

氏名	La Choviya Hawa
授与学位	博士(学術)
学位記番号	医博甲第1376号
学位授与年月日	平成26年9月24日
学位授与の要件	学位規則第4条1項
研究科, 専攻の名称	医学系研究科(博士後期課程)応用分子生命科学系専攻
学位論文題目	Analysis of drying behavior and quality retention behavior during drying of fruits and vegetables
論文審査委員	主査 山口大学 教授 山本 修一 山口大学 教授 堤 宏守 山口大学 教授 赤田 倫治 山口大学 准教授 田中 一宏 山口大学 助教 吉本 則子

【学位論文内容の要旨】

Drying is one of the food preservation methods that have been most widely used for grains, crops and foods in all varieties. Usually, drying is carried out at low humidity values in order to reduce the drying time. However, such rapid drying often causes unwanted quality degradation such as irregular shrinkage and significant color changes. Pre-drying treatments such as blanching and dipping in a sugar solution are commonly employed for vegetable drying in order to avoid quality degradations. Various pre-treatment and drying methods for vegetables and fruits were briefly reviewed in Chapter 1.

In this study, drying behavior of vegetables and fruits and their quality changes during drying were investigated at relatively low temperatures (303-318K). Effects of relative humidity and temperature on drying behavior of vegetables and fruits were studied using sliced potatoes and lemons as model samples (Chapter 2). Trehalose and sucrose were employed as a pretreatment sugar solution. Isothermal drying experiments were carried out with samples prepared by different pretreatments. Dipping in a sugar solution for a relatively short time (10 minutes) was effective for obtaining high quality dried foods. A steam blanching increased the drying rate significantly for the samples tested in this study. Relatively low humidity drying resulted in the dried product with less color changes and shrinkage both for sliced potatoes and lemons. The combination of blanching and dipping in a sugar solution was found to be a good pre-treatment method for obtaining the dried samples of good color retention and uniform shrinkage. The drying rates of sliced lemons were much lower compared with those for sliced potatoes.

Isothermal drying rates and desorption isotherms of lemon juice were measured and compared with the data for a simulated lemon juice, sucrose, maltodextrin and citric acid (Chapter 3). The drying rates of lemon juice at 303K were much lower than the values for the simulated lemon juice and maltodextrin, especially at low water content regions. The desorption isotherm of lemon juice at 303K was fitted well by the GAB equation with the parameter values reported in the literature. The equilibrium water contents determined from the desorption isotherms of lemon juice were much higher than those for other sugars, and similar to the values for the simulated lemon juice and citric acid. High equilibrium water contents of lemon juice were likely due to citric acid. The low drying rates of lemon juice were most likely due to the combined effects of citric acid and sugars such as sucrose, fructose and glucose.

Color is one of the important food quality attributes. During drying of vegetables and fruits browning occurs, which is not desirable. In order to avoid or suppress browning during drying it is important to establish an easy method for monitoring the browning reaction. In Chapter 4, a color analysis using a digital camera and computer software was employed for experimental investigations of browning of lemon peels during drying. Color changes of lemon peels were analyzed by using the HSL color system developed by Hashimoto. The color changes during constant temperature hot air drying experiments were measured. In order to examine the browning rate as a function of water content, the samples of different water contents were incubated in a sealed container (no water loss during incubation), and the color was analyzed as a function of incubation time. The samples were adjusted to

desired water contents by vacuum or freeze drying. Hue (H) value decreased as the browning increased. Other two parameters the saturation (S) and lightness (L) were not sensitive to the browning reaction monitoring. Hue value decreased with an increase in water content. The color degradation became faster when the water content was high. Sample pre-treatments such as blanching and dipping in a sucrose solution slowed down the browning rate compared with non-pretreated samples. The combination of blanching and dipping in a sucrose solution was found to be an effective pre-treatment method, which resulted in a better surface color retention and a minimal shrinkage.

【論文審査結果の要旨】

果実・野菜は水分を多く含み、腐敗しやすく、常温での保存・流通が困難である。乾燥は、脱水による容量・重量減とともに、長期保存を可能にする、すぐれた食品加工技術であるが、熱風乾燥においては、栄養成分、色、香り、形状などさまざまな品質劣化が生じるので、乾燥挙動とともに、それらの品質保持挙動を定量的に知る必要がある。色は消費者が製品を判断する非常に重要な品質である。多くの食品においては酵素的および非酵素的褐変が生じる。乾燥時および乾燥後の褐変を抑制し、高品質な乾燥製品を製造するためには、乾燥機構と褐変機構を定量化する必要がある。また、前処理は乾燥速度促進および褐変抑制の有望な方法である。本研究では、果実および野菜の乾燥における乾燥挙動と主として色彩変化に着目した品質保持挙動の解析を行っている。

第1章で野菜・果実の乾燥の特徴およびさまざまな前処理方法とその効果についてレビューしている。

第2章においてスライスした野菜(ジャガイモ)と果実(レモン)をサンプルとした比較的低温の乾燥における前処理効果を検討した。ブランチングは酵素的褐変を抑制するのみならず、乾燥速度を促進した。これは細胞壁の水透過速度が速くなるためと考えられた。またブランチング後に、糖溶液に浸漬すると浸透圧脱水が起きるとともに、乾燥後の収縮が抑制されたが、とりこまれた糖のために乾燥速度が遅くなった。比較的高湿度の乾燥が高品質製品の製造に有利と報告されているが、本研究では顕著なメリットは見られなかった。スライスレモンの乾燥は非常に遅く、砂糖表面の膜の水分透過が原因と考えられた。

第3章では、レモンジュースの乾燥速度と脱着等温線について検討している。試料としてレモン果汁およびレモン果汁構成成分を用いて、その乾燥挙動および乾燥速度を比較・検討した。レモン果汁の脱着等温線は食品によく利用される GAB 式で良好にあらわされた。スクロースやマルトデキストリンといった糖と比較すると、高水分活性領域($a_w > 0.75$)で平衡含水率 X が 0.5 以上の高い値を示した。レモン果汁中で最も多い構成成分であるクエン酸について調べたところ、高水分活性値ではレモン果汁の文献値と同様であったが、低水分活性値では結晶化し、水分活性値に関わらず一定の含水率(約 0.1)を示した。このことから、擬似レモン果汁で高水分活性値では文献値と同様の結果を示し、 $a_w < 0.5$ で文献値よりも低い含水率となったのは、クエン酸によるものでないかと考える。熱風乾燥実験結果より、レモン果汁の乾燥速度は糖(マルトデキストリン)と比較すると非常に小さいことが分かった。また、擬似レモン果汁の乾燥速度は $X > 0.3$ では、ショ糖とほぼ同じ値であったが、 $X < 0.3$ で急激に低下した。クエン酸は、乾燥後期で結晶化し、その乾燥機構は糖とは異なるものであった。レモン果汁の低乾燥速度は、最も多い構成成分であるクエン酸のみが支配しているのではなく、他の糖質との相互作用によるものでないかと考えられた。

第4章では、レモンピールの乾燥時の褐変について検討した。デジタルカメラ画像をコンピューター処理することにより HSL 値を計算し、褐変の定量化を試みたところ、Hue(H)値で簡便かつ正確に色彩を評価できることが明らかとなった。この方法を用いて、乾燥時の褐変を測定したところ、乾燥とともに褐変が進行するが、含水率が低下すると褐変速度が低下する傾向が観察された。そこで、一定含水率試料を一定温度で加温する実験を行ったところ、褐変速度の温度および含水率依存性について実験で調べたところ、褐変速度は温度とともに増加し、含水率の低下と

もに減少した。したがって、できるだけ低湿度で迅速に乾燥することにより、褐変の少ない乾燥レモンピールが製造できることが明らかとなった。

公聴会には、本学および他大学の教員・学生、および化学会社の研究者が参加し、多くの質問がなされた。質問は 主として褐変機構と色彩測定について以下の質問がなされた。

[1] 褐変機構を速度式で表すことはできるのか。酵素的褐変速度と化学的褐変速度を分けて評価したほうがよいのではないか。H 値の絶対値には意味があるのか、含水率と関係するのか。

ブランチングの条件はどのように影響するのか。

[2] 色彩解析は、レモンピール以外の部分でも検討しているか。レモン以外の野菜・果実でも同様な解析ができるのか。

どの質問に対しても発表者からの確かつ明確に回答がなされた。

以上より、本研究は独創性、新規性に優れ、博士(学術)論文に十分値するものと判定した。