

Křehkost a homogenita křehkosti sladu

ZDENĚK ŠAUER, JAN VOBORSKÝ, TOMÁŠ LEJSEK, VÚPS, Praha

663.53: 539.56

V současné době se u nás řeší několik problémů, souvisejících se zaváděním nových postupů do sladařské výroby. Jejich bezpečné ověřování vyžaduje analytické metody, která by v celé šíři odhalila vlastnosti získaného sladu, popř. upozornila na úsek výrobního postupu, v němž vzniká chyba. Všeobecně je známo, že sladování se má vést tak, aby se dosáhlo požadovaného rozluštění zrna za vyloučení přílišného prodýchání extraktivních látek, které snižuje výtěžnost hotového sladu. Nastupující období vzrůstající mechanizace sladování má v tomto ohledu mnohé nedostatky. Paušální obsluha mechanických zařízení pro máčení a klíčení, spolu s nesprávným hvozďením, může nejen zvýšit sladovací ztráty, nýbrž může slad také enzymaticky znehodnotit, způsobit scvrknutí endospermu, zhoršení křehkosti, zkrátka špatné rozluštění. Zachytit stupeň rozluštění sladovaného zrna má pro sladařského technika zásadní důležitost.

Metody, běžně používané pro posouzení rozluštění sladu, charakterizují tuto vlastnost zrna obvykle jen jednostranně. Výjimkou, jak se zdá, je nová metoda, určující stupeň rozluštění sladu objektivním měřením křehkosti (nebo tvrdosti) zrn, a dále zjišťující stejnoměrnost (homogenitu) analyzovaného vzorku. Údaje získané za použití Brabenderova farinografu, sklerometru podle Becka a křehkoměru podle Chapona, poukazují na relaci s některými hodnotami dosud uznávaných stanovení [1, 2, 3, 5]. Další podporou pro tuto myšlenku byla skutečnost, že příznivá křehkost zvyšuje u sladařů ze známých příčin důvěru k posuzovanému sladu.

V první etapě své práce jsme zjišťovali křehkost a homogenitu křehkosti různých vzorků sladu, a výsledky jsme porovnali s hodnotami jiných metod. Použili jsme upraveného přístroje fy Chirana, určeného původně k jinému účelu.

Metody používané k stanovení rozluštění sladu

Stále stoupající úsilí je vynakládáno na vypracování laboratorní metody, schopné jednoznačně

vyjádřit pivovarskou hodnotu sladu a vystihnout nejvýznačnější faktory, uplatňující se při pivovarském zpracování.

Dosud nejčastěji užívané chemické metody, jako např. Hartongovo číslo, Kolbachovo číslo (stupeň rozluštění bílkovin), rozdíl v extraktu mezi jemným a hrubým mletím [5, 6, 14], zachycují pouze některý z ukazatelů. Jsou časově i pracovně značně náročné. Obvykle bývají doplňovány metodami fyzikálními a mechanickými jako stanovením sklovitosti na příčném nebo podélném řezu nebo diafanoskopem, zkouškou potopením, vývinem šidélka apod. Výsledky těchto stanovení jsou převážně závislé na subjektivním posuzování, a to snižuje jejich význam.

Dosažení souladu optimálních hodnot, získaných chemickým a fyzikálním rozbořem sladu, vede k poznání, že slad byl vyroben z dobré suroviny a správně sesladován. Naopak zjištění protichůdných hodnot nasvědčuje tomu, že byl hrubě porušen sladovací proces. Často se stává, že zelený slad je dobře rozluštěn, scvrklé zrno konečného výrobku ukazuje však na nesprávné hvozďení. Objeví se potom potíže při šrotování a ve varném procesu, neboť křehká struktura zrna zmizela a přístup enzymů k složkám endospermu je u takovýchto sladů velmi ztížen. Rovněž přílišné prodýchání vede ke scvrknutí zrna.

Beck [2] zjistil, že tvrdost zrna klesá téměř pravidelně s přibývajícím růstem šidélka. Ve druhém dni klíčení je nedokonale rozluštěné zrno značně tvrdé, avšak tvrdost u všech zrn je poměrně vyrovnaná. Ve čtvrtém dni klíčení je tvrdost výrazně snížena, naproti tomu je silně zhoršena homogenita, která se vyrovnává teprve v dalších dnech klíčení. Přesto se neosvědčilo použít vývinu šidélka jako objektivní míry rozluštění, protože průběh fyziologických procesů není vždy v přímé korelaci s chemickými změnami v klíčícím zrně, nehledě ke značné subjektivní chybě, kterou je tato metoda zatížena.

Stanovení křehkosti sladu farinografem fy Brabender [8, 9, 15, 16].

Farinograf registruje sílu, vynaloženou na kuželu mlýnku k hrubému semletí daného množství sladu. Výsledek měření se získá vyhodnocením diagramu, zachycujícího kolísání této síly v závislosti na čase. Průměrná velikost síly udává i průměrnou tvrdost.

Metodě se vytýká několik nedostatků, souvisejících přímo s principem měření. Na diagramu není totiž zachycena síla, vznikající třením mezi částicemi rozdrčeného sladu a dále není eliminován vliv tvrdosti pluchy a vlhkosti materiálu. Získaný výsledek je pouhým vyjádřením průměrné křehkosti a nelze určit její homogenitu.

Stanovení křehkosti sladu sklerometrem podle Becka [1, 2, 3, 7]

Beckovým sklerometrem se měří síla, kterou je třeba vynaložit na podélné proříznutí sladového zrna. Celkem 12 nožů je uspořádáno do kruhové frézy. Zrna, jednotlivě odebíraná z průměrného vzorku, zapadají do lůžka, tvaru podélné půlky zrna. Každé zrno je vystaveno vzrůstajícímu tlaku nože. Vynaložená síla se předá kalibrované pružině lůžka, která je stlačována až do okamžiku porušení kohese zrna. Pružina se pak vrátí do výchozí polohy.

Síla potřebná k tomuto úkonu se pohybuje mezi 1 až 5 kg a je závislá na křehkosti sladového zrna. Pohyby pružiny jsou registrovány elektricky a počet rozříznutých zrn je vyčíslen skupinovým počítacem. Počítač rozděluje zrna podle vynaložené síly do pěti skupin s rozsahem po 1 kg. Konečná hodnota ukazuje průměr celkové síly použité z rozříznutí zrn, dělený jejich počtem. Normální slady mají hodnoty od 1700 až 3500 g. Autor uvádí, že pro zkoumání je třeba použít 200 zrn, aby se získaly údaje, jejichž přesnost se pohybuje v intervalu 5 %.

Experimentálně určil stupnici, podle které lze posuzovat tzv. fyzikální rozluštění zrna.

<i>Tvrdost v g</i>	<i>Posouzení sladu</i>
1800—2000	velmi dobrý
2000—2200	dobrý
2200—2500	uspokojivý
2500—3000	neuspokojivý
přes 3000	zcela neuspokojivý

Způsob měření sklerometrem dovoluje zachytit další, neméně důležitou vlastnost sladu, tj. homogenitu křehkosti. Stejnoměrnost sladu se dosud posuzuje podle počtu sklovitých a poloskvovitých zrn stanovených příčným nebo podélným řezem nebo diafanoskopem. Její vyjádření (moučnatost uváděná v %) nemůže poskytnout správný obraz, nehledě k tomu, že jde o značně subjektivní hodnocení.

Vyrovnanost sladu dokazuje, že byl vyroben ze vhodné suroviny a že výrobní proces probíhal za vyhovujících technologických podmínek.

Kromě toho tyto metody nepostihnou nevyklíčená, popř. nepatrně vyklíčená zrna, jejichž endosperm nebyl enzymaticky atakován, má tudíž velmi tuhou strukturu a přesto má velmi často na řezu moučný vzhled.

Křehkost i homogenitu vyjádřil Beck na základě výsledků z více než 300 zkoušek. Homogenitu definoval podle rozptylu s^2 , používaného v matematické statistice. Vyjádřil ji druhou odmocninou rozptylu, tedy hodnotou odpovídající střední odchylce s .

$$s = \sqrt{\frac{n_i (x_i - X)^2}{n}}$$

kde n_i je počet zrn v jedné skupině,

x_i — průměrná tvrdost v jedné skupině,

X — celková průměrná tvrdost,

n — celkový počet zrn.

Střední odchylka s roste od 0, když všechna zrna vykazují hodnoty spadající do jedné skupiny, do 1,85 v případě, že zjištěné hodnoty jsou rozděleny mezi hraniční skupiny, tj. mezi prvou a pátou. Toto zjištění umožňuje velmi uspokojivě vyčíslit stupeň homogenity vzorku sladu.

<i>Číslo homogenity</i>	<i>Posouzení</i>
0,70—0,95	velmi dobré
0,95—1,05	dobré
1,05—1,15	uspokojivé
1,15—1,30	nevyhovující
přes 1,30	zcela nevyhovující

Dalšími pracemi nebyla zjištěna korelace mezi tímto stanovením a dosavadními metodami fyzikálního stanovení křehkosti sladu. Ukázalo se např., že některá zrna zcela neprůhledná jsou velmi tvrdá a naopak některá sklovitá jsou křehčí, než by se dalo očekávat. Dále bylo ověřeno, že vlhkost sladu až do 10 % nemá žádný, popř. jen malý vliv na výsledek.

Beck nepovažuje za správné uvažovat pouze hodnoty průměrné křehkosti, ale pro dokonalé hodnocení sladu je třeba znát i homogenitu vyjádřenou jako s . Podíl křehkosti a homogenity nazval Beck koeficientem disperze, nebo průměrnou kohesí. Zdá se však, že tato hodnota má určitý význam jen při hodnocení sladu ze stejné partie. Jinak nemusí být mezi homogenitou a křehkostí žádná závislost.

Až dosud se používání uvedených přístrojů nerozšířilo, a to hlavně pro složitost a vysoké cenové náklady. Používají se jen ve velkých laboratořích, a to pochopitelně snižuje jejich význam.

Stanovení křehkosti sladu křehkoměrem podle Chapona [3, 4]

Z uvedených příčin vznikla snaha vyvinout jednodušší a tudíž lacinější zařízení, které by poskytovalo přinejmenším výsledky, dosahované na sklerometru.

Provedení přístroje spočívá na principu mechanického součtu napětí (síly), působících na kalibrovanou pružinu při zdolávání kohese jednotlivě zkoušených sladových zrn. Sladové zrno se nabere do podlouhlé jamky, umístěné na konci dutého táhla a je zvedáno proti válcovité jehle, upevněné v držáku, na který dosedá kalibrovaná pružina. Pružina je stlačována až do okamžiku, kdy je zrno propíchnuto a vzniklý posun se přenáší na ozubené kolo počítáče. Součet všech otáček, shodných s počtem zkoušených zrn, udává celkovou sílu a zaznamenává se na počítací. Zjištěné číslo, přepočtené na 100 zrn je hodnota průměrné křehkosti.

Nelze tedy tímto přístrojem stanovit homogenitu sladu, což autor nepovažuje za nedostatek, neboť zjistil u sladu se středními hodnotami téměř lineární vztah mezi křehkostí a homogenitou.

Protože získané výsledky nesouhlasily s údaji sklerometru, nahradil jednu jehlu dvěma, které v 5 mm odstupu působí na špičky zrna. Tímto opatřením získal hodnoty shodné s výsledky sklerometru. Na přístroji, který je zatím v prototypovém provedení, jsou zkoumány další vztahy.

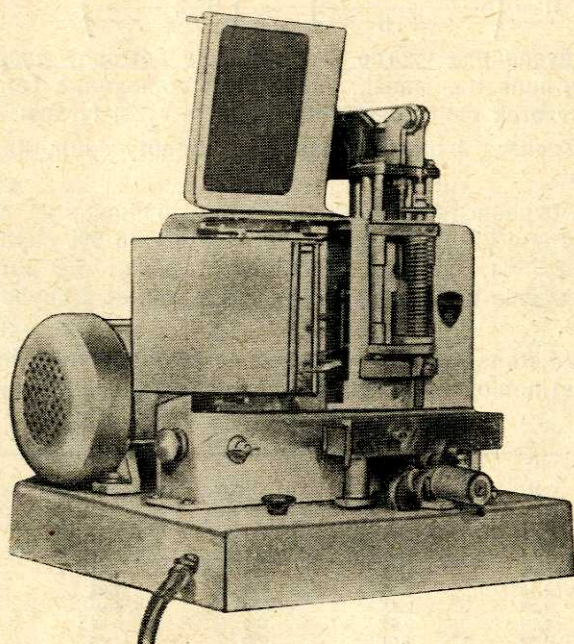
Popis použitého přístroje a způsob měření

Křehkoměr fy Chirana byl původně určen pro měření tvrdosti obilného zrna (pšenice). Protože tvrdost obilí je daleko větší než sladu, bylo nutno provést na přístroji některé úpravy, aby vyhověl požadovanému účelu.

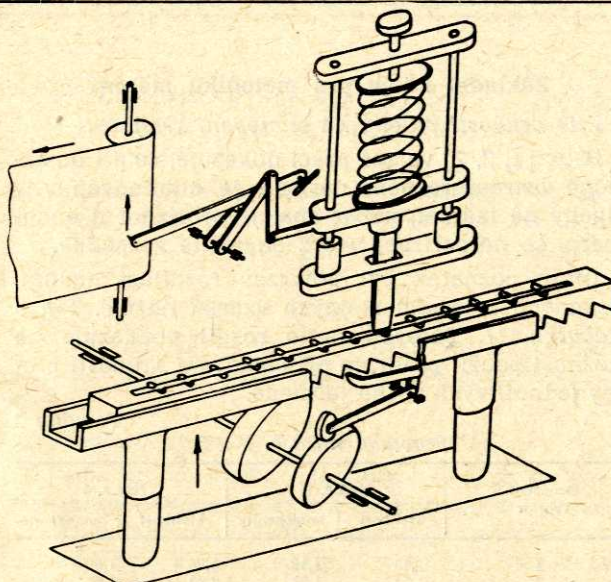
Základem stanovení křehlosti sladu je změření síly, kterou je třeba vynaložit na rozpůlení jednoho zrna sladu. Přístroj je konstruován na příčné řezání. Pro získání hodnoty odpovídající skutečné průměrné křehlosti sladu, je nutno vyzkoušet dostatečný počet zrn. Ze získaných údajů lze vypočítat směrodatnou odchylku měření, která je vyjádřením homogenity zkoušeného sladu.

Podávací zařízení

Podávací zařízení je důležitou součástí přístroje, neboť rozhoduje o snadnosti a časovém nároku na provedení jednotlivých zkoušek. Jeho úkolem je přisunovat v pravidelných intervalech zrna k pracovnímu noži a po každém posunu přitlačit zrno k noži až do rozpůlení. Zařízení se skládá z podávacího stolku, jenž je při zkoušce zvedán vačkou, na němž jsou drážky pro zasunutí lišty. Lišta má podélnou drážku, která umožňuje průchod nožek a 20 vyhloubených lůžek pro uložení zrn. Je posouvána vždy o 1 rozteč mechanismem ovládaným vačkou, která je na společném hřídeli s vačkou zdvihu.



Obr. 1. Křehkoměr firmy Chirana



Obr. 2. Schéma přístroje firmy Chirana

Hřídel je poháněn přes ovladatelnou zubovou spojku a šnekový převod. Po rozříznutí všech 20 zrn se přístroj automaticky vypne; lišta se musí vyjmout, zrna znovu nadávkovat a zasunout zpět do počátku drážek.

Měřicí systém

Podávací stůl při pohybu vzhůru přitlačí zrno k noži, jehož nosič stlačuje pružinu. Se stlačením pružiny roste úměrná síla, působící na zrno až do rozpůlení. Pohyb nože je přenášen obvyklým mechanickým zapisovacím zařízením na registrační papír, jehož posun je řízen od hřídele pohonu.

Pro měření byly zvoleny 2 typy nožů (ostrý a tupý):

	nůž č. 1	č. 3
rozměry	40×10×1,92 mm	40×10×1,92 mm
úhel břitu	19°	21,5°
zaoblení břitu r	0,03 mm	0,3 mm
(měřeno profilprojektorem)		

Jak bylo zjištěno, závisí síla, potřebná k rozpůlení zrna, na ostrosti nože. Zásadní význam má přitom tuhost (hrubost) pluchy. Nože byly tedy voleny tak, aby vyhovovaly rozsahu přístroje a poskytovaly dostatečné rozlišení křehlosti zrn. Přitom je u ostrého nože eliminován vliv pluchy. Nejvhodnějším a i nadále používaným je nůž č. 1, druhého nože č. 3 se používalo pouze pro srovnávací měření.

Měřicí rozsah přístroje je v podstatě dán tuhosti použité pružiny a je možno jej měnit nastavením předpětí pružiny. V našem případě byl upraven na 0 až 6 kp na základě dále popsaného měření.

Ocejchování přístroje (pružiny v přístroji) se provádí za použití přídavného zařízení, jež umožňuje stlačení pružiny závažím. Lze tedy na grafickém záznamu (při známé pružině a známém předpětí) odečítat přímo sílu potřebnou k rozpůlení zrna. Pro praktické měření se rozdělí graficky záznam na potřebný počet pruhů, z nichž se odečítají přímo počty záznamů tvrdosti zrn v jednotlivých skupinách.

Základní údaje pro metodiku měření*Vliv hrubosti pluchy na stanovení křehkosti*

Beck [1, 2, 7] ve své práci dokazuje, že při dostatečně ostrém řezném nástroji je eliminován vliv pluchy na měření, neboť obal je proríznut a endosperm se nerozřízne, nýbrž okamžitě rozpadne.

Tento poznatek byl potvrzen rozdílem hodnot, získaných měření stejných vzorků noží č. 1 a 3 (tabulka 1). Zároveň tento rozdíl poukazuje na možnost použití přístroje při sledování hrubosti pluchy jednotlivých odrůd ječmene.

Tabulka 1

Srovnání nožů č. 1 a 3

Označení vzorku	Nůž č. 1		Nůž č. 3	
	křehkost	homogenita	křehkost	homogenita
1	1,43	1,12	3,06	1,50
2	1,74	1,22	2,89	1,45
3	1,25	0,92	2,65	1,28
4	1,39	0,96	2,69	1,31
5	1,62	1,22	2,57	1,35
6	1,55	1,11	2,62	1,43
7	2,60	1,17	3,70	1,55
8	1,83	1,24	4,06	1,17
9	1,30	0,76	3,32	1,09

Rozsah hodnot křehkosti

Pro další měření má zásadní význam zjištění minimální a maximální síly potřebné pro rozpůlení zrna. Použitý řezný nástroj má samozřejmě vliv na tyto hodnoty a musí se tedy zvolit v souladu s potřebným měřícím rozsahem.

Z hlediska konstrukce přístroje i přesnosti měření byl zvolen nůž, zaručující maximální řeznou sílu kolem 5,5 kp na zrno. Zjištění maximálních a minimálních hodnot bylo provedeno po uložení zrn na lištu a vyvážení celé lišty postupným přitlačováním nože na zrno. Odečtená výchylka váhy při rozpůlení představovala použitou sílu. Řadou pokusů na vzorcích, předběžně rozdělených na diafanoskopu do 2 tříd (moučná a sklovitá), se došlo k hodnotám minimální síly 0,3 kp/zrno a maximální síly 5,3 kp/zrno.

Podle těchto hodnot byl celý rozsah měření rozdělen do pěti tříd:

kp/zrno	kp/zrno
0,30—1,30	a ₁ — 0,80
1,30—2,30	a ₂ — 1,80
2,30—3,30	a ₃ — 2,80
3,30—4,30	a ₄ — 3,80
4,30—5,30	a ₅ — 4,80

a₁₋₅ — odpovídající aritmetický průměr

Měřená zrna se podle hodnot křehkosti zařadí do těchto tříd. Skutečný aritmetický průměr hodnot naměřených ve třídě ovšem zcela neodpovídá odhadnutému aritmetickému průměru třídy; bylo však prokázáno, že při dostatečně velkém vzorku nemá takto vzniklá chyba praktický význam.

Hodnotou vyjadřující křehkost se pak rozumí aritmetický průměr měřeného souboru jako nejlepší odhad skutečné hodnoty.

$$K = \frac{n_1 a_1 + n_2 a_2 + n_3 a_3 + n_4 a_4 + n_5 a_5}{n} = \frac{\sum n_i a_i}{n}$$

kde n_{1-5} je počet zrn v jedné skupině,

n — celkový počet zrn,

a_{1-5} — aritmetické průměry skupin.

Křehkosti zrn, obsažených ve vzorku, se vzájemně více či méně liší. Za předpokladu normálního rozdělení lze za míru této variability nejlépe použít tzv. směrodatnou odchylku [1, 2, 7].

$$s = \sqrt{\frac{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N(N-1)}} \quad N - \text{počet měření}$$

$$\text{Pro } N > 30 \quad s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N}}$$

x_i — naměřená hodnota.

Tato hodnota se upraví pro náš účel a použije se jako výraz hodnotící rovnoměrnost křehkosti (homogenitu) vzorku.

$$H = \sqrt{\frac{\sum n_i a_i^2}{n} - \left(\frac{\sum n_i a_i}{n} \right)^2}$$

Stanovení velikosti vzorku a kontrola přesnosti měření

K určení velikosti vzorku, tj. počtu zrn, kterých je nutno použít na stanovení křehkosti, bude se požadovat, aby přesnost výsledků byla v mezích 5% chyby. Tuto chybu, která se označuje v matematické statistice [11, 12, 13] jako relativní šíře intervalu spolehlivosti, lze definovat pro naše účely:

$$t = \frac{100 \cdot t \cdot H}{K \cdot n}$$

kde H je homogenita,

K — křehkost,

n — počet zrn,

t — Studentovo rozdělení (hodnotu t lze určit přímo z tabulek [11, 12] a pro 95% pravděpodobnost správnosti výsledku = 1,96).

Počet zrn je tedy:

$$n = \left(\frac{100 \cdot 1,96 \cdot H}{K \cdot 5} \right)^2 = \left(39,2 \frac{H}{K} \right)^2$$

Z uvedeného vzorce je zřejmé, že potřebný počet zrn bude tím menší, čím je nižší homogenita (čím je vzorek stejnoměrnější) a čím je vyšší tvrdost.

Tabulka 2 ukazuje, jak tyto hodnoty spolu souvisí:

Abychom tedy určili s 95% pravděpodobností, že hodnota křehkosti bude ležet v intervalu 5% chyby ($\pm 2,5\%$), musíme ke stanovení použít 500 zrn. Vezmeme-li 200 zrn, pak je třeba počítat s chybou 8%.

Ze statistického hlediska se zcela odlišně hodnotí údaj homogenity. Zatímco hodnota křehkosti je vy-

Tabulka 2

H	K	n při 5% chybě	chyba v % při n = 200
0,95	1,60	540	8,25
1,00	1,75	500	7,90
1,10	2,10	420	7,25
1,22	2,55	350	6,65
1,30	2,80	330	6,45
1,30	1,60	1020	11,25
0,95	2,80	180	4,70

Tabulka 3

Průměrná křehkost v g	Číslo homogenity	Posouzení sladu
do 1600	do 0,95	velmi dobrý
1610-1900	0,96-1,05	dobrá
1910-2300	1,06-1,15	uspokojivý
2310-2800	1,16-1,30	neuspokojivý
nad 2800	nad 1,30	nevyhovující

jádrěna z tolika počtu měření, kolik bylo zrn ($n > 30$), je údaj homogenity dán pouze jedinou hodnotou pro celý soubor. Jako míry reprodukovatelnosti této hodnoty se použije odhadu směrodatné odchylky, která se vypočítá z výrazu:

$$s = k_n \cdot \bar{R} [10, 11]$$

kde k_n je koeficient pro výpočet směrodatné odchylky z variačního rozpětí,

\bar{R} — průměrné variační rozpětí, tj. průměr rozdílů mezi největším a nejmenším výsledkem.

Průměrné variační rozpětí bylo určeno z většího počtu vždy dvou stanovení po 500 zrnech. Jeho hodnota je 0,06. Koeficient k_n pro $n = 2$, dává hodnotu 0,886.

$$s = 0,886 \cdot 0,060 = 0,053.$$

Je tedy zřejmé, že variační koeficient se pohybuje kolem 5 %. Pro 200 zrn dosahuje jeho hodnota asi 8 %.

Hodnocení křehkosti a její homogenity

Z řady vzorků sladu, odebraných v různých stadiích klíčení (tabulka 4) a z dalšího měření provedeného u hotových sladů z různých sladoven (tabulka 5), byly získány údaje, z nichž byla sestavena

Tabulka 4

Označení vzorku	Doba klíčení dní	hl váha kg	Váha 1000 zrn g	Vývin šidélka					Příčný řez			Extrakt v suš.	
				1/4	1/2	3/4	1/1	přes 1/1	0	1/2	1/1	moučka %	šrot %
A	4	58,0	36,5	0	30	70	0	0	76	22	2	79,2	72,7
	5	57,4	36,8	1	33	66	0	0	64	34	2	79,7	73,0
	6	57,2	36,2	4	22	73	1	0	82	18	0	79,8	73,2
	7	57,0	35,9	2	18	79	1	0	86	14	0	79,2	74,2
	8	56,2	35,5	0	13	87	0	0	94	6	0	79,7	74,4
B	4	57,2	36,3	2	13	85	0	0	76	22	2	77,5	73,0
	5	56,2	33,2	3	5	91	0	1	86	12	2	78,4	74,6
	6	55,4	35,6	1	7	89	3	0	92	8	0	78,3	74,2
	7	55,0	34,7	2	5	92	1	0	90	10	0	78,2	73,7
	8	53,8	35,4	0	2	96	2	0	94	6	0	77,9	73,6
C	4	58,4	34,1	2	13	85	0	0	88	12	0	77,8	74,2
	5	57,8	34,0	2	10	86	2	0	90	10	0	78,9	72,7
	6	57,0	33,9	2	11	87	0	0	94	6	0	79,2	75,0
	7	56,8	33,3	3	4	92	1	0	96	4	0	79,0	74,2
	8	54,8	33,1	3	4	93	0	0	98	2	0	79,3	74,2
D	4	58,4	34,6	0	16	84	0	0	80	20	0	77,6	72,5
	5	57,6	37,1	0	16	82	2	0	92	8	0	80,1	74,8
	6	57,2	36,8	1	11	86	2	0	96	4	0	80,0	76,7
	7	57,2	36,0	0	13	85	2	0	96	4	0	80,0	76,3
	8	55,6	36,0	0	11	87	2	0	96	4	0	80,2	77,3
E	4	58,8	36,5	3	65	32	0	0	56	44	0	79,5	69,8
	5	56,2	36,3	3	23	74	0	0	78	22	0	80,0	72,3
	6	56,0	36,5	1	19	80	0	0	84	16	0	79,9	75,1
	7	56,2	37,2	4	12	84	0	0	96	2	2	80,1	75,9
	8	55,8	36,2	0	9	90	0	1	96	4	0	80,0	77,0

(pokračování tab. 4)

Zeu- kření min.	Barva	Vešk. N %	K. č.	H. č.	D. M.	K	H
15/20	16/18	1,79	29,8	3,8	253	2,45	1,32
15	16/18	1,80	30,3	3,7	286	2,35	1,41
15	16/18	1,81	30,6	3,5	263	2,56	1,37
15	16/18	1,79	30,0	4,9	266	2,22	1,23
15	16/18	1,78	31,3	4,6	270	1,98	1,22
10/15	16/18	1,90	27,8	4,9	223	3,15	1,03
10/15	18/20	1,88	28,0	5,6	296	3,09	1,41
10/15	16/18	1,91	28,3	6,2	265	2,81	1,16
10/15	18/20	1,88	28,7	6,1	321	2,81	1,04
10/15	18/20	1,89	28,4	6,7	334	2,40	1,10
10/15	15/17	1,86	31,0	4,6	232	2,99	1,12
10/15	18/20	1,84	31,9	4,8	216	2,45	1,22
10/15	14/16	1,84	32,8	5,0	300	2,72	1,01
10	15/17	1,83	32,6	5,0	259	2,43	0,97
10	18/20	1,84	32,5	5,3	279	2,19	1,05
10/15	15/17	1,74	30,6	2,5	233	2,83	1,29
10/15	16/18	1,75	36,2	6,0	301	2,08	1,14
10/15	16/18	1,76	36,8	6,0	320	2,02	1,11
10/15	16/18	1,78	36,8	6,2	318	1,92	1,04
10/15	16/18	1,78	36,5	6,2	323	1,59	0,91
10/15	19/21	1,80	28,9	3,9	197	3,04	1,36
10/15	17/19	1,80	33,4	3,4	215	2,19	1,24
10/15	18/20	1,79	33,9	4,3	279	2,48	1,24
10/15	18/20	1,80	33,9	4,7	290	2,38	1,20
10/15	18/20	1,81	33,8	4,8	308	1,88	1,08

stupnice pro posuzování sladů podle křehkosti a homogenity, uvedená v tabulce 3.

Z uvedené tabulky vyplývá, že toto posuzovací schéma se příliš neliší od stupnice uvedené Beckem. Stupnice pro číslo homogenity je téměř shodná, stupnice pro křehkost je řádově posunuta o 200 g níže.

Důvodů pro tento rozdíl může být několik:

a) Rozdílná ostrost nože. Beck ostří nože přesněji nedefinuje, protože by to zřejmě naráželo na potíže souvisící s používáním frézy o několika nožích.

b) Tvrdost zrn se měří příčným řezem. Pro podélný řez nebyl přístroj dosud přizpůsoben. Srovnání by bylo možné jen po podstatném konstrukčním zásahu. Za předpokladu určité relace mezi oběma hodnotami by záleželo na dohodě, kterou z obou hodnot uvádět.

c) Není však vyloučen ani určitý vliv čs. sladů, které mohou být křehčí než slady, používané k hodnocení Beckova přístroje.

Porovnání křehkosti a homogenity s dosud používanými analytickými metodami

Tabulka 4 uvádí hodnoty získané rozboru sladů z různých odrůd ječmenů A až E ročníku 1960/61, vypěstovaných v podhorské bramborářské oblasti. Slady byly zpracovány mikroskladováním v laboratorních VÚPS v Brně, odkud nám byly poskytnuty i jejich rozbor. Jak je z tabulky patrné, byly vzorky odebrány od 4. dne klíčení v jednodenních intervalech až do 8. dne klíčení. Vzorky 1 až 6 v tabulce 5 jsou běžné slady z různých sladoven. Hodnoty křehkosti a homogenity byly získány většinou z 200 zrn, jen ve sporných případech byla analýza provedena z 500 zrn.

Změny křehkosti a homogenity v průběhu klíčení

Jak je z tabulky 4 zřejmé, hodnoty křehkosti během klíčení klesají, tj. slad se stává křehčím. Tato okolnost je v souladu s postupujícím rozluštěním sladu. Znatelnější pokles je patrný vždy na konci klíčení. Stejnou tendenci vykazují i hodnoty objemové váhy, vývinu šidélka, počtu moučných zrn, Kolbachova čísla, Hartongova čísla a diastatické mohutnosti. Vezmou-li se však v úvahu absolutní hodnoty, je vidět, že pouze Kolbachovo číslo, udávající stupeň rozluštění bílkovin, nápadně koresponduje s hodnotami křehkosti a do jisté míry i rozdíl v extraktu mezi jemným a hrubým mletím. Nízké Kolbachovo číslo u sladů A až E souhlasí s poměrně vysokou hodnotou křehkosti. Nejnepříznivější slad v tomto smyslu je slad B, který má nejnížší Kolbachovo číslo a zároveň i nejvyšší tvrdost. Totéž, ale v opačném smyslu, lze pozorovat u sladu D. Rovněž zde přírůstek Kolbachova čísla mezi 4. a 5. dnem klíčení u sladu D a E odpovídá poklesu tvrdosti. Dále bylo pozorováno, že změna tvrdosti se neobrazí pouze v hodnotách Kolbachova čísla, ale vystihuje i jiné faktory. Jako příklad lze uvést vztah změny křehkosti a objemové váhy u vzorků A až E mezi 7. a 8. dnem.

Změny homogenity jsou během klíčení poněkud jiné než změny tvrdosti. Ve 4. nebo 5. dnu se obvykle číslo homogenity zvyšuje, v dalších dnech klesá. Homogenita se vyrovnala a nejpříznivějších hodnot dosahuje v 7. nebo 8. dnu.

Význam stanovení křehkosti a homogenity pro hodnocení sladu

Ve shodě se závěry a úvahami v předcházející kapitole lze posuzovat i hodnoty v tabulce 5. Křehkost koreluje s Kolbachovým číslem a částečně s hodnotou rozdílu extraktu mezi jemným a hrubým mletím. Mezi Hartongovým číslem a křehkostí nebyl shledán žádný vztah. Z pochopitelných důvodů nelze najít souvislost ani mezi extraktem a křehkostí a diastatickou mohutností a křehkostí.

Je známo, že mnohé používané metody byly již několikrát podrobeny kritice z hlediska přesnosti stanovení. To platí zejména o metodách stanovení vývinu šidélka, stanovení moučnatosti na příčném řezu a rozdílu extraktu mezi jemným a hrubým mletím, které jsou zatíženy dosti velkou chybou. Jak vyplývá z této práce, může hodnota křehkosti nahradit přesněji a objektivněji tato stanovení. Kromě toho lze při témže stanovení získat další hodnotu — číslo homogenity — která určuje vyrovnanost sladu. Tuto vlastnost neurčuje žádná z dosud používaných metod s dostatečnou přesností, i když její význam je pro sladařského technika nesporný.

Soudíme podle výsledků získaných z celé řady rozborů, že k tomu, aby byla hodnota sladu uspokojivě definována především z hlediska požadavků provozního technika i obchodní orientace, je nutno stanovit extrakt, barvu, zcukření, diastatickou mohutnost, křehkost a číslo homogenity.

Závěr

Stále více uplatňovaný požadavek sladařů nalézt jednoduchou univerzální metodu, hodnotící rozluštění sladu z hlediska jeho fyzikálních a chemických vlastností je v zahraničí řešen použitím Brabenderova přístroje, sklerometru a v poslední době křehkoměru. Ukázalo se, že společný princip těchto metod je přínosem k dosažení sledovaného cíle. Měřením kohese zrna a současným zjišťováním vyrovnanosti (homogenity) vzorku na upraveném křehkoměru čs. výroby zn. Chirana, se prokázala jeho použitelnost a významnost pro sladařskou analytiku. Značnou předností proti dosavadním, většinou subjektivním a mechanickým metodám je objektivnost v měření.

Tabulka 5

Označení vzorku	hl. váha kg	Váha 1000 zrn g	Vývin šidélka					Příčný řez			Extrakt v suš.	
			1/4	1/2	3/4	1/1	přes 1/1	0	1/2	1/1	moučka %	šrot %
1	55,8	31,6	9	9	32	50	0	92	6	2	81,2	78,6
2	54,2	32,1	14	11	28	46	1	88	9	3	81,2	78,0
3	56,6	33,3	14	3	57	23	3	96	3	1	81,3	78,4
4	54,6	32,4	17	1	54	28	0	95	3	2	80,9	78,4
5	56,4	29,6	6	9	69	15	1	96	4	0	80,7	76,1
6	55,8	29,0	5	4	51	37	3	92	6	0	80,7	76,3

(pokračování tab. 5)

Zcukření min.	Barva	Vešk. N %	K. č.	H. č.	D. M.	K	H
15/20	20/22	1,64	45,4	—	204	1,43	1,12
15/20	18/20	1,64	45,6	—	252	1,74	1,22
15/20	16/18	1,68	43,3	—	202	1,25	0,92
20/25	19/21	1,68	44,4	—	201	1,39	0,96
15/20	17/19	1,54	40,5	—	219	1,62	1,22
15/20	18/20	1,53	40,7	—	217	1,55	1,11

Tato okolnost je pravděpodobně hlavním důvodem, proč nebyl nalezen přímý vztah mezi křehkostí a hodnotami mechanického rozboru. Naproti tomu však vykazují dobrou shodu hodnoty rozdílu extraktu mezi jemným a hrubým mletím a Kolbachovým číslem s hodnotami křehkoměru.

Stupnice pro posuzování křehkosti byla na rozdíl od stupnice užívané pro sklerometr posunuta do nižších hodnot a současně upraven i klasifikační rozsah jednotlivých tříd.

Přístroj pracuje s příčným řezem, zdá se však, že to nemá vliv na objektivnost posuzování.

Přístroj Chirana je založen na ručním vkládání zrn do lůžek podavače, který pak automaticky je posune a zvedá proti řeznému noži. Tento způsob je dosti pracný a příliš prodlužuje čas, potřebný k provedení jednoho měření. Způsob registrace síly a hodnocení výsledků je principiálně rovněž vyhovující, avšak pracovní náročný. Odstranění těchto nedostatků je však snadno řešitelné, takže dokonalejší přístroj by byl sladařskému analytikovi i provoznímu technikovi dobrou pomůckou v jejich práci.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХРУПКОСТИ СОЛОДА И ЕЕ ОДНОРОДНОСТИ

Для охарактеризования степени дробимости солода был использован соответствующим образом приспособленный прибор чехословацкого производства, предназначенный для измерения хрупкости зерна хлебных. Прибор выпускает нац. предприятие Хирана. Принцип работы прибора заключается в измерении величины усилия, необходимого для перерезывания зерен в поперечном направлении. Величина этой силы отражает хрупкость зерна. В качестве критерия однородности хрупкости служит среднее квадратическое отклонение значений, полученных при измерениях.

Значения, полученные в серии испытаний, подтвердили целесообразность применения упомянутого прибора для анализов солода. Результаты совпадают хорошо с данными, полученными по методу сравнения выходов экстракта при тонком и грубом размоле солода. Они совпадают также с числом Колбаха, находясь с ним в определенном соотношении. Не было установлено соотношение к значениям полученным с помощью механического анализа.

DIE MÜRBIGKEIT DES MALZES UND IHRE HOMOGENITÄT

Zur Charakterisierung des Auflösungsgrades des Malzes wurde ein adaptierter Kornmürbigkeitsmesser tschechoslowakischer Herstellung (Chirana) angewendet. Der Apparat mißt die zum Querdurchschneiden des Kornes nötige Kraft, durch welche die Mürbigkeit charakterisiert wird. Der mittlere Fehler beim Messen gibt das Maß der Homogenität der Mürbigkeit des Malzes an. Die in einer größeren Zahl von Mustern ermittelten Werte bestätigten die Anwendbarkeit des Apparates für die Malzanalyse. Diese Werte sind in einer guten Relation zu den Ergebnissen der Extrakt-differenz-Bestimmung (Fein-Grobschrot) und der Kolbachzahl, nicht jedoch zu den Ergebnissen der mechanischen Untersuchung.

Literatura

- [1] Beck M. H.: Brasserie, 10, 249 (1955).
- [2] Beck M. H.: Brasserie, 11, 15, 57 (1956).
- [3] Chapon L.: Brauwelt 101, 752, 1067 (1961).
- [4] Chapon L., Kretschmer K. F.: Brauwelt 101, 1646 (1961).
- [5] Bishop L. R.: Brauwissenschaft 14, 124 (1961).
- [6] Barthel Ch.: Brasserie, 15, 225 (1960).
- [7] Beck M. H.: Doktorská práce, Nancy 1955.
- [8] Schweizer Br. Rundsch. 169 (1938).
- [9] Enders C.: Wochenschrift für Brauerei, 56, 309 (1939).
- [10] Dean R. B., Dixon W. I.: Analytic. Chemie 23, 636 (1952).
- [11] Ekschlagner K.: Chyby chemických rozborů, SNTL, Praha 1961.
- [12] Líkař O.: Statistické metody v laboratorní práci. SNTL, Praha 1957.
- [13] Pechoč V.: Vyhodnocování měření a početní metody v chem. inženýrství, SNTL, Praha 1961.
- [14] Hartong, Scriban: Brauwissenschaft, 10, 437 (1961).
- [15] Vermeylen J.: Fermentatio, 6, 239 (1960).
- [16] Diederling P.: Brauerei, Wissenschaftliche Beilage 12, 59 (1958).

Došlo do redakce 24. 10. 1962.

DETERMINING THE BRITTLINESS OF MALT AND ITS UNIFORMITY

To determine the brittleness of malt and its resistance against crushing an instrument designed for testing grain kernels has been adapted. The tester, manufactured by CHIRANA N. C., measures the force, which is required to cut crosswise a grain kernel. This force reflects the brittleness of tested grains. The mean square deviation is taken as a criterion of uniformity, indicating the homogeneity of malt.

Values obtained in large-scale tests confirm, that the instrument is suitable for analyses of malt. The results are in an established relation to the results obtained by comparing extracts from fine and rough crushed malt. There is also an interrelation to the Kolbach numbers. No firm relation could be found to the results of mechanical tests.