

Reologické vlastnosti pien z marhuľového pretlaku

M. VÁRYOVÁ

Ú v o d

Doterajšie experimenty v oblasti štúdia pien pre penové sušenie neviedli k uspokojivým výsledkom, lebo nevyčerpávajú všetky individuálne vlastnosti napeňovaných potravín. Peny pre penové sušenie musia vyhovovať väčšiemu počtu fyzikálno-chemických a fyzikálnych faktorov. Štúdium týchto sústav je o to náročnejšie, že ide o sústavy, ktoré obsahujú okrem pravých roztokov i koloidné systémy a hrubodisperzné látky.

Z fyzikálnych vlastností pien pre penové sušenie sme sledovali okrem mernej hmotnosti peny a jej stability i reologické vlastnosti týchto dvojitých sústav.

Veľa kvapalín sa riadi Newtonovým zákonom viskozity. Sú to tzv. newtonovské kvapaliny. Pre tieto kvapaliny platí lineárna závislosť medzi tangenciálnym napätím a šmykovou rýchlosťou:

$$\tau = \mu D$$

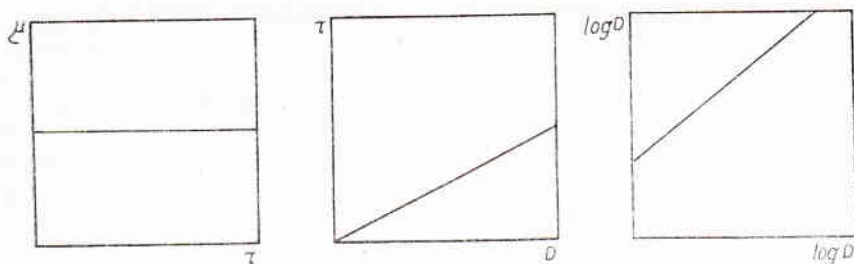
kde τ je tangenciálne napätie dané podielom sily na plochu,

D zmena relatívnej deformácie s časom, tzv. rýchlosť šmykovej deformácie alebo šmyková rýchlosť,

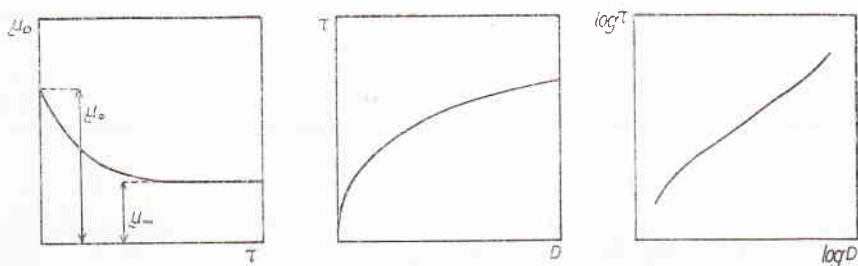
a μ koeficient úmernosti, tzv. viskozita. Je mierou konzistencie kvapaliny, jej odporu voči toku; pre newtonovské kvapaliny je konštantným látkovým parametrom.

Väčšina kvapalín ale nevykazuje lineárnu závislosť $\tau = \tau(D)$, viskozita je veličinou premennou, jej okamžitá hodnota sa mení podľa použitého napätia. Tu hovoríme o tzv. zdanlivej viskozite, ktorá nemôže hodnotiť konzistenciu týchto, tzv. nenenewtonovských kvapalín.

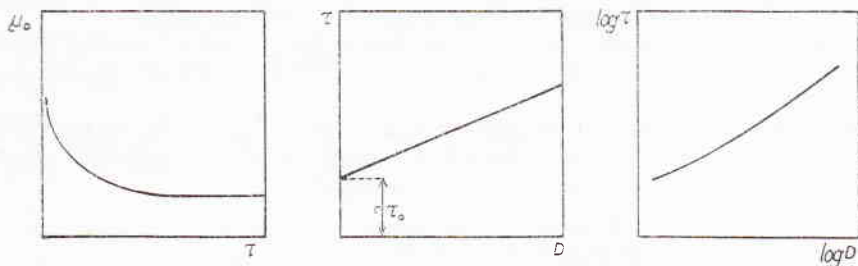
Podľa priebehu tokovej krivky (závislosť zdanlivej viskozity od tangenciálneho napätia, resp. častejšie súradnice pre kreslenie reogramov sú τ voči D), môžeme nenenewtonovské kvapaliny rozdeliť na pseudoplastické, plastické (binghamovské) a dilatantné. Priebehy niektorých reogramov sú na obr. 1.—3.



Obr. 1. — Newtonovská kvapalina



Obr. 2 — Pseudoplastická kvapalina



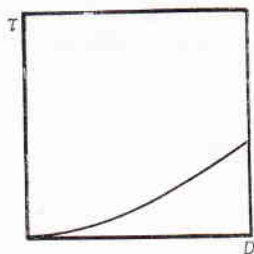
Obr. 3 — Plastická (binghamovská) kvapalina

Najväčšiu časť nenewtonovských kvapalín tvoria pseudoplastické kvapaliny. Priebeh tokovej krivky sa vyznačuje tým, že v logaritmických súradniciach je závislosť tangenciálneho napätia od šmykovej rýchlosti temer lineárna, niekedy je to plochá krivka s inflexným bodom, pričom oba konce krivky pripomínajú newtonovské chovanie. Krivka prechádza počiatkom. Niekedy majú tokové krivky nenulovú hodnotu počiatočného napätia. Na takéto kvapaliny pozeráme ako na plastické s nelineárnym priebehom závislosti τ voči D .

Druhú skupinu nenewtonovských kvapalín tvoria plastické kvapaliny. Pre ne je charakteristické, že k vzrastu šmykovej rýchlosti dochádza až od istej hodnoty počiatočného napätia. Reogram je na obr. č. 3.

Početne najmenšiu časť tvoria dilatantné kvapaliny. Ich reogram je na obr. 4. Sú charakterizované vzrastom zdanlivej viskozity s rastúcim tan-

genciálnym napätím. Tiež pri týchto kvapalinách sa môže vyskytnúť, že toková krivka má nenulovú hodnotu počiatočného napätia.



Obr. 4 — Dilatantná kvapalina

Týmto samozrejme nie sú vyčerpané všetky nenenewtonovské kvapaliny. Sú známe kvapaliny, pri toku ktorých je rýchlosť šmykovej deformácie funkciou nielen tangenciálneho napätia, ale i času pôsobenia tohto napätia. Sú to kvapaliny tixotropné a reopexné.

Anomálie viskozity môžu byť veľmi rôznorodé a my môžeme dostať spojitie spektrum kvapalín nenenewtonovského chovania.

Ako z uvedeného vyplýva, prvý kvalitatívny pohľad na druh a veľkosť viskozitnej anomálie nám poskytne reometria, ktorej úlohou je experimentálne určenie závislosti medzi tangenciálnym napätím a šmykovou rýchlosťou. τ a D nie sú ale veličiny priamo merateľné, preto na experimentálne určenie týchto veličín sú vhodné len tie prístroje, kde je jednoznačne definovaná geometria toku a v ktorých môžeme určiť hodnotu D a jej odpovedajúcu hodnotu τ . Musí byť zaručená laminárnosť toku, možnosť odčítat merania v hodnotách tangenciálneho napätia a rýchlosti šmykovej deformácie a ich hodnoty v dostatočnom rozsahu meniť.

Týmto podmienkam vyhovuje len malá skupina prístrojov, a to reometer kapilárny a rotačný.

Experimentálna časť

Pre naše účely sledovania reologických vlastností pien z potravinových koncentrátov sme zakúpili rotačný reometer „Rheotest“ s vnútorným rotačným valcom. Udávaná presnosť merania $\pm 3 \%$. Výrobca: VEB Prüfgeräte — Medingen, NDR.

Látka, ktorej reologické vlastnosti sa majú sledovať, nachádza sa v prsteňovitej štrbine koaxiálneho valcového systému. Vonkajší, pevne stojaci dutý valec, ktorý tvorí merací priestor, je obklopený temperačnou nádobou pripojenou k termostatu. Vnútorný rotujúci valec je spojený s valcovým perom, ktorého vývod je mierou pre účinný otočný moment vo vnútri valca. Vývod je zachytávaný potenciometricky, pričom merná hodnota nástroja je proporcionálna otočnému momentu a tým tangenciálnemu napätiu.

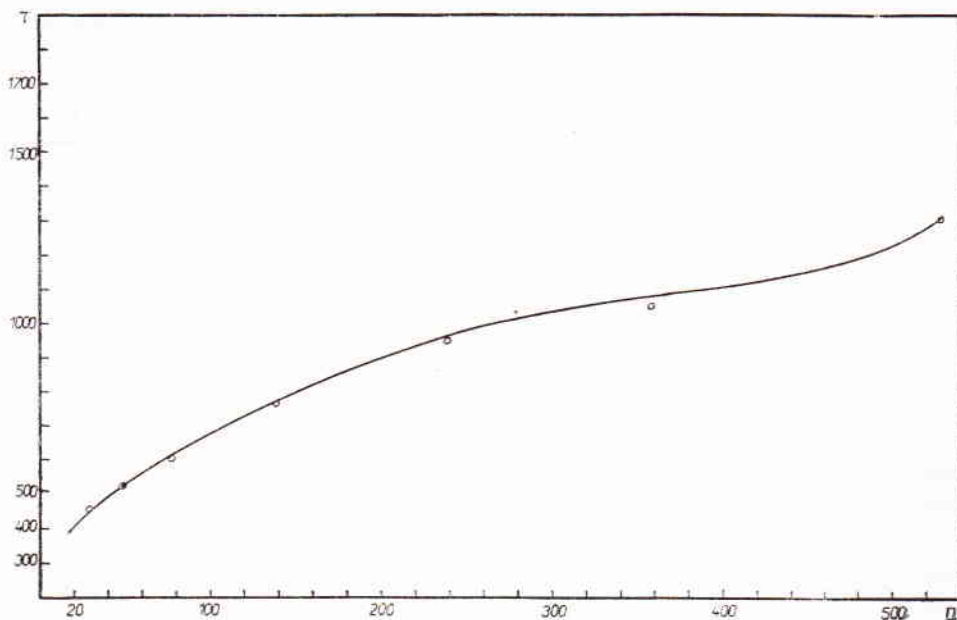
Na meranie sú k dispozícii meracie valce S_1 , S_2 , S_3 s meracími piesta-

Po overení Rheotestu som pristúpila k sledovaniu reologických vlastností peny pripravenej napeňovaním marhuľového pretlaku. Marhuľový pretlak (refraktometrická sušina 30,5 %) nám dodali Slovenské mraziarne, n. p., Bratislava. Ako penotvorné agensy som použila metoxiceľulózu a metyl-hydroxietylcelulózu, ktoré nám pripravili na Chemickom ústave SAV v Bratislave. Z týchto agensov som si pripravila 5 %-né základné roztoky a z nich som pridávala 1 % agensu na refraktometrickú sušinu marhuľového pretlaku. Vlastnú penu som pripravovala napeňovaním pretlaku s penotvorným agensom v 800 ml kadinke. Na rozpeňovanie som použila malý kuchynský mixér (cca 600 ot/min.), ktorý má lopatky miešadla z umelej hmoty v tvare písmena U, otáčajúce sa okolo pozdĺžnej osi.

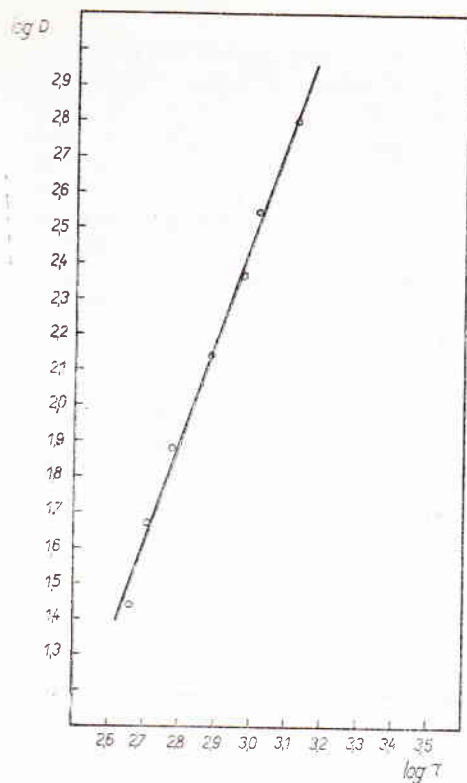
Po piatich a desiatich minútach nepretržitého napeňovania som z kadtinky odobrala penu, časť som použila na zistenie mernej hmoty peny, druhou časťou som zľahka naplnila merací priestor Rheotestu. Po viacerých pokusoch som vybrala ako najvhodnejší vnútorný rotujúci valec S1. Vlastné meranie som robila pri $t = 20^{\circ}\text{C}$.

Výsledky a diskusia

Výsledky meraní uvádzam graficky na obr. 5.—12.



Obr. 5 — Toková krivka peny marhuľového pretlaku
 Penotvorný agens: 1 % metoxiceľulózy na refraktometrickú sušinu; Čas napeňovania: 5 min.,
 Merná hmotnosť peny: $0,840\text{ g/cm}^3$



Obr. 6 — Toková krivka peny marhuľového pretlaku

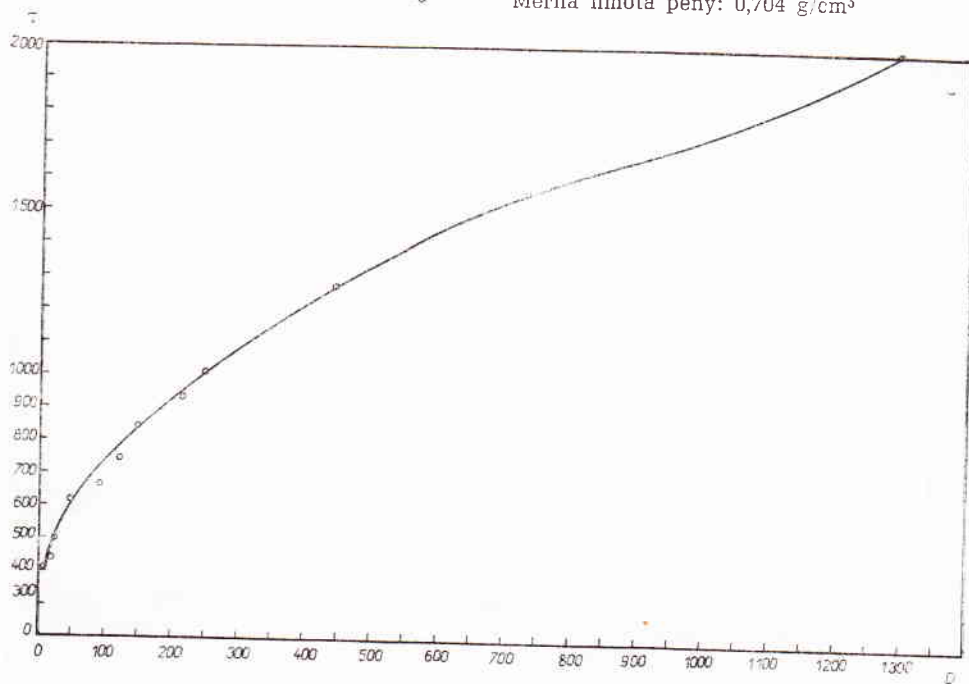
Penotvorný agens: 1 % metoxicelulózy na refraktometrickú sušinu; Čas napeňovania: 5 min.,

Merná hmota peny: 0,840 g/cm³

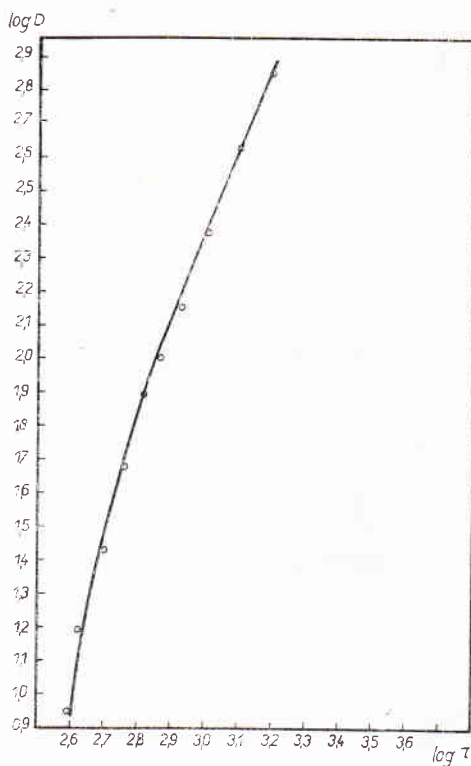
Obr. 7 — Toková krivka peny marhuľového pretlaku

Penotvorný agens: 1 % metoxicelulózy na refraktometrickú sušinu; Čas napeňovania: 5 min.,

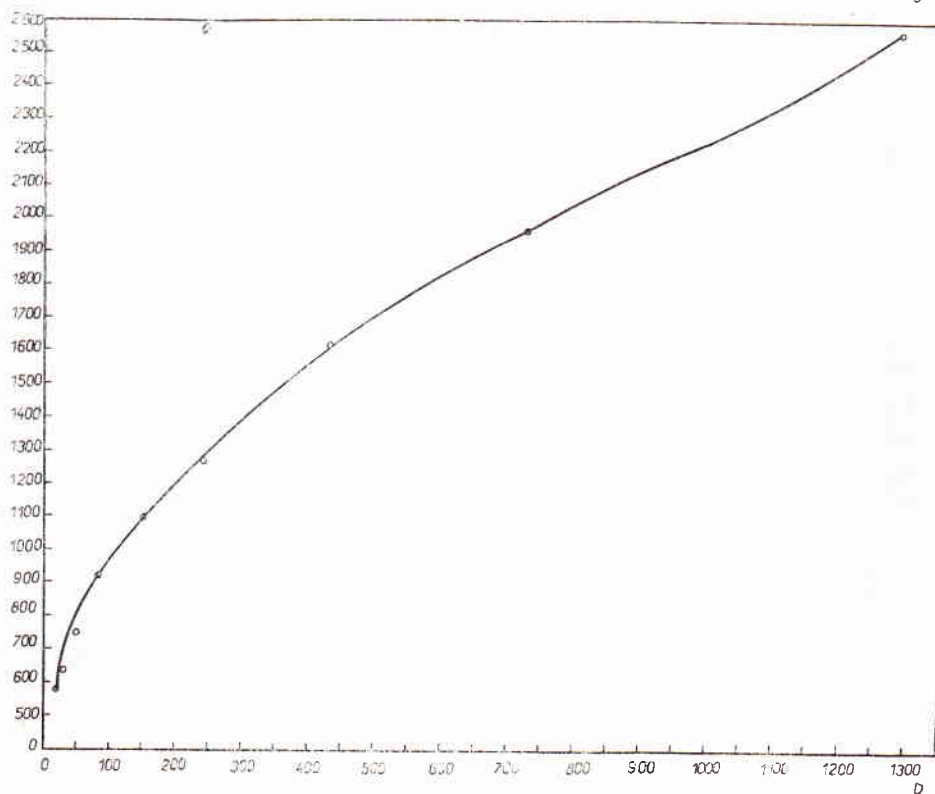
Merná hmota peny: 0,704 g/cm³

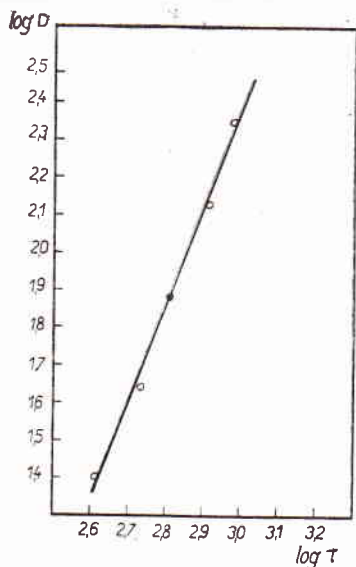


Obr. 8 — Toková krivka peny marhuľového
pretlaku
Penotvorný agens: 1 % metoxicelulózy na
refraktometrickú sušinu; Čas napeňovania:
5 min.,
Merná hmota peny: 0,704 g/cm³



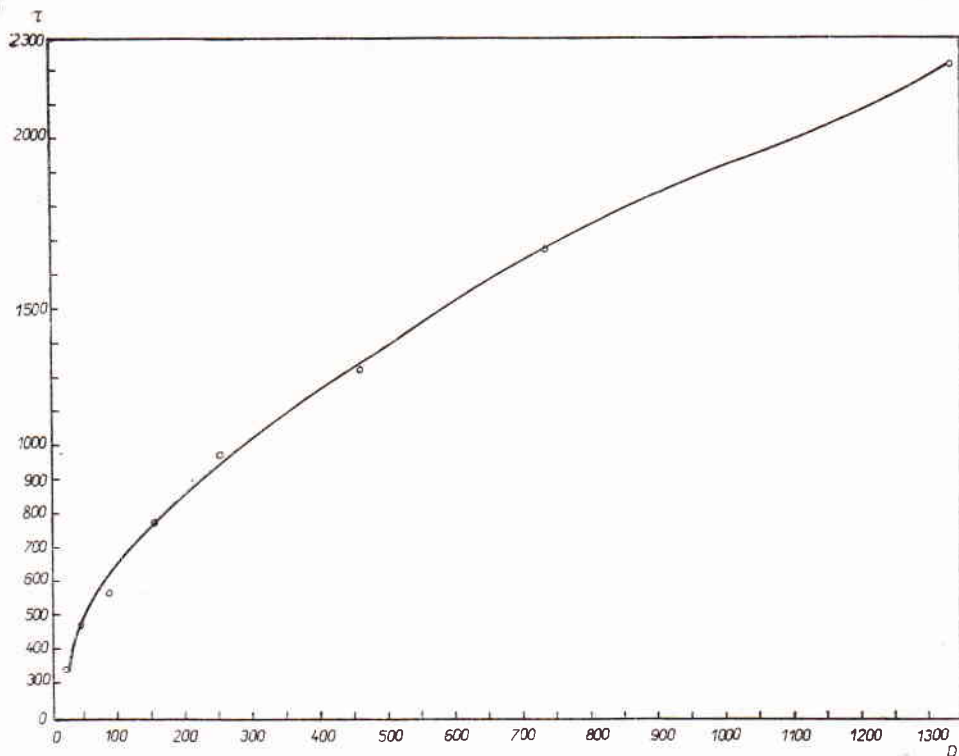
Obr. 9 — Toková krivka peny marhuľového
pretlaku
Penotvorný agens: 1 % metoxicelulózy na
refraktometrickú sušinu; Čas napeňovania:
10 min.,
Merná hmota peny: 0,486 g/cm³

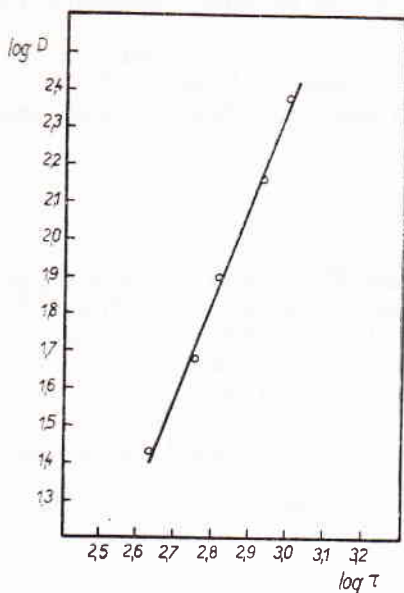




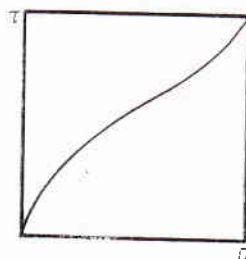
Obr. 10 — Toková krivka peny marhuľového pretlaku
 Penotvorný agens: 1 % metoxicelulózy na refraktometrickú sušinu; Čas napeňovania: 10 min.,
 Merná hmota peny: 0,486 g/cm³

Obr. 11 — Toková krivka peny marhuľového pretlaku
 Penotvorný agens: 1 % metyl-hydroxietylcelulózy na refraktometrickú sušinu; Čas napeňovania: 5 min.,
 Merná hmota peny: 0,716 g/cm³





Obr. 12 — Toková krivka peny marhuľového pretlaku
Penotvorný agens: 1 % metyl-hydroxietylcelulózy na refraktometrickú sušinu; Čas napieňovania: 5 min.,
Merná hmota peny: 0,716 g/cm³



Obr. 13 — Štruktúrne viskózna kvapalina

Z reogramov už na prvý pohľad vidno, že pena vykazuje nenewtonovské chovanie. Ak si bližšie všimneme závislosti $\tau = \tau(D)$, (pozri obr. 5, 7, 9 a 11), vidíme, že sa najviac približujú tokovej krivke pseudoplastických kvapalín (pozri obr. 2). Pre tieto kvapaliny je charakteristické, že zdánlivá viskozita je tým menšia, čím väčšiemu tangenciálnemu napätiu je kvapalina vystavená.

Za príčinu plastického chovania kvapalín sa pokladá vytvorenie trojrozmernej štruktúry v nepohybujúcej sa kvapaline. Stavebné častice tejto siete sú k sebe viazané príťažlivými silami a preto je potrebné pri pôsobení tangenciálneho napätia určité napätie na rozbitie vnútornej siete, kedy nastáva len deformácia.

Vzájomné ovplyvňovanie častíc sa predpokladá i pri pseudoplastických kvapalinách. Ak si bližšie všimneme štruktúry peny, vidíme, že penu tvorí množstvo bubliniek plynu, ktoré sú oddelené tenkými filmami kvapaliny. Je to vlastne emulzia plynu v tvare guľovitých alebo polyedrických bublín v kontinuálnej tekutej fáze. Tu môžeme pozorovať pokles zdánlivej viskozity pri rastúcom napätí, čo môže byť spôsobené rozbíjaním štruktúry peny.

Pseudoplastické kvapaliny ešte delíme na dve skupiny podľa existencie inflexného bodu na reograme. Podľa Eyringa (1) rozlišujeme kvapaliny pseudoplastické (obr. 2) a štruktúrne viskózne (obr. 13). Len ak prizeráme na toto rozlíšenie pseudoplastických kvapalín, možno aplikovať hypotézu o rozbíjaní a orientovaní častíc v kvapalinách.

Ak si všimneme naše reogramy (obr. 5, 7, 9 a 11), vidíme, že badať na nich inflexné body. Pri rôznych hodnotách tangenciálneho napätia sa newtonovské a nenewtonovské tokové jednotky uplatňujú rôznou mierou. Možno teda tvrdiť, že peny z marhuľového pretlaku vykazujú nenewto-

novské chovanie; zaradíme ich do skupiny štruktúrne viskózných kvapalín.

O pseudoplastickom chovaní peny z marhuľového pretlaku hovoria aj reogramy v logaritmických súradniciach, uvedené na obr. 6, 8, 10 a 12.

Inflexné body na tokových krivkách nás teda prísne varujú pred extrapoláciou týchto kriviek.

Z á v e r

Základnou podmienkou penového sušenia potravín je príprava vhodnej peny, ktorá musí vyhovovať celému radu fyzikálno-chemických a fyzikálnych faktorov. Peny z potravinových koncentrátov sú doteraz málo preskúmané. Dá sa to pripísať tomu, že niektoré faktory sa nedajú experimentálne merať pre nedostatočnú experimentálnu techniku.

V našich prácach sme sa doteraz zaoberali výberom vhodných penotvorných agensov na prípravu peny, sledovaním závislosti mernej hmoty peny od času napeňovania a štúdiom stability peny.

V tejto práci sa sledovali reologické vlastnosti peny z marhuľového pretlaku. Z našich pokusov sme prišli k uzáveru, že penu z marhuľového pretlaku môžeme zaradiť do skupiny štruktúrne viskózných látok. Toto tvrdenie nemožno ale zovšeobecniť. Je úlohou budúcnosti odskúšať i ďalšie potravinové koncentráty a množstvo dnes už prístupných penotvorných agensov.

Len komplexným zhodnotením fyzikálnych vlastností pien so zreteľom na ich rýchlu zmenu s časom môžeme vyriešiť náročnú úlohu prípravy vhodných pien pre penové sušenie.

Na záver sa chcem poďakovať Ing. A. Šepitkovi, CSc., za cenné rady a pripomienky.

S ú h r n

Pre nenewtonovské kvapaliny, ktorých počet dnes stále rastie, pojem viskozity ako látkovej konštanty nemá fyzikálny význam a treba ho nahradíť tokovou krivkou v potrebnom rozsahu tangenciálnych napätí. V potravinárskom priemysle pracujeme hlavne s nenewtonovskými kvapalinami, no nie je vždy jasné, do ktorej reologickej podskupiny ich možno zaradiť.

Úlohou tejto práce bolo určiť reologické vlastnosti peny z marhuľového pretlaku. Podľa našich výsledkov možno tieto peny zaradiť do veľkej skupiny nenewtonovských kvapalín, do reologickej podskupiny štruktúrne viskózných látok.

Literatúra

1. Ree, T., Eyring, H.: The Relaxation Theory of Transport Phenomena v knihe „Rheology“, diel II., New York 1956—60
2. Ulbrecht, J., Mitschka, P.: Chemické inženýrství nenewtonských kapalin, NČAV, Praha 1965
3. Ambros, F.: Reologické vlastnosti potravinářských kapalin. Sborník referátov z konferencie Progresívne spôsoby úchovy potravín, Bratislava sept. 1967
4. Technicko-ekonomická studie Sušení potravin. ÚVÚPP Praha, nov. 1967
5. Šepitka, A.: Problematika rozpeňovania potravín pre penové sušenie. Bulletin VÚP SPA Bratislava, 1 1970
6. Šepitka, A., Klindová, M.: Štúdium penovej dehydratácie potravín. Bulletin VÚP SPA Bratislava, 1 1971

Реологические свойства пены из сушеного сока абрикосов

Выводы

Для не ньютоновских жидкостей, число которых в настоящее время все больше и больше увеличивается, не имеет понятия вязкости в качестве константы вещества физическое значение и поэтому необходимо ее заменить кривой тока в нужном разделе касательных напряжений. В пищевой промышленности встречаемся особенно с не ньютоновскими жидкостями, но не всегда ясно, в который реологический подотдел можно их включить.

Задачей этой работы было определить реологические свойства пены из сушеного сока абрикосов. На основании наших результатов можно эти пены включить в большую группу не ньютоновских жидкостей, в реологическую подгруппу структурно вязких веществ.

The rheological properties of apricot purée foam

Summary

For non-newtonian liquids the number of which has till now increasing tendency, the term of viscosity as a material constant is insignificant and must be replaced by flow curve in desirable tangential tension range. In the food industry we are working mainly with non-newtonian liquids but it is not always clear in which rheological subgroup to classify them.

The task of this work was to determine the rheological properties of the apricot purée foam. According to our results it could be possible to group this foams in the great group of non-newtonian liquids, in the rheological subgroup of structural-viscose materials.