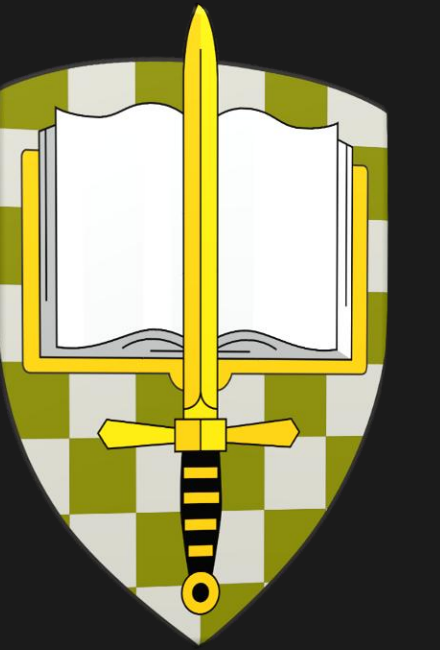


Vliv teploty na texturu vybraných trvanlivých potravin pro vojenské použití

Effect of temperature on the texture of selected food components for military use

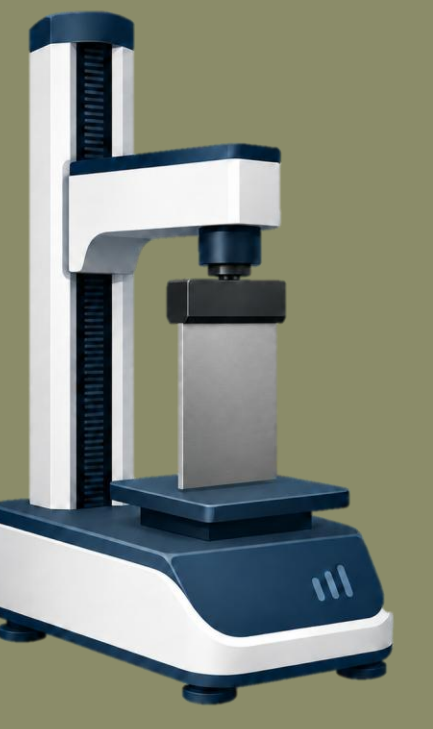


Úvod

- Bojové potravinové dávky (BPDi) a potravinové přídavky slouží k rychlému zajištění energetického příjmu při intenzivní fyzické a environmentální zátěži, zejména v situacích s omezenou dostupností pestré čerstvé stravy. Přestože je jejich nutriční složení pečlivě optimalizováno, mechanické vlastnosti bývají obvykle hodnoceny pouze za standardních laboratorních podmínek, které neodpovídají reálnému polnímu použití.
- Tato práce hodnotí mechanické chování vybraných potravin v teplotním rozmezí -18 až 40 °C pomocí texturometrických testů ve spojení s vícerozměrnou statistickou analýzou.
- Cílem bylo posoudit teplotní stabilitu vzorků, identifikovat kritické změny textury a formulovat prakticky využitelná doporučení pro logistiku i konzumaci v polních podmínkách.

Metodika

- Vzorky: **ovoce** (sušené a lyofilizované mango, švestky), **tyčinky** (musli, čokoládové, se sušenkou, proteinové), **maso** (hovězí sušené a lyofilizované) vybrané dle aktuální nabídky BPDi a přídavků v AČR
- Teploty měření: -18 °C, 0 °C, 15 °C, 25 °C a 40 °C (rozsah použití v poli)
- **Texturometrie TA.XTplus 100** (testy řezu HDP/BS, průnik slupkou SMS P/3, texturní profilová analýza SMS P/20), Stable Micro Systems Ltd., UK
- Program Exponent, statistické vyhodnocení



| Vzorek | -18 | 0 | 15 | 25 | 40 |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Hofká čokoláda 25 g | 26 633 | 17 743 | 15 085 | 16 139 | NM |
| Hofká čokoláda 35 g | 42 184 | 33 404 | 28 783 | 23 147 | NM |
| Müsli tyčinka | 30 855 | 37 828 | 13 906 | 16 168 | 15 466 |
| Proteinová tyčinka BPDi | 68 340 | 23 848 | 13 796 | 14 930 | 35 959 |
| Proteinová tyčinka Lidl | 26 383 | 17 067 | 7 778 | 5 014 | 3 141 |
| Proteinová tyčinka Vilma | 6 551 | 5 772 | 2 847 | 2 480 | 1 671 |
| Snickers | 31 787 | 19 007 | 7 353 | 4 293 | 3 438 |

Tyčinka Snickers
- tuhá v mrazu, vyšší komfort při teplejší konzumaci, nárůst lepivosti

Tyčinka Vilma
- dělení po jednotlivých vrstvách, nízká maximální síla i práce řezu

Proteinová tyčinka BPDi
- vysoký odpor při řezu v extrémních podmínkách (-18 a 40 °C)

Čokoláda
- rychlý, křehký lom, omezená použitelnost v teple

Proteinová tyčinka (komerční)
- tužší v mrazu, s teplotou roste deformovatelnost a lepivost

Müsli tyčinka
- kompaktní, špatně dělitelná, stabilnější se změnou teplot

Pořadí podle mediánů maximální řezné síly a práce (nižší hodnota = snazší dělení)

Provedené testy: řez skrz vzorek

Řez: medián peak force

Provedené testy: TPA, průnik slupkou, řez skrz vzorek

PCA biplot ovoce - kombinace řezu, puncture a TPA

Švestky vykazují nižší maximální sílu, sušené vzorky jsou s rostoucí teplotou výrazně lepivější

Lyo vzorky nejsou pružné, mají nízký odpor k řezu, ale jsou tvrdší při prvním skusu

Sušené mango při 40 °C vykazovalo nejvyšší odpor i práci řezu, což ukazuje na houževnatý a mechanicky náročný profil

U sušeného ovoce hrají zásadní roli zbytková voda, cukerná matrice, skelný přechod a plastifikační účinek vlhkosti [1]

FDI = ukazatel provozní náročnosti (vyšší hodnota = náročnější, méně použitelný)

Lyofilizované mango vs **Sušené mango**

Lyofilizované švestky vs **Sušené švestky**

Společná PCA řezových dat: centroidy vzorků napříč teplotami

- mechanické profily vzorků se seskupují podle **typu materiálu a technologické úpravy**
- teplota má největší dopad především u **tyčinek** a části ovocných vzorků

Oblasti vzorků v PCA korespondují se shlukovou analýzou:

- I. Velká maximální síla i práce, mechanicky náročné
- II. Vysoká počáteční síla, výrazný lom vzorku
- III. Křehké drobné vzorky
- IV. Lepivé, tahavé v teple, tuhé v chladu, vrstvené

Sušené maso (komerční)
 $\alpha_w \approx 0,85$

Sušené maso (BPDi)
 $\alpha_w \approx 0,68$

Křehkost vzorků koresponduje s tloušťkou vzorku, zbytkovým obsahem vody a α_w

Lyofilizované maso
 $\alpha_w \approx 0,12$

Provedené testy: řez skrz vzorek

| peak force [g] | -18 | 0 | 15 | 25 | 40 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Lyofilizované | 10 527 | 5 594 | 5 762 | 6 699 | 6 270 |
| BPD sušené | 16 827 | 17 312 | 24 647 | 25 908 | 11 397 |
| Komerční sušené | 16 159 | 14 590 | 13 747 | 15 845 | 32 520 |

Standardizované profily řezových parametrů

mechanicky náročné, dlouze se deformují

měkčí na maximum, tažnější, lepivější, vrstvené

snadno dělitelné, křehké

silové, krátkolomné, vysoký odpor při iniciaci porušení

Závěr

- **Pro chladné podmínky:** zařazovat potraviny s nízkou iniciační silou nebo křehkým lomem
- robustnější proteinové tyčinky (BPDi) a tyčinky typu Snickers ohrát tělem před konzumací - pokles teploty pod -18 °C posouvá strukturu tyčinek do sklovitého stavu s tvrdostí překračující 300–670 N, což může mít za následek dentální trauma v poli [2]
- V současném výběru přídavků a potravinových balíčků **neexistuje univerzální tyčinka** – v zimě vadí tvrdost, v létě lepivost a ztráta kompaktnosti.
- Ve vysokých teplotách (40 °C) sušené maso, mango získává extrémně elastický profil odolný proti přestřížení - nutnost opakovaného žvýkání, což v polních podmínkách **urychluje svalovou únavu čelistí** (zvýšené riziko poruchy čelistního kloubu)

Potraviny do polních dávek nestačí testovat jako stabilní a nutričně vhodné; musí být mechanicky konzumovatelné v reálné teplotě. V mrazu je limitem tvrdý první skus, v horku lepivost, deformace a vysoká práce řezu. Nejvhodnější komponenty jsou závislé na klimatickém scénáři a požadovaném způsobu konzumace.

Tento výzkum byl financován Ministerstvem obrany České republiky, grantem INTAL: Implementace nových technologií a postupů do logistického zabezpečení Armády České republiky (**DZRO-FVL22-INTAL**) a projektem specifického výzkumu: Komplexní přístup k řešení aktuálních problémů moderních potravinářských věd (**FCH-S-26-9000**) Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

Zdroje [1] FENG, Shuhan; BI, Jinfeng; LAAKSONEN, Timo; LAURÉN, Patrick a YI, Jianyong. Texture of freeze-dried intact and restructured fruits: Formation mechanisms and control technologies. Online. Trends in Food Science & Technology. 2024, vol. 143, article 104267. ISSN 0924-2244. [2] SIMECEK, John W.; COLTHIRST, Paul; WOJCIC, Barbara E.; EIKENBERG, Steven; GUERRERO, Alicia C. et al. The Incidence of Dental Disease Nonbattle Injuries in Deployed U.S. Army Personnel. Military Medicine. 2014, vol. 179, no. 6, s. 666–673. [3] KHALLOUFI, Said a RATTI, Cristina. Quality deterioration of freeze-dried foods as explained by their glass transition temperature and internal structure. In: SUN, Da-Wen (ed.). Freeze-drying/lyophilization of foods and biological products. Boca Raton: CRC Press, 2003, s. 145–166. ISBN 1-58716-035-9. [4] RAHMAN, Md Habibur; NIU, Yuxin; ALAM, Md Shahin; CHEN, Qingshan a ZHANG, Mengchun. Recent advances in methods and technologies for enhancing drying characteristics and quality of dried fruits and vegetables. Online. Food Control. 2021, vol. 130, article 108127. [5] BOURNE, Malcolm C. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. 2nd ed. Food Science and Technology. 2002. ISBN 978-0-12-119062-0.