บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: IUG5080017

ชื่อโครงการ: การเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงเคมี-กายภาพของผักบางชนิดซึ่งผ่านการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ

ชื่อนักวิจัย: รศ. ดร.สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา

รศ. ดร.นภาพร เชี่ยวชาญ

E-mail addresses: sakamon.dev@kmutt.ac.th, naphaporn.rat@kmutt.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 2 ปี

โครงการวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาวิธีการในการผลิตผักอบแห้งคุณภาพสูง ทั้งในแง่ของสมบัติเชิงกายภาพและเชิงเคมี (สารอาหาร) ตามความต้องการของบริษัทไมท์ตี้ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด โครงการวิจัยแบ่งออกเป็น 6 ส่วน โดยในแต่ละส่วนเป็นการศึกษาสมบัติเชิงเคมี-กายภาพที่แตกต่างกันออกไปของผักอบแห้ง ได้แก่ แครอทและต้นหอม นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงจุลชีววิทยาของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ได้แก่ *Salmonella* บนพื้นผิวของแครอทและกะหล่ำปลีซึ่งผ่านกระบวนการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ อีกด้วย

ส่วนแรกของโครงการวิจัยเป็นการศึกษาหาวิธีการเตรียมการก่อนการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแครอทและต้นหอมอบแห้งที่มีคุณภาพสูง ทั้งในแง่ของสมบัติเชิงกายภาพและเชิงเคมี โดยทดสอบวิธีการเตรียมแครอทก่อนการอบแห้ง 7 วิธี (ไม่ผ่านการเตรียมการก่อนการอบแห้ง แช่ในน้ำ แช่ในกรดซิตริกจนแครอทมีค่า pH 4 และ 5 ลวกในน้ำและลวกในกรดซิตริกจนแครอทมีค่า pH 4 และ 5) ก่อนนำแครอทที่ได้ไปอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90ºC จากนั้นทำการวิเคราะห์สมบัติเชิงเคมี-กายภาพ ได้แก่ สี การหดตัว ความสามารถในการดูดน้ำกลับ ปริมาณเบต้าแคโรทีนและการเกิดไอโซเมอร์ไรเซชันของเบต้าแคโรทีน จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่ดีที่สุดในการผลิตแครอทอบแห้งคือการลวกแครอทในกรดซิตริกจนมีค่า pH 5 และอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C โดยแครอทที่ได้มีสีสวยกว่าที่มีจำหน่ายในท้องตลาดและเป็นที่ต้องการของทางบริษัทฯ มากที่สุด ในกรณีของต้นหอมพบว่าไม่ต้องใช้การเตรียมการใดๆ ก่อนการอบแห้ง

ส่วนที่สองของโครงการวิจัยเป็นการศึกษาผลของการเตรียมการก่อนการอบแห้งกะหล่ำปลีและต้นหอม โดยวิธีการลวกในน้ำและแช่ในกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 0.15-1.5% (v/v) ที่มีต่อลักษณะพื้นผิวของผักในระหว่างการอบแห้งโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวของผัก ซึ่งรายงานค่าในเทอมของค่าแฟคเตอร์ความขรุขระ (Relative roughness factor) จากผลการทดลองพบว่าค่าแฟคเตอร์ความขรุขระสามารถอธิบายลักษณะพื้นผิวของผักที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเตรียมการก่อนการอบแห้งและการอบแห้งได้เป็นอย่างดี

ส่วนที่สามของโครงการวิจัยเป็นการศึกษาผลของลักษณะพื้นผิวจำลองที่มีต่อความสามารถในการยึดเกาะและค่าการต้านทานความร้อนของ *Salmonella* บนผิวของแท่งแครอท (ขนาด 3×1×1 cm)ในระหว่างการอบแห้ง ทั้งนี้การสร้างพื้นผิวจำลองมีวัตถุประสงค์เพื่อขยายผลของความขรุขระของพื้นผิวที่มีต่อพฤติกรรมของจุลินทรีย์ให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นโดยความขรุขระของพื้นผิวจำลองแสดงในเทอมของค่าแฟคเตอร์ความขรุขระ ($\mathcal{E}/h$) โดย $\mathcal{E}$ คือความสูงของยอดคลื่นและ h คือ

ความหนาของแท่งแครอท และอาจเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวจำลองของแท่งแครอทได้โดยการเปลี่ยนค่าความสูงของยอดคลื่นและขนาดของมุมคลื่น (ในโครงการฯ นี้แปรค่าแฟคเตอร์ความขรุขระในช่วง 0.2-0.8) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อแฟคเตอร์ความขรุขระมีค่าสูงขึ้น จำนวน *Salmonella* ที่ยึดเกาะบนพื้นผิวจะมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแท่งแครอทมีพื้นผิวที่ *Salmonella* สามารถยึดเกาะได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า *Salmonella* ที่ยึดเกาะบนพื้นผิวที่มีค่าแฟคเตอร์ความขรุขระสูงจะมีค่าการต้านทานความร้อนสูงตามไปด้วย อย่างไรก็ตามไม่พบผลของลักษณะพื้นผิวจำลองต่อพฤติกรรมของ *Salmonella*

ส่วนที่สี่ของโครงการวิจัยเป็นการศึกษาผลของการเตรียมการก่อนการอบแห้งแบบต่างๆ ที่มีต่อค่า Bioaccessibility ของเบต้าแคโรทีนในแครอท จากผลการทดลองพบว่าค่า Bioaccessibility ของเบต้าแคโรทีนในแครอทที่ผ่านการลวกด้วยกรดซิตริกมีค่าสูงกว่าแครอทที่ผ่านการเตรียมการก่อนการอบแห้งแบบอื่นๆ

ส่วนที่ห้าของโครงการวิจัยเป็นการศึกษาผลของการเตรียมการก่อนการอบแห้งที่มีต่อสมบัติเชิงเคมี-กายภาพของแครอทและต้นหอมระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30ºC เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยพบว่าแครอทที่ผ่านการลวกในน้ำและในกรดมีการเปลี่ยนแปลงสีน้อยที่สุด ในส่วนของต้นหอมพบว่ามีสีเขียวคล้ำหลังช่วงการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาการหดตัวและความสามารถในการดูดน้ำกลับพบว่าแครอทที่ผ่านการแช่ในกรดหดตัวน้อยกว่ากรณีอื่นๆ และแครอทที่ผ่านการลวกในน้ำมีความสามารถในการดูดน้ำกลับมากที่สุด ในแง่ของปริมาณเบต้าแคโรทีนพบว่าแครอทที่ผ่านการลวกในน้ำและในกรดมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าแครอทที่ไม่ผ่านการเตรียมการก่อนการอบแห้ง เมื่อพิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์และวิตามินซีในต้นหอมระหว่างการเก็บรักษาพบว่าต้นหอมที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ใช้สุญญากาศจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์และวิตามินซีลดลงมากกว่ากรณีที่เก็บตัวอย่างไว้ในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ

เนื่องจากค่าอุณหภูมิอากาศร้อนที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเครื่องอบแห้งในระดับอุตสาหกรรมมักมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก ส่วนสุดท้ายของโครงการวิจัยจึงทำการเปรียบเทียบผลการอบแห้งที่ได้ในระดับห้องปฏิบัติการกับผลที่ได้จากการทดลองอบแห้งในระดับอุตสาหกรรมที่บริษัทไมท์ตี้ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถนำผลการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการไปประยุกต์ใช้ได้จริงในระดับอุตสาหกรรม จากผลการเปรียบเทียบพบว่าความแตกต่างของค่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งในระดับอุตสาหกรรมไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผลการทดลองที่ได้ในระดับห้องปฏิบัติการจึงสามารถนำไปใช้ได้จริงกับการอบแห้งในระดับอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังพบว่าตัวแปรคุณภาพบางตัวแปร เช่น สีและความสามารถในการดูดน้ำกลับของผักซึ่งผ่านการอบแห้งในระดับอุตสาหกรรมดีกว่าผักซึ่งผ่านการอบแห้งในระดับห้องปฏิบัติการ

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาในทุกส่วนของโครงการวิจัย สรุปได้ว่าสภาวะที่ดีที่สุดในการอบแห้งแครอท คือการลวกในกรดซิตริกจนแครอทมีค่า pH 5 และอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C ในกรณีของต้นหอมพบว่าไม่ต้องใช้การเตรียมการใดๆ ก่อนการอบแห้ง

คำหลัก: กรดซิตริก กะหล่ำปลี การเกิดไอโซเมอร์ไรเซชัน การเตรียมการก่อนการอบแห้ง การเตรียมการก่อนการอบแห้งโดยใช้กรด การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ การลวก การวิเคราะห์ภาพ การหดตัว การอบแห้งระดับโรงงาน การอบแห้งระดับห้องทดลอง ความขรุขระพื้นผิวจำลอง เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน แครอท โครงสร้างระดับจุลภาค ต้นหอม บรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศ เบต้าแคโรทีน แฟคเตอร์ความขรุขระ สมบัติทางเคมี-กายภาพ

Abstract

Project Code: IUG5080017

Project Title: Physico-Chemical Property Changes of Some Vegetables Undergoing Different Drying Conditions

Investigators: Associate Professor Dr. Sakamon Devahastin

Associate Professor Dr. Naphaporn Chiewchan

E-mail Addresses: sakamon.dev@kmutt.ac.th, naphaporn.rat@kmutt.ac.th

Project Duration: 2 years

This project was conducted since Mighty International Co., Ltd., which is a producer of various food ingredients such as instant soups, noodles or rice, expressed its interest in studying changes of various physicochemical properties of vegetables during drying as well as finding a means to obtain superior dried products than those currently available. The project was divided into 6 parts, each focusing on physical and chemical properties of selected vegetables, i.e., carrot and spring onion. Micrological behavior of *Salmonella* attached on surfaces of carrot and cabbage was also investigated.

The first part of the project was to study the effects of acid pretreatments on some physicochemical properties of carrot dried later by hot air drying. Carrot was soaked in citric acid to pH of either 4 or 5 or blanched in citric acid to pH of either 4 or 5 prior to hot air drying. Untreated carrot, carrot soaked in water and carrot blanched in water were used as control samples. The effects of pretreatments, in combination with hot air drying at 70, 80 and 90°C, on selected physicochemical properties of dried carrot, namely, color, shrinkage, rehydration ability, β-carotene content and *cis-trans* isomerization of β-carotene, were evaluated. If the physical properties (shrinkage, rehydration ability and color) are of concern acid blanching to pH 5 followed by hot air drying at 70°C is proposed as the best conditions for carrot. Although the benefit could not be observed instrumentally, visual inspection revealed that this condition gave carrot of better color and is more desirable by the industry. On the other hand, if β-carotene is of concern carrot with no pretreatment and dried at 70°C is desired. In the case of spring onion, no pretreatment is recommended.

The second part of the project was to study the effect of pretreatment (blanching in hot water or soaking in 0.5-1.5% v/v acetic acid solution) on surface topographical features of vegetables (cabbage and spring onion) during drying. An image analysis technique was used to monitor the changes of vegetable surfaces after pretreatment and during drying. The surface characteristic changes of vegetables were described quantitatively in terms of the relative roughness factor (R). It was observed that the surface characteristic changes, as affected by both pretreatment and drying processes, could be well monitored by the evolution of the R value.

The third part of the project was to investigate the effects of artificially prepared topographical features on the attachment and heat resistance of *Salmonella* on model vegetable surface during hot air drying. Carrot sticks (3×1×1 cm) were artificially textured on

one side with either shark tooth or wavy (crinkle) cuts; the cuts were artificially made to amplify the possible effect of surface roughness, which resembles topographical features of vegetable surface and their changes, on the microbial cell behavior. Different degrees of roughness were prepared by varying the peak height and angle of the cuts; the resulting roughness was quantified in terms of the roughness factor ε/h, where ε is the wave height and h is the thickness of the stick, which varied in the range of 0.2-0.8. An increase in the number of *Salmonella* was observed on the sample surfaces with higher ε/h values compared to control samples with smooth surfaces since larger surface areas were available for bacterial cell attachment; *Salmonella* attached on the surfaces with higher ε/h values also exhibited higher heat resistance. However, the effect of cut pattern on microbial cell behavior was not observed.

The fourth part of the project was to study the effects of physical and chemical pretreatments on bioaccessibility of β-carotene in carrot. It was found that the relative *in vitro* bioaccessibility of β-carotene in carrot blanched in citric acid was significantly higher than that of the untreated and other treated samples.

The fifth part was to study the effects of pretreatment methods on some physicochemical properties of dried carrot and spring onion during 4-week storage at 30°C. Carrots blanched in water and in acid were preferred as they exhibited minimal changes in color. In the case of spring onion, the sample had slightly darker green color, which is not preferred. In terms of shrinkage, carrot soaked in acid shrunk less than in other cases. Regarding the rehydration ratio, carrot blanched in water was the most preferred. The β-carotene contents of carrots treated in water or in acid were slightly higher than that of the untreated sample. The chlorophyll content of spring onion kept in non-vacuum packages exhibited more changes during storage. The vitamin C content of spring onion exhibited a similar trend to the results of chlorophyll.

Since some temperature variations within a production-scale dryer are expected, the final part of the study was conducted to compare the drying results obtained in a laboratory-scale dryer with those obtained in a production-scale dryer at Mighty International Co., Ltd. This is to ensure that the laboratory results could be extended and used at the production scale. It was noted that the temperature variations within the production-scale dryer at Mighty International Co., Ltd. did not significantly affect the quality of the product. Thus, the results of the experiments obtained in a laboratory-scale hot air dryer could be applied directly to the production at a commercial scale. Furthermore, it should be noted that the quality of dried vegetables (i.e., rehydration ability, color) obtained in the production-scale hot air dryer was better than that of samples dried by the laboratory-scale hot air dryer.

Based on the results obtained in all parts of the study, blanching in citric acid to pH 5 followed by hot air drying at 70ºC is proposed as the best production conditions for carrot. On the other hand, no pretreatment followed by hot air drying is recommended for spring onion.

Keywords: Acid pretreatment; Artificially rough surface; β-Carotene; Blanching; Cabbage; Carrot; Citric acid; *Cis-trans* isomerization; Hot air drying; Image analysis; Laboratory-scale hot air dryer; Microbial inactivation; Microstructure; Physicochemical properties; Pretreatment; Production-scale hot air dryer; Relative roughness factor; Shrinkage; Spring onion; Vacuum package.