

Minőségsszabályozási rendszerek kiterjesztése pellet alapanyagokra

Extension of the quality control systems to the raw materials of pellets

KONRÁD Krisztina¹, Dr. NÉMETH Gábor², Dr. VIHAROS Zsolt János^{3,4}

¹ Pannon Egyetem Mérnöki Kar, Mechatronikai Képzési és Kutatási Intézet,
8900 Zalaegerszeg, Gasparich u. 18/A. F. ép.
krisztina.konrad@mk.uni-pannon.hu

² Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Faipari Gépészeti Intézet,
9400 Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4.
nemeth.gabor@nyme.hu

³ Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézete (MTA SZTAKI),
1111 Budapest, Kende u. 13-17.

⁴ Kecskeméti, Pallasz Athéné Egyetem, 6000 Kecskemét, Izsáki u. 10.
viharos.zsolt@sztaki.mta.hu

Abstract

The quality control of pellets may relate to raw materials, production, activities between the production and the product arriving at the consumers, as well as the usage of the product. Quality control tools are different in terms of areas that are covered, but it is somewhat typical that they regulate only the origin of raw materials, but not its quality. In case of pellets, the quality of the raw material is a crucial point. Pelletability and combustion properties of solid biogenic raw materials are partly determined by their molecular structure and elemental composition. One of the conditions of the entire production process controllable are the knowledge of these parameters. In the future, non-wood pellets, for example agripellets, will receive greater emphasis. The composition of herbaceous raw-material agripellets exhibits a much greater variation than wood-based materials, so in this field, the control of production, sales and usage that is based on the classification of raw materials specified according to a prescribed standard can become particularly important.

Összefoglaló

A pelletekkel kapcsolatos minőségsszabályozási szabványok az alapanyagokra, a termék előállításra, a termék előállítása és fogyasztóhoz juttatása közötti tevékenységekre, valamint a termék felhasználására terjedhetnek ki. A minőségsszabályozó eszközök eltérést mutatnak azzal kapcsolatban, hogy az említett területek közül melyeket, milyen mértékben fedik le, az viszont valamennyire jellemző, hogy az alapanyagoknak csak az eredetét, míg a minőségét nem szabályozzák. Pelletek esetén az alapanyagok minősége sarkalatos pont. A szilárd biogén alapanyagok pelletálhatósági és tüzeléstechnikai tulajdonságait részben a molekuláris szerkezet, illetve az elemi összetétel határozza meg. Ezen paraméterek ismerete, a teljes gyártási folyamatot szabályozhatóságának egyik feltételét jelenti. A jövőben a faalapú pelletek mellett egyre nagyobb hangsúlyt kaphatnak a nem faalapú, pl. agripelletek. Az agripelletek lágyszárú alapanyagainál az összetétele sokkal nagyobb ingadozást mutat, mint a faalapú anyagoknál, így ezeknél alapanyag minősítésén alapuló gyártás-, értékesítés-, és felhasználás szabályozás hatványozottan fontos szerepet kaphat.

Kulcsszavak

pellet, agripellet, minőségsszabályozás, biomassa, energetika, alapanyagok

1. TŰZIPELLETEK

A tüzipelletek hengeres alakú, 6-8 mm átmérőjű energetikai préselvények. Kitűnnek a biomassza alapú tüzelőanyagok közül, hiszen energiasűrűségük, tüzeléstechnikai szabályozhatóságuk messze meghaladják társaikét [1] [2]. Csoportosításuk során jellemzően két kategóriába sorolhatóak:

- fapelletek, melyek alapanyag dendromassza,
- és agripelletek, melyek alapanyag fás és lágyszárú biomassza egyaránt lehet.

Egyéb tényezők mellett, kedvező tüzeléstechnikai tulajdonságok egyértelműen hozzájárulnak a pellet-felhasználás folyamatos növekedéséhez [3]. Ezt mutatja az előállított fapellet mennyiségének drasztikus növekedése is, mely szerint 2000 és 2015 között tizenötszörösére növekedett az előállított faalapú pelletek mennyisége a világon [4] [5].

2. PELLET TERMÉKCIKLUS MINŐSÉGSZABÁLYOZÁSA

A piaci bővülés szükségessé tette a nemzeti szabályozás szintjéről az európai és a nemzetközi szabályozás szintjére emelni a pelleték minőségszabályozó eszközeit [6]. A minőség egyértelműen központi kérdés – különösen a dinamikusan fejlődő lakossági felhasználás piacán, hiszen ez elengedhetetlen a megbízható és gazdaságos felhasználáshoz. A pelleték gyártási és minősítési metódusainak szabványosítása, a releváns fogalmak, eljárások, mérések, stb. egységesítése javarészt megtörtént, de a rendelkezésre álló minőségszabályozó eszközök a pellet termékciklus teljes folyamatát már nem fedik le, annak csupán részterületeit szabályozzák (1. táblázat). Jellemzően valamennyi eszköz hatóköre kiterjed az alapanyagok eredetére, a termékek előállításra és a késztermékek minőségére, de az alapanyagok minősítését már nem foglalják magukba.

1. táblázat
Minőségszabályozó eszközök hatókörei

Szabvány	Alapanyag		Termék	Kereskedelem		Felhasználás
	Minőség	Eredet	Előállítás	Minőség	Szállítás	
Hatókör						
ENplus 3.0:2015		✓	✓	✓	✓	✓
ISO 17225:2014		✓	✓	✓		
EN 14961:2010		✓	✓	✓		
Nemzeti szabványok				✓		

2.1. Termék minőségi paraméterek

A pelleték minőségét különböző energetikai és egyéb jellemzőkkel lehet meghatározni [7]. A késztermék minősítése során jellemzően az alábbi paraméterekre (2. táblázat) írnak elő határértéket a különböző standardok.

2. táblázat
Késztermék minősítési paraméterek és az azokat befolyásoló tényezők

Paraméter	Alapanyag	Gyártási módszer
Nedvességtartalom [w%]	✓	✓
Fűtőérték [MJ/kg]	✓	✓
Illóanyag- és hamutartalom [w%]	✓	
Elemi összetétel [w%]	✓	
Hamuolvadáspont [°C]	✓	
Méret- és fizikai jellemzők [mm]		✓
Szilárdsági jellemzők és finomhányad [w%]		✓
Térfogatsűrűség [kg/m ³]		✓

Ezen paraméterek egy részének teljesülését egyedül az alapanyag előkészítés és a gyártási folyamat határozza meg. Vannak olyan paraméterek, amelyeket kizárólag az alapanyagok minősége, és vannak olyanok melyeket az alapanyag minősége és a gyártási metódus együttesen határoznak meg. Vagyis vannak olyan minőségi paraméterek, melyek teljesülése az alapanyag minősítésével egyértelműen előre definiálható.

2.2. Alapanyag összetétel elemei

A biomassza alapanyagok kémiai összetételének ismerete nagy jelentőséggel bír, meghatározza az anyag pelletálhatósági és tüzeléstechnikai tulajdonságait. Különbséget szükséges tenni a molekuláris szerkezet és az elemi összetétel között. Előbbiből a szükséges nyersanyagkezelésre, utóbbiból a termikus bomlási folyamatokra lehet következtetni [8].

A különböző biomassza alapanyagok szárazanyag tartalmának csaknem egészét három fő komponens, a szén (C), az oxigén (O), és a hidrogén (H) alkotja. A szén és az oxigén együttesen körülbelül 90%-át, és a hidrogén körülbelül 6%-át adja a teljes szárazanyag tartalomnak. Ez a három fő komponens a növényi anyagok valamennyi szerves vegyületében megtalálhatók, ezek alkotják a vázanyagokat: a cellulózt, a hemicellulózt, a lignint, és az extrakt anyagok jelentős hányadában is jelen vannak. A fennmaradó szárazanyag hányad egyéb növényi tápanyagok például a mikro és makro elemek tárolását szolgálja.

3. táblázat

Különböző kezeletlen biomassza anyagok és a szén energiatartalma és elemkoncentrációja [9]

Növény	Fűtőérték MJ/kg-ban	Hamutartam %-ban	Illékony vegyületek %-ban	szárazanyagra vetítve, %-ban										
				C	H	O	N	K	Ca	Mg	P	S	Cl	
Bükkfa (kéreggel)	18,4	0,5	84,0	47,9	6,2	45,2	0,22	0,15	0,29	0,04	0,04	0,015	0,006	
Fűzfa (rövid vágásfordulójú)	18,4	2,0	80,3	47,1	6,1	44,3	0,54	0,26	0,68	0,05	0,09	0,045	0,004	
Lucfenyő (kéreggel)	18,8	0,6	82,9	49,8	6,3	43,2	0,13	0,13	0,70	0,08	0,03	0,015	0,005	
Nyárfa (rövid vágásfordulójú)	18,5	1,8	81,2	47,5	6,2	44,1	0,42	0,35	0,51	0,05	0,10	0,031	0,004	
Kéreg (puhafa)	19,2	3,8	77,2	51,4	5,7	38,7	0,48	0,24	1,27	0,14	0,05	0,085	0,019	
Árpauszalma	17,5	4,8	77,3	47,5	5,8	41,4	0,46	1,38	0,49	0,07	0,21	0,089	0,40	
Búza (teljes növény)	17,1	4,1	77,6	45,2	6,4	42,9	1,41	0,71	0,21	0,12	0,24	0,12	0,09	
Búzamag	17,0	2,7	80,0	43,6	6,5	44,9	2,28	0,46	0,05	0,13	0,39	0,12	0,04	
Búzaszalma	17,2	5,7	77,0	45,6	5,8	42,4	0,48	1,01	0,31	0,10	0,10	0,082	0,19	
Cukornádszár (kipréselve)	8,0	4,0	80,0	45,0	6,0	35,0	0,00					0,00		
Kenderszár	17,0	4,8	81,4	46,1	5,9	42,5	0,74	1,54	1,34	0,20	0,25	0,10	0,20	
Kínai-nád	17,6	3,9	77,6	47,5	6,2	41,7	0,73	0,72	0,16	0,06	0,07	0,15	0,22	
Kukoricaszár	17,7	6,7	76,8	45,7	5,3	41,7	0,65					0,12	0,35	
Napraforgószár	15,8	12,2	72,7	42,5	5,1	39,1	1,11	5,00	1,90	0,21	0,20	0,15	0,81	
Repcemag	26,5	4,6	85,2	60,5	7,2	23,8	3,94					0,10		
Repceszalma	17,1	6,2	75,8	47,1	5,9	40,0	0,84	0,79	1,70	0,22	0,13	0,27	0,47	
Rizshéj	14,0	19,0												
Rizsszalma	12,0	4,4												
Rozs (teljes növény)	17,7	4,2	79,1	48,0	5,8	40,9	1,14	1,11		0,07	0,28	0,11	0,34	
Rozsmag	17,1	2,0	80,9	45,7	6,4	44,0	1,91	0,66		0,17	0,49	0,11	0,16	
Rozsszalma	17,4	4,8	76,4	46,6	6,0	42,1	0,55	1,68	0,36	0,06	0,15	0,085	0,40	
Szalma (vegyes)	17,4	5,7	75,4	45,5	6,1	41,5	1,14	1,49	0,50	0,16	0,19	0,16	0,31	
Tritikálé (teljes növény)	17,0	4,4	78,2	44,0	6,0	44,6	1,08	0,90	0,19	0,09	0,22	0,18	0,14	
Tritikálé mag	16,9	2,1	81,0	43,5	6,4	46,4	1,68	0,62	0,06	0,10	0,35	0,11	0,07	
Tritikálé szalma	17,1	5,9	75,2	43,9	5,9	43,8	0,42	1,05	0,31	0,05	0,08	0,056	0,27	
Vesszős köles														
Út menti zöldhulladék	14,1	23,1	61,7	37,1	5,1	33,2	1,49	1,30	2,38	0,63	0,19	0,19	0,88	
Kőszén	29,7	8,3	34,7	72,5	5,6	11,1	1,30					0,94	<0,13	
Barnaszén	20,6	5,1	52,1	65,9	4,9	23,0	0,70					0,39	<0,1	

A szerves vegyületek összetételének aránya a nyersanyagként szolgáló különböző növényekben, továbbá egy adott növény különböző részeiben is, jelentős eltérést mutathat. Az összetétel alakulása kapcsolatban áll azzal is, hogy milyen a növény termőhelye, illetve milyen vegetációs szakaszban van az adott növény.

Az alapanyagban nagy tömegarányban jelenlévő cellulóz, hemicellulóz és lignin határozza meg leginkább az anyag széntartalmát, vagyis következtetni enged az elkészült pellet fűtőértékére. A cellulóz és a hemicellulóz molekulák vízmegkötő és vízleadó képessége befolyásolja a szárítási/gyártási jellemzőket, pl. az anyag szárítási energia szükségletét. A lignin természetes kötőanyagként a késztermék mechanikai szilárdságra gyakorol hatást.

A kis tömegszázalékban előforduló extrakt anyagok is nagy hatással bírnak. Fő tulajdonságként felelnek a hamutartalomért, és a hamuolvadáspontért, amely a felhasználás legfőbb kulcstényezője. Befolyásolják a mechanikai és szilárdsági tulajdonságokat, természetes kenőanyagként viselkedve csökkenthetik a gyártásnál szükséges préselési erő szükségletét, vagy éppen csökkenthetik a pelletálhatósági tulajdonságokat (pl. kötések kialakulása, törési tulajdonságok, alaktartás) is.

3. ALAPANYAG MÉRÉSI ELJÁRÁSOK

A pelletek gyártása során alapanyagul szolgáló szilárd biogén anyagok molekuláris szerkezetének, illetve az elemi összetételének ismerete információt adhat, a teljes gyártási folyamatot és a felhasználást is magába foglaló szabályozáshoz. Szerepet játszhat a gyártási receptúrák egyszerűbb, gazdaságosabb kialakításában is, így lehetővé teszi a gyártási-, és felhasználási minőségigadozás alacsony szinten tartását [10], változó paraméterű alapanyagok felhasználása mellett is. Ennek súlya az alacsonyabb minőségi kategóriába tartozó fapelletek (kérges, tuskót, gyökérzetet, fakitermelési-, fafeldolgozási maradékokat, esetleg használt faanyagokat tartalmazó pellet), és az agripelletek gyártása esetén érezhető igazán [11].

A pelletek minősítése során jellemzően olyan paramétereket kell vizsgálni, amelyek a molekuláris és a szerkezeti összetételéből előre definiálhatók (4. táblázat).

4. táblázat
Fapelletek minőségi követelményei és vizsgálati eljárásai az ENplus rendszer szerint

Paraméter	Mértékegység	ENplus A1	ENplus A2	Enplus B	Vizsgálati eljárások
Átmérő	mm	6 ± 1 vagy 8 ± 1			ISO 17829
Hossz	mm	3,15 < x < 40			ISO 17829
Nevelesség tartalom	w%	≤ 10			ISO 18134
Hamutartam	w%	≤ 0,7	≤ 1,2	≤ 2,0	ISO 18133
Mechanikai tartósság	w%	≥ 98,0	≥ 97,5		ISO 17831-1
Finomhányad (<3,15mm)	w%	≤ 1,0 (a végfelhasználónál mérve) ≤ 0,5 (a szállítási folyamat megkezdésekor mérve)			ISO 1884
Pellet hőmérséklet	°C	≤ 40 (a végfelhasználóhoz történő szállítás megkezdésekor mérve)			
Fűtőérték	kWh/kg	≥ 4,6			ISO 18125
Sűrűség	kg/m ³	600 ≤ x ≤ 750			ISO 17828
Adalékanyagok	w%	≤ 2			
Nitrogén	w%	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1,0	ISO 16948
Kén	w%	≤ 0,04	≤ 0,05		ISO 16994
Klór	w%	≤ 0,02	≤ 0,03		ISO 16994
Hamuolvadási pont	°C	≥ 1200	≥ 1100		CEN/TC 15370 - 1
Arzén	mg/kg	≤ 1			ISO 16968
Kadmium	mg/kg	≤ 0,5			ISO 16968
Króm	mg/kg	≤ 10			ISO 16968
Réz	mg/kg	≤ 10			ISO 16968
Ólom	mg/kg	≤ 10			ISO 16968
Higany	mg/kg	≤ 0,1			ISO 16968
Nikkel	mg/kg	≤ 10			ISO 16968
Cink	mg/kg	≤ 100			ISO 16968

A biomassza anyagok minősítésére rendelkezésre állnak olyan szabványosított analitikai eljárások, melyek az alapanyag minősítésére is alkalmasak, de ezeknek az eljárásoknak a pelletgyártásban és forgalmazásban történő megfeleltetése és adaptálása számos kérdést vet fel. Ezen mérési eljárások jellemzően meglehetősen bonyolultak, összetettek, eszköz- és időigényük nagy (5. táblázat). Rendszerint az eljárásokhoz szükséges minta előkészítési ideje magas, és kevés azon eljárások száma, amelynek végrehajtására rendelkezésre áll teljesen automatizált eljárás.

5. táblázat
Alkalmazható analitikai eljárások értékelése bonyolultság, eszköz- és időigény alapján (saját kiértékelés alapján)

Vizsgálat	Eljárás bonyolultsága [1-10]	Eszköz-igény [1-10]	Időigény [1-10]	Mutatószám
Cellulóz tartalom meghatározás (Gross-Berau eljárás)	6	6	8	288
Cellulóz tartalom meghatározás (Kürschner-Hoffer féle eljárás)	3	4	4	48
Cellulóz tartalom meghatározás (Normann-Jenkins-féle módszer)	7	6	7	294
Cellulóz tartalom meghatározás (Wise-féle eljárás)	7	7	7	343
Extrakt anyag tartalom meghatározás (Forró vízben oldható rész)	1	4	4	16
Extrakt anyag tartalom meghatározás (Hideg vízben oldható rész)	1	4	8	32
Extrakt anyag tartalom meghatározás (Vízben oldható és etanolban oldható)	10	8	10	800
Hamutartalom mérés	5	8	5	200
Holocellulóz tartalom meghatározás (Klórozásos módszer)	7	6	6	252
Holocellulóz tartalom meghatározás (Wise-féle eljárás)	7	5	6	210
Nedvességtartalom meghatározása (Desztillációs módszer)	2	3	2	12
Nedvességtartalom meghatározása (Elektromos tulajdonság alapján)	1	2	1	2
Nedvességtartalom meghatározása (Szárításos módszer)	2	4	3	24
Strukturális szénhidrátok (cellulóz, hemicellulóz) és lignin tartam meghatározás	9	10	8	720
Száranyagtartam meghatározás (Nedvességtartalom meghatározása)	3	6	5	90

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A folyamatosan növekvő kereslet, folyamatos termelésnövekedést eredményez a pellet piacán. Ez a növekedés új alapanyagok behozatalát teszi szükségessé a gyártásba, melyek lehetnek többek között alacsonyabb minőségű faanyagok (kéreg, tuskó, gyökérzet, fakitermelési-, fáfeldolgozási maradékok, másod felhasználású faanyagok), vagy mezőgazdasági eredetű anyagok is. Ezeknél az alapanyagoknál a molekuláris szerkezet és az elemi összetétel – melyek prognosztizálhatják a pelletálhatósági és tüzeléstechnikai tulajdonságokat, nagyobb változékonyságot

mutatnak, mint a magas minőségű fa alapanyagoknál, ezért ezeknél az elkészült pelletek minősége az alapanyagok minősítése nélkül nem, vagy csak részben jelezhető előre.

A rendelkezésre álló minőségsszabályozó eszközök a pellet termékciklus részterületeit fedik le. A hatályos minőségsszabályozó eszközök az alapanyagok minőségét nem szabályozzák, vagyis ezek az eszközök nem alkalmasak az alapanyag minősítést is megábrá foglaló, teljes termékciklusra kiterjedő szabályozásra. Ugyan rendelkezésre állnak a biomassza alapanyagok, illetve a késztermék minősítésére szolgáló analitikai eljárások, melyek elviekben integrálhatóak a pellet termékciklusba, de a gyakorlati megvalósítás még számos kérdést felvet. További kutatásaink ezen hiányosságok kezelésére és e tudományos kihívás megválaszolására irányulnak.

5. IRODALOMJEGYZÉK

- [1]. **Fenyvesi L., Ferencz Á., Tóvári P.** *A tűzipellet.* Budapest : Cser kiadó, 2008. old.: 88.
- [2]. **Barótfi I.** *Környezettechnika.* Budapest : Mezőgazda Kiadó, 2003. ISBN 963923950.
- [3]. **REN 21.** *Renewables Global Status Report.* 2015. ISBN 978-3-9815934-6-4.
- [4]. **F. McDermott.** *The Outlook for Wood Pellets.* hely nélkül. : Hawkins Wright Ltd., 2015.
- [5]. **International Energy Agency.** *Key world energy statistics.* 2015.
- [6]. **I. Obernberger, G. Thek.** *The Pellet Handbook: The Production and Thermal Utilisation of Pellets.* Abingdon : Routledge, 2010.
- [7]. **Németh G.** Kisteljesítményű, faalapú pellet tüzelő berendezés környezeti hatásainak vizsgálata I. rész: A pelletek dimenzióinak, fizikai és mechanikai tulajdonságainak meghatározása. *Faipar.* 62 (2.), 2014.
- [8]. **S. Döring.** *Power from Pellets.* Berlin : Springer-Verlag, 2013. old.: 223.
- [9]. **M. Kaltschmitt, D. Thrän, KR. Smith;** *Renewable Energy from Biomass.* San Diego : Academic Press, 2003. Encyclopedia of Physical Science and Technology. kötet. Vol 14: 203-228.
- [10]. **Monostori L. és Viharos Zs.J.** Hybrid, AI- and simulation-supported optimisation of process chains and production plants. *CIRP Annals - Manufacturing Technology.* 2001., Volume 50. kötet, old.: 353-356.
- [11]. **Papp V., Marosvölgyi B.** A pellet mint megújuló energiahordozó előállítás, hasznosítása és energetikai értékelése. *Energiagazdálkodás.* 53 (2.), 2012.
- [12]. **MSZ EN 14961-1.** Szilárd bio-tüzelőanyagok. Tüzelőanyag-előírások és -osztályok. 1. rész: Általános követelmények. . : Magyar Szabványügyi Testület, 2010. old.: 53.
- [13]. **MSZ EN 14961-2.** Szilárd bio-tüzelőanyagok. Tüzelőanyag-előírások és -osztályok. 2. rész: Fapellet nem ipari felhasználásra. . : Magyar Szabványügyi Testület, 2010. old.: 14.
- [14]. **MSZ EN 14961-6.** Szilárd bio-tüzelőanyagok. Tüzelőanyag-előírások és -osztályok. 6. rész: Nem fából készült pelletek nem ipari használatra. . : Magyar Szabványügyi Testület, 2010. old.: 15.
- [15]. **MSZ EN ISO 17225-1 .** Szilárd bio-tüzelőanyagok. Tüzelőanyag-előírások és -osztályok. 1. rész: Általános követelmények. . : Magyar Szabványügyi Testület, 2014. old.: 61.
- [16]. **MSZ EN ISO 17225-2.** Szilárd bio-tüzelőanyagok. Tüzelőanyag-előírások és -osztályok. 2. rész: Fapelletek osztályozása. . : Magyar Szabványügyi Testület, 2014. old.: 14.
- [17]. **MSZ EN ISO 17225-6.** zilárd bio-tüzelőanyagok. Tüzelőanyag-előírások és -osztályok. 6. rész: Nem fából készült pelletek osztályozása. . : Magyar Szabványügyi Testület, 2014. old.: 12.
- [18]. **ENplus 3.0.** Quality Certification Scheme For Wood Pellets. . : European Pellet Council, 2015. old.: 100.