

Vplyv tepelných podmienok sušenia na kvalitu potravinárskeho produktu

A. ŠEPITKA, V. SCHUNOVÁ

Rôzne materiály sa sušia pre rôzne účely: pre zníženie ich hmoty (čo zlacňuje ich dopravu), pre zvýšenie ich pevnosti (drevo, keramické výrobky), pre zvýšenie spalného tepla (uhlie), pre zvýšenie ich stálosti pri skladovaní a konzervovaní (potravinárske produkty, zrno, biologické preparáty a pod.).

Samotné sušenie je spojené so spotrebou tepelnej energie na fázovú premenu vody. Potrebné teplo sa môže materiálu dodávať zvonku vedením, prúdením a sálaním, alebo na úkor energie vysokofrekvenčného elektrického poľa pri ohrievaní materiálu vo vnútri. Okrem tepelnej energie potrebnej na fázovú premenu časť tepelnej energie sa spotrebuje na prekonanie sily, ktorou je viazaná voda v materiáli.

Podľa spôsobu prívodu tepla k sušenému materiálu môžeme rozlíšiť sušenie konvektívne, kontaktné, radiačné a vysokofrekvenčné. Podľa spôsobu odvádzania pár od zóny, kde vzniká, môžeme hovoriť o sušení vzdušnom, vákuovom a sušení prehriatou parou.

Uvedené základné spôsoby prívodu tepla a odvodu odparenej vlhkosti umožňujú konštrukciu rôznych typov sušiarňí, ktoré môžeme charakterizovať a ich voľbu orientovať podľa spôsobu práce, podľa fyzikálnej formy sušeného materiálu, podľa množstva sušeného produktu a nakoniec podľa rôznych hľadísk, ako je riziko, citlivosť materiálu, náklady na jednotku produkcie a pod. [1].

Výber vhodného druhu sušiarne a vhodného režimu sušenia v záujme optimalizácie technologického procesu sušenia, pri ktorom by sa získal za vhodných ekonomických podmienok produkt potrebných fyzikálno-chemických, resp. biologických vlastností, a pri ktorom by bola efektívnosť procesu najväčšia, nie je najľahší už z toho dôvodu, že sušenie nie je ešte exaktnou vedou a je chybné domnievať sa, že výsledky získané u ktoréhokoľvek materiálu možno len tak aplikovať na iný materiál, i keby sa tieto zdali byť po fyzikálnej stránke totožnými. A tak výber najvhodnejšieho typu sušiarne a režimu sušenia pre určitý daný materiál je otázkou výskumu, skúšania a chýb v poloprevádzke alebo v prevádzke, kde sa vo veľkom meradle počíta s praktickými skúsenosťami.

Mnohým ťažkostiam sa môže v budúcnosti predísť, ak sa náležite poznajú vlastnosti materiálu, ktorý sa má sušiť. Preto vážny význam má rozpracovaná

teória sušenia, ktorá študuje obecné zákonitosti tohto procesu, a ktorá bazíruje na učení o prestupe tepla a látky, na fyzikálnej a koloidnej chémii, mechanike, ako aj na termodynamických metódach analýzy a výpočtu procesov sušenia. Na tejto teórii sušenia buduje svoju vedeckú podstatu technológia sušenia, ktorá dáva možnosť vedecky opodstatnene vyberať racionálny spôsob sušenia a optimálny režim jeho vykonania tak, aby sa dosiahli žiadané vlastnosti vysušeného potravinárskeho produktu a pre výživu sa zachovali v čo najväčšej miere nutričné a dietetické hodnoty.

Dnes môžeme ešte povedať, že niet odborníka, ktorý by bol ako expert pre sušiacie zariadenie. Niektorí odborníci vďaka svojej skúsenosti sa dostávajú lepšie na jadro problému ako iní, avšak aj v takýchto prípadoch sa nezaobídeme bez porovnania teoretických poznatkov s praktickými [2].

Väčšina potravinárskych produktov podľa svojej podstaty sú koloidnými látkami a podľa svojej štruktúry kapilárne pórovitými látkami, v ktorých vlhkosť je pomerne pevne viazaná na skelet. Potravinárske produkty idú na sušenie so značne vysokým obsahom vlhkosti, pričom značná časť vlhkosti musí byť odstránená v procese sušenia. Podľa voľby podmienok sušenia, toto môže trvať dlhšie alebo kratšie, čo môže značne ovplyvniť ekonomiu sušenia a kvalitu vysušeného produktu.

Správne vykonané sušenie potravinárskeho produktu dovoľuje v podstatnej miere zachrániť v produkte nutričné a organolepticky hodnotné látky. Nesprávne vykonané sušenie má za následok značné straty týchto látok a zhoršenie vonkajšieho vzhľadu sušeného produktu. Preto optimalizácii sušenia potravinárskych produktov venuje sa dnes výskumne po stránke chemickej a ekonomickej mimoriadna pozornosť [3].

Celý proces sušenia môžeme rozdeliť na tri periódy: perióda ohrievania, perióda konštantnej rýchlosti sušenia a perióda klesajúcej rýchlosti sušenia. Každá z týchto periód má vplyv na technologické vlastnosti sušeného produktu. Na začiatku sušenia, kým sa z produktu neodstráni okolo 50--60 % vlhkosti, odparovanie prebieha prevažne na povrchu produktu a teplota sušenej potraviny je daná teplotou mokrého teplomeru. Potom sa začína premiestňovanie vlhkosti z vnútorných vrstiev k vonkajším a tým aj transport rozpustných látok. Rýchlosť tohto premiestňovania je daná hlavne fyzikálnymi vlastnosťami produktu. Ak sa z produktu odparuje vlhkosť veľmi rýchlo a jej prisun z vnútorných častí je pomalý, v tomto prípade povrch produktu rýchle preschne, prehreje sa a tvorí sa na ňom kôrka, čím sa sušenie spomalí alebo vôbec zastaví. Tomuto sa dá zabrániť voľbou správneho režimu sušenia, t. j. primeranej teploty, vlhkosti a rýchlosti vzduchu.

Na dobu trvania sušenia majú značný vplyv teplota a vlhkosť vzduchu, rýchlosť jeho prúdenia, charakter a vlastnosti sušeného produktu (najmä jeho termofyzikálne vlastnosti), jeho rozmery a hrúbka vrstvy, predbežné opracovanie produktu pred sušením (blanširovanie, sulfitácia) a podobne. Používať pri sušení potravinárskeho produktu značne vysoké teploty a tým proces intenzifikovať nie je možné, lebo to má za následok rôzne chemické zmeny, ako zníženie obsahu cukrov a iných nutrične cenných látok. V praxi používaná teplota pri sušení potravinárskych produktov sa pohybuje od 40 do 90 °C.

Už samotné vädnutie rastlinnej tkáňe vyvoláva nenormálne zmeny vo výmene látok. Pri tomto sa môže podstatne meniť zloženie látok v dôsledku vzniku

nových alebo zníženia obsahu prípadne vymiznutia látok, ktoré boli v živej tkáni rastliny. Také zlúčeniny ako je celulóza a lignín sa pritom zrejme nestrácajú, no škrob, bielkoviny, organické kyseliny, farebné látky, vitamíny a aromatické látky sa rozkladajú a strácajú už po niekoľkých hodinách vädnutia pri izbovej teplote. Samotné vädnutie stimuluje hydrolytické procesy a dosiaľ nemôžeme povedať nič určitého o charaktere a stupni látkovej výmeny pri vädnutí.

Pri umelom sušení odchýlky od normálneho stavu vplývajú na zloženie sušiny snád nie silnejšie ako pri vädnutí.

Opatrné sušenie pri mäkkom režime (nižšia teplota, primeraná vlhkosť a rýchlosť vzduchu) sa obecné počíta za neškodné a používa sa na konzervovanie rastlinného materiálu či už v potravinárstve alebo vo farmaceutickom priemysle. Pritom je potrebné sa zmieriť s takými zmenami ako je denaturácia niektorých bielkovín, inaktivácia enzýmov, nejaká strata vitamínov a podobne. Pri správnom šetrnom sušení možno napríklad v značnej miere zachovať voči svetlu a kyslíku také citlivé látky ako sú karotínoidy.

Po dvoch až štyroch hodinách sušenia rastlinný materiál dehydruje už natoľko, že enzymatické zmeny nastávajú už značne ťažko. Jednako táto doba pri zachovaní enzymatického systému v plnej aktivite je dosť dlhá na to, aby vznikli rôzne nežiadúce enzymatické zmeny. Aby sa tomu zabránilo, robí sa denaturácia a koagulácia enzýmových bielkovín blanširovaním rastlinného materiálu.

Pri značne dlhom zahrievaní, zvlášť nad 80 °C, nastávajú aj zjavné neenzymatické [chemické] zmeny látok, ako je hneďnutie vyvolané Maillardovými reakciami, karamelizáciou, tvorbou komplexov a podobne.

V záujme optimalizácie sušenia sme preskúmali vplyv tepelných podmienok teplovzdušného sušenia na rýchlosť sušenia mrkvy a jahôd a vplyv týchto podmienok na kvalitu vysušeného produktu.

a) sušenie mrkvy

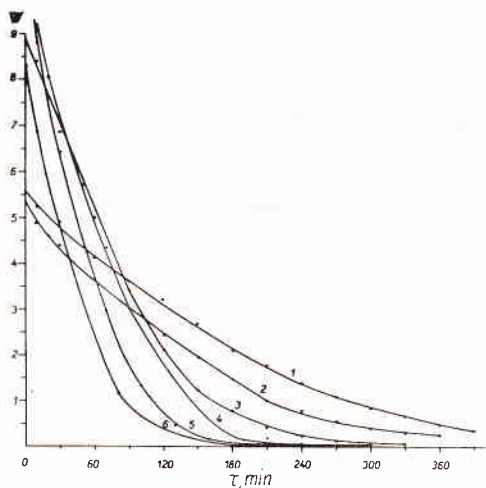
Na laboratórnej periodickej teplovzdušnej sušiarňi s otvoreným okruhom sa študovalo sušenie mrkvy nakrájanej na kocky o rozmeroch 1x1x1 cm na kompaktnom podnose, a to pozdĺžnym prúdením vzduchu po povrchu vrstvy. Mrkva sa blanširovala 3 minúty vo vriacej vode. Okolo 100 g nakrájanej blanširovanej a odváženej mrkvy sa dalo po nastavení teploty a rýchlosti vzduchu do sušiarne. V určitých časových intervaloch sa stanovoval úbytok hmoty. Rýchlosť vzduchu pri všetkých pokusoch bola 3,5 m/s. Ako teploty sme preskúmali 40, 50, 60, 70, 80 a 90 °C a im prislúchajúce vlhkosti vzduchu: 23, 18, 13, 8, 1 a 0,3 %. Zo stanovenia počiatočnej a konečnej sušiny vypočítali sme hmotu odparenej vlhkosti v jednotlivých časových intervaloch a vlhkosť (kg/kg sušiny), ktorú obsahovala sušená mrkva v jednotlivých časových intervaloch. Z výsledkov sa zostrojili krivky sušenia a z nich grafickou deriváciou krivky rýchlosti sušenia. Výsledky sú uvedené na obr. 1 a 2. Vo vysušenom materiáli sme stanovili vlhkosť, napučiavanie, redukujúce cukry, sacharózu a celkové cukry, ako aj karotínoidy. Výsledky sú uvedené v tab. 1.

b) sušenie jahôd

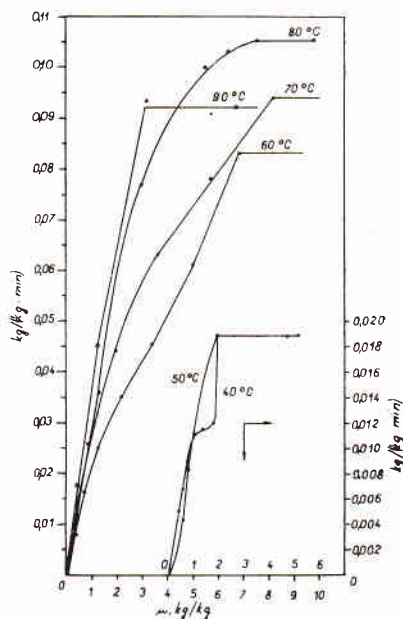
Podobným spôsobom sme sušili neblanširované štvrtené jahody, a to druh Senga Sengana a jahody bez bližšieho druhového označenia. Priebeh kriviek sušenia pri teplote 70, 80 a 90 °C pre jahody Senga Sengana, ktoré sa sušili

T a b . 1. Rozbory sušenej mrkvy

Rozbory	čerstvá mrkva	Teplota sušenia					
		40	50	60	70	80	90
Obsah vlhkosti, %	85,4	34,5	22,3	7,5	5,5	3,4	2,2
Číslo napučievania		79,7	76,7	81,1	78,7	75,8	72,2
Karotinoidy, mg %	60,0	23,9	21,4	29,4	31,8	35,2	38,3
Celkové cukry, % na sušinu	62,1	56,6	33,2	39,5	41,8	42,0	39,3
Redukujúce cukry, % na sušinu	61,8	20,0	19,5	26,8	13,2	11,0	11,3
Sacharóza, % na sušinu	0,3	36,6	13,7	12,7	28,6	31,0	28,0



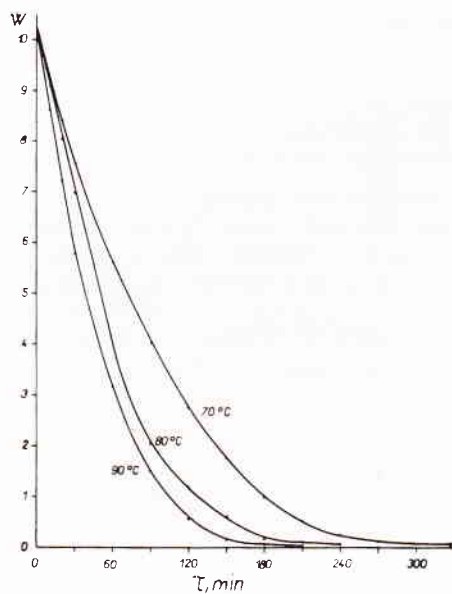
Obr. 1. Krivky sušenia mrkvy pri teplotách
1—40 °C; 2—50 °C; 3—60 °C; 4—70 °C;
5—80 °C; 6—90 °C.



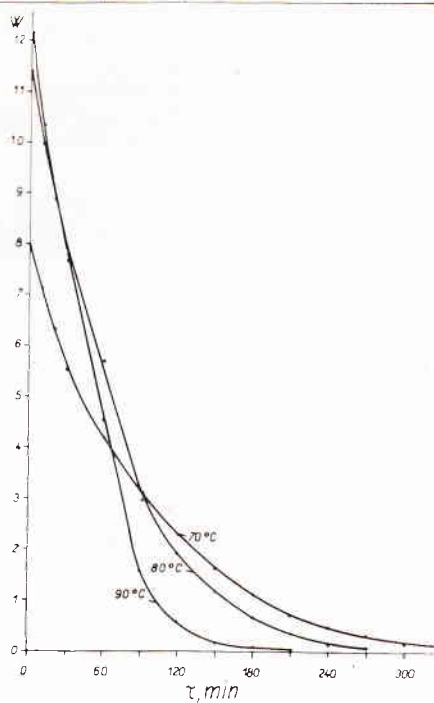
Obr. 2. Krivky rýchlosti sušenia mrkvy.

Tab. 2. Rozbory sušených jahôd

Jahody	Teplota sušenia, °C	Sušina, %	Zostatok farby z pôvodnej, %	Číslo napučievania
Senga	90	95,9	30	72,3
Sengana	80	93,2	35	69,9
	70	90,2	40	70,0
	čerstvé	9,9	100	
Bližšie neurčené	90	93,8	33	59,3
	80	93,1	46	64,2
	70	90,9	47	60,8
	čerstvé	11,4	100	



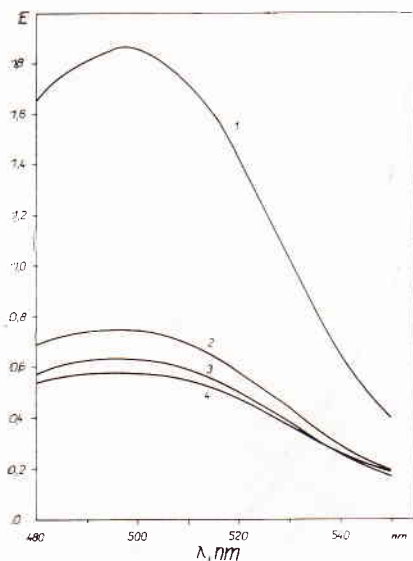
Obr. 3. Krivky sušenia jahôd Senga Sengana.



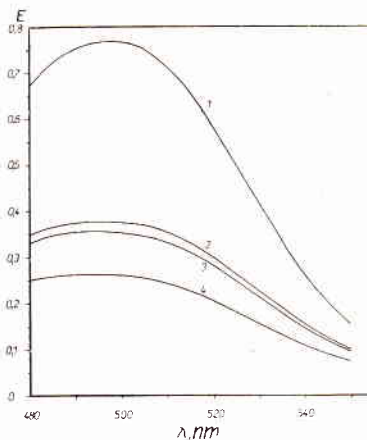
Obr. 4. Krivky sušenia jahôd bez bližšieho druhového označenia.

Tab. 3. Rozbory sušenej zeleniny

Stanovenie	Surová mrkva	Sušená mrkva			Sušený (výroba)			
		neblanš.	blanšír.	z výroby	zeler	kapusta	kel	zeler. vňaf
Sušina, %	14,57	94,71	97,01	96,83	95,54	92,48	95,03	94,76
Vitámín C, mg %	74,4	32,7	25,6	25,6	46,2	160,8	161,3	143,3
Celkové cukry v sušine, %	62,1	46,5	43,6	45,5	30,2	44,3	38,2	22,0
Redukujúce cukry v sušine, %	61,8	31,1	26,5	13,5	4,6	37,5	24,4	3,7
Sacharóza v sušine %	0,30	15,4	17,1	32,0	25,6	6,8	13,9	19,3
Karotínoidy v sušine, mg %	60	12	36	17				
Číslo napučievania, %	—	77,0	75,2	83,0	81,4	85,5	85,6	71,2
Kataláza	pozit.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.
Peroxidáza	pozit.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.

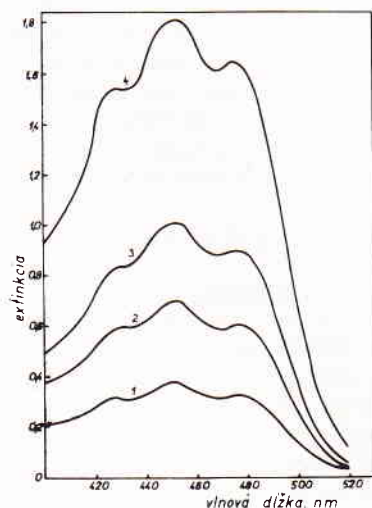


Obr. 5. Spektrofotometrické krivky extraktov farebných látok z čerstvých a sušených jahôd Sengana: 1 — čerstvé jahody; 2 — jahody sušené pri teplote 70 °C; 3 — pri teplote 80 °C a 4 — pri teplote 90 °C.



Obr. 6. Spektrofotometrické krivky extraktov farebných látok z čerstvých a sušených jahôd bez bližšieho druhového označenia: 1 — čerstvé jahody; 2 — jahody sušené pri teplote 70 °C; 3 — pri teplote 80 °C a 4 — pri teplote 90 °C.

na kompaktnom podnose, sú uvedené na obr. 3 a pre jahody bližšie neoznačené, ktoré sa sušili na perforovanom podnose, sú uvedené na obr. 4. Z čerstvých jahôd ako aj z jahôd po vysušení sa vyextrahovali farebné látky (rovnakého množstva sušiny) a urobili z nich spektrofotometrické krivky v rozmedzí 480 až 550 nm. Na obrázku 5 je znázornený spektrofotometrický záznam pre Senga Senganu a na obr. 6 pre bližšie neurčené jahody. Údaje rozborov, ako aj percentuálne vyjadrenie farby, ktorá zostala z pôvodnej po vysušení, sú uvedené v tabuľke 2.



Obr. 7. Porovnanie spektrofotometrických kriviek extraktov karotínoidov z mrkvy: 1 — sušenej laboratórne bez blanširovania; 2 — sušenej vo výrobe; 3 — sušenej laboratórne s blanširovaním; 4 — čerstvej

Okrem toho urobili sme rozborov niektorých sušených potravinárskych produktov (mrkva, zeler, kapusta, kel, zelerová vňať) sušených v priemysle a niektoré z nich (mrkva) sme porovnali s produktami sušenými v laboratóriu. Výsledky sú uvedené v tabuľke 3. Na obr. 7 sú porovnané spektrofotometrické krivky vyextrahovaných karotínoidov (1g sušiny do 100 ml), a to čerstvej mrkvy, mrkvy sušenej po blanširovaní v laboratóriu, mrkvy sušenej vo výrobe, a mrkvy sušenej bez blanširovania v laboratóriu.

Zhodnotenie výsledkov

Teplota vzduchu ako sušiaceho média má podstatný vplyv na dobu sušenia. Z obr. 1 možno vyčítať, že doba sušenia je napríklad pri teplote 60 °C 2-krát tak dlhá ako pri teplote 90 °C a pri teplote 40 °C je doba sušenia dokonca 3,5-krát tak dlhá ako pri teplote 90 °C. Pri posúdení vplyvu rôznych teplôt vzduchu na kvalitu vysušeného produktu možno urobiť záver, že vyššie teploty nepriaznivo ovplyvňujú rehydratačné vlastnosti produktu (napučiavanie). Je pochopiteľné, že na túto vlastnosť okrem teploty vzduchu bude mať vplyv aj

jeho vlhkosť, čo v konečnej miere môžeme vyjadriť tak, že rehydratačné vlastnosti sú značne ovplyvnené rýchlosťou nevratného procesu dehydratácie.

Okrem uvedeného napučiavania pokusy ukázali, že ostatné kritériá určujúce nutričnú hodnotu (cukry, karotínoidy) sa zvýšenou teplotou viac zachovávajú (pravdepodobne v dôsledku rýchlosti procesu dehydratácie) než pri miernych teplotách 50 až 70 °C, kedy proces dehydratácie je značne pomalší. Pre správne posúdenie bude potrebné detailnejšie študovať chemizmus sušenia.

Pri sušení jahôd má taktiež teplota vzduchu vplyv na priebeh sušenia a na degradáciu farebných látok (pozri obr. 3 a 4 a tab. 2). Vysušené jahody mali príjemnú jahodovú vôňu.

Porovnanie sušenej mrkvy v priemysle a v laboratóriu sušenej mrkvy neblanširovanej a po blanširovaní ukazuje, že je možnosť optimalizovať režim sušenia v záujme zachovania nutričných hodnôt. Ak postavíme množstvo karotínoidov v čerstvej mrkve rovným 100, v mrkve sušenej v laboratóriu pri 65 °C sa zachovalo 60 % karotínoidov, ak bola mrkva pred sušením blanširovaná a iba 20 %, ak sa sušila mrkva neblanširovaná. Pri sušení v priemysle sa zachovalo 28 % karotínoidov z pôvodného množstva.

S ú h r n

Študovali sme vplyv teploty vzduchu 40 až 90 °C pri teplovzdušnom sušení mrkvy nakrájanej na kocky 1x1x1 cm na kvalitu vysušeného produktu a vplyv sušenia jahôd na celkovú degradáciu farebných látok. Pokusy ukázali, že teplota má podstatný vplyv na rýchlosť sušenia a na rehydratačné vlastnosti produktu. Nutričné hodnoty sušením pri vyšších teplotách sa zachovávajú o niečo lepšie ako pri nižších teplotách. Je to spôsobené pravdepodobne kratšou dobou sušenia pri vyšších teplotách.

Pri sušení jahôd sa zachovalo z pôvodnej farby 30 až 50 % podľa použitej teploty, pričom so zvyšovaním teploty vzduchu je aj väčší rozklad farebných látok.

Laboratórnym sušením blanširovanej mrkvy pri 65 °C sa zachovalo 60 % karotínoidov, u neblanširovanej iba 20 %.

L i t e r a t ú r a

1. Moss A. A. H., The Drying of Solids: The Gaps in our Knowledge, Chem. and Ind. 1965, 2, 38.
2. Stratton R. A., B. A. (Cantab.), A. M. I. Mech. E.: Batch Drying in Industry, Chem. and Ind. 9, 1965, 2, 67.
3. Van Arsdel W. B., Food Dehydration: recent, advances and unsolved problems, Food Technology 19, 1965, 4, 52.

Влияние температурных условий сушки на качество пищевых продуктов

Выводы

Авторы изучали влияние температуры воздуха от 40 до 90 °С при воздушной сушке моркови нарезанной кубиками 1 × 1 × 1 см на качество высушенного продукта и влияние сушки клубники на общую деградацию красящих веществ. Опыты показали, что температура имеет решающее влияние на скорость сушки и на регидратационные свойства продукта. Питательная ценность продуктов сохраняется сушкой при высоких температурах лучше чем при низких температурах.

При сушке клубники сохранилось из первоначальных красящих веществ от 30 до 50 % по применяемой температуре, причем с повышением температуры воздуха повышается тоже разрушение красящих веществ.

Лабораторной сушкой бланшированной моркови при температуре 65 °С сохранилось 60 % каротиноидов, у небланшированной только 20 %.

The influence of heat-drying conditions on the quality of food products

Summary

The influence of air temperature of 40 to 90 °C by the hot air-drying of the diced carrots on the quality of dried product and the influence of drying of the strawberries on the general degradation of coloured substances have been studied. The experiments have showed that the temperature has the essential influence on the rate of the drying and on the rehydration properties of the product. Nutritional values by the drying at higher temperatures are preserved a little better than at lower temperatures. That is probably due to shorter time of drying at higher temperatures.

In the drying of the strawberries 30 to 50 % of original colour has been retained according to the used temperature. The raise of the air temperature follows the greater decomposition of coloured compounds.

By laboratory drying of the carrots blanched at 65 °C 60% of carotinoids have been preserved but only 20 % in the unblanched carrots.