

## Szilárd és kvázi szilárd (plasztikus – elasztikus) élelmiszerek reológiai vizsgálata\*

SZALAY LAJOS  
Sütőipari Kutató Intézet, Budapest

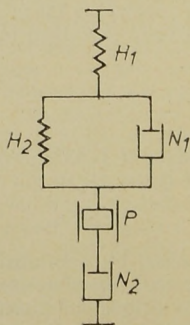
és  
ÓRSI FERENC  
Budapesti Műszaki Egyetem Élelmiszerkémiai  
Tanszék

Érkezett: 1969. február 2.

Az élelmiszerek, élelmiszeripari nyersanyagok, félkésztermékek jelentős része reológiai sajátosságait tekintve a szilárd, kváziszilárd (plasztikus – elasztikus) testek közé tartozik. Így az élelmiszeripar csaknem valamennyi ágából lehet példákat választani.

Tekintettel azonban arra, hogy nálunk a siker- és téstvizsgálatoknak több mint félszázados hagyománya és ma is élő gyakorlata van, nem tűnik szerénytelenségnek, ha a példák egy részét erről a területről választjuk.

A sütőipari feldolgozás során létrejött anyagok között – a késztermékeket is beleszámítva – egyaránt megtalálhatók a legkülönbözőbb reológiai tulajdonságúak. A híg kovászok viszkózus – elasztikus (Maxwell) anyagok, a szokásos konzisztenciájú tészták elasztikus, plasztikus és viszkózus sajátosságokkal is rendelkeznek. Első közelítésben Bingham-test modelljével írhatók le a reológiai sajátosságaik. Pontosabb közelítést nyújt a Maxwell-test kombinációja egy-egy plasztikus és Hooke elemmel (Svedov-test), illetve Maxwell- és Kelvin-test kombiná-



1. ábra. A kenyérbélzete reológiai modellje

ciója viszkózus elemmel (Schofield-Scott Blair test). Ez utóbbi a búzaliszt-tészták késleltetett rugalmasságát is jól leírja. A jóminőségű, friss (de nem meleg) kenyérbélzete adott deformációs feszültségig teljesen reverzibilis alakváltozást szenved. A deformáció ilyen körülmények között elasztikus, amelynek egy része késleltetett rugalmasságként jelentkezik. Reológiai modelljét *Telegdy Kováts és Lászlity* nyomán az 1. ábra szemlélteti.

\* Az V. Élelmiszervegyész Ankét keretében 1969. január 10-én elhangzott előadás

A tészta gyakorlati-reológiai vizsgálatát szolgáló Hankóczy szerkesztette farinográf és egyéb készülékek világhírnévre tettek szert. Elősegítették az objektív lisztminősítést, segítették a gabonanemesítők munkáját, számos fontos adatot adtak meg a sütőipari technológiák számára (vízfelvevőképeség, stabilitás, ellágyulás stb.). Sikerült bebizonyítani, hogy a lisztek sütőipari értéke és a belőlük készült tészta reológiai sajátságai között összefüggés van.

Az ipari gyakorlatban, de még a tudományos életben is a lisztek minőségének kifejezésére a reológiai tésztavizsgálatok alapján egy sor jellemzőt használnak. Ezek a jellemzők azonban még működési elvükben hasonló műszerek esetében sem mindig hasonlíthatók össze, mert rendszerint empirikus mértékegységekben fejezik ki az eredményt. A tészta-reológia újabb fejlődését azonban az a tendencia jellemzi, hogy törekednek olyan készülékek szerkesztésére és alkalmazására, amelyek abszolút fizikai mértékegységekkel jellemzik a tésztákat. Bár még jelenleg nem ismerjük a sütőipari érték és a reológiai állandók közötti pontos összefüggéseket, várható, hogy az alap kutatások és a mérési metodika fejlődésével ezt a problémát teljesen meg lehet oldani.

A liszt-, ill. tésztavizsgáló műszereket dinamikus és statikus műszerek csoportjába osztjuk. A dinamikus elven működő készülékek (farinográf, valorigráf, mixográf, rheometer, konzisztográf) a dagasztás közben a tészta kialakításához szükséges erőt regisztrálják. Különösen technológiai szempontból értékesek a segítségükkel kapott adatok (pl. vízfelvevőképeség, tésztaalakulási idő stb.).

Bár az ilyen elven működő készülékeket több évtizede használják, a segítségükkel szerezhető információkat még korántsem használtuk ki teljesen. Így pl. a Sütőipari Kutató Intézetben az intenzív dagasztással kapcsolatban végzett legutóbbi kutatások a konzisztenciát jellemző görbe maximumának a tésztaképzés szempontjából nagy jelentőségére mutattak rá. Sikerült kimutatni, hogy a tésztaalakulás ideje elsősorban a dagasztás intenzitásától függ, a liszt fehérjéinek mennyisége és minősége csak másodsorban jön számításba.

Az újabbban a sütőipari technológiában bevezetett intenzív dagasztás számos új megválaszolásra váró kérdést vetett fel. Új vizsgáló készülékeket szerkesztettek, ill. terveznek (Do-Corder, Sütőipari Kutató Intézet kísérleti készüléke).

Fontos kérdés az intenzív dagasztás során a tészta fektetett mechanikai energia hasznosulása. Számítások szerint ui. a felhasznált energiának mindössze 5%-a szükséges az összefüggő síkerváz, ill. tészta váz kialakításához, a többi nagyrészt hővé alakul át. A probléma megoldása többek között a tészta reológiai sajátságainak jobb megismerésével is összefügg.

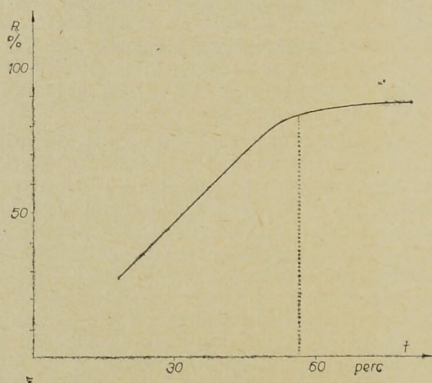
A statikus elven működő készülékek alkotják a másik nagy csoportot. Ezek rendszerint a klasszikus szakításpróbát utánozzák, diagramban ábrázolva a megnyúlás és a feszültség összefüggését. Példaképpen az extenzográf, elasztográf, alveográf és a laborográf különböző változatait említhetjük meg. Újabbban a penetrométeres vizsgálat is teret hódít.

Ezek a készülékek a sütőipari technológia szempontjából kevesebb közvetlen információt adnak, azonban különösen időben lezajló hosszabb folyamatok okozta reológiai változások követésére igen alkalmasak. Így pl. a tészta ellágyulása a kelesztési idő függvényében, lisztjavítószerek hatása, a tésztaiban lejátszódó tiol-diszulfid kölcsönhatás követése igen jól megoldható segítségükkel. Ilyen gyakori vizsgálati metodika a „*szerkezeti relaxáció*” mérése. Ennek lényege abban áll, hogy különböző időpontokban mérik az adott tészta deformációhoz szükséges erőt és azt az idő függvényében ábrázolják. Az összefüggés hiperbolikus görbével közelíthető. A görbe paraméterei egyben a szerkezeti relaxáció számszerű jellemzésére is alkalmasak.

Módosított készülékek feszültségrelaxáció mérést is lehetővé tesznek (4).

Ami a jövő útját, az abszolút egységekben mérő készülékeket illeti, jelenleg ezek még csak kísérleti stádiumban vannak. Általában rotációs plasztométer, ill. kapilláris plasztométer elven működő készülékeket próbálnak alkalmazni.

A kenyér és édesipari lisztes áruk bélzete reológiai sajátosságainak vizsgálatára a penetrométer elven működő készülékek váltak be. A kutatók többsége a bélzet rugalmas és plasztikus tulajdonságainak arányát kifejező relatív rugalmasságot találta alkalmasnak a bélzet minőségének jellemzésére (1. táblázat). Az ilyen irányú mérések a minősítés mellett lehetővé teszik a kenyéröregedés követését, a csomagolás hatásának kimutatását, az optimális sütési idő meghatározását (2. ábra).



2. ábra. Relatív rugalmasság változása a sütési idő függvényében

7. táblázat

**Különböző minőségű kenyerek bélzetének relatív rugalmassága**

Sorszám	Relatív rugalmasság %	Minőség
1.	80	igen jó
2.	77	jó
3.	76	megfelelő
4.	75	jó
5.	71	megfelelő
6.	69	megfelelő
7.	63	gyenge
8.	61	rossz
9.	51	rossz
10.	49	igen rossz

A kvázi szilárd reológiai testek jó példái a különböző húсок és húskészítmények is. Ezek reológiai tulajdonságai vizsgálatát a különleges rostokból álló szerkezet különösen nehezé teszi, pedig a hús reológiai tulajdonságai szoros kapcsolatban állnak „puhaságával”, amely a hús minőségét a fogyasztó szempontjából elsősorban megszabja.

A hús puhasága több anyagi tulajdonságot foglal magában, amelynek csak egy része a reológiai módszerekkel mérhető azon ellenállás, amelyet a hús kifejt, amikor a rágás során a fogak a húsbá behatolnak. *Telegdy Kováts és Szilasné* (6, 7) a húspuhaság 4 összetevőjét különböztetik meg: az első az a könnyedség, amellyel

a rágás kezdetén a fogak az izomszövetbe behatolnak; a második az a könnyedség, amellyel az egész izomszövet rosttöredékekre esik szét. A harmadik a maradékrágósság, amelyet a rugalmas, tehát nehezen aprítható kötőszöveti elemek okoznak; a negyedik összetevő a létartalom, a lében dús hús mindig puhábbnak érződik.

Számos próbálkozás ismeretes, hogy a hús puhaságát egyetlen, szubjektív hibától mentes, műszeresen meghatározható *mérszámmal* fejezzék ki, ez azonban csak részben sikerült. A hús puhaságának meghatározására leggyakrabban alkalmazott mérő eljárásokat a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat

Húsok puhaságának vizsgálatára alkalmazott gyakoribb mérő eljárások

Módszer	Összefüggés szorossága az érzékszervi bírálattal — r	Hivatkozás
Nyírási erőszükséglet mérése	0,5–0,8	Hurwicz (8) Batcher–Dawson (9)
Daráláshoz szükséges munka mérése	—	Miyada–Tappel (10) Aldor (11)
Műfogsorral végzett rágási munka mérése	0,96	Proctor (12, 13)
Penetrométeres mérés	0,34–0,85	Telegdy Kováts– Szilasné (6, 7)

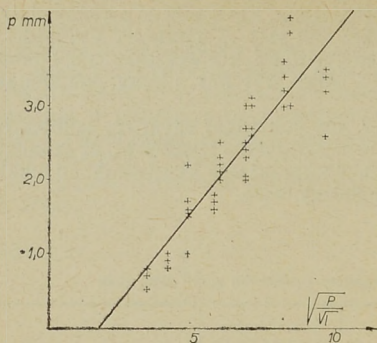
Ezen módszereknél a rágás folyamatának egy vagy több lényeges mozzanatát gépekkel végeztetik, így a hús puhaságával összefüggő valamely reológiai jellemző nagysága műszeren leolvashatóvá válik. A különböző műszereken leolvasott értékek korrelációja az érzékszervi ítélethez annak megfelelően változik, hogy a rágás folyamatából több vagy kevesebb lényeges mozzanatot lehet az adott géppel végeztetni.

A kvázi szilárd testek reológiai tulajdonságainak vizsgálatában a penetrométer jelentős szerepet játszik és ezért részletesen megvizsgáltuk alkalmazását a húsok puhaságának elbírálásában.

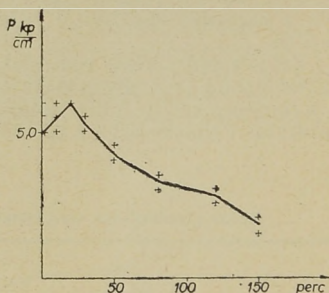
A húsok vizsgálatában elsősorban *Telegdy Kováts és Szilasné* (6, 7) által alkalmazott késformájú penetrométeres testek adtak jól reprodukálható eredményeket. Infrásütőben sütött marhahús szeleteken végzett vizsgálataink azt mutatták, hogy szoros összefüggés van a penetráció (bemerülés), a kés élhosszúsága, vala-

mint az alkalmazott terhelés között. Ha a penetrációt  $P/\sqrt{l}$  függvényében ábrázoltuk, az összefüggés egyenessel közelíthető. Egy méréssorozat eredményét a 3. ábrán mutatjuk be. Az összefüggés szorosságára jellemző korrelációs együttható  $r = 0,965$ , amely igen szoros összefüggést mutat. Nagyobb eltérést csak nagy terhelésnél, vagy nagyon kicsi késél szélességnél kaptunk, mivel ekkor a kés mélyebben behatolt a húsmintába és az izomrostokat átvágta.

Megvizsgáltuk a penetrációs érték összefüggését az érzékszervi bírálati eredményekkel is. Azt találtuk, hogy minél kisebb az alkalmazott kés élének szélessége, annál szorosabb az összefüggés a hús puhaságával: az összefüggés szorosságát 5 mm késél szélességnél  $r = -0,34$ ; 3 mm-es késél szélességnél  $r = -0,85$  korrelációs együttható fejezi ki.



3. ábra. Penetráció függése a terheléstől és késél szélességtől

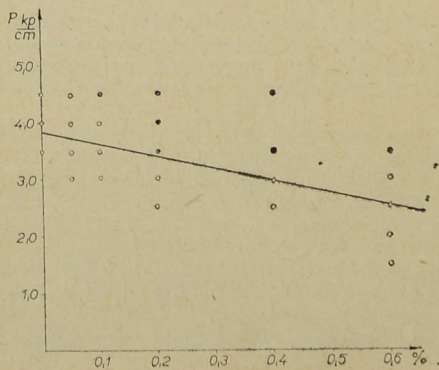


4. ábra. Átvágási erőszükséglet változása a párolási idő függvényében

Ez tehát azt jelenti, hogy adott körülmények között a penetrométer alkalmas a hús puhaságával összefüggő reológiai tulajdonságok jellemzésére. Ugyanakkor azonban arra is rávilágít, hogy a mért penetráció vagy adott penetráció létrehozásához szükséges terhelés annál szorosabb összefüggésben van a hús puhaságával, minél több rostszálat valóban átvág a penetráló test.

Az inhomogén szilárd testek vizsgálatánál a penetráló test méretének csökkentése a mérési hiba növekedését vonja maga után, mint ezt a hús esetében is tapasztaltuk, mivel pedig a nagy penetrációhoz szükséges terhelés a penetrométernél nem növelhető korlátlanul, olyan műszert kellett keresnünk, amelynél a hússzelet átvágáshoz szükséges terhelés még 10 mm-es élszélességű kés alkalmazása esetén is biztosítható. A fenti követelményeknek a *Höppler* konzisztométer segítségével tudtunk eleget tenni.

A *Höppler* konzisztométer kisebb átalakítása után olyan mérési módszert dolgoztunk ki, amelynek során reprodukálhatóan mérni tudtuk a hússzeletek 10 mm élszélességű késsel való átvágásának erőszükségletét. Tapasztalataink szerint az így meghatározott erőszükséglet széles határok között változik a hús puhaságával.



5. ábra. Átvágási erőszükséglet összefüggése a hússzelet kezelésére használt proteolitikus enzim mennyiségével

A 4. ábrán bemutatjuk a marhahússzeletek párolása során a hússzelet puhaságának változását, amelyet az átvágáshoz szükséges erővel jellemeztünk. A kezdeti keményedés a fehérjék denaturálódásának következménye, majd a párolás előrehaladtával a hús puhul.

Másik példaként hús puhaságát fokozó proteolites enzim különböző mennyiségeivel kezelt, 60 perces párolással elkészített hússzelet puhaságának változását mutatjuk be az 5. ábrán. Az átvágási erőszükségletet az enzim mennyiségének függvényében ábrázoltuk. Berajzoltuk a lineáris összefüggés feltételezésével számított regressziós egyenest is. Az összefüggés szorosságát kifejező korrelációs együttható  $r = 0,97$ , tehát igen szoros összefüggés van a húsok puhaságát kialakító proteolites enzim mennyisége, valamint a hús reológiai tulajdonságait kifejező átvágási erőszükséglet között.

Ezen példaként világosan mutatják, hogy reológiai módszerek nemcsak a tudományos kutatásban, de a minőségellenőrzés mindennapi munkájában is számos területen sikerrel felhasználhatók.

#### I R O D A L O M

- (1) *Auerman, L. Ja.*: Tyehnologija chlebopecsenyija. Moszkva. 1956.
- (2) Sütőipari Kutató Intézet: Laboratóriumi vizsgálati módszerek I. és II. 1963–1966.
- (3) *Kent Jones, D. W. és Amos, A. J.*: Modern Cereal Chemistry. Liverpool. 1957.
- (4) *Telegdy Kováts L. és Lásztity R.*: Periodica Polyt. 10, 53, 1966.
- (5) *Lásztity R.*: ÉVIKE 6, 60, 1960.
- (6) *Telegdy Kováts L. és Szilasné Kelemen M.*: Die Nahrung. 9, 299, 1965.
- (7) *Telegdy Kováts L. és Szilasné Kelemen M.*: Növényi proteázok alkalmazása az élelmiszeriparban. Előadás a VI. Élelmiszeripari Tud. Ülésszakon. Budapest, 1966.
- (8) *Hurwicz, H. és Tischer, R. C.*: Food Techn. 8, 391, 1954.
- (9) *Batcher, M. és Dawson, H.*: Food Techn. 14, 69, 1960.
- (10) *Miyada, D. S. és Tappel, A. L.*: Food Techn. 10, 142, 1956.
- (11) *Aldor, T.*: ÉVIKE 9, 329, 1963.
- (12) *Proctor, B. B. és mkt.*: Food Techn. 10, 327, 1956.
- (13) *Proctor, B. B. és mkt.*: Food Techn. 10, 344, 1956.

#### РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ И КВАЗИ-УСТОЙЧИВЫХ (ПЛАСТИЧЕСКИХ-ЭЛАСТИЧЕСКИХ) ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

*Л. Салаи и Ф. Ершу*

Авторы в первой части статьи дают обзор практического применения реологического применения моделей и описывающих реологические свойства готовых продуктов хлебопекарной и макаронной промышленности, а также методов и инструментов применяемых для определения реологических показателей. В качестве примера применения авторы для определения качества и продолжительности выпечки хлеба считают пригодным относительную упругость применять для охарактеризования эластичных свойств мякиса хлеба.

Во второй части авторы знакомят инструменты применяемых для определения реологических свойств, связанных с мягкостью мяса. Хорошую зависимость установили между глубиной погружения ножеобразного корпуса пенетрометра и мягкостью мяса. Помощью модифицированного конзистометра Хёплера определённую потребность силы прореза считали подходящим для определения мягкости тушённой говядины.

## RHEOLOGISCHE PRÜFUNG VON FESTEN UND QUASI FESTEN (PLASTISCHEN-ELASTISCHEN) LEBENSMITTELN

*L. Szalay und F. Örsi*

Im ersten Teil geben die Verfasser eine Übersicht über die praktische Anwendbarkeit von rheologischen Modellen, welche die rheologischen Eigenschaften der back- und teigwarenindustriellen Halb- und Fertigprodukte darstellen, sowie über die zur Bestimmung der rheologischen Kennzeichen dienenden Methoden und Instrumente. Als Anwendungsbeispiel wird die Eignung der – für die Charakterisierung der elastischen Eigenschaften der Brotkrume verwendeten – relativen Elastizität zur Beurteilung der Brotqualität und der notwendigen Backzeit beschrieben.

Der zweite Teil gibt eine Übersicht über die zur Bestimmung der mit der Weichheit von Fleisch zusammenhängenden rheologischen Eigenschaften verwendeten Apparate. Die Verfasser fanden einen guten Zusammenhang zwischen der Eintauchtiefe des messerförmigen penetrometrischen Körpers und der Weichheit des Fleisches. Den vermittels des Höppler'schen Konsistometers bestimmten Kräftebedarf für die Durchschneidung fanden sie zur Charakterisierung der Weichheit der mit Dämpfung bereiteten Rindfleisch e ebenfalls geeignet.

## RHEOLOGICAL INVESTIGATION OF SOLID AND QUASI-SOLID (PLASTIC-ELASTIC) FOODS

*L. Szalay and F. Örsi*

In the first part, a survey is given by the authors of the practical applicability of rheological models describing the rheological properties of the half and ready-made products of the bakery and farinaceous products industry, and of the methods and instruments serving for the determination of the rheological characteristics. As an example of the application, the suitability of the relative elasticity (used for characterizing the elastic properties of bread crumb) in establishing the quality of bread and the required baking periods.

In the second part, in turn, the instruments employed for the determination of the rheological properties connected with the tenderness of meats are surveyed. A close correlation has been found between the tenderness of meat and the immersion depth of a blade-shaped penetrometer body. Also the force needed for cutting the meat, determined by means of a modified Höppler consistometer, proved to be suitable for characterizing the tenderness of beef prepared by braising.