรัมละลายในน้ำกรอง 1 ลิตร เป็นเวลานาน 2 นาที แล้วจึงนำไปนึ่งต่อด้วยไอน้ำอีกนาน 1 นาทีจะได้ถั่วแขกที่มีคุณลักษณะที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด งานวิจัยนี้จึงได้นำเอาถั่วแขกที่ผ่านขั้นตอนการแปรรูปดังกล่าวไปทดสอบการยอมรับกับกลุ่มผู้บริโภคสูงอายุเป้าหมายต่อไป รวมทั้งนำไปหาปริมาณของ β -carotene และ dietary fiber

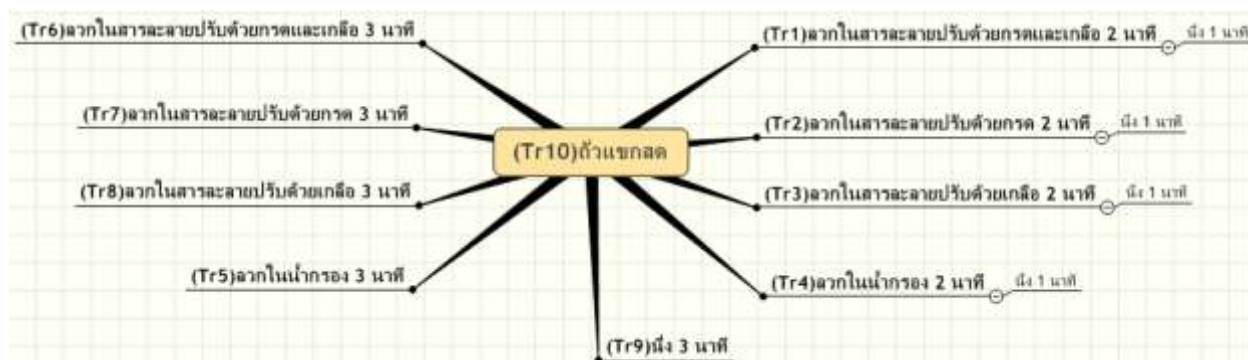


ภาพที่ 13 รูปถั่วแขกปรับสภาพเนื้อสัมผัส

ตารางที่ 13 สภาวะที่ใช้และผลจากการทดลองปรับสภาพเนื้อสัมผัสของถั่วแขก

สภาวะทดลอง	Firmness ($\times 10^4 \text{N/m}^2$)	Color (L*,a*,b*)	Acceptance		Sensory test
			accept	reject	
(1)ถั่วแขกลวกในสารละลายปรับด้วยกรด-เกลือ* 2 นาที นึ่ง 1 นาที	197.1	(50,-11,24)	✓		ถั่วแขกมีสีเขียวอ่อน มีกลิ่นหอมอ่อนๆ ของถั่ว รสชาติดี เนื้อสัมผัสกรอบดี ชอบมาก
(2)ถั่วแขกลวกในสารละลายปรับด้วยกรด** 2 นาที นึ่ง 1 นาที	189.18	(50,-13,25)	✓		ถั่วแขกมีสีเขียวสด เนื้อสัมผัสกรอบ รสชาติจืด
(3)ถั่วแขกลวกในสารละลายปรับด้วยเกลือ*** 2 นาที นึ่ง 1 นาที	208.98	(48,-12,23)	✓		ถั่วแขกมีสีเขียวสด เนื้อสัมผัสกรอบ รสชาติจืด
(4)ถั่วแขกลวกในน้ำกรอง**** 2 นาที นึ่ง 1 นาที	169.01	(46,-12,23)	✓		ถั่วแขกมีสีเขียวสด เนื้อสัมผัสกรอบ รสชาติหวานเล็กน้อย มีกลิ่นหอมถั่วเล็กน้อย
(5)ถั่วแขกลวกในน้ำกรอง**** 3 นาที	195.27	(51,-11,23)	✓		ถั่วแขกมีสีเขียวสวย เนื้อสัมผัสนุ่มไม่กรอบ รสชาติจืด มีกลิ่นถั่วเล็กน้อย
(6)ถั่วแขกลวกในสารละลายปรับด้วยกรด-เกลือ* 3 นาที	139.04	(51,-9,21)	✓		ถั่วแขกมีสีเขียวสดสว่างกว่าถั่วแขกสด เนื้อสัมผัสนุ่ม รสชาติไม่ร่อยจืด มีรสเปรี้ยว มีกลิ่นถั่วเล็กน้อย
(7)ถั่วแขกลวกในสารละลายปรับด้วย	187.66	(48,-12,23)	✓		ถั่วแขกมีสีเขียวอ่อน บางชิ้นเส้นข้างมีสีส้ม มีกลิ่นถั่วแต่รสชาติ

กรด ** 3 นาที					ไม่หวาน เนื้อสัมผัสกรอบ เหนียว
(8) ถั่วแขกลวกในสารละลายปรับด้วย เกลือ *** 3 นาที	141.62	(50,-10,20)	✓		ถั่วแขกมีสีเขียวสด เนื้อสัมผัสนุ่มเหนียวเล็กน้อย รสชาติจืด ไม่ มีกลิ่นถั่ว
(9)ถั่วแขกนึ่ง 3 นาที	158.68	(51,-9,19)	✓		ถั่วแขกมีสีเขียวสด มีกลิ่นถั่ว ไม่หวาน เนื้อสัมผัสกรอบ เหนียว เล็กน้อย
(10)ถั่วแขกสด	241.75	(62,-6,16)	-		สีเขียวไม่สว่าง กรอบแข็ง เหนียว



ภาพที่ 14 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างถั่วแขกเพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัส

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างถั่วแขกเพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัส (ตัวอย่างที่ 1-4)

ถั่วแขก



ลวก

(*ในสารละลาย ปรับด้วยกรด 0.5 g และเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(**ในสารละลาย ปรับด้วยกรด 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(***ในสารละลาย ปรับด้วยเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(****ในน้ำกรอง)



นาน 2 นาที

(อัตราส่วนถั่วแขกต่อสารละลายที่ใช้ลวก = 200g/L)



ตัดแต่ง



นึ่งด้วยไอน้ำ นาน 1 นาที



ถั่วแขกปรับสภาพ

บรรจุลงภาชนะ ขณะร้อน

ปิดผนึก

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างถั่วแขกเพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัส (ตัวอย่างที่ 5-8)

ถั่วแขก



ลวก

(*ในสารละลาย ปรับด้วยกรด 0.5 g และเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(**ในสารละลาย ปรับด้วยกรด 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(***ในสารละลาย ปรับด้วยเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร) หรือ

(****ในน้ำกรอง)



นาน 3 นาที

(อัตราส่วนถั่วแขกต่อสารละลายที่ใช้ลวก = 200g/L)



ตัดแต่ง



ถั่วแขกปรับสภาพ

บรรจุลงภาชนะ ฆ่าเชื้อร้อน

ปิดผนึก

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างถั่วแขกเพื่อปรับสภาพเนื้อสัมผัส (ตัวอย่างที่ 9)

ถั่วแขก



ล้าง

นาน 3 นาที



ตัดแต่ง



ถั่วแขกปรับสภาพ

บรรจุลงภาชนะ ขณะร้อน

ปิดผนึก

ตารางที่ 14 สภาวะที่ใช้ในการผลิตต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของถั่วแขก

ตัวอย่าง	Firmness ($\times 10^4 \text{ N/m}^2$)	Color (L^* , a^* , b^*)	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Dietary fiber ($\text{g}/100\text{g}$)
ถั่วแขก สด	236.90 ^a	58, -6, 15	nd	nd
ถั่วแขก ลวกใน สารละลายปรับ กรดและเกลือ 2 นาที่ นึ่ง 1 นาที่	198.99 ^b	50, -7, 20	330	1.2

a-f ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

nd- No data

จากผลการวิเคราะห์ที่แสดงในตารางที่ 14 พบว่าความแน่นเนื้อ (firmness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อนำถั่วแขกสดไปลวกในสารละลายปรับกรดและเกลือ 2 นาที่ แล้วนึ่งเป็นเวลา 1 นาที่ ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่พบว่าถั่วแขกมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น เมื่อนำไปให้ความร้อนแล้วพบว่าถั่วแขกมีปริมาณ β -Carotene เท่ากับ $330 \mu\text{g}/100\text{g}$ ในด้านคุณลักษณะของสีพบว่าสีของถั่วแขกหนึ่งมีสีเขียวสดและสว่างน่ารับประทาน ปริมาณ dietary fiber ของ ถั่วแขกที่แปรรูปนั้น มีปริมาณ dietary fiber เท่ากับ $1.2 \text{ g}/100\text{g}$ of sample แสดงว่าถั่วแขกเป็นผักที่มีปริมาณ β -Carotene และใยอาหารในระดับปานกลาง สามารถใช้เป็นแหล่งโภชนาการให้กับผู้สูงอายุ ได้เช่นกัน

7. ศึกษาผลการยอมรับของผู้บริโภคสูงอายุต่อผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูป โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการคัดเลือกจากผู้ทดสอบ 15-20 คนในห้องปฏิบัติการที่ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ไปให้ผู้ทดสอบชิม โดยกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย คือ ศูนย์บริการสาธารณสุขที่ 17 ประชาณิเวศน์ 1 กรุงเทพมหานคร โดยมีผู้ทำการทดสอบจำนวน 70 คน

ตารางที่ 15 คะแนนความชอบของผักนึ่งจากผู้บริโภคสูงอายุ (>60 ปี)

ตัวอย่าง	คะแนนความชอบ (5-1 คะแนน, 5 = ชอบมากที่สุด, 1=ชอบน้อยที่สุด)			
	สี	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบรวม
แครอทนึ่ง 20 นาที	4.44	4.23	4.01	4.44
ฟักทองนึ่ง 30 นาที	4.59	4.41	4.46	4.64
มันเทศนึ่ง 30 นาที	4.14	4.40	4.37	4.40
ข้าวโพดฝักอ่อน ลวกในสารละลาย ปรับกรดและเกลือ 5 นาที นึ่ง 30 นาที	4.04	3.83	3.99	3.96
บร็อกโคลี่ แช่ในสารละลายปรับกรด และเกลือ 10 นาที นึ่ง 8 นาที	4.04	3.83	3.99	3.96
ถั่วแขก ลวกในสารละลายปรับกรด และเกลือ 2 นาที นึ่ง 1 นาที	3.84	3.56	3.64	3.80

แครอท, ฟักทอง และมันเทศ ผู้สูงอายุให้คะแนนความชอบอยู่ระหว่าง ชอบมาก (4 คะแนน) ถึงชอบมากที่สุด (5 คะแนน) ในทุกลักษณะ ส่วนข้าวโพดฝักอ่อน, บร็อกโคลี่และถั่วแขก ผู้สูงอายุให้คะแนนความชอบอยู่ระหว่าง ชอบปานกลาง (3 คะแนน) ถึง ชอบมาก (4 คะแนน) ซึ่งจากคะแนนทั้งหมดที่ได้รับบ่งชี้ว่าผู้บริโภค (ผู้สูงอายุ) ให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้น โดยมีค่าคะแนนความชอบในทุกลักษณะมากกว่า 3 อีกทั้งผลการประเมินจากแบบสอบถามพบว่าผู้สูงอายุมีความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ผักนึ่งคิดเป็น 94%

8. ประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2553 ฉบับที่ 2)

ผลการทดสอบหาอายุการเก็บรักษา พบว่า

- แครอท ฟักทอง มันเทศ มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 4 สัปดาห์ในตู้เย็น ($4 \pm 2^{\circ}\text{C}$) เมื่อเทียบกับเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2553 ฉบับที่ 2) ในตารางที่ 17 โดยตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษานั้น ค่า Total plate count, *S. aureus*, *Salmonella*, *E. Coli*, *L. Monocytogenes*, *B. cereus*, Yeast and Mold ไม่พบในระหว่างการเก็บรักษาดังได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 16 เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบยังให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บรักษา 4 สัปดาห์โดยประเมินทั้งด้าน สี กลิ่นรสและเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา
- ข้าวโพดฝักอ่อน มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 7 วัน ($4 \pm 2^{\circ}\text{C}$) เมื่อเทียบกับเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2553 ฉบับที่ 2) ในตารางที่ 17 โดยตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษานั้น ค่า Total plate count, *S. aureus*, *Salmonella*, *E. Coli*, *L. Monocytogenes*, *B. cereus*, Yeast and Mold ไม่พบในระหว่างการเก็บรักษาดังได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 16 เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบยังให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บรักษา 7 วัน โดยประเมินทั้งด้าน สี กลิ่นรสและเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 16 คุณภาพทางจุลินทรีย์และทางเคมีกายภาพของผักนุ่นระหว่างการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์	ตัวแปรที่ศึกษาเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษา										
	Color	Firmness	Total plate count	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i>	<i>E. Coli</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>B. cereus</i>	<i>Yeast and Mold</i>	Sensory test	
	(L*,a*,b*)	(x10 ⁴ N/ m ²)	(cfu/g)	(cfu/g)	(cfu/25g)	(cfu/g)	(cfu/25g)	(cfu/g)	(cfu/g)	accept	reject
แครอทสด	54,25,24	289.02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
แครอทหลังแปรรูป	47,22,26	11.71	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	✓	
แครอทหลังแปรรูปสัปดาห์ที่ 1	49,25,27	15.4	ไม่พบ	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
แครอทหลังแปรรูปสัปดาห์ที่ 2	46,22,26	13.14	ไม่พบ	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
แครอทหลังแปรรูปสัปดาห์ที่ 3	48,24,26	21.1	ไม่พบ	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
แครอทหลังแปรรูปสัปดาห์ที่ 4	49,22,24	15.0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	✓	
ฟักทองสด	67,10,49	436.75	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
ฟักทองหลังแปรรูป	64,7,33	6.27	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	✓	
ฟักทองหลังแปรรูปสัปดาห์ที่ 1	48,6,33	8.01	ไม่พบ	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
ฟักทองหลังแปรรูปสัปดาห์ที่ 2	51,10,39	7.36	ไม่พบ	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	

ฟีกทองหลังแปรรูปสัปดาห์ที่ 3	48,6,35	6.49	ไม่พบ	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
ฟีกทองหลังแปรรูปสัปดาห์ที่ 4	49,8,41	7.22	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	✓	
มันเทศสด	84,2,28	734.78	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
มันเทศหลังแปรรูป	66,-5,17	26.56	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	✓	
มันเทศหลังแปรรูปสัปดาห์ที่ 1	65,-4,17	22.91	ไม่พบ	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
มันเทศหลังแปรรูปสัปดาห์ที่ 2	66,-4,17	20.23	ไม่พบ	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
มันเทศหลังแปรรูปสัปดาห์ที่ 3	65,-4,16	26.16	ไม่พบ	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
มันเทศหลังแปรรูปสัปดาห์ที่ 4	60,-4,17	24.72	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	✓	

ตารางที่ 16 คุณภาพทางจุลินทรีย์และทางเคมีกายภาพของผักนึ่งระหว่างการเก็บรักษา (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ตัวแปรที่ศึกษาเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษา										
	Color (L*,a*,b*)	Firmness (x10 ⁴ N/m ²)	Total plate count (cfu/g)	S. aureus (cfu/g)	Salmonella (cfu/25g)	E.Coli (cfu/g)	L. monocytogenes (cfu/25g)	B. cereus (cfu/g)	Yeast and Mold (cfu/g)	Sensory test	
										accept	reject
ข้าวโพดฝักอ่อนสด	77,3,27	228.57	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
ข้าวโพดฝักอ่อนหลังแปรรูป	75,0.3,27	146.57	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	✓	
ข้าวโพดฝักอ่อนหลังแปรรูป 2 วัน	73,0.3,26	145.86	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
ข้าวโพดฝักอ่อนหลังแปรรูป 4 วัน	73,0.3,25	161.95	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
ข้าวโพดฝักอ่อนหลังแปรรูป 7 วัน	68,-0.4,21	156.45	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	✓	
บร็อกโคลี่สด	44,-4,8	286.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
บร็อกโคลี่หลังแปรรูป	41,-5,15	77.58	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	✓	
บร็อกโคลี่หลังแปรรูป 2 วัน	38,-4,13	52.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
บร็อกโคลี่หลังแปรรูป 4 วัน	39,-5,13	56.58	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
บร็อกโคลี่หลังแปรรูป 7 วัน	45,-4,19	62.83	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	✓	

n.d. หมายถึง ไม่มีข้อมูล

ไม่พบ หมายถึง พบเชื่อน้อยกว่า 10 cfu/g

ตารางที่ 16 คุณภาพทางจุลินทรีย์และทางเคมีกายภาพของผักนึ่งระหว่างการเก็บรักษา (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ตัวแปรที่ศึกษาเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษา										
	Color	Firmness	Total plate count	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i>	<i>E. Coli</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>B. cereus</i>	<i>Yeast and Mold</i>	Sensory test	
	(L*,a*,b*)	(x10 ⁴ N/m ²)	(cfu/g)	(cfu/g)	(cfu/25g)	(cfu/g)	(cfu/25g)	(cfu/g)	(cfu/g)	accept	reject
ถั่วแขกสด	62,-7,18	211.65	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
ถั่วแขกหลังแปรรูป	51,-10,28	181.76	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	✓	
ถั่วแขกหลังแปรรูป 2 วัน	55,-8,24	206.98	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
ถั่วแขกหลังแปรรูป 4 วัน	54,-8,27	180.35	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	✓	
ถั่วแขกหลังแปรรูป 7 วัน	54,-6,25	177.96	1x10 ²	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	✓	

n.d. หมายถึง ไม่มีข้อมูล

ไม่พบ หมายถึง พบเชืื่อน้อยกว่า 10 cfu/g

ตารางที่ 17 เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2553 ฉบับที่2)

อาหาร	Total plate count (cfu/g)	<i>S. aureus</i> (cfu/25g)	<i>Salmonella spp.</i> (cfu/25g)	<i>E.coli</i> (MPN)	<i>L.</i> <i>monocytogenes</i> (cfu/25g)	Yeast (cfu/g)	Mold (cfu/g)
ผัก ผลไม้ พร้อมบริโภค	< 1x10 ⁶	<100	ไม่พบ	<100	ไม่พบ	<500	<1x10 ⁴

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

คณะผู้วิจัยสามารถหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมผักนึ่งสำหรับผู้สูงอายุเป็นดังนี้

ชนิดผัก	สภาวะของการผลิต
แครอท	นึ่ง 20 นาที
ฟักทอง	นึ่ง 30 นาที
มันเทศ	นึ่ง 30 นาที
ข้าวโพดฝักอ่อน	ลวกในสารละลายปรับกรดและเกลือ 5 นาที นึ่ง 30 นาที
บร็อคโคลี่	แช่ในสารละลายปรับกรดและเกลือ 10 นาที นึ่ง 8 นาที
ถั่วแขก	ลวกในสารละลายปรับกรดและเกลือ 2 นาที นึ่ง 1 นาที

ปริมาณผักนึ่งที่แนะนำให้ผู้สูงอายุรับประทานต่อครั้ง (Serving Unit) คือ

แครอทหนึ่ง 50 กรัม

ฟักทองหนึ่ง 33 กรัม

มันเทศหนึ่ง 33 กรัม

บร็อคโคลี่ 25 กรัม

ข้าวโพดฝักอ่อน 50 กรัม

ถั่วแขก 25 กรัม

โดยจะได้รับสารอาหารคือ β -Carotene จำนวน 1.71 mg และ Dietary fiber 4.3 กรัม ตามหลัก

โภชนาการสารอาหารที่แนะนำให้รับประทานต่อวัน คือ β -Carotene จำนวน 15 mg และ Dietary fiber 25 กรัม

จากผลการทดลองพบว่าการรับประทานผักขนาดที่เหมาะสมคือ 10 Serving Unit จึงจะได้รับปริมาณ β -Carotene และ dietary fiber เพียงพอต่อ 1 วัน ซึ่งในทางปฏิบัติ ในแต่ละวันความเป็นไปได้ที่จะได้รับสารอาหารทั้ง 2 อย่างนี้อาจได้รับจากแหล่งอื่นๆอีก เช่น มะม่วงสุก ผักชนิดอื่นๆ และน้ำผลไม้ เป็นต้น

อายุการเก็บรักษาในตู้เย็นที่ $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ของแครอทหนึ่ง ฟักทองหนึ่ง และมันเทศหนึ่ง คือ 4 สัปดาห์ ในขณะที่บร็อคโคลี่ ข้าวโพดฝักอ่อน และถั่วแขก มีอายุการเก็บรักษา 1 สัปดาห์

เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าระหว่างประเทศ. 2549. สถานการณ์สินค้าข้าวโพดฝักอ่อน. แหล่งที่มา: <http://www.dft.moc.go.th>, 3 กรกฎาคม 2552.
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2553. เภยันต์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร. (2): 6.
- ธีรา แดงกนิษฐ์. 2538. ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของเอนไซม์ Polygalacturonase, Pectin Methylesterase, Cellulase และ b-Galactosidase และการอ่อนตัวของเนื้อทุเรียนสุก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปราณี อ่านเปรื่อง. 2535. เอนไซม์ทางอาหาร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- แสงโสม สินะวัฒน์. 2544. ตารางแสดงชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารไทย. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- A.O.A.C. 2005. **Official Methods of Analysis**. 15th ed., The Association of Official Analytical Chemistry, Washington DC, U.S.A. Enzymatic-Gravimetric Method. 985.29.
- Ahn, J., V.M. Balasubramaniam and A.E. Yoursef. 2007. Inactivation kinetics of selected heat resistant aerobic and anaerobic bacterial surrogate spore by pressure-assisted thermal precessing. **Int. J. Food Microbiol.** 133 (3): 321-9.
- Anonymous. 2009. **Beta-carotene**. The National Institutes of Health. Available Source: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/druginfo/natural/patient-betacarotene.html>., June 2, 2009.
- Anthon, G.E. and D.M. Barrett. 2006. Characterization of the temperature activation of pectin methylesterase in green beans and tomatoes. **J. Agr. Food Chem.** 54 (1): 204-211.
- Baker, R.A. and L. Wicker. 1996. Current and potential applications of enzyme infusion in the food industry. **Trends Food Sci. Technol.** 7 (9): 279-284.
- Cinar, I. 2005. Effects of cellulase and pectinase concentrations on the colour yield of enzyme extracted plant carotenoids. **Process Biochem.** 40 (2): 945-949.

Clarke, J.D., R.H. Dashwood and E. Ho. 2008. Multi-targeted prevention of cancer by sulforaphane. **Cancer Lett.** 269 (2): 291-304.

Compendium of Methods for Food Analysis. 1st ed. 2003. **Vitamin A in Food: High performance Liquid Chromatographic Method.** 2: 95-98.

Eskin, N.A.M. and S. Tamir. 2006. Dictionary of nutraceuticals and functional foods Boca Raton, Fla.: **CRC / Taylor & Francis**: 507.

Older Population and Health System. **A profile of Thailand.** Available Source:

http://www.who.int/ageing/projects/intra/phase_one/alc_intra1_cp_thailand.pdf, November 26, 2009.

Bacteriological Analytical Manual (BAM). Available Source:

<http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/default.htm>, December 2, 2010.

Huang, A.S., L. Tanudjaja and D. Lum. 1999. Content of Alpha-, Beta-Carotene, and Dietary Fiber in 18 Sweetpotato Varieties Grown in Hawaii. **J. Food Compos. Anal.** 12 (2): 147-151.

Kandlakunta, B., A. Rajendran and L. Thingnganing. 2008. Carotene content of some common (cereals, pulses, vegetables, spices and condiments) and unconventional sources of plant origin. **Food Chem.** 106 (1): 85-89.

Kato, N., A. Teramoto and M. Fuchigami. 1997. Pectic substance degradation and texture of carrots as affected by pressurization. **J. Food Sci.** 62 (2): 359-362.

Lecain, S., A. Ng, M.L. Parker, A.C. Smith and K.W. Waldron. 1999. Modification of cell-wall polymers of onion waste - Part I. Effect of pressure-cooking. **Carbohydr. Polym.** 38 (1): 59-67.

Miglio, C., E. Chiavaro, A. Visconti, V. Fogliano, and N. Pellegrini. 2008. Effects of Different Cooking Methods on Nutritional and Physicochemical Characteristics of Selected Vegetables. **J. Agr. Food Chem.** 56: 139-147.

Munzuroglu, O., F. Karatas and H. Geckil. 2003. The vitamin and selenium contents of apricot fruit of different varieties cultivated in different geographical regions. **Food Chem.** 83: 205-212.

- Murkovic, M., U. Mulleder and H. Neunteuf. 2002. Carotenoid Content in Different Varieties of Pumpkins. **J. Food Compos. Anal.** 15 (6): 633-638.
- Nguyen, L.T., N.K. Rastogi and V.M. Balasubramaniam. 2007. Evaluation of the instrumental quality of pressure-assisted thermally processed carrots. **J. Food Sci.** 72 (5): 264-270.
- Novozymes, 2001a, Fruit&Vegetable/2001-08434-02.pdf
- Novozymes, 2001b, Fruit&Vegetable/2001-07235-03.pdf
- Nunn, M.D., D.W. Giraud A.M. Parkhurst, F.L. Hamouz and J.A. Driskell. 2006. Effects of cooking methods on sensory qualities and carotenoid retention in selected vegetables. **J. Food Qual.** 29 (5): 445-457.
- Obiro, W.C., T. Zhang and B.Jiang. 2008. The nutraceutical role of the Phaseolus vulgaris α -amylase inhibitor. **Br. J. Nutr.** 100 (1): 1-12.
- Okamoto, T., Y. Fujishima and N. Nio. 2004. Vegetable texture fortification by novel pectin methyl esterase infusion technique. **In IFT Annual Meeting**, July 12-16 - Las Vegas, NV.
- Pari, L. and S. Venkateswaran. 2003. Effect of an aqueous extract of Phaseolus vulgaris on plasma insulin and hepatic key enzymes of glucose metabolism in experimental diabetes. **Pharmazie** 58 (12): 916-919.
- Pari, L. and S. Venkateswaran. 2003. Effect of an aqueous extract of Phaseolus vulgaris on the properties of tail tendon collagen of rats with streptozotocin-induced diabetes. **Braz. J. Med. Biol. Res.** 36 (7): 861-870.
- _____. 2009. Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour of tomato and carrot purees. **Innov. Food Sci. Emerg.** 10 (1): 16-22.
- Qin, S. 2007. Oxidative damage of retinal pigment epithelial cells and age-related macular degeneration. **Drug Dev. Res.** 68 (5): 213-225.
- Russell, R.M., H. Rasmussen and A.H. Lichtenstein. 1999. Modified Food Guide Pyramid for People over Seventy Years of Age. **J. Nutr.** 129 (3): 751-753.

- Sánchez-Moreno, C., L. Plaza B. De Ancos and M.P. Cano. 2006. Impact of high-pressure and traditional thermal processing of tomato puree on carotenoids, vitamin C and antioxidant activity. **J. Sci. Food Agric.** 8 (2): 171-179.
- Solowiej, E., J. Solowiej, M. Godlewski, T. Motyl, A. Perkowska- Ptasińska, K. Jas'kiewicz and W. Rowiński. 2006. Application of sulforaphane: Histopathological study of intraportal transplanted pancreatic islets into livers of diabetic rats. **Transpl. P.** 38 (1): 282-283.
- Shi, J. 2007. Functional food ingredients and nutraceuticals: processing and technologies Boca Raton: CRC/Taylor & Francis: 427.
- Sila, D.N., T. Duvetter, A. De Roeck, I. Verlent, C. Smout, G.K. Moates, B.P. Hills, K.K. Waldron, M. Hendrickx and A. Van Loey. 2008. Texture changes of processed fruits and vegetables: potential use of high-pressure processing. **Trends Food Sci. Tech.** 19: 390-319.
- _____. 2009. Pectins in processed fruits and vegetables: Part II - Structure-function relationships. **Compr. Rev. Food Sci. F.** 8 (2): 86-104.
- Trong, S.V., C. Smout, D.N. Sila, A.M. Van Loey and M.E.G.Hendrickx. 2006. The effect of brine ingredients on carrot texture during thermal processing in relation to pectin depolymerization due to the b-elimination reaction. **J. Food Sci.** 71 (9).
- Van Buggenhout, S., M. Lille, I. Messagie, A. Von Loey, K. Autio and M. Hendrickx. 2006. Impact of pretreatment and freezing conditions on the microstructure of frozen carrots: Quantification and relation to texture loss. **Eur. Food Res. Technol.** 222 (5-6): 543-553.
- Van Buggenhout, S., I. Messagie, V. Maes, T. Duvetter, A. Van Loey and M. Hendrickx. 2006. Minimizing texture loss of frozen strawberries: Effect of infusion with pectinmethylesterase and calcium combined with different freezing conditions and effect of subsequent storage/thawing conditions. **Eur. Food Res. Technol.** 223 (3): 395-404.
- Van Buggenhout, S., D.N. Sila, et al. 2009. Pectins in processed fruits and vegetables: Part III - Texture engineering. **Compr. Rev. Food Sci. F.** 8 (2): 105-117.

Waldron, K., M. Parker and A.C. Smith. 2003. Plant cell walls and food quality. **Compr. Rev. Food Sci.** 2: 101–119.

Watson, R.R. 2003. Functional foods & nutraceuticals in cancer prevention Iowa : **Iowa State Press**: 315.

Yanaka, A., J.W. Fahey, A. Fukumoto, M. Nakayama, S. Inoue, S. Zhang, M. Tauchi, I. Hyodo and M.

Yamamoto. 2009. Dietary sulforaphane-rich broccoli sprouts reduce colonization and attenuate

gastritis in *Helicobacter pylori*-infected mice and humans. **Cancer Prev. Res. (Philadelphia, Pa.)** 2

(4): 353-360.

ภาคผนวก

แบบทดสอบ

ชุดที่.....

ผักสุกพร้อมบริโภค

วันที่.....

อายุ ☐ 60-75 ปีเพศ ☐ ชาย☐ มากกว่า 75 ปี☐ หญิงคำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนน ความชอบ

ในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

1 = ชอบน้อยที่สุด 2 = ชอบน้อย 3 = ชอบปานกลาง

4 = ชอบมาก 5 = ชอบมากที่สุด

กรุณาคัดค้าน้ำคั้นระหว่างตัวอย่างทุกครั้ง

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง					
	แครอท	ฟักทอง	มันเทศ	ถั่วแขก	บร็อคโคลี่	ข้าวโพด ฝักอ่อน
สี						
ความนุ่ม						
กลิ่นรส						
ความชอบ โดยรวม						

โปรดระบุ ชนิดของผักอื่นๆที่ต้องการทำให้นุ่มก่อนรับประทาน

เช่น ☐ เห็ดหอม ☐ กระเทียม ☐ หน่อไม้ฝรั่ง ☐ หน่อไม้

และอื่นๆ (โปรดระบุ).....

หากผลิตภัณฑ์ที่ท่านได้ชิมมีวางจำหน่ายท่าน ต้องการซื้อ รับประทานหรือไม่☐ ซื้อ เพราะ.....

☐ ไม่ซื้อ เพราะ

สถานที่จำหน่าย ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่ท่านคิดว่าสะดวกต่อท่านในการซื้อหามาบริโภค คือ

☐ ห้างสรรพสินค้า ☐ ร้านสะดวกซื้อ ☐ โทรสั่งมีบริการส่งถึงบ้าน

รูปแบบ ที่ผู้บริโภคต้องการให้ผักสุกพร้อมรับประทาน อยู่ในลักษณะใดบ้าง

☐ เก็บได้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา ☐ 1 เดือน ☐ 3 เดือน ☐ 6 เดือน ☐ 12 เดือน

☐ เก็บในตู้เย็น เป็นเวลา ☐ 3 วัน ☐ 5 วัน ☐ 7 วัน ☐ 10 วัน

☐ เก็บไว้ในช่องแช่แข็ง เป็นเวลา ☐ 1 เดือน ☐ 3 เดือน ☐ 6 เดือน ☐ 12 เดือน

ความถี่ ในการบริโภคผักสดหรือผักปรุงสุก (ไม่รวมผลไม้)

☐ ไม่ได้กินทุกวัน ☐ 1 มื้อต่อวัน ☐ 2 มื้อต่อวัน ☐ 3 มื้อต่อวัน

ปริมาณ ของผักเฉลี่ยที่ได้รับในแต่ละครั้ง

☐ น้อยกว่า 1 ท็อปปี ☐ 1 ท็อปปี ☐ 2 ท็อปปี ☐ มากกว่า 2 ท็อปปี

ชนิดผัก ที่บริโภคเป็นประจำได้แก่

☐ พักทอง ☐ มันเทศ ☐ แครอท ☐ หัวไชเท้า ☐ ผักกาดขาว ☐ กระเทียม

กะหล่ำปลี ☐ หน่อไม้ และอื่นๆ โปรดระบุ

อุปสรรค ที่ทำให้ไม่ได้รับประทานผักได้แก่

☐ ไม่สามารถบดเคี้ยวผักได้ เช่น.....

☐ ไม่สามารถกลืนผักได้ เช่น.....

☐ ไม่มีเวลาในการปรุง เช่น.....

☐ รับประทานแล้วท้องอืดไม่ย่อย เช่น.....

อุปสรรคอื่นๆ โปรดระบุ.....

โรคประจำตัวที่มีขณะนี้คือ

- ☐ เบาหวาน ☐ ความดันสูง ☐ เกาต์ ☐ ตับ ☐ ข้อเสื่อม
☐ ไต ☐ หัวใจ ☐ กล้ามเนื้ออ่อนแรง ☐ ความจำ ☐ ตา

และอื่นๆ.....

ยา ที่ท่านต้องรับประทานมีหรือไม่

- ☐ มี ☐ 1 ชนิด ☐ 2 ชนิด ☐ 3 ชนิด ☐ มากกว่า 3 ชนิด
☐ ไม่มี

ความถี่ ในการออกกำลังกาย

- ☐ ทุกวัน ☐ 2-3 ครั้ง/สัปดาห์
☐ 1 ครั้ง/สัปดาห์ ☐ น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์

ท่านทำอาหารทานที่บ้านหรือไม่

- ☐ ทำทานเอง ☐ มีคนที่บ้านทำให้ทาน ☐ ไม่ทำ

อาหารที่ท่านเช่นอะไรบ้าง

- ☐ ทำทานบ่อยๆ เช่น
☐ นานๆทำครั้ง เช่น

ท่านต้องการอาหารในรูปแบบใดที่ช่วยให้ท่านสะดวกในการรับประทาน

- ☐ อาหารที่ปรุงสุกใหม่ทุกวัน เช่น อาหารปิ้งโต, อาหารตุ๋น
☐ อาหารสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน เช่น อาหารกระป๋อง, อาหารในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว
☐ อาหารที่ปรุงสุกเก็บอยู่ในตู้เย็นแล้วนำมาอุ่นรับประทานได้
☐ อาหารแช่แข็ง นำมาอุ่นทานได้ทุกเมื่อที่ต้องการและมีอายุการเก็บที่ยาวนานกว่าในตู้เย็น

ขอขอบพระคุณทุกท่าน ที่เสียสละเวลาในการทำแบบทดสอบนี้ค่ะ

ซึ่งเป็นการทดสอบความชอบของผักที่ถูกปรับลักษณะเนื้อสัมผัส เพื่อให้มี ความนุ่ม ที่เหมาะสมพร้อมบริโภค ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ โครงการ “การเตรียมผักเพื่อเป็นแหล่งใยอาหาร และเป็นฟังก์ชันนอลฟู้ดส์สำหรับผู้สูงอายุ” โดยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สภาวิจัยแห่งชาติ (วช) ประจำปี 2553

เอกสารแจกผู้สูงอายุ

ที่เข้าร่วมการทดสอบประเมินผลผลิตภัณฑ์อาหารในวันที่ 19 เมษายน 2554 และได้ถ่ายทอดวิธีการทำ พร้อมแจกเอกสารประกอบการทำผักนึ่งทั้ง 6 ชนิดและให้ตัวอย่างกรดซิตริกและเกลือเพื่อนำไปทดสอบ โดยมีรายละเอียด ดังเอกสารแนบท้ายนี้

การเตรียมผักเพื่อเป็นแหล่งใยอาหาร และเป็นฟังก์ชันนอลฟู้ดสำหรับผู้สูงอายุ

Preparing Vegetables as Source of Dietary Fiber and Functional Food for The Elderly



สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประโยชน์ของเบต้า-แคโรทีน

- จะถูกเปลี่ยนเป็น วิตามิน เอ ได้ดี เท่าที่ร่างกายต้องการ ซึ่งวิตามิน เอเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากต่อตา ในการช่วยให้มองเห็นในที่มืด ช่วยบำรุงสายตา ป้องกันโรคตาบอดกลางคืน ป้องกันการเกิดต้อกระจก และ ชะลอการเสื่อมของจอประสาทตา
- ช่วยในการต้านสารอนุมูลอิสระ ปกป้องเซลล์ เนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆของร่างกายจากอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุนำไปสู่การเกิดโรคเรื้อรัง เช่น โรคมะเร็ง โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด การแก่ก่อนวัย ร่วมกับการได้รับวิตามิน อี และซี
- ปกป้องผิวพรรณจากการถูกทำลายด้วยรังสียูวีจากแสงแดด
- ขนาดรับประทานที่แนะนำ 15-30 มิลลิกรัมต่อวัน

ประโยชน์ของใยอาหารและปริมาณที่ควรบริโภคต่อวัน

- ใยอาหาร คือ ส่วนของพืช ผัก ผลไม้ที่คนเรากินได้ แต่ไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยของคน แต่อาจถูกย่อยโดยจุลินทรีย์บางชนิดในทางเดินอาหารของคน
- จากข้อมูลของสำนักงาน คณะกรรมการอาหารและยา แนะนำให้คนไทยได้รับใยอาหารวันละ 25 กรัม สำหรับเด็กปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน = อายุ + 5 เช่นอายุ 12 ปี ปริมาณใยอาหารที่ควรบริโภค = $12+5 = 17$ กรัม เป็นต้น
- การที่จะได้รับใยอาหารให้เพียงพอ ควรได้รับผักประมาณ 2 ทัพพี ต่อมื้อ และกินข้าวกล้อง มีผลไม้ 3 - 4 ส่วนต่อวัน ถ้าได้รับใยอาหารมากเกินไป โดยเฉพาะได้จากยาเม็ดสกัดใยอาหาร อาจทำให้มีอาการขับแคลเซียม เหล็ก สังกะสี แมกนีเซียม ออกทางอุจจาระได้

ประโยชน์ของใยอาหาร (ต่อ)

- ช่วยรักษาสสมดุลของลำไส้ ทำให้ร่างกายมีภูมิคุ้มกันที่แข็งแรง ไม่เจ็บป่วยง่าย
- ป้องกันอาการท้องเสีย โดยเฉพาะที่เกิดจากการติดเชื้อในทางเดินอาหาร
- ช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น เบาหวาน โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด เพราะใยอาหารช่วยจับไขมันจากอาหาร ลดการดูดซึมพวบน้ำตาล ดังนั้นจึงมีผลดีต่อคนเป็นเบาหวาน
- ผลต่อการขับถ่าย ใยอาหารชนิดที่เป็นเซลลูโลส มีคุณสมบัติอุ้มน้ำ ทำให้อุจจาระอ่อนไม่แข็ง ขับถ่ายดี ท้องไม่ผูก ทำให้ไม่เป็นโรคริดสีดวงทวาร ลำไส้โป่งพอง และมะเร็งลำไส้ใหญ่
- ช่วยเรื่องควบคุมน้ำหนักเนื่องจากทำให้ปริมาณอาหารมากขึ้น มีการดูดน้ำเข้ามาในทางเดินอาหาร ทำให้รู้สึกอิ่มเร็ว ลดการบริโภคอาหารลง

ประโยชน์ของผัก 6 ชนิด

- แครอท เป็นแหล่งที่ดีมากของเบต้า-แคโรทีน
- มันเทศประกอบด้วยใยอาหาร แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามิน เอ เป็นแหล่งที่ดีของเบต้า-แคโรทีน ซึ่งช่วยบำรุงสายตาและเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย
- พักทงมี วิตามิน เอ สูงมาก มีฟอสฟอรัส แคลเซียม วิตามินซี และสารสีเหลือง (เบต้า-แคโรทีน) และโปรตีน
- ข้าวโพดฝักอ่อนนอกจากมี เบต้า-แคโรทีน ใยอาหาร แคลเซียม ฟอสฟอรัสเป็นสารประกอบกับแคลเซียมในการสร้างกระดูกและฟัน ถ้ารับประทานเป็นประจำ จะช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด ป้องกันเส้นเลือดแข็งตัว

ประโยชน์ของผัก 6 ชนิด (ต่อ)

- ลูทีน ที่พบในถั่วแขก เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ป้องกันการเกิดโรคต้อกระจก และโรคศูนย์กลางจอตาเสื่อมในผู้สูงอายุ
- อินโดล พบมากในบร็อกโคลี่ ช่วยกระตุ้นการทำงานของตับให้สร้างเอนไซม์ออกมาใช้ในการต้านมะเร็ง ป้องกันไม่ให้ DNA ถูกทำลายถูกลามจนกลายเป็นเนื้อร้าย และยังเป็นตัวเร่งการกำจัดฮอร์โมนเอสโตรเจนส่วนเกินออกจากร่างกาย ช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งเต้านมและปากมดลูกอันเนื่องมาจากฮอร์โมนดังกล่าว
- ซัลโฟราเฟน ในบร็อกโคลี่ เป็นสารป้องกันโรคมะเร็ง และยังพบว่ามี ซีลีเนียม ที่มีสรรพคุณช่วยให้ผิวหนังมีความยืดหยุ่น นอกเหนือจากมีเบต้า-แคโรทีน

ตารางที่ 1 แสดงสถานะที่ใช้ในการผลิตผักพร้อมบริโภคและปริมาณสารอาหาร

ตัวอย่างผัก	เบต้า-แคโรทีน (ไมโครกรัม/100กรัม)	ใยอาหาร (กรัม/100กรัม)
แครอทสด	3134	2.6
แครอทสุก นึ่ง 20 นาที	2354	2.4
มันเทศ นึ่ง 30 นาที	21.24	2.3
ฟักทองสุก นึ่ง 30 นาที	1003	1.8
บร็อกโคลี่ แช่สารละลายปรับ กรด และเกลือ 10 นาที นึ่ง 8 นาที	436	1.0
ถั่วแขก ลวกในสารละลายปรับ กรด และเกลือ 2 นาที นึ่ง 1 นาที	330	1.2
ข้าวโพดอ่อน ลวกในสารละลายปรับ กรดและเกลือ 5 นาที นึ่ง 30 นาที	10.67	2.4

อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตดังตารางข้างต้นบรรจุในภาชนะที่สะอาดและขั้นตอนการผลิตถูกสุขลักษณะจะสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ในกรณีของแครอท มันเทศ และฟักทองนึ่ง

ในขณะที่ ถั่วแขก ข้าวโพดฝักอ่อนและบร็อกโคลี่ มีอายุการเก็บ 1 สัปดาห์

เมื่อรับประทาน ชุดฝึกในถาดนี้ท่านจะได้ ?



ชุดฝึกสุขภาพ ประกอบด้วย แครอทหนึ่ง 50 กรัม พริกทองหนึ่ง 33 กรัม มันเทศหนึ่ง 33 กรัม บร็อคโคลี่หนึ่ง 25 กรัม ถั่วแขกหนึ่ง 25 กรัม ข้าวโพดอ่อนหนึ่ง 50 กรัม
ท่านจะได้สารอาหารสำคัญดังนี้

เบต้า-แคโรทีนประมาณ 2 มิลลิกรัม (ปริมาณที่แนะนำต่อวันคือ 15 มิลลิกรัม)
และ โยอาหารประมาณ 4 กรัม (ปริมาณที่แนะนำต่อวันคือ 25 กรัม)

ขั้นตอนการเตรียมข้าวโพดฝักอ่อน

ข้าวโพดฝักอ่อน

ตัดแต่ง

ลวก นาน 5 นาที

(ในสารละลายที่มีกรดซิตริก 0.5 g และเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร)

(อัตราส่วนข้าวโพดอ่อนต่อสารละลาย = 350g/1L)

นึ่งด้วยไอน้ำ นาน 30 นาที

ข้าวโพดปรับสภาพ

บรรจุลงภาชนะ ขณะร้อน

ปิดผนึก

ขั้นตอนการเตรียมบร็อกโคลี่

บร็อกโคลี่

ตัดแต่ง

แช่ นาน 10 นาที

(ในสารละลายที่มีกรดซิตริก 0.5 g และเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร)

(อัตราส่วนบร็อกโคลี่ต่อสารละลาย = 200 g/1L)

นึ่งด้วยไอน้ำ นาน 8 นาที

บร็อกโคลี่ปรับสภาพ

บรรจุลงภาชนะ ขณะร้อน

ปิดผนึก

ขั้นตอนการเตรียมถั่วแขก

ถั่วแขก

ลวก นาน 2 นาที

(ในสารละลายที่มีกรดซิตริก 0.5 g และเกลือ 0.5 g ต่อ น้ำ 1 ลิตร)

(อัตราส่วนถั่วแขกต่อสารละลาย = 200 g/1L)

ตัดเป็นท่อน

นึ่งด้วยไอน้ำ นาน 1 นาที

ถั่วแขกปรับสภาพ

บรรจุลงภาชนะ ขณะร้อน

ปิดผนึก

ขั้นตอนการเตรียมแครอท

- หั่นเป็นชิ้นประมาณ 1 เซนติเมตร
- นึ่งที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที

ขั้นตอนการเตรียมฟักทอง และมันเทศ

- หั่นเป็นชิ้นประมาณ 1.5 เซนติเมตร
- นึ่งที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ นางสาวสุมิตรา บุญบำรุง
SUMITRA BOONBUMRUNG

เลขหมายประจำตัวประชาชน 5 1007 99009 38 5

ตำแหน่ง นักวิจัย ระดับ 7 ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร

สถานที่ทำงาน สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0-2942-8629-35 ต่อ 500 โทรสาร 0-2940-6455

อีเมล ifirstb@ku.ac.th

ที่อยู่ 100/112 ม.5 ม.ชลลดา ซ.22 ต.บางรักพัฒนา อ.บางบัวทอง จ.บาง
กรวย-ไทรน้อย จ.นนทบุรี 11110

โทรศัพท์ 089-105-1312

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี สาขา เทคโนโลยีทางอาหาร สถาบัน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จ พุทธศักราช 2535

หัวข้อโครงการพิเศษที่ทำ Product Development of Khoamak by Using Immobilized Living
Microbial Cell.

ปริญญาโท สาขา Food Science and Technology สถาบัน Kagawa University, Japan
ปีที่สำเร็จ มีนาคม, 2541

หัวข้อวิทยานิพนธ์ที่ทำ Aroma Components in the Essential Oils from Thai mango Cultivars.

ปริญญาเอก สาขา Food Chemistry สถาบัน Ehime University, Japan
ปีที่สำเร็จ มีนาคม, 2544

หัวข้อวิทยานิพนธ์ที่ทำ Studies on the Aroma Characteristics of Thai Mangoes

ความชำนาญ/ความสนใจพิเศษ Flavor Chemistry / Sensory evaluation; Food composition
analysis by GC/MS, HPLC

โครงการวิจัยที่เป็นหัวหน้าโครงการ

1. การศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของกลิ่นหอมจากสารสกัดกลิ่นรสตั้มยำ (ทุน สกว ปี 2547-48)
2. การศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของสารสกัดที่ให้กลิ่นหอมจากสมุนไพรหลักที่เป็นองค์ประกอบสำหรับการปรุงอาหารไทย (ทุนสวพ : โครงการเสริมสร้างความเข้มแข็ง ปี 2547-48)
3. การศึกษากรรมวิธีการผลิตเพื่อหาเอกลักษณ์ทางด้านกลิ่นรสของไวน์ลิ้นจี่ที่มีศักยภาพทางการตลาด (ทุนสวพ ประจำปี 2548-49)
4. การพัฒนาต่อยอดสินค้าหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์: การวิจัยและการพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าพริกไทยและส่วนที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตพริกไทย (ทุน วช ปี 2549)
5. โครงการต้นแบบวิสาหกิจชุมชนเพื่อสนับสนุนการแปรรูปพริกไทยแบบครบวงจร(ทุน วช ปี 2550)
6. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรส (มก-ชกส ปี 2549)
7. การพัฒนากระบวนการผลิตและบรรจุภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนเพื่อปรับปรุงคุณภาพกลิ่นรส (มก-ชกส ปี 2550)

โครงการที่มีส่วนร่วมดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มด้วยเทคโนโลยีเมมเบรน : ลำไยสกัดเข้มข้น (ทุนสวพ)
2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไมโครแคปซูลจากสตาร์ชข้าวเจ้าเพื่อใช้เป็นสารกักเก็บกลิ่นรส (ทุนสวพ)
3. การใช้ประโยชน์จากโพลีแซคคาไรด์เพื่อใช้เป็นสารกักเก็บกลิ่นรสมะม่วงโดยเทคนิคEncapsulation (ทุน สวพ)
4. การศึกษากระบวนการดูแลรักษาคุณภาพปฐุ่่มหลังการเก็บเกี่ยว (ทุนสกว)
5. การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือของปลาซึ่งใช้ในการผลิตซูริมิ: เพื่อการศึกษากลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ปรุงรสที่ได้จากเศษเหลือซูริมิโดยใช้กากสับปะรด (ทุน สวพ)
6. การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์น้ำพริกโดยน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชันและการประยุกต์ใช้ (ทุนสวพ)
7. การพัฒนาการใช้ประโยชน์และการแปรรูปเนื้อมะพร้าว น้ำหอมและน้ำตาลมะพร้าวเพื่อเพิ่มมูลค่า (สำนักงานจังหวัดสมุทรสาคร)
8. การสกัดสารหอมระเหยและการใช้ประโยชน์จากข้าวเม่าเพื่อเพิ่มมูลค่า (สจล)
9. Application of Immunoassay of Food Allergens (ทุนรัฐบาลญี่ปุ่นร่วมกับ Morinaga Institute of Biological Science, Inc.)

10. Study on the Anti-tumor Activity of Second Metabolites from Endophytic Fungi of *Cephalotaxas Manni* (ทุนของ สพร)

11. การพัฒนาและการถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบต้นแบบการผลิตพริกไทยดำปลอดเชื้อเพื่อการส่งออก (ทุนทบวงมหาวิทยาลัย)

12. การพัฒนาตู้อบลมร้อนแบบประหยัดพลังงาน (ทุนสถาบันฯต้นสังกัด)

13. การผลิตเค้กชวยอบแห้งบรรจุซองเยื่อ (โครงการพัฒนาวิชาการ)

14. การผลิตเค้กชวยเพื่อการทดลองตลาด (โครงการพัฒนาวิชาการ)

15. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กชวยอบแห้งในซองเยื่อ (โครงการพัฒนาวิชาการ)

16. ปริมาณที่เหมาะสมของไขมันชั้นแดงสยามในขนมปัง (ทุน สวพ)

17. ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากสมุนไพรไทยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล (โครงการวิจัยรายวิชาวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ ภายใต้หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคนิคการแพทย์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

18.ฤทธิ์ยับยั้งของสารสกัดผักคัตวและผักแขยงต่อการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของอาหารเน่าเสียและก่อโรคอาหารเป็นพิษ (โครงการวิจัยรายวิชาวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ ภายใต้หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคนิคการแพทย์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

19. ฤทธิ์ของสารสกัดจากสมุนไพรไทยต่อแบคทีเรียชนิดทนเกลือ (โครงการวิจัยรายวิชาวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ ภายใต้หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคนิคการแพทย์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์และเผยแพร่

1. Tamura, H, Boonbumrung, S., Yoshizawa, T. and Varanyanond, W. (2000) Volatile Components of the essential oils in the pulp of four yellow mangoes (*Mangifera indica* L.) in Thailand. Food Sci. Technol. Res., 6, 68-73.
2. Tamura, H., Boonbumrung, S., Yoshizawa, T. and Varanyanond, W. (2001) The volatile constituents in the peel and pulp of a green Thai mango, Khieo Sawoei cultivar (*Mangifera indica* L.). Food Sci. Technol. Res., 7(1), 72-77.
3. Boonbumrung, S., Tamura, H., Mookdasanit, J., Nakamoto, H., Ishihara, M., Yoshizawa, T. and Varanyanond, W. (2001) Characteristic aroma components of the volatile oil of yellow Keaw mango fruits determined by limited odor unit method. Food Sci. Technol. Res., 7(3), 200-206.

4. Varanyanond, W., Boonbumrung, S., Tamura, H., Yoshizawa, T. and Matsubara, Y. (2001)
Osmotic dehydration of mango : Influence of trehalose and sucrose contents on the product quality. *Tech. Bull, Fac. Agr. Kagawa Univ.*, Vol. 53, 43-49.
5. Mookdasanit, J., Sangjindavong, M., Worawattamatekul, W., Boonbumrung, S. and Ohshima, T. 2005. Studies on volatile components of uncured and cured Nham-Pla (sour fermented fish cake). In: *Proceeding of the JSPS-NRCT International Symposium Joint Seminar*. Kasetsart University, Thailand, 505-516.
6. Surojanamethakul, V., Tungtrakul, P., Varanyanond, W., Supasri, R., Boonbumrung, S., Themtakul, K. (2005) Properties of Spray-dried Rice Starch Microcapsule. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 39: 730-738.
7. Presentation : Oral presentation in Seventh Asian Chemical Congress, Hiroshima, Japan (1997)
On Topic : Volatile aroma components in the essential oils from five Thai mango cultivars.
8. Presentation : Poster presentation in The Sixth International Mango Symposium, Pattaya, Thailand (1999)
On Topic : Volatile of aroma composition of hybridized Thai mangoes.
9. Presentation : Oral presentation in The 3rd National Horticultural Congress, Bangkok, Thailand (2003)
On Topic : Study on the Characteristic Aroma Components of the Volatile Oil Extracted from Ok-rong Mango.
10. Presentation : Poster presentation in The Meeting of young researcher with senior researcher of the Thailand Research Fund, Petburi, Thailand (2005)
On Topic : Tom-Yum soup aroma.
11. Presentation : Poster presentation in The 31st Congress on Science and Technology of Thailand, Nakhon Ratchasima, Thailand (2005)
On Topic : Volatile components of black pepper.
12. Presentation : Poster presentation in The 32st Congress on Science and Technology of Thailand, Queen Sirikit Convention Centre, Thailand (2006)
On Topic : Flavor quality of young of black pepper.

13. Presentation : Oral presentation in The Meeting of young researcher with senior researcher of the Thailand Research Fund, Petburi, Thailand (2006)
- On Topic : Volatile Composition of Tom-Yum soup and its ingredients.
14. Presentation : Poster presentation in The International Conference on Medicinal and aromatic plants, Chiang Mai, Thailand (2006)
- On Topic : Possibility of mango flavor to inhibit the formation of N-nitrosodimethylamine.
15. Presentation : Poster presentation in The International Conference on Medicinal and aromatic plants, Chiang Mai, Thailand (2006)
- On Topic : Flavor composition of Thai herbs and their functional property.
16. Presentation : Poster presentation in The International Conference on Medicinal and aromatic plants, Chiang Mai, Thailand (2006)
- On Topic : Antibacterial activity of essential oils from Thai herbs on the causative bacteria of food poisoning.
17. Presentation : Poster presentation in The International Conference on Medicinal and aromatic plants, Chiang Mai, Thailand (2006)
- On Topic : Antioxidant activity of some aquatic plants.

ผู้ร่วมโครงการ คนที่ 1

ชื่อ (ภาษาไทย) นางสาวรุณี วารัญญานนท์

(ภาษาอังกฤษ) MRS. WARUNEE VARANYANOND

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการ นักวิจัยระดับเชี่ยวชาญ 9

สถานที่ทำงาน สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 0-2942-8629-35

โทรสาร 0-2940-6455

E-mail ifrwnv@ku.ac.th

2. ประวัติการศึกษา ทุนและฝึกอบรม

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ.	ชื่อสถานศึกษา
วท.บ. เทคโนโลยีทางอาหาร	2515	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วท.ม. เทคโนโลยีทางอาหาร	2521	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Ph.D. Food Science	2544	Kagawa U. / ญี่ปุ่น
Cert. on Soybean Processing for Food Uses		U. of Illinois, USA
Cert. on Preservation of Food by Packaging		UNU, Japan
Cert. on Small Scale for Food Processing Industry		APO, Philippines
Cert. on Better Process Control School		(USFDA / U. of Hawaii)

3. ประวัติการทำงาน

ปี 2544 – ปัจจุบัน	ผู้อำนวยการสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปี 2540 – 2544	ประธานคณะกรรมการวิจัยของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
ปี 2536 -2544	รองผู้อำนวยการสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
ปี 2532 – ปัจจุบัน	กรรมการประจำสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

4. ความชำนาญและความเชี่ยวชาญ

การใช้ประโยชน์จากถั่วเหลือง และข้าว
การเก็บรักษาคุณภาพของอาหารโดยใช้เทคนิคทางภษณะบรรจุ
การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมอาหาร

5. ผลงานทางวิชาการและการตีพิมพ์

- 5.1 Varayanond, W., 1999. Influence of water activity on the oxidation of lipid of shrimp cracker. Food Sci. Technol. Res. 5(2): 137 – 139.
- 5.2 Varayanond, W., J. Naohara, K. Wongkrajang and M.Manabe. 1999 . Changes in pectin content and average molecular weight of pectin during maturation of mango 'Kaew'. Food Sci. Technol. Res. 5 (4): 362-364.
- 5.3 Varayanond, W., J. Naohara, K. Wongkrajang and M.Manabe. 1999. Pectin contents in fruit of six Thai mango cultivars. Thai J. Agric. Sci. 32 (3): 401-407.

- 5.4 Varayanond, W and K. Wongkrajang 2000. Effect of some parameters on the osmotic dehydration of Mango cv. Kaew. Thai J. Agric. Sci. 33 (3 – 4) : 123 – 135.
- 5.5 Suwanarit, A., S. Kreetapirom, S. Buranakarn, P. Suriyapromchai, W. Varayanond and P. Tungtrakul. 1997. Effects of sulfur fertilizer on grain qualities of Khaw Dauk Mali-105 rice. The Kasetsart Journal (Natural Science). 31(3):305-316.
- 5.6 Suwanarit, A., S. Kreetapirom, S. Buranakarn, P. Suriyapromchai, W. Varayanond and P. Tungtrakul. 1998. Effects of soil salinity and sodium on grain qualities of Khaw Dauk Mali-105 rice. The Kasetsart Journal (Natural Science). 32(4):401-411.
- 5.7 Suwanarit, A., S. Kreetapirom, S. Buranakarn, P. Suriyapromchai, W. Varayanond and P. Tungtrakul, S. Rattapat, S. Wattanapryapkul, K. Naklang, S. Rotjanakusol and P. Pornurisnit. 1997. Effects of potassium fertilizer on grain qualities of Khaw Dauk Mali-105 rice. The Kasetsart Journal (Natural Science). 31(2):175-191.
- 5.8 Suwanarit, A., S. Kreetapirom, S. Buranakarn, W. Varayanond, and P. Tungtrakul, S. Somboonpong, S. Rattapat, S. Ratanasupa, P. Romyan, S. Wattanapryapkul, K. Naklang, S. Rotjanakusol and P. Pornurisnit. 1996. Effects of nitrogen fertilizer on grain qualities of Khaw Dauk Mali-105 aromatic rice. The Kasetsart Journal (Natural Science). 30(4):458-474.
- 5.9 Suwanarit, A., S. Kreetapirom, S. Buranakarn, W. Varayanond, and P. Tungtrakul, S. Rattapat, S. Wattanapayapku, K. Naklang, S. Rotjanakusol and P. Pornurisnit. 1997. Effects of phosphorus fertilizer on grain qualities of Khaw Dauk Mali-105 rice. The Kasetsart Journal (Natural Science). 31:36-50.
- 5.10 Tamura, H., S. Boonbumrung, T. Yoshizawa and W. Varayanond. 2000. Volatile components of the essential oils in the pulp of four yellow mangoes (*Mangifera indica* L.) in Thailand. Food Sci. Technol. Res. 6:68-73.
- 5.11 Varayanond, W. 1998. An improvement of quality preservation of unboiled Japanese buckwheat noodle “Nihon-soba”. Food Sci. Technol. Int. Tokyo. 4(3):206-208.
- 5.12 Varayanond, W., S. Boonbumrung, H. Tamura, T. Yoshizawa, and Y. Matsubara. 2001. Osmotic dehydration of mango : Influence of trehalose and sucrose contents on the product quality. Technical. Vol. 53 (Serial No. 106): 43-49.
6. กิจกรรมสำคัญทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับราชการ หรือหน่วยงานภายนอก
 - 6.1 กรรมการประจำสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2541 – ปัจจุบัน
 - 6.2 คณะทำงานพิจารณาจัดสรรงบประมาณอุดหนุนวิจัย มก. ประเภท ข
สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2541 – 2542

- 6.3 คณะทำงานพิจารณาจัดสรรงบประมาณอุดหนุนวิจัย มก. ประเภท ก
สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2543 – ปัจจุบัน
- 6.4 กรรมการประชุมวิชาการสาขาอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2538 – 2543
- 6.5 คณะทำงานร่วมจัดฝึกอบรมวิชาการด้านอุตสาหกรรมอาหาร
ของสถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม และศูนย์พันธุ์วิศวกรรม
และเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ 2538 - ปัจจุบัน
- 6.6 คณะทำงานวิจัยมาตรฐานอาหารของศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและ
และเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สวทช. 2540- ปัจจุบัน
- 6.7 คณะทำงานวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารของศูนย์พันธุ์วิศวกรรม
และเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สวทช. 2542- ปัจจุบัน
- 6.8 คณะทำงานและผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคในโครงการการใช้
เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมอาหาร ร่วมกับ
สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย 2540 – 2542
- 6.9 กรรมการบริหารสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
แห่งประเทศไทย 2537 - ปัจจุบัน

ผู้ร่วมโครงการ คนที่ 2

1. ชื่อ-สกุล นาย จูตา มุกดาสนิท (Mr. Juta Mookdasanit)
2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 1005 02923 86 9
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานที่อยู่สามารถติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

โทรศัพท์ 02-942-8644-5 ต่อ 20 โทรสาร 02-942-8644-5 ต่อ 12

E-mail : ffishjum@ku.ac.th หรือ juta.m@ku.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ/ ประเทศ	ระดับ ปริญญา	อักษรย่อปริญญาและ ชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา
2539/ไทย	ตรี	วท.บ.(ประมง)	ประมง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2543/ญี่ปุ่น	โท	M.S. (Agriculture)	วิทยาศาสตร์การ อาหาร	Kagawa University
2546/ญี่ปุ่น	เอก	Ph.D.(FoodChemistry)	เคมีอาหาร	Ehime University

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

Food Analysis, Flavor Chemistry, Near-Infrared Spectroscopy, GMP and HACCP

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการ

วิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

โครงการวิจัยที่ได้สำเร็จลุล่วง

1. โครงการ การศึกษากระบวนการดูแลรักษาคุณภาพปฐุณื่มหลังการเก็บเกี่ยว

ฐานะ: ผู้ร่วมวิจัย (ผลงานลุล่วงไปได้ประมาณ 100%) แหล่งทุน: สกว. (1 ธค. 47-31 มค. 49)

2. โครงการวิจัยพัฒนาคุณภาพ และการบรรจุผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ทั่วประเทศ
ประจำปี

2548 เรื่อง การพัฒนาคุณภาพและการเก็บรักษาปลาอบสมุนไพร

ฐานะ: ผู้ร่วมวิจัย (ผลงานลุล่วงไปได้ประมาณ 100%)

แหล่งทุน: ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ตค. 48 - พย. 49)

3. โครงการ การใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy ประเมินคุณภาพของน้ำมันปลาที่ผลิต
จากเศษ เหลืออุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง

ฐานะ: หัวหน้าโครงการ (ผลงานลุล่วงไปได้ประมาณ 100%)

แหล่งทุน: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (มัย.49- พค. 50)

4. โครงการการพัฒนากระบวนการผลิตกะปิ

ฐานะ: หัวหน้าโครงการ (ผลงานถูกลงไปได้ประมาณ 100%)

แหล่งทุน: ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ตค. 50 - ตค. 51)

โครงการวิจัยที่กำลังดำเนินการอยู่

1. การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือของกุ้งขาวเพื่อประโยชน์ต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและ

อุตสาหกรรมอาหาร ฐานะ: หัวหน้าโครงการ (ผลงานถูกลงไปได้ประมาณ 50%)

แหล่งทุน: : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ตค.51- ตค. 52)

7.1 ผลงานวิจัย

Boonbumrung, S., Tamura, H., **Mookdasanit, J.**, Nakamoto, H., Ishihara, M. Yoshizawa, T. and Varayanond. 2001. Characteristic Aroma Components of the Volatile Oil of Yellow Keaw Mango Fruits Determined by Limited Odor Unit Method. *Food Sci. Technol. Res.*, **7**, 200-206.

Mookdasanit, J. and Tamura, H. 2002. Comparative Enantioseparation of Monoterpenes by HPLC on Three Kinds of Chiral Stationary Phases with an On-Line Optical Rotatory Dispersion under Reverse Phase Mode. *Food Sci. Technol. Res.*, **8**, 367-372.

Mookdasanit, J., Tamura, H., Yoshizawa, T., Tokunaga, T. and Nakanishi, K. 2003. Trace volatile Components in Essential Oil of *Citrus sudachi* by Means of Modified Solvent Extraction Method. *Food Sci. Technol. Res.*, **9**, 54-61.

Mookdasanit, J., Sangjindavong, M., Worawattamateekul, W., Boonbumrung, S. and Ohshima, T. 2005. Studies on volatile components of uncured and cured Nham-Pla (sour fermented fish cake). In: Proceeding of the JSPS-NRCT International Symposium Joint Seminar. Kasetsart University, Thailand, 597-606.

Tamura, H., **Mookdasanit, J.**, Shishibori, K., Shimada, A. and Yang, R. 2002. HPLC Isolation Technique of Terpenes in *Citrus unshiu* peel. *Jpn. J. Taste Smell Res.*, **9**, 565-568.

Worawattanamateekul, W., **Mookdasanit, J.**, Ushio, H. and Ohshima, T. 2005. Freshwater prawn utilization. In: Proceeding of the JSPS-NRCT International Symposium Joint Seminar. Kasetsart University, Thailand, 505-516.

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ระดับปริญญา	สาขาวิชาเอก	สถาบันการศึกษา
ปริญญาตรี	2547	วท.บ.	ผลิตภัณฑ์ประมง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปริญญาโท	2551	วท.ม.	วิทยาศาสตร์การอาหาร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- Freezing preservation of food
- Sensory evaluation
- Food composition analysis by Electronic nose, GC-MS

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

- 2553 การเตรียมผักเพื่อเป็นแหล่งใยอาหาร และเป็นฟังก์ชันนอลฟู้ดส์สำหรับผู้สูงอายุ
(ทุน วช ปี 2553) (ผู้ร่วมโครงการ)

ผลงานตีพิมพ์และสิ่งพิมพ์เผยแพร่ :

Charoenrein, S. and **Kaewtathip, T.** 2010. Analyzing the effect of freeze-thaw cycle on the off-aroma of pineapple by using an electronic nose technique, pp. 657-661. *In* D.S. Reid, T. Sajjaanantakul, P.J. Lillford and S. Charoenrein, eds. Water Properties in Foods, Health, Pharmaceutical and Biological Systems:ISOPOW 10. Wiley-Blackwell, Iowa, USA.