

Hustota sladové suspenze

RUDOLF GRÉE, Ústřední výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Praha

663.443

Sladovou suspenzí nazýváme směs dokonale rozmíchaného sladového šrotu ve vodě. Sladová suspenze musí být rozmíchána tak, aby každá částice šrotu byla dokonale smočena vodou. Směšovací poměr sladové suspenze je poměr vah obou komponent. Podle požadavků technologie (stupňovitost piva) se zpravidla směšovací poměr vody a sladového šrotu pohybuje v rozmezí (4 až 7) : 1 = x : 1.

Je tedy sladová suspenze suspenzí polydisperzní, tj. s tuhými částicemi různé velikosti podle jemnosti mletí sladového šrotu. Při jejím volném usazování vznikne několik vstev proměnlivého složení a různých vlastností. Vlastnosti sladové suspenze jsou závislé na mnoha faktorech, z nichž se nejvíce uplatňují směšovací poměr, jemnost mletí šrotu, teplota a čas. Jde o to, že část šrotu přechází do roztoku, část zůstává nerozpuštěna. Tímto se mění celá řada fyzikálních hodnot suspenze.

Hustota

Hustota je obecně definována jako hmota obsažená v jednotce objemové. Hustota sladové suspenze je důležitou konstantou, jejíž znalost je nutná pro výpočty při míchání, čerpání, dopravě potrubím, dimenzování nádrží a řadě inženýrských výpočtů. Je závislá na mnoha faktorech, takže obecnou závislost můžeme napsat ve tvaru:

$$\rho = F \text{ (druh sladu, jemnost mletí, směšovací poměr s vodou, čas, teplota, \dots)} \quad (1)$$

Uvedená závislost je značně složitá. Je zřejmé, že nelze zcela postihnout všechny činitele, na nichž hustota závisí. Avšak pro přesnost, s níž se konají inženýrské výpočty, lze některé eliminovat nebo pokládat za konstantní.

Pro naše účely, tj. dimenzování nádoby pro směšování vody a sladového šrotu, míchání vzniklé suspenze a její dopravu potrubím do zcukřovacího zařízení při kontinuální výrobě mladiny podle koncepce VÚPS, jsme např. zanedbali vliv času. Uvedené operace probíhají značně rychle (bez výdrží), proto jsme uvažovali, že časový činitel je zanedbatelný.

Rovněž tak jsme uvažovali i o vlivu druhu sladu. Zde jsme za rozhodujícího činitele uvažovali jemnost mletí sladového šrotu, který má vliv na jeho sypnou hmotnost.

Nejvýrazněji se ovšem uplatňuje směšovací poměr s vodou. Můžeme tedy uvažovat závislost:

$$\rho = F \text{ (jemnost mletí, směšovací poměr s vodou, teplota)} \quad (2)$$

Způsoby měření hustoty

Pro zhodnocení známých metod na stanovení hustoty (pyknometrické metody, měření vztaku působícího na těleso ponořené do kapaliny, měření hydrostatického tlaku), jsme se rozhodli pro metodu

vážení větších objemů. Toto bylo vynuceno skutečností, že dodržet přesné váhové poměry obou komponent a vzájemně je dokonale smíchat můžeme pouze ve větším objemu.

Metoda měření

Byla měřena hustota sladové suspenze v závislosti na váhovém směšovacím poměru s vodou. Suspenze se míchala ve váhovém poměru voda : sladový šrot jemnosti 90 %. Objem suspenze se měřil kalibrovanou nádobou objemu 500 ml. Teplota suspenze se měřila skleněným teploměrem se stupnicí dělenou po 0,5 °C a udržovala se teplota 20 °C. Vzorky se vážily s přesností 2 g. Z jednotlivých vah vzorků a jejich objemů pro daný směšovací poměr se vypočítávala hustota. Výsledky měření jsou znázorněny na obr. 1 (body).

Stanovení hustoty výpočtem

Vycházíme z představy, že sladová suspenze při určitém směšovacím poměru x_0 má hustotu ρ_0 . Tuto hustotu stanovíme pokusem (ρ_0, x_0). Další směšovací voda $x - x_0 > 0$ nám pouze suspenzi ředí.

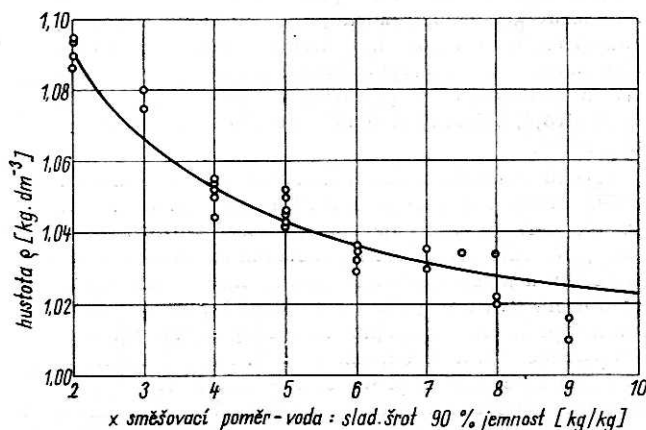
Označme :

- x je váha vody na 1 kg šrotu (kg);
- x_0 — základní váha vody (kg);
- ρ — hustota suspenze pro poměr x (kg · dm⁻³);
- ρ_1 — hustota vody při teplotě t (kg · dm⁻³);
- ρ_0 — základní hustota suspenze pro x_0 (kg · dm⁻³).

Vztah mezi hustotou a složením dvousložkové směsi není při konstantní teplotě a tlaku obecně lineární. Lze však použít přibližného vztahu, jenž vyjadřuje aditivitu specifických objemů.

$$\frac{1}{\rho} = v_0 \cdot p_0 + v_1 \cdot p_1 \quad (3)$$

kde ρ je hustota směsi (kg · dm⁻³);



Obr. 1. Hustota sladové suspenze

v_0, v_1 — specifické objemy složek ($\text{dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$);

p_0, p_1 — váhové zlomky složek (%).

Z údajů o směšovací poměru je zřejmé, že váha suspenze je $(x + 1)$ kg. Vyjádříme-li hodnoty váhových zlomků složek, platí tyto vztahy:

$$p_0 = \frac{x_0 + 1}{x + 1} \quad (4)$$

$$p_1 = \frac{x - x_0}{x + 1} \quad (5)$$

Dosazením vztahů (4), (5) do (3) a jednoduchou úpravou nám vyplyne vztah:

$$\rho = \frac{(x + 1) \cdot \rho_0 \cdot \rho_1}{x \cdot \rho_0 + \rho_1 - x_0 \cdot (\rho_0 - \rho_1)} \quad (6)$$

Stanovili jsme pro sladovou suspenzi teploty 20°C základní váhu vody $x_0 = 2$ kg, hustotu $\rho_0 = 1,09 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Suspenze se míchala ze šrotu jemnosti 90 %. Pro tyto podmínky nabývá vztah (6) tvar:

$$\rho = \frac{x + 1}{x + 0,752} \quad (7)$$

Podle této rovnice je hustota vyjádřena jako funk-

ce směšovacího poměru pro danou teplotu a dané procento jemnosti sladového šrotu. Závislost je graficky znázorněna na obr. 1 plnou křivkou. Shoda s naměřenými hodnotami (body) je dobrá. Křivka se blíží pro $x \rightarrow \infty$ asymptoticky k hustotě vody, což lze taky určit početně limitem výrazu (6) pro x rostoucí nad všechny meze.

Souhrn

Pro výpočty potřebné k realizaci zařízení na kontinuální výrobu mladiny (doprava potrubím, míchání, dimenzování nádob aj.) byla stanovena hustota sladové suspenze. Tato vznikne dokonalým rozmícháním sladového šrotu jemnosti 90 % ve vodě v daném váhovém poměru $x:1$ při teplotě suspenze 20°C . Hustota byla stanovena pro různé směšovací poměry. Současně je uveden početní vztah, který udává závislost hustoty na směšovacím poměru pro suspenzi danou uvedenými parametry. Navržený vztah je v dobré shodě s naměřenými hustotami v oblasti praktických směšovacích poměrů.

Lektoroval Ing. František Štros.

Došlo do redakce 17. 3. 1967.

ПЛОТНОСТЬ СОЛОДОВОЙ СУСПЕНЗИИ

В статье приводятся значения плотности солодовой суспензии, знание которых необходимо при проектировке устройств непрерывного действия для приготовления сула. Солод после размола, дающего тонкость размельчения 90 %, смешивался с водой в разных пропорциях в весовом выражении при температуре 20°C . Плотность определялась для широкого предела отношений $X:1$. Выведена формула для расчета густоты суспензии в зависимости от пропорции смешивания. Формула распространяется на указанные тонкость размола и температуру.

DIE DICHTEN DER MALZSUSPENSION

Es wurde die Dichte der Malzsuspension ermittelt, die als Unterlage für Berechnungen zur Realisierung der Einrichtung für kontinuierliche Würzebereitung benötigt wurde. Die Dichte entsteht durch vollkommenes Vermischen des Malzschrotes der Mahlfineinheit 90 % mit Wasser in dem gegebenen Gewichtsverhältnis $x:1$ bei der Temperatur von 20°C . Die Dichte wurde für verschiedene Mischverhältnisse angegeben. Es wird auch das Zahlenverhältnis angeführt, das die Abhängigkeit der Dichte von dem Mischverhältnis für die durch bestimmte Parameter charakterisierte Suspension angibt.

DENSITY OF MALT SUSPENSION

The density of the malt suspension is one of the quantities which must be known when designing equipment for continuous mashing. Suspensions prepared for measurements consisted of fine grained malt with constant fineness of grinding, i.e. 90 % and water, mixed in various weight proportions at 20°C . The tables included into the article cover a wide range of the $X:1$ combinations. Formulae have been derived for calculating the density against the mixing proportion. They can be applied, if the fineness of grinding and temperature are the same as indicated.