บทที่ 4
ผลทดลองและวิจารณ์

4.1. เปรียบเทียบวิธีการสกัดแยกสารแคโรทีนอยด์

ในการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแยกสารแคโรทีนอยด์ในรูปเบต้าแคโรทีน (Beta carotene) เพื่อหาวิธีการสกัดที่เหมาะสม โดยใช้หลักเกณฑ์คือ หาวิธีที่ให้ค่าการดูดกลืนสูงสุด ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น Thermo Spectrotic, Model BIOMATE 5 ใช้ตัวอย่างผัก คือ ฟักทองพันธุ์คางคก ซึ่งแต่ละวิธีจะใช้ตัวทำละลาย และวิธีการสกัดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.1

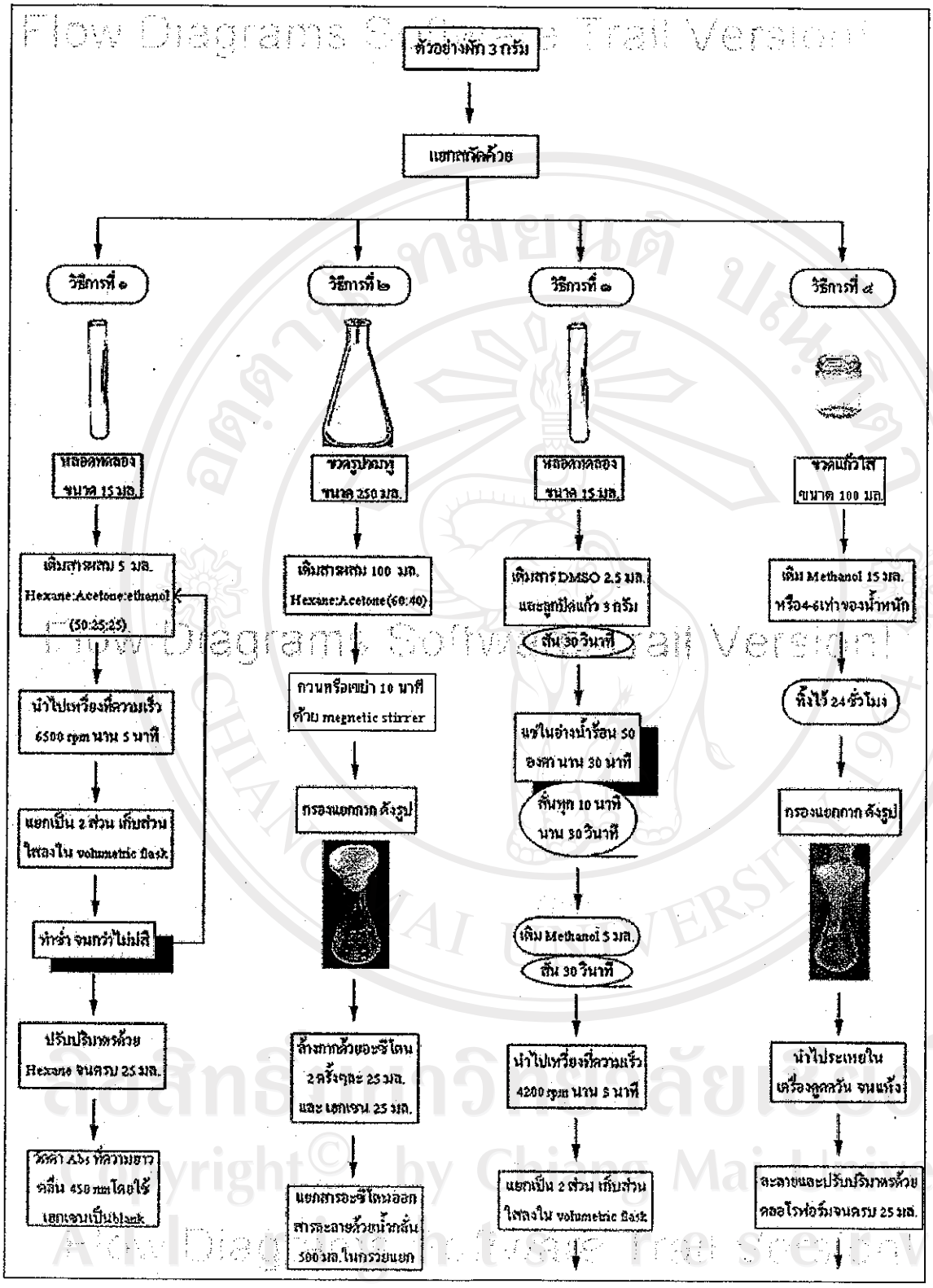
วิธีที่ 1. การสกัดสารแคโรทีนอยด์ตามวิธีของ Lee & Castle

การแยกสกัดด้วยวิธีของ Lee & Castle จะใช้ตัวทำละลายที่เป็นสารผสมระหว่าง Hexane, Acetone และ Ethanol ซึ่งจะใช้ Hexane เป็นสารอ้างอิง หรือ blank ในการวิเคราะห์ และใช้เครื่องเหวี่ยงเป็นอุปกรณ์สำคัญในการแยกสกัด ความเร็วและเวลาที่กำหนด คือ 6500 รอบต่อนาที นาน 5 นาที พบว่าค่าการดูดกลืนของวิธีนี้มากกว่าวิธีของ Cyanotech Corporation แต่น้อยกว่าวิธีของพรรนิภา ชุมศรี และวิธีของ AOAC ตามลำดับ

จากรูป 4.1 พบว่าขั้นตอนการสกัดไม่มีความซับซ้อน และทำได้ง่าย แต่ถ้าตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์มีสีคล้ายหรือใกล้เคียงกับสีเหลืองของแคโรทีนอยด์ จะทำการแยกสีด้วยตาเปล่านั้นได้ค่อนข้างยาก ซึ่งวิธีนี้น่าจะเหมาะสมกับวัตถุดิบที่มีสีแตกต่างกับสีเหลือง ดังเช่นการทดลองในส้มของ Choi และคณะ (2002) ซึ่งเนื้อส้มจะมีสีแดง ทำให้การแยกชั้นของสารง่ายต่อการมองเห็นด้วยตาเปล่า

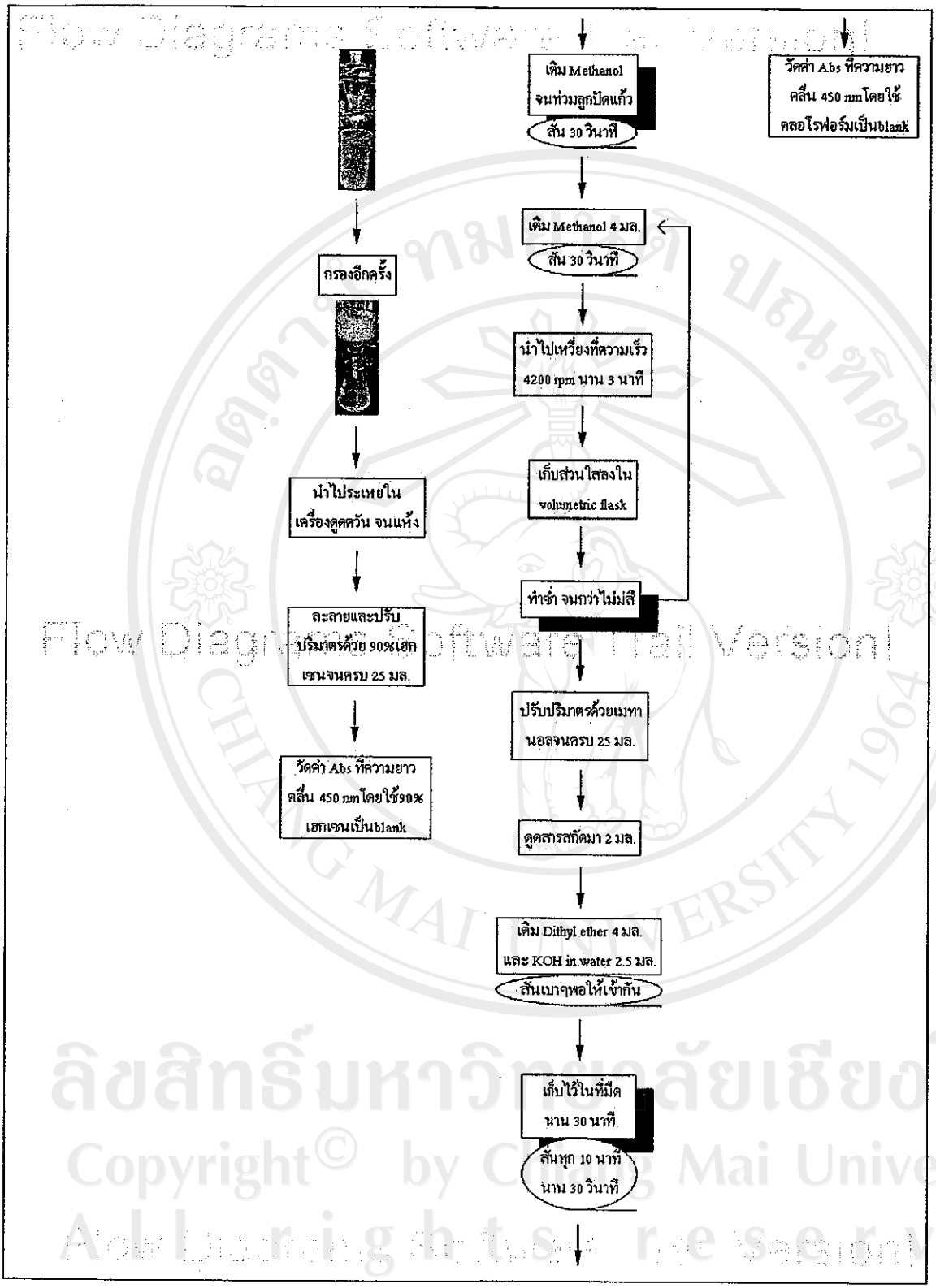
ในปี 2002 Choi, Kim และ Lee ได้นำวิธีการนี้ไปศึกษาปริมาณกรดแอสคอร์บิคที่เหลือต่อความคงตัวของสีและสารสีในน้ำส้มระหว่างการเก็บรักษา แต่ไม่มีการรายงานถึงประสิทธิภาพการสกัดและเปรียบเทียบกับวิธี HPLC เพื่อประเมินความถูกต้องแม่นยำของการวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



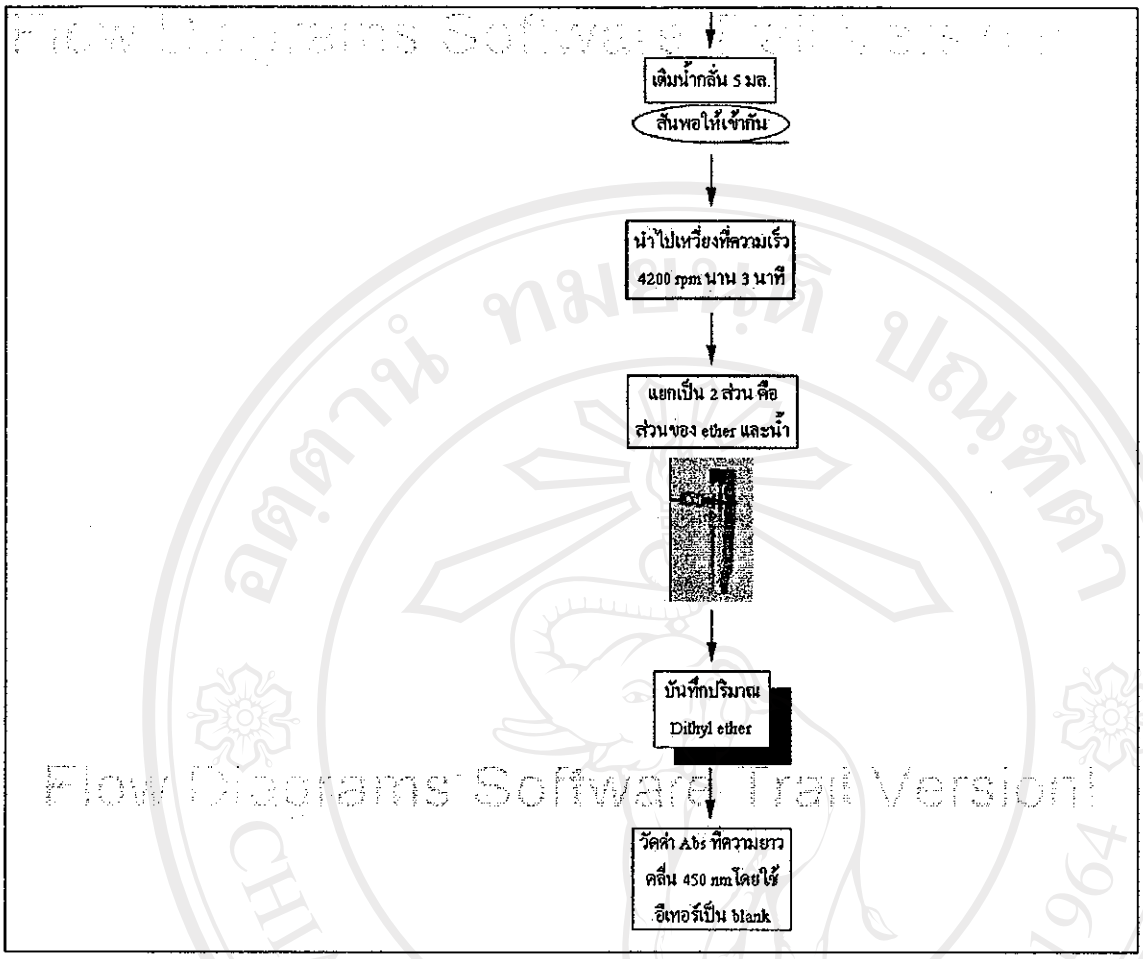
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบวิธีการสกัดแคโรทีนอยด์ระหว่างวิธีของ Lee & Castle (วิธีการที่ 1), AOAC (วิธีการที่ 2), Cyanotech Corporation (วิธีการที่ 3) และวิธีของพรรนิภา ชุมศรี (วิธีการที่ 4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



Flow Diagram Software Trial Version!
Flow Diagram Software Trial Version!
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.1 (ต่อ)



รูปที่ 4.1 (ต่อ)

วิธีที่ 2. การสกัดสารแคโรทีนอยด์ตามวิธีของ AOAC

ในการศึกษาโดยทั่วไปมักใช้วิธีการของ AOAC ในการแยกสกัดสารแคโรทีนอยด์เนื่องจากให้ค่าดูดกลืนแสงค่อนข้างสูง และเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับจากนักวิจัยส่วนใหญ่ ทั้งนี้เพราะมีสถานบันที่มีความน่าเชื่อถือและเก่าแก่รองรับ ตัวทำละลายหลักที่ใช้มักเป็นสารผสมระหว่าง Hexane และ Acetone อาจมีการใช้ Ethanol และหรือ Toluene ร่วมด้วยในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้ Hexane และ Acetone ในอัตราส่วน 6:4 ในการสกัด และใช้ Hexane 90% เป็นสารอ้างอิง หรือ blank ในการวิเคราะห์

จากรูปที่ 4.1 พบว่าขั้นตอนในการสกัดค่อนข้างซับซ้อนเมื่อเทียบกับวิธี Lee & Castle แต่ผลที่ได้ คือให้ค่าการดูดกลืนแสงที่สูงกว่า แต่วิธีนี้ยังมีข้อเสียคืออาจมีน้ำหลงเหลือจากขั้นตอนแยกสารสกัดในกรวยแยก ซึ่งอาจมีน้ำปนมากับสารละลาย มีผลทำให้สารระเหยแห้งไม่สนิท และสารละลายขุ่น เกิดการตกตะกอนระหว่างการวิเคราะห์ แม้จะนำไปเหวี่ยงแยกเพื่อทำให้ใสก็ตาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตามวิธีของ AOAC เป็นวิธีที่ถูกเลือกเป็นอันดับแรกในการหาปริมาณแคโรทีนอยด์ในการศึกษาโดยทั่วไป เช่นการศึกษาของรุจิภรณ์ พัฒนจันทร์ (2546) ที่หาปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อมะม่วงโชคอนันต์ระหว่างการสุก และการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง

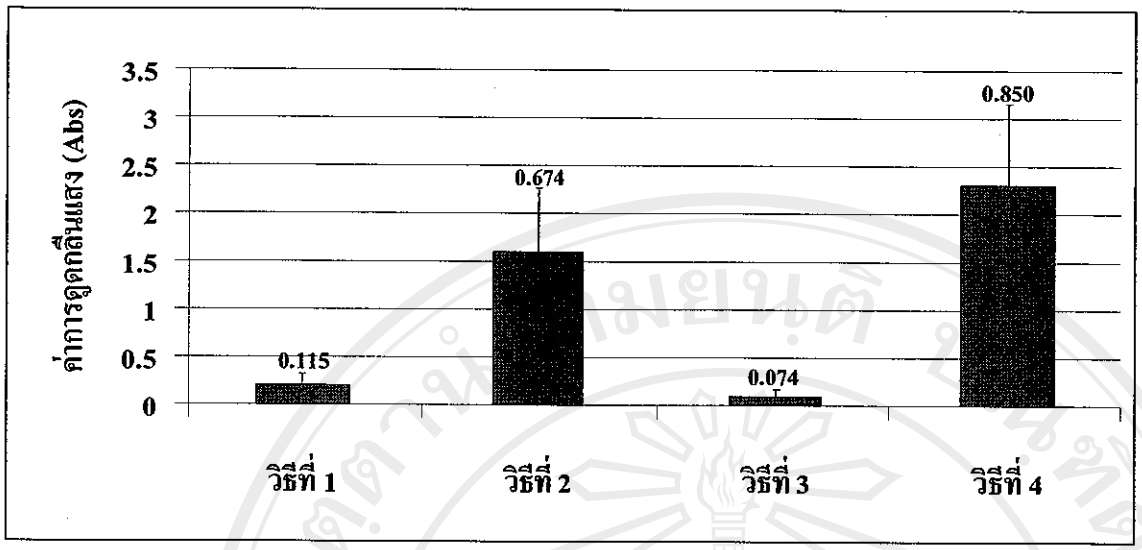
วิธีที่ 3. การสกัดสารแคโรทีนอยด์ตามวิธีของ Cyanotech Corporation

Cyanotech Corporation เป็นบริษัทผลิตผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่มีคุณค่าจากสาหร่าย ตั้งอยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา การแยกสกัดด้วยวิธีนี้จะแบ่งขั้นตอนเป็น 3 ส่วนคือ 1. การสกัดด้วยเมทานอล 2. การวิเคราะห์แคโรทีนอยด์รวม และ 3. การวิเคราะห์เบต้าแคโรทีน สารเคมีที่ใช้ได้แก่ Methanol, Dimethyl Sulfoxide, Diethyl ether, Heptane, KOH ใน methanol และ KOH ใน water โดยทำการสกัดในสาหร่ายเกลียวทอง (Spirulina) พบว่าสามารถวิเคราะห์สารแคโรทีนอยด์ได้ดีกว่าวิธีของ AOAC ซึ่งให้ความถูกต้อง โดยมีความแตกต่างจากการวิเคราะห์โดยวิธี HPLC ร้อยละ 5 (Spirulina Pacifica Technical Bulletin, 2002) ในการศึกษาครั้งนี้ทำเฉพาะขั้นตอนที่ 1 และ 2 เท่านั้น เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของแคโรทีนอยด์รวมเท่านั้น ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่าให้ค่าการดูดกลืนแสงน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทั้งหมด และขั้นตอนการสกัดยุ่งยากซับซ้อนกว่าวิธีอื่น (รูปที่ 4.1) การแยกสีด้วยตาเปล่าค่อนข้างยากเหมือนวิธีของ Lee & Castle โดยเฉพาะถ้าวัตถุดิบมีสีเหลืองหรือส้ม แต่ข้อดีคือสามารถใช้แยกสกัดและวิเคราะห์ตัวอย่างหรือวัตถุดิบที่มีจำนวนน้อย หรือมีตัวอย่างจำนวนจำกัด ตั้งแต่หน่วยมิลลิกรัม (mg) ขึ้นไปได้

วิธีที่ 4. การสกัดสารแคโรทีนอยด์ตามวิธีของพรรนิภา ชุมศรี

การแยกสกัดวิธีนี้ จะใช้ตัวทำละลายคือ Methanol และใช้ Chloroform เป็นสารอ้างอิงหรือ blank ในการวิเคราะห์ ปริมาณสารที่ใช้คือ 4-6 เท่าของน้ำหนักตัวอย่าง ผลที่ได้คือวิธีนี้ให้ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดสูงสุด และขั้นตอนก็ไม่ยุ่งยากมาก เมื่อเทียบกับวิธี AOAC ที่วัดได้ค่าการดูดกลืนแสงเป็นอันดับ 2 แต่ใช้เวลาในการสกัดนานคือ 24 ชั่วโมง และจำเป็นต้องเก็บไว้ในที่มืดหรือใช้ภาชนะสีชา เพื่อป้องกันไม่ให้สารสกัดเบต้าแคโรทีนถูกทำลายน้อยด้วยแสง วิธีนี้ได้ถูกนำไปใช้แยกสกัดเพื่อหาสารเบต้าแคโรทีนในผักพื้นบ้าน ได้แก่ เล็บครุฑ โกสน คาวทอง และผักชีฝรั่ง เป็นต้น (สุนทรี สุทธศิลป์, 2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสง (Abs) จากการสกัดแคโรทีนอยด์ตามวิธี Lee & Castle (วิธีการที่ 1), AOAC (วิธีการที่ 2), Cyanotech Corporation (วิธีการที่ 3) และวิธีของพรรนิภา ชุมศรี (วิธีการที่ 4)

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าวิธีของพรรณิภา ชุมศรี (วิธีการที่ 4) นั้นมีประสิทธิภาพในการสกัดสูงกว่าวิธีอื่นที่นำมาศึกษา โดยให้ค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด และค่าที่ได้นั้นแตกต่างจากอีก 3 วิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.5$) ดังนั้นวิธีของพรรณนิภา ชุมศรี จะถูกใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

วิธีการสกัดของพรรณนิภา ชุมศรี ใช้ตัวทำละลายคือ เมทานอล อยู่ในกลุ่มแอลกอฮอร์ ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพ มีอำนาจในการละลายกว้าง และมีขั้นตอนการสกัดไม่ยุ่งยาก แต่ใช้เวลาในสกัดนานกว่าอีก 3 วิธี โดยปริมาณสารที่ใช้คือ 20-40 มล.ขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัวอย่างผัก ในขณะที่วิธี AOAC (วิธีการที่ 2) ซึ่งให้ค่าการดูดกลืนแสงเป็นอันดับ 2 นั้นใช้ตัวทำละลายเป็นสารผสมระหว่างเฮกเซนและอะซิโตนในอัตราส่วน 3:2 ซึ่งเฮกเซนเป็นตัวทำละลายไขมัน เหมาะกับสารไม่มีขั้ว ส่วนอะซิโตนจะใช้ในการชะล้าง และเป็นสารไล่น้ำ นอกจากนี้อะซิโตนยังช่วยเพิ่มความสามารถในการละลายสารที่ต้องการออกมาอีกด้วย (นันทวัน, 2534) วิธี AOAC ใช้ปริมาณตัวทำละลาย 100 มล.ต่อน้ำหนักตัวอย่างผัก 2-5 กรัม วิธีนี้แม้จะมีขั้นตอนการสกัดยุ่งยากกว่า แต่ใช้เวลาสกัดน้อยกว่า ส่วนวิธีของ Lee & Castle (วิธีการที่ 1) ใช้ตัวทำละลายเป็นสารผสมระหว่างเฮกเซน อะซิโตนและเอทานอลในอัตราส่วน 2:1:1 และวิธีตาม Cyanotech Corporation (วิธีการที่ 3) ใช้ตัวทำละลายคือ เมทานอล ร่วมกับ Dimethyl sulfoxide 2.5 มล. โดยวิธีของ Lee & Castle และวิธีของ Cyanotech Corporation จะใช้เวลาและปริมาณตัวทำละลายขึ้นอยู่กับความเข้มของสีในผัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดทั้ง 4 วิธี พบว่าวิธีการสกัดของพรรนิภา ชุมศรีมีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากใช้ตัวทำละลายคือ เมทานอลที่มีประสิทธิภาพในการละลายที่ดี และใช้เวลาในการสกัดนานกว่าวิธีอื่นๆ

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทำให้สุก กับปริมาณเบต้าแคโรทีนในพืชผักตัวอย่าง

4.2.1 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในผักสด

หลังจากได้วิธีสกัดสารที่เหมาะสมแล้ว ได้ทำการสร้างกราฟสารมาตรฐานเบต้าแคโรทีน เพื่อคำนวณหาสมการเส้นตรงสำหรับใช้เทียบหาปริมาณสารในผักที่นำมาทดลอง ซึ่งสมการเส้นตรงของสารมาตรฐานเบต้าแคโรทีน ซึ่งได้สมการคือ $Y = 0.2503X+0.072$ โดย Y คือค่าการดูดกลืนแสง และ X คือปริมาณเบต้าแคโรทีน ที่ความยาวคลื่น 464 นาโนเมตร ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง จากค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ พบว่าผักตำลึง ผักบุ้งจีน พริกหวานเหลือง และมันเทศเนื้อเหลือง ซึ่งสดจากตลาด มีสารเบต้าแคโรทีนเริ่มต้น 3.336±1.486, 1.182±0.285, 0.360±0.177 และ 0.114±0.033 มก./100 กรัม ตามลำดับ

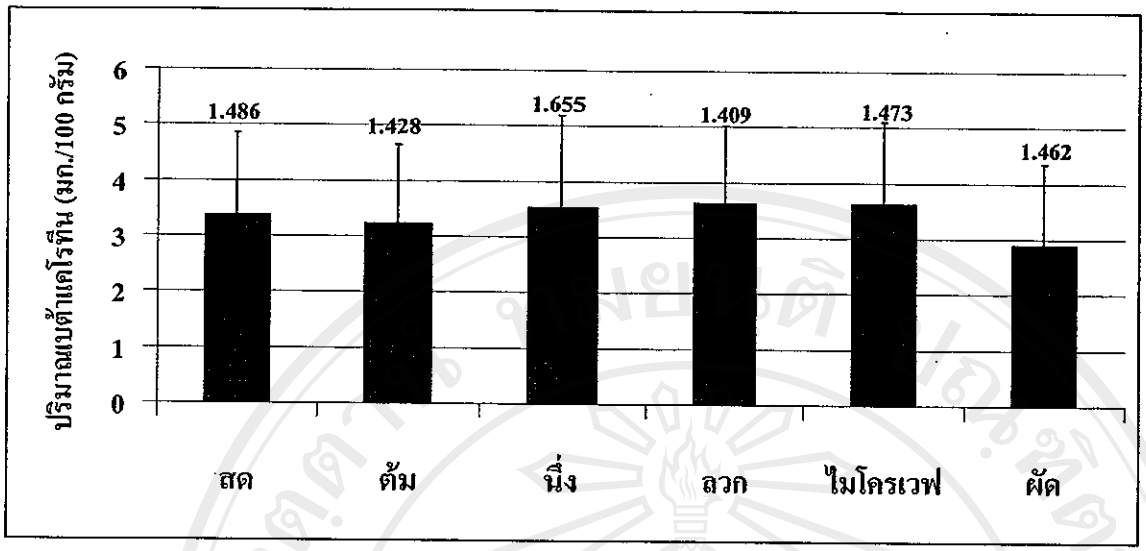
จากการศึกษาของพัชราภรณ์ แสงโยจารย์ (2532) พบว่าเบต้าแคโรทีนจะมีปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงมากนักหลังการเก็บเกี่ยว และระหว่างขนส่ง พบว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนในผักบุ้งจีนจากแปลงเพาะปลูก และจากตลาดสดมีปริมาณ 15.0-21.0 และ 14.0-23.0 มก./100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าผักบุ้งซึ่งมีสีเขียว ยังคงมีการสังเคราะห์สารเบต้าแคโรทีนหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากผักบุ้งจีนยังคงมีการหายใจอยู่

4.2.2 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในผักตัวอย่างหลังทำให้สุก

เมื่อนำผักทั้ง 4 ชนิด มาทำให้สุกด้วยการต้ม การนึ่ง การผัด การลวก และการต้มด้วยไมโครเวฟ พบว่าปริมาณสารเบต้าแคโรทีนมีการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในตารางที่ 4 (ภาคผนวก ง)

4.2.2.1 ตำลึง หลังทำให้สุกโดยการให้ความร้อนด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ การต้ม การนึ่ง การลวก การต้มด้วยไมโครเวฟ และการผัดในน้ำมัน เมื่อนำไปสกัดและวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในรูปที่ 4.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

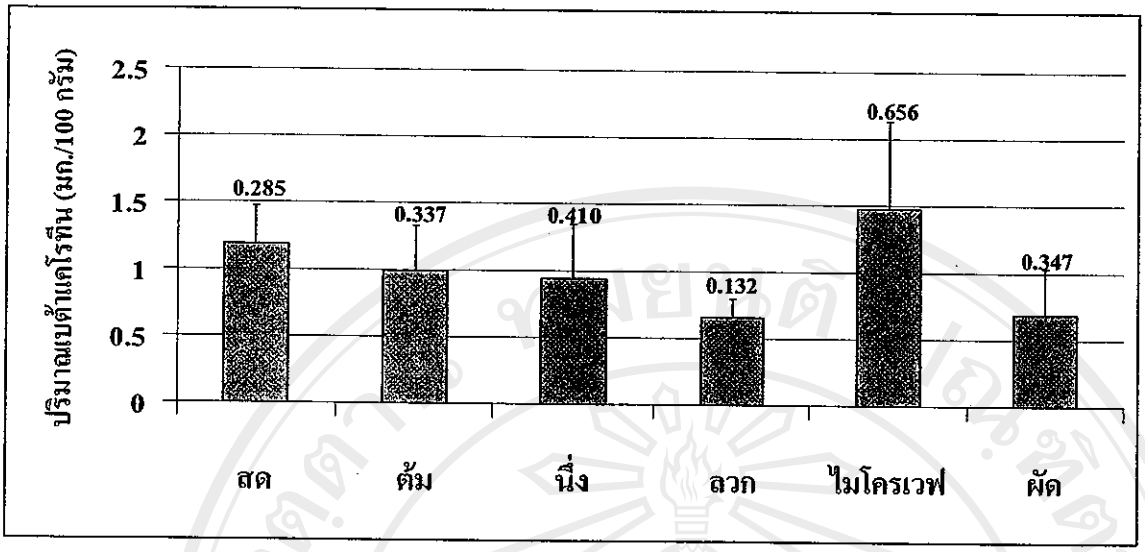


รูปที่ 4.3 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในตำลึงก่อนและหลังทำให้สุก

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าเมื่อนำตำลึงมานึ่ง ลวก และต้มโดยไมโครเวฟ สารเบต้าแคโรทีนจะเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.169, 0.250 และ 0.255 มก./100 กรัม ตามลำดับ จะเห็นว่าทั้งการนึ่งและการลวกนั้นแม้มีอุณหภูมิ 100^{o}ซ เท่ากับการต้ม แต่การนึ่งตำลึงจะสัมผัสกับไอน้ำร้อน และการลวกใช้เวลาน้อยกว่าการต้มขณะการต้มด้วยไมโครเวฟนั้นอุณหภูมิของน้ำร้อนต่ำกว่า 100^{o}ซ ทำให้ผนังเซลล์อ่อนตัว สกัดได้ง่ายและมากขึ้นซึ่งปริมาณเบต้าแคโรทีนที่ได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$) แต่ถ้านำไปต้มและผัดในน้ำมันปริมาณจะลดลง 0.140 และ 0.472 มก./100 กรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตำลึงจะมีการสูญเสียเบต้าแคโรทีนมาก ในกรณีที่ตัวอย่างสัมผัสกับความร้อนโดยตรง เช่น การผัดในน้ำมันซึ่งใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100^{o}ซ

4.2.2.2 ผักบุ้งจีน ผักบุ้งจีนสดซึ่งมีสารเบต้าแคโรทีนมากเป็นอันดับ 2 หลังทำให้สุกโดยการให้ความร้อนด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ การต้ม การนึ่ง การลวก การต้มด้วยไมโครเวฟ และการผัด พบว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนในตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในรูปที่ 4.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

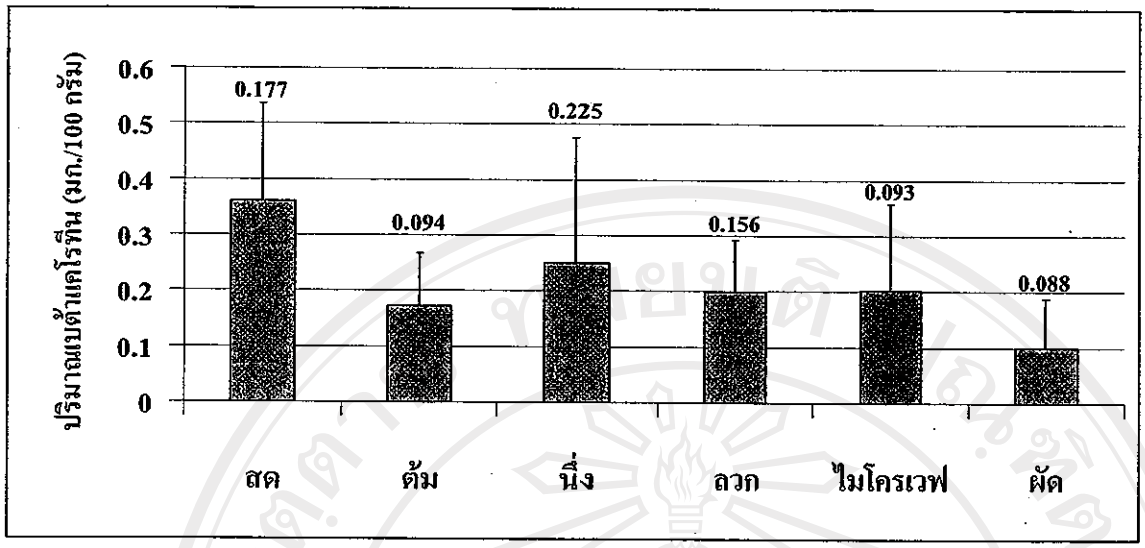


รูปที่ 4.4 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในผักบุ้งจีนก่อนและหลังทำให้สุก

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในผักบุ้งจีนจะลดลง ยกเว้นการทำให้สุกโดยการต้มด้วยเครื่องไมโครเวฟ ซึ่งมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้น 0.292 มก./100กรัม การต้มด้วยเครื่องไมโครเวฟในเวลา 4 นาทีนั้น อุณหภูมิของน้ำร้อนอยู่ระหว่าง 60-70^{o}ซ ซึ่งเป็นความร้อนระดับต่ำ และโครงสร้างของเบต้าแคโรทีนเปลี่ยนแปลงน้อย ผนังเซลล์อ่อนตัว ทำให้สกัดได้ง่าย โดยค่าเฉลี่ยที่ได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.5$) เมื่อเทียบกับการต้ม นึ่ง ลวก และผัดในน้ำมัน ซึ่งเป็นวิธีดั้งเดิมนั้น โดยปริมาณเบต้าแคโรทีนจะลดลง 0.194, 0.242, 0.514 และ 0.534 มก./100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำร้อน 100^{o}ซ ทำให้โครงสร้างเปลี่ยนจากรูป trans เป็นรูป cis ทำให้ความคงตัวของเบต้าแคโรทีนลดลง สีของผักจางลง

4.2.2.3 พริกหวาน โดยทั่วไปมี 3 สี ได้แก่ สีเขียว สีเหลือง และสีแดง เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เน้นวิเคราะห์หาปริมาณเบต้าแคโรทีน จึงได้เลือกพริกหวานสีเหลืองใช้ในการศึกษา หลังทำให้สุกด้วยการให้ความร้อนวิธีต่างๆ ได้แก่ การนึ่ง การลวก การต้มโดยไมโครเวฟ การต้ม และการผัดในน้ำมัน พบว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนมีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงให้ในรูปที่ 4.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

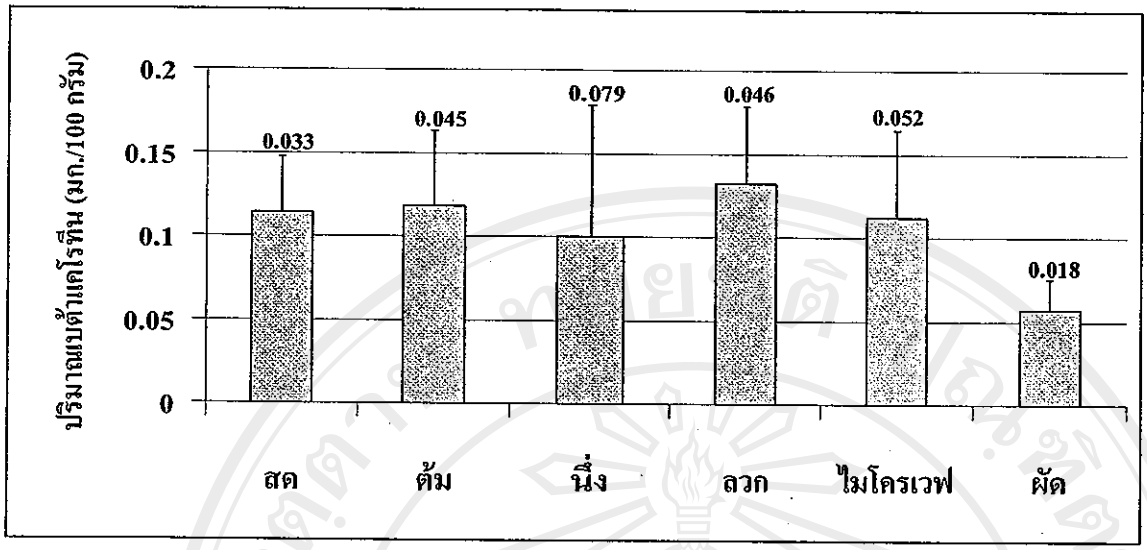


รูปที่ 4.5 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในพริกหวานสีเหลืองก่อนและหลังทำให้สุก

จากรูปที่ 4.5 พบว่าพริกหวานสีเหลืองทุกตัวอย่าง หลังทำให้สุกด้วยการนึ่ง ลวก ต้มด้วยไมโครเวฟ ต้มแบบดั้งเดิม และผัดในน้ำมัน จะมีปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลงเท่ากับ 0.110, 0.158, 0.161, 0.187 และ 0.260 มก./100 กรัม ตามลำดับ การที่ปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลงในทุกตัวอย่างอาจเนื่องจากพริกหวานสีเหลืองไม่มีคลอโรฟิลล์เป็นตัวป้องกันการสลายตัวของเบต้าแคโรทีนเหมือนผักใบเขียว ความร้อนจึงไปกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารได้โดยตรง และเมื่อสารสีถูกทำลาย มีผลทำให้ปริมาณสารลดลง จะมากหรือน้อยขึ้นกับอุณหภูมิ เวลาที่ใช้ และพื้นที่ผิวของผักที่สัมผัสกับความร้อน ซึ่งวิไล รังสาดทอง (2545) ได้รายงานว่าการผัดในน้ำมันซึ่งพริกหวานจะสัมผัสกับผิวของกระทะที่ร้อน มีผลทำให้เบต้าแคโรทีนถูกทำลายมากที่สุด

มันเทศเนื้อเหลือง ซึ่งมีสารเบต้าแคโรทีนน้อยที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าหลังทำให้สุกโดยการให้ความร้อนด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ การต้ม การนึ่ง การลวก การต้มด้วยไมโครเวฟ และการผัดในน้ำมัน เมื่อนำไปสกัดและวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนพบการเปลี่ยนแปลงดังแสดงให้ในรูปที่ 4.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.6 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในมันเทศเนื้อเหลืองก่อนและหลังทำให้สุก

จากรูปที่ 4.6 เมื่อนำมันเทศไปทำให้สุกโดยการต้มแบบดั้งเดิมและการลวก พบว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย 0.004 และ 0.018 มก./100 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำไปให้ความร้อนโดยการต้มด้วยไมโครเวฟ การนึ่งด้วยไอน้ำร้อน และการผัดในน้ำมัน ปริมาณสารจะลดลง 0.002, 0.014 และ 0.057 มก./100 กรัม ตามลำดับ

มันเทศเนื้อเหลืองเป็นผักชนิดเดียวที่จำเป็นต้องมีการปอกเปลือกก่อนนำไปทำให้สุก จึงมีโอกาสสูญเสียสารเบต้าแคโรทีนทั้งก่อนและหลังได้รับความร้อน โดยปริมาณเบต้าแคโรทีนหลังทำให้สุก ซึ่งการต้มแบบดั้งเดิมและการลวกนั้นให้ค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มจะมากน้อยต่างกันขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ ส่วนการผัดในน้ำมันซึ่งมีอุณหภูมิสูงและใช้เวลามาก จึงทำให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลงมากที่สุด ได้มีการศึกษาปริมาณเบต้าแคโรทีนในมันเทศเนื้อสีส้มของ Jaarsveld และคณะ (2002) เพื่อนำไปเป็นอาหารเสริมสำหรับเด็กวัยเรียนในแอฟริกา ซึ่งเป็นการต้มแบบไม่ปิดฝา โดยนำมันเทศเนื้อส้ม ไปต้มทั้งหัวในเวลา 30 นาที พบว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลงจาก 15.60 เหลือ 14.69 mg/100 g

จากการสังเกตจะเห็นได้ว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตำลึง ผักบุ้งจีน พริกหวานสีเหลือง และมันเทศเนื้อเหลือง ทั้งผักสดและผักที่ทำให้สุกมีค่าค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีปัจจัยต่างๆที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดังนี้ แหล่งเพาะปลูก ภูมิอากาศ หรือการเก็บเกี่ยว จึงทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูง การทำการทดลองซ้ำหลายๆครั้งจะช่วยลดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลงได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการศึกษาในตอนนี้สรุปได้ว่ากรรมวิธีการให้ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารเบต้าแคโรทีนในผักดังนี้

การต้ม ซึ่งเป็นการทำอาหารให้สุกโดยการต้มในน้ำเดือด หรือใส่อาหารลงไปในน้ำเมื่อน้ำเดือด โดยผักจะได้รับความร้อนจากน้ำร้อน เซลล์ของผักเกิดการขยายตัว และทำให้ก๊าซที่อยู่ภายในเซลล์หลุดออกจากช่องว่าง และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารสีได้ Kay และคณะ (1998) ได้รายงานว่าการต้มจะช่วยคงคุณค่าและสารสีในผักใบเขียว ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่า การต้มที่ใช้เวลานานจะทำให้สูญเสียสารเบต้าแคโรทีน เช่นในกรณีของผักตำลึง ผักบุ้งจีน และพริกหวานสีเหลือง แต่สำหรับกรณีมันเทศเนื้อเหลืองนั้น พบว่าเบต้าแคโรทีนมีปริมาณเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.7) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแป้งซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในมันเทศ เมื่อถูกความร้อนจะเกิดการรวมตัวและสร้างรูปแบบใหม่ ซึ่งช่วยป้องกันการสลายตัวของเบต้าแคโรทีน (นิธิยา, 2545)

การนึ่ง ซึ่งเป็นการทำอาหารให้สุกด้วยการใช้ไอน้ำเดือดโดยปิดฝาไม่ให้ไอน้ำออก ทำให้ผักสัมผัสกับความร้อนผ่านไอน้ำ เซลล์จะเกิดการขยายตัวในช่วงแรกของการให้ความร้อน โดยไอน้ำร้อนจะแทรกเข้าสู่ช่องว่าง ทำให้คลอโรพลาสต์เปลี่ยนสี (Kay และคณะ, 1998) จากการศึกษาพบว่าตำลึงซึ่งมีสีเขียวเข้ม มีคลอโรฟิลล์สูง พบว่ามีปริมาณเบต้าแคโรทีนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากการที่ตำลึงมีคลอโรฟิลล์สูง คลอโรฟิลล์จึงช่วยป้องกันไม่ให้แคโรทีนอยด์ถูกทำลาย ขณะที่พริกหวานและผักบุ้งจีนซึ่งมีสีเขียวอ่อนกว่า ทำให้เบต้าแคโรทีนถูกทำลายได้โดยตรง ปริมาณเบต้าแคโรทีนจึงลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.7

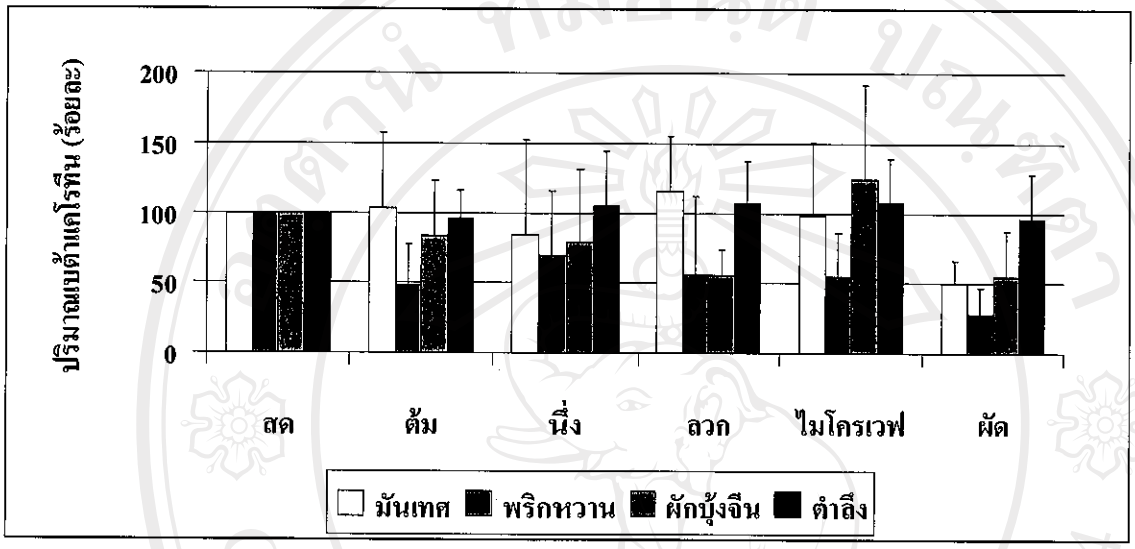
การลวก เป็นการใส่อาหารในน้ำเดือด การสูญเสียเบต้าแคโรทีน ขึ้นอยู่กับชนิดขนาดของผักและเวลาในการลวก จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนในตำลึงและมันเทศเพิ่มขึ้น เนื่องจากตำลึงมีคลอโรฟิลล์สูง ซึ่งจะช่วยป้องกันแคโรทีนอยด์ไม่ให้ถูกทำลายดังกรณีของการนึ่ง ส่วนมันเทศซึ่งมีแป้งสูง เมื่อแป้งถูกความร้อน โครงสร้างจะเปลี่ยนไป ซึ่งเป็นการช่วยป้องกันการสูญเสียเบต้าแคโรทีน นอกจากนี้การลวกยังไปยับยั้งการทำงานเอนไซม์ไลปอกซีจีเนส ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียเบต้าแคโรทีน

การต้มด้วยไมโครเวฟนั้น ผักจะสุกได้โดยการเสียดสีของโมเลกุลของน้ำจนเกิดเป็นความร้อน อุณหภูมิของน้ำร้อนน้อยกว่า 90^{o}ซ ซึ่งเป็นความร้อนระดับต่ำกว่าการต้มแบบดั้งเดิม การนึ่ง การลวก หรือการผัด อีกทั้งการต้มด้วยไมโครเวฟยังใช้เวลาสั้น จึงทำให้การสูญเสียเบต้าแคโรทีนในผักน้อยกว่าวิธีอื่นๆ

การผัดเป็นการเอาน้ำมันปริมาณเล็กน้อยใส่กระทะตั้งไฟให้ร้อน แล้วใส่ผักลงไปผัด ความร้อนจากผิวกระทะที่ร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านชั้นน้ำมันบางๆไปยังผัก การกระจายความร้อนจะไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผิวหน้าผักมีสีน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ เนื่องความร้อนของน้ำมันสูงมากกว่า 200^{o}ซ ทำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้แคโรทีนอยด์ซึ่งละลายในน้ำมันเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ทำให้สีและกลิ่นเปลี่ยนไป ซึ่งผักตำลึง ผักบุ้งจีน มันเทศ และพริกหวานสีเหลือง มีการสูญสียปริมาณเบต้าแคโรทีนหลังทำให้สุก แต่มากน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลักของผักแต่ละชนิด โดยผักที่มีสีเขียวเข้ม เช่น ตำลึงจะมีการสูญเสียเบต้าแคโรทีนน้อยกว่าผักที่มีสีเขียวอ่อนกว่า (รูปที่ 4.7)



รูปที่ 4.7 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงปริมาณเบต้าแคโรทีนเมื่อเปรียบเทียบกับผักที่ไม่ผ่านความร้อนของตำลึง ผักบุ้งจีน พริกหวานสีเหลือง และมันเทศเนื้อเหลืองในแต่ละวิธีให้ความร้อน

หมายเหตุ ร้อยละเทียบกับค่าเริ่มต้น (สด)

จากรูปที่ 4.7 สรุปได้ว่ากรรมวิธีการให้ความร้อนและชนิดของผัก มีผลต่อการคงตัวของเบต้าแคโรทีน การให้ความร้อนโดยตรง เช่น การผัดทำให้เบต้าแคโรทีนลดลงมากที่สุด ในขณะที่การต้มด้วยเครื่องไมโครเวฟช่วยรักษาปริมาณเบต้าแคโรทีนไว้ได้มากที่สุด

จากบทความขององค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ (2547) กล่าวว่าคลอโรฟิลล์เป็นสารที่ทำให้พืชผักต่างๆมีสีเขียว ยิ่งผักมีสีเขียวเข้มมากก็ยิ่งมีคลอโรฟิลล์มาก เมื่อนำผักทั้ง 4 ชนิดมาเรียงลำดับความเข้มของสี พบว่า ตำลึง ผักบุ้งจีน พริกหวาน และมันเทศ มีความเขียวจากมากมาน้อยตามลำดับ

ดังนั้นตำลึงจึงน่าจะมีคลอโรฟิลล์มากกว่าผักที่ศึกษาชนิดอื่นๆ การที่ตำลึงมีปริมาณเบต้าแคโรทีนหลงเหลือหลังการให้ความร้อนมากกว่าผักอื่นๆ อาจเนื่องจากการมีคลอโรฟิลล์อยู่สูง ดังนั้นคลอโรฟิลล์จึงอาจช่วยป้องกันการสูญสลายของเบต้าแคโรทีนจากความร้อนได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 การทดสอบด้านประสาทสัมผัส

นอกจากปริมาณเบต้าแคโรทีนที่หลงเหลืออยู่ภายหลังการให้ความร้อนแล้ว ความชอบของผู้บริโภคก็มีส่วนสำคัญต่อเลือกกรรมวิธีทำให้ผักสุก เมื่อนำตำลึง ผักบุ้งจีน พริกหวานสีเหลือง และมันเทศเหลือง ทั้งผักสด และผักที่ผ่านการทำให้สุกด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ ต้ม นึ่ง ลวก ผัด และการต้มด้วยไมโครเวฟ มาทดสอบด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมได้ผลการศึกษาดังนี้

4.3.1 ตำลึง นำส่วนยอด และใบ นำมาให้ความร้อนด้วยการต้ม นึ่ง ลวก ผัด และใช้เครื่องไมโครเวฟ เมื่อนำไปสังเกตด้วยสายตา และนำไปทดสอบด้านประสาทสัมผัส ได้ข้อสรุปดังนี้ (ตารางที่ 4.1)

สี (Color)

ใบตำลึงสดจะมีสีเขียว ผิวเรียบ ไม่มีขน ส่วนยอดจะมีสีอ่อน หลังให้ความร้อนสีจะเปลี่ยนไป คือ สีอาจจะใสและสว่างขึ้น หรือคล้ำลง ขึ้นกับกรรมวิธีของการให้ความร้อน การที่สีเขียวของตำลึงเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีการสูญเสียแมกนีเซียมของคลอโรฟิลล์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) เมื่อนำไปทดสอบด้านประสาทสัมผัส พบว่าตัวอย่างผักที่ต้มด้วยไมโครเวฟซึ่งมีสีเขียวขี้ม้าได้คะแนนน้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างจากการผัด ซึ่งมีสีคล้ำต่างจากตัวอย่างอื่นๆได้คะแนนมากว่าตัวอย่างที่ทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ ส่วนตัวอย่างที่ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ ตัวอย่างจากการต้มแบบดั้งเดิม ซึ่งมีสีเขียวเข้ม ส่วนตัวอย่างจากการลวก และการนึ่งได้คะแนนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$) จากตัวอย่างจากการต้ม

กลิ่น (Aroma)

ตำลึงสดจะกลิ่นเหม็นเขียวเล็กน้อย หลังนำไปผ่านความร้อนกลิ่นจะเปลี่ยนน้อยมาก เมื่อนำไปทดสอบด้านประสาทสัมผัส ไม่ต่างจากการทดสอบด้านสี กล่าวคือตัวอย่างตำลึงที่ต้มด้วยไมโครเวฟ ได้คะแนนน้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างจากการต้มแบบดั้งเดิมได้คะแนนมากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$) กับตัวอย่างที่ได้จากการลวกและนึ่ง ขณะเดียวกันตัวอย่างจากการนึ่ง เมื่อนำคะแนนที่ได้ไปเปรียบเทียบกับคะแนนของผักสด และตัวอย่างจากการผัดพบว่าไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากกลิ่นของตำลึงนั้นค่อนข้างอ่อน ซึ่งยากต่อการทดสอบความแตกต่างได้ชัดเจน ยกเว้นตัวอย่างที่ได้จากการผัดเท่านั้น ซึ่งมีกลิ่นของน้ำมันพืชที่ใช้ร่วมด้วย

ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

ผลจากการทดสอบด้านประสาทสัมผัส พบว่าตำลึงที่ผ่านการต้มแบบดั้งเดิม การลวกหรือการนึ่งได้คะแนนมากกว่าตำลึงที่ผัดหรือต้มด้วยไมโครเวฟ เนื่องจากตำลึงที่ผ่านการต้มแบบดั้งเดิม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การลวก หรือการนึ่งให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่เละเหมือนตำลึงที่ผ่านการผัดและต้มด้วยไมโครเวฟ ส่วนตำลึงสดมีเนื้อสัมผัสที่เหนียว ไม่นิ่ม และรู้สึกสากลิ้นเมื่อรับประทาน แต่ไม่เละ จึงได้คะแนนน้อยกว่าตำลึงที่ผ่านการต้มแบบดั้งเดิม การลวก หรือการนึ่ง แต่มากกว่าตำลึงผัดหรือต้มด้วยไมโครเวฟ

ตารางที่ 4.1 การทดสอบด้านประสาทสัมผัสก่อนและหลังทำให้สุกในตำลึง

กรรมวิธี	การประเมินคุณลักษณะประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
สด	3.75±0.743^{b}	2.67±1.082^{b}	3.06±0.976^{bc}	2.97±0.834^{c}
ต้ม	4.42±0.640^{a}	3.56±1.100^{a}	3.83±0.743^{a}	3.96±1.039^{a}
นึ่ง	3.89±0.986^{b}	3.17±1.335^{a}	3.39±0.704^{b}	3.43±0.767^{b}
ผัดในน้ำมัน	2.97±0.976^{c}	2.69±0.990^{b}	2.67±0.775^{c}	2.64±0.799^{c}
ลวก	4.11±0.756^{ab}	3.28±1.302^{a}	3.64±0.976^{ab}	3.67±0.915^{ab}
ต้มด้วยไมโครเวฟ	2.61±0.594^{c}	2.39±0.743^{b}	2.89±0.915^{c}	2.56±0.516^{c}

โดย 1. ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากคะแนนความชอบโดยรวม (ภาคผนวก ง) พบว่าตัวอย่างตำลึงที่ผ่านความร้อนด้วยไมโครเวฟ ได้คะแนนความชอบน้อยสุด ขณะตัวอย่างจากการผัดแม้จะมีคะแนนด้านสี และกลิ่นมากกว่าตัวอย่างที่ได้จากต้มด้วยไมโครเวฟ แต่คะแนนที่ได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$) ส่วนตัวอย่างจากการต้มแบบดั้งเดิมนั้นแม้คะแนนทั้งสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสสูง แต่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบไม่ต่างจากผักสดมากนัก โดยคะแนนความชอบโดยรวมของผักสดเองก็ไม่แตกต่างจากตัวอย่างจากการนึ่งและการลวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$) เนื่องจากเนื้อสัมผัสซึ่งมีคะแนนต่ำเป็นปัจจัยหลักต่อการตัดสินของผู้ทดสอบ ดังนั้นในการเลือกวิธีการปรุงอาหารจึงขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภคเป็นสำคัญ ถ้าพิจารณาปริมาณเบต้าแคโรทีนเป็นหลัก แล้วพบว่าการนึ่ง ลวก และต้มในไมโครเวฟ เป็นวิธีการที่ดีในการทำตำลึงสุก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.2 ผักบุ้งจีน ผลทดสอบด้านประสาทสัมผัสทั้งสี กลิ่น เนื้อสัมผัส แสดงในตารางที่ 4.2

สี (Color)

ผักบุ้งจีนสดมีใบสีเขียว ก้านมีสีเขียวอ่อน สีเหลืองหรือขาว เมื่อนำไปทำให้สุกสีจะสว่างขึ้น แต่ถ้าทิ้งไว้สีจะเข้มขึ้น ได้สีคล้ายสีเขียวขี้ม้าหรือเขียวคล้ำ โดยตัวอย่างผักสดได้คะแนนมากที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างจากการลวก การต้มแบบดั้งเดิม และการนึ่งตามลำดับ ซึ่ง ผักสุกทั้ง 3 ตัวอย่างจะมีสีใกล้เคียงกัน และเมื่อทิ้งไว้จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวขี้ม้า ซึ่งจะเห็นได้ชัดในตัวอย่างที่ต้มด้วยไมโครเวฟ และมีคะแนนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$) กับตัวอย่างจากการผัดซึ่งมีสีเขียวคล้ำ

กลิ่น (Aroma)

โดยธรรมชาติผักบุ้งจีนจะมีกลิ่นเฉพาะ แต่ไม่ใช่กลิ่นเหม็นเขียว หลังทำให้สุกด้วยวิธีต่างๆ กลิ่นของผักจะชัดเจนขึ้น โดยตัวอย่างจากการลวกมีคะแนนมากที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างผักบุ้งสด ตัวอย่างจากการต้มด้วยไมโครเวฟ และตัวอย่างจากการต้มแบบดั้งเดิม ตามลำดับ ซึ่งคะแนนที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$) สำหรับตัวอย่างจากการนึ่งนั้นมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับตัวอย่างจากการผัดและจากการต้ม แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.5$) แสดงให้เห็นว่ากลิ่นของผักบุ้งนั้นค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก ทั้งก่อนและหลังทำให้สุก และยากต่อการแยกความแตกต่างด้วยประสาทรับกลิ่น

ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

ส่วนก้านของผักบุ้งสดจะมีลักษณะเป็นปล้อง กรอบ ไม่เหนียว ส่วนใบไม่นิ่ม ขอบใบเรียบ ซึ่งผักบุ้งสดมีคะแนนสูงสุด หลังทำให้สุกเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป โดยก้านจะอ่อน ไม่กรอบ ใบนิ่มจนถึงเละ เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าตัวอย่างจากการผัดซึ่งมีส่วนก้านที่อ่อนและหดตัว มีใบที่นิ่ม มีคะแนนน้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างจากการลวก การต้มด้วยไมโครเวฟ การต้มแบบดั้งเดิม และการนึ่งได้คะแนนที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$) ทั้งนี้เพราะทั้ง 4 ตัวอย่างนั้น มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกัน คือ ใบนิ่มแต่ไม่เละ ก้านอ่อน กัดได้ง่าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 การทดสอบด้านประสาทสัมผัสก่อนและหลังทำให้สุกในผักบุ้งจีน

กรรมวิธี	การประเมินคุณลักษณะประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
สด	4.60±0.778^{a}	3.10±1.105^{ab}	3.80±1.305^{a}	3.82±1.152^{a}
ต้ม	3.33±0.944^{b}	3.00±1.086^{bc}	3.10±1.033^{bc}	3.30±0.723^{bc}
นึ่ง	2.85±1.075^{c}	2.70±0.823^{c}	2.95±1.037^{c}	3.00±0.847^{cd}
ผัดในน้ำมัน	2.80±1.091^{c}	2.95±1.154^{bc}	2.52±1.176^{d}	2.85±1.075^{d}
ลวก	3.53±0.905^{b}	3.38±0.705^{a}	3.40±0.900^{b}	3.35±0.736^{b}
ต้มด้วยไมโครเวฟ	2.60±0.955^{c}	3.05±0.904^{ab}	3.20±0.966^{bc}	3.00±0.906^{cd}

โดย 1. ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อนำมาประเมินความชอบโดยรวม พบว่าตัวอย่างผักบุ้งจีนสด มีคะแนนทั้งด้านสี และเนื้อสัมผัสมากที่สุด ยกเว้นกลิ่นซึ่งมีคะแนนเป็นรองตัวอย่างจากการลวก ทั้งนี้เนื่องจากผักบุ้งจีนมีสีที่สดใส กรอบ ไม่เหนียว ส่วนตัวอย่างจากการต้มแบบดั้งเดิม และการลวกนั้น มีสีและกลิ่นจางลงคล้ายกัน แต่อยู่ระดับที่ยอมรับได้ ส่วนตัวอย่างการผัดในน้ำมัน ได้คะแนนในทุกด้านน้อยที่สุด และมีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุดเช่นกัน เนื่องจากตัวอย่างจะสีเขียวคล้ำ มีกลิ่นน้ำมันที่ใช้ปะปนและเนื้อผักแฉะ ส่วนตัวอย่างที่ต้มด้วยไมโครเวฟ และตัวอย่างจากการนึ่งนั้น มีคะแนนด้านสี กลิ่นและเนื้อสัมผัสนั้นอยู่ในระดับที่น่าพอใจ แต่คะแนนความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$) จากการผัด

4.4.3 พริกหวาน ผลทดสอบด้านประสาทสัมผัสพร้อมกับผักสด ทั้งสี กลิ่น เนื้อสัมผัส แสดงในตารางที่ 4.3

สี (Color)

พริกหวาน ผลสดจะมีสีเหลือง หลังทำให้สุกด้วยความร้อน จะมีสีเหลืองใส และสว่างขึ้น ยกเว้นตัวอย่างจากการผัด ที่สีเหลืองของพริกหวานจะเข้มขึ้น ขอบจะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ ซึ่งได้คะแนนต่ำสุด ส่วนตัวอย่างจากการต้มแบบดั้งเดิม การลวก การนึ่ง การต้มด้วยไมโครเวฟ และพริกหวานสด ได้รับคะแนนเรียงจากมากไปหาน้อยตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$) เนื่องจากสีที่ปรากฏนั้นใกล้เคียงกัน จึงยากต่อการแยกความแตกต่างด้วยสายตา

กลิ่น (Aroma)

กลิ่นของพริกหวานสดค่อนข้างฉุน แต่ความร้อนไม่มีผลต่อกลิ่นแต่อย่างไร หลังนำไปทดสอบพบว่าพริกหวานที่ต้มด้วยไมโครเวฟและนึ่งมีคะแนนมากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างจากการต้มแบบดั้งเดิมและการลวก ส่วนตัวอย่างพริกหวานสดซึ่งมีคะแนนต่ำ แต่ไม่มีแตกต่างจากการต้มแบบดั้งเดิมและการผัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$) เนื่องจากกลิ่นของพริกค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งก่อนและหลังทำให้สุก ทำให้ยากต่อการแยกความแตกต่างด้วยประสาทรับกลิ่น

ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

พริกหวานสดจะมีเนื้อหนา กรอบ หวาน และไม่เผ็ด ขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่ปลูก เมื่อนำมาผ่านความร้อน พบว่าตัวอย่างจากการผัด มีเนื้อที่นิ่ม และเละ จึงได้คะแนนน้อยที่สุด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตัวอย่างจากการลวก ต้มด้วยไมโครเวฟ การนึ่ง และการต้มแบบดั้งเดิม พบว่ามีคะแนนอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีลักษณะตัวอย่างเนื้อสัมผัสที่คล้ายคลึงกัน คือเนื้อจะนิ่มแต่ไม่เละ

ตารางที่ 4.3 การทดสอบด้านประสาทสัมผัสก่อนและหลังทำให้สุกในพริกหวาน

กรรมวิธี	การประเมินคุณลักษณะประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
สด	3.63±1.215^{b}	2.37±1.190^{b}	3.37±1.330^{a}	2.77±1.352^{ab}
ต้ม	4.26±0.919^{a}	2.94±1.371^{ab}	3.14±1.115^{a}	3.09±1.337^{a}
นึ่ง	4.00±0.804^{ab}	3.09±1.269^{a}	3.00±0.907^{a}	3.17±1.124^{a}
ผัดในน้ำมัน	3.14±1.332^{c}	2.57±1.220^{ab}	2.23±1.330^{b}	2.34±1.235^{b}
ลวก	4.03±0.857^{ab}	2.77±1.165^{ab}	3.14±1.061^{a}	3.06±1.056^{a}
ต้มด้วยไมโครเวฟ	3.77±1.190^{b}	3.09±0.981^{a}	3.20±1.079^{a}	2.97±1.150^{a}

โดย 1. ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากคะแนนคุณลักษณะทั้งด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส เมื่อประเมินความชอบโดยรวม พบว่าตัวอย่างจากการผัดมีคะแนนน้อยสุด เนื่องจากความร้อนที่ได้จากน้ำมันทำให้สีของพริกหวานเข้มขึ้นและบางส่วนมีสีน้ำตาลจนถึงดำ เนื้อสัมผัสนิ่มและแฉะ แม้กลิ่นฉุนของพริกน้อยลงเมื่อเทียบกับผลสด ส่วนวิธีที่ใช้น้ำหรือไอน้ำเป็นสื่อความร้อนได้แก่การต้มแบบดั้งเดิม การนึ่ง การลวก และการต้มด้วยไมโครเวฟนั้น แม้จะมีคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสคล้ายคลึงกัน แต่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P \leq 0.5$) ยกเว้นพริกหวานจากการลวกและต้มด้วยไมโครเวฟมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกัน สรุปได้ว่าการรับประทานสดนั้น เป็นทางเลือกที่ยอมรับได้ ทั้งคุณภาพด้านประสาทสัมผัส และปริมาณสารเบต้าแคโรทีน

4.4.4 มันเทศ เป็นพืชที่ใช้ประโยชน์จากหัวใต้ดิน ต้องทำให้สุกก่อนจะรับประทาน ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างอื่น เมื่อทำให้สุกด้วยการต้ม นึ่ง ลวก และต้มด้วยไมโครเวฟ และนำไปให้ผู้ทดสอบประเมิน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

สี (Color)

มันเทศดิบที่มีสีเหลืองขุ่น เมื่อปอกเปลือกเนื้อมันเทศจะมีสีเหลือง หลังทำให้สุกสีจะเปลี่ยนไปอย่างชัดเจน มันเทศปอกเปลือกมีคะแนนน้อยที่สุด ตัวอย่างมันเทศจากการนึ่ง การต้มแบบดั้งเดิม การลวก และการต้มด้วยไมโครเวฟ มีสีเหลืองใส ยกเว้นตัวอย่างจากการผัด สีของเนื้อจะเข้มกว่า และมีขอบสีน้ำตาลจนถึงดำ โดยตัวอย่างจากการนึ่งจะมีคะแนนมากที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างจากการต้มแบบดั้งเดิม และจากการลวก ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างจากการผัด และต้มด้วยไมโครเวฟมีคะแนนใกล้เคียงกันมาก และไม่แตกต่างจากตัวอย่างจากการลวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$)

กลิ่น (Aroma)

มันเทศมีกลิ่นเฉพาะ หลังทำให้สุกจะมีกลิ่นหอม ซึ่งคะแนนที่ออกมามีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับคุณลักษณะด้านสี กล่าวคือตัวอย่างมันเทศดิบ ซึ่งมีกลิ่นเฉพาะได้คะแนนต่ำสุด ส่วนตัวอย่างจากการต้มแบบดั้งเดิม มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด มีกลิ่นหอมเป็นที่พอใจของผู้ทดสอบส่วนใหญ่ รองลงมาคือตัวอย่างจากการนึ่ง ตัวอย่างจากการลวก และตัวอย่างจากการต้มด้วยไมโครเวฟ ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างจากการผัดนั้น แม้จะมีกลิ่นที่ดี แต่เป็นกลิ่นของน้ำมันพืช ซึ่งผู้ทดสอบไม่ชอบเช่นเดียวมันเทศดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

เนื้อของมันเทศดิบจะแข็ง มียาง ไม่นิยมนำมารับประทาน หลังทำให้สุกด้วยการต้มแบบดั้งเดิม การนึ่ง การลวก การผัด หรือต้มด้วยไมโครเวฟ เนื้อสัมผัสจะเปลี่ยนไปคือ เนื้อจะนิ่ม อ่อน ไม่เหนียว กัดง่าย ยกเว้นตัวอย่างจากการผัด ซึ่งเนื้อจะร่วน แต่ขอบนอกจะกรอบ มีสีน้ำตาล แต่ไม่แข็ง กัดง่าย เมื่อนำไปทดสอบความชอบมีคะแนนใกล้เคียงกันมาก โดยตัวอย่างจากการผัดมีคะแนนน้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างจากการลวก และการต้มด้วยไมโครเวฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$) ส่วนตัวอย่างจากการต้มแบบดั้งเดิมนั้นแม้จะมีคะแนนสูงสุด แต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างจากการนึ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.5$)

ตารางที่ 4.4 การทดสอบด้านประสาทสัมผัสก่อนและหลังทำให้สุกในมันเทศ

กรรมวิธี	การประเมินคุณลักษณะประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
สด	2.29±0.957^{c}	2.66±1.110^{c}	2.06±1.187^{d}	2.29±0.957^{e}
ต้ม	4.06±0.838^{a}	4.34±0.725^{a}	3.97±1.124^{a}	4.14±0.912^{a}
นึ่ง	4.13±0.902^{a}	4.01±0.911^{a}	3.70±1.001^{ab}	3.84±0.829^{b}
ผัดในน้ำมัน	3.57±0.884^{b}	2.74±0.852^{c}	3.14±0.944^{c}	3.06±0.838^{d}
ลวก	3.83±0.985^{ab}	3.46±0.852^{b}	3.31±0.993^{bc}	3.46±0.886^{c}
ต้มด้วยไมโครเวฟ	3.51±0.981^{b}	3.43±0.979^{b}	3.43±1.008^{bc}	3.43±0.979^{c}

โดย 1. ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอย่างมันเทศดิบนั้นมีคะแนนต่ำในทุกๆด้าน และได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบน้อยที่สุด เนื่องจากมันเทศนั้นจำเป็นต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน จากการทดสอบพบว่าตัวอย่างจากการต้มแบบดั้งเดิม ที่มีคะแนนสูงสุดทั้งด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด และการต้มแบบดั้งเดิมนั้นยังช่วยเพิ่มปริมาณเบต้าแคโรทีนในมันเทศอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved