

VISKOZIMETR RVA A ZKOUŠKA WHEAT FLOUR ETHANOL METHOD – PREDIKCE PEKAŘSKÉ KVALITY POLYSACHARIDOVÉHO A LEPKOVÉHO KOMPLEXU SMĚSÍ S WAXY MOUKOU



≈ Švec I.¹ ~ Sedláček T.² ~ Horčíčka P.² ≈



1. Úvod

Pšenice indická kulatozrná (*Triticum aestivum* L. subsp. *sphaerococcum*). Archaická, raná hexaploidní ozimá pšenice s malými, kulatými zrny, domovská na území Indie a Pákistánu. Vyniká mrazuvzdorností a odolností proti poléhání; dále mimořádně vysokým obsahem N-látek (14–18 proti běžným 10–13%), a je proto cennou surovinou pro šlechtitele, mlynáře a pekaře.

Technologická kvalita těst z této hladké mouky je posílena ve smyslu pružnosti a naopak tažnosti, podobně jako „semoule fine“ (jemná semolina) z *Pšenice tvrdé* (*T. durum* Desf.). Takzvaná „krátká“ těsta však vykazují vysoké hodnoty deformační alveografické energie, tj. značnou odolnost k přehnětí.

Škrob. Rostlinný zásobní polysacharid na bázi glukosy v podobě kyslíkatého šestičlenného heterocyklu, složený z makromolekul lineární **amylosy** (AM), a rozvětveného **amylopektinu** (AP). Obvyklý poměr těchto složek je 25:75, ovšem cíleným šlechtěním byly vytvořeny tzv. **waxy** odrůdy s minimálním podílem AM. Řez zrnem – endosperm je nažloutlý s matným odleskem, připomínajícím vosk (Fredriksson et al., *Carbohydr. Polym.*, 1998, 35, 119). **Technologickou předností waxy škrobu** je vyšší vaznost mouky, delší čerstvost a pomalejší retrogradace – stárnutí pečiva. **Nevýhoda** spočívá v silnější lepivosti těsta, měkkost a lepivost střídy pekařského výrobku; směsi normal/waxy pšeničných mouk obsahují vysokoamylopektinovou mouku v podílech 10–20 %. Měkkost a lepivost jsou ceněny v případě asijských rýžových nudlí, kdy waxy rýže vznikla přirozeně evolucí. **Druhá nevýhoda** je vyšší **glykemický index**, zapříčiněný rychlejší degradací – AP obsahuje více glukosových řetězců a amylosám přístupných neredukujících konců.

2. Materiál

Pšenice indická kulatozrná, ozimá odrůda SONG; waxy (WX) pšenice setá, ozimá odrůda TON Sklizeň 2023, Výzkumné Centrum Selton, Sibřina, Středočeský kraj ČR (GPS 50.053 N, 14.646 E)

Laboratorně připravené mouky, Výzkumné Centrum Selton. Dvouválcový mlýn WWGM (Yücebaş Makine, Izmir, Turecko), semletí hladké mouky (pro min. 96 % zrnitost < 250 µm Vyhl. Mze ČR 18/2020 Sb.)

Směsi SONG–TON. Kontrola 100SONG (0WX); **20WX, 40WX, 60WX, 80WX, TON (100WX)**

Chemicky čisté AM – AP. Křížová validace reologického chování mouk SONG a TON

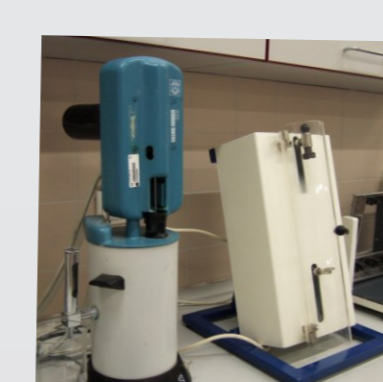
Suroviny pro laboratorní pekařský mini-Rapid Mix Test (Sedláček, Horčíčka, Cz. J. Genet. Plant Breed., 2011, s. 123)

- pšeničná mouka: 80,0 g
- destilovaná voda: vaznost 60,5–63,7 % na mouku
- lisované droždí: 4,0 g
- neiodidovaná sůl: 1,2 g
- řepný cukr: 0,8 g
- vepřové sádlo_{40 °C}: 850 µl
- kys. askorbová: 16 µl vodného 0.01% ☺

3. Metody

3.1 Analytické

- vlhkost mouky (IČ spektrometrie)
- Zeleného test
- Číslo poklesu, typ „1400“
- obsah bílkovin (pyrolýza podle J.-P. Dumase /1826/ s modifikacemi)



3.2 Reologické

- RVA Stirling Number
- RVA Wheat Flour Ethanol Profile 54.2



3.3 Pekařský pokus

- mini-Rapid Mix Test (Centrum Selton) [Sedláček a kol., Sborník Czech Food Chem 2026]

3.4 Statistické (Statistica v. 13)

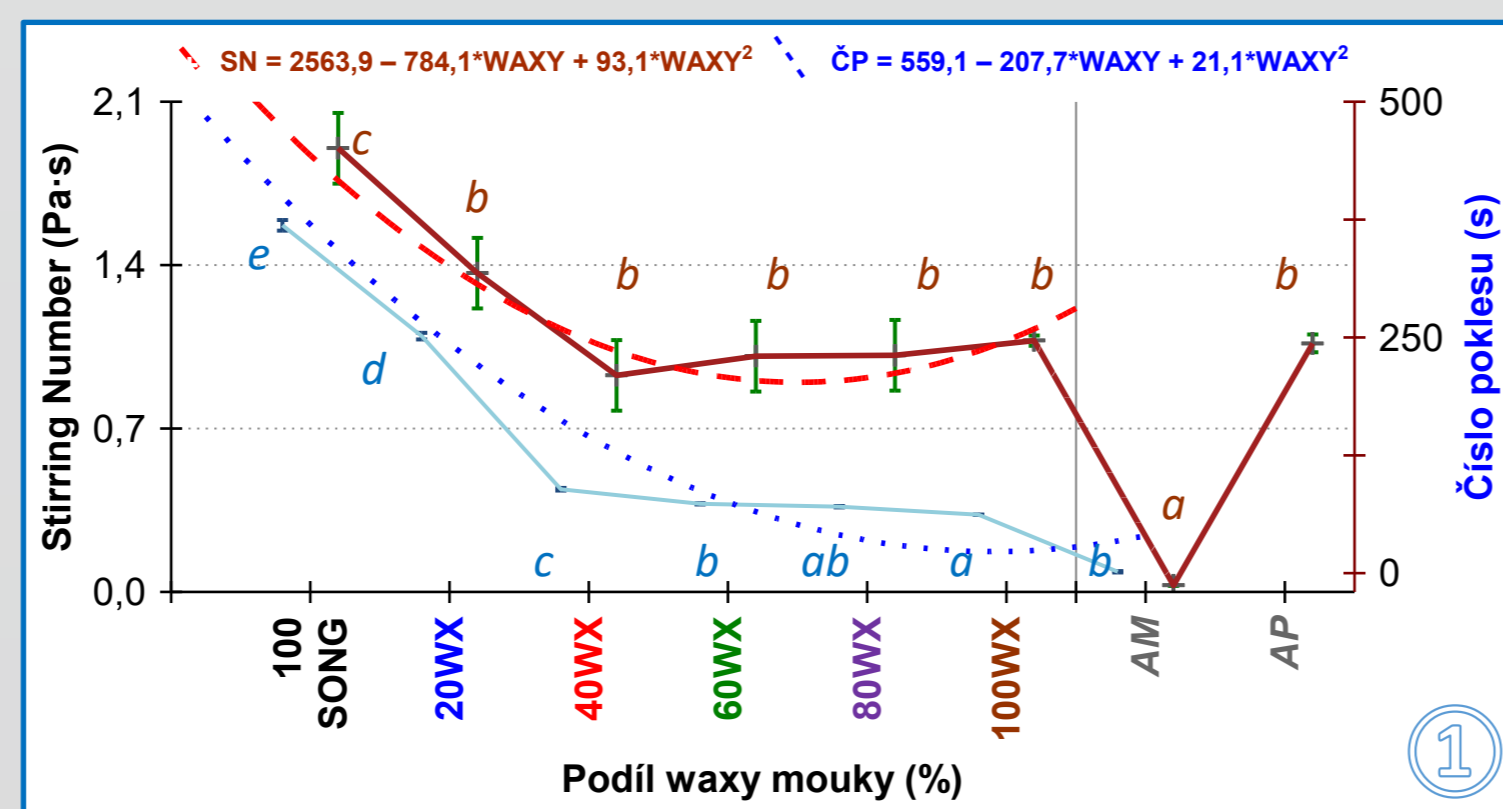
- popisná 1f-ANOVA_{95 %}
- průzkumná vícerozměrná metoda PCA

4. Výsledky a diskuse

4.1 Analytické hodnocení mouk a směsí

- **Vlhkost mouky:** nárůst až o 2,7 proc. bodu – potvrzení známé pevnější vazby vody na AP
- **Obsah bílkovin:** podle předpokladu o 2,5 proc. bodu více v 100SONG, obecně lineární pokles

① Vzorek	Vlhkost (%)	Bílkoviny (%)	Zeleného test (ml)
100SONG	11,96 ^a	15,09 ^f	53 ^f
20WX	12,48 ^b	14,57 ^e	44 ^e
40WX	12,78 ^c	14,07 ^d	39 ^d
60WX	12,96 ^d	13,57 ^c	34 ^c
80WX	13,33 ^e	13,03 ^b	30 ^b
100WX	13,71 ^f	12,51 ^a	25 ^a
Opakovatelnost	± 0.20	± 0.22	± 1



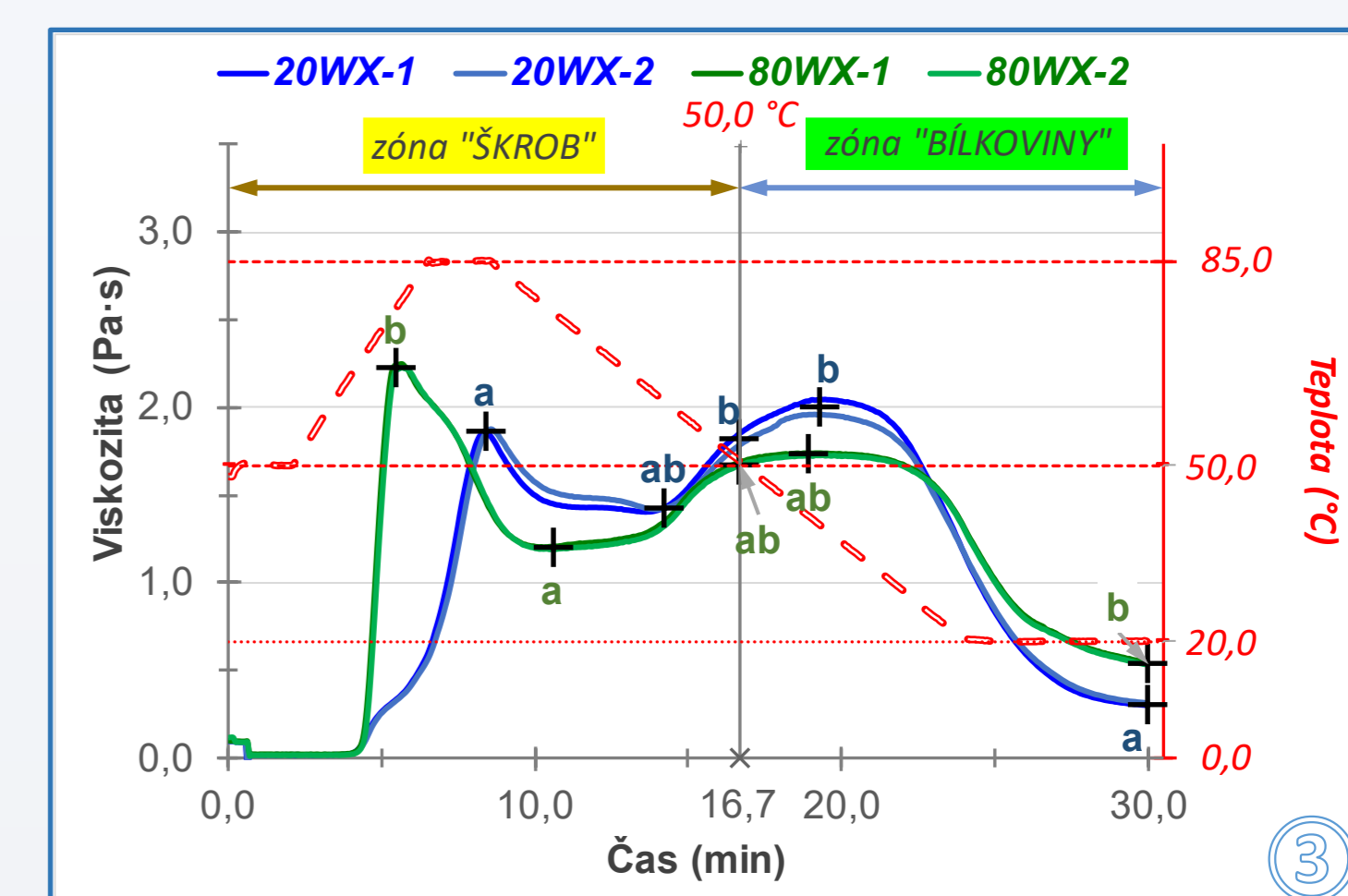
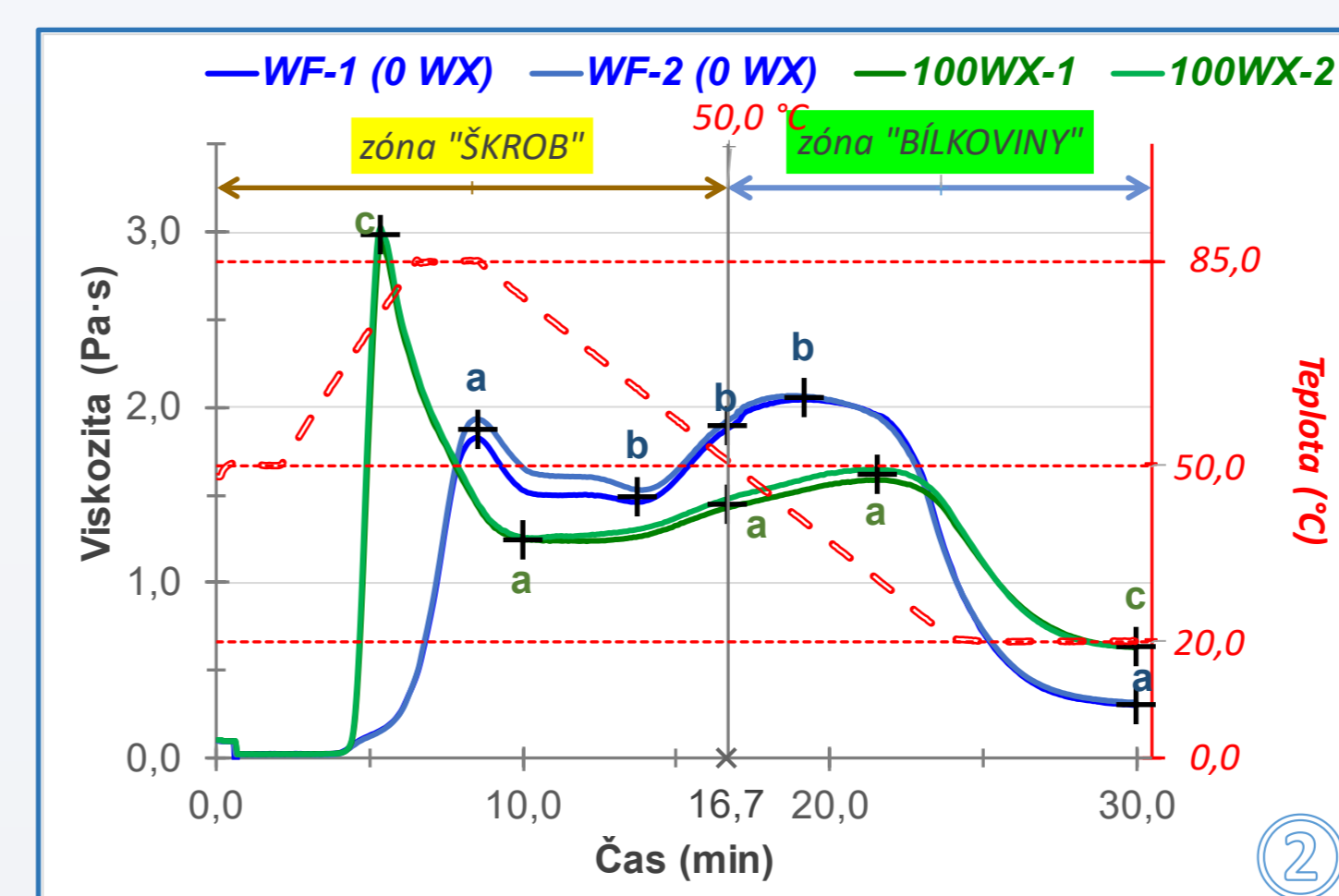
- **Kvalita lepku podle Zeleného:** trend průkazně lineárního poklesu z hodnot elitních pšenic 53 ml až o 50%; sediment 39 ml pro směs 40WX je obvyklý pro běžné komerční pšeničné mouky hladké světlé (T530)
- **Odhad aktivity amylas – Číslo poklesu** očekávaný nelineární propad z 370 s pro

- 100SONG na limitních 62 s pro 100WX, optimum ≈ 250 s pro směs 20WX
- **Odhad aktivity amylas – Stirling Number:** rovněž polynomičtý průběh dat, optimum ≈ 1.600 mPa·s; – AM nemazovává, 100WX podobné AP

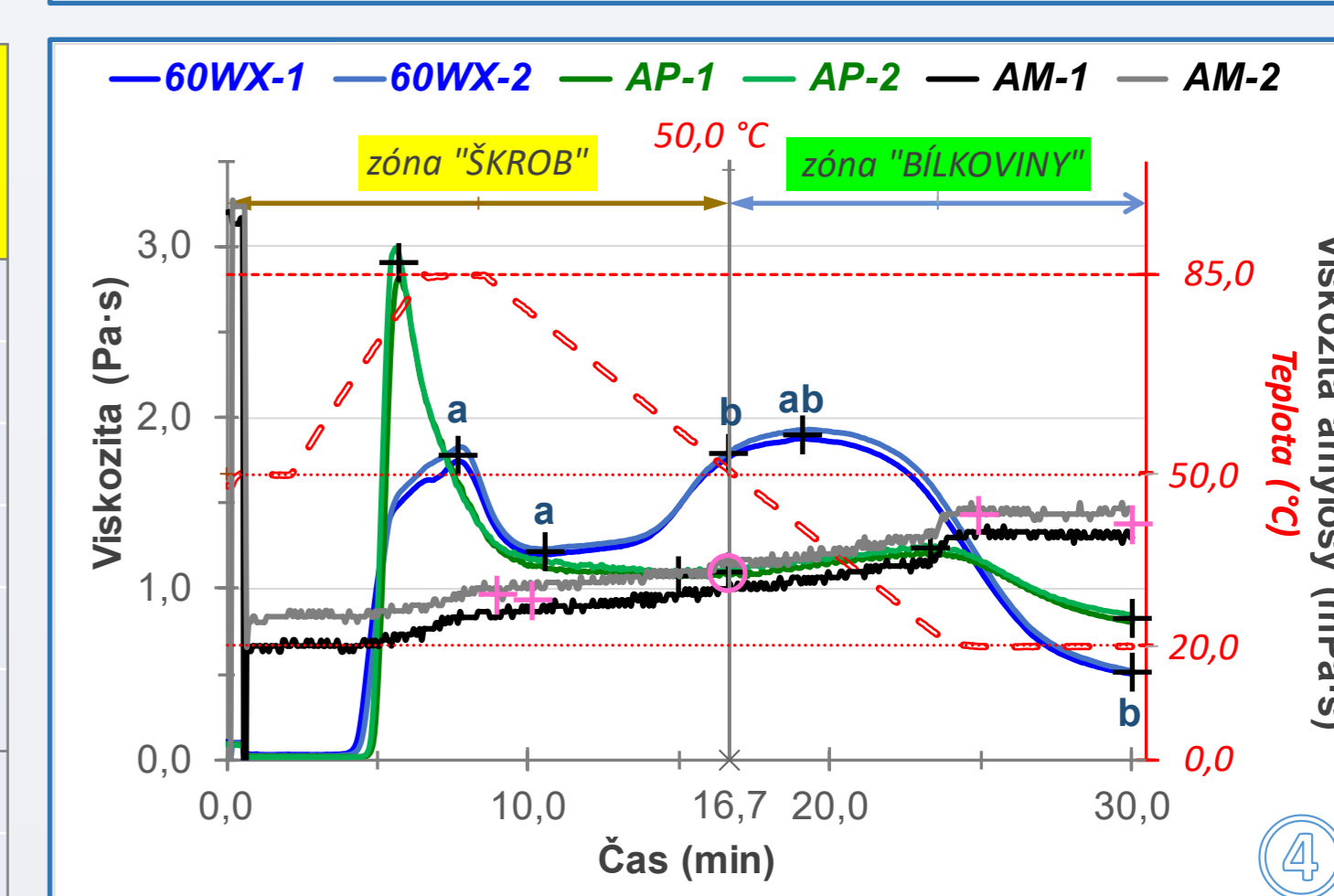
4.2 Reologické hodnocení mouk a směsí – rotační viskozimetr Rapid Visco Analyser

Wheat Flour Ethanol Profile (RVA Method 24-04, 2010)

- teplotní časový průběh 50,0–85,5–50,0–20,0 °C za 30 min; dávka 3,50 g 98% C₂H₅OH (11 % směsí) brání denaturaci lepkových bílkovin
- první část zkoušky 50,0–85,5–50,0 °C: mazování polysacharidů – aktivita amylas a retrogradace škrobo-lepkového gelu (znaky „S-“)
- druhá část zkoušky 50,0–20,0 °C: reasociace prolaminů a gluteninů v suspenzi, způsobující druhotné zvýšení viskozity (znaky „P-“)



② Vzorek	Peak1 Visc (mPa·s)	Peak1 Width (min)	Hold1 Visc (mPa·s)	Hold1 Width (min)	Break-down1 (mPa·s)	Viskozita Final1 (mPa·s)
100SONG	1821 ^B	1,05 ^C	1415 ^D	4,66 ^B	406 ^B	1808 ^D
20WX	1870 ^B	0,82 ^C	1412 ^{CD}	4,67 ^B	458 ^B	1820 ^D
40WX	1706 ^B	0,87 ^C	1244 ^{BCD}	4,88 ^{BC}	464 ^B	1703 ^D
60WX	1787 ^B	1,34 ^D	1214 ^{BC}	4,82 ^{BC}	573 ^B	1786 ^D
80WX	2237 ^C	0,82 ^C	1197 ^B	4,89 ^{BC}	1040 ^C	1677 ^{CD}
100WX	2985 ^D	0,32 ^B	1244 ^{BCD}	6,00 ^C	1741 ^D	1452 ^C
AM	29 ^A	0,00 ^A	28 ^A	10,67 ^D	1 ^A	33 ^A
AP	2906 ^D	0,36 ^B	1079 ^B	0,00 ^A	1828 ^D	1099 ^B



4.2.1 Výsledky v zóně ŠKROB

- podle rozdílu AM–AP postupný pokles **Peak1 Visc** a zužování **Peak1 Width**; predikce pomalejšího stárnutí pečiva (**Final1 Visc**, **Setback1**)
- čím menší **Hold1 Visc**, tím stabilnější škrob a chování těsta při kynutí, lepší zádrž CO₂

4.2.2 Výsledky v zóně BILKOVINY

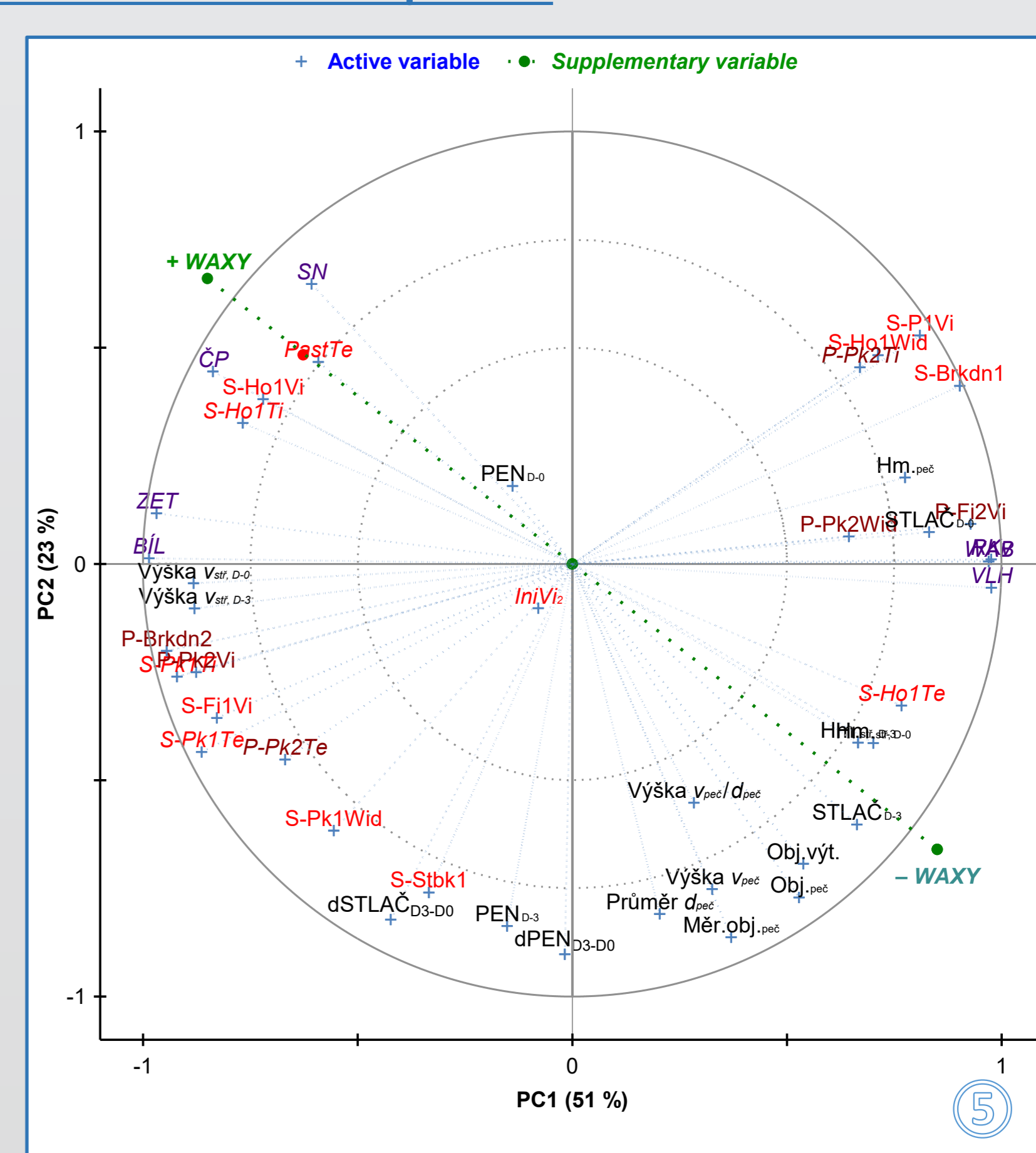
- termoviskózní chování lepkových bílkovin vykazuje strukturální analogii s polysacharidy: plochý a široký **S-Peak1–P-Peak2** odpovídá vyšší pekařské kvalitě (nepřímá úměra rychlosti rozpadu škrobových granulí, resp. rychlosti reasociace bílkovinných struktur s geometrií daných významných bodů a částí viskozitní křivky)
- podle **Peak2Width** predikce optimální směsi 40WX/60WX: potlačení extrémů přemíry AM, AP

③ Vzorek	Setback1 (mPa·s)	Peak2 Visc (mPa·s)	Peak2 Width (min)	Final2 Visc (mPa·s)	Break-down2 (mPa·s)
100SONG	385 ^C	1971 ^D	4,56 ^{BCD}	333 ^B	1639 ^E
20WX	399 ^C	2004 ^D	3,93 ^B	310 ^B	1695 ^E
40WX	452 ^C	1873 ^{CD}	4,22 ^{BC}	333 ^B	1540 ^E
60WX	565 ^D	1905 ^{CD}	4,89 ^{CD}	509 ^C	1396 ^{DE}
80WX	477 ^{CD}	1733 ^{CD}	6,34 ^E	543 ^C	1191 ^{CD}
100WX	206 ^B	1615 ^C	5,14 ^D	633 ^D	959 ^C
AM	5 ^A	43 ^A	0,00 ^A	42 ^A	-7 ^A
AP	80 ^A	1233 ^B	6,88 ^E	826 ^E	341 ^B

4.3 Vícerozměrná interpretace dat: PCA – metoda hlavních komponent

Osa strukturální integrity PC1 (51 % rozptylu)

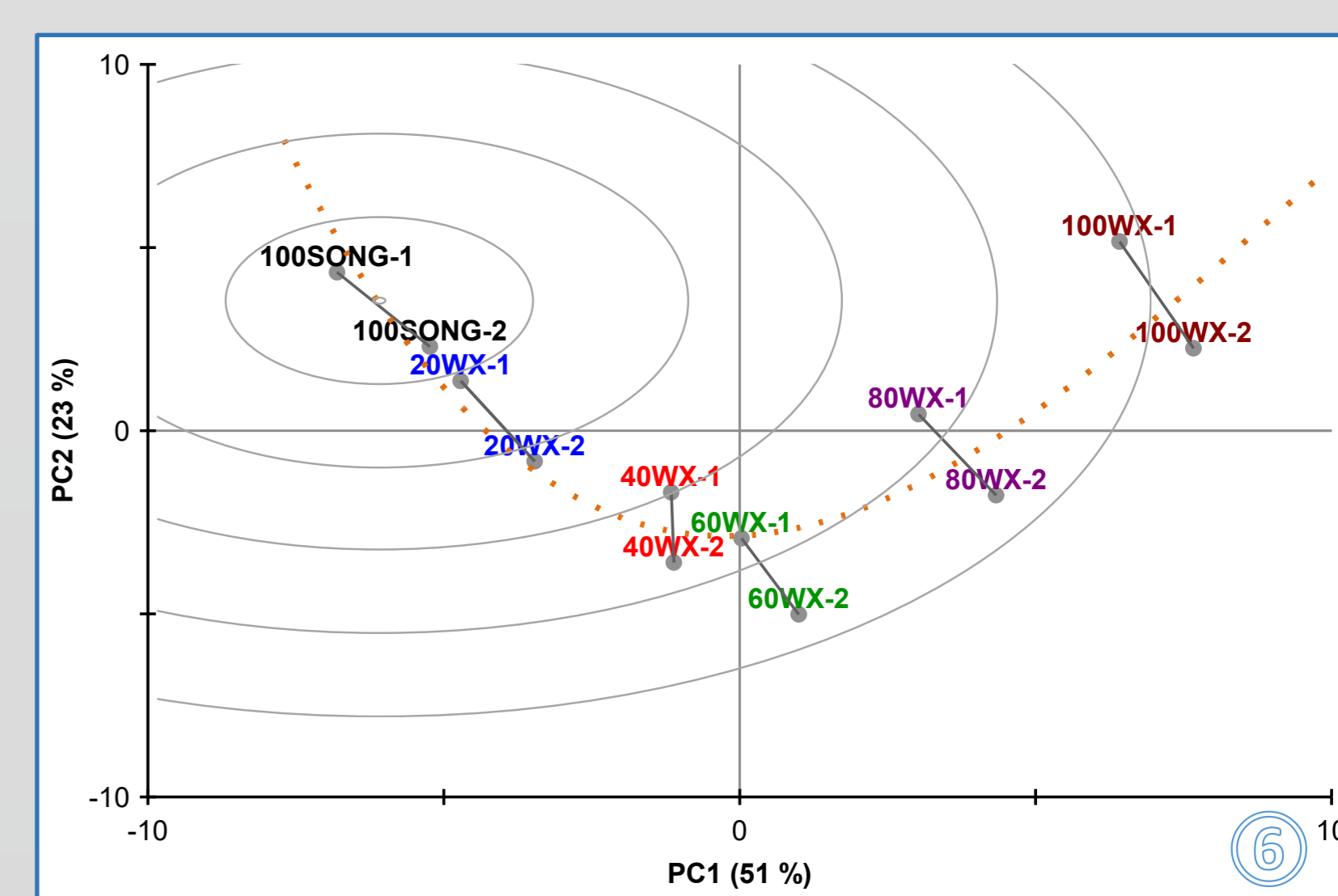
Horizontální diskriminace na Obr. 5 odhaluje antagonismus „normální škrob ↔ vysokoAP matrice“ (+ WAXY ↔ - WAXY zleva vpravo dolů). Přítomnost „AM lešení“ v mouce 100SONG přímo koreluje s měrným objemem pečiva a predikovatelnou STLAČ D-3 (tuhostí střídy 3. den). Proti tomu waxy zóna generuje kinetický šok v podobě okamžitého nárůstu viskozity za studena (**Ini Visc_{2 min}** ④), ale následného kolapsu struktury a degradace lepkového gelu (**Protein-Breakdown2**).



Termodynam. optimum PC2 (23 % rozptylu)

– trajektorie paraboly vzorků – **Horseshoe Effect** (Obr. 6 Guttman (1953); Camiz (2005)) je plynulý nelineární gradient konformační entropie biopolymerní směsi. Oba krajní body 100SONG (0WX) a 100WX směřují do oblasti +PC2 kvůli rigidnímu, monochromatickému chování jedné dominantní fáze – sedlo paraboly pro 40–60WX je hledané technologické optimum s max. viskoelastickou relaxací a tažností matrice (šířky piků **Peak2Width** a **Hold1Width** pod 45°, ⑤)

– výsledek pekařského pokusu s 40–60WX znamenal synergii: největší objem pečiva a rovněž potlačení retrogradace – prodloužení PEN D-3 (měkkosti střídy, tj. penetrace 3. den; statistická podobnost s kontrolou 100SONG přibližně 50%.



5. Závěr

Kombinovaný profil RVA prokázal možnost identifikovat pekařky optimální pšeničnou směs z hladkých odrůdových mouk se standardním a waxy – vysokoamylopektinovým škrobem. Vzorky se 40 až 60 % waxy složky představují strukturální a termodynamické optimum, v PCA grafu charakterizovaným minimální hodnotou entropie. Pro tento bod v sedle kvadratické regresní přímky byla zjištěna rovnováha mezi viskózním chováním moučné směsi, měrným objemem pečiva a prodlouženou vláčností střídy během dvou-denního skladovacího pokusu.