

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra kvality zemědělských produktů**



**Kvalita bramborových lupínek ze skladovaných brambor  
ošetřených karvonem**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Dana Gildainová**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Klouček, Ph.D.**

© 2016 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Kvalita bramborových lupínků ze skladovaných brambor ošetřených karvonem" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 8. 4. 2016

---

## **Poděkování**

Touto cestou bych ráda poděkovala všem, kteří mě podporovali při práci na experimentu k diplomové práci. V první řadě svému vedoucímu doc. Ing. Pavlu Kloučkovi, Ph.D. za odborné konzultace a cenné rady. Poděkování také patří mému konzultantovi Ing. Jaroslavu Weberovi za pomoc a trpělivost při realizaci experimentu a dále doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za cenné rady.

# Kvalita bramborových lupínků ze skladovaných brambor ošetřených karvonem

## Souhrn

V diplomové práci byla hodnocena schopnost monoterpenů D-karvonu (hlavní složka kmínové silice) inhibovat růst klíčků skladovaných brambor určených pro zpracování na potravinářské výrobky. Následně byl hodnocen vliv ošetření karvonem na vybrané kvalitativní parametry bramborových lupínků.

Pro tento experiment byly zvoleny dvě koncentrace karvonu (8  $\mu\text{l/l}$  a 32  $\mu\text{l/l}$ ) aplikovaného na skladované brambory v třídyenních intervalech celkem čtyřikrát. K aplikaci byl použit upravený chromatograf, který zajistil rovnoměrné rozptýlení aplikované látky. Ošetření probíhalo po dobu deseti minut, každá varianta ošetření byla provedena ve třech opakováních. Po každém ošetření byl hodnocen inhibiční efekt karvonu na růst klíčků a také byl stanovován obsah redukujících cukrů v hlízách metodou Luffa-Schoorla. Z ošetřených brambor byly opakovaně vyráběny bramborové lupínky. Instrumentální měření textury bramborových lupínků bylo provedeno na testovacím přístroji Instron. Lupínky byly také podrobeny senzoričkému hodnocení ke zjištění míry ovlivnění organoleptických vlastností.

Na základě výsledků byl inhibiční účinek na růst klíčků potvrzen pouze u varianty ošetření karvonem o koncentraci 32  $\mu\text{l/l}$ . Varianta ošetření 8  $\mu\text{l/l}$  vykazovala stejné výsledky klíčení jako varianta kontrolní. Obsah redukujících cukrů v hlíze nebyl ovlivněn ošetřením karvonem. Při instrumentálním měření texturních vlastností byl významný rozdíl mezi kontrolou a variantami ošetřenými karvonem potvrzen pouze po druhém a čtvrtém ošetření. Tyto lupínky vykazovaly vyšší maximální sílu potřebnou ke křupnutí bramborového lupínku v porovnání s kontrolní variantou. Na základě senzoričké profily bramborových lupínků nebyly ovlivněny organoleptické vlastnosti, a to ani po čtvrtém ošetření skladovaných brambor karvonem. Silice a jejich účinné látky představují vhodnou náhradu používaných syntetických látek, protože nebyl zjištěn negativní vliv karvonu na kvalitativní parametry.

**Klíčová slova:** brambory, inhibice klíčení, karvon, bramborové lupínky, senzoričké hodnocení, textura

# Quality of potato chips made of potatoes treated with carvone

## Summary

This diploma thesis evaluates the ability of a monoterpene S-carvone (main component of caraway oil) to inhibit the sprouting of stored potatoes intended for further processing into a food products. Then it evaluates the influence of carvone's special treatment on selected qualitative parameters of potato chips.

For this experiment, two concentrations of carvone were selected (8  $\mu\text{l/l}$  and 32  $\mu\text{l/l}$ ), applied altogether 4-times on stored potatoes within 3-week intervals. For this application a modified chromatograph was used to ensure a uniform dispersion of the compound. Special treatment was being done for a period of 10 minutes, while each variant of this treatment had 3 repetitions. After each treatment the inhibition effect of carvone on the growth of sprouts was evaluated. Also, there was an evaluation of the content of reducing sugars using the Luff-Schoorl method. Potato chips were repeatedly produced from the treated potatoes. Instrumental measuring of the texture of these potato chips was done on a testing device „Instron“. Potato chips were also a subject to a sensory evaluation to find out the degree of influence on organoleptic properties.

On the basis of the results, the inhibition effect had been confirmed only in the treatment by carvone with a concentration 32  $\mu\text{l/l}$ . The variant of treatment by 8  $\mu\text{l/l}$  provided the same results as the control variant. Content of reducing sugars in a tuber had not been influenced by a treatment by S-carvone. During the instrumental measuring of textural properties, a significant difference between control and variants treatment by carvone had been confirmed only after the second and fourth treatment. These chips had shown higher maximal strength needed for „crunching“ of potato chip in comparison with the control. On the basis of the sensory profile of potato chips, no organoleptic properties had been influenced even after the fourth treatment with carvone of stored potatoes. Essential oils and its active substances represent a suitable substitution for used synthetic substances, because there had been recognized no negative effect of carvone on the qualitative parameters.

**Keywords:** potatoes, sprout inhibition, carvone, potato chips, sensory evaluation, texture

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b> .....	<b>8</b>
2.1	Stanovené hypotézy .....	8
2.2	Cíle práce .....	8
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b> .....	<b>9</b>
3.1	Charakteristika brambor .....	9
3.1.1	Chemické složení .....	9
3.1.2	Jednoduché sacharidy v bramborách .....	11
3.1.3	Skladování brambor .....	11
3.2	Retardace klíčení .....	13
3.2.1	Syntetické inhibitory klíčení .....	13
3.2.2	Přírodní inhibitory klíčení .....	15
3.3	Bramborové lupínky .....	20
3.3.1	Výroba .....	21
3.3.2	Kvalitativní parametry bramborových lupínků a jejich hodnocení .....	23
<b>4</b>	<b>Materiál a metody</b> .....	<b>26</b>
4.1	Brambory a jejich skladování .....	26
4.2	Ošetření skladovaných brambor .....	26
4.3	Výroba bramborových lupínků .....	27
4.4	Instrumentální měření textury .....	28
4.5	Stanovení redukujících cukrů metodou Luffa-Schoorla .....	29
4.6	Senzorické hodnocení bramborových lupínků .....	31
4.7	Statistické vyhodnocení .....	32
4.8	Harmonogram experimentu .....	32
<b>5</b>	<b>Výsledky</b> .....	<b>33</b>
5.1	Vyhodnocení klíčení skladovaných brambor .....	33
5.2	Vyhodnocení obsahu redukujících cukrů .....	37
5.3	Vyhodnocení instrumentálního měření textury .....	37
5.4	Vyhodnocení senzorických vlastností .....	39
<b>6</b>	<b>Diskuze</b> .....	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury</b> .....	<b>49</b>
	<b>Přílohy</b> .....	<b>53</b>

# 1 Úvod

Přírozně se vyskytující látky rostlinného původu se používají již od nepaměti. Přírodní látky našly uplatnění například v lidovém léčitelství, kde byly jedinou možností úlevy od zdravotních komplikací. Postupem času byly prozkoumávány účinky přírodních látek, které by mohly být využity v celé řadě oborů.

Rozvojem chemického průmyslu došlo k nárůstu synteticky vyrobených látek. Do té doby využívané přírodní látky byly zatlačeny do pozadí na úkor použití jejich syntetických alternativ. S odstupem času lze pozorovat negativní dopad těchto látek na životní prostředí a zároveň také na lidský organismus. Rezidua syntetických látek se hromadí v půdě, vodě a dostávají se také do potravin. Proto je zapotřebí najít účinnou náhradu těchto syntetických, konvenčních prostředků.

Syntetické preparáty jsou například využívány při dlouhodobém skladování brambor určených pro zpracování na smažené potravinářské výrobky, kde je nutné zabránit jejich předčasnému klíčení. U klíčících hlíz dochází k nežádoucím změnám, kterými jsou zejména hmotnostní ztráty a také celkové zhoršení jakosti. Skladování při nízkých teplotách není možné využít u brambor určených na výrobu bramborových lupínků. V těchto případech je nutné užití inhibičních prostředků k potlačení klíčení. V posledních letech roste zájem o využití alternativních inhibičních prostředků přírodního původu. Jako vhodná varianta se zdají být rostlinné silice a jejich účinné látky. Z dostupných článků a výzkumů je již dlouhou dobu znám inhibiční účinek D-karvonu na růst klíčků skladovaných brambor.

Tato diplomová práce se věnuje využití monoterpenu D-karvonu, přírodního inhibitoru klíčení, a jeho vlivu na kvalitativní parametry bramborových lupínků.

## **2 Cíl práce**

### **2.1 Stanovené hypotézy**

Aplikace D-karvonu plynou fází o vhodné koncentraci inhibuje klíčení skladovaných brambor.

Ošetření skladovaných brambor D-karvonem nemá vliv na kvalitativní parametry bramborových lupínků.

### **2.2 Cíle práce**

Aplikací D-karvonu o koncentraci 8  $\mu\text{l/l}$  a 32  $\mu\text{l/l}$  v třítydenních intervalech ověřit inhibiční účinek na klíčení skladovaných brambor a porovnat účinnost zvolených koncentrací.

Stanovit hodnotu redukujících cukrů u skladovaných brambor ošetřených D-karvonem u každé varianty ošetření.

Zhodnotit instrumentálně texturní vlastnosti bramborových lupínků u jednotlivých variant ošetření.

Zhodnotit míru ovlivnění senzorických vlastností u bramborových lupínků vyrobených ze skladovaných brambor u jednotlivých variant ošetření.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Charakteristika brambor

Brambory představují jednu z nejvýznamnějších plodin ve výživě člověka a jejich roční produkce dosahuje přibližně 314 milionů tun. Jsou čtvrtou nejdůležitější plodinou hned po pšenici, rýži a kukuřici (Singh et Kaur, 2009).

Španělsko bylo první zemí v Evropě, ve které byly poprvé využity bramborové hlízy dovezené z Jižní Ameriky již v 16. století. U nás se brambory začaly pěstovat na počátku 18. století, ale větší rozmach nastal až v druhé polovině tohoto století. Spotřeba brambor dosáhla svého maxima v roce 1850 a to až 170 kg na osobu a rok. Z důvodu pestřejšího jídelníčku došlo k poklesu spotřeby brambor na 120 kg/osobu/rok v letech 1934–1938 až na dnešních 77 kg na osobu a rok (Vokál et al., 2003).

Vokál et al. (2000) uvádí průměrnou spotřebu konzumních brambor 85 kg na obyvatele a rok, z toho 20 kg tvoří brambory zpracované na potravinářské výrobky.

Brambor hlíznatý (*Solanum tuberosum* L.) patří do rodu lilek (*Solanum* Tourn.) z čeledi lilkovitých (*Solanaceae* Pers.). Brambor hlíznatý, dále pouze brambor, je jednoletá rostlina rozmnožující se vegetativně hlízami nebo generativně semeny. U nás se kulturní brambor rozmnožuje pouze vegetativně hlízami (Rybáček et al., 1988).

Brambory obecně plní tři základní funkce v lidské výživě: objemovou, sytící, ochrannou a jsou tedy významnou součástí jídelníčku (Bárta et Bártová, 2012).

Díky vysokému obsahu škrobu v sušině bramborových hlíz mají převážně sytící účinek. Energetická hodnota je 293 kJ na 100 g brambor, což je oproti rýži (1540 kJ/100 g) až pětikrát méně. Energeticky bohaté jsou až smažené výrobky z brambor, obsahující tuk. Například energetická hodnota bramborových lupínků je 2147 kJ/100 g (Rybáček et al., 1988).

#### 3.1.1 Chemické složení

Hlíza je jediným využitelným orgánem bramborového trsu. Hodnota hlíz pro užitkové směry i zpracování je dána především chemickým složením, které z nich dělá potravinu a surovinu. Průměrné chemické složení bramborových hlíz je uvedeno v Tabulce 1.

Hlízu tvoří voda (76,3 %) a sušina (23,7 %). Nejvýznamnějším aspektem je obsah sušiny, neboť ovlivňuje kvalitu produktu a výnosnost při zpracování. Z hlediska kvality potravinářských výrobků ovlivňuje obsah sušiny především texturu výrobků, u lupínků tedy působí na křupavost. Obsah sušiny pro výrobu bramborových lupínků se uvádí 21–24 %, příliš vysoký obsah způsobuje tvrdost lupínků (Rybáček et al., 1988).

Základní energetickou složkou sušiny je škrob uložený ve formě škrobových zrn tvořených amylózou a amylopektinem v poměru 1:4 (Vokál et al., 2003). Brambory určené ke konzumu a k výrobě potravinářských výrobků obsahují 12–16 % škrobu (Rybáček et al., 1988). Nebílkovinné dusíkaté látky, zejména volné aminokyseliny (nejvíce je zastoupená kyselina asparagová a její amid), mají význam při výrobě smažených produktů, protože mohou reagovat s redukujícími cukry (Bárta et Bártová, 2012).

Rybáček et al. (1988) dělí látky v bramborové hlíze na kalorické a nekalorické. Mezi základní kalorické řadí sacharidy, dusíkaté látky a tuk. Nekalorické látky vytvářejí nutriční hodnotu brambor, podílejí se na chuti a vůni konečného produktu. Do této kategorie lze zařadit polysacharidy (kromě škrobu), vitaminy, enzymy, barviva, dále pak cukry, minerální látky, organické kyseliny, aromatické látky, fenoly a glykosidy.

**Tabulka 1** Chemické složení hlíz bramboru v čerstvé hmotě.

Majoritní složky	(%)	Minoritní složky	(mg/100 g)
Voda	70–82	Vitamin C	8–54
Sušina	18–30	Karotenoidy	0,05–2
Škrob	11–25	Tokoferoly	až do 0,3
Cukry	< 0,5	Polyfenoly	123–441
Vláknina	1–2	Dusičnany	< 50
Dusíkaté látky	1–3	Steroidní	< 20
Bílkoviny	0,5–2	glykoalkaloidy	
Lipidy (tuk)	0,1		
Popeloviny	1,1		

(Bárta et Bártová, 2012)

### 3.1.2 Jednoduché sacharidy v bramborách

Glukóza, fruktóza a sacharóza jsou hlavní jednoduché sacharidy v hlízách brambor. Jejich obsah závisí na odrůdě a skladovací teplotě (Singh et Kaur, 2009). Vedle tří hlavních jsou prokázány i další jako manóza, xylóza, rafinóza, které jsou však bezvýznamné z hlediska vlivu na kvalitu (Rybáček et al., 1988). Monosacharidy glukóza a fruktóza obsažené v hlíze v koncentraci 0,15–1,5 % se považují za redukující cukry, disacharid sacharóza (0,4–6,6 %) je neredukující (Rady et Guyer, 2015).

Vysoké hodnoty redukujících cukrů v bramborách způsobují nežádoucí neenzymatické hnědnutí smažených produktů, což se projevuje hnědým zbarvením i hořkostí výrobků (Rady et Guyer, 2015). Jedná se o Maillardovu reakci, tedy reakci neenzymatického hnědnutí, kde spolu reagují volné aminové skupiny z aminokyselin, peptidů nebo proteinů s karbonylovou skupinou redukujících cukrů (Simpson, 2012). Maximální hodnota redukujících cukrů v hlízách brambor určených pro zpracování na bramborové lupínky se uvádí 0,2–0,3 % (Rady et Guyer, 2015). Singh et Kaur (2009) uvádí obsah redukujících cukrů 0,25–0,5 % jako horní mez u brambor určených pro zpracování na potravinářské výrobky.

Obsah redukujících cukrů úzce souvisí s tvorbou akrylamidu ve smažených výrobcích. Cukry reagují s asparaginem za tvorby akrylamidu. Maximální obsah 1 g/kg redukujících cukrů významně snižuje tvorbu akrylamidu po smažení. Akrylamid, potenciální lidský karcinogen, vzniká při vysokých teplotách nad 120 °C (Singh et Kaur, 2009). Zhu et al. (2010) potvrzují vztah mezi tvorbou akrylamidu a hlavními složkami testovaných odrůd brambor. Výsledky studie ukázaly, že tvorba akrylamidu pozitivně koreluje s fruktózou ( $r = 0,9558$ ) a glukózou ( $r = 0,8260$ ), ale ne s obsahem sacharózy ( $r = 0,0854$ ). Také zde byla významná korelace ( $r = 0,9149$ ) mezi tvorbou akrylamidu a celkovým obsahem cukrů (fruktóza, glukóza a sacharóza). Cukry se stanovují metodou HPLC (Abong et al., 2011).

### 3.1.3 Skladování brambor

Vhodné skladování má za cíl omezit ztráty, které vznikají výparem a dýcháním, ale často i klíčením a některými skládkovými chorobami. Toho lze dosáhnout zajištěním vhodných skladovacích podmínek, kterými jsou optimální teplota, vlhkost a větrání.

Brambory se nejčastěji skladují ve speciálních skladech, v bramborárnách (Vokál et al., 2004).

Během skladování prochází brambory různými fázemi. V první fázi po naskladnění dochází k osušování hlíz při teplotě 10–20 °C po dobu 24–36 hodin. Následuje suberizace, tedy proces zahojení mechanicky poškozených míst na hlíze. Hojení hlíz probíhá při teplotě 12–18 °C, vlhkosti 85–95 % po dobu 2–3 týdnů v závislosti na rozsahu poškození hlíz. Dále přichází na řadu zchlazování hlíz na potřebnou skladovací teplotu, která činí u sadby 2–4 °C, u konzumních brambor 4–7 °C a u brambor určených pro zpracování na výrobky 8–10 °C. Teplota vhaněného vzduchu musí být o 2–5 °C nižší než teplota hlíz. Po vychlazení nastává období klidu hlíz, při kterém se udržuje vhodná teplota dle příslušného užitkového směru a využívá se přirozené dormance (Vokál et al., 2003).

Po sklizni nastává klidové období (dormance), v němž hlíza nevyklíčí ani za příznivých podmínek pro klíčení (18 °C, 90% vlhkost). Dormance začíná ukončením růstu buněk a končí pozorovatelným začátkem klíčení (Vokál et al., 2000).

Nízká teplota (2–4 °C) brání po ztrátě přirozené dormance klíčení hlíz. Nicméně dochází ke sládnutí bramborových hlíz chladem a hromadění redukujících cukrů – glukózy a fruktózy (Vacek, 1998).

Během dlouhodobého skladování může dojít k předčasnému klíčení bramborových hlíz, což má za následek zhoršení jakosti konzumních brambor a také hmotností ztráty v důsledku vysokého odpařování vody z povrchu klíčku (De Carvalho et al., 2006).

Obecně platí optimální teplota 7 °C při skladování suroviny určené pro zpracování na potravinářské výrobky z brambor. Tato relativně vysoká teplota je kompromisem mezi nízkou teplotou, která minimalizuje rozvoj patogenů a prodlužuje vegetační klid a teplotou vyšší, která nezpůsobuje sládnutí hlíz nárůstem redukujících cukrů. Nicméně tato teplota vyžaduje užití inhibitorů klíčení, aby se předešlo hmotnostním a jakostním ztrátám v bramborách (Gómez-Castillo et al., 2013).

Vacek (1998) uvádí doporučovanou skladovací teplotu 8–10 °C pro surovinu na výrobu smažených potravinářských výrobků z brambor ve spojení se syntetickými nebo přírodními inhibitory klíčení.

Přirozeně se vyskytující sloučeniny jsou méně škodlivé pro životní prostředí než chemické produkty a proto by mohly být využity v inhibici klíčení brambor (De Carvalho et al., 2006).

## 3.2 Retardace klíčení

Cílem retardace je zamezit klíčení brambor, které negativně ovlivňuje kvalitu a vzhled hlíz (Vokál et al., 2000). Klíčení způsobuje změny v hmotnosti, struktuře a nutriční hodnotě bramborových hlíz, dále dochází k měknutí, smršťování a tvorbě toxických alkaloidů (Owolabi et al., 2013). Retardace klíčení se využívá u odrůd brambor silně a brzy klíčících, u brambor určených k pozdnímu konzumu a také u brambor určených pro zpracování na výrobky (hranolky, lupínky) (Rasocha et al., 2007).

Omezení či dokonce zabránění klíčení lze zajistit následujícími způsoby:

- Úpravou skladovacích podmínek, a to skladováním za nižších teplot. Nevýhodou je zvýšená tvorba redukcujících cukrů, takže tyto brambory nejsou vhodné pro zpracování na potravinářské výrobky. Problém je i sládnutí hlíz.
- Pěstováním odrůd s dlouhým obdobím dormance.
- Využitím syntetických inhibitorů klíčení, které se aplikují před nebo po sklizni.
- Pomocí přírodních inhibitorů (Vokál et al., 2000).

### 3.2.1 Syntetické inhibitory klíčení

Ze syntetických inhibitorů klíčení jsou nejvíce rozšířené přípravky na bázi chlorprofamu (CIPC; isopropyl N-(3-chlor-fenylkarbamát)) a malein hydrazid (MH) nebo směsi CIPC a profamu (IPC; isopropyl N-fenylkarbamát) (Gopal et al., 2006).

MH se aplikuje na zelenou nať ještě před sklizní, pokud je aplikován příliš brzy, může způsobit abnormality hlíz (drobnohlízost) a v případě pozdního ošetření nemusí být účinný. Malein hydrazid nemá vliv na kvalitu hlíz určených ke zpracování na výrobky z brambor (Gopal et al., 2006). MH je u nás povolen od roku 1996 pod obchodním názvem Fazor. Výhodou je možnost společného či následného skladování sadby ve stejném skladu, protože nedochází k uvolňování účinné látky (Vacek, 1998).

Chlorprofam (CIPC) nebo směsi CIPC a IPC jsou běžně používané inhibitory klíčení v mnoha zemích (Hartmans et al., 1995). Chlorprofam je nejefektivnější posklizňový inhibitor klíčení skladovaných brambor používaný přes 40 let. CIPC inhibuje růst klíčků blokací buněčného dělení v procesu mitózy (Teper-Bamnlker et al., 2010). Přesněji, CIPC přerušuje tvorbu dělicího vřetenka v průběhu buněčného dělení a také blokuje tvorbu hojivého pletiva.

CIPC se aplikuje na již vytríděné a zahojené hlízy ještě před začátkem klíčení (Kleinkopf et al., 2003).

Výhodou CIPC je jeho snadná aplikovatelnost zmlžením do vhněné vzduchu ve skladu brambor. Nevýhodou je jeho stálost v prostředí a také potenciální zdravotní účinky reziduí (chlorovaný uhlovodík). Kvůli stálosti nesmí být skladována sadba na místech, kde byl CIPC aplikován (Vacek, 1998).

U nás je pro chemickou retardaci registrován přípravek NEO-STOP s účinnou látkou chlorprofam, používaný ve formě poprahu hlíz nebo jako termické zmlžování. Retardace výrazně snižuje skladovací ztráty. Ochranná lhůta pro konzumaci hlíz je 60 dní od aplikace (Rasocha et al., 2007).

Podmínky skladování brambor a ošetření CIPC závisí na tom, jestli brambory vstupují na trh jako čerstvá komodita, či jsou určené pro zpracování na mražené výrobky nebo na bramborové lupínky. CIPC je aplikován na velký objem brambor ve formě aerosolu v rozmezí 17–22 mg/kg. Aplikace se provádí po dokončení období hojení, obvykle 2–3 týdny skladování v 10–12 °C. Dvě aplikace CIPC jsou možné, pokud skladovací období přesáhne 8 měsíců. Maximální přípustná dávka je 28 mg/kg CIPC aplikovaného na brambory v jednom skladovacím období (Kleinkopf et al., 2003).

Mnoho zemí omezilo použití syntetických chemických inhibitorů klíčení kvůli reziduí. V posledních letech vzrostl zájem o přírodní sloučeniny, které jsou vnímány jako méně škodlivé k lidem a životnímu prostředí, než syntetické produkty v inhibici klíčení brambor (Baydar et Karadoğan, 2003).

Itálie a skandinávské země omezily použití CIPC jako inhibitoru klíčení požadavkem na nízké koncentrace reziduí (Kerstholt et al., 1997). Spojené státy významně snížily přípustný limit CIPC reziduí na čerstvé brambory z 50 na 30 mg/kg, u brambor na krmení hospodářských zvířat je limit 40 mg/kg. Také Evropská unie snížila přípustný limit CIPS reziduí na 10 mg/kg, ostatní země, jako například Kanada a Austrálie pozměnily jejich maximální reziduální limity. Švédsko je jedna ze zemí, která zakázala použití těchto pesticidů v inhibici klíčení (Gómez-Castillo et al., 2013).

Ve Spojených státech je standardní aplikační dávka CIPC 17 mg/kg pro čerstvé nemyté brambory, ale dávka se může lišit v závislosti na kultivaru, skladovací teplotě a délce plánovaného skladování. Průměrné měřitelné koncentrace reziduí CIPC na ošetřené brambory kolísají mezi 33–50 % aplikovaného produktu. Výsledky analýzy reziduí z komerční aplikace CIPC na hromadu brambor vysokou 5,5 metru ukazují, že nejvíce CIPC reziduí je na dně hromady než na povrchu. Čtvrtý den po aplikaci bylo naměřeno v 0,3 metrech skoro

12 mg/kg CIPC reziduí a v 5,5 metrech něco málo přes 2 mg/kg. Po několika měsících skladování se úroveň reziduí snížila v celé hromadě na stejnou úroveň (Kleinkopf et al., 2003).

Nejpoužívanější metodou v inhibici klíčení skladovaných brambor je aplikace syntetických chemických přípravků s účinnou látkou chlorprofam (CIPC). Avšak kvůli negativnímu vlivu na životní prostředí a lidské zdraví jsou zkoumány alternativní metody retardace klíčení pomocí přírodních sloučenin.

### **3.2.2 Přírodní inhibitory klíčení**

Náhrada syntetických chemických látek látkami přirozeně se vyskytujícími v rostlinách se jeví jako vhodná volba v inhibici klíčení brambor.

Některé těkavé organické látky, zejména terpeny, vykazují efektivní inhibiční působení na růst klíčků (Sorce et al., 1997). Zvláště některé monoterpeny inhibují klíčení bramborových hlíz (Oosterhaven et al., 1995).

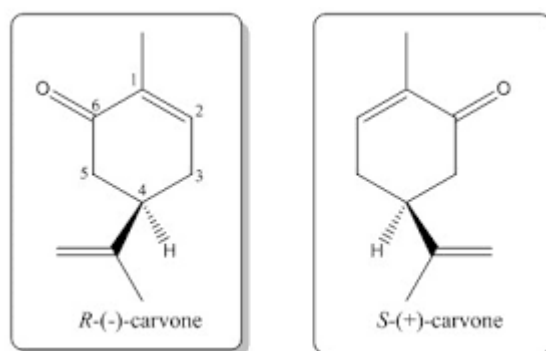
Monoterpeny jsou látky strukturně odvozené od isoprenu, skládají se ze dvou isoprenových jednotek (10 C), mohou být acyklické, monocyklické či bicyklické struktury. Monoterpeny jsou považovány za sekundární metabolity a slouží rostlině jako detoxikační faktory, atraktanty, morforegulátory nebo obranné látky. Těkavost těchto látek způsobuje jejich snadnou identifikovatelnost, také se snadno získávají destilací s vodní párou jako tzv. rostlinné silice. Silice jsou syntetizovány asi u 10 % rostlinných druhů, tvoří charakteristické aroma, které závisí na absolutní konfiguraci hlavních monoterpenů v rostlině. Monoterpeny tvoří majoritní část rostlinných silic (Dvořáková et al., 2011).

Silice jsou přírodní těkavé směsi extrahované z různých částí rostliny a jsou složeny z terpenů. Obvykle se získávají vodní či parní destilací (Seow et al., 2014). Mohou se nazývat také esenciální nebo éterické oleje. Každá silice většinou obsahuje 1–5 majoritních látek, které jsou typické pro danou rostlinu (Pavela, 2011).

### **Karvon**

Monoterpen karvon se po staletí získává jako hlavní složka silice kmínu, kopru a máty. Karvon se vyskytuje ve dvou enantiomerech, jejich struktura je zobrazena

na Obrázku 1. D-karvon nebo (4S)-(+)-karvon má charakteristickou vůni po kmínu, zatímco L-karvon či (4R)-(-)-karvon voní po máté (De Carvalho et al., 2006).



**Obrázek 1** Struktura enantiomerů karvonu (<https://chempics.wordpress.com/tag/carvone/>).

Kmín kořený (*Carum carvi*) je jedno z nejstarších koření přirozeně se nacházející v severní a střední Evropě, na Sibiři, Turecku, Íránu, Indii a severní Africe. Vyskytují se dvě formy kmínu, které se liší obsahem účinných látek. Dvouletý kmín obsahuje 3–7 % silice, zatímco jednoletý pouze 2–3 %. Hlavními složkami kmínové silice jsou D-karvon (50–70 %) a limonen (2–30 %) (De Carvalho et al., 2006). Baydar et Karadoğan (2003) určili obsah účinných látek v silici kmínu kořeného metodou plynové chromatografie. Výsledkem analýzy byla identifikace následujících složek v silici: D-karvon (54,9 %), D-limonen (40,3 %) a neznámé složky 2,5 %. Čížková et al. (2000) uvádí, že inhibiční účinek byl zjištěn pouze v případě D-karvonu nikoli limonenu. Dalším zdrojem D-karvonu jsou semena kopru vonného (*Anethum graveolens*), která obsahují 2,3–3,5 % silice, z toho 40–60 % tvoří monoterpen D-karvon. Divoce rostoucí kopr obsahuje 0,4–0,8 % silice, z toho 40 % zastává D-karvon, 32 % limonen a 20 % felandren. Z máty kadeřavé (*Mentha spicata*) se získává aktivní látka L-karvon, a to v obsahu 60–70 % v silici (De Carvalho et al., 2006).

Karvon je velmi těkavá aktivní látka, která působí v plynné fázi. Výhodou je snadný způsob aplikace a distribuce. Nevýhodou je postupný pokles koncentrace karvonu ve skladovacím zařízení (Čížková et al., 1998). Inhibiční účinek D-karvonu je přímo závislý na jeho koncentraci (Sorce et al., 1997). Avšak mechanismus působení D-karvonu v inhibici klíčení není dosud plně objasněn. Byl popsán specifický účinek D-karvonu na 3-hydroxy-3-methylglutaryl koenzym A reduktázy, která je klíčovým enzymem v mevalonátové cestě. Při poklesu aktivity tohoto enzymu dochází současně k inhibici klíčení (Oosterhaven et al., 1995a).



D-karvon byl poprvé komerčně využit v Holandsku (1994), kde vznikl preparát Talent připravený na základě kmínové silice. Aktivní látkou je čistý D-karvon aplikovaný zmlžováním v dávce 75–100 ml/t v intervalu čtyř až šesti týdnů. Nevýhodou je opakovaná aplikace, a tím i vyšší cena retardace oproti klasickému ošetření syntetickými inhibitory (Čížková et al., 2000).

Inhibiční účinek D-karvonu byl zkoumán v mnoha studiích a jak už bylo řečeno, je závislý na jeho koncentraci. Koncentrace karvonu  $1,43 \text{ mmol} \times \text{mol}^{-1}$  byla nedostatečná v kontrole klíčení i přesto, že byl karvon doplňován každé dva týdny. Hlízy ošetřené karvonem v koncentraci  $7,15 \text{ mmol} \times \text{mol}^{-1}$  nejevily žádné známky rozvoje klíčení po dobu šesti měsíců skladování v boxech (Sorce et al., 1997). Čížková et al. (2000) uvádějí jako dostatečnou koncentraci a četnost ošetření variantu výparu 0,1 ml kmínové silice na kilogram hlíz doplňované v šestitýdenních intervalech. Hartmans et al. (1995) ve své studii aplikovali čistý D-karvon (95%) v dávce 50–100 ml/1000 kg brambor také každých šest týdnů. Tato varianta ošetření vykazovala stejné i lepší výsledky v inhibici klíčení v porovnání s IPC/CIPC. To samé uvádí De Carvalho et al. (2006) a navíc dodávají, že karvon oproti IPC/CIPC působí antifugálně proti *Fusarium sulphureum*, *Phoma exigua* var. *foveata* a *Helminthosporium solani*. A na závěr ještě Oosterhaven et al. (1995a) uvádí, že po odstranění D-karvonu dochází k opětovnému růstu klíčků, inhibice růstu je tedy reverzibilní.

Aplikace karvonu na hlízy skladované při teplotě 5 °C neovlivňuje obsah cukrů. Po 68 dnech skladování při 10 °C vzrostl obsah fruktózy a klesla sacharóza. Po 4 měsících skladování nebyly zaznamenány žádné rozdíly v obsahu cukrů (Karanisa et al., 2015). Z hlediska kvality zpracování Hartmans et al. (1995) uvádí, že ošetření karvonem nemá vliv na kvalitu hranolků. Brambory ošetřené CIPC a karvonem vykazovaly stejné indexy barvy hranolků. Ke stejnému výsledku z hlediska senzorického vnímání ošetřených hlíz karvonem dospěli Čížková et al. (2000) a potvrzují, že aplikace karvonu nemá vliv na chuť ani barvu vařených hlíz bramboru.

Vacek (1998) uvádí výsledky skladovacích ztrát u tří variant ošetřených hlíz skladovaných v 10 °C. Jedná se o variantu neošetřenou, s jednorázovou aplikací CIPC a s opakovanou aplikací kmínové silice výparem po 14 dnech. Ztráty klíčením po 112 dnech u neošetřené varianty činily 7,5 %, u CIPC 0 % a u silice 0,4 %, což bylo způsobeno únikem silice z mikrotenového sáčku. Ztráty klíčením se snížili u pokusu v plastových nádobách s těsnícím víkem na 4,2 % u neošetřené varianty a na nulové ztráty u varianty se silicí.

Nejenom D-karvon, ale i L-karvon inhibuje růst klíčků u bramborových hlíz. L-karvon je hlavní složkou mátové silice, a to v obsahu až 73 % dle Teper-Bamnlker et al. (2010).

Dále uvádějí, že měsíční ošetření mátovou silicí aplikované tepelným zmlžováním zabraňuje klíčení po dobu 6 měsíců u všech ošetřených odrůd. Oosterhaven et al. (1995b) se shodují na inhibičním účinku L-karvonu, nicméně uvádějí odlišnost obou izomerů v rychlosti inhibice růstu klíčků. D-karvon působí dříve než L-karvon. To může být vysvětleno rychlejší absorpcí, protože koncentrace D-karvonu a jeho derivátů v prvních čtyřech dnech po ošetření byla dvakrát vyšší v porovnání s L-karvonem.

## **Ostatní přírodní látky**

Stále více jsou prozkoumávány inhibiční vlastnosti širokého spektra terpenických látek. Jedná se hlavně o monoterpeny, které jsou majoritní součástí rostlinných silic a vykazují efektivní inhibiční působení na růst klíčků. Kromě již známého inhibičního efektu D-karvonu získávaného z *Carum carvi* jsou studovány i jiné rostliny s obsahem účinných látek.

Gómez-Castillo et al. (2013) ve své práci zkoumali inhibiční efekt silic použitých z následujících aromatických rostlin: kmín (*Carum carvi*.), máta peprná (*Mentha piperita*), koriandr (*Coriandrum sativum*) a eukalyptus (*Eucalyptus globulus*). Procentuální zastoupení hlavních komponentů v rostlinných silicích je uvedeno v Tabulce 2. Silice byly aplikovány ve formě par, a to v koncentraci 230 ml/l pro eukalyptus a koriandr, 155 ml/l pro mátu peprnou a kmín. Silice máty peprné vykazovala nejefektivnější inhibiční účinek u obou ošetřených odrůd, které klíčily z 5 a 14 % na konci skladovacího období (70 dní). Efektivní inhibiční účinek byl objeven i u silice koriandru, kde klíčení začalo až na konci skladovacího období, tedy 55. a 70. den po ošetření. Kmínová silice vykazovala mírný inhibiční účinek. Silice eukalyptu se jeví jako nejslabší inhibitor, klíčení začalo již 10. den po ošetření a maxima dosáhlo 25. den skladování. Na základě trojúhelníkového testu senzorické analýzy nemají použité silice z máty peprné, koriandru či kmínu vliv na smyslové vnímání brambor.

**Tabulka 2** Hlavní komponenty silic vybraných aromatických rostlin.

Název rostliny	Hlavní složky silice (%)
<i>Carum carvi</i>	D-karvon (50–60), limonen (25–30)
<i>Eucalyptus globulus</i>	1,8-cineol > 80, limonen (2–10), $\alpha$ -pinen (1–5), $\beta$ -pinen (0,5–2)
<i>Mentha piperita</i>	mentol (40–45), menton (20–30), d-mentofuran (0,5–5), limonen (1–3), pulegon (0,5–2)
<i>Coriandrum sativum</i>	linalol > 50, pineny (5–10), camfor (5–10), limonen (1–5), geraniol (1–5)

(Gómez-Castillo et al., 2013)

Další studie zkoumala relativní rychlost odpařování rostlinných silic z těchto rostlin: *Monodora myristica*, *Cymbopogon citratus*, *Chenopodium ambrosioides*, *Lippia multiflora* a *Zingiber officinale*. Inhibiční účinek silic aplikovaných na brambory s délkou klíčků 3 mm byl vyhodnocen na základě délky klíčků 14 a 28 dní po aplikaci. Byly prokázány signifikantní rozdíly v délce klíčků u neošetřených hlíz a brambor ošetřených silicemi. Po 14 dnech byla délka klíčků kratší u hlíz ošetřených *L. multiflora* a *C. citratus* oproti hlízám ošetřených silicemi *C. ambrosioides*, *M. myristica* a *Z. officinale*. Nicméně po 28 dnech *Z. officinale* vykazoval největší aktivitu v potlačení růstu klíčků s délkou 5,65 mm (Owolabi et al., 2013).

V podmínkách *in vitro* Baydar et Karadoğan (2003) testovali účinky deseti silic a jejich hlavních komponentů v inhibici klíčení brambor. Zdroje a hlavní složky rostlinných silic jsou uvedeny v Tabulce 3. Jako nejefektivnější inhibitory byly určeny silice získané z dobromysli (*O. onites*), růže damascénské (*R. damascena*), kmínu (*C. carvi*), máty peprné (*M. piperita*), *E. tuneifolia* a koriandu (*C. sativum*). Karvakrol, citronellol, geraniol, nerol a D-karvon mají nejúčinnější inhibiční efekt na růst klíčků.

**Tabulka 3** Zdroje rostlinných silic a zastoupení jednotlivých složek.

Název rostliny	Hlavní složky silice (%)
<i>Carum carvi</i>	D-karvon (54,9), D-limonen (40,3), neznámé (2,5)
<i>Coriandrum sativum</i>	linalol (76,5), $\alpha$ -pinen (10,8), geranylacetát (1,9)
<i>Echinophora tenuifolia</i>	$\alpha$ -feladren (45,9), m-eugenol (29,5), p-cymen (24,4)
<i>Foeniculum vulgare</i>	anetol (76,4), limonen (7,7), fenchon (3,3)
<i>Lavandela hybrida</i>	linalylacetát (37,6), linalol (22,6), citronellool (9,5)
<i>Mentha piperita</i>	mentol (44,1), menton (29,5), mentylacetát (3,8)
<i>Origanum onites</i>	karvakrol (78,2), $\gamma$ -terpinen (4,3), borneol (3,1)
<i>Rosa damascena</i>	citronellool (46,7), geraniol (23,3), nerol (11,9)
<i>Rosmarinus officinalis</i>	kafr (40,6), 1,8-cineol (27,8), borneol (5,4)
<i>Salvia officinalis</i>	thujon (42,1), kafr (19), bornylacetát (19,4)

(Baydar et Karadoğan, 2003)

Monoterpeny 1,4-cineol, 1,8-cineol, fenchon a terpinen-4-ol byly určeny jako extrémně účinné v inhibici klíčení bramborových hlíz (Vaughn et Spencer, 1991).

### 3.3 Bramborové lupínky

Bramborové lupínky, známé také jako chipsy, jsou velice oblíbené smažené výrobky (snacky) rozšířené po celém světě (Kita, 2002; Kita et al., 2007; Salvador et al., 2009). Výroba bramborových lupínek se datuje od roku 1853 ve Spojených státech, kde byly vynalezeny (Kaur et al., 2008). V mnoha studiích se bramborové lupínky definují jako tenké plátky brambor, které jsou smažené do křupava. Pedreschi et al. (2007) navíc uvádí, že se jedná o tenké plátky brambor o tloušťce 1,27–1,78 mm, které jsou smažené na obsah oleje 33–38 g/100 g a Abong et al. (2011) dodávají, že lupínky jsou smažené na konečný obsah vlhkosti  $\leq 2$  %. Salvador et al. (2009) charakterizují lupínky jako smažené či pečené plátky brambor, které mohou být pouze solené nebo ochucené širokou paletou různých přípravků (bylin, koření, sýrů).

Výběr správné odrůdy je důležitý předpoklad k dosažení požadované kvality bramborových hlíz určených pro zpracování na potravinářské výrobky. U hlíz určených pro výrobu lupínek se požaduje vysoká výtěžnost, oválný tvar hlíz, ale také se sleduje úroveň

redukujících cukrů, obsah sušiny, obsah škrobu, klíčení ve skladu (délka dormance), skladovatelnost a v poslední době i obsah volné aminokyseliny asparaginu (Vokál et al., 2013). Specifické požadavky na kvalitu brambor pro produkci smažených lupínků uvádí i Bárta et Bártová (2012) následovně: hlízy kulovitého tvaru o velikosti 40–60 mm, se sušinou nad 22 % a obsahem redukujících cukrů pod 0,3 %. Významné odrůdy pro zpracování na smažené bramborové lupínky jsou Lady Claire, Saturna, Albatros a Priamos (Vokál et al., 2013). Honsová (2011) navíc uvádí jako vhodnou odrůdu na lupínky Pandoru a Arabelu.

### 3.3.1 Výroba

Průmyslová výroba bramborových lupínků začíná příjmem výchozí suroviny – tedy brambor, které jsou před vlastním zpracováním ještě skladovány při teplotě 7–10 °C co nejkratší dobu. Dalším krokem je praní hlíz z důvodu odstranění povrchových nečistot. Dále probíhá loupání brambor (abrazivní loupání soustavou rotujících brusných válců nebo nožové loupání) a následná inspekce s cílem odstranění nevyhovujících hlíz. Čerstvě oloupané brambory se stabilizují blanširováním. Po těchto předběžných operacích se brambory krájí na požadovaný tvar (tenké plátky), pak se třídí nevyhovující kousky na třídičkách a následuje oplach vodou za účelem odstranění přebytečného škrobu. Dále se lupínky suší proudem vzduchu a smaží na kontinuálních pánvích při teplotě okolo 170 °C. Po vychlazení se lupínky solí či ochutí různými dochucovacími přípravky. Konečný krok je balení, skladování a distribuce hotových výrobků (Vokál et al., 2013). Stejný postup zpracování brambor uvádí i Pederschi et al. (2007).

Mnoho studií se věnuje problematice bramborových lupínků, ve kterých je uveden postup přípravy vlastních lupínků. Jedná se například o specifické předúpravy před smažením či teplota a délka smažení.

Tloušťka bramborových lupínků nejčastěji pohybuje v rozmezí 1–2 mm. Na základě studií toto rozmezí uvádějí Abong et al. (2011), jejichž plátky byly tlusté 1,0; 1,5 a 2 mm. Segnini et al. (1999) krájeli plátky 1,6 mm tlusté a Kaur et al. (2007) uvádějí tloušťku plátků až 2,5 mm.

Proces blanširování zlepšuje barvu a texturu výrobku a také snižuje absorpci oleje tvorbou gelu z povrchového škrobu (Pedreschi et al., 2007). Blanširování také výrazně snižuje obsah glukózy a asparaginu v bramborových lupínkách, což vede k výraznému snížení tvorby

akrylamidu po usmažení (Pedreschi et al., 2004). Kaur et al. (2008) potvrzují, že blanširování plátků brambor při teplotě 85 °C po dobu 3 minut zvyšuje zadržování vody, snižuje obsah oleje po usmažení a také zvyšuje sílu potřebnou ke zlomení lupínků. Jiný způsob předúpravy zvolili Basuny et al. (2009), kteří namáčeli plátky brambor v 10% roztoku NaCl, ale například Pedreschi et al. (2007) zvolili pouze 3% roztok NaCl, ve kterém namáčeli již blanširované plátky po dobu 5 minut při teplotě 25 °C. Nejjednodušší způsob k odstranění povrchového škrobu je promýváním plátků lupínků ve studené vodě (Abong et al., 2011; Kita et al., 2007; Pedreschi et al., 2007). Avšak Kita (2002) ve své studii plátky brambor nejprve promývá ve studené vodě a následně ještě blanširuje při 75 °C po dobu 2 minut.

Dalším krokem v přípravě bramborových lupínků už je samotné smažení, které úzce souvisí s tvorbou akrylamidu. Obsah akrylamidu v lupínkách se zvyšuje s délkou smažení a rychlost jeho tvorby se zvyšuje s teplotou, nejvyšší je při teplotě 180 °C (Granda et al., 2004). Ke stejnému závěru dospěli ve své studii i Pedreschi et al. (2004), kteří uvádí dramatický pokles tvorby akrylamidu při snížení teploty smažení ze 190 °C na 150 °C. Nejčastěji použitá teplota a délka smažení se uvádí v rozmezí 170–185 °C po dobu 2 minut (Abong et al., 2011; Basuny et al., 2009; Segnini et al., 1999, Kita, 2002). Některé studie neuvádí jednotnou délku smažení, ale zvoleným kritériem je obsah vlhkosti. Například Kita et al. (2007) smažili lupínky na obsah vlhkosti pod 2 % a Pedreschi et al. (2007) pod 1,8 %.

Jako nejpoužívanější oleje na smažení bramborových lupínků se uvádí palmový olej a jeho frakce, slunečnicový, řepkový a sójový olej. Velmi populární jsou také hydrogenované rostlinné oleje, které zvyšují termo-oxidační stabilitu (Kita et al., 2007). Na smažení bramborových lupínků byl použit i olej bavlníkový (Kaur et al., 2007) nebo kukuřičný (Abong et al., 2011).

Vedle klasického smažení za atmosférického tlaku je předmětem zkoumání také smažení v podmínkách vakua. Gorayo et Moreira (2002) porovnávali obsah oleje v lupínkách smažených klasicky (165 °C) a za vakua (teplota: 118, 132, 144 °C a tlak: 16,661; 9,888; 3,115 kPa). Dle získaných výsledků byl obsah oleje nižší v lupínkách smažených v podmínkách vakua. Vlivu vakuového smažení na snížení tvorby akrylamidu v bramborových lupínkách se věnovali Granda et al. (2004). V experimentu porovnávali klasické smažení při teplotách 150, 165 a 180 °C se smažením v podmínkách vakua při nižších teplotách 118, 125 a 140 °C a tlaku 10 Torr. Při snížení teploty smažení ze 180 °C na 165 °C se obsah akrylamidu snížil o 51 % a při poklesu teploty ze 140 °C na 125 °C se u vakuového smažení akrylamid snížil o 63 %.

### 3.3.2 Kvalitativní parametry bramborových lupínků a jejich hodnocení

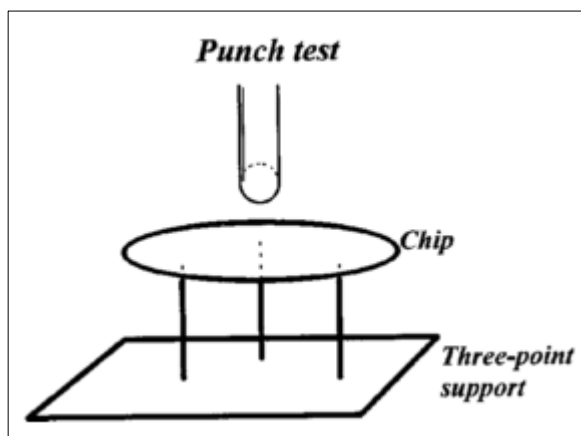
Z hlediska kvality bramborových lupínků se jako nejdůležitější parametr uvádí textura, která posouvá do pozadí jiné kvalitativní parametry jako je barva, vůně nebo chuť.

Textura je smyslový a funkční projev strukturálních, mechanických a povrchových vlastností potravin, které jsou vnímatelné zrakovým, sluchovým, dotykovým a pohybovým receptorem. Smyslově může být vnímána a popsána pouze lidmi. Přístrojová měření neumožňují podat úplný obraz o této komplexní kvalitě, protože lze měřit pouze vybrané fyzické atributy. Textura je nepochybně důležitá vlastnost, která ovlivňuje senzorické vnímání potravinářských výrobků (Jaworska et Hoffmann, 2008).

Textura bramborových lupínků se nejčastěji popisuje z hlediska křupavosti a tvrdosti (Salvador et al., 2009). Na tom se shoduje také Taniwaki et al. (2010) či Kita (2002), který navíc dodává, že textura výrobku závisí na kvalitě výchozí suroviny, hlavně na obsahu škrobu, potom také na neškrobových polysacharidech a dusíkatých látkách a v neposlední řadě i na technologických parametrech použitých v průběhu výroby. Dále byl prokázán vliv použitého oleje při smažení na texturu bramborových lupínků (Kita et al., 2007). Zjistili, že smažení v řepkovém oleji způsobuje křupavější texturu lupínků oproti dalším analyzovaným fritovacím olejům. Pedreschi et Moyano (2005) potvrzují, že předsušení (v peci při 60 °C) blanširovaných plátků brambor významně zvyšuje křupavost lupínků a snižuje obsah oleje. Také zjistili, že nižší teplota smažení způsobuje vyšší křupavost bramborových lupínků. V další studii Pedreschi et al. (2007) namáčeli blanširované plátky brambor v NaCl při 25 °C po dobu 5 minut, což mělo vliv na zvýšení křupavosti. Abong et al. (2011) ve svém experimentu zkoumali vliv tloušťky plátků a teploty smažení na texturu bramborových lupínků, vyjádřenou jako maximální síla, vyrobených ze čtyř keňských odrůd brambor. Zjistili, že mezi hodnocenými odrůdami nebyl významný rozdíl v textuře lupínků. Avšak, se zvyšující se teplotou, došlo k významnému navýšení maximální síly nutné ke křupnutí lupínků. A také se zvyšující se tloušťkou plátků dochází k významnému navýšení síly použité k deformaci lupínků. U tloušťky plátku 1 mm byla naměřena síla 0,06 N, u tloušťky 1,5 mm 0,22 N a u 2 mm se jednalo o maximální sílu 0,34 N. Kita et al. (2007) uvádí, že teplota smažení nemá významný vliv na texturu bramborových lupínků vyrobených ze slunečnicového, sojového, palmového a modifikovaného oleje. Největší proměnlivost textury zaznamenali u olivového oleje. Při teplotě smažení 150 °C byly lupínky nejtvrdší (30,26 N) a při teplotě 190 °C byly nejkřehčí (15,43 N). Dále uvádí, že lupínky smažené

v řepkovém oleji měly více křehkou a méně tvrdou texturu oproti ostatním analyzovaným olejům.

Texturu, jako hlavní kvalitativní parametr bramborových lupínků, lze hodnotit senzoričky (subjektivní hodnocení), ale i přístrojově (objektivní hodnocení). Segnini et al. (1999) testovali texturu bramborových lupínků za použití univerzálního testovacího přístroje Instron. K testu použili třibodový podstavec (Obrázek 2), na kterém byl umístěn lupínek, kde vzdálenost mezi jednotlivými body byla 15 mm a průměr byl 5,3 mm a rychlost 60 mm/min. Maximální síla potřebná k rozbití lupínku byla měřena z křivky síly lomu, která byla zaznamenána počítačovým softwarem. Maximální síla zlomení byla v oblasti 2–4 % obsahu vlhkosti. Pedreschi et Moyano (2005) měřili texturu provedením vlačovacího testu sondy na texturním detektoru TA.XT2 dle metodiky Segnini et al. (1999). Parametr maximální síly (MF) získali pomocí softwaru Expert ze síly versus vzdálenosti křivek. Maximální síla se definuje jako síla, při které sonda pronikne vnější vrstvou bramborového lupínku.



**Obrázek 2** Třibodová podpora k instrumentálnímu měření textury (Segnini et al. 1999).

K hodnocení kvalitativních parametrů potravin se nejčastěji využívá senzoričky hodnocení, tedy posuzování lidskými smysly. Mezi základní posuzované senzoričky charakteristiky u bramborových lupínků patří vzhled, barva, chuť, vůně a textura. Na základě prostudovaných článků je senzoričky hodnocení bramborových lupínků různé. Například Salvador et al. (2009) zvolili hodnocení bramborových lupínků z hlediska intenzity. Atributy tvrdost a křupavost byly hodnoceny na 10 cm nestrukturované úsečce označené 0 (nízké) a 10 (vysoké). Senzoričky panel tvořilo devět zkušených hodnotitelů v oblasti křupavých výrobků. Testování probíhalo v senzoričky laboratoři dle normy ISO 1988, šest vzorků bramborových lupínků bylo podáváno v náhodném pořadí na plastových miskách označených



trojmístným kódem. Instrukce k vyhodnocení tvrdosti byla rozkousat řezáky celý lupínek až do zlomení a hodnotit odolnost materiálu. Pro křupavost byl pokyn zhodnotit vše během žvýkání, kvalitu a množství vydaného zvuku, deformovatelnost a křehkost. Abong et al. (2011) provedli sensorické hodnocení bramborových lupínek z hedonického hlediska. Dvacet zkušených panelistů hodnotilo chuť, olejnatost, a celkovou přijatelnost na sedmibodové hedonické stupnici. Bod 1 (nechutná) až bod 7 (chutná velice). Hodnocení 4 byl limit pro celkovou přijatelnost. Basuny et al. (2009) zvolili sensorické hodnocení vlastních bramborových lupínek z různých odrůd brambor v porovnání s komerčními lupínky. Vyškolený panel dvaceti hodnotitelů prováděl hodnocení lupínek dvakrát, průměrné hodnoty byly použity pro vyhodnocení. Vzorky se hodnotili na desetibodové škále (1, 2: špatné, 3, 4: chabé, 5, 6: slušné, 7, 8: dobré a 9, 10 vynikající). Hodnotitelé měli za úkol ohodnotit chuť, texturu, vzhled, barvu, vůni a celkovou přijatelnost náhodně předložených kódovaných vzorků bramborových lupínek.

Kita (2002) ve své studii provedl instrumentální měření textury a výsledky pak srovnal s organoleptickými vlastnostmi. Nejtvrďší lupínky byly vyrobené z odrůdy Panda (26,34 N) a odrůda Ania (15,87 N) vykazovala nejnižší tvrdost lupínek. Na základě sensorického hodnocení textury byly nejlépe hodnoceny lupínky z odrůdy Panda a nejhůře dopadly lupínky z odrůdy Ania. Lupínky s vyšší tvrdostí (instrumentálně stanovené) byly sensorickými hodnotiteli bodovány lépe než lupínky s nižší tvrdostí.

## 4 Materiál a metody

### 4.1 Brambory a jejich skladování

K experimentu na diplomovou práci byly použity brambory odrůdy Vladan. Jedná se o průmyslovou odrůdu určenou pro zpracování na smažené výrobky a pro výrobu škrobu. Hlízy jsou oválné, se žlutou dužinou a středním až vysokým obsahem škrobu.

Brambory byly skladovány ve sklepě při 7 °C, což je ideální teplota pro brambory určené na výrobu bramborových lupínků. Při této teplotě nedochází ve významné míře ke sládnutí hlíz nárůstem redukujících cukrů, avšak je nutné užití inhibitorů klíčení.

### 4.2 Ošetření skladovaných brambor

K ošetření skladovaných brambor byl použit čistý D-karvon (od společnosti První jílovská a.s.), který je hlavní složkou kmínové silice. Tento monoterpen je známý jako přírodní inhibitor klíčení brambor, avšak jsou nutné opakované aplikace k dosažení požadovaného účinku.

Ošetření skladovaných brambor bylo provedeno ve speciálně upraveném plynovém chromatografu. Brambory byly naskládány do skleněného kvádrů, který svou velikostí odpovídal velikosti pece chromatografu. Mezery mezi skleněným kvádrem a stěnami chromatografu byly utěsněny silikonovými páskami. Topné těleso bylo ovinuto filtračním papírem, na který bylo aplikováno potřebné množství karvonu (dle varianty ošetření). Zahřátím topného tělesa došlo k odpaření karvonu do prostoru komory (kontrola provedena zvážením filtračního papíru před a po aplikaci). Ventilátor umístěný v komoře zajistil rovnoměrné rozptýlení karvonu do celého prostoru, ve kterém byly umístěny ošetřované brambory. Při ošetření bylo postupováno od nižší koncentrace k té vyšší a mezi jednotlivými variantami byl chromatograf vyčištěn technickým lihem. Jednotlivé ošetření probíhalo po dobu deseti minut, topné těleso bylo nastaveno na 150 °C a teplota komory byla 40 °C. V pokusu byly zvoleny 3 varianty ošetření, každá ve třech opakováních. Na počátku experimentu bylo v každém opakování 40 hlíz, které byly postupně ošetřovány. První varianta byla kontrolní, brambory ošetřeny pouze horkým vzduchem v chromatografu. Ostatní varianty byly ošetřeny D-karvonem o koncentraci 8 µl/l a 32 µl/l. Objem komory činil

20,6 litru. Při variantě ošetření 8 µl/l bylo na filtrační papír aplikováno 165 µl D-karvonu, které se odpařilo do komory na kilogram ošetřovaných hlíz. Při variantě 32 µl/l bylo aplikováno 659 µl D-karvonu. Ošetření skladovaných brambor bylo opakováno vždy po 3 týdnech, celkově proběhlo čtyřikrát. Ošetřené brambory byly skladovány v igelitových sáčcích, aby nedocházelo k odpařování karvonu. Po každém ošetření byly brambory ihned uloženy zpět do sklepa.

Pro ověření inhibičního účinku D-karvonu bylo z každé varianty ošetření náhodně vybráno dvacet brambor z každého opakování, celkem tedy bylo hodnoceno 60 hlíz brambor. Byl zjišťován počet živých klíčků a jejich délka a také počet odumřelých klíčků na hlízách brambor.

### **4.3 Výroba bramborových lupínků**

Bramborové lupínky byly vždy smaženy třetí týden od ošetření skladovaných brambor, ještě před dalším ošetřením. Výroba bramborových lupínků probíhala na Katedře rostlinné výroby. Byly použity skladované brambory, které byly neošetřené a ošetřené D-karvonem o koncentraci 8 µl/l a 32 µl/l. První fází výrobního procesu bylo mytí brambor, loupání a následné krájení brambor na elektrickém kráječi na stejně silné plátky o tloušťce 1,5 mm. K odstranění přebytečného škrobu byly plátky brambor promývány ve studené vodě a dále vysušeny buničinou. Stejně množství plátků brambor (150 g) bylo postupně smaženo ve fritovacím zařízení při teplotě 180 °C po dobu 3 minut. Na každé opakování bylo použito zhruba 300 g syrových brambor. Jako fritovací olej byl použit olej řepkový. Hotové bramborové lupínky se nechaly odkapat, aby došlo k odstranění přebytečného oleje. V poslední fázi byly vychladlé bramborové lupínky zabaleny do sáčku naplněného dusíkem (Obrázek 3) a každá varianta provedená ve třech opakováních byla řádně označena. Lupínky byly následně použity k senzorické analýze a instrumentálnímu měření textury.



**Obrázek 3** Hotové bramborové lupínky (foto: Dana Gildainová).

#### **4.4 Instrumentální měření textury**

K objektivnímu určení textury bramborových lupínků byl použit univerzální testovací přístroj Instron 3342. Tento přístroj umožňuje testování materiálu v tlaku. Pro testování textury byl použit test vlačování (puncture test), který se řadí mezi rychlé a univerzální testy pro stanovení textury různých potravin.

Dle metodiky Segnini et al. (1999) byla vytvořena speciální podložka se třemi hroty (Obrázek 4), na které byl lupínek během testu položen. Vzdálenost mezi jednotlivými hroty byla 1,5 cm. Samotné testování na přístroji Instron mělo dvě fáze. V první fázi (předtestové) se hrot přibližoval k lupínku konstantní rychlostí 120 mm/min. Při prvním dotyku sondy na lupínek (při síle 0,1 N) byl zahájen samotný test. Došlo ke snížení zkušební rychlosti na 60 mm/min. Na záznamovém zařízení byla vykreslena křivka deformace v závislosti síly na čase.

Významným faktorem byla maximální síla, která byla nutná ke křupnutí bramborového lupínku. Tato veličina ( $F_{max}$ ) byla naměřena při proniknutí sondy (hrotu) bramborovým lupínkem, kdy došlo k jeho deformaci. Dále byla zjištěna deformace lupínku v milimetrech, než došlo k jeho křupnutí. Deformace byla počítána od prvního dotyku hrotu na lupínek po jeho křupnutí (tedy do  $F_{max}$ ).

Pro hodnocení textury bylo z každé varianty ošetření náhodně vybráno deset bramborových lupínků, které byly podrobeny testu.



**Obrázek 4** Tříbodová podpora pro instrumentální měření textury bramborových lupínků  
(foto: Dana Gildainová).

## 4.5 Stanovení redukujících cukrů metodou Luffa-Schoorla

Principem této metody je reakce redukujících cukrů, které redukují za varu v alkalickém prostředí měďnatou sůl na oxid měďný. Nezareagovaný přebytek měďnaté soli se stanovuje jodometricky. Tato metoda se pro svou přesnost používá pro stanovení cukrů v potravinářských surovinách rostlinného původu.

### **Použité chemikálie:**

Carrezovo čířidlo I (síran zinečnatý): Bylo naváženo 30 g heptahydrátu síranu zinečnatého, který byl rozpuštěn ve 100 ml odměrné baňce v destilované vodě a po úplném rozpuštění byl doplněn po rysku.

Carrezovo čířidlo II (ferrokyanid draselný): Bylo naváženo 15 g trihydrátu hexakynoželeznanu draselného, který byl rozpuštěn ve 100 ml odměrné baňce v destilované vodě a po úplném rozpuštění byl doplněn po rysku.

Luffův roztok: Bylo naváženo 388 g krystalického uhličitanu sodného, který byl rozpuštěn v 300 ml vody. Roztok byl převeden do 1000 ml odměrné baňky a po ochlazení byl přidán roztok kyseliny citronové (50 g kyseliny citronové bylo rozpuštěno v 50 ml destilované vody) a roztok síranu měďnatého (25 g síranu měďnatého bylo rozpuštěno v 100 ml destilované vody). Obsah baňky byl promíchán a doplněn destilovanou vodou po rysku.

Thiosíran sodný p.a.: 0,1 M roztok byl připraven navážením 24,818 g pentahydrátu thiosíranu sodného, který byl rozpuštěný v 1000 ml odměrné baňce v destilované vodě a po úplném rozpuštění byl doplněn po rysku.

Další chemikálie: kyselina sírová (25% roztok), jodid draselný p.a., škrobový indikátor (2% roztok rozpustného škrobu byl povařen po dobu 3 minut).

**Příprava vzorku:** Pro stanovení redukujících cukrů bylo nutné nejdříve připravit ethanolový výluh. Bylo naváženo 10 g syrových brambor, které byly jemně rozemlety. Rozemletý vzorek brambor byl převeden do 250 ml odměrné baňky, do které bylo přidáno 125 ml 80% ethanolu. Obsah baňky byl zahříván po dobu jedné hodiny na vroucí lázni za občasného promíchávání krouživým pohybem. Potom se baňka nechala odstát 5 hodin. Po této době byl obsah baňky doplněn po rysku 80% ethanolem, obsah byl promíchán, nechal se usadit a čirý roztok byl zfiltrován. Filtrát byl odpipetován do 250 ml kádinky a ethanol byl odpařen na vodní lázni. Zahuštěný obsah byl potom převeden do 200 ml odměrné baňky, ochlazen a za stálého míchání byly po kapkách přidány 3 ml Carrezova čířidla I a poté 3 ml Carrezova čířidla II. Obsah baňky byl promíchán, doplněn ke značce a po několika minutách zfiltrován. Vzniklý filtrát byl čirý.

**Stanovení redukujících cukrů:** Do 250 ml Erlenmeyerovy baňky bylo napipetováno 25 ml Luffova roztoku a 50 ml extraktu cukru. Baňka byla pod zpětným chladičem přivedena k varu a mírně se vařila přesně 10 minut. Poté byl var přerušen, baňka rychle ochlazená proudem ledové vody. K vychladlému roztoku byly přidány 3 g jodidu draselného a 20 ml 25% kyseliny sírové. Roztok byl ihned titrován 0,1 M roztokem thiosíranu sodného. Poté byly přidány ještě 3 ml 2% roztoku škrobu a roztok byl dotitrován do smetanového zbarvení. Stejným způsobem byl proveden i slepý pokus, u kterého byl cukerný roztok nahrazen stejným množstvím destilované vody.

**Stanovení přesné koncentrace odměrného roztoku thiosíranu sodného:** Do Erlenmeyerovy baňky byly naváženy 2 g krystalického jodidu draselného, které byly rozpuštěny v několika kapkách vody. Poté bylo přidáno 5 ml zředěné kyseliny chlorovodíkové (1:5) a 25 ml vody. Do tohoto roztoku bylo převedeno z lodičky známé množství dichromanu draselného odváženého na analytických vahách s přesností na desetiny mg. Baňka byla uzavřena, obsah promíchán a nechán stát po dobu 5 minut v temnu. Poté byl

roztok zředěn 150 ml destilované vody. Vyloučený jód byl titrován roztokem thiosíranu sodného do slabě žlutého zbarvení, poté bylo přidáno několik kapek škrobového mazu a modrý roztok byl dotitrován do odbarvení. Titrace byla provedena třikrát. Přesná koncentrace byla vypočítána z navážky standardu, spotřeby odměrného roztoku a titrační stechiometrie. Faktor vypočítáme jako poměr mezi skutečnou a požadovanou koncentrací.

**Výpočet:** Obsah redukujících cukrů se vypočte z rozdílu spotřeb 0,1 M roztoku thiosíranu sodného při slepém pokusu a při vlastním stanovení. Proveďte se korekce na přesnou koncentraci 0,1 M thiosíranu sodného. Z tabulky na stanovení cukrů podle Luffa-Schoorla se zjistí množství přítomného cukru v mg v alikvotním množství. Výsledný obsah redukujících cukrů je vyjádřen v g/kg hlíz.

## 4.6 Senzorické hodnocení bramborových lupínků

Cílem senzorického hodnocení bylo zjistit, zda ošetření skladovaných brambor karvonem ovlivňuje celkovou jakost bramborových lupínků. Pro hodnocení senzorického profilu bramborových lupínků byl cíleně sestaven dotazník (Příloha 1). Hodnocení proběhlo celkem čtyřikrát, to znamená, že po každém ošetření karvonem proběhla výroba nových bramborových lupínků určených k senzorické analýze.

Bramborové lupínky hodnotilo celkem 10 stálých hodnotitelů, vždy po třech týdnech. Senzorické hodnocení probíhalo v prostorách České zemědělské univerzity v Praze. Hodnoceny byly 3 varianty bramborových lupínků, které byly označeny písmeny A: kontrola neošetřená, B: ošetřené karvonem o koncentraci 32  $\mu\text{l/l}$  a C: ošetřené karvonem o koncentraci 8  $\mu\text{l/l}$ . Každý hodnotitel obdržel k hodnocení kódované varianty najednou, vždy čtyři lupínky pro každou variantu. K hodnocení byly použity nestrukturované deseticentimetrové úsečky. Hodnocena byla jak příjemnost, tak intenzita jednotlivých znaků.

Hodnocenými parametry byly: příjemnost vzhledu, intenzita barvy, příjemnost vůně, intenzita vůně, intenzita cizí vůně, celková příjemnost textury, tvrdost, křupavost, příjemnost a intenzita chuti, intenzita cizí chuti, intenzita kmínové chuti a na závěr celkové hodnocení vzorku bramborových lupínků.

## 4.7 Statistické vyhodnocení

Statisticky významný rozdíl byl hodnocen pomocí statistického softwaru Statistica 12 (StatSoft Inc.) testem ANOVA na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

## 4.8 Harmonogram experimentu

Pro přehlednější orientaci byl vypracován harmonogram experimentu k diplomové práci, který je uveden v Tabulce 4. První ošetření skladovaných brambor D-karvonem proběhlo 16. 2. 2015. Zhruba o tři týdny později, 5. 3. 2015, bylo uskutečněno první smažení bramborových lupínků, kde bylo také hodnoceno klíčení skladovaných brambor. Druhý den proběhlo senzorické hodnocení bramborových lupínků.

Další ošetření skladovaných brambor probíhalo v pravidelných intervalech vždy po třech týdnech od předchozího ošetření. Po každém ošetření byly vyrobeny nové bramborové lupínky, které sloužily k senzorickému hodnocení a k instrumentálnímu měření textury lupínků. Dále bylo vždy hodnoceno klíčení brambor a také byl stanovován obsah redukujících cukrů v hlízách brambor.

**Tabulka 4** Harmonogram pokusu diplomové práce.

Ošetření skladovaných brambor	Výroba bramborových lupínků	Následná hodnocení
16. 2. 2015	5. 3. 2015	Hodnocení klíčení Senzorické hodnocení
9. 3. 2015	26. 3. 2015	Hodnocení klíčení Senzorické hodnocení
31. 3. 2015	16. 4. 2015	Stanovení redukujících cukrů Instrumentální měření textury
21. 4. 2015	6. 5. 2015	



## 5 Výsledky

### 5.1 Vyhodnocení klíčení skladovaných brambor

Skladované brambory byly každé tři týdny ošetřovány D-karvonem o koncentraci 8  $\mu\text{l/l}$  a 32  $\mu\text{l/l}$ . Po každém ošetření byl vyhodnocován účinek karvonu na inhibici růstů klíčků. Přesněji byl zjišťován počet živých a odumřelých klíčků a délka živých klíčků u 60 hlíz brambor z každé varianty ošetření. Výsledné hodnoty počtů klíčků na hlíze bramboru jsou uvedeny v Tabulce 5 a 6. Průměrná délka živých klíčků je uvedena v Tabulce 7. Obrázek 5 a 6 znázorňuje klíčení brambor u všech tří variant po třetím a čtvrtém ošetření.

**Tabulka 5** Počet živých klíčků na hlíze bramboru u jednotlivých variant ošetření.

	Kontrola (%)	D-karvon 8 $\mu\text{l/l}$ (%)	D-karvon 32 $\mu\text{l/l}$ (%)
1. ošetření	85,4	80,7	73 *
2. ošetření	78	80	65 *
3. ošetření	99	99	89,2 *
4. ošetření	99	97	30 *

\*Statistická významnost na hladině  $P < 0,05$  v rámci ošetření.

Z Tabulky 5 je patrný rozdílný počet živých klíčků na hlíze bramboru u jednotlivých variant ošetření. V každém ošetření byl shledán významný rozdíl ( $P < 0,05$ ) v počtu živých klíčků mezi kontrolou a variantou ošetřenou D-karvonem o koncentraci 32  $\mu\text{l/l}$ . Avšak v žádném ošetření nebyl zaznamenán významný rozdíl v počtu živých klíčků mezi kontrolou a 8  $\mu\text{l/l}$  a toto ošetření lze považovat za neúčinné v inhibici růstu klíčků.

U variant kontrola a 8  $\mu\text{l/l}$  lze pozorovat postupný nárůst počtu živých klíčků na hlíze bramboru v průběhu celého experimentu. To nelze tvrdit o variantě 32  $\mu\text{l/l}$ , kde byl počet živých klíčků minimální po čtvrtém ošetření.

Na základě procentuálního vyjádření počtu živých a počtu odumřelých klíčků na hlíze bramboru došlo v kontrolní variantě během čtyř ošetření k nárůstu počtu živých a k poklesu odumřelých klíčků. Podobné výsledky vykazují brambory ošetřené D-karvonem o koncentraci

8  $\mu\text{l/l}$ . U varianty ošetření 32  $\mu\text{l/l}$  došlo k výraznému poklesu živých klíčků a k nárůstu těch odumřelých mezi prvním a čtvrtým ošetřením. Třetí ošetření zaznamenalo neočekávaný výkyv, kde byl výrazný nárůst nových živých klíčků. Avšak čtvrté ošetření skladovaných brambor D-karvonem o koncentraci 32  $\mu\text{l/l}$  způsobilo odumření většiny živých klíčků.

**Tabulka 6** Nejnižší a nejvyšší hodnota počtu živých klíčků na hlíze bramboru u jednotlivých variant ošetření.

	Kontrola		D-karvon 8 $\mu\text{l/l}$		D-karvon 32 $\mu\text{l/l}$	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
1. ošetření	1	6	1	6	1	4
2. ošetření	1	5	1	7	1	3
3. ošetření	1	7	1	6	1	4
4. ošetření	1	7	1	4	0	1

Z Tabulky 6 je patrné, jak se měnil počet živých klíčků na hlíze bramboru. Kromě čtvrtého ošetření D-karvonem o koncentraci 32  $\mu\text{l/l}$  byl vždy zaznamenán minimálně jeden živý klíček v každé variantě ošetření. U kontroly se maximální počet klíčků na hlíze bramboru během všech ošetření pohyboval od 5 do 7 klíčků. U varianty D-karvon 8  $\mu\text{l/l}$  lze pozorovat podobné výsledky, maximální počet od 4 do 7 klíčků na jednotlivých hlízách. U varianty 32  $\mu\text{l/l}$  byl nejvyšší počet čtyři živé klíčky na hlíze bramboru, po čtvrtém ošetření byl zaznamenán maximálně jeden živý klíček.

**Tabulka 7** Délka živých klíčků na hlíze bramboru u jednotlivých variant ošetření.

	Kontrola (mm)	D-karvon 8 $\mu$ l/l (mm)	D-karvon 32 $\mu$ l/l (mm)
1. ošetření	2,12 $\pm$ 1	1,9 $\pm$ 0,9 *	1,65 $\pm$ 1,04 *
2. ošetření	3,57 $\pm$ 1,56	3,53 $\pm$ 1,29	1,22 $\pm$ 1,27 *
3. ošetření	29,63 $\pm$ 11,01	27,95 $\pm$ 9,85	14,37 $\pm$ 7,5 *
4. ošetření	24,82 $\pm$ 6,28	23,9 $\pm$ 6,66	7,7 $\pm$ 3,14 *

Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr  $\pm$  směrodatná odchylka.

\*Statistická významnost na hladině  $P < 0,05$  v rámci ošetření.

Po prvním ošetření byl zaznamenán významný rozdíl v délce klíčků mezi kontrolou a variantami ošetřenými D-karvonem, které měly kratší klíčky. V dalších ošetřeních lze pozorovat významný rozdíl v délce klíčků pouze mezi kontrolou a 32  $\mu$ l/l. Varianta 8  $\mu$ l/l neposkytovala významné rozdíly v délce klíčků oproti kontrole.

Průměrná délka klíčků u kontrolní varianty byla po prvním ošetření 2,12 mm, po druhém ošetření 3,57 mm, po třetím ošetření došlo k výraznému navýšení až na 29,63 mm. Po posledním ošetření došlo ke zkrácení délky klíčků (zhruba o 5 mm) na 24,82 mm z důvodu napadení konců klíčků plísní (patrné z Obrázku 5 a Obrázku 6). Stejný průběh v délce klíčků na hlíze bramboru byl zaznamenán u varianty 8  $\mu$ l/l, kromě prvního ošetření, kde byly klíčky významně kratší než u kontroly. Varianta 32  $\mu$ l/l po prvním ošetření měla také výrazně kratší klíčky oproti kontrole. Ve druhém a třetím ošetření byla délka klíčků kratší zhruba o 50 % v porovnání s kontrolou i přes výrazný nárůst na délku 14,37 mm. Ve čtvrtém ošetření byla průměrná délka klíčků 7,7 mm, což je až třikrát méně oproti ostatním variantám ošetření.



**Obrázek 5** Klíčení brambor po třetím ošetření D-karvonem: zleva – kontrola, 8 µl/l, 32 µl/l (foto: Jaroslav Weber).



**Obrázek 6** Klíčení brambor po čtvrtém ošetření D-karvonem: zleva – kontrola, 8 µl/l, 32 µl/l (foto: Jaroslav Weber).

Závěrem lze konstatovat, že počet i délka klíčků vykazovaly signifikantní rozdíly mezi kontrolní variantou a ošetřením 32 µl/l ve všech čtyřech ošetřeních. Ošetření skladovaných brambor D-karvonem o koncentraci 32 µl/l se jeví jako účinné v inhibici klíčení, což nelze tvrdit o variantě 8 µl/l, která vykazovala podobné výsledky jako kontrolní varianta. Názorná ukázka inhibičního účinku D-karvonu u jednotlivých variant ošetření je uvedena v Příloze 2 (Obrázek 7-12).

## 5.2 Vyhodnocení obsahu redukujících cukrů

Stanovení obsahu redukujících cukrů u skladovaných brambor bylo provedeno metodou podle Luffa-Schoorla a proběhlo po druhém, třetím a čtvrtém ošetření D-karvonem, vždy tři týdny od ošetření. Výsledné hodnoty redukujících cukrů u jednotlivých variant ošetření, vyjádřené v g/kg hlíz v původní hmotě, jsou zaznamenány v Tabulce 8.

**Tabulka 8** Obsah redukujících cukrů v hlíze bramboru u jednotlivých variant ošetření.

	Kontrola (g/kg)	D-karvon 8 µl/l (g/kg)	D-karvon 32 µl/l (g/kg)
Po druhém ošetření	1,12 ± 0,19	0,86 ± 0,19	0,81 ± 0,64
Po třetím ošetření	0,74 ± 0,11	0,74 ± 0,49	0,77 ± 0,14
Po čtvrtém ošetření	2,53 ± 0,22	2,54 ± 0,28	2,45 ± 0,55

Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka.

Procentuální zastoupení redukujících cukrů se po druhém ošetření pohybovalo od 0,08 % do 0,1 %. Po třetím ošetření byl zaznamenán pokles obsahu redukujících cukrů na 0,07 % do hodnoty 0,08 %. Po čtvrtém ošetření karvonem došlo k nárůstu redukujících cukrů u všech variant ošetření na hodnotu 0,25 %. Nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl v obsahu redukujících mezi jednotlivými variantami v rámci jednoho ošetření. Závěrem lze konstatovat, že ošetření skladovaných brambor D-karvonem nemá vliv na obsah redukujících cukrů v hlíze bramboru.

## 5.3 Vyhodnocení instrumentálního měření textury

Instrumentální měření texturních vlastností bramborových lupínků bylo provedeno na univerzálním testovacím přístroji Instron 3342. Hodnocenými parametry byla maximální síla a deformace. Hodnota maximální síly byla naměřena při křupnutí bramborového lupínku. Druhý hodnocený parametr byla deformace, tedy míra prohnutí bramborového lupínku před jeho křupnutím. Výsledné hodnoty sledovaných parametrů jsou uvedeny v Tabulce 9.

**Tabulka 9** Výsledné hodnoty instrumentálního měření parametrů textury bramborových lupínků u jednotlivých variant ošetření.

	Varianta ošetření	Maximální síla (N)	Deformace (mm)
Po druhém ošetření	Kontrola	3,89 ± 0,76	1,23 ± 1,33
	8 µl/l	4,81 ± 0,56 *	0,76 ± 0,35
	32 µl/l	4,37 ± 1,06	0,94 ± 0,55
Po třetím ošetření	Kontrola	4,36 ± 1,41	0,82 ± 0,61
	8 µl/l	5,02 ± 0,92	0,73 ± 0,32
	32 µl/l	5,88 ± 1,86	0,80 ± 0,34
Po čtvrtém ošetření	Kontrola	4,09 ± 1,11	1,16 ± 0,67
	8 µl/l	4,08 ± 0,83	1,04 ± 0,71
	32 µl/l	6,02 ± 1,87 *	0,55 ± 0,18 *

Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka.

\*Statistická významnost na hladině  $P < 0,05$  v rámci ošetření.

Nejnižší naměřená hodnota maximální síly byla 3,89 N a nejvyšší 6,02 N, což je patrné z Tabulky 9.

Hodnoty maximální síly se po druhém ošetření u jednotlivých variant pohybovaly v rozmezí 3,89–4,81 N. Nejvyšší hodnota maximální síly nutná ke křupnutí lupínku byla naměřena u varianty ošetřené D-karvonem o koncentraci 8 µl/l. Tato varianta vykazovala nejtvrďší texturu bramborových lupínků a také byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a 8 µl/l.

Po třetím ošetření došlo k nárůstu použité maximální síly potřebné ke křupnutí, která byla v rozmezí 4,36–5,88 N u jednotlivých variant ošetření. Nejvyšší hodnota 5,88 N byla zaznamenána u varianty ošetřené D-karvonem o koncentraci 32 µl/l. V tomto ošetření nebyl zaznamenán významný rozdíl mezi kontrolou a ošetřením D-karvonem.

U čtvrtého ošetření byly získány průměrné hodnoty maximální síly 4,09 N u kontrolní varianty, 4,08 N u ošetření D-karvonem o koncentraci 8 µl/l. U varianty ošetřené D-karvonem o koncentraci 32 µl/l byla zaznamenána nejvyšší použitá maximální síla 6,02 N, což poukazuje na nejtvrďší texturu bramborových lupínků. V porovnání s kontrolní variantou byl potvrzen statisticky významný rozdíl u varianty 32 µl/l.

Dále jsou uvedeny hodnoty deformace bramborových lupínků v milimetrech. Čím nižší hodnota deformace, tím tvrdší textura (vyšší použitá maximální síla) lupínků a naopak.

Získané průměrné hodnoty deformace se u jednotlivých variant ošetření pohybovaly v rozmezí 0,55–1,23 mm. Na základě parametru deformace vyšly jako nejméně křupavé lupínky z kontrolní varianty (po druhém ošetření). Jako lupínky s nejtvrđší texturou byly vyhodnoceny lupínky ze skladovaných brambor ošetřených D-karvonem o koncentraci 32  $\mu\text{l/l}$  (po čtvrtém ošetření) a zároveň byly i statisticky významné.

Při porovnání hodnot maximální síla a deformace lze pozorovat úzký vztah. Tvrđší bramborové lupínky vykazují menší míru prohnutí a naopak měkčí lupínky mají větší míru prohnutí. To se nám potvrdilo ve většině případů. Lupínky s nejméně tvrdou texturou ( $F_{\text{max}} 3,89 \text{ N}$ ) vykazovaly deformaci 1,23 mm. U lupínků s nejtvrđší texturou ( $F_{\text{max}} 6,02 \text{ N}$ ) byla míra prohnutí pouze 0,55 mm a lze je hodnotit jako nejkřupavější.

Na základě použitého testu ANOVA byl u parametru maximální síla vyhodnocen statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ) mezi jednotlivými variantami ošetření po druhém a čtvrtém ošetření. Byl zaznamenán významný rozdíl mezi kontrolou a 8  $\mu\text{l/l}$  (po druhém ošetření) a dále mezi kontrolou a 32  $\mu\text{l/l}$  (po čtvrtém ošetření). U parametru deformace byl statisticky významný rozdíl potvrzen pouze ve čtvrtém ošetření mezi kontrolou a 32  $\mu\text{l/l}$ .

## 5.4 Vyhodnocení sensorických vlastností

Za účelem získání dat pro porovnání sensorických vlastností bramborových lupínků mezi jednotlivými variantami ošetření byl cíleně sestaven dotazník. Výsledné shrnutí dat je zobrazeno v Grafech 1 až 4.

U sensorických vlastností bramborových lupínků byl významný rozdíl mezi jednotlivými variantami ošetření (kontrola neošetřená a ošetření D-karvonem o koncentraci 8 a 32  $\mu\text{l/l}$ ) zaznamenán pouze v prvním sensorickém hodnocení, tedy po prvním ošetření skladovaných brambor D-karvonem. Významný rozdíl byl hodnotiteli vnímán u sensorických parametrů intenzity barvy a intenzity vůně, což je patrné z Grafu 1. U intenzity barvy byl shledán rozdíl mezi kontrolou a 8  $\mu\text{l/l}$ . Parametr intenzita vůně byl statisticky významný také mezi variantou ošetření kontrola a 8  $\mu\text{l/l}$ . U ostatních sensorických vlastností nebyl shledán statisticky významný rozdíl mezi variantami ošetření v žádných z pozdějších sensorických hodnocení.

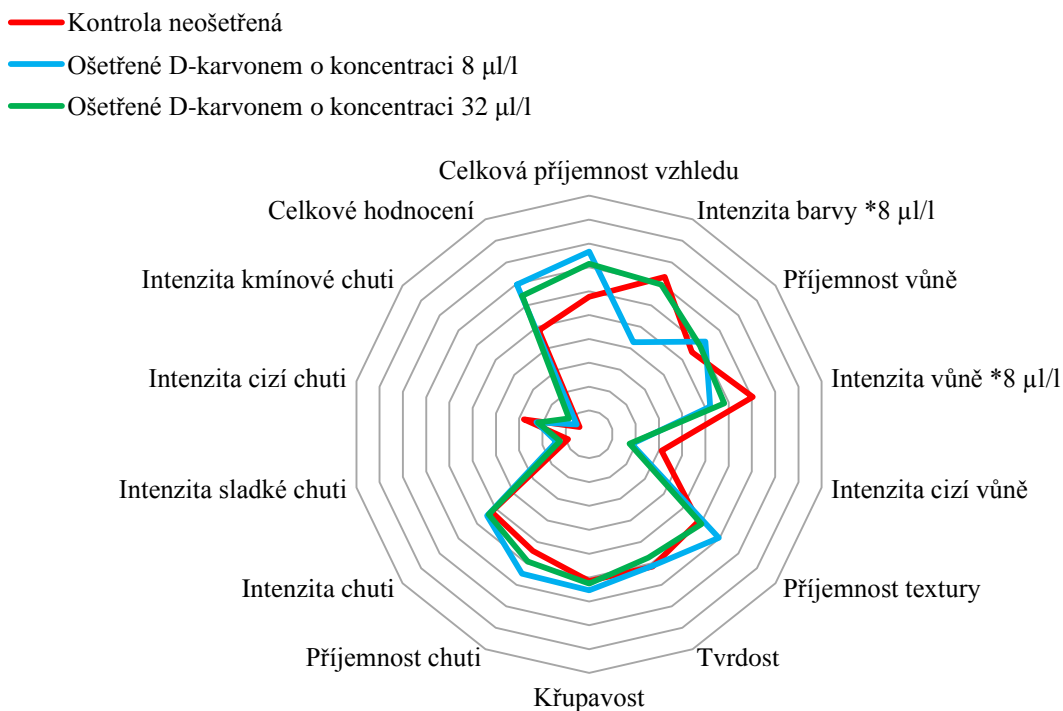
Z Grafů 1 až 4 je patrné, že sensorické hodnocení bramborových lupínků zaznamenalo pouze nepatrné výkyvy po celou dobu experimentu. Nejvíce rozdílné byly výsledky u lupínků

vyrobených z brambor jedenkrát ošetřených. Velice podobné výsledky vykazovaly lupínky z brambor dvakrát, třikrát a čtyřikrát ošetřených.

Intenzita cizí vůně byla zaznamenána pouze u varianty kontrola po prvním ošetření. Příjemnost vůně byla nejhůře hodnocena po třetím ošetření, spíše jako méně příjemná v porovnání s ostatními ošetřeními. Textura byla hodnocena jako příjemná u všech čtyř ošetření. Intenzita cizí chuti byla nepatrně zaznamenána po prvním a po čtvrtém ošetření hlavně u kontrolní varianty. Jako pozitivní lze hodnotit, že intenzita kmínové nebo sladké chuti nebyla zaznamenána v žádném sensorickém hodnocení. V celkovém hodnocení bramborových lupínků byly ošetřené varianty hodnoceny lépe než varianta kontrolní.

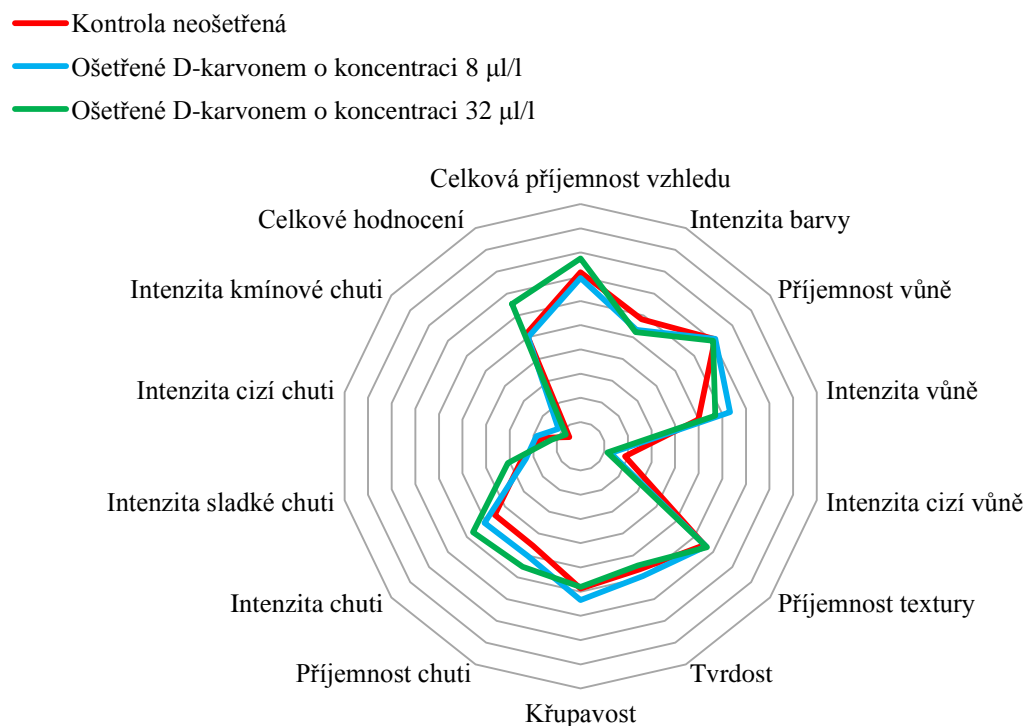
Senzorický profil bramborových lupínků ze skladovaných brambor čtyřikrát ošetřených D-karvonem o koncentraci 32  $\mu\text{l/l}$  lze hodnotit kladně. Celková příjemnost vzhledu byla hodnotiteli vnímána jako příjemná společně s příjemností vůně. Intenzita vůně bramborových lupínků měla znatelné aroma a potlačila intenzitu jakékoliv cizí vůně, která nebyla zaznamenána. Dále byla hodnocena textura (víceparametrový atribut) z hlediska celkové příjemnosti, dále byla hodnocena tvrdost a křupavost bramborových lupínků. Určitý stupeň tvrdosti je potřeba ke vnímání křupavosti lupínku. V porovnání s kontrolou byla zaznamenána nižší sensorická tvrdost lupínků. Tvrdší lupínky vyrobené z kontrolní varianty byly hodnoceny jako křupavější oproti lupínkům ošetřeným D-karvonem o koncentraci 32  $\mu\text{l/l}$ , které ale hodnotitelé vnímali také jako křupavé. Celková příjemnost textury byla hodnocena jako příjemná. Dalším hodnoceným parametrem byla chuť. Z hlediska hedonického byla chuť hodnocena jako příjemná a intenzita chuti byla méně znatelná. Při hodnocení nebyla zaznamenána intenzita sladké, cizí ani kmínové chuti, což lze hodnotit velice pozitivně. Celkové hodnocení bramborových lupínků bylo lepší v porovnání s kontrolní variantou.



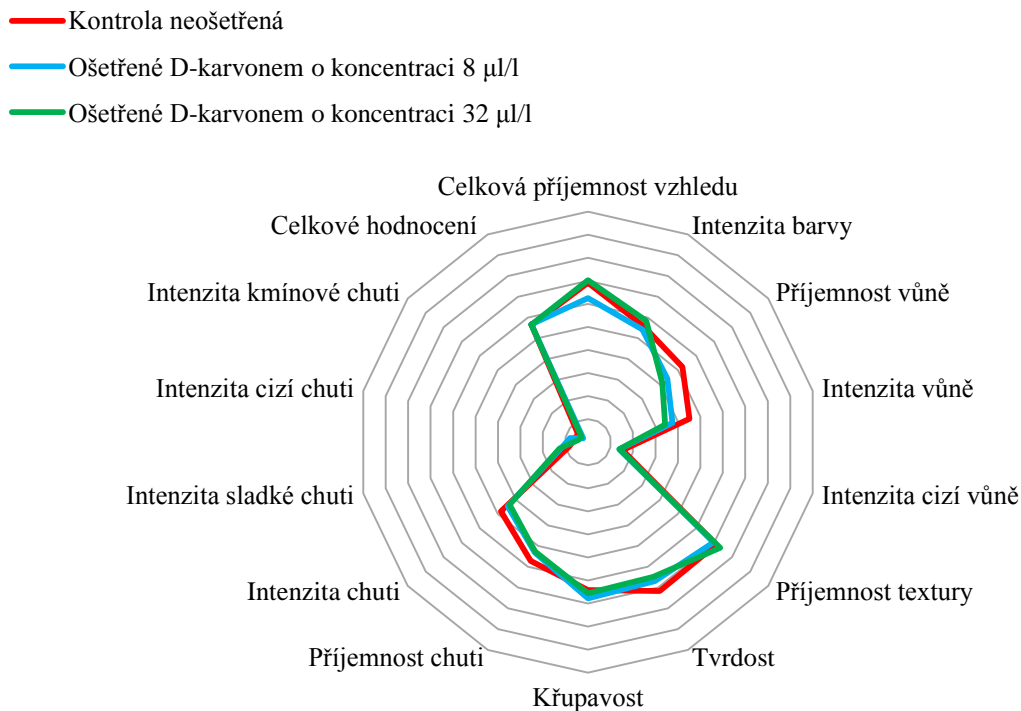


**Graf 1** Zhodnocení sensorického profilu bramborových lupínků po prvním ošetření.

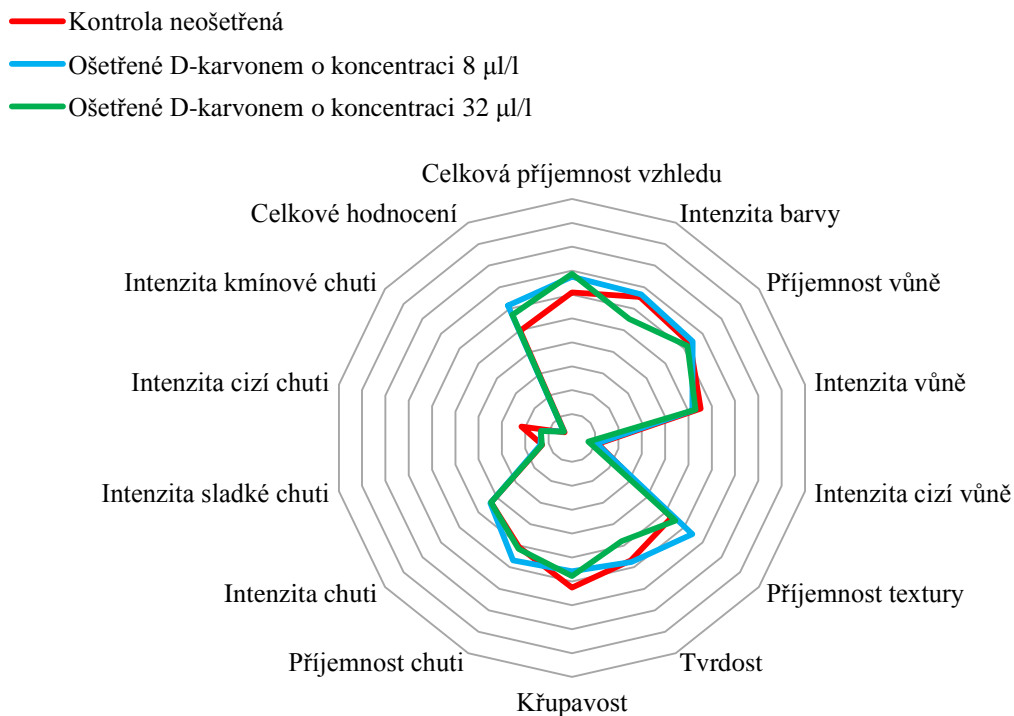
\*Statistická významnost na hladině  $P < 0,05$ .



**Graf 2** Zhodnocení sensorického profilu bramborových lupínků po druhém ošetření.



**Graf 3** Zhodnocení sensorického profilu bramborových lupínků po třetím ošetření.



**Graf 4** Zhodnocení sensorického profilu bramborových lupínků po čtvrtém ošetření.

## 6 Diskuze

Všechny experimenty týkající se retardace klíčení skladovaných brambor mají za cíl omezit použití syntetických inhibitorů klíčení (CIPC) a nahradit je účinnými přírodními inhibitory.

Na základě našeho experimentu bylo ošetření skladovaných hlíz D-karvonem o koncentraci 32  $\mu\text{l/l}$  (což odpovídá 659  $\mu\text{l}$ ) vyhodnoceno jako statisticky významné v porovnání s kontrolní variantou. Po čtvrtém ošetření skladovaných brambor v třítydenních intervalech byla průměrná délka klíčků u kontroly 24,8 mm, u 8  $\mu\text{l/l}$  23,9 mm a u varianty 32  $\mu\text{l/l}$  pouze 7,7 mm s maximálně jedním živým klíčkem a minimálně jedním odumřelým klíčkem na hlíze bramboru. Varianta ošetření 8  $\mu\text{l/l}$  (165  $\mu\text{l}$ ) nebyla účinná v inhibici klíčení.

Po třetím ošetření došlo k neočekávanému nárůstu počtu živých klíčků i jejich délky. Růst klíčků mohl být způsoben nedostatečným utěsněním ošetřených brambor v igelitových sáčkách, kde mohlo docházet k úniku karvonu. Podobný problém uvádí i Vacek (1998), který zaznamenal vyšší ztráty klíčením u pokusu založeného v mikrotenových sáčkách. Další pokus založil v plastových nádobách s těsnícím víkem a ztráty klíčením byly nulové.

Po čtvrtém ošetření u varianty kontrola a 8  $\mu\text{l/l}$  došlo ke zkrácení délky klíčků o 5 mm v důsledku napadení konců klíčků plísní. To mohlo být způsobeno nedostatečným provětráváním brambor, které byly skladovány v igelitových sáčkách.

Čížková et al. (2000) porovnávali hmotností ztráty klíčením u kontrolní varianty, CIPC ošetření jednorázovým poprachelem a ošetření kmínovou silicí přímým výparem jedenkrát za šest týdnů v dávce 0,2 ml/kg hlíz v plastových nádobách. Hmotností ztráty při vyskladnění po 16 týdnech byly u kontroly 7,5 %, u CIPC ošetření 0 % a u kmínové silice 0,3 %. Po 24 týdnech činily ztráty 13,4 % u kontroly a nulové byly u ostatních variant. Za dostatečnou koncentraci nutnou k retardaci klíčení určili variantu výparu 0,1 ml kmínové silice na kilogram hlíz doplňované v šestitýdenních intervalech. Podobné závěry uvádí Hartmans et al. (1995) s aplikací čistého (95%) D-karvonu každých šest týdnů v dávce 0,05–0,1 ml/kg hlíz potřebných k inhibici klíčení v porovnání s aplikací každých devět týdnů či každý týden, které nebyly tak účinné. Naše varianta ošetření D-karvonu o koncentraci 8  $\mu\text{l/l}$  (0,165 ml) každé tři týdny byla nedostatečná v inhibici klíčení v porovnání s variantou výparu D-karvonu 32  $\mu\text{l/l}$  (0,659 ml) aplikovanou v třítydenních intervalech. Nevýhodou karvonu je jeho vysoká těkavost a jeho inhibiční účinek je přímo závislý na jeho koncentraci v atmosféře. Je tedy nutné udržovat po celou dobu skladování alespoň minimální koncentraci karvonu v atmosféře nad skladovanými bramborami cca 5–10  $\mu\text{g/l}$  (Oosterhaven et al., 1993)

a dle Čížkové et al. (2000) jde o minimální koncentraci cca 10 µg/l. Při ošetřování našich skladovaných brambor v upraveném plynovém chromatografu nemusel být D-karvon rovnoměrně rozptýlen na všechny hlízy (brambory byly naskládány i na sobě), což mohlo negativně ovlivnit inhibiční účinek na růst klíčků.

V současné době jsou zkoumány inhibiční účinky celé řady rostlinných silic a jejich účinných látek na růst klíčků u hlíz brambor. Gómez-Castillo et al. (2013) uvádí jako slibné alternativy v inhibici klíčení silice máty peprné a koriandru namísto použití syntetického CIPC. Kmínová silice nevykazovala tak účinné výsledky a silice eukalyptu byla vyhodnocena jako nejslabší inhibitor klíčení. Silice byly aplikovány v koncentraci výparu 155–230 ml/l. Další studie (Owolabi et al., 2013) posuzovala efekt rostlinných silic na délku klíčků po 14 a 28 dnech od ošetření hlíz s délkou klíčků 3 mm. Kontrolní neošetřená varianta měla délku klíčků po 14 dnech 6,18 mm a po 28 dnech 8,75 mm. Největší inhibiční efekt na délku klíčků ukázala silice z rostliny *Zingiber officinale*, u které byla délka po 14 dnech 5,25 mm a po 28 dnech pouze 5,65 mm. Na základě těchto studií se rostlinné silice zdají být vhodné v inhibici klíčení skladovaných brambor.

Obsah redukujících cukrů u skladovaných brambor vykazoval velice podobné výsledky mezi jednotlivými variantami ošetření. Po druhém ošetření se obsah redukujících cukrů pohyboval u jednotlivých variant ošetření v rozmezí 0,81–1,12 g/kg hlíz. Po třetím ošetření došlo k poklesu redukujících cukrů na 0,74–0,77 g/kg hlíz, což může být dáno manipulací s bramborami při jejich ošetřování a tudíž i zvýšenou teplotou, při které dochází k prodávání cukrů a jejich obsah v hlíze klesá. Čtvrté ošetření přineslo výraznou změnu v obsahu redukujících cukrů, kde došlo k navýšení na obsah 2,45–2,54 g/kg hlíz u všech variant ošetření. Tento nárůst si lze těžko vysvětlit, protože by musela být snížena skladovací teplota, a ta byla stále 7 °C. Avšak Abong et al. (2011) uvádí, že hlízy s obsahem redukujících cukrů na úrovni  $\leq 2,5$  g/kg jsou považovány za přijatelné pro zpracování na potravinářské výrobky. Dle Rady et Gyuer (2015) by se hodnota redukujících cukrů v hlízách brambor určených na výrobu bramborových lupínky měla pohybovat v rozmezí 0,2–0,3 %. Tuto hranici naše skladované brambory splňují, protože se hodnoty redukujících cukrů pohybují v rozmezí 0,07–0,25 %.

Pro porovnání Murniece et al. (2011) také stanovovali obsah redukujících cukrů u skladovaných brambor metodou Luffa-Schoorla. V jejich experimentu hodnotili pět stolních odrůd brambor (Lenora, Brasla, Imanta, Zile a Madara), které mohou být použity pro výroby smažených bramborových výrobků. Brambory skladovali po dobu šesti měsíců při 5 °C

a vlhkosti 80 %. Naměřené hodnoty redukujících cukrů se u jednotlivých odrůd pohybovaly v rozmezí 0,28–0,91 g/100 g v čerstvé hmotě. Tyto hodnoty jsou vyšší oproti našim naměřeným hodnotám, což je nejspíš dáno nižší teplotou skladování, kde dochází ke sládnutí hlíz a nárůstu redukujících cukrů. Abong et al. (2011) stanovovali redukující cukry metodou HPLC u čtyř odrůd brambor určených na bramborové lupínky. Jejich výsledky jsou velice podobné jako u našich brambor. Obsah redukujících cukrů se v syrových bramborách pohyboval v rozmezí 0,123–0,193 g/100 g.

Nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl v obsahu redukujících cukrů mezi jednotlivými variantami. Ošetření skladovaných brambor D-karvonem nemá vliv na obsah redukujících cukrů v hlíze. Ke stejným výsledkům dospěli Karanisa et al. (2015) kteří uvádí, že aplikace karvonu neovlivňuje obsah cukrů ani po čtyřech měsících skladování.

Instrumentální měření textury bramborových lupínků proběhlo na přístroji Instron dle metodiky Segnini et al. (1999). Hodnocena byla maximální síla a deformace bramborových lupínků. Maximální síla zaznamenaná v průběhu celého experimentu se pohybovala v rozmezí 3,89–6,02 N. U parametru maximální síly byl statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými variantami ošetření zaznamenan u lupínků ze skladovaných brambor dvakrát (kontrola a 8  $\mu$ l/) a čtyřikrát ošetřených (kontrola a 32  $\mu$ l/). Po druhém ošetření byla nejtvrďší textura u varianty 8  $\mu$ l/, po třetím a čtvrtém ošetření vykazovaly nejtvrďší textura lupínky ošetřené D-karvonem o koncentraci 32  $\mu$ l/.

Segnini et al. (1999) ve své studii zjistili rozdílnou texturu bramborových lupínků způsobenou umístěním plátku uvnitř hlízy. Naměřené hodnoty maximální síly dosahovaly velké proměnlivosti od 1 do 3,5 N u lupínků vyrobených od konce korunkové části k části pupkové, přesně v tomto pořadí. Dále zjistili, že nejvyšší maximální síla potřebná ke křupnutí lupínku smaženého při 140 °C a při 180 °C byla v oblasti 2–4% obsahu vlhkosti. Závěrem konstatují, že proměnlivost textury bramborových lupínků může být způsobena rozdílným umístěním škrobu a dalších složek a také strukturou tkání po usmažení. Pedreschi and Moyano (2005) také hodnotili texturu dle metodiky Segnini et al. (1999). Jejich hodnoty maximální síly naměřené u blanširovaných (3,5 min, 85 °C) lupínků smažených při 180 °C po dobu 2 minut, tloušťce plátků 2,5 mm se pohybovaly v rozmezí 3–3,7 N. Abong et al. (2011) ve svém experimentu zkoumali vliv tloušťky plátků a teploty smažení na texturu bramborových lupínků, vyjádřenou jako maximální síla, vyrobených ze čtyř odrůd brambor. Zjistili, že se zvyšující se teplotou smažení došlo k významnému navýšení maximální síly nutné ke křupnutí lupínků. K nepatrně jiným výsledkům dospěli Kita et al. (2007). Z jejich

pozorování nemá teplota smažení významný vliv na texturu bramborových lupínků vyrobených ze slunečnicového, sojového, palmového a modifikovaného oleje. Největší proměnlivost textury zaznamenali u olivového oleje. Při teplotě smažení 150 °C byly lupínky nejtvrdší (30,26 N) a při teplotě 190 °C byly nejkřupavější (15,43 N). Dále uvádí, že lupínky smažené v řepkovém oleji měly více křupavou a méně tvrdou texturu oproti ostatním analyzovaným olejům.

Kita (2002) ve své studii provedl instrumentální měření textury a výsledky pak srovnal s organoleptickými vlastnostmi. Lupínky s vyšší tvrdostí (instrumentálně stanovené) byly sensorickými hodnotiteli bodovány lépe než lupínky s nižší tvrdostí.

Z uvedených výsledků je zřejmé, že texturu bramborových lupínků ovlivňuje mnoho faktorů. Na základě prostudovaných studií lze mezi významné faktory mající vliv na texturu lupínků zařadit: odrůdu brambor (Kita, 2002), pozici plátku umístěného v hlíze (Segnini et al., 1999), druh použitého oleje (Kita et al., 2007), teplotu smažení (Pedreschi et Moyano, 2005; Abong et al. 2011), specifické předúpravy před smažením jako je předsušení plátků brambor (Pedreschi et Moyano, 2005), tloušťku plátků (Abong et al., 2011) chemické složení hlízy brambor, přesněji obsah škrobu, neškrobových polysacharidů a dusíkatých látek (Kita, 2002).

Výsledné hodnoty maximální síly naměřené v uvedených studiích jsou velice různorodé, což může kromě faktorů uvedených výše ovlivňovat také typ použitého texturního analyzátoru, zvoleného testu a také testovací rychlosti sondy. Rozdíl v parametru maximální síly byl statisticky významný po druhém a čtvrtém ošetření.

Cílem sensorického hodnocení bylo zhodnotit, zda opakované ošetření skladovaných brambor D-karvonem má vliv na sensorické vlastnosti bramborových lupínků. Pro porovnání všech tří variant ošetření byl cíleně sestaven dotazník, který hodnotil sensorický profil bramborových lupínků.

Na základě získaných výsledků byl statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými variantami ošetření zaznamenán pouze v prvním sensorickém hodnocení. Jednalo se dva parametry: intenzita barvy a intenzita vůně. V žádném dalším sensorickém hodnocení nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a ošetřením 8 µl/l a 32 µl/l. Na základě získaných dat lze tedy potvrdit, že ošetření skladovaných brambor D-karvonem o zvolených koncentracích nemá vliv na sensorické vlastnosti bramborových lupínků. Z dostupných článků nebyl zkoumán vliv ošetření D-karvonu na sensorické vlastnosti bramborových lupínků. Avšak Čížková a kol. (2000) potvrzují, že aplikace D-karvonu nemá vliv na chuť ani barvu vařených hlíz bramboru. Ke stejnému závěru dospěli i Hartmans et al. (1995), kteří

uvádí, že ošetření karvonem nemá vliv na senzoryckou kvalitu brambor vařených v páře. Dále hodnotili vliv aplikace karvonu v porovnání s IPC/CIPC ošetřením na kvalitu zpracování hranolků. Zjistili, že kvalita čerstvých i zpracovaných karvonem ošetřených hlíz byla srovnatelná nebo lepší v porovnání s hlízami ošetřenými standardním přípravkem IPC/CIPC. Také Gómez-Castillo et al. (2013) uvádí na základě trojúhelníkového testu senzorycké analýzy, že silice z máty peprné, koriandru či kmínu nemají vliv na smyslové vnímání brambor.

Salvador et al. (2009) testovali texturu lupínků podobně jako v našem hodnocení. Mezi testovanými vzorky lupínků našli významné rozdíly u hodnocených parametrů tvrdost a křupavost. U vzorku Extra C byla tvrdost ohodnocena 5,9 a křupavost 7,7 a například vzorek L byl hodnocen: tvrdost 4,1 a křupavost 7,3. Vzorek Extra C vyhodnotili jako lupínky s vyšší senzoryckou tvrdostí a vyšší senzoryckou křupavostí a vzorek L hodnotili jako lupínky s vyšší senzoryckou křupavostí. Naše lupínky lze na základě získaných výsledků vyhodnotit jako lupínky s vyšší senzoryckou tvrdostí i křupavostí, až na lupínky z varianty 32  $\mu\text{l/l}$  po čtvrtém ošetření, které byly hodnoceny jako lupínky s nižší senzoryckou tvrdostí a vyšší senzoryckou křupavostí.

Inhibiční účinek D-karvonu na růst klíčků byl potvrzen u varianty ošetření 32  $\mu\text{l/l}$ . Varianta 8  $\mu\text{l/l}$  nebyla účinná v retardaci klíčení, protože vykazovala stejné výsledky jako kontrolní neošetřená varianta. Závěrem lze potvrdit, že D-karvon nemá vliv na testované kvalitatívni parametry bramborových lupínků.

## 7 Závěr

Experiment uskutečněný v této diplomové práci potvrdil inhibiční účinek monoterpenu karvonu na růst klíčků bramborových hlíz. D-karvon, hlavní složka kmínové silice, může představovat vhodnou alternativu syntetických přípravků používaných k ošetření skladovaných brambor určených pro zpracování na bramborové lupínky.

- Vědecké hypotézy, stanovené na počátku testování, byly potvrzeny.
- Testované koncentrace D-karvonu, aplikované na skladované brambory plynou fází, ukázaly odlišný efekt v inhibici klíčení.
- Jako vhodná inhibiční koncentrace D-karvonu byla určena koncentrace 32  $\mu\text{l/l}$  aplikovaná celkem čtyřikrát v třítydenních intervalech
- Aplikace výparu D-karvonu o koncentraci 8  $\mu\text{l/l}$  nezpůsobila inhibici klíčení ošetřených brambor.
- D-karvon nemá vliv na obsah redukujících cukrů v hlízách brambor.
- Na základě instrumentálního měření textury bramborových lupínků nebyl jednoznačně potvrzen vliv ošetření D-karvonu na parametr maximální síly. Pouze po druhém ošetření byl významný rozdíl mezi kontrolou a 8  $\mu\text{l/l}$  a po čtvrtém ošetření byl rozdíl mezi kontrolou a 32  $\mu\text{l/l}$ . Tyto lupínky vykazovaly tvrdší texturu v porovnání s kontrolní variantou a byly tudíž více křupavé.
- Při sensorickém hodnocení bramborových lupínků nebylo rozpoznáno ošetření skladovaných brambor D-karvonem. Nedošlo k negativnímu ovlivnění vzhledu, barvy, chutě, vůně ani textury bramborových lupínků.

Silice a jejich účinné látky poskytují slibnou naději v náhradě syntetických látek, avšak je nutné více výzkumů ke stanovení optimální dávky a metody aplikace, aby mohly být zařazeny do komerčního využití.



## 8 Seznam literatury

- Abong, G. O., Okoth, M. W., Imungi, J. K., Kabira, J. N. 2011. Effect of slice thickness and frying temperature on color, texture and sensory properties of crisps made from four kenyan potato cultivars. *American Journal of Food Technology*. 6 (9). 753–762.
- Bárta, J., Bártová, V. 2012. Kvalita rostlinných produktů – brambory. *Agromanuál*. 7 (8). 76–79.
- Basuny, A. M. M., Mostafa, D. M. M., Shaker, A. M. 2009. relationship between chemical composition and sensory evaluation of potato chips made from six potato varieties with emphasis on the quality of fried sunflower oil. *Food Technology*. 4 (2). 193–200.
- Baydar, H., Karadoğan, T. 2003. The effects of volatile oils on in vitro potato sprout growth. *Potato Research*. 46 (1–2). 1–8.
- Čížková, H., Vacek, J., Voldřich, M., Ševčík, R., Krátká, J. 2000. Kmínová silice jako potenciální inhibitor klíčení brambor. *Rostlinná výroba*. 46 (11). 501–507.
- De Carvalho, C., Dafonseca, M. 2006. Carvone: Why and how should one bother to produce this terpene. *Food Chemistry*. 95 (3). 413–422.
- Dvořáková, M., Valterová, I., Vaněk, T. 2011. Monoterpeny v rostlinách. *Chemické listy*. 105. 839-845.
- Garayo, J., Moreira, R. 2002. Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*. 55 (2). 181–191.
- Gómez-Castillo, D., Cruz, E., Iguaz, A., Arroqui, C., Vírveda, P. 2013. Effects of essential oils on sprout suppression and quality of potato cultivars. *Postharvest Biology and Technology*. 82. 15–21.
- Gopal, J., Khurama, P. S. V. 2006. Handbook of potato production, improvement and postharvest management. Food Product Press. p. 605. ISBN: 978-1-56022-271-2.
- Granda, C., Moreira, R. G., Tichy, S. E. 2004. Reduction of acrylamide formation in potato chips by low-temperature vacuum frying. *Journal of Food Science*. 69 (8). 405–411.
- Hartmans, K. J., Diepenhorst, P., Bakker, W., Gorris, L. G. M. 1995. The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant diseases. *Industrial Crops and Products*. 4 (1). 3–13.

- Honsová, H. 2011. Setkání nad bramborovými lupínky. *Zemědělec*. 19 (49). 25.
- Jaworska, D., Hoffmann, M. 2008. Relative importance of texture properties in the sensory quality and acceptance of commercial crispy products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88 (10). 1804–1812.
- Karanisa, T., Akoumianakis, K., Alexopoulos, A., Karapanos, I. 2015. Effect of postharvest application of carvone on potato tubers grown from true potato seed (TPS). *Procedia Environmental Sciences*. 29. 166–167.
- Kaur, A., Singh, N., Ezekiel, R. 2008. Quality parameters of potato chips from different potato cultivars: effect of prior storage and frying temperatures. *International Journal of Food Properties*. 11 (4). 791–803.
- Kerstholt, R. P., Ree, C., Moll, H. 1997. Environmental life cycle analysis of potato sprout inhibitors. *Industrial Crops and Products*. 6 (3-4). 187–194.
- Kita, A. 2002. The influence of potato chemical composition on crisp texture. *Food Chemistry*. 76 (2). 173–179.
- Kita, A., Lisińska, G., Gołubowska, G. 2007. The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps. *Food Chemistry*. 102 (1). 1–5.
- Kleinkopf, G. E., Oberg, N. A., Olsen, N. L. 2003. Sprout inhibition in storage: current status, new chemistries and natural compounds. *American Journal of Potato Research*. 80 (5). 317–327.
- Murniece, I., Karklina, D., Galoburda, R., Santare, D., Skrabule, I., Costa, H. S. 2011. Nutritional composition of freshly harvested and stored latvian potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties depending on traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 24 (4-5). 699–710.
- Oosterhaven, K., Hartmans, K. J., Huizing, H. J. 1993. Inhibition of potato (*solanum tuberosum*) sprout growth by the monoterpene s-carvone: reduction of 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme a reductase activity without effect on its mRNA level. *Journal of Plant Physiology*. 141 (4). 463–469.
- Oosterhaven, K., Poolman, B., Smid, E. J. 1995. S-carvone as a natural potato sprout inhibiting, fungistatic and bacteristatic compound. *Industrial Crops and Products*. 4 (1). 23–31.

- Owolabi, M. S., Olowu, R. A., Lajide, L., Oladimeji, M. O., Padilla-Camberos, E., Flores-Fernández, J. M. 2013. Inhibition of potato tuber sprouting during storage by the controlled release of essential oil using a wick application method. *Industrial Crops and Products*. 45. 83–87.
- Pavela, R. 2011. *Botanické pesticidy*. Kurent. České Budějovice. s. 128. ISBN: 9788087111260.
- Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K. 2004. Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying. *LWT - Food Science and Technology*. 37 (6). 679–685.
- Pedreschi, F., Moyano, P. 2005. Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips. *LWT - Food Science and Technology*. 38 (6). 599–604.
- Pedreschi, F., Moyano, P., Santis, N., Pedreschi, R. 2007. Physical properties of pre-treated potato chips. *Journal of Food Engineering*. 79 (4). 1474–1482.
- Rady, A. M., Guyer, D. E. 2015. Evaluation of sugar content in potatoes using NIR reflectance and wavelength selection techniques. *Postharvest Biology and Technology*. 103. 17–26.
- Rasocha, V., Hausvater, E., Doležal, P. 2007. Možnosti omezení klíčení hlíz bramboru. *Výzkumný ústav bramborářský. Havlíčkův Brod*. s. 8. ISBN: 978-80-86940-09-0.
- Rybáček, V. et al. 1998. *Brambory*. SZN Praha. s. 98.
- Salvador, a., Varela, P., Sanz, T., Fiszman, S. M. 2009. Understanding potato chips crispy texture by simultaneous fracture and acoustic measurements, and sensory analysis. *LWT - Food Science and Technology*. 42 (3). 763–767.
- Segnini, S., Dejmek, P., Oste, R. 1999. Reproducible texture analysis of potato chips. *Journal of Food Science*. 64 (2). 309–312.
- Seow, Y. X., Yeo, C. R., Chung, H. L., Yuk, H. 2014. Plant essential oils as active antimicrobial agents. *Critical reviews in food science and nutrition*. 54 (5). 625-644.
- Simpson, B. K. 2012. *Food biochemistry and food processing*. Wiley – Blackwell. p. 910. ISBN: 9781118308041.
- Singh, J., Kaur, L. 2009. *Advances in potato chemistry and technology*. Academic Press. US. p. 523. ISBN: 978-0-12-374349-7.

- Sorce, C., Lorenzi, R., Ranalli, P. 1997. The effects of (S)-(+)-carvone treatments on seed potato tuber dormancy and sprouting. *Potato Research*. 40 (2). 155–161.
- Taniwaki, M., Sakurai, N., Kato, H. 2010. Texture measurement of potato chips using a novel analysis technique for acoustic vibration measurements. *Food Research International*. 43 (3). 814–818.
- Teper-Bamnlker, P., Dudai, N., Fischer, R., Belausov, E., Zemach, H., Shoseyov, O., Eshel, D. 2010. Mint essential oil can induce or inhibit potato sprouting by differential alteration of apical meristem. *Planta*, 232 (1). 179–86.
- Vacek, J. 1998. Retardace klíčení uskladněných brambor. *Bramborářství*. 6 (4). 10-12.
- Vaughn, S. F., Spencer, G. F. 1991. Volatile monoterpenes inhibit potato tuber sprouting. *American Potato Journal*. 68. 821-831.
- Vokál, B., Cvrček, M., Čepl, J., Čížek, M., Domkářová, J., Fér, J., Hausvater, E., Králíček, J., Prugar, J., Rasocha, V., Zrůst, J. 2000. *Brambory*. Agrospoj. Praha. s. 245.
- Vokál, B., Čepl, J., Hausvater, E., Rasocha, V. 2003. *Pěstujeme brambory*. Grada. Praha. s. 104. ISBN: 80-247-0567-2.
- Vokál, B., Čepl, J., Čížek, M., Domkářová, J., Hausvater, E., Rasocha, V., Diviš, J., Hamouz, K. 2004. *Technologie pěstování brambor (Rozhodovací systémy pro optimalizace pěstitelských technologií u jednotlivých užitkových směrů brambor)*. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. s. 91. ISBN: 80-7271-155-5.
- Vokál, B., Bárta, J., Bártová, V., Čepl, J., Čížek, M., Doležal, P., Domkářová, J., Dohanyos, M., Faltus, M., Greplová, M., Hamouz, K., Hausvater, E., Homolka, P., Horáčková, V., Hůla, J., Kasal, P., Kopačka, V., Koukalová, V., Mayer, V., Melzoch, K., Opatrný, Z., Patáková, P., Paulová, L., Polzerová, H., Rajchl, A., Rychtera, M., Šantrůček, L., Šárka, E., Ševčík, R., Tajovský, M., Vejchar, D., Zámečník, J. 2013. *Brambory: šlechtění, pěstování, užití, ekonomika*. Profi Press. Praha. s. 160. ISBN: 978-80-86726-54-0.
- Zhu, F., Cai, Y. – Z., Ke, J., Corke, H. 2010. Compositions of phenolic compounds, amino acids and reducing sugars in commercial potato varieties and their effect on acrylamide formation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 90 (13). 2254–2262.

# Přílohy

**Příloha 1** Dotazník pro hodnocení sensorického profilu bramborových lupínků.

## Hodnocení sensorického profilu bramborových lupínků

Jméno a příjmení: ..... Datum .....

Zdravotní stav: ..... Vzorky:

.....

### Úkol:

Senzoricky posuďte předložené vzorky bramborových lupínků a soustředte se na hodnocení vzhledu, barvy, vůně, textury a chuti. K hodnocení použijte grafické stupnice.

### Hodnocení vzhledu:

Celková příjemnost vzhledu: \_\_\_\_\_  
nepříjemná velmi příjemná

### Hodnocení barvy:

Celková intenzita barvy: \_\_\_\_\_  
neznatelná velmi silná

### Hodnocení vůně:

Celková příjemnost vůně: \_\_\_\_\_  
nepříjemná velmi příjemná

Celková intenzita vůně: \_\_\_\_\_  
neznatelná velmi silná

Intenzita cizí vůně: \_\_\_\_\_  
neznatelná velmi silná

Cizí vůni případně identifikujte: .....

**Hodnocení textury:**

Celková příjemnost textury:	_____	_____
	nepříjemná	velmi příjemná
Tvrдость:	_____	_____
	velmi měkké	velmi tvrdé
Křupavost:	_____	_____
	málo křupavé	velmi křupavé

**Hodnocení chuti:**

Celková příjemnost chuti:	_____	_____
	nepříjemná	velmi příjemná
Celková intenzita chuti:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná
Intenzita – sladké:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná
– cizí chuti:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná
– kmínové chuti:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná

**Celkové hodnocení vzorku bramborových lupínků:**

_____	_____
nepříjemné	velmi příjemné

**Poznámky:**

.....

.....

.....

**Příloha 2** Klíčení skladovaných brambor u jednotlivých variant (K, 8  $\mu$ l/l, 32  $\mu$ l/l) po třetím a čtvrtém ošetření.



**Obrázek 7** Klíčení brambor u kontrolní varianty po třetím ošetření (foto: J. Weber).



**Obrázek 8** Klíčení brambor u kontrolní varianty po čtvrtém ošetření (foto: J. Weber).



**Obrázek 9** Klíčení brambor u varianty D-karvon 8 µl/l po třetím ošetření (foto: J. Weber).



**Obrázek 10** Klíčení brambor u varianty D-karvon 8 µl/l po čtvrtém ošetření (foto: J. Weber).





**Obrázek 11** Klíčení brambor u varianty D-karvon 32 µl/l po třetím ošetření (foto: J. Weber).



**Obrázek 12** Klíčení brambor u varianty D-karvon 32 µl/l po čtvrtém ošetření (foto: Weber).