

SŰRÍTŐ HIDROKOLLOIDOK VIZSGÁLATA MODELLRENDSZEREKBE

HORVÁTHNÉ Almássy Katalin*, BAJUSZNÉ Kabók Katalin,**
BARÁNE Herczegh Ottilia*

*Élelmiszertudományi Tanszék

**Élelmiszeripari Műveletek és Környezettechnika Tanszék

Bevezetés, célkitűzés

Az élelmiszeripari adalékanyagoknak ma már szinte pótolhatatlan szerepük van a mindenkor megkövetelt egyenletes termékminőség kialakításában. Ez a megállapítás különösen azért jogos, mert az élelmiszerfeldolgozás olyan iparág, amelyben általában igen változó nyersanyagminőség mellett kell beltartalom, állomány és megjelenés szempontjából is azonos terméket gyártani.

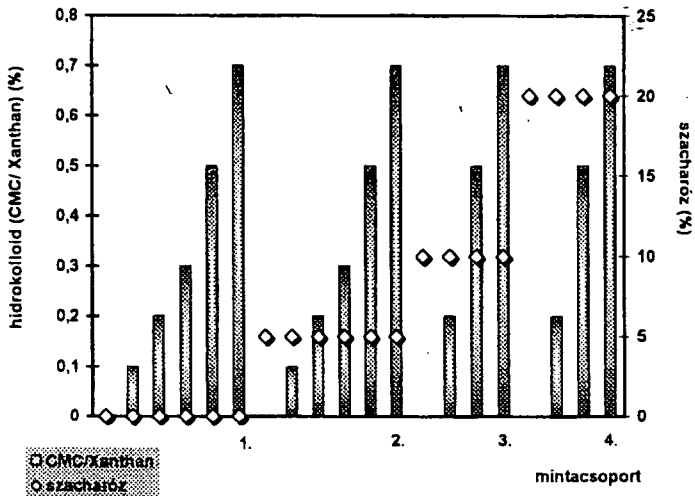
Az élelmiszerek megfelelő állományának kialakításában tehát jelentős szerepet játszanak a sűrítő hidrokolloidok. Adott rendszerben várható viselkedésükről modellrendszerekben végzett mérésekkel szerezhetünk információkat. A modellrendszerek folyási tulajdonságainak tanulmányozására a rotációs viszkoziméterek különösen alkalmasak, mert széles viszkozitás tartományban nagyérzékenységű méréseket tesznek lehetővé.

Kutatómunkánk célja két ismert, szénhidrát alapú hidrokolloid (CMC és Xanthan gumi) folyási tulajdonságainak összehasonlítása víz-cukor-adalékanyag modellrendszerben RHEOMAT 30 rotációs viszkoziméter segítségével.

Vizsgálati anyagok és módszerek

Kísérleti munkánkban az Olympos cég által rostos üdítőitalok stabilizálására használt karboxi-metil-cellulózt (CMC) valamint a Jungbunzlauer cég által gyártott Xanthan gumi hidrokolloidot az alábbi desztillált víz alapú, különböző szacharóz tartalmú rendszerekben vizsgáltuk. A modellrendszerek összetételét a 1. ábra szemlélteti

Az oldatok készítésekor először a kimért mennyiségű hidrokolloidot szárazon homogenizáltuk a szacharózzal, majd a keveréket a szükséges vízmennyiség kb. 80%-ában 2 órán át duzzasztottuk. A duzzadást a rendszer óvatos keverésével segítettük. Két óra elteltével a hiányzó vízmennyiséget hozzáadtuk, az oldatot homogenizáltuk, majd ultrahang segítségével buborék mentesítettük.



1. ábra. A modellrendszerek összetétele

A modellrendszerek reológiai tulajdonságainak vizsgálatához RHEOMAT 30 rotációs viszkozimétert használtunk. A méréseket szobahőmérsékleten végeztük (22-24°C).

A vizsgálati eredmények feldolgoása

A vizsgálat során az egyes nyírási sebességekhez (D) tartozó, műszeeről leolvasott α értékekből, a z hengerállandó ismeretében számítottuk a τ nyírófeszültséget: ($\tau = z \cdot \alpha$)

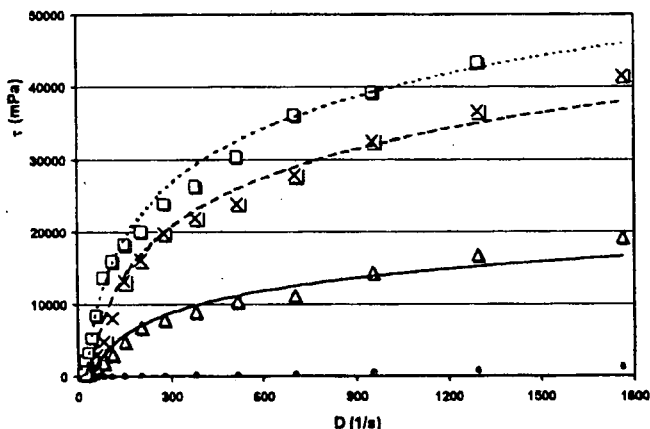
Az η dinamikai viszkozitás értékét a τ nyírófeszültség és a hengerhez tartozó nyírási sebesség (D) értékek hányadosa adja: $\eta = \frac{\tau}{D}$

Az adatok kiértékelése a STATGRAPHICS Statistical Graphics System számítógépes statisztikai adatkiértékelő programcsomag segítségével történt.

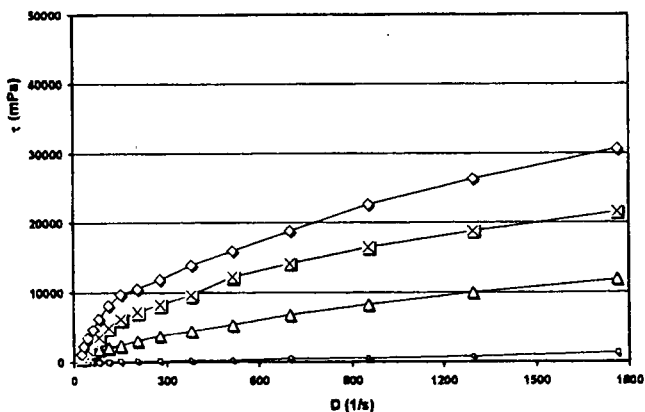
Az eredmények értékelése, következtetések

$\tau = f(D)$ görbék

A D sebességgradiens függvényében ábrázolva a τ nyírófeszültség értékeket megkaptuk a folyásgörbéket. Szemléltetésül a 4. ábrán a 10% szacharóz oldat - CMC, az 5. ábrán a 10% szacharóz oldat - Xanthan gumi rendszert mutatjuk be.



2. ábra A 10% szacharóz - CMC rendszer $\tau = f(D)$ függvényei(logaritmikus trendvonalakkal)



3. ábra A 10% szacharóz oldat - Xanthan gumi rendszer $\tau = f(D)$ függvényei

A folyásgörbék lefutásából arra következtethetünk, hogy mindkét hidrokolloidnak a vizsgált körülmények között jellegzetesen szerkezeti viszkozitása van (MACSIHIN ÉS MACSIHIN, 1987). Másfelől tapasztalataink szerint a sebességgradiens (D) növekedésével annál nagyobb mértékben nő a nyírófeszültség, minél nagyobb a hidrokolloid-koncentráció illetve a szacharóz mennyisége. Ez nyilvánvalóan a molekulaláncok hidratáltsági viszonyainak és ezáltal fizikai állapotának (pl. fellazultság, ténigény.) változásával magyarázható.

A $\tau=f(D)$ összefüggést mindkét hidrokolloid esetében $p < 10^{-5}$ valószínűségi szinten szignifikánsan írja le a következő általános formájú függvény: $\tau = a D^b$, ahol b értéke a hidrokolloid koncentrációjának növekedésével csökken (lásd: 1. és 2. táblázat)

1.táblázat A $\tau = a D^b$ függvény konstansai a CMC rendszerben

Szacharóz %	CMC %	log a	a	b	Korrelációs koefficiens
0	0,1	-2,26497	$5,4329 \times 10^{-3}$	0,6286	0,9998
0	0,2	-1,49100	$3,2285 \times 10^{-2}$	0,5940	0,9982
0	0,3	-0,94851	$1,1259 \times 10^{-1}$	0,5670	0,9982
0	0,5	0,00176	$1,0041 \times 10^0$	0,5194	0,9982
0	0,7	0,49815	$3,1489 \times 10^0$	0,4844	0,9990
5	0,1	-2,09456	$8,0434 \times 10^{-3}$	0,6064	0,9984
5	0,2	-1,27297	$5,3337 \times 10^{-2}$	0,5640	0,9982
5	0,3	-0,73117	$1,8571 \times 10^{-1}$	0,5347	0,9972
5	0,5	0,10495	$1,2734 \times 10^0$	0,4944	0,9986
5	0,7	0,80613	$6,3993 \times 10^0$	0,4440	0,9983
10	0,2	-1,34600	$4,5082 \times 10^{-2}$	0,5801	0,9970
10	0,5	0,03889	$1,0937 \times 10^0$	0,5043	0,9988
10	0,7	0,50840	$3,2240 \times 10^0$	0,4630	0,9961
20	0,2	-1,24166	$5,7324 \times 10^{-2}$	0,5849	0,9986
20	0,5	0,20502	$1,6033 \times 10^0$	0,5103	0,9996
20	0,7	0,96086	$9,1383 \times 10^0$	0,4595	0,9987

2.táblázat A $\tau = a D^b$ függvény konstansai a CMC rendszerben

Szacharóz %	CMC %	log a	a	b	Korrelációs koefficiens
0	0,1	-2,02973	$9,3383 \times 10^{-3}$	0,5333	0,9998
0	0,2	-1,04672	$8,9801 \times 10^{-2}$	0,4552	0,9997
0	0,3	-0,89371	$1,2773 \times 10^{-1}$	0,4443	0,9985
0	0,5	-0,26569	$5,4239 \times 10^{-1}$	0,4114	0,9972
0	0,7	0,48883	$3,0784 \times 10^0$	0,3630	0,9943
5	0,1	-2,02069	$9,5348 \times 10^{-3}$	0,5340	0,9997
5	0,2	-1,07734	$8,3687 \times 10^{-2}$	0,4661	0,9986
5	0,3	-0,39534	$4,0240 \times 10^{-1}$	0,4088	0,9991
5	0,5	0,22678	$1,6857 \times 10^0$	0,3693	0,9972
5	0,7	0,53466	$3,4250 \times 10^0$	0,3491	0,9945
10	0,2	-0,97366	$1,0625 \times 10^{-1}$	0,4527	0,9998
10	0,5	0,16397	$1,4587 \times 10^0$	0,3761	0,9976
10	0,7	0,93836	$8,6768 \times 10^0$	0,3227	0,9925
20	0,2	-0,84747	$1,4208 \times 10^{-1}$	0,4565	0,9987
20	0,5	0,06744	$1,1680 \times 10^0$	0,4159	0,9977
20	0,7	0,64982	$4,4650 \times 10^0$	0,3759	0,9965

Összehasonlítva az azonos koncentrációjú Xanthan és CMC tartalmú rendszereket megállapítható, hogy azonos sebességgradienshez (nyírási sebességhez) a CMC oldatok esetében nagyobb nyírófeszültség érték tartozik, azaz a sűrítés hatékonysága nagyobb.

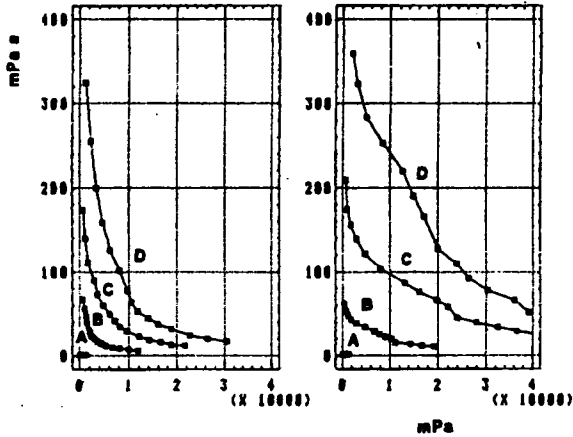
$\eta = f(\tau)$ görbék

A nyírófeszültség hatását a rendszerek viszkozitására az $\eta = f(\tau)$ görbékkel vizsgáltuk. Példaként a 6.ábrán bemutatjuk a 10% szacharóz oldat - CMC és a 10% szacharóz oldat - Xanthan gumi rendszerekre kapott görbéket. A görbék lefutásából arra kövekeztethetünk, hogy azonos koncentráció esetén a CMC sűrítő hatása jobb, mint a Xantán gumié

Az adatok matematikai statisztikai kiértékelése azt mutatja, hogy az $\eta - f(\tau)$ összefüggést a szerkezeti viszkozitást mutató makromolekulás oldatokra jellemző hatványfüggvény írja le: $\eta = a \tau^b$. Az a, a b és a korrelációs koefficiens értékeit a 3. és a 4. táblázat foglalja össze:

Xantán rendszerek

CMC rendszerek



4.ábra A 10% szacharóz oldat - Xantán gumi illetve a 10% szacharóz oldat - CMC $\eta = f(\dot{\tau})$ görbéi A: deszt.víz; B: 0,2; C: 0,5; D: 0,7% hidrokolloid)

3.táblázat Az $\eta = a \dot{\tau}^{-b}$ függvény konstansai a Xantán tartalmú rendszerekben

Szacharóz %	CMC %	log a	a	b	Korrelációs koefficiens
0	0,1	-3,80614	$1,5626 \times 10^{-4}$	0,8743	0,9992
0	0,2	-2,30091	$5,0014 \times 10^{-3}$	1,1957	0,9992
0	0,3	-2,02624	$9,4137 \times 10^{-3}$	1,2495	0,9952
0	0,5	-0,67188	$2,1287 \times 10^{-1}$	1,4170	0,9919
0	0,7	1,26995	$1,8819 \times 10$	1,7235	0,9861
5	0,1	-3,78462	$1,6420 \times 10^{-4}$	0,8712	0,9985
5	0,2	-2,31218	$4,8733 \times 10^{-3}$	1,1449	0,9995
5	0,3	-0,97485	$1,0596 \times 10^{-1}$	1,4414	0,9974
5	0,5	0,58068	$3,8077 \times 10^0$	1,6927	0,9929
5	0,7	1,45706	$2,8646 \times 10$	1,8336	0,9871
10	0,2	-2,15215	$7,0445 \times 10^{-3}$	1,2076	0,9992
10	0,5	0,40788	$2,5578 \times 10^0$	1,6457	0,9937
10	0,7	1,78442	$6,0872 \times 10$	2,0521	0,9837
20	0,2	-1,86554	$1,3629 \times 10^{-2}$	1,1844	0,9954
20	0,5	0,13746	$1,3723 \times 10^0$	1,3935	0,9934
20	0,7	1,67094	$4,6875 \times 10$	1,6384	0,9895

4.táblázat Az $\eta = a \tau^b$ függvény konstansai a CMC tartalmú rendszerekben

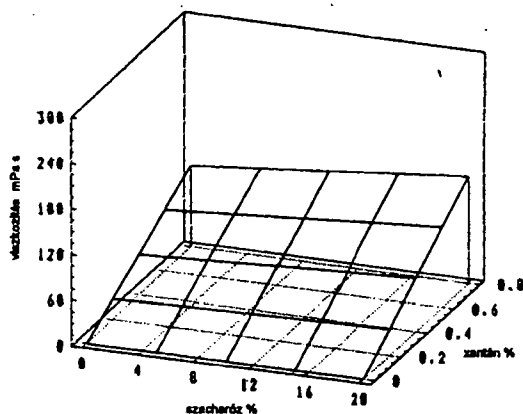
Szacharóz %	CMC %	log a	a	b	Korrelációs koefficiens
0	0,1	-3,60563	$2,4795 \times 10^{-4}$	0,5881	0,9941
0	0,2	-2,52033	$3,0177 \times 10^{-3}$	0,8773	0,9889
0	0,3	-1,68589	$2,0615 \times 10^{-2}$	0,7577	0,9907
0	0,5	-0,01625	$9,6327 \times 10^{-1}$	0,9181	0,9920
0	0,7	1,01668	$1,0392 \times 10$	1,0605	0,9963
5	0,1	-3,46022	$3,4656 \times 10^{-4}$	0,6437	0,9895
5	0,2	-2,26857	$5,3880 \times 10^{-3}$	0,7666	0,9902
5	0,3	-1,38980	$4,0757 \times 10^{-2}$	0,8594	0,9869
5	0,5	0,19700	$1,5740 \times 10^0$	1,0169	0,9946
5	0,7	1,79090	$6,1787 \times 10$	1,2443	0,9945
10	0,2	-2,33836	$4,5882 \times 10^{-4}$	0,7136	0,9831
10	0,5	0,063621	$1,1578 \times 10^0$	0,9778	0,9949
10	0,7	1,33674	$2,1714 \times 10$	1,1435	0,9864
20	0,2	-2,13159	$7,3860 \times 10^{-3}$	0,7050	0,9920
20	0,5	0,39755	$2,4978 \times 10^0$	0,9580	0,9985
20	0,7	2,07345	$1,1843 \times 10^2$	1,1707	0,9957

Hidrokolloidok funkcionális jellemzőinek összehasonlítása határfelület analízissel

A határfelület analízis (Response Surface Analysis = RSA, vagy RS Methodology = RSM) olyan statisztikai módszer, amely megfelelően tervezett kísérlet adataiból kvantitatív értékelést tesz lehetővé, többváltozós matematikai modell segítségével.

Az adatrendszer felhasználásával határfelület analízissel vizsgáltuk, hogy felállítható-e olyan, térbeli felületet leíró, $z = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4y^2 + a_5xy$ alakú, kétismeretlenes egyenlet, amelynek segítségével a cukortartalom és a hidrokolloid tartalom ismeretében nagy valószínűséggel becsülhető a modellrendszer várható dinamikus viszkozitása. Az egyenletben z: dinamikus viszkozitás; x: szacharóz tartalom; y: hidrokolloid tartalom.

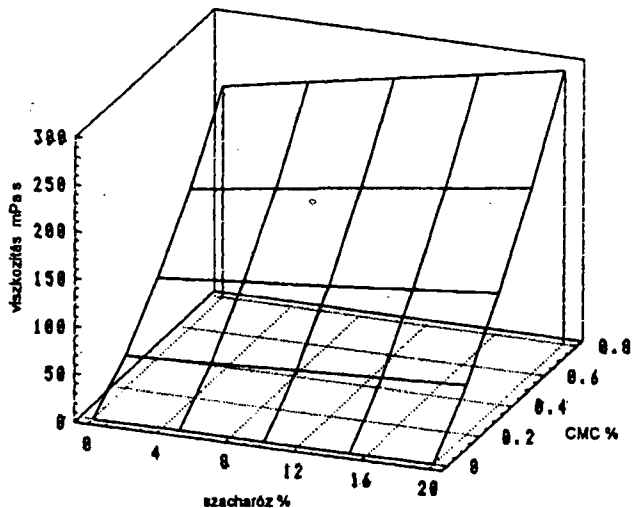
Az értékelést olyan nyírási sebességnél végeztük el, amelynél az egyes modellrendszerekben ébredő nyírófeszültség és ezzel együtt a dinamikus viszkozitás lehetőség szerint szignifikánsan különbözik az egyes rendszerekben (D=81,8 1/s, 0 jelű mérőtest).



5. ábra Desztilláltvíz-szacharóz-Xanthan gumi rendszer

$$\eta = 133,635y + 2,082xy; \quad R^2 = 0,9899,$$

(η : dinamikusan viszkozitás; x: szacharóz koncentráció; y: Xantán koncentráció)



6. ábra Desztilláltvíz-szacharóz-CMC rendszer

$$\eta = 137,17y - 180,41y^2 + 4,099xy; \quad R^2 = 0,9962$$

(η : dinamikusan viszkozitás; x: szacharóz koncentráció; y: CMC koncentráció)

Hatásfelület analízissel megállapítottuk, hogy a vizsgálati eredmények alapján felállítható olyan, térbeli felületet leíró másodfokú kétismeretlenes egyenlet, amelynek segítségével a cukortartalom és a hidrokolloid tartalom ismeretében nagy valószínűséggel becsülhető a modellrendszer várható dinamikus viszkozitása.

A lépésenkénti változóselekción eredményeképpen az egyenletek egyszerűsödtek és statisztikailag is bizonyítottá vált, hogy a vizsgált szacharózkoncentráció intervallumban a rendszer viszkozitását döntően a hidrokolloid koncentráció határozza meg, a cukortartalom ezt csak kismértékben befolyásolja.

Az egyenleteket és a hozzájuk tartozó felületeket a 7. és a 8. ábrán mutatjuk be.

A hatásfelületek jól mutatják, hogy a két hidrokolloid sűrítő hatását az adott vizsgálati körülmények között a szacharóz jelenléte alig befolyásolja. Megállapítható továbbá, hogy a karboximetil-cellulóz lényegesen hatékonyabban növeli a viszkozitást, mint a xantán, azaz azonos hatékonyság eléréséhez kb. fele annyi mennyiség szükséges belőle, ami élelmiszeradalékok esetében igen nagy előny lehet. Alkalmazását mégis korlátozza, hogy szemiszintetikus adalékanyagként kell tekintenünk.

Összefoglalás

Kutatómunkánkban 0-20% os vizes szacharóz alapú modellrendszerben vizsgáltuk két, az élelmiszeriparban is engedélyezett sűrítőszer, a Xanthan gumi és a karboxi-metil-cellulóz sűrítő hatását Rheomat 30 rotációs viszkoziméter segítségével. A hidrokolloid koncentráció 0-0,7% volt. A vizsgálati eredmények értékelése bizonyította, hogy 1. az adott koncentráció tartományban, cukortartalomtól függetlenül a rendszerek pszeudoplasztikus tulajdonságúak, szerkezeti viszkozitással rendelkeznek, 2. a szacharóz mennyisége alig hat a két hidrokolloid sűrítő hatására, 3. azonos körülmények között a CMC sűrítő, azaz viszkozitás növelő hatása szignifikánsan jobb, mint a Xanthan gumié, 4. hatásfelületanalízissel adalékanként felállítható olyan xy kétismeretlenes polinom, amellyel az összetétel függvényében a rendszer várható dinamikai viszkozitása szignifikánsan becsülhető.

Felhasznált irodalom

1. Fox, J.E.(1988): Bevezetés az élelmiszerhidrokolloidok kémiájába, Hahn & Co Information
2. Griebel, T.H., Kulicke, W.M., Kniewske, R.(1990): Vorhersage der Viskositätsergiebigkeit von Natriumcarboxymethylcelluloselösungen
3. Macsihin, Ju.A.; Macsihin, Sz.A.(1987): Élelmiszeripari termékek reológiája, Mezőgazdasági kiadó, Budapest
4. Schramm, G.(1995): Einführung in Rheologie und Rheometrie, Gebrüder HAAKE GmbH, Karlsruhe
5. Westra, J.G.(1989): Rheology of (Carboxymethyl) cellulose with Xanthan Gum Properties, *Macromolecules*, 22, p.:367-370

STUDY OF THICKENING HYDROCOLLOIDS IN MODEL SYSTEMS

HORVÁTHNÉ A. K.,* BAJUSZNÉ K. K.,**
BARÁNE H. O.*

* Department of Food Science

** Department of Unit Operations and Environmental Techniques

The thickening properties of two thickening agents permitted in the food industry, Xanthan Gum and Carboxymethylcellulose were investigated in model systems, which based on 0-20 % sucrose solutions with the help of Rheomat 30 rotational viscosimeter. The concentration of hydrocolloid were 0-0.7%. The evaluation of experimental results proved that.:

- Under the tested conditions the investigated model systems show pseudoplastic properties, their structural viscosity independently of sucrose content.
 - The amount of sucrose have slight influence for the thickening effect of hydrocolloids.
 - Under identical conditions the CMC showed significantly greater apparent viscosity than the Xanthan Gum.
 - By means of Response Surface Analysis an equation with two unknown quantities can be established to estimate significantly the probable value of apparent viscosity
-