

Konzisztenciamérés penetrométerrel I.

RAJKY ANTALNÉ és JÁRMAI LÁSZLÓNÉ
Budapesti Műszaki Egyetem Élelmiszerkémia Tanszék

Érkezett: 1956. augusztus 22.

1. Az élelmiszerek minőségének elbírálásával együtt jár a konzisztencia mérésének problémája. A konzisztencia az anyagnak az a tulajdonsága, hogy tartós alakváltozással szemben ellenállást fejt ki (1.).

A konzisztenciát nem jellemezhetjük egyetlen számértékkel, megadásához szükséges a teljes alakváltozás-erő, illetve alakváltozássebesség-erő függvények leírása. E függvények értékkészletének, értelmezési tartományának, deriváltjainak, primitív függvényeinek sajátos értékei szolgáltatják a rheológiában használt jellemzők legtöbbjét, pl. a plaszticitást, alsó-, felsőfolyási határt, lát-szólagos viszkozitást, fluiditást, viszkozitási határértéket stb.

Az elmondottakból következik, hogy a konzisztenciát jellemző függvények teljes értéktartományát csak sok mérésből álló mérés-sorozatból lehet meghatározni. A tudományos és az ipari gyakorlat azonban az egyszerűbb módszereket kívánja, és így széleskörű kutatás folyik azért, hogy felderítsék, vajon lehet-e az előbb említett függvényeket kevés (végső fokon egy) értékkel jellemezni, illetve melyik adat mond az anyag viselkedéséről legtöbbet. A megoldás azonban nehéz, mert a penetráció, forgatónyomaték, viszkozitás, folyáspont, filmszilárdság, vágási ellenállás mérése és a többi — plasztikus sajátságok mérésére szolgáló — módszer az igénybevétel erősségében, módjában és — különösen lényeges — a mérés eredményeinek fizikai jellegében (dimenziójában) is eltérő adatokat szolgáltatnak. Azt mondhatjuk tehát, hogy a konzisztenciának jelenleg nincs még általános mérési módszere (mint ahogy az áttekintő szemlélet is csak most kezd kialakulni) és az említett speciális mérések a konzisztenciának csak egy-egy részletéről adnak képet. Azonban, ha a mérés azonos gyártási körülmények között készült, illetve azonos módon felhasználandó anyagok összehasonlító vizsgálatára használjuk, ez az egyoldalú kép is célravezető lehet.

Az említett módszerek közül egyszerűségük első helyre juttatja a penetrációs vizsgálatokat. A penetráció (behatolás) jellemzésére többféle fogalmat, megmérésére többféle készüléket használtak a kutatók (2.).

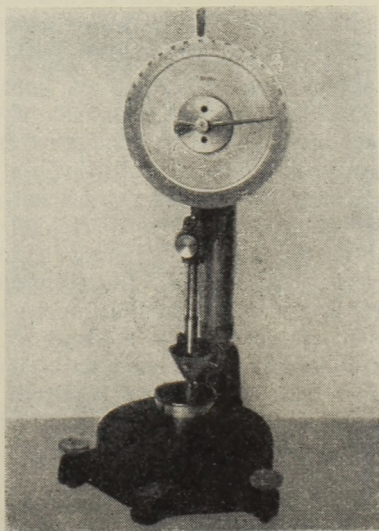
Brullé, Sohn különböző anyagból készült különböző súlyú rudak behatolását mérte vajban.

Perkins fémből készült hengert ejtett a vajmintákba, és mérte a besüllyedés mélységét.

Kruisheer, Den, Herder, Krol, és Mulders azt az erőt mérte, amely szükséges, hogy egy megfelelő henger alakú testet meghatározott sebességgel belenyomjanak a vizsgálandó anyagba.

Mohr és Wellm (3.) a kúppal nyerhető folyási határt határozta meg, vagyis azt a nyomásértéket, amelynél az anyagba eresztett kúp már nem süllyed tovább. Tekintve, hogy a kúp súlya állandó (G) a felület pedig, amelyen a kúp súlya átadódik az anyagnak (F) egyre növekszik, a nyomás egyre csökken, amíg végül is olyan kis értékke válik, hogy az anyagot nem tudja tovább deformálni. Ez a nyomásérték a fent említett folyási határ.

Hasonlóképpen jellemzi a penetrációt Kulman is (4.).



1. ábra

A mérési sorozathoz szerzők által használt penetrométer

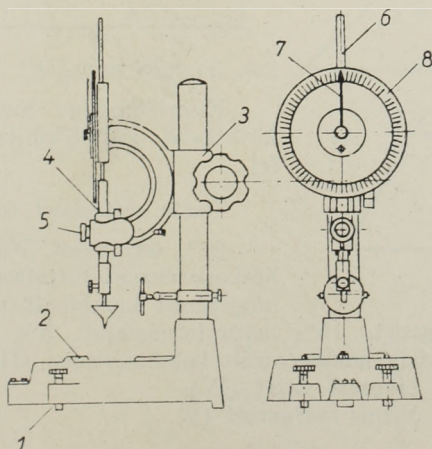
2. Vizsgálatok

2.1. Célkitűzés

Az előzőekben láttuk, hogy a különböző készülékekkel mért és különféle fizikai egységekben kifejezett penetrációértékek csupán egy részképet adnak az anyag konzisztenciájáról. A penetrációmérés egyszerűsége arra készítetett bennünket, hogy a konzisztencia-vizsgálatok módszeres tanulmányozását ezekkel a mérésekkel kezdjük. Ezen értékek mérésének és az anyag jellemzőjéül való felhasználásának csak akkor van értelme, ha egyrészt a különböző anyagoknál ezek az értékek jelentősen eltérnek, ezáltal lehetőség nyílik az egyes anyagok megkülönböztetésére, másrészt sikerül megtalálni azokat a mérési körülményeket, amelyek között az aránylag egyszerűen elvégezhető penetrációvizsgálat eredménye a konzisztenciáról a legtöbbet mond.

Jelen cikkünk keretében csak az első feladattal kívánunk foglalkozni, a második célkitűzéssel kapcsolatos vizsgálataink folyamatban vannak.

2.2. Penetrométer



2 ábra

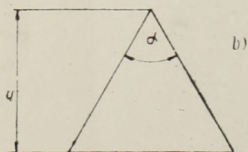
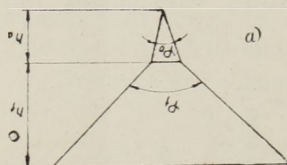
Keménységvizsgálatainkhoz a kenőanyagiparban használatos kúpos penetrométert (5.) használtuk, némileg módosított formában. A készülék az 1—2. számú ábrán látható.

A talpazaton levő csavarok „1” segítségével lehet a készüléket vízszintesre állítani. A talpazatra „2” helyezzük el a mérőedény-

kéket a megfelelő hőfokú vízfürdőedénnyel. Az állvány karjára „3” a kúppal felszerelt vezetőrúd „4” van felerősítve, melynek helyzetét az indítógomb „5” segítségével lehet szabályozni. A vezetőrúd egy fogazott léccel „6” érintkezik. A fogazott léchez egy áttételes mutató „7” kapcsolódik. Ennek segítségével a kúp elmozdulását egy 360°-ra beosztott körlapon „8” lehet leolvasni. A körlap 10° beosztása a kúp 1 mm-es elmozdulásának felel meg. Módosításunk szerint, méréseinkhez különböző súlyú és hajlásszögű kúpokat használtunk. A felhasznált kúpok adatait a következő táblázatban foglaltuk össze :

I. táblázat

Kúpszám	Ábrajel	φ (°)	h (mm)
1	a	$\varphi_f = 90$ $\varphi_a = 30$	h_f 28 h_a 15
2	b	90	31,5
3	b	60	37,3
4	b	30	30,2



2.3. Vizsgált anyagok

Kísérleteinkhez modellanyagként a következő zsiradékfajtákat használtuk fel :

Tiszta sertészsírt, továbbiakban: (I)

90% sertészsírt, 5% pálmazsírt, 5% bőrkaparekzsírt tartalmazó gyárilag homogenizált kombinált zsírt (II),

80% sertészsírt, 15% napraforgóolajat, 5% bőrkaparekzsírt tartalmazó gyárilag homogenizált kombináltzsírt (III),

szabványos étkezési vajat (IV),

szabványos Venus margarint (V).

2.4. Előkészítés

Sorozatvizsgálathoz megfelelő számú edénykét szobahőfokon gondosan egyműsített anyaggal megtöltöttünk, ügyelve arra, hogy töltés közben az edénykében buborékszárványok ne keletkezzenek. A mintákat 24 óra hosszat +6 C°-os hűtőszekrényben tartottuk, majd a mérési hőfoknak megfelelő hőmérsékletű vizes termosztátban

Kúpok sor-száma	Kúpok súlya (gr)	Tempe-rálás hőmérs. (C°)	Zsír fajta sorszáma										n _k	$\bar{X}_k$
			I.		II.		III.		IV.		V.			
1	150,0	10,0	n _{11m}	X _{11m}	n _{12m}	X _{12m}	n _{13m}	X _{13m}	n _{14m}	X _{14m}	n _{15m}	X _{15m}	14	119,3
			1	182	1	139	1	186	1	79	1	66		
			1	192	1	147	1	196	1	81	1	70		
									1	85	1	75		
									1	86				
			n ₁₁ =2	$\bar{X}_{11}=187,0$	n ₁₂ =2	$\bar{X}_{12}=143,0$	n ₁₃ =2	$\bar{X}_{13}=191,0$	n ₁₄ =5	$\bar{X}_{14}=83,6$	n ₁₅ =3	$\bar{X}_{15}=70,3$		
1	57,0	23,5	n _{21m}	X _{21m}	n _{22m}	X _{22m}	n _{23m}	X _{23m}	n _{24m}	X _{24m}	n _{25m}	X _{25m}	48	199,7
			2	158	1	190	4	256	1	225	1	129		
			2	163	1	193	1	257	1	235	1	132		
			1	167	1	195	1	259	1	241	1	135		
			1	168	1	196	1	262	1	247	2	136		
			1	169	2	200	1	265	1	255	2	137		
			1	176	1	205	1	268	1	262	1	138		
			1	178	2	210			1	264	1	139		
			1	180					1	279				
			1	182										
			2	183										
						n ₂₁ =13	$\bar{X}_{21}=171,4$	n ₂₂ =9	$\bar{X}_{22}=199,9$	n ₂₃ =9	$\bar{X}_{23}=259,4$	n ₂₄ =8		
1	57,0	16,4	n _{31m}	X _{31m}	n _{32m}	X _{32m}	n _{33m}	X _{33m}	n _{34m}	X _{34m}	n _{35m}	X _{35m}	53	120,3
			1	123	1	132	1	166	1	67	1	65		
			2	124	1	140	1	169	1	70	1	66		
			3	125	1	141	1	172	1	74	1	67		
			1	131	2	144	1	173	1	76	2	68		
			1	133	1	145	1	174	2	78	1	70		
			1	134	1	146	1	176	1	80	1	71		
					2	148	1	177	3	81	1	72		
					1	149	1	179	1	82	2	79		
					2	152	1	180						
							1	182						
							1	184						
			n ₃₁ =9	$\bar{X}_{31}=127,1$	n ₃₂ =12	$\bar{X}_{32}=145,1$	n ₃₃ =11	$\bar{X}_{33}=175,6$	n ₃₄ =11	$\bar{X}_{34}=77,1$	n ₃₅ =10	$\bar{X}_{35}=70,5$		
2	74,5	15,5	n _{41m}	X _{41m}	n _{42m}	X _{42m}	n _{43m}	X _{43m}	n _{44m}	X _{44m}	n _{45m}	X _{45m}	44	43,9
			1	48	1	57	1	51	1	24	2	23		
			3	50	1	59	1	52	3	25	4	24		
			1	51	2	60	1	54	2	26	2	27		
			2	53	2	61	1	55	1	27	1	28		
			1	54	1	62	1	56	2	28				
			1	55	2	63	1	64						
							2	67						
			n ₄₁ =9	$\bar{X}_{41}=51,5$	n ₄₂ =9	$\bar{X}_{42}=63,7$	n ₄₃ =8	$\bar{X}_{43}=53,2$	n ₄₄ =9	$\bar{X}_{44}=25,9$	n ₄₅ =9	$\bar{X}_{45}=24,9$		
3	57,0	15,5	n _{51m}	X _{51m}	n _{52m}	X _{52m}	n _{53m}	X _{53m}	n _{54m}	X _{54m}	n _{55m}	X _{55m}	43	53,7
			1	53	1	79	2	58	1	27	1	32		
			3	54	2	82	2	61	1	29	1	33		
			2	55	1	83	1	65	1	30	2	34		
			2	56	1	78	1	66	2	32	1	35		
			1	59	1	85	1	67	1	33	2	36		
					1	86	1	69	1	37	1	39		
		1	87	1	72	1	38	1	40					
			n ₅₁ =9	$\bar{X}_{51}=55,1$	n ₅₂ =8	$\bar{X}_{52}=82,7$	n ₅₃ =9	$\bar{X}_{53}=64,1$	n ₅₄ =8	$\bar{X}_{54}=32,2$	n ₅₅ =9	$\bar{X}_{55}=35,4$		
4	45,5	15,5	n _{61m}	X _{61m}	n _{62m}	X _{62m}	n _{63m}	X _{63m}	n _{64m}	X _{64m}	n _{65m}	X _{65m}	38	102,0
			1	118	1	143	2	166	1	50	1	55		
			1	123	1	148	1	170	1	52	2	56		
			2	124	2	149	1	174	1	53	1	57		
			2	125	2	150	1	175	3	58	4	58		
			1	126			1	177	1	61	1	59		
									2	62				
						1	65							
			n ₆₁ =7	$\bar{X}_{61}=123,6$	n ₆₂ =6	$\bar{X}_{62}=143,2$	n ₆₃ =6	$\bar{X}_{63}=171,3$	n ₆₄ =10	$\bar{X}_{64}=57,9$	n ₆₅ =9	$\bar{X}_{65}=57,2$		
2	131,5	15,5	n _{71m}	X _{71m}	n _{72m}	X _{72m}	n _{73m}	X _{73m}	n _{74m}	X _{74m}	n _{75m}	X _{75m}	41	48,1
			3	55	1	61	1	53	1	33	2	34		
			2	57	1	63	3	54	3	34	3	35		
			1	60	1	69	2	59	2	35	3	36		
			1	62	1	71			1	36				
			1	64	1	72			2	38				
					1	75			1	39				
									1	42				
									1	43				
									1	47				
			n ₇₁ =8	$\bar{X}_{71}=58,1$	n ₇₂ =6	$\bar{X}_{72}=63,5$	n ₇₃ =6	$\bar{X}_{73}=55,5$	n ₇₄ =13	$\bar{X}_{74}=37,5$	n ₇₅ =8	$\bar{X}_{75}=35,1$		
3	114,0	15,5	n _{81m}	X _{81m}	n _{82m}	X _{82m}	n _{83m}	X _{83m}	n _{84m}	X _{84m}	n _{85m}	X _{85m}	55	96,0
			3	101	1	116	1	122	1	56	1	55		
			5	102	1	120	1	123	1	57	1	56		
			4	103	1	121	1	124	1	58	4	58		
			3	105	1	128	2	127	4	63	2	60		
			3	106	1	131	1	132	1	64	1	63		
			3	107	1	134	1	136	1	68				
			1	109	2	135								
						n ₈₁ =22	$\bar{X}_{81}=104$	n ₈₂ =8	$\bar{X}_{82}=127,5$	n ₈₃ =7	$\bar{X}_{83}=127,3$	n ₈₄ =9		
N _j			79		60		58		73		66		n = 336	
$\bar{X}_j$				105,4		122,6		136,9		73,8		60,6	$\bar{X} = 98,2$	

temperáltuk 4 óra hosszat. Ez alatt a minták felmelegedtek a vízfürdő hőfokára.

2.5. Mérési módszer

A simára egyengetett felületű anyagot tartalmazó edénykéket vízfürdővel együtt a penetrométer edénytartó részére helyeztük. A mintát borító vízréteg magassága 10 mm-rel nagyobb az edényke magasságánál. A kúpot óvatosan az anyag felületére engedjük le úgy, hogy a felülettel éppen csak érintkezzék. Ezután a fogazott rudat érintkezésbe hoztuk a vezetőrúddal, és a körlap 0 pontját a mutatóhoz állítottuk, majd az indítógomb segítségével 5 másodpercen át engedjük a kúpot az anyagba behatolni. A fogazott rudat ismét érintkezésbe hoztuk a vezetőrúddal, amellyel együtt a mutató is elmozdult, és a körlapon leolvastuk az elmozdulás értékét tized mm-ekben. A mérések eredményeit a II. táblázat tartalmazza. (Lásd a mellékletet.)

3. Az eredmények értékelése.

3.1. Hogy a célkitűzésben felvetett kérdésre választ adhassunk, megfelelő matematikai rendszer segítségével kell az adathalmazt áttekintenünk. Jelen esetben erre az áttekintésre a legalkalmasabbnak a szórásелемzés (analysis of variance, Streuungszerlegung) (6,7) mutatkozik. Tekintettel arra, hogy ez a módszer könnyen kezelhető és megbízható értékelést ad, valamint a hazai irodalom (8,9) ezzel a kérdéssel viszonylag keveset foglalkozik, célszerűnek tartjuk a számítás lépéseit is bemutatni.

3.2. Jelöljük a mérések eredményeit x_{index} -szel a megfelelő gyakoriságot n_{index} -szel ; jelöljük az adott mérési körülmények között végzett méréseket „k” indexszel, amelyik 1—u-ig halad ;

jelöljük meg az adott anyagon végzett méréseket (egy második) „j” indexszel, amelyik 1—v-ig halad ;

jelöljük meg azonos körülmények között, azonos anyagon végzett (párhuzamos) mérések mindegyikét (egy harmadik) „m” indexszel, amelyik 1—q-ig halad.

Az eredményeket és gyakoriságokat tehát a következő általános táblázatban foglalhatjuk össze (lásd a túloldali táblázatot) :

	1		.	j		.	v		
1	n_{111}	x_{111}	.	n_{1j1}	x_{1j1}	.	n_{1v1}	x_{1v1}	
	.	.	.	.	.	.	.	.	
	n_{11m}	x_{11m}	.	n_{1jm}	x_{1jm}	.	n_{1vm}	x_{1vm}	
	.	.	.	.	.	.	.	.	
	n_{11q}	x_{11q}	.	n_{1jq}	x_{1jq}	.	n_{1vq}	x_{1vq}	n_1 $\bar{x}_1$
.	.	.	.	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	.	.	.	
k	n_{k11}	x_{k11}	.	n_{kj1}	x_{kj1}	.	n_{kv1}	x_{kv1}	
	.	.	.	.	.	.	.	.	
	n_{k1m}	x_{k1m}	.	n_{kjm}	x_{kjm}	.	$n_{kv m}$	$x_{kv m}$	
	.	.	.	.	.	.	.	.	
	n_{k1q}	x_{k1q}	.	$n_{kj q}$	$x_{kj q}$	.	$n_{kv q}$	$x_{kv q}$	n_k $\bar{x}_k$
.	.	.	.	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	.	.	.	
u	n_{u11}	x_{u11}	.	n_{uj1}	x_{uj1}	.	n_{uv1}	x_{uv1}	
	.	.	.	.	.	.	.	.	
	n_{u1m}	x_{u1m}	.	n_{ujm}	x_{ujm}	.	$n_{uv m}$	$x_{uv m}$	
	.	.	.	.	.	.	.	.	
	n_{u1q}	x_{u1q}	.	$n_{uj q}$	$x_{uj q}$	.	$n_{uv q}$	$x_{uv q}$	n_u $\bar{x}_u$
.	n_1	$\bar{x}_1$		n_j	$\bar{x}_j$		n_v	$\bar{x}_v$	n $\bar{x}$

A táblázat felépítéséből következik, hogy az u és a v állandó. A q azonban csoportról csoportra változik (más-más számú, egymástól eltérő párhuzamos eredményt nyertünk a mérések folyamán), tehát tulajdonképpen q_{kj} -el kellene jelölnünk, mivel azonban az értékelhetőséget nem zavarja, a táblázatba index nélkül írtuk be a q-t.

$$n_{kj} = \sum_{m=1}^{m=q_{kj}} n_{kjm};$$

$$\bar{x}_{kj} = \frac{1}{n_{kj}} \sum_{m=1}^{m=q_{kj}} x_{kjm}$$

$$n_k = \sum_{j=1}^{j=v} n_{kj};$$

$$\bar{x}_k = \frac{1}{n_k} \sum_{j=1}^{j=v} n_{kj} \cdot \bar{x}_{kj}$$

$$n_j = \sum_{k=1}^{k=u} n_{kj};$$

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^{k=u} n_{kj} \bar{x}_{kj}$$

$$n = \sum_{k=1}^{k=u} n_k = \sum_{j=1}^{j=v} n_j;$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{k=u} n_k \bar{x}_k = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{j=v} n_j \bar{x}_j$$

A szórásелеlemzés lényege, mint tudjuk az, hogy az összes mérési eredményekből képezett számtani közép és az egyes mérések közötti eltérések négyzeteinek összegét részekre tagoljuk.

A levezetések mellőzésével (7) a következő tagolást kaphatjuk :

$$\sum_{\substack{k=u \\ j=v \\ m=qkj}}^{k=u} (x_{kjm} - \bar{x})^2 = \sum_{k=1}^{k=u} n_k (\bar{x}_k - \bar{x})^2 + \sum_{j=1}^{j=v} n_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2 + M + \\ + \sum_{\substack{k=u \\ j=v \\ m=qkj}}^{k=u} (x_{kjm} - \bar{x}_{kj})^2$$

ahol a jobboldali összeg első tagja mutatja, hogy az egyes mérési körülmények megváltoztatása mennyire változtatja meg a penetráció értékét.

A második tag azt mutatja, hogy az általunk vizsgált anyagok penetrációja mennyire különbözik egymástól.

A harmadik tag azt mutatja, hogy a mérési körülmények megváltozása a penetrációt mindegyik anyagnál azonos értékkel (a harmadik tag 0, illetve kicsi szám), vagy más-más értékkel (a harmadik tag nagy) változtatja meg. (A kölcsönhatást jelzi.)

A negyedik tag a mérések véletlen ingadozásainak mértékéül szolgál.

A célkitűzésben felvetett kérdés tehát a következőképpen alakul :

Az anyagok közti különbség lényegesen nagyobb-e, mint a mérések véletlen ingadozásából és a kölcsönhatásból együttesen eredő különbség. A módszer segítségével közvetlenül választ kaphatunk arra is, hogy a mérési körülmények gyakorolnak-e lényeges befolyást az eredményekre (a körülmények okozta különbség lényegesen nagyobb-e, mint a mérések véletlen ingadozása, illetve az ingadozás és kölcsönhatás együttes befolyása), a kölcsönhatás bizonyított-e (a kölcsönhatás okozta különbség lényegesen nagyobb-e, mint a mérések véletlen hibájából eredő különbség).

A felsorolt négyzetösszegeket szórássá (variance, Streuung) kell átalakítanunk, és a szórások viszonyából tudjuk a statisztikus táblázatokból kikeresett értékkel összehasonlítva megállapítani, hogy a viszonyba állított szórások lényegesen eltérőek-e.

$$\text{Szórás} = \frac{\text{négyzetösszeg}}{\text{szabadsági fok}}$$

Az alábbi táblázatban összeállítottuk az egyes négyzetösszegekhez tartozó szabadsági fokokat és szórásokat.

IV. táblázat

Négyzetösszeg	Szabadsági fok	Szórás
$k = u$ $\sum_{k=1} n_k (\bar{x}_k - \bar{x})^2 = 845227,4$	$u - 1 = 7$	120746,8
$j = v$ $\sum_{j=1} n_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2 = 263457,8$	$v - 1 = 4$	65864,4
$M = 111\,218,3$	$(u - 1)(v - 1) = 28$	3971,3
$k = u$ $j = v$ $m = q_{kj}$ $\sum_{k=1} \sum_{j=1} (x_{kjm} - \bar{x}_{kj})^2 = 7901,5$ $k = 1$ $j = 1$ $m = 1$	$k = u$ $j = v$ $\sum_{k=1} \sum_{j=1} (n_{kj} - 1) =$ $= n - uv = 296$	26,6
$k = u$ $j = v$ $m = q_{kj}$ $\sum_{k=1} \sum_{j=1} (x_{kjm} - \bar{x})^2 = 1,227805,0$ $k = 1$ $j = 1$ $m = 1$	$n - 1 = 335$	—

Képezzük a harmadik és negyedik sor egyesített szórását:

V. táblázat

Érték	Szabadsági fok	Szórás
111 218,3	28	—
7 901,5	296	—
119 119,8	324	367,6

A táblázatokban vagy a lényegesen különböző szórások viszonyát $\left(F = \frac{\text{szórás}_1}{\text{szórás}_2}\right)$, vagy annak fél logaritmusát

$$\left(z = \frac{1}{2} \lg \frac{\text{szórás}_1}{\text{szórás}_2}\right) \text{ találhatjuk meg.}$$

Az anyagok különbségét mutató szórás és a kölcsönhatást és véletlen ingadozást magában foglaló szórás viszonya:

$$F = \frac{65\,864,4}{367,6} = 179$$

$$F_{P=0,001} = 4,8$$

$$\text{ha } szf_1 = 4$$

$$szf_2 = 324$$

Az eredmények azt mutatják, hogy az általunk vizsgált zsíradékok közül legalább kettő penetrációjában az egyes mérések véletlen ingadozásából és a kölcsönhatás okozta ingadozásból képezett egyesített szórást jóval felülmúló különbség van.

Hogy melyik ez a pár azt a t-próbával dönthetjük el.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}}$$

$$\text{ahol } s = \sqrt{367,6} = 19,2$$

$\bar{x}_1$ az egyik mérési sorozat (függőleges oszlop) eredményeinek középértéke. $\bar{x}_2$ a másik mérési sorozat (függőleges oszlop) eredményeinek középértéke.

n_1 az egyik oszlopban levő mérések száma, n_2 a másik oszlopban levő mérések száma.

Ha az így nyert t-érték nagyobb, mint az $(n_1 + n_2 - 2)$ szabadsági fokhoz tartozó t-érték, úgy az illető párnál az eredmények közti különbség lényeges, és nem lehet a mérés véletlen hibájának és a kölcsönhatásnak együttes eredménye.

$$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 > t' \cdot s \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}$$

ahol t' a táblázatban a kívánt szignifikanciánál és a fentemlített szabadsági foknál található t-érték.

Hogy ne kelljen anyagpáronként kikeresni a szabadsági fokokhoz tartozó t-értékeket, valamint kiszámítani külön-külön a

$\sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}$ értékeket, mindkettőnek jelen körülmények között a

maximális értékét vesszük figyelembe. Ezek szerint,

$$\left| \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}} \right|_{\max} = 0,174$$

$$(t_{P=0,001})_{\max} = 3,4, \text{ tehát}$$

$$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 > 11,4$$

Ez az egyenlőtlenség az összes anyagpároknál teljesül, bár összetételben eléggé eltérő zsiradékokat válogattunk össze. Hasonlóan lényeges különbség adódik a körülmények befolyásának vizsgálatánál

$$F = \frac{120\,746,8}{367,6} = 328$$

$$F_{P=0,001} = 3,6 \quad \text{ha } szf_1 = 7 \quad szf_2 = 324$$

A várakozásnak megfelelően a körülmények valamelyike hatást gyakorol a penetrációra. Hogy ez a hőfok, a kúpsúly, a kúphajlásszög-e azt a következő cikkünk anyagával kapcsolatban vizsgáljuk meg.

Figyelemreméltó, és bizonyos mértékig a konzisztencia összetettségéből ered, hogy a körülmények megváltozása lényegesen eltérő változást okoz a penetrációban az egyes zsiroknál (pl. a hőfoknak 7,1 C°-kal való emelése a sertézsírnál 44,3-mal, a vajnál 173,9-cel növelte a penetráció értékét, mivel a hőfok megközelítette a vaj lágyulási hőfokát).

$$F = \frac{3971,3}{26,6} = 145$$

$$F_{P=0,001} = 2,3 \quad \text{ha } szf_1 = 28 \quad szf_2 = 296$$

A kölcsönhatás mibenlétét a következő cikkben kívánjuk részletezni.

Az elmondottak alapján indokolt, hogy az ezzel a módszerrel nyert penetrációnak fizikai értelmét vizsgálat alá vesszük.

Végül nem mulaszthatjuk el, hogy köszönetet mondjunk Dr. Telegdy Kováts László professzor úrnak értékes segítségével.

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat a penetrométer illetve penetráció használhatóságának módszeres vizsgálatával kapcsolatban különböző zsírfajták különböző körülmények közötti penetrációjának mérési eredményeiből levonható matematikai következtetéseket ismerteti. A mérési eredményeket szórásелемzésnek veti alá, megállapítja, hogy

a vizsgált zsiradékok penetrációértékében lényeges különbség van, és az ezen különbséget mutató szórás jóval nagyobb, mint az egyes mérések véletlen ingadozásából és a kölcsönhatás okozta ingadozásból képezett együttes szórás,

a szórásелемzés közvetlenül kimutatja, hogy — mint az várható — a mérési körülmények (hőfok, kúphajlásszög, kúpsúly) lényeges befolyást gyakorolnak a penetrációra.

A körülmények változtatása lényegesen eltérő változásokat okoz az egyes zsírfajták penetrációjában s a mutatózó kölcsönhatás vizsgálata a fizikai kapcsolatok felderítésében segítséget nyújt.

КОНЗИСТЕНЦИОННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ПЕНЕТРОМЕТРОМ

А-не Райки и Л-не Ярмай

В статье авторы излагают математические выводы сделаемые из результатов измерения пенетрации разных жиров в разных условиях в связи систематических исследованиях для определения применимости пенетрометра. Авторы подвергают анализу расхождения полученных результатов и устанавливают следующее:

Между пенетрациях разных исследованных жиров имеется существенная разница, эта разница больше чем расхождения отдельных измерений вследствие случайных колебаний и взаимодействий.

Анализ расхождений непосредственно показывает — как это ожидажно — что условия измерения (температура, угол наклона конуса, нагрузка конуса и т. д.) оказывают существенное влияние на пенетрацию.

Изменение условий причиняет существенно различающие изменения у пенетрации разных жиров; исследование обнаруживаемых взаимодействий поможет выяснению физических отношений.

KONSISTENZMESSUNG MIT DEM PENETROMETER I.

Frau A. Rajky und Frau. L. Jármai

In der Arbeit werden diejenigen mathematischen Folgerungen besprochen welche bei der methodischen Untersuchung der Anwendbarkeit des Penetrometers, bzw. der Penetration aus den Messungsergebnissen der Penetration für verschiedene Fettarten unter verschiedenen Versuchsbedingungen gezogen werden können. Die Messungsergebnisse werden der Streuungsanalyse unterworfen. Es wird festgestellt, dass die Penetrationswerte der geprüften Fette erhebliche Unterschiede aufweisen und dass die diese Unterschiede anzeigende Streuung viel grösser ist, als die infolge der zufälligen Schwankung einzelner Messungen und der Wechselwirkung hervorgehende Gesamtstreuung. Die Streuungsanalyse lässt unmittelbar erkennen, dass — wie denn auch zu erwarten war — die Messungsbedingungen (Temperatur, Kegelneigungswinkel, Kegelgewicht) die Penetration erheblich beeinflussen. Eine Änderung der Versuchsbedingungen hat wesentliche Veränderungen in der Penetration der einzelnen Fettarten zur Folge und die Prüfung der dabei entstehenden Wechselwirkung kann bei der Erkennung der physikalischen Beziehungen gut verwertet werden.

MEASUREMENT OF CONSISTENCY WITH PENETROMETER I.

Mrs A. Rajky and Mrs L. Jármai

The paper describes mathematical conclusions, drawn from results of investigations with penetrometer on different greases, with changing conditions of measurement. The results of investigations are submitted to dispersion analysis; it has been established, that in values of penetration of the greases investigated, there are essential differences and the dispersion of these differences is greater, than the total dispersion, consisting of the actual fluctuation of the measurement and of the fluctuation due to reciprocity. The dispersion analysis shows directly, that the conditions of measurement (temperature, the angle of inclination of the cone, weight of the cone) essentially influence the penetration. The modification of the conditions causes divergent changes in the penetration of the different greases, and the investigation of the reciprocity aids to disclose the nature of the physical relation of greases.

LE MESURAGE DE LA CONSISTANCE PAR LE PÉNÉTROMETRE I.

Mme A. Rajky et Mme L. Jármai

Le rapport rends compte des conclusions mathématiques, auxquelles on peut arriver par les résultats reçus avec le pénétromètre, mesurant les types différentes de graisses sous différentes conditions, ou bien l'utilité du pénétromètre. Les résultats ont été soumis à l'analyse de dispersion; on a constaté, que dans les valeurs de la pénétration des graisses on trouve des différences essentielles et la dispersion de cette différence est beaucoup plus grande, que la dispersion donné par la fluctuation accidentelle et par la fluctuation de l'action réciproque. L'analyse de dispersion montre directement, que les conditions du mesurage (température, l'angle d'inclinaison du cône, le poids du cône) influencent essentiellement la pénétration. La modification des conditions cause dans la pénétration des graisses différentes des changements divergents et l'investigation de cette action réciproque aide à éclaircir la relation physique entre les graisses.

IRODALOM

- (1) *Buzágh, A.*: Kolloidika I. (Budapest 1946).
- (2) *Scott Blair, G. W.*: Foodstuffs their Plasticity, Fluidity and Consistency (Amsterdam 1953).
- (3) *Mohr W. és Wellm J.*: Die Milchwissenschaft 3.234 (1948).
- (4) *Kulman A. G.*: Kolloidi v. Hlebopecsenyiji (Moszkva 1953).
- (5) *Zerbe C.*: Mineralöle und verwandte Produkte (Berlin 1952).
- (6) *Fisher R. A.*: Statistical methods for research workers, (London 1950)
- (7) *Linder A.*: Statistische Methoden (Basel 1951).
- (8) *Telegdy-Kováts L.*: Kémikusok Lapja, 7. 6. (1941).
- (9) *Zukál E.*: Élelmezési Ipar 7. 209. (1955).