ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Agricultural Academy

JOURNAL OF MOUNTAIN AGRICULTURE ON THE BALKANS

Volume 21

Number 4, 2018

Published by
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture
Troyan, Bulgaria

AGRICULTURAL ACADEMY, SOFIA, BULGARIA

JOURNAL OF MOUNTAIN AGRICULTURE ON THE BALKANS (JMAB)®

ISSN 1311-0489 (Print); ISSN 2367-8364 (Online)

JOURNAL OF MOUNTAIN AGRICULTURE ON THE BALKANS is a bilingual journal issued six times a year by the Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture (RIMSA) in Troyan, Bulgaria. Its scope includes basic and applied researches relevant to agriculture and stockbreeding in the mountain, hilly and lowland areas in Bulgaria and abroad. JMAB is an international free open access web based scientific journal dedicated to the publication and discussion of high-quality research in the field of Stockbreeding, Forage Production and Grassland Management, Annual and Perennial Plants and General Agriculture. It publishes original scientific papers, overviews and short communications which are doubleblind peer reviewed.

For contributions and subscription information, please contact the Editorial Office:
RIMSA, 281, Vasil Levski Str.
5600 Troyan, Lovech District
Bulgaria
Tel.: +359/670/66914
Mobile: +359/877/743604
E-mail: jma@mail.bg
Website: http://www.rimsa.eu/index.php/journal

ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Agricultural Academy

JOURNAL
OF MOUNTAIN AGRICULTURE
ON THE BALKANS

Volume 21

Number 4, 2018

Published by
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture
Troyan, Bulgaria

С Ъ Д Ъ Р Ж А Н И Е | C O N T E N T S

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (4), 207-219 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Влияние на процеса потапяне върху кинетиката на сушене на сливи

Олга Митрович[1]*, Бранко Попович[1], Миодраг Кандич[1], Александър Лепосавич[1], Неманя Милетич[2]

[1]Изследователски институт по овощарство, Чачак, Република Сърбия
[2]Университет на Крагуевац, Селскостопански факултет, Чачак,

Dipping effect on drying kinetics of plum fruits

Olga Mitrović[1]*, Branko Popović[1], Miodrag Kandić[1], Aleksandar Leposavić[1], Nemanja Miletić[2]

[1]Fruit Research Institute, Čačak, Rebublic of Serbia
[2]University of Kragujevac, Faculty of Agriculture in Čačak, Rebublic of Serbia
**E-mail: omitrovic@institut-cacak.org*

Received: 17.04.2018 *Accepted:* 22.11.2018 *Published:* 12.12.2018

РЕЗЮМЕ

Сушенето на сливи е бавен процес и отнема време, тъй като кожицата им е покрита с восъчен налеп и плодовете са сухи. За да се увеличи скоростта на сушене, се прилагат различни предварителни обработки, сред които най-често използваната операция е потапяне. Статията представя влиянието на потапяне върху кинетиката на сушене на сортове "Чачанска лепотица", "Милдора", "Чачанска родна" и "Стенлей". Потапянето се извършва в лабораторни условия чрез пускане на плодовете във вряща вода. Изследванията се извършват при температура на сушене 70 °C в експериментална сушилня за изпитване на технологичната процедура на конвективно сушене, до достигане на 75% сухо вещество в изсушения плод. Потапянето намалява периодът на сушене с 10%, в сравнение с контролата (плодове без топене), при температура на сушене 70 °C, при всички изследвани сортове, с изключение на "Милдора", където процесът на сушене се съкращава с 5,5%.

Ключови думи: сини сливи, изсушени сливи, потапяне, криви на сушене, скорост на сушене

SUMMARY

Drying of plums is a slow and time-consuming process since their skin is covered with waxy bloom and the fruits dried as a whole. In order to increase the drying rate, various pre-treatments are applied, among which most commonly used operation is dipping. The work presents results of dipping effect on drying kinetics of the plum cultivars Čačanska lepotica, Mildora, Čačanska Rodna and Stanley. Dipping is carried out in laboratory conditions by immersing the fruits in boiling water. Examinations are performed at the drying temperature 70 °C in an experimental drier for testing convective drying technological procedure, until reaching 75% of total dry matter in a dried fruit. By dipping at the drying temperature 70 °C, drying time is reduced by 10%, in relation to the control (undipped fruits) for all examined cultivars except Mildora where drying process is decreased by 5,5%.

Key words: plum, prune, dipping, drying curves, drying rate

УВОД

Сушенето вероятно е най-старият метод за съхранение на храна. За да се оптимизира процесът, което трябва да понижи себестойността на продукцията и да повиши качеството ú, се извършват кинетични тестове на сушенето, които включват всички измервания и анализи на показателите по време сушилния процес. Тестването на кинетиката на сушене се извършва в лабораторни, експериментални или пилотни устройства (Kandić et al., 2007). От гледна точка на сушенето, като процес на пренос маса-влага, Kandić et al. (2017) посочват основните диаграми на кинетиката на сушене: крива на сушене и крива на скоростта на сушене.

За да се увеличи скоростта на сушене, се прилагат различни варианти на предварителна обработка, сред които най-често използваната операция е потапяне. То може да се извърши чрез потапяне на плодовете в гореща (Tarhan et al., 2006) или кипяща вода (Sacilik et al., 2006), основен разтвор (Pangavhane et al., 1999), естерни разтвори на мастни киселини с различна концентрация и температура (Di Matteo et al., 2002; Doymaz, 2004) или в естерен разтвор на мастни киселини с добавяне на различни основи (Doymaz, 2006), за да се разруши или премахне восъчния слой без да повреди кожицата. При изследване на влиянието на потапянето, върху качеството на сушените сливи от сорт "Пожегача", Janda (1969) потапя плодовете в кипящ разтвор от натрий с различни концентрации и в кипяща вода. Заключението от експеримента е, че при плодове обработени при кипене на натриев хидроксид цветът на сушените плодове се влошава, докато при плодове, потопени в кипяща вода, не се наблюдават промени, поради което тази обработка се препоръчва за по-широко използване в производството.

Doymaz and Pala (2002) изпитват влиянието на различни вещества за

INTRODUCTION

Drying is probably the oldest method of conserving food in general. In order to optimize this process, which should enable the reduction of the production price and to increase the quality of the product, dry kinetics tests are performed which include all measurements and parameter analyses during the drying process. Testing of the drying kinetic process is carried out in laboratory, experimental or pilot devices (Kandić et al., 2007). From the aspect of drying as a process of mass – moisture transfer, Kandić et al. (2017) states that the basic diagrams of kinetics of drying: drying curves and drying rate curve.

In order to increase drying rate, various pre-treatments are used, and the most commonly used operation is dipping.

Dipping can be carried out by immersing the fruits in hot (Tarhan et al., 2006) or boiling water (Sacilik et al., 2006), a base solution (Pangavhane et al., 1999), fatty acid ester solutions (Di Matteo et al., 2002; Doymaz, 2004) of different concentrations and temperatures, or in the fatty acid ester solution with the addition of different bases (Doymaz, 2006), in order to distort or remove the waxy layer without damaging the skin.

Examining the influence of dipping on the quality of dried plums of the cultivar Požegača, Janda (1969) immersed the fruits into a boiling solution of sodium of different concentrations and in boiling water and concludes that in treated fruits in boiling of sodium hydroxide there is a degradation of colour in dried fruits, whereas in fruits dipped in boiling water no such changes are seen, which is why this treatment is recommended for wider use in production.

Doymaz and Pala (2002) examined the influence of different dipping agents потапяне, върху скоростта на сушене на грозде и установяват, че има драстично намаляване на периода за сушене при потопените плодове, в сравнение с контрола, т.е. плодове, които не са потапяни. В техните експерименти е показано, че различни вещества влияят едентично, т.е. потопени плодове се изсушават за еднакво време, независимо от съответния разтвор. Същото заключение правят и Ismail et al. (2008), които изследват влиянието на мастните киселини и техните естери в процеса на сушене на грозде при различни температури.

Цел на настоящата статия е да се определи, дали потапянето влияе за намаляване времето за сушене при температура на въздуха 70 °C, при някои сливови сортове.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

В изследването са използвани сливови плодове от насаждения на Изследователски институт по овощарство, Чачак, от сортовете "Чачанска лепотица", "Милдора", "Чачанска родна" и "Стенлей", отглеждани по стандартна технология. Плодовете за сушене са подбрани в период на пълна зрялост за съответния сорт.

Сушенето на плодове се извършва в експериментална сушилня за изпитване на процеса на конвективно сушене (Kandić et al., 2006). Процесът на сушене с въздушен поток се прилага при постоянна температура от 70 °C. Сушени са плодове без предварителна обработка (контрола) и потопени плодове (във вряща вода за 20 секунди). Върху предварително подготвена неръждаеми леси, на един слой се поставят първоначално количество плодове (средно брой плодове в 1 kg). В сушилната камера има 6 леси.

През лесите с плодове в камерата се вкарва вертикална струя въздух с предварително зададени характеристики (температура, въздушен поток). Скоростта на въздушния поток в сушил-

on the rate of grape drying and concluded that there was a drastic reduction of the drying time in dipped fruits compared to control, i.e. fruits that were not dipped. In their experiments, it has been shown that different dipping agents behave in the same way, i.e., dipped fruits are dried for the same time regardless of the respective solution. The same conclusion was reached by Ismail et al. (2008) examining the effect of fatty acid bases and esters as a dipping agent in the course of drying grapes at different temperatures.

The aim of this paper is to determine whether dipping affects the reduction of drying time of some plum cultivars that dry at an air temperature of 70 °C.

MATERIAL AND METHODS

Plum fruits from the plantations of Fruit Research Institute Čačak, Čačanska Lepotica, Mildora, Čačanska Rodna and Stanley with agro and pomotechnical measures commonly used for this kind of fruit trees regularly applied were used for the examination. The fruits for drying were picked selectively in a full maturity phase for the respective cultivar

Drying of fruits was carried out in an experimental dryer for testing the convective drying process (Kandić et al., 2006). An air-streaming drying procedure was applied at a constant temperature of 70 °C. Fruits were dried without pre-treatment (control) and dipped (plum fruits immersed in boiling water for 20 seconds). Fresh plums of about the same average initial mass (based on counting of fruits in 1 kg) were placed on a pre-defined stainless tray in one layer. There were 6 trays in the drying chamber.

Through the trays with plum fruits, the vertically air-heated air with pre-defined characteristics was introduced (temperature, air-flow). The speed of the air flow in the intersection of drying ната камера е 1 m/s. Посоката на вертикалния въздушен поток по време на сушилния процес се променя алтернативно и периодично на интервали от 60 минути, така че да се постигнат еднакви условия на сушене при всички леси и количеството плодовете върху лесите се измерва на всеки 2 часа. Потопените плодове и тези на контролата, се сушат едновременно в камерата, симетрично разположени в сушилнята, за осигуряване на еднакви условия на сушене. Сушенето на плодовете приключва, когато съдържанието на сухо вещество в пробите е около 75%.

Преди процеса на сушене са измерени и определени основните характеристики на плода: маса на плода, маса на костилка и съдържание на сухо вещество. Относителният дял на костилката се определя въз основа масите на плода и костилката. Първоначалното сухо вещество на свежите и крайното сухо вещество на сушените плодове се определя по стандартния метод, чрез сушене при 105 °C, до достигане на постоянно тегло.

Спецификация:

- DM [kg DM/kg] – съдържание на общо сухо вещество;
- W [kg W/kg] – съдържание на влага на мокра основа;
- U [kg W/kg DM] – съдържание на влага на суха основа;
- G_{SMz} [kg DM/kg] – крайно съдържание на сухо вещество в ядливата част на плода (общо сухо вещество на сушените плодове);

chamber was 1 m/s. Direction of vertical air-flow during the drying process was changed alternatively and periodically at the intervals of 60 min, so that the same conditions during drying on all trays were achieved, which was the reason why the fruit mass on the trays was measured every 2 hours. Dipped fruits and fruits representing control were dried simultaneously in the same experiment, on the trays symmetrically placed in the dryer, thus achieving the same drying conditions. Drying of fruits ends when the dry matter content of the samples is about 75% of dry matter.

Before drying process, measuring and determination of the basic fruit parameters were carried out: measuring of fruit mass, fruit stone mass and the content of dry matter. Mass share of the stone in the fruit was determined based on the fruit and stone mass. The initial dry matter of fresh plum fruits and final dry matter of prunes were determined by standard method, by drying at 105°C until the constant mass was reached.

Nomenclature:

- DM [kg DM/kg] – content of total dry matter;
- W [kg W/kg] – Moisture content on a wet base;
- U [kg W/kg DM] – Moisture content on a dry base;
- G_{SMz} [kg DM/kg] – Final content of total dry matter in edible fruit part (total dry matter of dried fruit);

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Преди сушене са определени първоначалните показатели на механичния състав на свежите плодове и съдържанието на общо сухо вещество, които са необходими за изчисляване на процеса на сушене, до достигане на 75% съдържание на сухо вещество, показано в Таблица 1. За сушене са използвани плодове с еднакво тегло (едри) и еднаква степен на зрялост.

RESULTS AND DISCUSSION

Before drying, initial parameters of the mechanical composition of fresh plum berries and the content of total dry matter are determined, which represent the data necessary for the calculation of drying process completion on trays with 75% of dry matter, which is shown in Table 1. For drying, fruits of the uniform mass (large) and uniform maturity are used. The fruit mass ranges from 23.00 g (Mildora

Масата на плода варира от 23.00 g (сорт "Милдора") до 43.10 g (сорт "Стенлей"). Според Sottile et al. (2010) най-подходящи за сушене са плодове с тегло между 30 и 40 g с костилки от 1.2 до 2 g, в нашето изследване сме използвали такива от сортовете "Чачанска лепотица", "Чачанска родна" и "Стенлей". Сорт "Милдора" с маса от 23.00 g принадлежи към групата дребни до средно едри (Miletić et al., 2015), но с изключително малка костилка (Mitrović et al., 2013a), подходящ за преработка чрез изсушаване.

cultivar) to 43.10 g (Stanley cultivar). According to Sottile et al. (2010) the most desirable fruit characteristics for drying are fruits weighing between 30 and 40 g and with stones from 1.2 to 2 g, which we have used in our research in the cultivars Čačanska Lepotica, Čacanska Rodna and Stanley. On the other hand, the Mildora cultivar with the fruit mass of 23.00 g belongs to the group of plums with small to medium fruits (Miletić et al., 2015), but since it contains extremely small stone (Mitrović et al., 2013a), it can be used for processing by drying.

Таблица 1. Механичен състав и съдържание на общото сухо вещество на сливове плодове от изследвани сортове
Table 1. Mechanical composition and content of total dry matter in fruits of the studied plum cultivars

Сорт Cultivar	Тегло на плод Fruit mass (g)	Тегло на костилка Stone mass (g)	Относителен дял на костилката Stone ratio (%)	Сухо вещество Dry matter (%)
Ča. Lepotica	41.50	1.70	4.10	15.66
Mildora	23.00	1.03	4.48	25.63
Ča. Rodna	37.40	1.51	4.04	22.80
Stanley	43.10	2.20	5.11	19.47

Според съдържанието на общо сухо вещество, плодовете на всички сортове сливи се берат в технологична зрялост за сушене, а установените разлики в стойностите са резултат от сортовите особености. Например Сорт "Милдора" се характеризира с изключително високо съдържание на сухо вещество (25,63%), докато сортовете "Чачанска родна" и "Стенлей" имат по-ниско съдържание (22,80 и съответно 19,47%), което съответства на резултатите на Miletić et al. (2015) и Mitrović et al. (2013b). При сорт "Чачанска лепотица" тази стойност е далеч по-ниска (15.66%), което се обяснява със сортова характеристика и факта, че принадлежи към групата на рано зреещите сортове (Glišić et al., 2015; Minev and Stoyanova, 2013).

Кинетиката на сушене може да бъде представена чрез различни

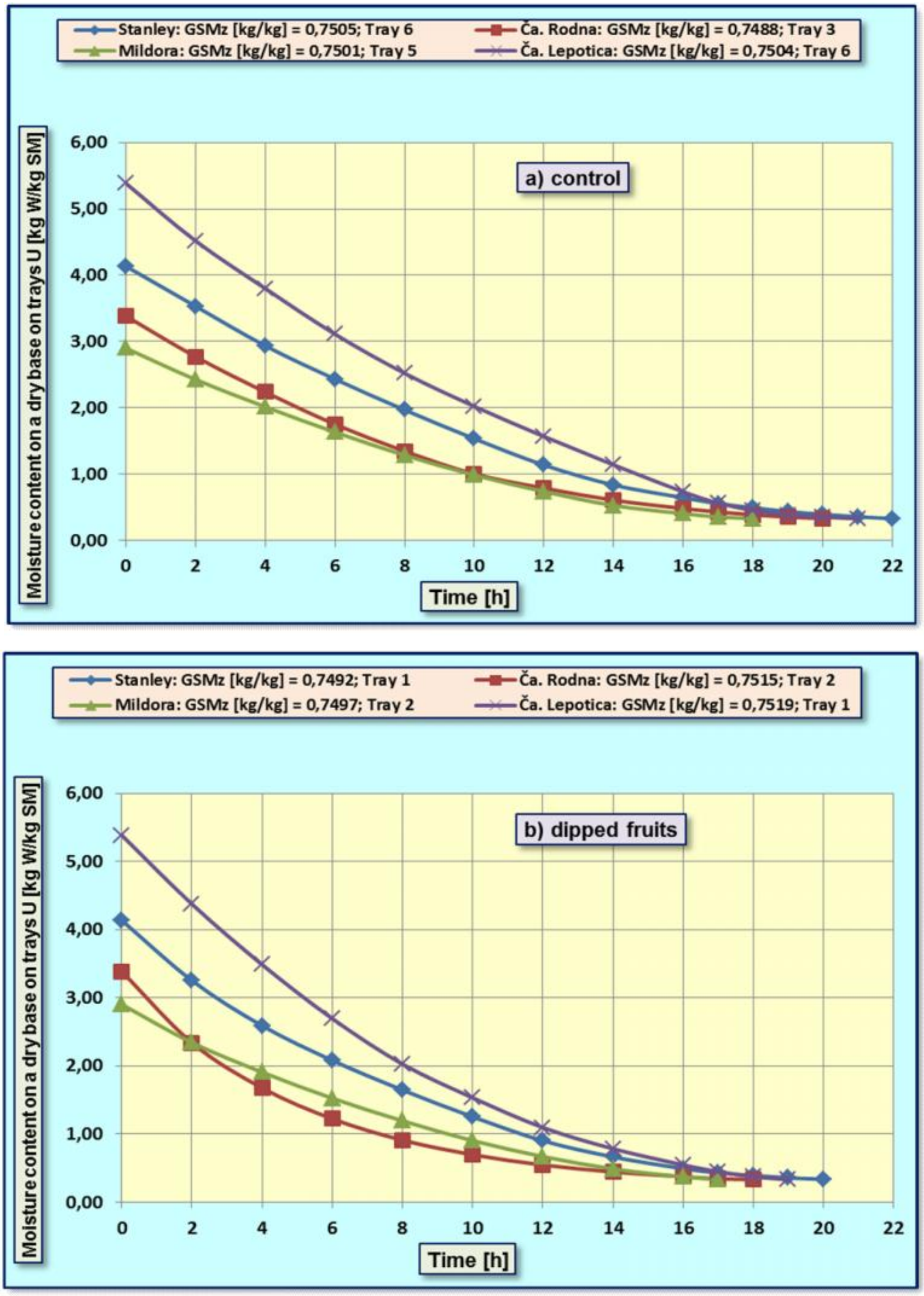
According to the content of total dry matter, the fruits of all plum cultivars are picked at the stage of technological maturity for drying, whereas differences in values are the result of varietal characteristics. Namely, the cultivar Mildora is characteristic for its extremely high content of total dry matter (25.63%), while the cultivars Čačanska Rodna and Stanley have lower contents (22.80 and 19.47%, in order), which is in agreement with the results of Miletić et al. (2015) and Mitrović et al. (2013b). In the Čačanska Lepotica cultivar, this value is far smaller (15.66%), which is explained by the varietal characteristic and the fact that it belongs to the early-ripening cultivar group (Glišić et al., 2015; Minev and Stojanova, 2013).

The drying kinetics can be presented by different curves that криви, които представляват промени на различните величини от основния материал, в процеса на сушене, т.е. описват състоянието на плодовете на изследваните сортове сливи. Графика 1 показва кривите на съдържанието на влага (на суха база) на плодовете на изследваните сортове по време на сушенето: а) плодове от контролата и б) потопени плодове. Най-често се представя крива на кинетиката на сушене, тъй като тя анулира разликите в първоначалните данни за изследваните сортове: начално общо тегло и начално съдържание на сухо вещество в плодовете върху лесите. Тъй като теглото на сухото вещество в плодовете остава непроменено по време на сушенето, като се използва единицата за съдържание на влага при суха основа, е възможно да се забележи много по-добре различната кинетика на сушене на изпитваните сортове сливи.

При анализ на кривите на сушене (Graph 1), се стига до заключението, че всички криви на изследваните сливови сортове, започват от различни стойности, тъй като плодовете им имат различно съдържание на сухо вещество в началото на сушене, т.е. различно съдържание на влага върху суха основа. Плодовете на сливов сорт "Чачанска лепотица" имат най-ниско съдържание на сухо вещество (15.66%), поради което неговите плодове имат най-високо съдържание на влага в сухото вещество (5,38 kg W/kg DM) в началото на сушенето. Плодовете на сорт 'Милдора', поради най-високо съдържание на сухо вещество (25,63%) в началото на сушенето, имат най-ниско съдържание на влага върху суха основа (2,90 kg W/kg DM). Сушенето на плодове продължава докато достигнат до 75% общо количество сухо вещество, като крайното съдържание на влага на суха основа при всички изпитвани сортове е около 0.33 kg W/kg DM.

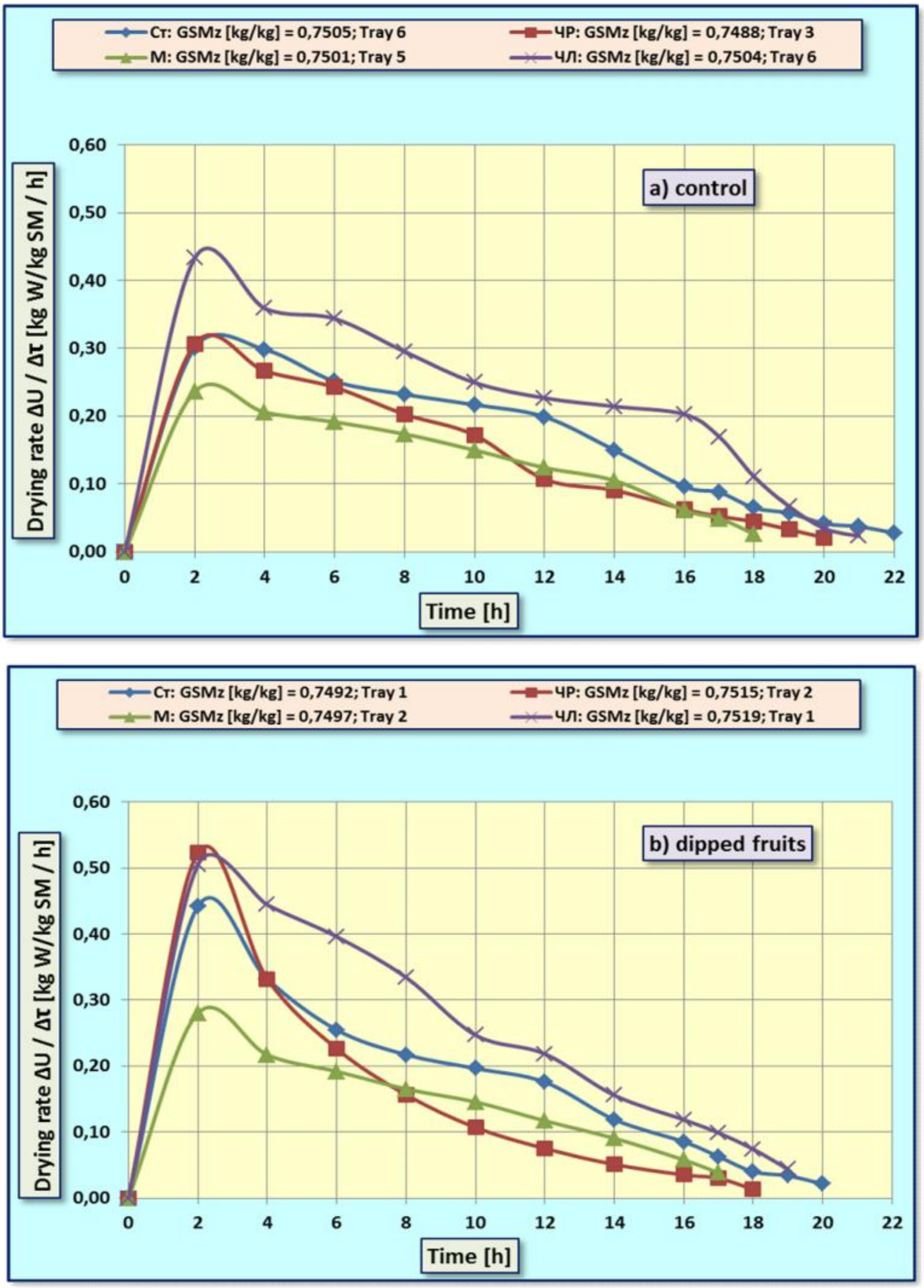
represent changes in the time of different units of the basic drying material state, i.e., units that describe the condition of fruits of the studied plum cultivars. Graph 1 shows the curves of the moisture content (on a dry basis) of the fruits of the studied plum cultivars during drying: (a) the fruits representing control and (b) the dipped fruits. Drying kinetics is most commonly shown using this curve because it annuls the difference in the initial data of the tested cultivars: the starting total mass and the starting dry matter content of the fruit on trays. Since the dry matter mass in fruits remains unchanged during drying, by using the unit of moisture content on a dry base, it is possible to much better notice different drying kinetics of the tested plum cultivars.

Analyzing the drying curves (Graph 1), it is concluded that all the curves of the studied plum cultivars start from different values, since the fruits of the studied plum cultivars have different contents of total dry matter at the beginning of drying, i.e., the different moisture content on a dry base. The fruits of the plum cultivar Čačanska lepotica have the lowest content of total dry matter (15.66%), due to which its fruits have the highest dry matter moisture content (5.38 kg W/kg DM) at the beginning of drying and the fruits of Mildora cultivar due to the highest content of total dry matter (25.63%) at the beginning of drying have the lowest moisture content on a dry base (2.90 kg W/kg DM). Drying of fruits lasted up until 75% of the total dry matter is achieved, thereby the ultimate moisture content on a dry basis in all tested cultivars is about values 0.33 kg W/kg DM.



Графика 1. Съдържание на влага върху суха основа върху леси по време на сушене: a) контрол; b) потопени плодове

Graph 1. Contents of moisture on a dry base on trays during the drying period: a) control; b) dipped fruits



Графика 2. Скорост на сушене върху суха основа върху леси в процеса на сушене: a) контрола; b) потопени плодове
Graph 2. Drying rate on a dry base on trays during the drying period: a) control; b) dipped fruits

Стойността за съдържание на влага на суха основа от 1 kg W/kg DM съответства на съдържанието на 50% от общото количество сухо вещество, което представлява 2/3 от общото съдържание на сухо вещество в края на сушенето от 75%. При анализ на графика 1a се стига до заключението, че сортове "Чачанска родна" и "Милдора" постигат съдържание на влага на суха основа 1 kg W/kg DM за 10 часа, сорт "Стенлей" за 13 часа, а "Чачанска лепотица" за 15 часа. От друга страна, в графика 1b може да се види, че потопените плодове от всички изследвани сортове, достигат съдържание на влага на суха основа 1 kg W/kg DM за по-кратко време (7 ч., 9 ч., 11 ч. и 12 ч.), което води до съкращаване на общото време за сушене на потопените плодове от всички изследвани сортове. За сорт "Чачанска лепотица", времето за сушене на плодовете на контролата е 21 ч., а при потопените плодове е 19 ч., при "Милдора" 18ч. и 17 ч., "Чачанска Родна" е 20 и 18 ч., а при "Стенлей" е 22 и 20 ч. Di Matteo et al. (2000) и Ismail et al. (2008) достигат до същите заключения, разглеждащи влиянието от потапянето, върху кинетиката на сушене на гроздето.

За да се определи кинетиката на сушените сливи, освен кривата на сушене, се използва и кривата на скоростта на сушене. Графика 2 показва кривите на скоростта на сушене в съдържанието на влага върху суха основа, на плодовете на изследваните сортове сливи, от предварително определена леса по време на процеса на сушене: а) плодовете на контролата, и б) потопените плодове. Тъй като скоростта на сушене е нула в началото на процеса на сушене, кривите на скоростта на сушене започват от нулевата стойност. При анализ на кривите на скоростта на сушене на потопените плодове и плодовете от контролата, е установено, че най-високата скорост на сушене е постигната след първото измерване на теглото на плода върху лесата, т.е. след 2 часа сушене. Високата скорост на сушене, постигната в началото на процеса на сушене, позволява да се изпари голямо количество свободна вода от сливовите плодове в началото

The value of moisture content on a dry base of 1 kg W/kg DM corresponds to the content of 50% of total dry matter, which represents 2/3 of the total dry matter content at the end of drying of 75%. Analyzing Graph 1a, it is concluded that the Čačanska Rodna and Mildora cultivars achieve the moisture content on a dry base of 1 kg W/kg DM in 10 h, the cultivar Stanley in 13 h and Čačanska Lepotica in 15 h. On the other hand, in Graph 1b it can be seen that dipped fruits of all tested cultivars achieve the moisture content on a dry base of 1 kg W/kg DM in shorter time (7h, 9h, 11h and 12h, in order), which results in shortening of the total drying time of dipped fruits of all tested cultivars. For the Čačanska lepotica cultivar, the time of drying fruits that make control is 21 h, while in dipped fruits 19 h, in Mildora 18 and 17 h, Čačanska Rodna 20 and 18 h, and in Stanley 22 and 20 h. Di Matteo et al. (2000) and Ismail et al. (2008) reach the same conclusions examining the effect of dipping on the drying kinetics of grape.

In order to define the kinetics of drying plums, apart from the drying curve, a drying rate curve is used as well. Graph 2 shows the curves of drying rate change in moisture content on a dry base of the fruits of tested plum cultivars on a predefined tray during the drying process: (a) the fruits representing the control and (b) the dipped fruits. Since the drying rate is zero at the beginning of the drying process, the drying rate curves start from the zero value. Analyzing the drying rate curves of dipped fruits and the fruits representing control, it was found that the highest drying rates were achieved after the first measurement of the weight of the fruit on the tray, i.e., after 2 hours of drying.

A high drying rate, which is achieved at the beginning of the drying process, allows a large amount of free water from plum fruits to evaporate at the beginning на процеса. Таблица 2 показва загубата на свободна вода спрямо общата изпарена вода след 2, 4 и 6 часа сушене за потопените плодове и плодовете от контрола.

of the drying process. Table 2 shows the loss of free water in relation to the total evaporated water after 2, 4 and 6 hours of drying for dipped fruits and the fruits representing control.

Таблица 2. Загуба на свободна вода (%) спрямо общата изпарена вода в интервали от 2,4 и 6 часа спрямо началото на сушене
Table 2. The loss of free water (%) in relation to the total evaporated water for the fruits in intervals of 2. 4 and 6 h in relation to the drying start

Сорт/Cultivar	Интервали от началото на сушене Intervals of time from the drying start	Загуба на свободна вода спрямо общата изпарена вода Loss of free water in relation to the total evaporated water (%)	
		контрола/control	потопени/dipped
Чачанска лепотица Čačanska Lepotica	0 – 2 h	17.15	19.98
	0 – 4 h	31.36	37.56
	0 – 6 h	44.97	53.23
Милдора/Mildora	0 – 2 h	18.40	21.82
	0 – 4 h	34.41	38.72
	0 – 6 h	49.31	53.65
Чачанска родна Čačanska Rodna	0 – 2 h	20.08	34.27
	0 – 4 h	37.56	55.99
	0 – 6 h	53.46	70.81
Стенлей/Stanley	0 – 2 h	15.84	23.25
	0 – 4 h	31.51	40.69
	0 – 6 h	44.73	54.09

При температура на сушене от 70 ^{o}C, което е от решаващо значение в началото на сушенето, скоростта на сушене на потопените плодове е значително по-висока от контролата. След 2 часа сушене, загубата на свободна вода, спрямо общото количество на изпарената вода е драстично по-високо при потопените плодове, като най-голямата разлика се наблюдава в сорт "Чачанска родна" (34,27% срещу 20,08% при контрола). Въпреки че след първоначалното измерване на теглото (2h), сушенето на плодове навлиза във фаза на понижаваща скорост на сушене (Datta, 2007), изпарението на водата от плодовете е все още силно. След 6 часа сушене потопените плодове губят над

At a drying temperature of 70 ^{o}C, at the beginning of drying, when it is crucial, drying rates of dipped fruits are significantly higher than the control. After 2 hours of drying, the loss of free water in relation to the total amount of evaporated water is drastically higher in dipped fruits, with the biggest difference seen in the Čačanska Rodna cultivar (34.27% versus 20.08% at control). Although after initial mass measurement (2h) fruit drying enters the phase of the falling drying rate (Datta, 2007), the evaporation of water from the fruits is still intense. After 6 hours of drying, dipped fruits lost over 50% of the free water in relation to the total amount of evaporated water in all

50% от свободната вода, спрямо общото количество изпарена вода за всички сортове, с изключение на сорт "Чачанска родна", при който е отчетена голяма загуба на вода след 4 часа сушене. При плодовете от контролата, изпаряването на вода е много по-бавно, така че само плодовете на сорт "Чачанска родна" губят повече от 50% от свободната вода след 6 часа сушене, във варианта на "Милдора" загубата е 49,31 %. Въз основа на тези показатели може да се заключи, че плодовете на сорт "Чачанска родна" се сушат по-бързо, в сравнение с другите изследвани сортове, което е в съответствие с резултатите на Mitrović et al. (2013b).

Чрез потапяне на плодовете в кипяща вода, восъкът пада от кожицата на плода, тъй като той представлява хидрофобната част, която пречи на свободното изпаряване на водата по време на сушенето (Goyal et al., 2007). Восъчният налеп и дебелината на кожицата са сортова характеристика на сливите, поради което за сортове с тънка кожица или по-малко изразен восъчен налеп, потапянето на плодовете не води до значително съкращаване на времето за сушене. Ето защо, изсушените плодове на сорт "Милдора" се сушат за по-кратко време само с 5,5%, докато в други сортове потапянето намалява времето за сушене с 10%.

cultivars, except for the cultivar Čačanska Rodna, in which such large loss of water was recorded after 4 hours of drying. In the fruits representing control, the evaporation of water is far slower, so that only the fruits of the Čačanska Rodna cultivar lost more than 50% of the free water after 6 hours of drying, while in the case of Mildora, the loss was 49.31%. Based of these indicators, it can be concluded that the fruits of the cultivar Čačanska Rodna dry faster compared to other plum cultivars studied, which is in line with the results of Mitrović et al. (2013b).

By dipping the fruits in boiling water, the bloom is removed from the fruit skin, because it represents the hydrophobic part of the skin interfereing the undisturbed water evaporation in the course of drying (Goyal et al., 2007). The bloom and thickness of the skin is a varietal feature of plum, therefore for those cultivars with a thin skin or less pronounced bloom, dipping of fruits does not lead to a considerable shortening of the drying time. That is why the dried fruits of the Mildora cultivar dry shorter for 5.5% only whereas in other cultivars dipping reduces the drying time by 10%.

ИЗВОДИ

Въз основа на резултатите от нашите изследвания може да се заключи, че при температура на сушене от 70 °C, потапянето влияе върху намаляване на времето за сушене, за всички изпитвани сортове,. Намаляването на времето за сушене е 10% за всички сортове, с изключение на "Милдора", където е 5,5%. Потапянето се препоръчва като най-често използвана предварителна обработка при сушене на температура 70 °C.

CONCLUSIONS

Based on the results of our research, it can be concluded that dipping impacts the reduction of drying time in all tested cultivars at a drying temperature of 70 °C. Reduction of drying time is 10% for all cultivars, except Mildora, where it is 5.5%. Dipping as a most commonly used drying pre-treatment is recommended in drying plums at a drying temperature of 70 °C.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящите изследвания са финансирани в рамките на Проект TR-31093, подкрепен от Министерството на образованието, науката и технологичното развитие на Република Сърбия.

ACKNOWLEDGEMENTS

These investigations were funded within the Project TR-31093, supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Datta, A. K.,** 2007. Porous media approaches to studying simultaneous heat and mass transfer in food processes. I: Problem formulations. *Journal of Food Engineering*, 80, 80–95.
2. **Di Matteo, M., L. Cinquanta, G. Galiero and S. Crescitelli**, 2002. Physical pretreatment of plums (*Prunus domestica)*. Part. 1. Modelling the kinetics of drying. *Food Chemistry,* 79, 227–232.
3. **Di Matteo, M., L. Cinquanta, G. Galiero and S. Crescitelli,** 2000. Effect of a novel physical pretreatment process on the drying kinetics of seedless grapes. *Journal of Food Engineering*, 46, 83–89.
4. **Doymaz, I. and M. Pala,** 2002. The effects of dipping pretreatment on air-drying rates of the seedless grapes. *Journal of Food Engineering*, 52, 413–417.
5. **Doymaz, I.,** 2004. Effect of dipping treatment on air drying of plums. *Jornal of Food Engineering*, 64, 465–470.
6. **Doymaz, I.,** 2006. Drying kinetics of black grapes treated with different solutions. *Jornal of Food Engineering*, 76: 212–217.
7. **Glišić I., D. Milatović, N. Milošević and M. Lukić,** 2015. Biological and pomological properties of promising plum hybrids created at the Fruit Research Institute-Čačak, Serbia. Book of Proceedings of sixth International Scientific Agriculture Symposium ‘Agrosym 2015’, Jahorina, Republic of Srrska, Bosnia and Herzegovina, 424–429.
8. **Goyal, R.K., A.R.P. Kingsly, M. R. Manikantan and S. M. Ilyas,** 2007. Mathematical modelling of thing layer drying kinetics of plum in a tunnel dryer. *Journal of Food Engineering*, 79: 176–180.
9. **Ismail, O., S. Keyf, B. Buyribey and B. Corbacioglu,** 2008. Effects of dipping solutions on air-drying rates of the Seedless Grapes. *Food Science and Technology Research*, 14, 6: 547–552.
10. **Janda, Lj.,** 1969. Effect of some tretment of fresh fruits on the quality of dried fruits. *Jugoslovensko voćarstvo*, 8, 303–308 (Sr).
11. **Kandić, M., O. Mitrović and B. Popović,** 2017. The drying curves of plum cultivar Čačanska Rodna. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 20(2), 283–296.
12. **Kandić, M., O. Mitrović, J. Gavrilović-Damnjanović and B. Mitrović**, 2006. Flow-through model for the assesment of fruit drying procedure. *Voćarstvo,* 40(156), 379–388 (Sr).
13. **Kandić, M., O. Mitrović, J. Gavrilović-Damnjanović and B. Popović**, 2007. Study of kinetics of the plum drying process. *Voćarstvo,* 41(160), 179–186 (Sr).
14. **Miletić, R., Ž. Karaklajić-Stajić, S.M. Paunović and J. Tomić,** 2015. Major characteristics of plum fruits in the phase of technological ripeness. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 18(3), 574–590.
15. **Minev, I. and T. Stoyanova,** 2013. Results of examined plum cultivars achievements of the world selection that have been grown in the region of Troyan. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 16(1), 8–16.

16. **Mitrović, O., S. Paunović, M. Kandić, B. Popović, A. Leposavić and B. Zlatković,** 2013a. Characteristic of prunes produced from plum cultivars developed in Čačak. *Acta Horticulturae*, *981*, 631–636.
17. **Mitrović, O., V. Nedović, B. Zlatković, M. Kandić, B. Popović, N. Miletić and A. Leposavić**, 2013b. Impact on drying time made by characteristics of fresh plum fruits of the Čačanska rodna and Mildora cultivars. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 16(1), 66–82.
18. **Pangavhane, D.R., R. L. Sawhney and P. N. Sarsavadia,** 1999. Effect of various dipping pretreatment on drying kinetics of Thompson seedless grapes. *Journal of Food Engineering*, 39, 211–216.
19. **Sacilik, K., A. K. Elicin and G. Unal,** 2006. Drying kinetics of Üryani plum in a convective hot-air dryer. *Jornal of Food Engineering*, 76, 362–368.
20. **Sottile, F., C. Peano, B. Mezzetti, F. Capocasa, E. Bellini, V. Nencetti, U. Palara, P. Pirazzini, C. Mennone and L. Catalano,** 2010. Plum production in Italy: State of the art and perspectives. *Acta Horticulturae, 874*, 25–34.
21. **Tarhan, S., G. Ergunes and O. F. Taser,** 2006. Selection of chemical and thermal pretreatment combination to reduce the dehydration time of sour cherry (*Prunus cerasus L.*). *Journal of Food Process Engineering*, 29, 651–663.