

TERMICKÉ VLASTNOSTI OSIV ZELENIN A KVĚTIN

Thermal Characteristics of Seeds of Vegetables and Ornamental Flowers

Jiří Zámečník, Iva Faberová
VÚRV Praha

Abstract

Thermal characteristics of seeds were measured during thawing from ultra-low temperatures. All measured thermal responses were divided into five groups with characteristic glass transition temperature and/or temperature of exo- and endothermic reaction. These groups were not specific for 15 studied plant families, on the other hand they were specific for species of plants according to the thermal spectra of different cultivars belonging to one species. The exo- and endothermic peaks were distinguished in the size and in the number for cultivars within one species, not in the temperature of the individual thermal response.

Key words: *seed, vegetable, ornamental flower, thermal analysis, differential scanning calorimetry, glass transition*

Souhrn

Termické charakteristiky semen byly měřeny během tání z ultranízkých teplot. Všechny naměřené termické odezvy vybraných semen bylo možné rozdělit do pěti skupin charakteristických teplotou skelného přechodu nebo teplotou a počtem exo- a endotermních píků. Tyto skupiny nebyly specifické pro 15 studovaných čeledí, zato byly specifické pro druhy rostlin, jak vyplynulo z měření různých kultivarů. Kultivary v rámci jednoho druhu se lišily velikostí a počtem vrcholů, nikoliv teplotou vrcholů exo- a endotermních spekter.

Úvod

Přítomnost biologických skel v semenech je spojováno se zlepšenou stabilitou životnosti při skladování. Tvorba biologických skel je detekována v rostlinných částech v závislosti na vlhkosti, biochemickém složení vzorků a teplotě, při které je vzorek uložen. Obecně platí, čím více vody rostlinné orgány obsahují, tím nižší teplota je potřeba pro uchování jejich životnosti. Podobně platí, čím více vody rostlinné orgány obsahují, tím nižší je teplota skelného přechodu. Předpokládá se, že vysoká viskozita intracelulárních skel snižuje pohyb molekul, difúzi, a tím degradativní procesy během stárnutí. Vztah mezi životností a mobilitou molekul v cytoplazmě ve skelném stavu byl prokázán u pylu a semen (Buitink *at al.* 1998). Predikci biologických změn semen v čase skladování by se dalo předejít ztrátám biologického materiálu, které se projevují v délce skladovatelnosti a mají tedy i ekonomický dopad.

Cílem této práce bylo změřit termické odezvy v širokém rozsahu teplot u většího souboru druhů semen zelenin a květin a vybrat ty, které mají podobné termické odezvy a dá se předpokládat podobné uchování jejich životnosti při dlouhodobém skladování.

Metodika

Pro měření bylo použito celkem 92 vzorků semen, zástupců 26 druhů květin, 14 druhů zelenin a 4 druhů aromatických rostlin. Soubor semen byl získán z pracoviště SEMPRA a.s. ze sklizně let 1993-2002. Vzorky semen byly vysoušeny v lyofilizátoru a postupně měřeny jejich termické vlastnosti.

Termické charakteristiky semen byly měřeny pomocí diferenčního skenovacího kalorimetru (DSC) TA Instruments v hermeticky uzavřených hliníkových vzorkovnicích a zaznamenány v termogramech. Kalibrace byla provedena indiem a rtutí. Standardní rychlost chlazení a ohřevu byla $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$. Křivky byly vyhodnoceny programem Universal Analysis 2000 TA Instruments.

Pomocí termické analýzy bylo možné stanovit teplotu tepelných přechodů, skelného přechodu, teplotu tání a teplotu mrznutí.

Hodnocení bylo zaměřeno na křivky při ohřevu vzhledem k jejich větší reprodukovatelnosti, neboť krystalizace, která se může vyskytnout při chlazení, je stochastický jev a nelze ji jednoduše odfiltrovat. Termické odezvy byly hodnoceny při chlazení od $+10$ do $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ a při ohřevu od -100 do $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mimo tuto teplotní oblast jsou odezvy zatíženy chybou při tepelném vyrovnání vzorku s měřicí celou.

Výsledky a diskuse

Základní skupiny termických vlastností semen

Semena jednotlivých druhů se dají podle termické odezvy toku tepla při ohřevu semen ze záporných teplot ($-100\text{ }^{\circ}\text{C}$) do kladných teplot ($+80\text{ }^{\circ}\text{C}$) rozdělit do následujících pěti skupin:

1. Skupina semen, která má výraznou endotermu, které nepředchází žádný skelný přechod na úrovni citlivosti přístroje ($1\mu\text{W}$) (například semena ředkvičky).
2. Skupina semen, která nemá žádnou exo- či endotermu, ani skelný přechod na úrovni citlivosti přístroje (například semena špenátu).
3. Skupina semen, která má dvojitou endotermu se skelným přechodem (například semena pažitky, okurek, meduňky, řepy, mangoldu, saturejky, astrý čínské).
4. Skupina semen, která má výraznou exo- a endotermu, které předchází skelný přechod a endoterma je v kladných teplotách (například semena celeru, petržele, mrkve, koriandru, měsíčku lékařského).
5. Skupina semen, která má výraznou exo- a endotermu, které předchází skelný přechod, endoterma je v záporných teplotách (například semena cibule, bazalky, tymiánu, levandule a yzopu).

Termické vlastnosti semen podle příslušnosti k čeledi a druhu

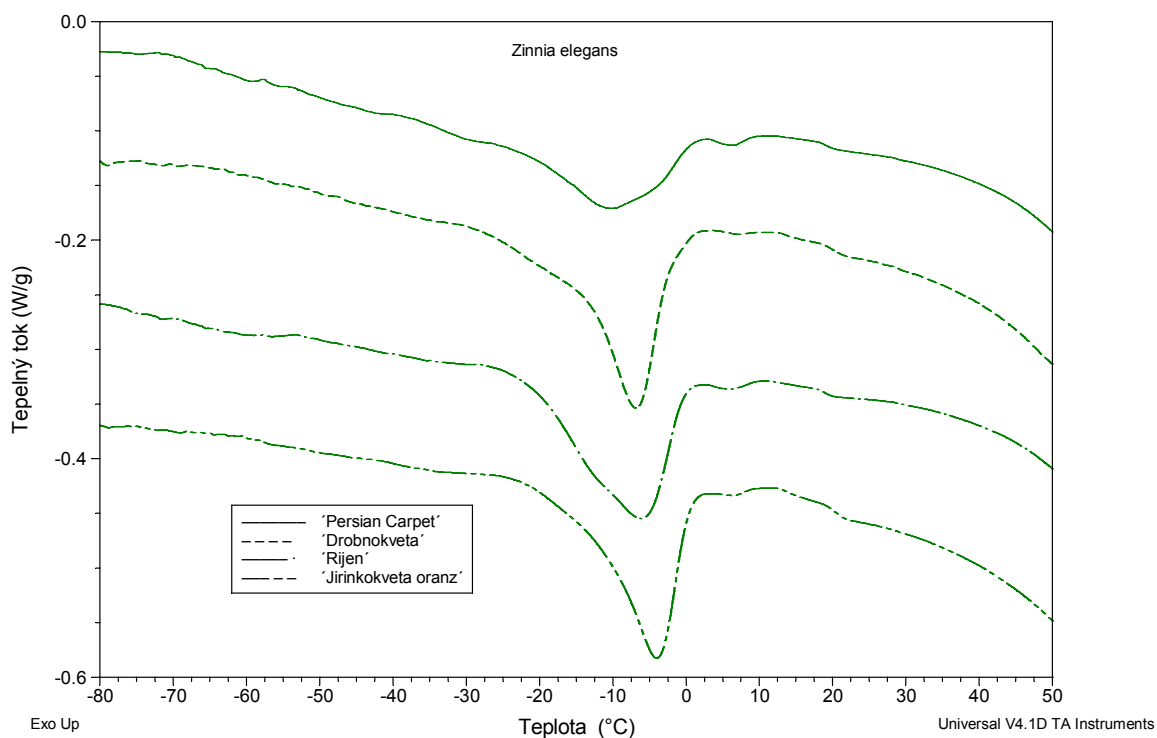
Termické charakteristiky byly měřeny na DSC u semen 44 druhů - zástupců 15 čeledí (tab. 1) (*Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Cucurbitaceae*, *Daucaceae*, *Helleboraceae*, *Hydrophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Lamiaceae*, *Liliaceae*, *Malvaceae*, *Polemoniaceae*, *Scrophulariaceae*, *Solanaceae*, *Violaceae*). Vzhledem k počtu čeledí a menšímu počtu jejich zástupců v jednotlivých třídách termické odezvy je pokus o zobecnění zaměřen na ty druhy rostlin, u kterých bylo testováno více genotypů. Na vybraných příkladech testovaného souboru lze ale shrnout určité trendy.

U čeledi *Asteraceae* byl testován největší soubor jedinců ($n=38$) (tab. 1). Semena druhů této čeledi se vyskytovala ve všech skupinách typů termických vlastností (1-5). Nejvíce zástupců čeledi *Asteraceae* bylo v 1. a 3. skupině. Do první skupiny patří například *Bellis perennis* se čtyřmi kultivary, *Zinnia elegans* s pěti kultivary a další druhy květin. Další nejpočetnější zastoupení bylo ve třetí skupině, ve které byl druh *Rudbeckia hirta* zastoupený třemi kultivary. Z pěti testovaných vzorků *Callistephus chinensis* byly 4 kultivary ve třetí skupině. Ve čtvrté skupině byly například čtyři kultivary *Calendula officinalis*. Z měřených 92 vzorků semen bylo ve 3. až 5. skupině, tedy ve skupinách, u kterých se vyskytuje skelný přechod, 42 druhů a kultivarů, tedy přibližně polovina zkoumaných vzorků.

Tab. 1: Četnost výskytu shodné termické odezvy zařazené do jedné z 1. až 5. skupiny testovaných semen druhů rostlin přiřazených do čeledí.

Čeledi	Skupiny				
	1	2	3	4	5
<i>Asteraceae</i>	13	3	13	4	5
<i>Brassicaceae</i>			1		
<i>Cucurbitaceae</i>					8
<i>Daucaceae</i>				1	
<i>Helleboraceae</i>	3				
<i>Hydrophyllaceae</i>			1		
<i>Chenopodiaceae</i>		1	2		
<i>Lamiaceae</i>					3
<i>Liliaceae</i>					2
<i>Malvaceae</i>		4			1
<i>Polemoniaceae</i>				4	1
<i>Scrophulariaceae</i>			4		1
<i>Solanaceae</i>	2		6		1
<i>Violaceae</i>			5		

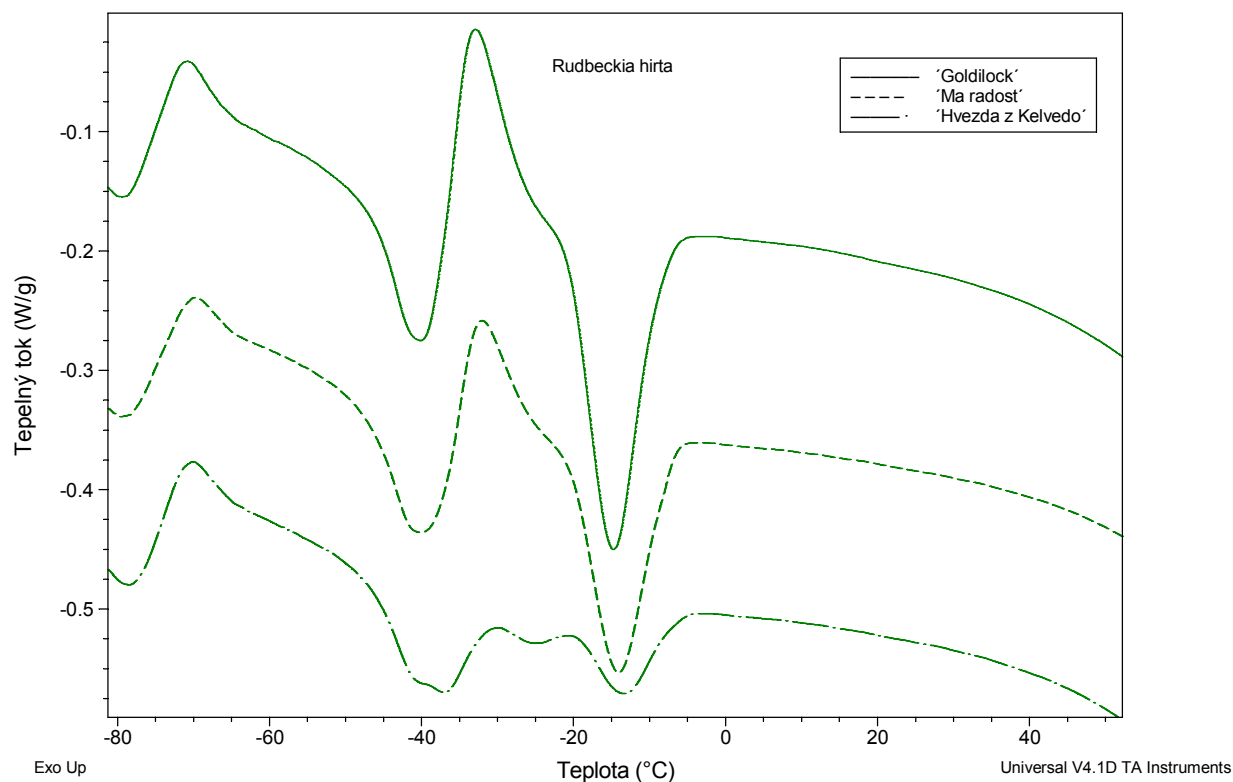
Obr. 1: Termické odezvy semen čtyř kultivarů *Zinnia elegans* s výraznou endotermou, které nepředchází skelný přechod v závislosti na teplotě při ohřevu $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$.



Pozn. Křivky pro jednotlivé vzorky jsou posunuty podél osy y z důvodu přehlednosti. Hodnoty tepelného toku platí pouze relativně.

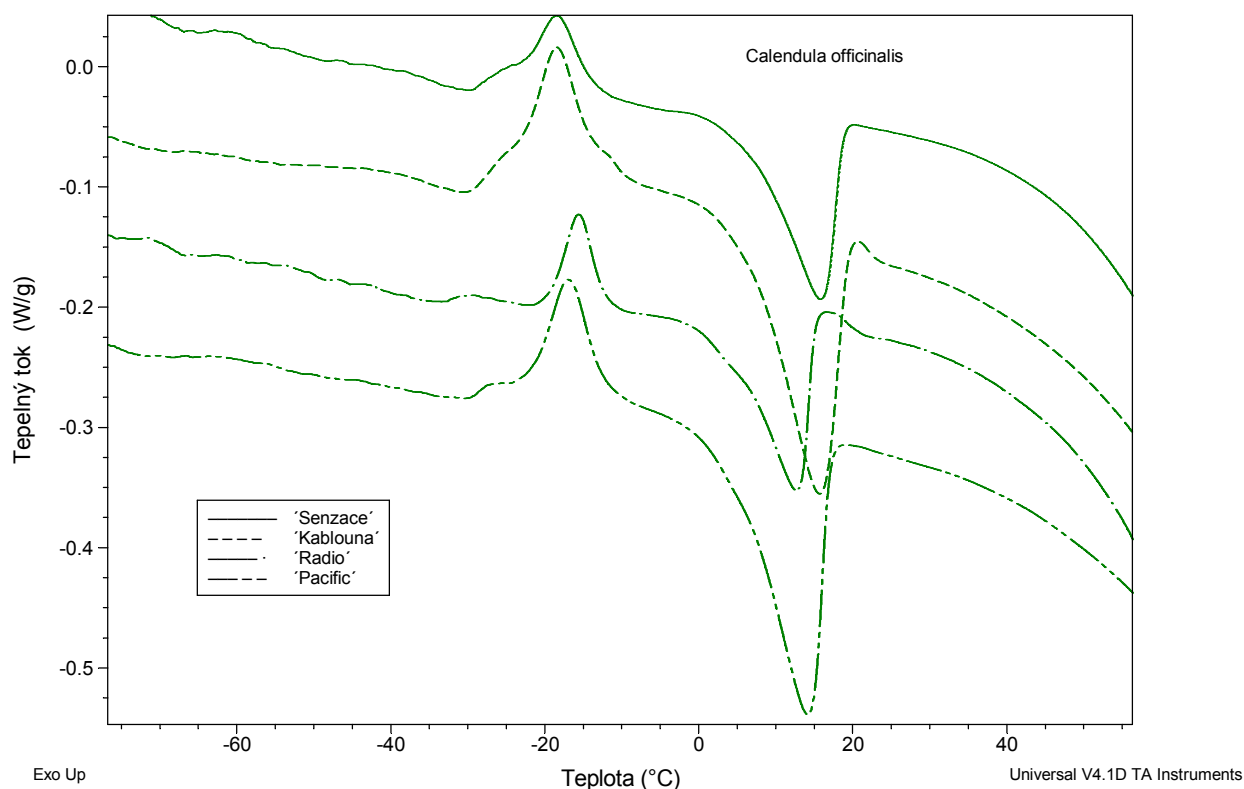
Jednou skupinou látek, které mohou způsobit rozdílnou termickou odezvu zkoumaných semen zelenin a květin, jsou oligosacharidy. Nejčastěji se v suchých semenech nachází zvýšené množství rafinózy a stachyózy. Přítomnost a množství těchto oligosacharidů je korelováno se zachováním životnosti suchých semen mnoha druhů například uvádí Steadman *et al.* (1998). Na druhé straně bylo zjištěno, že oligosacharidy neovlivňují kvalitu intracelulárního skla (Buitink *et al.* 2000). Další skupina látek, která je přítomná v semenech ve větším množství, jsou proteiny. Magoshi J. *et al.* (2002) zjistil, že prolaminové proteiny extrahované z rýže, pšenice a sóji mají teploty skelných přechodů nad $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$, což jsou teploty, které se významně liší od námi naměřených výskytů skelných přechodů. Endotermní tepelné přechody ve čtvrté skupině byly shodné s teplotou endotermních píků nalezených u semen *Cuphea lutea* a *C. lanceolata*, u kterých odpovídaly teplotě tání lipidů Crane *et al.* (2003). Je pravděpodobné, že čtvrtá skupina semen bude charakterizovaná teplotou endotermního přechodu lipidů.

Obr. 2: Termické odezvy semen tří kultivarů *Rudbeckia hirta* s dvojitou endotermou, které předchází skelný přechod, v závislosti na teplotě při ohřevu $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$.



Pozn. Křivky pro jednotlivé vzorky jsou posunuty podél osy y z důvodu přehlednosti. Hodnoty tepelného toku platí pouze relativně.

Obr. 3: Termické odezvy semen čtyř kultivarů *Calendula officinalis* s výraznou exo- a endotermou, které předchází skelný přechod a endoterma je v kladných teplotách, v závislosti na teplotě při ohřevu $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$.



Pozn. Křivky pro jednotlivé vzorky jsou posunuty podél osy y z důvodu přehlednosti. Hodnoty tepelného toku platí pouze relativně.

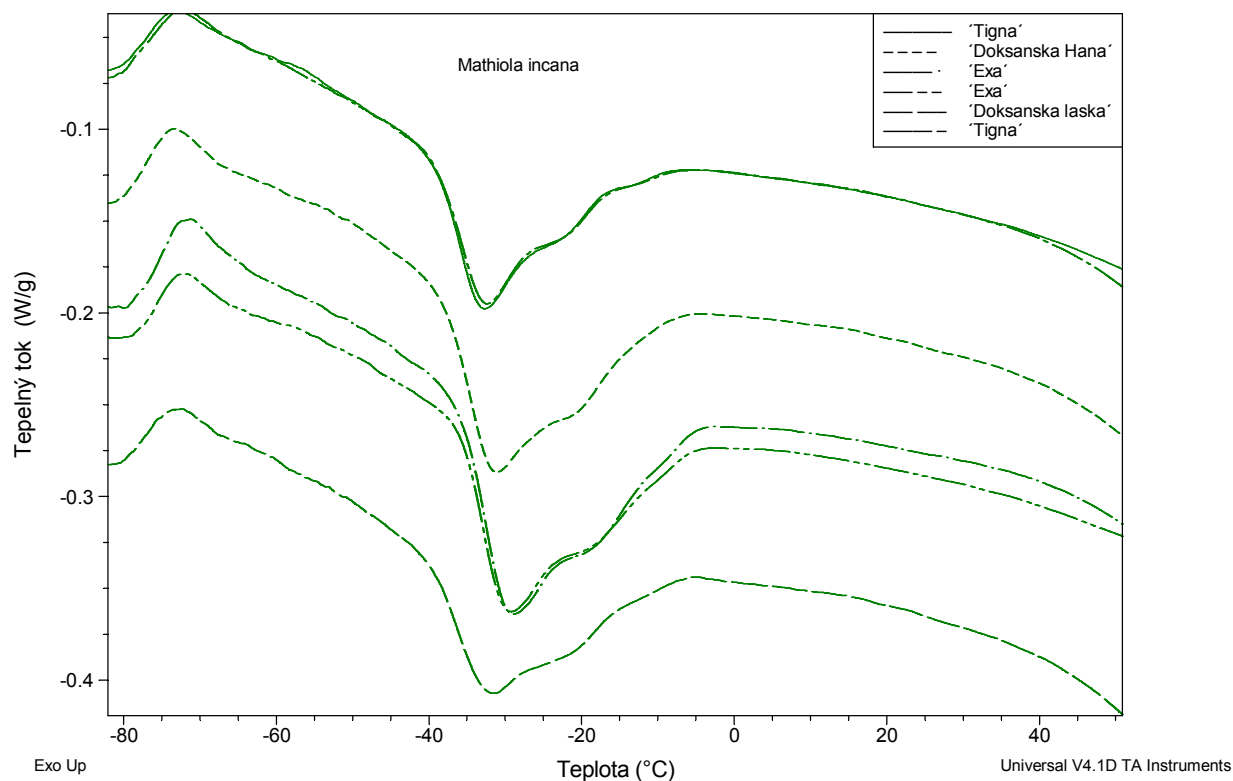
Závěr

Závěrem lze shrnout, že skupiny termické odezvy nebyly specifické pro čeledi, jsou však druhově specifické, jak vyplynulo z měření různých kultivarů v rámci jednotlivých druhů. V dalším výzkumu se pokračuje a výzkum bude zúžen na druhy zelenin a květin, které se výrazně liší ve schopnosti si udržet vitalitu.

Literatura

- Buitink J., Claessens M. M. A. E., Hemminga M. A., Hoekstra F., A. (1998): Influence of water content and temperature on molecular mobility and intracellular glasses in seeds and pollen. *Plant Physiology* 118, 531-541.
- Buitink J., Hemminga M. A., Hoekstra F. A. (2000): Is there a role for oligosaccharides in seed longevity? An assessment of intracellular glass stability. *Plant Physiology* 122, 1217-1224.
- Crane J., Miller A.L., van Roekel J.W., Walters, C. (2003): Triacylglycerols determine the unusual storage physiology of *Cuphea* seed. *Planta* 217, 699-708.
- Magoshi J., Becker M. A., Han Z., Nakamura S., (2002): Thermal properties of seed proteins. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 70, 833-839.
- Steadman K. J., Pritchard H.W., Dey P. M. (1996): Tissue-specific soluble sugars in seeds as indicators of storage category. *Annual of Botany* 77, 667-674.

Obr. 4 Termické odezvy semen čtyř kultivarů *Mathiola incana* s výraznou exo- a endotermou, které předchází skelný přechod a endoterma je v záporných teplotách, v závislosti na teplotě při ohřevu 10 °C min⁻¹. Odrůdy 'Tigna' a 'Exa' jsou změřeny dvakrát.



Pozn. Křivky pro jednotlivé kultivary jsou posunuty podél osy y z důvodu přehlednosti. Hodnoty tepelného toku platí pouze relativně.

Práce vznikla s podporou projektu NAZV QD 1325 MZe ČR.

Kontaktní adresa autora: Ing. Jiří Zámečník, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, oddělení molekulární biologie, Drnovská 507, 161 06 Praha 6 – Ruzyně, E-mail: zamecnik@vurv.cz