

# Vliv délky skladování, počáteční hmotnosti a délky obvodu na hmotnostní a rozměrové úbytky bulev cukrové řepy

INFLUENCE OF STORAGE TIME, INITIAL MASS AND CIRCUMFERENCE ON WEIGHT AND SIZE DISPOSALS OF SUGAR BEET

Vojtěch Kumbár<sup>1</sup>, Jiří Votava<sup>1</sup>, Šárka Nedomová<sup>2</sup><sup>1</sup> Ústav techniky a automobilové dopravy, Mendelova univerzita v Brně<sup>2</sup> Ústav technologie potravin, Mendelova univerzita v Brně

Hlavními oblastmi pěstování plodin pro výrobu cukru jsou v případě cukrové řepy Evropa a USA. V posledním období došlo k nárůstu výnosů cukrové řepy až na 80–110 t·ha<sup>-1</sup> a k nárůstu výnosů bílého cukru až na 13–15 t·ha<sup>-1</sup>. Celková světová výroba cukru v roce 2013/2014 činila 181 mil. t. Spotřeba cukru v tomto roce dosáhla 175,8 mil. t (1). Výrobě cukru se na našem území věnuje celkem pět subjektů. Tyto subjekty provozují sedm cukrovarů (Dobruška, České Meziříčí, Hrušovany, Opava, Litovel, Prosenice, Vrbátky).

Řepa je důležitou základní surovinou nejen pro výrobu potravin (cukr a líh), ale také pro výrobu obnovitelných zdrojů energie (bezvodý líh, palivo E85, bioplyn a elektřina), krmiv (pelety, řízký a betain) a hnojiv (dusíkatá, draslíkatá a vápenatá). Jelikož probíhá v celé České republice sklizeň cukrové řepy a řepná kampaň zhruba ve stejném období, musí se s ohledem na kapacitu cukrovarů sklizené bulvy nějakou dobu uskladnit. Při skladování probíhají složité biologické, mikrobiologické a chemické pochody, které mají za následek změnu složení cukrovky, především ztrátu cukru. Hlavním fyziologickým pochodem je dýchání, při němž se spaluje sacharosa (2). Při skladování je nutno zabezpečit takové podmínky, aby ztráty cukru byly minimální. Jednou z možností je teplota, při které je cukrová řepa skladována (3). Toto téma není neznámé ani v zahraničí, kde se někteří autoři rovněž zabývají vlivem skladování na kvalitu cukrové řepy (4–6). V publikaci (7) je popsána dokonce doba skladování až 110 dnů při teplotách 7 a 20 °C.

Tab. I. Počáteční hmotnosti a délky obvodů jednotlivých sledovaných bulev

Číslo vzorku	Hmotnost (g)	Obvod (mm)	Číslo vzorku	Hmotnost (g)	Obvod (mm)
1	931,5	355	10	666,9	285
2	650,1	305	11	530,2	290
3	743,9	330	12	535,3	285
4	931,6	345	13	498,5	300
5	1 316,4	390	14	999,2	370
6	411,1	250	15	812,7	330
7	944,6	345	16	612,0	325
8	637,5	300	17	978,8	345
9	945,9	360			

## Materiál a metodika

Ke sledování hmotnostních a tvarových úbytků bulev cukrové řepy v průběhu skladování bylo vybráno sedmnáct ručně sbíraných rostlin. Samostatné bulvy těchto rostlin (po odstranění chrástu) nesměly být okousané od hlodavců ani jinak poškozené a nesměly vykazovat vysokou míru mrscatosti (8). Tyto bulvy byly skladovány po dobu 54 dnů v konstantních podmínkách: teplota 20 °C a relativní vlhkost vzduchu 35 %. Hmotnost bulev byla vážena pomocí laboratorních vah KERN 440–47N. Obvod bulev byl měřen v místě s nejdelším obvodem. Počáteční hmotnosti a délky obvodů jednotlivých bulev jsou popsány v tab. I., ze které je patrné, že jednotlivé bulvy měly často velmi odlišné hmotnosti a délky obvodů.

V průběhu měření byl zaznamenán znatelný pokles hmotnosti i délky obvodu jednotlivých sledovaných bulev cukrové řepy. V tab. II. jsou uvedeny minimální, průměrné a maximální hodnoty hmotnosti bulev v průběhu skladování, v tab. III. jsou uvedeny minimální, průměrné a maximální hodnoty délky

Tab. II. Hodnoty hmotnosti bulev cukrové řepy v průběhu skladování

Den	Hmotnost bulev (g)			
	minimum	průměr	maximum	Std.
1	411,1	773,31	1 316,4	229,23
5	308,9	638,15	1 097,3	197,87
8	283,2	599,82	1 031,8	188,15
12	247,6	543,54	936,7	173,33
15	226,9	507,96	876,6	164,05
19	205,8	467,76	806,1	152,82
22	193,0	440,72	755,9	144,74
36	156,7	355,32	603,3	116,24
40	149,8	340,77	574,9	112,15
43	145,0	329,99	556,2	108,62
47	139,5	317,07	534,6	104,41
50	135,8	307,51	518,4	101,22
54	131,9	296,70	500,0	97,53

Std. – směrodatná odchylka

obvodů bulev v průběhu skladování. Ke statistickému vyhodnocení byl použit program Excel 2010.

### Výsledky a diskuse

Úbytky hmotnosti i délky obvodu jednotlivých bulev cukrové řepy byly pro lepší přehled přepočítávány a dále uváděny v procentech pomocí vztahu (1) pro hmotnostní úbytek a pomocí vztahu (2) pro úbytek délky obvodu:

$$u_m = 1 - \frac{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n m_{akt}}{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n m_{poc}} \cdot 100 \quad (1),$$

kde  $u_m$  je hmotnostní úbytek (%),  $n$  je počet bulev (-),  $m_{akt}$  je aktuální hmotnost bulev (g) a  $m_{poc}$  je počáteční hmotnost bulev cukrové řepy (g).

$$u_o = 1 - \frac{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n o_{akt}}{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n o_{poc}} \cdot 100 \quad (2),$$

kde  $u_o$  je úbytek délky obvodu (%),  $n$  je počet bulev (-),  $o_{akt}$  je aktuální obvod bulev (mm) a  $u_{poc}$  je počáteční obvod bulev cukrové řepy (mm).

Vypočítané průměrné úbytky bulev v průběhu skladování byly graficky zpracovány na obr. 1. pro hmotnostní úbytky a na obr. 2. pro úbytky délky obvodů bulev. U obou sledovaných veličin lze po počátečním rychlém růstu úbytků pozorovat zpomalování růstu úbytků hmotnosti, resp. délky obvodu, proto byly naměřené hodnoty proloženy pomocí logaritmických funkcí. Pro výpočet hmotnostního úbytku byl vytvořen vztah (3) a pro výpočet úbytku délky obvodu vztah (4):

$$u_m = 16,598 \cdot \ln(p) - 7,0106 \quad (3),$$

$$u_o = 8,3545 \cdot \ln(p) - 2,7908 \quad (4),$$

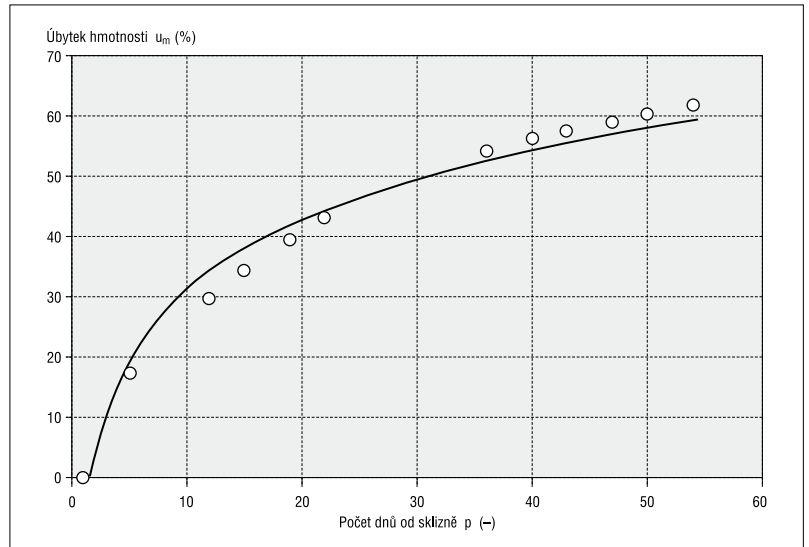
kde  $p$  je počet dnů od sklizně. Obě tyto funkce dosahovaly vysokých hodnot koeficientu determinace  $R^2 = 0,968$  pro vztah (3) a  $R^2 = 0,946$  pro vztah (4).

Pro lepší ilustraci průměrného úbytku délky obvodu bulev cukrové řepy byl vytvořen graf, který je uveden na obr. 3. V tomto grafu je pomocí obecné rovnice kružnice  $x^2 + y^2 = r^2$  vytvořen průměrný kruhový obvod bulev pro jednotlivá měření v průběhu skladování. Z vytvořeného grafu je rovněž patrné, že v počátečních dnech po sklizni klesala průměrná délka obvodů bulev rychleji, poté začal pokles délky obvodu zpomalovat. Většina vody a sacharosy byla již odpařena, resp. vydychána (4).

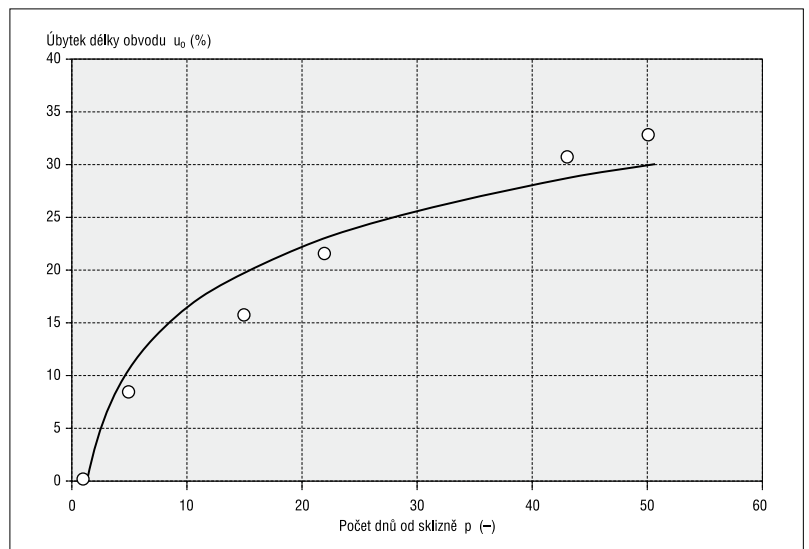
Dále byl sledován vliv počáteční hmotnosti a počáteční délky obvodu bulev na velikost konečného úbytku obou sledovaných veličin. Tento vliv je graficky zpracován na obr. 5. a 6.

Z obr. 5. je patrné, že se stoupající počáteční hmotností klesala míra úbytku hmotnosti na konci skladování bulev. Tento pokles je modelován pomocí vztahu (5). Z následujícího obrázku (obr. 6.) je rovněž patrné, že se stoupající počáteční

Obr. 1. Hmotnostní úbytky bulev cukrové řepy



Obr. 2. Úbytky délky obvodů bulev cukrové řepy



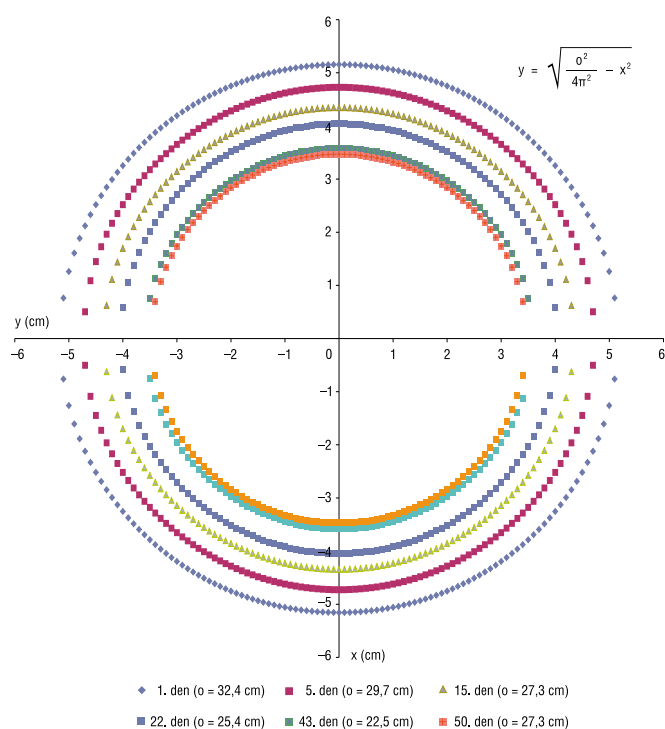
délkou obvodu klesala i míra úbytku délky obvodu na konci skladování bulev. Tento pokles je modelován pomocí vztahu (6).

Tab. III. Obvod bulev cukrové řepy v průběhu skladování

Den	Délka obvodu bulev (mm)			
	minimum	průměr	maximum	Std.
1	250	324,1	390	35,4
5	220	296,8	350	34,1
15	200	272,9	335	33,6
22	185	254,4	300	30,9
43	160	224,7	265	27,7
50	160	217,6	255	26,9

Std. – směrodatná odchylka

Obr. 3. Průměrný úbytek délky obvodu bulev v průběhu skladování cukrové řepy



$$u_m = -0,0065 \cdot m_{poc} + 67,091 \quad (5)$$

$$u_o = -0,0211 \cdot o_{poc} + 39,773 \quad (6)$$

Obr. 4. Dvě různé bulvy cukrové řepy před a po uskladnění (skutečný velikostní poměr)



## Závěr

Na základě uvedených výsledků lze konstatovat, že po sklizni řepy a uskladnění bulev začne docházet k výrazným hmotnostním a velikostním ztrátám, především úbytkem vody a cukru v bulvách. Hlavním fyziologickým pochodem je dýchání, při němž se spaluje sacharosa. Tím bulvy ztrácí nejen hmotnost, ale i svoji velikost.

V předloženém experimentu byl sledován soubor sedmnácti bulev z ručně sklizených rostlin cukrové řepy. Vybrané bulvy byly bez vnějšího poškození a měly nízkou míru mrcasatosti. V průběhu 54 dnů skladování v konstantních podmínkách (teplota 20 °C, vlhkost 35 %) byly sledovány hmotnostní úbytky bulev a úbytky délky obvodů bulev. Počáteční průměrná hmotnost souboru byla 773,31 g a během 54 dnů klesla na průměrnou hodnotu 296,70 g, což odpovídá úbytku hmotnosti 61,6 %. Počáteční průměrná délka obvodu souboru byla 324,1 mm a během 50 dnů klesla na průměrnou hodnotu 217,6 mm, což odpovídá úbytku délky obvodu 32,8 %. Průběhy obou úbytků byly podobné. Nejprve byl úbytek výrazný a pozvolna slábl, čehož bylo využito při modelování – k proložení naměřených hodnot byla vybrána logaritmická funkce.

Dále byl sledován vliv počáteční hmotnosti a počáteční délky obvodu bulev na velikost konečného úbytku obou sledovaných veličin. Se stoupající počáteční hmotností bulev klesala míra úbytku hmotnosti na konci skladování. Se stoupající počáteční délkou obvodu bulev klesala i míra úbytku délky obvodu na konci skladování. Oba poklesy byly modelovány pomocí lineární funkce.

Vytvořené matematické modely mohou sloužit k predikci hmotnostního a rozměrového chování bulev cukrové řepy.

*Příspěvek byl zpracován s podporou projektu TP 6/2015 „Rázové zatěžování zemědělských produktů a potravin“, financovaný Interní grantovou agenturou AF MENDELU.*

## Souhrn

Předložený článek se zabývá sledováním hmotnostních a rozměrových úbytků bulev cukrové řepy (*Beta vulgaris* L.) v průběhu skladování. Sedmáct ručně sklizených rostlin cukrové řepy bylo vybráno ke sledování. Po odstranění chrástu byly váženy bulvy a měřeny jejich obvody v pravidelných intervalech – dvakrát týdně. Skladování trvalo 54 dnů v konstantní teplotě a vlhkosti. Úbytek hmotnosti byl na konci sledování v průměru 62 % a úbytek délky obvodu byl v průměru 33 %. Průběh obou úbytků měl logaritmický trend. Dále byl sledován vliv počáteční hmotnosti a počáteční délky obvodu bulev na velikost konečného úbytku obou sledovaných veličin. Se stoupající počáteční hmotností bulev klesala míra úbytku hmotnosti na konci skladování. Se stoupající počáteční délkou obvodu bulev klesala i míra úbytku délky obvodu na konci skladování. Rovněž byly vytvořeny matematické modely pomocí lineární a logaritmické funkce. Tyto modely mohou sloužit k predikci hmotnostního a rozměrového chování bulev cukrové řepy (i podobných druhů kořenové zeleniny). Tento článek je prvním pojednáním o řízeném skladování bulev cukrové řepy. V blízké budoucnosti budou sepsána pojednání o změnách geometrie, pevnosti slupky a mechanických vlastnostech jednotlivých částí bulev v průběhu skladování.

**Klíčová slova:** bulva cukrové řepy, hmotnost, obvod, úbytek, skladování.

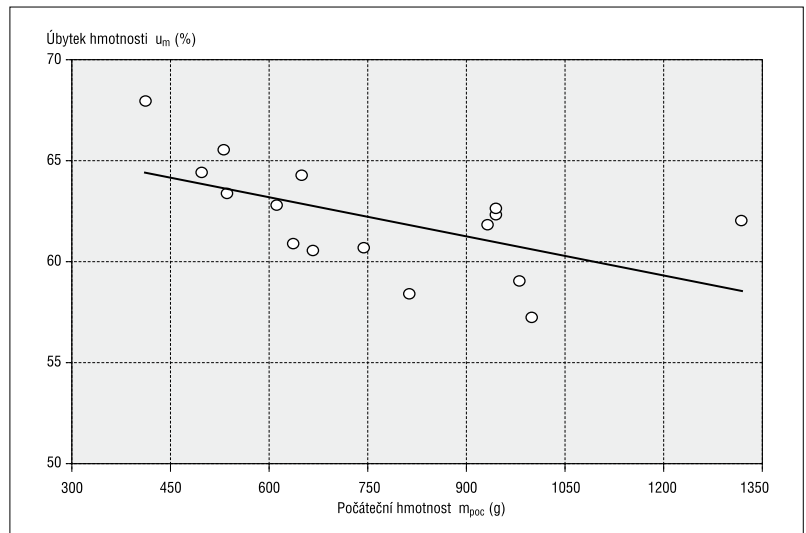
## Literatura

- BENADA, J. ET AL.: *Atlas chorob a škůdců řepy*. Praha: Statní zemědělské nakladatelství, 1985, 264 s.
- KENTER, C.; HOFFMANN, C. M.: Changes in the processing quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) during long-term storage under controlled conditions. *Int. J. Food Sci. and Technol.*, 44, 2009 (5), s. 910–917.
- PULKRÁBEK, J.; ŠROLLER, J.: *Základy pěstování cukrovky*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 1993, 62 s.
- REINBERG, O.: Situace v českém a evropském cukrovárnictví. *Listy cukrov. řepář.*, 130, 2014 (5–6), s. 182–186.
- TUQRUL, K. M.; KANGAL, A.; COLAK, A.: Effects of different cleaning systems and storage duration on the internal and external quality of sugar beets. *AMA, Agricult. Mech. in Asia, Africa and Latin America*, 42, 2011 (1), s. 21–28.
- VAN EERD, L. L.; CONGREVES, K. A.; ZANDSTRA, J. W.: Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) storage quality in large outdoor piles is impacted by pile management but not by nitrogen fertilizer or cultivar. *Canadian J. Plant Sci.*, 92, 2012 (1), s. 129–139.
- ZAHRADNÍČEK, J.: Fyziologické a biotechnologické aspekty skladované cukrovky a zásady její ochrany. *Listy cukrov. řepář.*, 112, 1996 (11), s. 333–338.
- ZHENG, Y. ET AL.: Integrating sugar beet pulp storage, hydrolysis and fermentation for fuel ethanol production. *Applied Energy*, 93, 2012, s. 168–175.

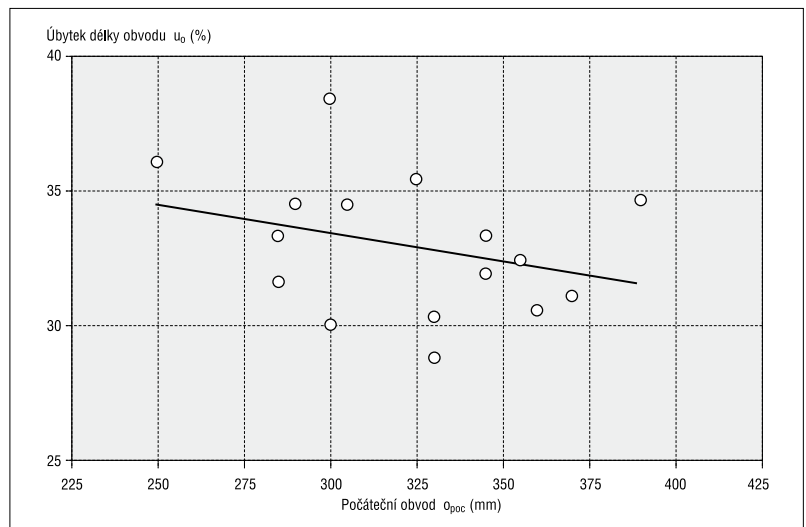
### Kumbár V., Votava J., Nedomová Š.: Influence of Storage Time, Initial Mass and Circumference on Weight and Size Disposals of Sugar Beet

The main goal of this study is observation of weight and size losses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) during storage. Seventeen sugar beets were hand-harvested and selected for the experiment. There

Obr. 5. Vliv počáteční hmotnosti na velikost konečného úbytku hmotnosti bulev



Obr. 6. Vliv počáteční délky obvodu na velikost konečného úbytku obvodu bulev



were rid of leaves and roots, were weighted and measured in defined intervals – twice a week. Storage took 54 days at constant temperature and humidity. Weight decreased on average by 62% and circumference decreased on average by 33%. Courses of both losses had a logarithmic trend. The dependence of initial weight and initial circumference of the bulbs on the final loss was also monitored. With increasing initial weight, the final weight loss decreased; with increasing initial circumference, the final size loss also decreased. Mathematical models were created using linear and logarithmic functions. These models can predict weight and size behaviour of sugar beet bulbs (and similar kinds of vegetables). This article is the first paper on controlled sugar beet bulbs storage. In near future, papers will be written on changes of geometry, peel hardness and on mechanical characteristics of individual parts of bulbs during storage.

**Key words:** sugar beet root, weight, circumference, disposal, storage.

### Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Vojtěch Kumbár, Ph. D., Mendelova univerzita v Brně, Ústav techniky a automobilové dopravy (oddělení fyziky), Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: vojtech.kumbar@mendelu.cz