SZAKDOLGOZAT

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

Nagy

Brigitta

2024

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék

Élelmiszermérnök alapképzési szak

ÉLELMISZERIPARI MELLÉKTERMÉKEK FELHASZNÁLÁSÁVAL ELŐÁLLÍTOTT EVŐESZKÖZÖK MINŐSÉGI PARAMÉTEREINEK VIZSGÁLATA TÁROLÁS SORÁN

Belső konzulens:	Dr. Kaszab Tímea egyetemi adjunktus
Belső konzulens tanszéke:	Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék
Belső konzulens:	Laszlovszky Gábor PhD hallgató
Belső konzulens tanszéke:	Gyümölcs - és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék
Készítette:	**Nagy Brigitta**

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

Budapest

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések ... 2

2. Szakirodalmi áttekintés ... 4

2.1 A polimerek általános tulajdonságai ... 4

2.2 A polimerek jellemzése ... 4

2.3 A polimerek csoportosítása ... 5

2.4 Adalékok használata polimerek esetében ... 8

2.5 A tárolás hatása a polimerekre ... 11

2.6 Mezőgazdasági anyagok felhasználása töltőanyagként a polimerekben ... 13

2.6.1 Rizs ... 14

2.6.2 Búza ... 15

2.6.3 Kukorica ... 15

2.6.4 Köles ... 16

2.6.5 Gyümölcs ... 17

3. Anyagok és módszerek ... 19

3.1 Felhasznált anyagok ... 19

3.2 Mérési módszerek ... 19

4. Eredmények és értékelésük ... 22

4.1 A mért görbék kiértékelése ... 22

4.2 A törési görbék jellemzése ... 24

4.3 Meredekség ... 27

4.4 Maximális törési erő ... 30

4.5 Törési deformáció ... 32

4.6 Maximális törési erőhöz tartozó deformáció ... 35

4.7 ANOVA eredmények ... 38

5. Következtetések és javaslatok ... 43

6. Összefoglalás ... 44

7. Irodalomjegyzék ... 45

8. Ábrák és táblázatok jegyzéke ... 51

9. Mellékletek ... 54

Köszönetnyilvánítás ... 55

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

Rövidítések

Mintakódok

PLA	politejsav kés
PLAK	natív kukoricakeményítő tartalmú kés
PP	polipropilén kés
PS	polisztirol kés
TH	tojáshéj őrlemény tartalmú kés

Tárolási módok

FA	fagyasztás
NF	napfény
NK	nedves körülmény
NR	normál raktározás

Fizikai mennyiségek

A_1	a maximális erőig tartó görbe alatti terület
A_2	maximális erőtől a maximális deformációig tartó terület
D_{Fmax}	a deformáció értéke a maximális erő értékénél
$D_{törés}$	a deformáció értéke a törési pontban, ekkor válik ketté az anyag
F_{max}	maximális erő
H	számolt érték: "A_2/A_1" a két terület hányadosa
M	meredekség a maximális erő pontjában

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

1. Bevezetés és célkitűzések

A hagyományos, biológiailag nem lebomló polimerek használata jelentős negatív hatással van a környezetre, így a biológiailag lebomló polimerek nagy figyelmet vonzanak a fenntartható fejlődés, az újrahasznosítás, illetve a környezetvédelem iránti aktuális érdeklődésre.

Napjainkban a műanyagszennyezés az egyik legsúlyosabb környezeti problémává nőtte ki magát, amely különösen szembetűnő az egyszer használatos műanyag eszközök, köztük az evőeszközök területén. Az Európai Unió 2021-es szabályozása, amely betiltotta számos egyszer használatos műanyag termék forgalmazását, új fejezetet nyitott a környezetbarát alternatívák kutatásában (Internet 1). Ez a változás, azzal párosulva, hogy a fogyasztói társadalom környezettudatossága növekszik, hatalmas igényt teremtett az innovatív, fenntartható megoldások iránt.

A témaválasztásomat több jelentős tényező is indokolja. Az élelmiszeripari melléktermékek hasznosítása kettős előnyt kínál: miközben csökkenti a hulladéktermelést, értékes alapanyagot biztosít új termékek előállításához. Az élelmiszeripari melléktermékek felhasználásával készült biopolimer alapú eszközök fejlesztése így nem csak környezetvédelmi, hanem gazdasági szempontból is előnyös megoldást jelenthet. A biológiailag lebomló evőeszközök piaca dinamikusan növekszik, ugyanakkor meglepően kevés kutatás foglalkozik ezen termékek hosszú távú stabilitásával és használhatóságával. Az élelmiszeripari melléktermékek felhasználása emellett tökéletesen illeszkedik a körforgásos gazdaság elveihez, ami napjaink egyik legfontosabb gazdasági és környezetvédelmi törekvése.

Kutatásom során olyan innovatív megközelítést alkalmaztam, amely ötvözi a környezettudatos terméktervezés és az élelmiszeripari melléktermék hasznosítás szempontjait. A vizsgálat középpontjában öt különböző összetételű evőeszköz áll, köztük két, élelmiszeripari melléktermék felhasználásával készült bioplasztik változat: egy tojáshéj őrleményes és egy natív kukoricakeményítős keverék. Összehasonlítási alapként két hagyományos műanyag típust polipropilén és polisztirol, továbbá egy biológiai úton lebomló műanyagot, a politejsavat választottam.

A kutatás elsődleges célja az élelmiszeripari melléktermékek, vagyis a tojáshéj őrlemény és a natív kukoricakeményítő alkalmazhatóságának vizsgálata evőeszközök előállításában.

További cél a különböző összetételű evőeszközök stabilitásának összehasonlító elemzése eltérő tárolási körülmények között, valamint a környezeti tényezők, mint például a hőmérséklet, páratartalom és fény hatásának feltárása a termékek minőségi paramétereire nézve. A 18 hetes

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

vizsgálati periódus során négy eltérő tárolási körülményt alkalmaztam, melyek lefedik a termékek életciklusa során várható jelentősebb környezeti hatásokat: normál raktározási körülmények, napfény, nedves környezet és fagyasztás. Az időszakos mérések és megfigyelések lehetővé tették az eredmények átfogó, összehasonlító elemzését.

Vizsgáltam, hogy a különböző tárolási körülmények miként befolyásolják az evőeszközök fizikai és mechanikai tulajdonságait, illetve, hogy milyen mértékben versenyképesek a bioplasztik alapú evőeszközök a hagyományos műanyag alternatívákkal szemben a tartósság függvényében.

Fontos kérdés továbbá, hogy mely tárolási körülmények jelentik a legnagyobb kihívást az egyes összetételű evőeszközök esetében, melyik tárolási mód van a legnagyobb hatással az egyes kések tulajdonságaira, illetve milyen ajánlások fogalmazhatók meg az optimális tárolási körülményekre vonatkozóan.

A szakdolgozatom célja, hogy átfogó képet adjon az élelmiszeripari melléktermékek felhasználásával készült bioplasztik evőeszközök minőségi paramétereinek változásáról különböző tárolási körülmények között, ezáltal hozzájárulva a környezetbarát alternatívák fejlesztéséhez és gyakorlati alkalmazhatóságuk megítéléséhez.

A vizsgálat során nyert tapasztalatok és adatok nem csupán tudományos szempontból értékesek, de közvetlenül hasznosíthatóak az iparban is, elősegítve a környezetbarát technológiák elterjedését az egyszer használatos evőeszközök piacán.

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 A polimerek általános tulajdonságai

A polimerek modern korunkban a legváltozatosabbnak mondható anyagok. Bizonyos vegyi anyagok és adalékok (pigmentek, koncentrátumok, UV-stabilizátorok stb.) hozzáadásával pedig azzá válnak, amit jelenleg műanyagként ismerünk (Al-Salem et al., 2010).

Ronkay és munkatársai (2014) megállapították, hogy a műanyag, mint elnevezés és jellemző, kifejezi a természetességtől eltérő, mesterséges jelleget, ugyanakkor fontos tény, hogy felépítését tekintve, szerves molekulaláncokból áll, mely különösképp hasonul az élő szövetek felépítéséhez. A műanyag legfőbb külső és belső tulajdonságai a tapintása, hővezetése, keménysége, emellett szilárdsága és merevsége hatványozottan az emberi érzékszervekhez igazodik. Ennek eredményeképp ezen anyagok sok területen hasznosíthatóak, és gyorsan elterjedtek a csomagolóipar területén, valamint a háztartási cikkek és az orvostechnika szférájában is. Sokoldalúak, valamint könnyen formálhatóak, amely lehetővé teszi, hogy tömérdek különböző termék készüljön belőlük, amelyek megkönnyíthetik az emberek mindennapi tevékenységeit.

2.2 A polimerek jellemzése

Három fő tulajdonság jellemző az összes műanyagra:

- minden műanyag szerves vegyületből származik, vagyis szerves molekulákból épül fel,
- mesterséges eljárással, vegyipari módszerekkel készül,
- jellemzően jól megmunkálható, azaz könnyen formázható és alakítható a kívánt termékek előállításának függvényében.

A polimer nagy molekulatömegű anyagnak tekinthető, amely egyszerű molekulák, monomerek elsőrendű kovalens kötéssel való kapcsolódása. Ezek a molekulák rendkívül nagyok lehetnek, mivel ismétlődő alegységekből állnak, melyek polimerizációra alkalmasak (Internet 2).

Szakács és munkatársai (2012) megállapították, hogy megkülönböztethetünk háromféle szerkezetet a polimerek esetében, ezek az elsődleges, másodlagos, valamint az aggregációs szerkezet. A polimerláncon belüli elhelyezkedést és a monomerek fajtáit az elsődleges szerkezet adja meg. Az elsődleges szerkezetnek számos meghatározó hatása van a polimer tulajdonságaira nézve. Két fő típust különböztetünk meg: a homopolimereket, amelyek azonos monomerekből épülnek fel, valamint a kopolimereket, amelyek különböző monomerekből származnak. A másodlagos szerkezet befolyásolhatja a feldolgozhatóságot, ugyanis magában

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

foglalja a polimerláncok legfőbb tulajdonságait, melyek az alak, hossz, valamint a mozgékonysági mutatók, továbbá a szabad szemmel jól látható jellemzőket, például a viszkozitást. A viszkozitás mérésével könnyen meghatározható a polimerláncok hossza és alakja. Alakjukat tekintve, a polimerláncok hosszú szálakból tekert gömbökre, gombolyagra hasonlítanak, mely következhet a molekula entrópiájának mértékéből. Az aggregációs szerkezet esetében négy fázist különböztethetünk meg a polimerláncok térbeli elrendeződését figyelembe véve, melyek a gél-, gumirugalmas-, üveges- és kristályos állapot.

A polimerek fizikai és kémiai jellemzőik alapján számtalan sajátos tulajdonsággal rendelkeznek. A mozgékonyságuk csekély a nagy méretükből adódóan, nem szublimálhatók, továbbá nem desztillálhatók, és rossz az oldhatóságuk. A lineáris polimerek csoportján belül beszélhetünk amorf és kristályos polimerekről. Az amorf polimerekre jellemző lehet az üveges, elasztikus és viszkózusan folyós állapot. A molekulák közt kialakulhatnak másodlagos, Van der Waals, vagy hidrogénhíd kötések. A polimereknek nincs egységes molekulatömegük, ugyanis a polimerizáció során különböző mértékben polimerizálódott molekulák keletkeznek. Az eloszlásukat is lehet jellemezni, melyet a polidiszperzitási tényező segítségével teszünk meg, amely megmutatja, mekkora a molekulatömegek szóródása. Ez akkor a legkedvezőbb a polimer tulajdonságaira nézve, ha minél kisebb (Szakács et al., 2012).

2.3 A polimerek csoportosítása

A polimerek csoportosítását az ***1. táblázat*** foglalja össze, míg az ***1. ábra*** a lebomló polimerek fajtáit foglalja össze.

1. táblázat A polimerek csoportosítása
(Forrás: Leczovics Péter, 2013 nyomán, saját szerkesztés)

Eredet szerint	***Előállítás szerint***	***Primer szerkezet szerint***	***Feldolgozás szerint***	***Szerkezet alapján***	***Forma alapján***
természetes	polimerizáció	homo-polimer	hőre lágyuló	lineáris	részben kristályos
mesterséges	polikondenzáció	kopolimer	hőre keményedő	térhálós	amorf
	poliaddíció			elágazó	

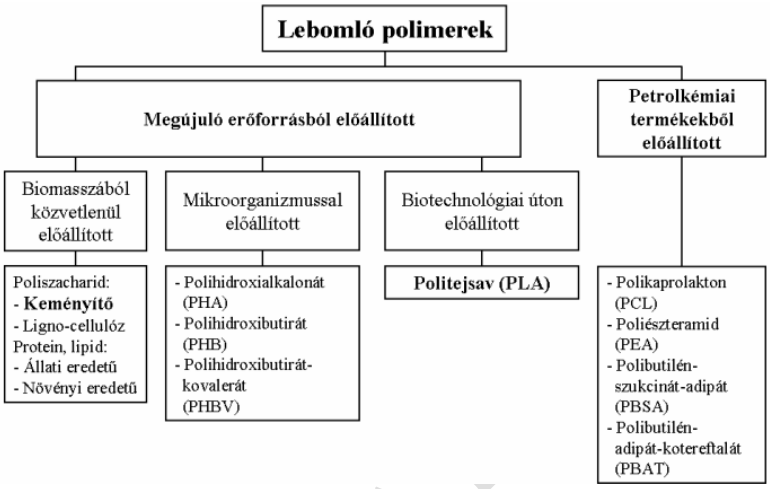
A polimerek eredetük szerint két fő csoportra oszthatóak, melyek a természetes, és a mesterséges, valamint e két csoporton belül a lebomló, és a nem lebomló polimerek. Mivel a polimerek rendkívül stabilak, lebomlásuk nagyon hosszú időt vesz igénybe. A szintetikus polimerek, mint a hulladék műanyagok és a vízoldható szintetikus polimerek főbb forrásai lehetnek a környezetszennyezésnek, különösképpen a vízszennyezésnek (Bodor és Vas, 2000).

A polimerizáció során a telítetlen, szerves monomer molekulák aktiválódnak, majd melléktermék képződése nélkül összekötődnek. Többek között így képződhet polietilén (PE), polipropilén (PP) és polisztirol (PS). A polikondenzáció során különféle monomerek

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

egyesülnek makromolekulává, víz, sósav, nátrium-klorid keletkezésével együttesen, melyek kis molekuláris reakciótermékek. Ennek eredményeképp, keletkezhet hőre lágyuló poliészter, poliamid (PA) és fenoplaszt (PF). A poliaddíció egy átrendeződést foglal magában, amely melléktermékek képződése nélkül megy végbe. A reakció terméke lehet a poliuretán (PUR), epoxigyanta (EP) és a szilikongyanta (SI) (Bodor és Vas, 2000).

1. ábra A lebomló polimerek csoportosítása
(Forrás: Averous és Boquillon, 2004 nyomán, saját szerkesztés)



A lebomló polimerek a gyártási folyamat szerint négy fő csoportba sorolhatóak (***1. ábra***). Az első csoportba tartozó anyagokat biomasszából, azaz megújuló nyersanyagokból nyerik ki frakcionálással (keményítő, cellulóz). A második csoport polimereit mikrobiológiai úton állítják elő. A harmadik csoport anyagait szintén biomasszából, általában keményítőből és cukorból biokémiai úton, vagyis fermentációval vagy erjesztéssel, valamint polimerizációval állítják elő. Erre a csoportra jellemző a politejsav (PLA). A negyedik csoportba tartozó anyagokat kőolajból szintetizálva gyártják le (polikaprolakton, poliészteramid). Más osztályozás szerint az első csoportot agro-polimereknek, míg a többit, lebomló poliészereknek nevezhetjük (Averous és Boquillon, 2004).

Biopolimereknek azokat a polimereket nevezzük, amelyek természetes körülmények között keletkeznek megújuló erőforrásból, vagyis ezeket természetes polimereknek is nevezik. Ezen polimerek a sejtekben bonyolult anyagcsere folyamatok során jönnek létre. Anyagfelhasználási szempontból a cellulóz és a keményítő a legérdekesebb, azonban egyre növekszik az érdeklődés a baktériumok és gombák által termelt bonyolultabb szénhidrogén polimerek iránt, különösen az olyan poliszacharidok esetében, mint a xantán, kurdán, pullulán, kitin, kitoszan és hialuronsav. A lebomló polimerek egyre növekvő jelentőséggel bírnak, és a jelenlegi kutatások az újabb lebomló polimerek előállítására összpontosítanak (Rao et al., 2014).

A természetes polimerek közé tartoznak továbbá:

- a fehérjék is, melyek számos különböző funkciót látnak el, például katalizátorként és szabályozóként is funkcionálnak,
- a poliszacharidok, melyek fontos szerepet játszanak a struktúrák kialakításában és energiaforrásként is működnek, valamint
- a nukleinsavak, melyek genetikai információt hordoznak nemzedékről nemzedékre.

Mindemellett, érdekes lehet a kaucsuk, mely egy növényi polimer, amely az iparban fontos elasztomer, míg a lignin, amely szintén egy növényi polimer, eddig kevés közvetlen figyelmet kapott, ami csekély kereskedelmi felhasználáshoz vezetett. Az elasztomerek olyan anyagcsoportot jelentenek, amelyek reverzibilis alakváltozást mutatnak. Ehhez rugalmas láncokra van szükség, azaz alacsony fokú intermolekuláris kölcsönhatásokra, valamint kémiai vagy fizikai jellegű keresztkötések jelenlétére, amelyek megakadályozzák a láncok egymáshoz képesti összecsúszását (Petrović and Ferguson, 1991). A mikrobiális poliészterek, a poli-hidroxi-alkanoátok (PHA), továbbá a politejsav (PLA) viszont egyre növekvő fontosságúak biológiailag lebomló műanyagként (MacGregor, 2003).

A hagyományos polimerek nem biológiailag lebomlóak, és komoly veszélyt jelentenek mind az emberi egészségre, mind a környezetre nézve. A biológiailag lebontható polimerek alternatívaként lépnek fel ebben a tekintetben (Khatun et al., 2023).

A mesterséges polimerek, mintegy 70 éve kezdtek tömeges mértékben előállításra kerülni, olyannyira, hogy már túlnőttek a legtöbb ember által létrehozott anyagon. A polimerek széles választékával ellentétben, körülbelül nyolc polimer teszi ki az összes, valaha előállított műanyag 95 %-át, amely 2017 végére már meghaladta a kilencmilliárd tonnát. Az eddigiekben létrehozott műanyag hulladékból becsült adatok szerint, az elhasznált műanyagok csupán 10 %-a került újrahasznosításra, 14 %-a elégett, míg a fennmaradó 76 % a szeméttelepeken, hulladéklerakókon, illetve a környezetben található. (Geyer, 2020).

Tábi és munkatársai (2010) megállapították, hogy a szintetikus polimerek alapanyaga rendkívül stabil, ellenáll a mechanikai igénybevételnek, környezeti hatásoknak, UV-fénynek, baktériumoknak, savaknak, lúgoknak stb.

Al-Salem és munkatársai (2010), meghatározták, hogy a műanyag csomagolású hulladék visszanyerése és újra felhasználása négy fő útvonalon kategorizálható: a reextrúzión, mechanikai-, kémiai- vagy energiavisszanyerésen. A reextrúzió az elsődleges újrafeldolgozás a szemétnek szánt műanyagokat hasznosítja újra. Minden olyan technológiát, amely polimereket monomerekre alakít át, kémiai újrafeldolgozásnak nevezünk.

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

A folyamat sikere mögötti technológia a depolimerizációs folyamat, például a termolízis alkalmazása, mely igazán jövedelmező és fenntartható ipari rendszert eredményezhet, magas termékhozammal és minimális hulladékkal. Több kutatás során arra a következtetésre jutottak, hogy a kémiai módszerek és az energiavisszanyerés folyamata eléggé erőteljes ahhoz, hogy a közeljövőben vizsgálják és kutassák őket, mivel könnyen fenntartható megoldást kínálnak (Al-Salem et al., 2010).

2.4 Adalékok használata polimerek esetében

Az adalékanyagok szerepe rendkívül fontos tényezőnek minősül, ugyanis a tiszta polimerek általában a feldolgozás vagy a végfelhasználás során alacsony ellenállást mutatnak a külső tényezőkkel szemben, mint például az időjárás és a mechanikai stressz (Ambrogi et al., 2017).

A polimerek gyártása során többféle adalékanyagot használhatunk annak érdekében, hogy a végtermékünk olcsóbb, és ellenállóbb lehessen. Melléktermékek és adalékanyagok hozzáadásával javíthatjuk a polimer tulajdonságait, például UV állóságát, égésgátlását és folyási mutatószámát, vagyis az MFI értékét (Younes, 2015).

Pukánszky és Móczó (2011) meghatározták a legfontosabb adalékanyagok csoportjait, melyek a következők (***2. táblázat***):

2. táblázat Legfontosabb adalékanyagok csoportjai és feladatuk
(*Forrás: Pukánszky és Móczó, 2011 nyomán, saját szerkesztés*)

	Feladatuk	**Példa**
Stabilizátorok	Megakadályozzák a polimer lebomlását a feldolgozás és az alkalmazás során.	UV-stabilizátorok megvédenek a napfény káros hatásaitól.
Csúsztatók	Segítik a műanyag könnyebb feldolgozását és formázását.	Zsírok, viaszok, amelyek csökkentik a súrlódást.
Formaleválasztók	Elősegítik a késztermék könnyű eltávolítását a feldolgozó szerszámból.	Szilikon-alapú leválasztószerek.
Lágyítók	Rugalmassá teszik a kemény műanyagokat.	Ftalátok, amelyek a PVC-t hajlékonnyá teszik.
Égésgátlók	Csökkentik a polimer éghetőségét és a füstképződést.	Hexabromo-ciklododekán (HBCD) alkalmazása a polisztirol
Színezékek, pigmentek	Színezik a műanyagot a kívánt eredmény eléréséhez.	Titán-dioxid használata a fehér árnyalatokhoz.
Optikai fehérítők	Kiemelik a fehér színt és megszüntetik a sárgás árnyalatokat.	Fluoreszkáló anyagok.
Szag- és illatanyagok	Maszkolják vagy megváltoztatják a műanyag szagát.	Illóolajok, szagtalanító anyagok.
Antisztatikumok	Csökkentik az elektrosztatikus feltöltődést.	Különböző típusú felületaktív anyagok.
Gócképzők	Szabályozzák a műanyagok kristályosodását és szerkezetét.	Nukleáló anyagok, amelyek segítik a kristályosodási folyamatot.

SZAKDOLGOZAT Tlagy Brigitta

Az ***adalékanyagok*** olyan speciális kémiai vegyületek, amelyeket polimerek gyártásához használnak, például iniciátorok, felületaktív anyagok és védőkolloidok, vagy beépítenek a műanyag termékbe annak előállítása vagy feldolgozása során. Ezek az anyagok a polimerháló részei lehetnek, vagy akár kémiai kapcsolat nélkül is kapcsolódhatnak a polimerrel. Az adalékanyagok segítik a polimer feldolgozását és a műanyag végtermék előállítását (kenőanyagok, plasztifikátorok), vagy javítják a késztermék jellemzőit és teljesítményét (lángmentesítők, antisztatikus szerek, ütésállóságjavítók, valamint hő- és fényállószerek). Az adalékanyag gyártóknak azt a kihívást kell teljesíteniük, hogy olyan termékeket fejlesszenek, melyek nem csak növelik a műanyag végtermékek általános feldolgozhatóságát és funkcionalitását, hanem megfelelnek a környezeti és egészségvédelmi elvárásoknak is. Az adalékanyagokat nemzeti vagy nemzetközi hatóságok szabályozzák annak érdekében, hogy védjék a fogyasztókat, amikor azok kioldódnak vagy kivonódnak a műanyag alkatrészekből, vagy egy bevonati fóliából, illetve amikor kipárolognak a környezetbe (Höfer és Hinrichs, 2010).

A kompatibilizálás tervezésénél figyelembe kell venni egy meghatározó paramétert, a polimer, vagy a töltőanyag kölcsönhatásában érintett felületi energiát, ugyanis a magas felületi energiák diszperziós problémákat okozhatnak, melyek kedvezőtlenül befolyásolják a végső termék mechanikai tulajdonságait. Ideális esetben az adalékanyagnak erőteljesen kell kölcsönhatásba lépnie a polimerrel, minimalizálva ezzel a felületi energiát. Ezeket a problémákat néhány esetben diszpergálószerek hozzáadásával lehet kiküszöbölni, ilyenek például a zsírsavak vagy a foszforsavészterek (Ambrogi et al., 2017).

A műanyagok esetében leggyakrabban használt adalék, a kalcium-karbonát hozzáadása akár 70 % -kal is növelhető anélkül, hogy lényeges mechanikai módosítások történnének. Egy másik meggondolandó aspektus a töltőanyagok csoportosulása, azesetben, ha részecske formában kerülnek hozzáadásra. Ez különösen veszélyes lehet, mivel feldolgozási problémákhoz vezethet, és akár kárt is okozhat a keverőgépekben (Ambrogi et al., 2017).

Ambrogi és munkatársai (2017) meghatározták, hogy a polimertechnológián belül, továbbá minden más felhasználási területen is, az adalékanyagok használatát egészségügyi szabványoknak kell szabályoznia. Napjainkban a társadalom fő aggodalma a polimeripar terén a műanyag újrahasznosításra összpontosul. Jelenleg a legelterjedtebb technológia a műanyagok elégetése, annak érdekében, hogy jelentős mennyiségű energiát termeljen. Bármilyen részecske adalékolása befolyásolhatja az égési folyamat biztonságát, veszélyes égési melléktermékeket felszabadítva a légkörbe. A toxicitási és biztonsági kérdések ösztönzik a kutatás-fejlesztési csapatokat, hogy fenntarthatóbb alternatívákat tanulmányozzanak, melyek szélesebb

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

területeken is alkalmazhatóak, mint ahogyan az eredetileg tervezve volt. A legérzékenyebb problémák közé tartozik a halogént tartalmazó lángmentesítők, plasztifikálószerek, valamint a nehézfémek használata.

Az ***antioxidánsok*** olyan kémiai vegyületek, amelyek védelmet nyújtanak a polimereknek és a műanyagoknak a természetes öregedés során bekövetkező hő- és foto-oxidatív folyamatok ellen (Rabek, 1990).

A polimerek fotostabilizálása magában foglalja a foto-kémiai folyamatok, legfőbbképpen a foto-oxidáció gátlását, illetve lassítását a polimerekben és a műanyagokban. A ***fotostabilizátorok*** olyan adalékanyagok a műanyagokban és polimer anyagokban, amelyek megakadályozzák a napfény UV sugárzás okozta foto-kémiai károsodási folyamatokat és reakciókat (Rabek, 1996).

A ***plasztifikálószerek*** alacsony párolgási hőmérsékletű szerves anyagok, melyeket műanyagokhoz hozzáadva a rugalmasságuk, nyújthatóságuk és feldolgozhatóságuk egyszerűen javítható. Különösképpen azoknál a polimereknél alkalmazunk plasztifikálószereket, amelyek szobahőmérsékleten üvegszerű állapotban vannak. Ezek a merev polimerek rugalmassá válnak a plasztifikáló molekulák és a láncegységek közti erős kölcsönhatásoknak köszönhetően, melyek csökkentik a törékeny, üveges átmeneti állapotot. Ha egy polimer magas koncentrációval oldható egy plasztifikálószerben, akkor azt elsődleges plasztifikálószernek nevezik. Ezeknek az elsődleges plasztifikálószereknek gyorsan kell gélt képezniük a normál hőmérsékleti tartományban a polimerben, és nem szabad kiáramolniuk a plasztifikált anyagból (Bonifacio et al., 2023).

A másodlagos plasztifikálószereknek sokkal alacsonyabb a gélképződésük, és korlátozott a kompatibilitásuk a polimerrel szemben. Ilyen helyzetben a plasztifikáló folyamat után két fázis van jelen: az egyikben a polimer teljesen plasztifikálódik, a másikban pedig csak részlegesen. Ennek eredményeképp ezek a polimerek nem homogén módon deformálódnak terhelés hatására, továbbá a deformáció csak a plasztifikálószer úgynevezett rich/gazdag fázisában jelentkezik, és a mechanikai tulajdonságok a rendszerben gyengülnek (Roy, 2006).

A polimer keverék készítése egy kényelmes út az új polimer anyagok fejlesztéséhez, amelyek több, már létező polimer kiváló tulajdonságait kombinálják. Az említett módszer általánosságban véve olcsóbb, és kevésbé időigényesebb, mint az új monomerek és/vagy az új polimerizációs útvonalak kifejlesztése, ami az új, teljesen új polimer anyagok alapját képezné (Ambrogi et al., 2017). Általában hatékonyabb keverék érhető el kompatibilizálás során reaktív kompatibilizátorok alkalmazásával (Marturano et al., 2023).

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

A műanyag hulladékok újrahasznosításának fő kihívásai a polimerek lebomlásából erednek, egészen a feldolgozási lépések és a termékek élettartamának a végéig. A heterogén újrahasznosítás esetén problémákat okozhat a különböző polimerek közötti inkompatibilitás. A reciklálási folyamatok negatív hatásainak enyhítése érdekében két fő megközelítést lehet alkalmazni homogén anyagok esetén:

1. Restabilizálás: ami azt jelenti, hogy intézkedéseket tesznek a reciklálási folyamat során annak érdekében, hogy megelőzzék vagy esetleg lassítsák a polimerek lebomlásának folyamatát.
2. Töltőanyagok és módosítók alkalmazása: egy másik megközelítés lehet az, hogy töltőanyagokat és módosítókat illesztenek be a folyamatba, amelyek javíthatják a polimerek teljesítményét, Azonban fontos, hogy mindezt anélkül érjék el, hogy szignifikánsan növelnék a másodlagos anyag teljes költségét.

A vegyes felhasználású műanyagok esetében kulcsfontosságú lépés a kompatibilizálás. Erre a folyamatra van szükség annak érdekében, hogy elfogadható tulajdonságokkal rendelkező másodlagos anyagokat kapjunk eredményül (La Mantia, 1998).

Az ár csökkentése és a polimer tulajdonságainak javítása érdekében alacsony költségű töltőanyagokat adnak hozzá a polimerekhez. Az egyik széles körben használt szervetlen töltőanyag a mészkő vagy a kalcium-karbonát. A csirke tojáshéj és a tengeri kagylók nagy mennyiségben eldobott melléktermékek, magas kalcium-karbonát szinttel rendelkeznek, és potenciális helyettesítőkként szolgálhatnak az üledékes kőzetekből származó mészkő helyett (Owuamanam és Cree, 2020). A tojáshéjból, mint kalcium-karbonát forrásból nyert bio töltőanyagot fel lehet használni polimer anyagok módosítására (Skórczewska et al., 2022).

2.5 A tárolás hatása a polimerekre

A polimerek tartósságát számos tényező befolyásolja, így a múltban nem kifejezetten számítottak megfelelő megoldásnak, ha összehasonlították őket a leggyakrabban használt anyagokkal, mint például a fémekkel és a kerámiákkal. A polimer stabilitásával és időtállóságával kapcsolatos fő problémákat ma már polimer stabilizátorok alkalmazásával sikerült áthidalni, amelyek nélkülözhetetlenek, továbbá döntő jelentőségűek a műanyag végtermékek sikerének, illetve kudarcának szempontjából (Ambrogi et al., 2017).

Természetes időjárási körülmények között számos tényező, például napsugárzás, hőingadozás, páratartalom és a légkör szennyeződése erősen korrozív elemekkel befolyásolhatja a polimer stabilitását. Ezen folyamatok végül akár mechanikai

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

meghibásodáshoz is vezethetnek, leggyakrabban egy törékeny felületi réteg kialakulását okozva (Rabek, 1996).

A polimerek, illetve azok keverékei vagy adalékanyagokat tartalmazó polimerek fizikai és kémiai változásai a különböző jellegű tárolások során többféleképpen történhet, deformáció és törés kockázatának figyelembevételével. Pukánszky és Móczó (2011) megállapították, hogy a polimer kölcsönhatásainak intenzitása és ennek hatása a polimer viselkedésére erősen függ a hőmérséklettől és a polimer adott állapotától. Ahogy emelkedik a hőmérséklet, a molekulák belső energiája nő, miközben a köztük lévő kölcsönhatások ereje relatíve csökken. A hőmérséklet emelkedése szerkezeti változásokhoz vezet, a kristályos polimerek megolvadnak és folyékony állapotba kerülnek. Az állapotok közötti átmenetek, mint például a halmaz-, fázis- és fizikai átalakulások, gyakorlati szempontból is kiemelkedő fontosságúak. Ezek a polimerek rendkívül sűrű állaguk miatt nyírás alkalmazásával vannak feldolgozva, ami rugalmas alakváltozást is okozhat. Amikor a polimer nagyon rugalmas állapotban van, az anyag deformációja főként a szerkezet megváltozásából adódik. Üveges vagy kristályos állapotban többféle, egyidejűleg végbemenő deformáció is bekövetkezhet. Ebből adódik az, hogy a polimerek és műanyagok deformációja komplex és többszörös mechanizmusokkal zajlik egyszerre.

Műanyagok használatakor kiemelkedő fontosságú a törési tulajdonságok ismerete és az ütésállóság meghatározása. Számos hétköznapi tárgy meghibásodása töréssel jár. A polimerek törése bonyolult folyamat, mely lehet merev vagy rugalmas, és többféle mechanizmus is közre játszhat benne. A törési tulajdonságok pontos meghatározása nehéz, elméleti leírásuk még nem teljesen kidolgozott, és a különböző deformációs folyamatok együttes figyelembevétele mind elméleti, mind gyakorlati szempontból problémás (Pukánszky és Móczó, 2011).

Számos tényező mellett, a tárolás során a nedvesség is megváltoztathatja a polimer tulajdonságait. A víz felszívódása függ a hőmérséklettől, az időtartamtól, a mintadarab vastagságától, valamint a polimer amorf jellegétől is (Baschek et al., 1999). A szakirodalmakban a tárolás során bekövetkezett változásokat degradációnak nevezik, melyek lehetnek kémiai és fizikai jellegűek, valamint külső és belső változások. A ***3. táblázat*** szemlélteti a környezeti tényezők és a fellépő változások közötti összefüggéseket. A szemléltetett sorrend az előfordulás gyakoriságára utal, de ez természetesen nagyban függ az alkalmazott polimer típusától is (Pukánszky és Móczó, 2011).

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigita

3. táblázat A degradáció külső tényezői és jellemzői közti összefüggések
(Forrás: Pukánszky és Móczó, 2011 nyomán, saját szerkesztés)

A változás típusa	***A változás jelleme***
Termikus degradáció	A hőfok emelkedése okozza a kémiai változásokat, amelyek különösen érzékenyen érintik a hőre lágyuló műanyagokat a feldolgozás során. A feldolgozás során általában csak kis mennyiségű oxigén, víz és más alacsony molekulatömegű anyag van jelen, így főként termikus degradáció következhet be.
Fotodegradáció	A fény hatására reakció megy végbe. Az erőteljes UV-fény kémiai, általában gyökös reakciókat indít el, amelyek oxidációs láncreakcióhoz vezetnek, és jelentős változásokat okoznak a polimer tulajdonságaiban. Különösen érzékenyek az UV-besugárzásra a kettős kötéseket tartalmazó polimerek, a gumik és a polisztirol.
Kémiai degradáció	Ebbe a csoportba tartozik a kismolekulájú vegyületek, savak, bázisok, oldószerek, valamint reaktív gázok által kiváltott degradáció. Ennek következtében a polimerben jelentős változások léphetnek fel, ám ez gyakran csak magas hőmérsékleten következik be, mivel ezeknek a reakcióknak az aktiválási energiája általában magas.
Nagyenergiájú sugárzás	Míg a fotodegradáció szelektíven hat, addig a nagyenergiájú sugárzás hatása gyakorlatilag minden kötés megbontására elegendő.
Mechanokémiai degradáció	Az erős külső feszültség képes lehet a kémiai kötések megszakítására, ami polimertörést eredményez, leggyakrabban a feldolgozási folyamatok során. A kötésszakadás általában szabad gyököket eredményez, melyek további reakciókban vehetnek részt. A mechanokémiai degradáció jelentősége általában kevésbé hangsúlyos a többi típushoz képest.
Biológiai lebomlás	A biológiai lebomlás is egyfajta kémiai degradáció. A mikroorganizmusok számos enzimet termelnek, amelyek képesek reakcióba lépni bizonyos polimerekkel, csökkentve a molekulatömeget és végül a polimer teljes lebomlását eredményezve. Ezt a kölcsönhatást alkalmazzák a biológiailag lebontható polimerek esetében.

2.6 Mezőgazdasági anyagok felhasználása töltőanyagként a polimerekben

A legtöbb kőolaj alapú műanyag rendkívül ellenálló a természetes lebomlással szemben, és akár száz évig is fennmaradhatnak a környezetben (Abraham et al., 2021). Annak ellenére, hogy potenciálisan újrahasznosíthatóak, a világszerte előállított műanyagok mindössze körülbelül 20 %-a kerül megfelelően újrahasznosításra vagy újra felhasználásra (Blank et al., 2020). Továbbá, hatékony hulladékkezelés és gyűjtési rendszerek esetén is a visszanyert polimereket gyakran olyan országokba szállítják, ahol csekélyek a környezetvédelmi szabályok és azon szabályok ellenőrzései (Dietrich et al., 2017). Napjainkban igen nagy figyelmet fordítanak a természetes töltőanyagok használatára a polimeriparban, viszont fontos tényező az agrárhulladék felhasználásra összpontosítás, valamint annak újra hasznosítása és felhasználása a polimeripar alkalmazásaiban (Sasimowski et al., 2020).

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

2.6.1 Rizs

A rizs az alapvető élelmiszerek egyike, amit a világ népességének közel 40 %-a fogyaszt (El-Saied et al., 2012). Az agrárterület hulladékának hagyományos eltávolítási módja az volt, hogy elégették a mezőkön (Chaudhary et al., 2004). Az elégetés azonban fontos összetevők elvesztéséhez vezetett, és üvegházhatású gázok kibocsátásához, ami hozzájárul a globális hőmérséklet emelkedéséhez. A globális felmelegedés elleni küzdelemben ezt az agrárhulladékot újrahasznosíthatjuk biokompozitok gyártása során. Vizsgálatok kimutatták, hogy biomassza brikettek készíthetők rizsszárból (Bakker, 2013). A rizsszár nagy mennyiségű cellulózt és hemicellulózt tartalmaz, amelyek cukrokká hidrolizálódhatnak és fermentálódhatnak, de a folyamat előkezelést igényel, és magas kvarctartalommal rendelkezik (Wu et al., 2018).

Xiaolang Chen és munkatársai (2011), mechanikus magasnyomású gőztechnikával cellulózrostokat nyertek ki rizsszárból. Rizsszárakat és telítetlen poliészter gyantát tartalmazó kompozitokat készítettek, és a kompozitok mechanikai tulajdonságait tesztelték, a szártöltetet 0 és 40 % között változtatva. A szártartalom növekedésével a szilárdsági modulusz értékek nőttek (Prasad és Rao, 2007). Használatuk a töltőanyagon kívül lehetőséget ad polimerizációs reakciókban is. Aparna Mukherjee és munkatársai (2019), metil-metakriláttal graftálták[1] a rizsszárrostokat, ami javította az anyag tartósságát és tűzálló tulajdonságait (Mukherjee et al., 2019).

Prachayawarakorn és Yaembunying (2005), rizshéjjal dúsított polipropilén kompozitokat gyártottak, és jelentették, hogy ezek a minták növekedést mutattak az olvadási indexben, valamint enyhe csökkenést a kompozitok hajlító-, húzó- és ütésállósági tulajdonságaiban.

Számos tanulmányban megjelent a rizshéjolaj, melyet hasznos anyagokká lehet alakítani, például: Kale és munkatársai (2018), mikrokristályos cellulózt módosítottak kémiai úton, bevezetve egy acil csoportot a rizshéjolajból. Ennek az volt a célja, hogy hidrofób jellegűvé tegyék a hidrofil polimereket, mint például a cellulózt (Kale et al., 2018).

Továbbá, az antimikrobiális élelmiszer csomagolás kifejlesztése érdekében Abd El-Aziz A El-Wakil és munkatársai (2022) alacsony sűrűségű polietilénből, illetve alacsony sűrűségű polietilén graftált metakril - savból, köznapi nevén teafaolajból és rizshéjolajból álló kompozitot fejlesztettek ki. A teafaolaj antimikrobiális és antimikotoxin hatású anyagként

[1] A graftálás, vagyis beoltás olyan módszer, amelynek során a monomerek kovalensen kötődnek a polimerlánchoz, míg a kikeményítés során az oligomer-keverék polimerizációja bevonatot képez, amely fizikai erők hatására tapad a hordozóhoz.

SZAKDOLGOZAT_Nagy Brigitta

szolgált, míg a rizshéjolaj segített a kompozit keménységi értékének javításában (Abd El-Aziz A El-Wakil et.al., 2022).

2.6.2 Búza

A búza, a második legnagyobb mennyiségben termesztett gabona a világon, jelentős mértékben hozzájárul a mezőgazdasági hulladékok termeléséhez. Hasonlóan a rizshulladékhoz, a búzaszálak állati takarmányként szolgálnak és építőanyagként is használatosak. A búzamaradványokban körülbelül 15-20 % lignocellulóz található (Bledzki et al., 2010).

A búzatermesztés és feldolgozás melléktermékei főként búzaszál, búzahéj és búzakorpa. A búzahéjliszt töltőanyagként szolgál termoplasztikus polimerekben, mint például polipropilénben és nagy sűrűségű polietilénben, hogy kompatibilizáló anyagok segítségével kompozitjaikat szintetizálják. A kompatibilizáló anyagok hozzáadása javította a búzahéjliszt és a termoplasztikus anyag közötti kompatibilitást. A búzahéjlisztt dúsított kompozitoknál csökkent a lebomlási hőmérséklet (Mohite et al., 2022).

Számos kutatás zajlott a lignocellulóz töltőanyagok felhasználásával kapcsolatban a fa-polimer kompozitok területén. Az alternatívának a hagyományos lignocellulóz alapú töltőanyagok esetében a búzakorpa bizonyult, mivel olcsóbb, ezáltal használatával a folyamat gazdaságosabbá tehető (Hejna et al., 2020).

Hejna és munkatársai (2020), vizsgálták a búzakorpa alkalmazhatóságát töltőanyagként alacsony sűrűségű polietilén termékek esetében, amelyeket rotációs formázással állítottak elő. A húzószilárdság, nyúlás és visszapattanó rugalmasság értékei csökkentek a töltőanyag tartalom növekedésével. Ez azzal lehet összefüggésben, hogy kevesebb az anyagok közötti kötés. Azonban érdekes tendencia mutatkozott a keménységi értékeknél a töltőanyag mennyiségének növekedésével. Amikor a búzakorpa aránya 2,5 % volt, csökkent, majd következetesen javult, ami valószínűleg a szilárd búzakorpa szerkezetének köszönhető, amely ellensúlyozza a porozitását (Hejna et al., 2020).

2.6.3 Kukorica

A kukoricacsutka főbb alkotóelemei a cellulóz, hemi-cellulóz és lignin (Jiang et al., 2020). A kukoricacsutka az egyik legfontosabb kukorica maradvány. Középen magos részt tartalmaz, amit fa gyűrűk vesznek körül, majd a héj következik (Ramos et al., 2019). Ezeket felhasználták furfurál vegyületek szintézisére (Ji et al., 2016).

Shiliu Zhu és munkatársai (2018), vizsgálták a kukoricacsutkaporral dúsított, nagy sűrűségű polietilén kompozitok vízfelvevőképességét, továbbá mechanikai és kristályos tulajdonságait. Megállapították, hogy a töltőanyag tartalmának növekedésével nőtt a

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

vízfelvevőképesség, ami csökkentette a kompozit szerkezetének vízállósági teljesítményét. Ennek az oka a cellulóz és hemicellulóz tartalom növekedése a rendszerben. A mechanikai tulajdonságok szokatlan tendenciát mutattak alacsonyabb kompatibilitás miatt (Zhu et al., 2018). Számos tanulmány foglalkozott nanokristályos és mikrokristályos cellulóz előállításával kukoricacsutkából (Shao et al., 2020).

Több tanulmányt végeztek újrahasznosított alacsony sűrűségű polietilén és kukoricahéjszál biokompozitokkal. A töltőanyag tartalmának növekedésével javultak a mechanikai tulajdonságok, például: a modulusok, a szakítószilárdság, a duzzadási tulajdonságok és a kompozitok hőstabilitása. Ezen kompozitokat többnyire csomagolófóliákhoz lehet használni (Youssef et al., 2015).

Chitra és Kumari (2012), a kukoricahéjat töltőanyagként használták polipropilén kompozitokhoz. A töltőanyag mennyisége 10 - 30 tömegszázalék között változott. Mechanikai, hő- és morfológiai jellemzőiket vizsgálták. A húzószilárdság csökkent a töltőanyag mennyiségének növekedésével, míg a húzómodulus nőtt. A kukoricahéj, mint töltőanyag és a polipropilén jó kompatibilitást mutatott.

Norashikin és Ibrahim (2009), kukoricahéj fóliákat készítettek, melyek környezetbarát alternatívának bizonyultak. A kukoricahéjat lúgosan kezelték, majd megmosták, és sósavval kezelték. A kapott papírpépet mechanikusan kevergették kitozánnal és ecetsavval, majd kasírozással fóliákba öntötték. Ezeket a fóliákat cserépnek használták palántaneveléshez. Teljes mértékig biológiailag lebomlóak voltak. Mindemellett a cserépként való használatuk jobb környezetet biztosított a növények növekedéséhez.

Jagadeesh és munkatársai (2013), kukoricahéjliszt és polipropilén kompozitokat állítottak elő, és a mechanikai tulajdonságaikat vizsgálták a töltőanyag mennyiségének és méretének függvényében. A töltőanyag méretének növekedésével a hajlítószilárdság nőtt, a töltőanyag mennyiségének növekedésével viszont csökkent. Ezt a jelenséget a töltőanyag és a polimer közötti kölcsönhatásoknak tulajdonítják.

2.6.4 Köles

Erdélyben a tatárka nevezetű, hazánkban cirok néven ismert növényt nagy mennyiségben termelik, felesleges terménymaradványokkal, ami szükségessé teszi a kezelését. Főként a szárát, a barnáját és más hasonló részeket tekintik a növény hulladékának. A növény szárából három részt különítettek el: alsó, középső és felső részekre bontották a könnyebb jellemzés céljából. A szár fő alkotóelemeinek a lignint, cellulózt és hemicellulózt találták (Bakeer et al., 2013). A mechanikai tulajdonságok és gyártási részletek tanulmányozása után megállapították,

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigita

hogy a cirok szárak potenciállal rendelkeznek kiegészítő szálanyagként a beltéri alkalmazású farostlemezek gyártásához (Khazaeian et al., 2015).

A bio töltőanyag fő hátránya lehet a polimer mátrixhoz való inkompatibilitása. Ennek kezelésére különböző eljárásokat alkalmaznak, mint például az alkalizálás - fehérítés és az alkalizálás – fehérítés - savas hidrolízis. Ezeket az eljárásokat alkalmazva látták, hogy a kompozitoknál jobb húzószilárdság és kompatibilitás érhető el (Yuanita et al., 2019).

Egy újabb vizsgálatot végeztek a cirok szalma és polivinil - alkohol alapú kompozitokkal, mikroszilika[2] és poliakrilonitril – sztirén - akrilát adalékanyagok hozzáadásával. Teljesítményüket korrozív és szélsőséges környezeti feltételek között tesztelték tengervízzel és savas esővel. Megállapították, hogy 6 % mikroszilika és 34 % akrilnitril – sztirol - akrilészter esetén a polivinil - alkohol és a mikroszilika javított törékenységet, hőállóságot és szilárdságot mutatott (Jiang et al., 2019).

A kölesheéjpor töltőanyagként szolgálhat a nagy sűrűségű polietilén polimerben is. A kutatás során azt tapasztalták, hogy a minimális szálmérettel és az optimális töltésmennyiséggel a húzószilárdság és az ütésállóság növekedett a töltőanyag mennyiségének növekedésével (Hammajam et al., 2014).

2.6.5 Gyümölcs

A termelések során nagy mennyiségben keletkezik gyümölcshulladék, amikor a fogyasztó vagy az érintett iparág a gyümölcsöt további feldolgozásra használja fel. A fő termények közé tartozik a jackfruit, a görögdinnye, a citrusfélék stb. A gyümölcs hulladéka általában héjat és magokat tartalmaz, és hatékonyan felhasználhatóak az aktív összetevők, például a polifenolok, az étrendi rostok, az enzimek és a fehérjék kivonására (Sagar et al., 2018).

Biodegradálható műanyagot állítottak elő polivinil - alkohol és jackfruit magpor felhasználásával. A termék magpor beépítése utáni biodegradálhatósága növekedett. A magpor tartalmának növekedésével a mechanikai tulajdonságok, mint például a szakítószilárdság és a nyúlás csökkentek, így azt javasolták, hogy az anyagok gyártásakor jobb kötőanyagokat kellene használni (Fairuzdzah et al., 2018).

A későbbi kutatások során ananász és görögdinnye héj nanorészecskéken alapuló hibrid kompozitokat fejlesztettek ki szervetlen anyaggal és szén, illetve jutavászonból készült anyaggal epoxi gyantában. Különböző hibrid kompozíciókkal kísérleteztek, például juta/szén epoxi, juta/ananász epoxi, szén/ananász/görögdinnye epoxi stb. A szén/ananász/görögdinnye töltött epoxiból készült hibrid kompozitok mutatták a legjobb mechanikai tulajdonságokat az

[2] Kis részecske méretű szilícium-dioxid por, amely a szilícium előállítása során keletkezik.

SZAKDOLGOZAT | Nagy Brigitta

összes kompozit közül, mivel jelen voltak a gyümölcs nanotöltő részecskéi a szervetlen szén mellett (Balakrishnan et al., 2019).

Más gyümölcsök, mint például a banán, gránátalma, datolya, sárgabarack, dió, rambután, fás-alma is szóba kerültek töltőanyagként a polimeriparban. Ezek a hulladékok korábban biogáztermelésre vagy komposztálásra, továbbá cellulóz, hemicellulóz, lignin és más szervetlen és aktív összetevők kivonására, és a későbbiekben a polimeripar területén bioalapú töltőanyagként voltak alkalmazva (Dilucia et al., 2020; Palma et al., 2011).

A terménymaradványok elégetése talaj- és légszennyezést okoz, hatalmas mennyiségű szén - dioxidot, szén - monoxidot és kén - dioxidot bocsát ki, ködöt okoz a környezetben, növeli a hőmérsékletet, és veszélyt jelent, mindezzel együtt egészségproblémákat okozva. Mind emiatt napjainkban fenntartható technológiákra van szükség a terménymaradványok kezelését tekintve. A polimer kompozitokat számos területen alkalmazzák, mint például az autóipar, űrtechnológia, mezőgazdaság, elektronika, építőipar stb. A töltőanyagok használata javíthatja a polimer szilárdságát, dimenzióstabilitását, hőstabilitását, hangszigetelési tulajdonságait a töltőanyag típusától függően (Mohite et al., 2022).

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

3. Anyagok és módszerek

3.1 Felhasznált anyagok

A tárolási kísérlet során öt különböző összetételű bioplasztik kést vizsgáltunk:

- 20 %-os tojáshéj őrleményes keverék (TH):
- 20 %-os natív kukoricakeményítős keverék (PLAK)
- Polipropilén (PP)
- Polisztirol (PS)
- Politejsav (PLA)

3.2 Mérési módszerek

Tárolási körülmények

A méréshez különböző tárolási körülményeket választottunk, vizsgálva az egyes körülményeken bekövetkező esetleges változást a tárolás során. A kísérletet 18 hétig végeztük, melynek során a tárolás kezdetének a gyártás napját jelöltük ki (0. hét). Ezt követően a legyártott evőeszközöket a 6., 12. és 18. héten vizsgáltuk meg. A mérések júniustól októberig tartottak. Az egyes mérési csoportokat polietilén zacskóba téve helyeztük el a tárolási helyszíneken. Minden csomag 7 késből állt. A tárolást négy környezetben végeztük, a tárolási helyszínen elhelyezett Voltcraft DL-121TH típusú hőmérsékletmérővel kísértük figyelemmel az alakuló hőmérsékleteket:

- Normál raktározási körülmény (NR): Raktár, kartondobozba zárt, fénymentes, hűvös hely, nem légkondicionált légtér, a tárolási hőmérséklet 18 ± 1,5 °C.
- Napfény (NF): Nyugati fekvésű ablak, napsütötte hely. A tárolási hőmérséklet 41 ± 17 °C.
- Nedves körülmény (NK): Egy 37 °C-os szárítószekrénybe helyeztem a mintákat, víz felhasználásával párás környezetet indukálva. A víz pótlásáról folyamatosan gondoskodni kellett, így a hőmérséklet és páratartalom értéke ingadozó.
- Fagyasztás (FA) fagyasztószekrényben -18 °C-on.

A mért mintákat a gyártás napján vizsgált késekhez hasonlítottuk a kísérlet során, így az eredmények bemutatásánál mind a négy tárolási mód kiindulási értéke azonos volt az egyes mérési paraméterek esetében.

Törési teszt

A bioplasztik evőeszközök keménységének vizsgálatát vágásteszt segítségével végeztük, melyhez SMS TA.XT.plus típusú precíziós asztali penetrométert használtunk (Stable

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

Micro Systems, Surrey, Anglia). Az állománymérés során a késeket egy két pontos alátámasztással, az alátámasztási pontok között félúton felülről terheltük nyomóerővel, A/ECB (Extended Craft Knife) vágópenge segítségével, az alábbi mérési beállítások mellett:

- Mód: Measure Force in Compression
- Opció: Return to Start
- Sebességek:
    - mérés előtti sebesség: 1 mm/s
    - mérés közbeni sebesség: 1 mm/s
    - mérés utáni sebesség: 10 mm/s
- mérési deformáció: 20 mm
- trigger típusa: Auto
- trigger force: 0,049 N
- adatszám: 200 pps (point per seconds)

A kések pozicionálásánál úgy helyeztük el az alátámasztáson a vizsgálandó mintákat, hogy a felülről terhelő vágópenge a kés éle mögött 1 cm-rel a nyélen találja el. Használat során ugyanis ebben a pontban támasztjuk meg a mutató ujjunkkal a kést vágáskor. A mérést minden minta esetében hétszer hajtottuk végre.

A mérések során felvett törési erő-deformáció görbéket a készülék Exponent 6.1.11 szoftverével rögzítettük. A görbék kiértékelése Scilab 6.1.1 program segítségével, a programban megírt script megírásával és lefuttatásával történt. A görbékből meghatározott paraméterek a következők voltak (***4. táblázat***):

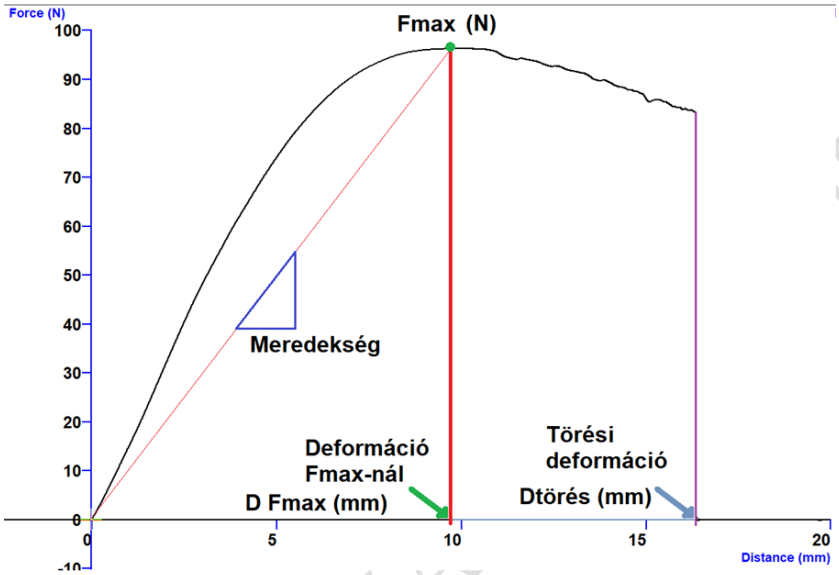
4. táblázat A mérés során meghatározandó paraméterek
(*Forrás: saját szerkesztés*)

Jelölés	Magyarázat	Mértékegység
M	"**Slope F_{max}**" a görbe meredeksége (M) a maximális erő pontjában	N/mm
F_{max}	"**F_{max}**" a törés során a maximális erő	N
D_{Fmax}	"**D at F_{max}**" a deformáció értéke a maximális erő értékénél	mm
A_1	"**A_1**" terület a maximális erőig tartó görbe alatti terület	Nmm
A_2	"**A_2**" terület a maximális erő utántól a maximális deformációig	Nmm
H	**Számolt érték: "A_2/A_1"** a két terület hányadosa (H) , ennek eltolódása jelentheti a vizsgált anyag megváltozását a tárolás során	-
$D_{törés}$	"**D fracture**" a deformáció értéke a törési pontban, ekkor válik ketté az anyag. Ennek az értéke megmutatja azt is, ha a kés nem tört el, mert akkor az érték a felvett adatpontok sűrűségétől függően a maximális deformációt adja meg. Ha az értéke kisebb, mint a maximális deformáció, akkor hamarabb eltört a kés és megkülönböztethetőek vele a különböző anyagösszetételű kések.	mm

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

A görbék kiértékelése mellett azok ábrázolása is Scilab segítségével történt, továbbá a kiértékelésnél valójában felhasznált paraméterek (M, F_{max}, D_{Fmax} és $D_{törés}$) eredményeit oszlopdiagramon ábrázoltam Excel MS 365 program segítségével. Ezeknek a paramétereknek az értelmezését a ***2. ábra*** szemlélteti.

2. ábra A TA.XT.plus műszerrel felvett törési teszt görbe alapján a kiértékelt paraméterek bemutatása (*Forrás: saját szerkesztés*)



Ugyanezen eredmények között az IBM SPSS 29.0 szoftver használatával, szignifikáns különbséget kerestünk ANOVA teszttel, majd post-hoc vizsgálattal (Tukey és Dunett's T3).

SZAKDOLGOZAT

4. Eredmények és értékelésük

A kiértékelést két szempontból közelítettem meg. Az egyik szempont a különböző tárolási módok hatásait hasonlítja össze a késfajták függvényében, míg a másik a tárolási idők hatását vizsgálja.

4.1 A mért görbék kiértékelése

A görbék kiértékelése Scilab program segítségével történt, mely során a görbeelemzés a következőképpen valósult meg:

- 1. lépésként a maximális törési erőt (F_{max}), és a hozzá tartozó deformációt (D_{Fmax}) határoztam meg (***3. ábra***)
- 2. lépésben történt a görbe meredekségének meghatározása a maximális erőig (***4. ábra***)
- végül meghatározásra került a maximális erőig tartó görbe alatti terület (A_1), a maximális erőtől a maximális deformációig tartó terület (A_2), e kettő hányadosa, és a törés pontban lévő deformáció értékének meghatározása ($D_{törés}$) (***5. ábra***).

3. ábra A törés során a maximális erő és a maximális erő pontjában való deformáció értékének kiszámítása Scilab segítségével
(Forrás: saját készítés)

```
// Data analysis
function Calculations(handles)
    tmp = handles.myData;
// X-Y data selection
    xd = tmp(:, 2);
    yd = tmp(:, 1);
// Starting point
    index0 = 1;
    x0 = xd(index0);
    y0 = yd(index0);
    printf("x0 = %.3f mm\n", x0);
    printf("y0 = %.4f N\n", y0);
// Fmax
    Fmax = max(yd);
    handles.edFmax.string = msprintf("%.4f", Fmax);
// D at Fmax
    index1 = find(yd == Fmax, 1);
    DFmax = xd(index1);
    handles.edDFmax.string = msprintf("%.4f", DFmax);

    printf("Fmax = %.4f N\n", Fmax);
    printf("DFmax = %.4f mm\n", DFmax);
```

SZÁ T Nagy Brigitta

4. ábra A meredekség meghatározása Scilab segítségével
(Forrás: saját készítés)

```
// Slope Fmax
    x = xd(1:index1);
    y = yd(1:index1);

    if length(x) > 1 then
        Fmax = y(length(y));
        F1 = y(1);
        Dmax = x(length(x));
        D1 = x(1);
    deltaY = Fmax - F1;
    deltaX = Dmax - D1;
    if deltaX ~= 0 then
        SlopeFmax = deltaY / deltaX;
    else
        SlopeFmax = 0;
    end
else
    SlopeFmax = 0;
end
    handles.edSlopeFmax.string = msprintf("%.4f", SlopeFmax);
    printf("SlopeFmax (manual calculation) = %.4f N/mm\n", SlopeFmax);
    printf("Fmax = %.4f N, F1 = %.4f N, Dmax = %.4f mm, D1 = %.4f mm\n", Fmax, F1, Dmax, D1);
    printf("deltaY = %.4f N, deltaX = %.4f mm\n", deltaY, deltaX);
```

5. ábra A maximális erőig tartó görbe alatti terület (A_1), a maximális erő utántól a maximális deformációig tartó terület (A_2), e kettő hányadosa, és a törés pontban lévő deformáció értékének meghatározása Scilab segítségével
(Forrás: saját készítés)

```
// A1
    xd1 = xd(1:index1);
    yd1 = yd(1:index1);
    matrix1 = zeros(length(xd1), 1);
    for i = 2:length(xd1)
        matrix1(i) = ((yd1(i) + yd1(i-1)) / 2) * (xd1(i) - xd1(i-1));
    end
    A1 = sum(matrix1);
    handles.edA1.string = msprintf("%.4f", A1);
    printf("xd1: ");
    disp(xd1);
    printf("yd1: ");
    disp(yd1);
    printf("matrix1: ");
    disp(matrix1);
    printf("A1 = %.4f Nmm\n", A1);
// A2
    xd2 = xd(index1:$);
    yd2 = yd(index1:$);
    matrix2 = zeros(length(xd2), 1);
    for i = 2:length(xd2)
        matrix2(i) = ((yd2(i) + yd2(i-1)) / 2) * (xd2(i) - xd2(i-1));
    end
    A2 = sum(matrix2);
    handles.edA2.string = msprintf("%.4f", A2);
    printf("xd2: ");
    disp(xd2);
    printf("yd2: ");
    disp(yd2);
    printf("matrix2: ");
    disp(matrix2);
    printf("A2 = %.4f Nmm\n", A2);
// H
    H = A2 / A1;
    handles.edH.string = msprintf("%.4f", H);
    printf("H = %.4f\n", H);
// Dfracture
    [Fmax, abs_pos_max_index] = max(yd);
    forward_indices = abs_pos_max_index:length(yd);
    [min_force, min_force_index] = min(yd(forward_indices));
    Dfracture = xd(forward_indices(min_force_index));
    handles.edDfracture.string = msprintf("%.4f", Dfracture);
    printf("Dfracture = %.4f mm\n", Dfracture);
```

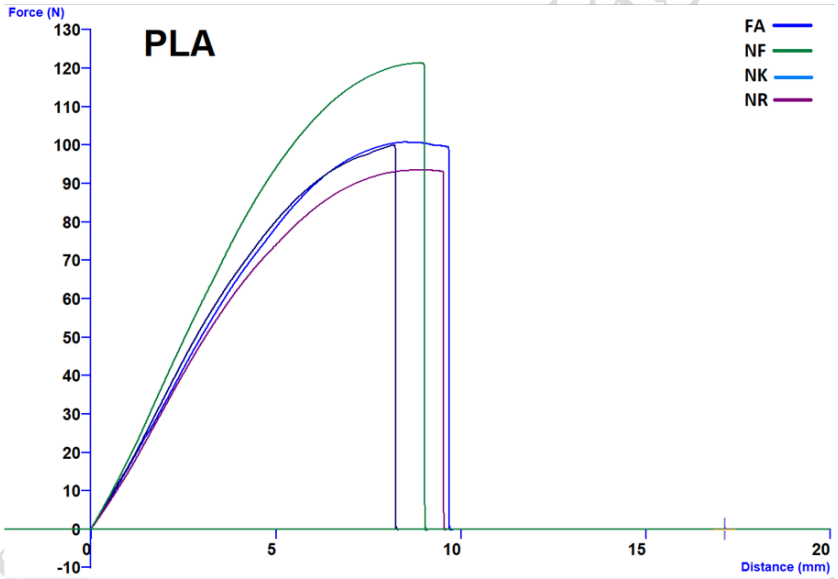
4.2 A törési görbék jellemzése

A kísérlet során a négy féle tárolási mód között a törési görbe felvétele során megmutatkozott a különbség, ezért először a különböző fajtájú kések görbéit szeretném bemutatni a 12. tárolási héten (6-10. ábrák). Mivel minden ábrán csak 1-1 jellegzetes görbét láthatunk a különböző tárolási módok esetében, ezekből a görbékből nem lehet a csoportokra nézve egységes képet adni, csupán a görbék alakjára szeretném felhívni a figyelmet.

A kísérlet során négy különböző tárolási módot alkalmaztunk, ezek a következők voltak: normál raktározási körülmény (NR), napfény (NF), nedves körülmény (NK) és fagyasztás (FA).

A PLA kések (***6. ábra***) esetében megállapítható, hogy a kések eltörése minden tárolási körülményen sikeres volt, a törési deformáció értékek ($D_{törés}$) nagyon hasonlóak voltak.

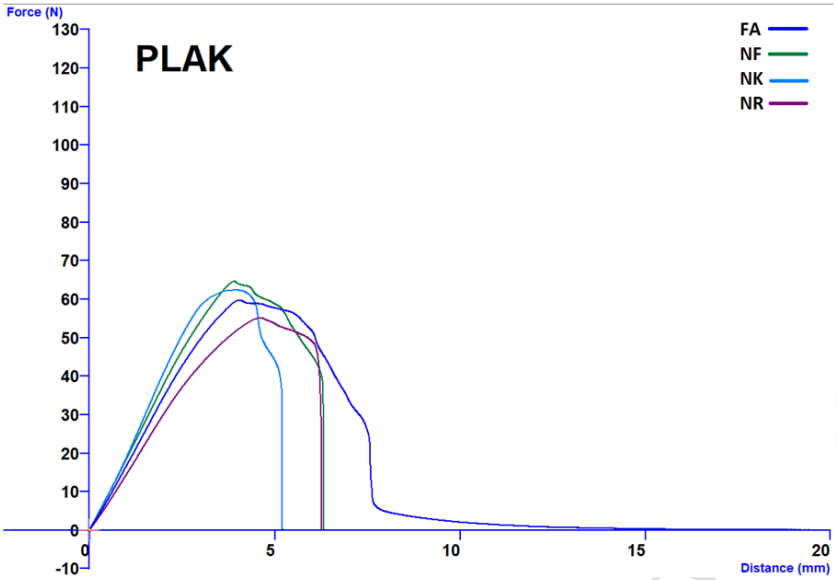
6. ábra A PLA kések 1-1 jellemző törési görbéje a 12. tárolási héten a tárolási módok esetén
(Forrás: saját készítés)



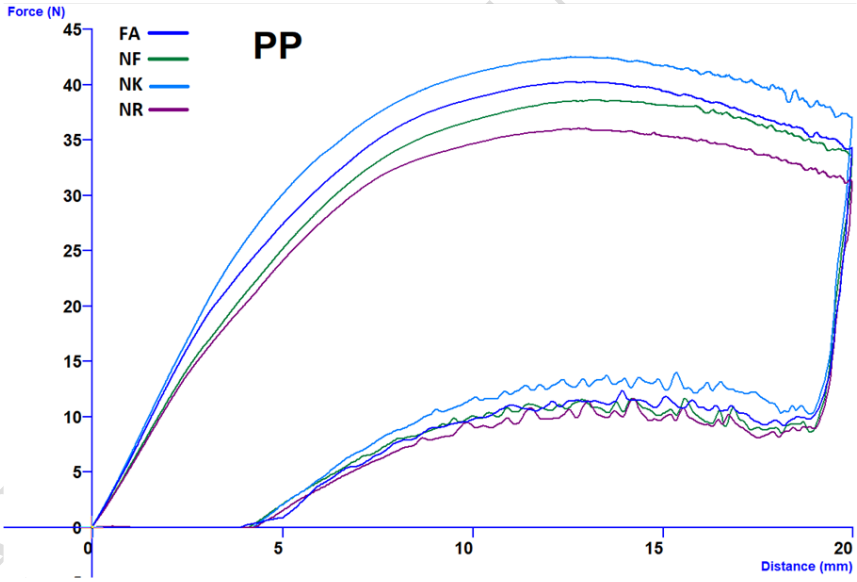
A PLAK kések (***7. ábra***) eltöréséhez a PLA késekhez képest alacsonyabb volt a szükséges törési erő és a görbék alakja azt mutatja, hogy hosszabban elhúzódó volt a törés szakasza. Ez a viselkedés mind a négy tárolási körülmény esetén jellemző volt.

A ***8. ábrán*** látható PP és ***9. ábrán*** lévő PS kések esetében törésre nem került sor, ám mindkét késtípusnál látható a maximális erőt követő lassú erőcsökkenés, és a görbék zajossá válása. Ez utóbbi jelenség azzal magyarázható, hogy a kések a terhelés hatására fokozatosan repedni kezdtek. Ez megfigyelhető mindegyik tárolási mód esetében. A PS kések repedése kb. 10 mm deformálódás mellett jelent meg, míg a PP késeknél ez csak 15 mm körül jelentkezett. Ezeknél a késeknél a törési deformáció érték egybeesik a maximális deformáció értékével.

7. ábra A PLAK kések 1-1 jellemző törési görbéje a 12. tárolási héten a tárolási módok esetén
(Forrás: saját készítés)

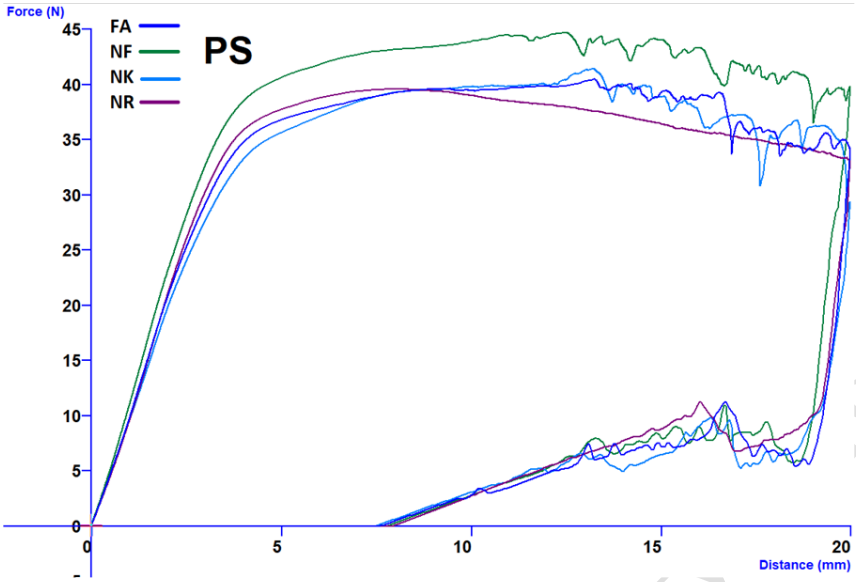


8. ábra A PP kések 1-1 jellemző törési görbéje a 12. tárolási héten a tárolási módok esetén
(Forrás: saját készítés)

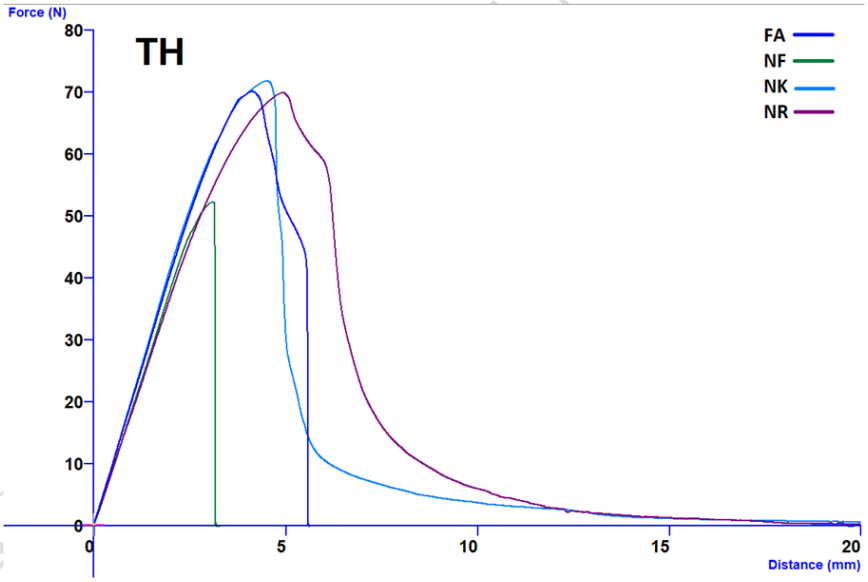


A TH kések (***10. ábra***) a PLA és PLAK késekhez hasonlóan határozott törési erővel rendelkeztek, a maximális törési erőt követően szinte azonnal visszaesett az erő értéke, ám itt a normál raktári (NR) és nedves környezet (NK) mintáinál lassabb volt a csökkenés, ami a méréskor azt jelentette, hogy a törés nem határozott volt, hanem a kettéválás fokozatosan történt.

9. ábra A PS kések 1-1 jellemző törési görbéje a 12. tárolási héten a tárolási módok esetén
(Forrás: saját készítés)



10. ábra A TH kések 1-1 jellemző törési görbéje a 12. tárolási héten a tárolási módok esetén
(Forrás: saját készítés)



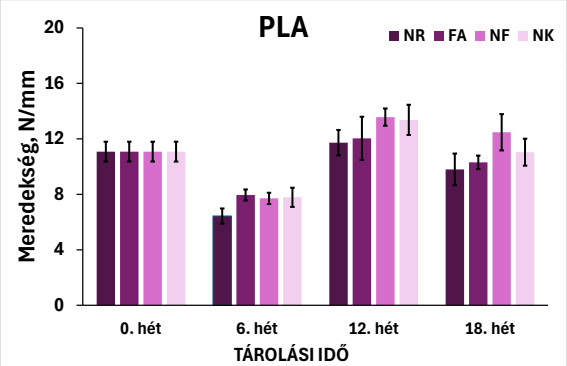
A törésteszt után elkészült képek dokumentálás céljából készültek, és azokat szeretném megjeleníteni, ahol a kések nem törtek el, csak látványosan meghajlottak, vagy meghajlás után felvették eredeti állapotukat. A különböző bioplasztik kések közül, a hagyományos, szintetikus műanyag PS és PP kések bizonyultak törhetetlennek. A kések egyik tárolási módnál sem törtek el, így a normál raktározás körülményén az összes mérés fotói, a többi tárolási módnál pedig az utolsó mérés, a 18. hét fotói megtalálhatóak a mellékletben (31-34. ábrák).

A folytatásban szeretném bemutatni az egyes késfajták esetében a tárolási mód és a tárolási idő hatását, a törési görbe meghatározott paraméterei alapján.

4.3 Meredekség

A ***11. ábrán*** a ***PLA*** kések törése során felvett erő-deformáció görbe maximális törési erőig tartó meredekség értékei láthatóak. A ***tárolási módok*** között különbségek láthatóak. A legkisebb meredekség értéket a normál tárolási körülmények (NR) között tárolt kések mutatták, ezeket követte a fagyasztóban tárolt (FA), majd a nedves környezetben tárolt (NK) végül a napfénynek kitett (NF). AZ NF és NK tárolás eredményei mutatták a nagyobb szórást.

11. ábra A PLA kések törési görbéinek átlagos meredeksége a szórásokkal a négy tárolási mód esetén *(Forrás: saját készítés)*



A ***11. ábrát*** megfigyelve a ***tárolási idő*** előrehaladtával mind a négy tárolási mód azonos tendenciát követett, a 6. héten mutatták a törési görbék a legkisebb meredekséget, a 12. héten a legmagasabbat és a 18. héten az értékek mindegyiknél visszaestek. A tárolási idő előrehaladtával az NF és NK körülményen tárolt késeknél a szórás nőtt, ez magyarázható az NF tárolásnál a júniustól októberig tartó naperősség változásával, valamint a nappalok és éjszakák váltakozásával. Az NK tárolási módú késeknél a szárítószekrényben a szükséges folytonos vízpótlás okozhatta az ismétlések nagyobb mértékű eltérését.

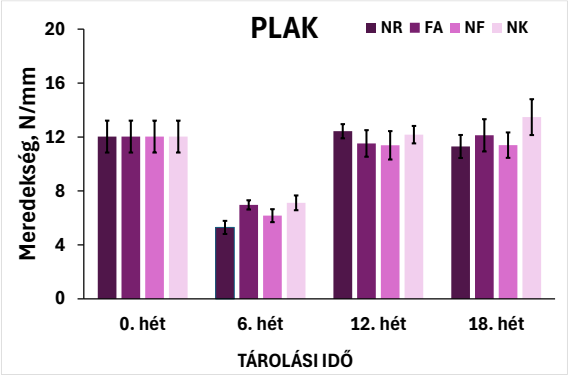
A ***12. ábrán*** látható meredekség értékek a ***PLAK*** kések esetében a ***tárolási módok*** között nagy különbség nem tapasztalható, a legmagasabb értéket a nedves körülmények között tárolt (NK) kések mutatták.

A ***12. ábrát*** a ***tárolási idő*** szerint vizsgálva megállapítható, hogy minden tárolási módnál a kezdeti csökkenést követően, a tárolási idő múlásával megnőtt a meredekség értéke. Ez alapján úgy tűnik, hogy a kések kezdetben elvesztették merevségüket, de ezután nőtt a merevségük. A 12. és 18. hét eredményei azonban közel azonos értéket adtak a napfényen tárolt

SZAKDOLGOZ Brigitta

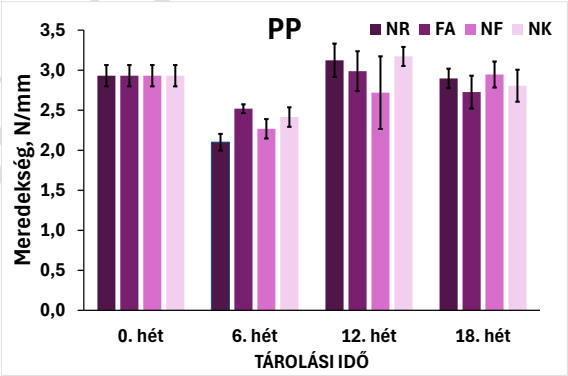
(NF) minták esetében, de ezekhez közeli és kissé magasabb meredekség értéke volt a NR és FA mintáknak is. A NK tárolásnál látszik nagyobb változás a 12. és 18. hét között.

12. ábra A PLAK kések törési görbéinek átlagos meredeksége szórásokkal a négy tárolási mód esetén *(Forrás: saját készítés)*



A ***13. ábrán*** a ***PP*** kések törési görbéjének meredeksége látható. A tárolási módok tekintetében elmondható, hogy a legkisebb szórása az NR csoportnak volt, míg a legnagyobb a napfénynek kitett NF csoportnak. A nagy szórás a változó napfényterhelés miatt inhomogénebbé tehette a késeket. Megjegyzendő azonban, hogy a PP kések a törési teszt során nem törtek el, csak a maximális deformációhoz közeledve repedezni kezdtek. Ebből az okból kifolyólag a különböző mérési időkben nem figyelhető meg egy „mintázat" a kések viselkedésében a tárolási módok összehasonlításakor.

13. ábra A PP kések törési görbéinek átlagos meredeksége szórásokkal a négy tárolási mód esetén *(Forrás: saját készítés)*



A ***tárolási idő*** szerint összehasonlítva a késeket elmondható, hogy az NF csoport esetében egyértelműen csökkent a meredeksége a görbéknek, azonban a kontroll (0. napi) mintához képest a 6. heti visszaesést követően növekszik minden kés esetében az érték. A másik három tárolási mód esetében a 12. héten növekedés, majd a 18. hétre visszaesés volt tapasztalható.

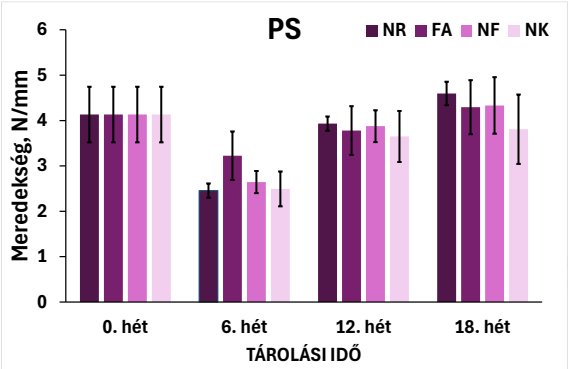
A ***PS*** kések, hasonlóan a PP késekhez nem törtek, csupán repedtek a deformálódás során. Ha a ***14. ábrát*** megnézzük, látható, hogy a ***tárolási módok*** alapján eltérő mértékű a

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

csoportok szórása, és nem látszik nagy különbség az egyes tárolási módok között. A legkisebb értéke a nedves körülmények között tárolt NK csoportoknak volt.

A ***tárolási idő*** alapján azonban növekedett a meredekség, azaz merevedtek a kések. A normál raktár körülményeken tárolt NR csoportoknál figyelhető meg a legnagyobb növekedés, de mindegyiknél megfigyelhető ugyanez a növekvő tendencia.

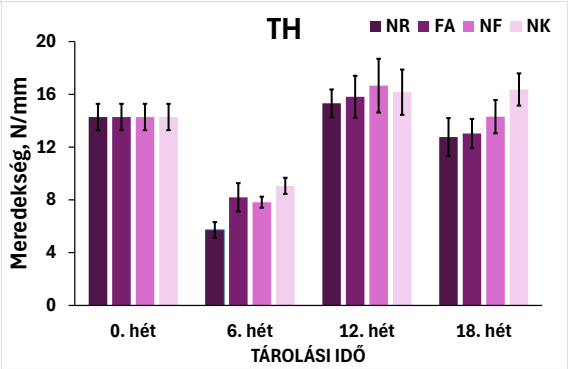
14. ábra A PS kések törési görbéinek átlagos meredeksége szórásokkal a négy tárolási mód esetén *(Forrás: saját készítés)*



A ***TH***, azaz a tojáshéj őrleménnyel dúsított kések esetében a ***tárolási módok***at összehasonlítva az NK csoportok értékei voltak a legnagyobbak, míg az NR csoporté a legkisebb, ám a szórása a FA csoportnak a legmagasabb.

A ***tárolási idő*** a 0. napi friss mintákhoz képest a 6. heti visszaesést egy, a kezdeti mintákat meghaladó meredekségnövekedés követte a 12. hétre, majd egy visszaesés a 18. hétre. Ez alól a NK csoportok voltak kivételek, mert itt megmaradt a növekvő tendencia, ám a nagy szórás miatt a 12. és 18. heti csoportok szinte azonosak voltak ***(15. ábra)***.

15. ábra A TH kések törési görbéinek átlagos meredeksége a szórásokkal a négy tárolási mód esetén *(Forrás: saját készítés)*



Összességében elmondható, hogy a meredekség nem elég meggyőző indikátora a kések viselkedésének elemzésére, emellett a szórásértékek azt sugallják, hogy ez alapján a paraméter alapján indokolt lenne a csoportokon belüli mintaszámot növelni.

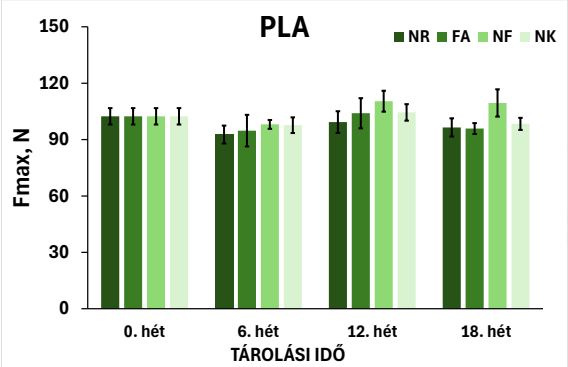
SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

4.4 Maximális törési erő

A maximális törési erő eredményeit a következőkben szeretném bemutatni.

A ***PLA*** kések esetében a maximális törési erő a ***tárolási mód*** szerint a normál raktározási mód (NR) esetén mutatta a legalacsonyabb értéket, míg a legmagasabbat a napfényen tárolt (NF) minták mutatták. Szignifikáns különbség nem volt jellemző a tárolási módok között (***16. ábra***).

16. ábra A PLA kések maximális törési ereje a szórásokkal a négy tárolási mód esetén
(Forrás: saját készítés)

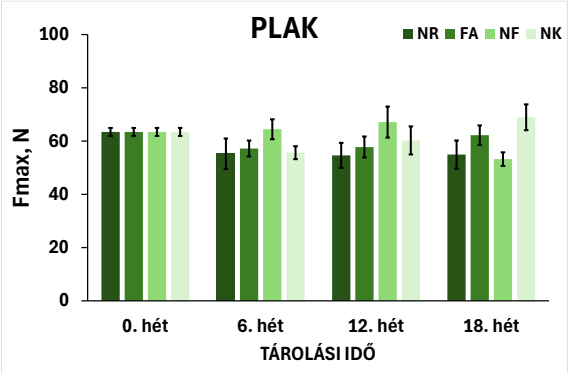


A ***tárolási idő*** jelentős változást nem eredményezett a maximális törési erőben, csupán enyhe növekedés mutatkozott mindegyik tárolási módnál. A növekedés mértéke nem okozott szignifikáns különbséget. Ez alapján kijelenthető, hogy a kések nem keményedtek túlzott mértékben, a napfény hatása azonban a 12. és 18. héten magasabb volt már a kontrollhoz képest. A napfény ezáltal keményebbé tette a késeket, de a nedves körülmények között tárolt késeknél is tapasztalható volt a keményedés. Legkisebb mértékben az NR csoportok változtak.

A ***17. ábrán*** látható ***PLAK*** kések törési ereje a ***tárolási módok*** összehasonlításában különbséget mutatott a nagyobb törési erőnél eltört NK csoport és a kisebb erő mellett eltört NR, valamint FA csoportok között. A ***tárolási idő*** hatását vizsgálva megfigyelhető, hogy a napfényen tárolt minták eltöréséhez nagyobb erő kellett kezdetben, ám ez visszaesett a 18. hétre. Ha figyelembe vesszük, hogy a PLAK kések a meleg hatására keményedést mutatnak, akkor lehetséges, hogy az augusztus és szeptemberi napfény alacsonyabb hőmérséklete és a napfényes órák számának csökkenése okozhatta a tárolás végére a törési erő értékének visszaesését.

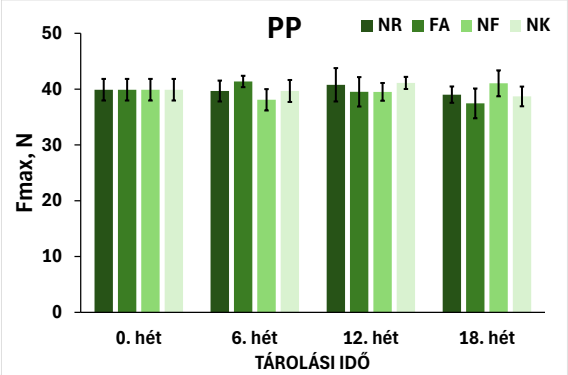
SZAKDOLGOZAT ... Brigitta

17. ábra A PLAK kések maximális törési ereje a szórásokkal a négy tárolási mód esetén
(Forrás: saját készítés)



A ***18. ábrán*** látható ***PP*** késekről tudjuk, hogy nem törtek el a mérések során, csupán repedések mutatkoztak a terhelés hatására. A jelenséget tapasztalva nem meglepő, hogy kisebb-nagyobb szórásokkal, de a ***tárolási módok*** közel azonos eredményt mutattak. Tendencia nem figyelhető meg a ***tárolási idő*** során sem.

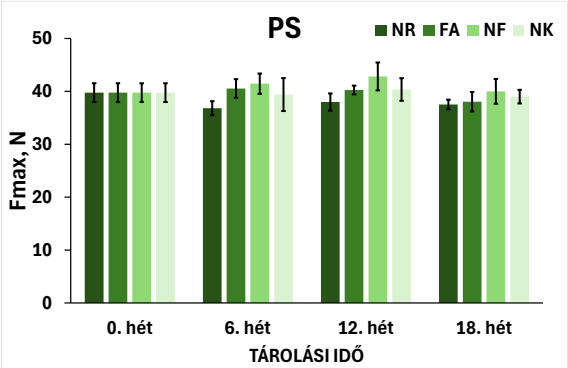
18. ábra A PP kések maximális törési ereje a szórásokkal a négy tárolási mód esetén
(Forrás: saját készítés)



A ***PS*** kések a PP késekhez hasonlóan szintén nem törtek el, azonban különbség figyelhető meg a tárolási módok között és a tárolási idő szerint is (***19. ábra***). A ***tárolási módok*** közül a normál raktári tárolás (NR) esetén voltak a legpuhábbak a kések, míg a napfényen tároltak (NF) voltak a legkeményebbek. A fagyasztóban (FA) és párás környezetben tárolt (NK) kések esetében a maximális erő közel azonos volt. A ***tárolási idő*** során csekély mértékben nőtt az ellenállása az NR késeknek, a TH kések értéke ezzel szemben kissé csökkent. A másik két csoport nem mutatott számottevő változást.

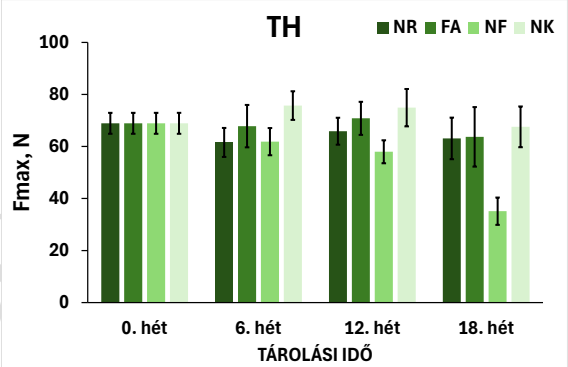
SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

19. ábra A PS kések maximális törési ereje a szórásokkal a négy tárolási mód esetén
(Forrás: saját készítés)



A ***20. ábrán*** látható tojáshéj őrleménnyel készült kések (***TH***) a különböző tárolási körülményeken más keménységgel bírtak. A ***tárolási módok*** közül a nedves körülmények között tárolt kések (NK), és a fagyasztóban tárolt kések (FA) átlagos keménysége egymáshoz közelinek mondható, a csoportok szórása 15-20 % közötti, a két tárolási mód értéke erős átfedést mutat, de a fagyasztóban tárolt minták puhábbnak tűntek. A napfényen tárolt minták azonban a többi csoporthoz képest már kisebb erőnél eltörtek. A ***tárolási idő*** hatása ennél a csoportnál figyelhető meg a legjobban, a 18. hétre az eredeti törési erő a felére esett vissza.

20. ábra A TH kések maximális törési ereje a szórásokkal a négy tárolási mód esetén
(Forrás: saját készítés)



A maximális törési erő kapcsán összességében elmondható, hogy a PP késeknél nem figyelhető meg tendencia a tárolási időben, és az egyes tárolási módok sem térnek el egymástól. Emellett azonban a többi késfajtánál a napfényen tárolt csoportoknál látszik a legnagyobb változás az időben. PLA, a PLAK kések esetében ez az erő a legnagyobb, míg a TH késeknél a legkisebbnek bizonyult. A PS kések annak ellenére, hogy nem törtek el a terhelés során, mégis értékelhető módon látszódtak különbségek az egyes tárolási módok között.

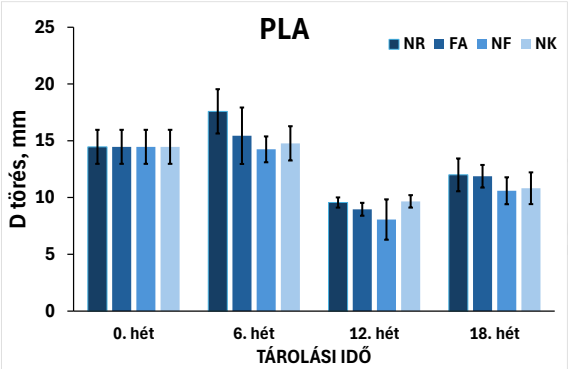
4.5 Törési deformáció

A törési deformáció a kések terhelése során az a deformáció volt, ahol valójában eltörtek a kések. Ez az érték nem esett egybe a maximális törési erőnél mért deformációval.

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

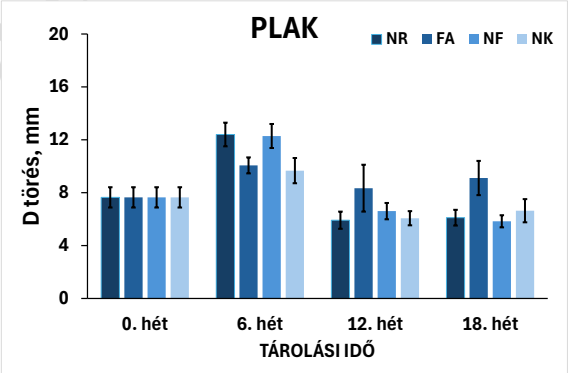
A ***PLA*** késeknél a ***tárolási módokat*** összehasonlítva, a normál raktárban tárolt kések magasabb deformációs érték mellett törtek el, a legkisebb deformáció a napfényen tárolt késeknél volt tapasztalható. Ez azt jelenti, hogy amennyiben kisebb deformáció elegendő a töréshez, akkor az a kés merevebb és keményebb. A ***tárolási időt*** vizsgálva a 6. héten az értékek nagyabbak voltak, majd a 12. héten egy csökkenés történt, végül a 18. héten emelkedtek újra az értékek (***21. ábra***).

21. ábra A PLA kések törési deformációja a szórásokkal a négy tárolási mód esetén
(Forrás: saját készítés)



A ***PLAK*** kések ***tárolási mód*** alapján a PLA késekhez képest kisebb deformációnál törtek el, és a fagyasztva tárolt késeknél ez az érték kiemelkedően magasabb. A ***tárolási idő*** a 6. héten a kezdetinél magasabb értékeket adott, ám ezt követően a 12. és 18. heti eredmények szinte azonosak voltak egymással minden tárolási mód esetében. Az NR, NF és NK csoportok egymáshoz hasonló értékeket adtak, szignifikáns különbség nem mutatkozott (***22. ábra***).

22. ábra A PLAK kések törési deformációja a szórásokkal a négy tárolási mód esetén
(Forrás: saját készítés)

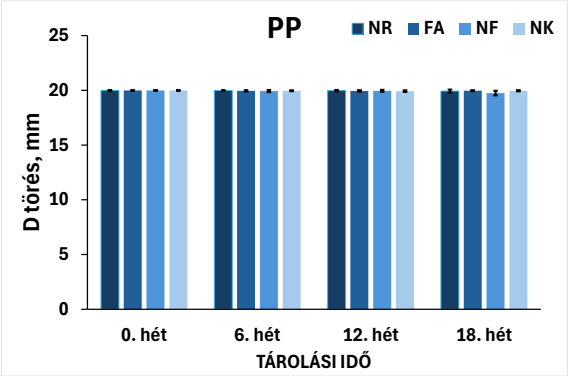


A ***PP*** kések esetében (***23. ábra***) látható, hogy a kések nem törtek el, mert a törési deformáció értéke egybeesik a maximális terhelési deformációval. Ezeket a késeket nagy rugalmasság jellemzi, ami a tárolási idő során sem csökkent. A csekély szórás annak tulajdonítható, hogy egyes késeknél a csoportokon belül a repedésre utaló jelek közel a

SZAKDOLGOZAT Brigitta

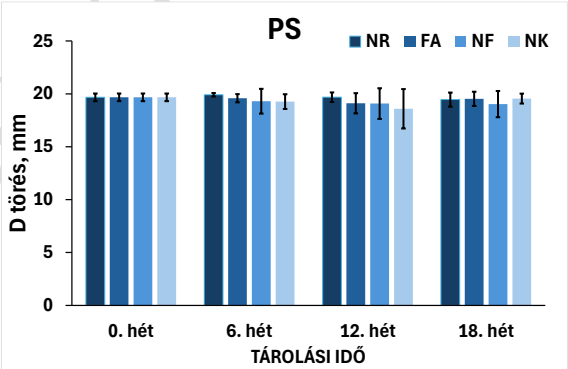
maximális, 20 mm-es deformációig tartó terhelés előtt néhány adatponttal korábban jelentkeztek.

23. ábra A PP kések törési deformációja a szórásokkal a négy tárolási mód esetén
(Forrás: saját készítés)



A ***24. ábrán*** látható ***PS*** kések esetében hasonló jelenség látható, mint a PP kések esetében. Itt azonban nagyobb a szórás, mert itt az egyes csoportokban voltak kések, amelyek 17 mm deformációt követően már megrepedtek. Megfigyelhető továbbá, hogy a ***tárolási módok*** között a nagy szórás miatt szignifikáns különbség nincs, de az átlagértékekben némi különbség figyelhető meg. A napfényen (NF) és nedves környezetben (NK) tárolt mintáknál több kés repedt el, mint a másik két módon tároltnál. A ***tárolási idő*** alapján minden mód esetében némi csökkenés figyelhető meg az idő múlásával.

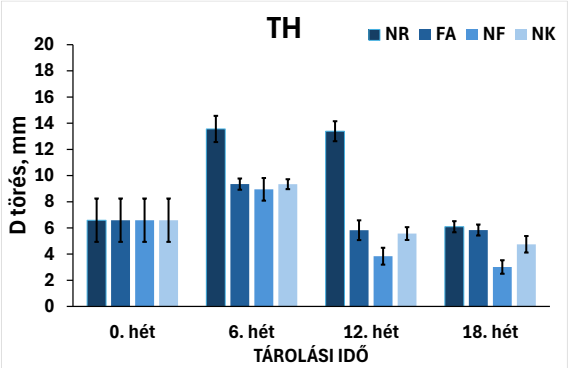
24. ábra A PS kések törési deformációja a szórásokkal a négy tárolási mód esetén
(Forrás: saját készítés)



A ***TH*** (tojáshéj őrleménnyel dúsított) kések esetében (***25. ábra***) a normál, raktári környezetben tárolt kések esetén volt a legnagyobb törési deformáció, és minden ***tárolási módú*** kés eltört a kísérletek során. Meg kell azonban jegyezni, hogy a kisebb törési deformáció a merevebb viselkedésre utal, és ez azt jelenti, hogy az NF csoport esetében a kések szerkezete a legkeményebb volt. A ***tárolási idő*** múlásával egy szerkezeti merevedés volt megfigyelhető az összes késcsoportnál, azaz csökkent a törési deformáció. A szórások a csoportokon belül az idő múlásával nem változtak nagy mértékben.

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

25. ábra A TH kések törési deformációja a szórásokkal a négy tárolási mód esetén
(Forrás: saját készítés)



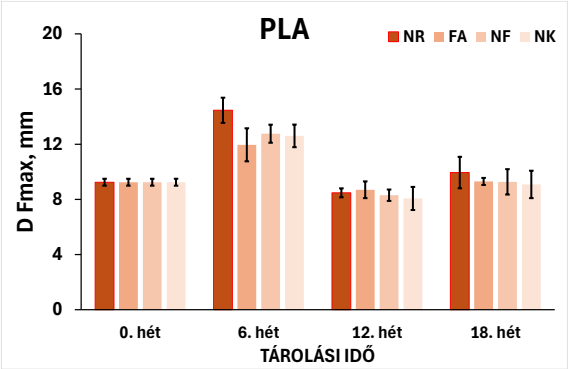
A törési deformáció alapján elmondható, hogy a PP és PS kések csak egyes esetekben repedt, illetve törtek el, a törés jellemzőbb volt a PS késekre. Emellett a PLA, PLAK és TH késeknél különbség mutatkozik a tárolási módok között, mert a napfénynek kitett NF minták alacsonyabb deformációnál törtek a másik három módhoz képest. A normál raktári tárolás rugalmasabbá tette a késeket, míg a napfény merevebbé. A fagyasztásnak és magasabb páratartalmú térnek nem volt akkora hatása, mint a raktári környezetnek, és hasonló, bár kisebb mértékű változás volt tapasztalható a csoportoknál.

4.6 Maximális törési erőhöz tartozó deformáció

A törési teszt során vizsgált paraméterek közül az utolsó paraméter a maximális törési erőhöz tartozó deformáció volt.

A ***PLA*** kések (***26. ábra***) esetében a ***tárolási módokat*** összevetve a raktárban tárolt (NR) kések deformációja volt a legnagyobb, ami a maximális erőnél jelentkezett. A többi módon tárolt kések átlagos deformáció értéke adott időpontban közel azonos volt, csak a szórásban mutatkozott nagyobb eltérés. A ***tárolási idő*** szempontjából a 6. héten mindegyik helyen növekedett a deformáció a kezdeti időpontban mérte értékekhez képest, majd csökkenés mutatkozott. Az NF és NK csoportok szórása nőtt az idő múlásával.

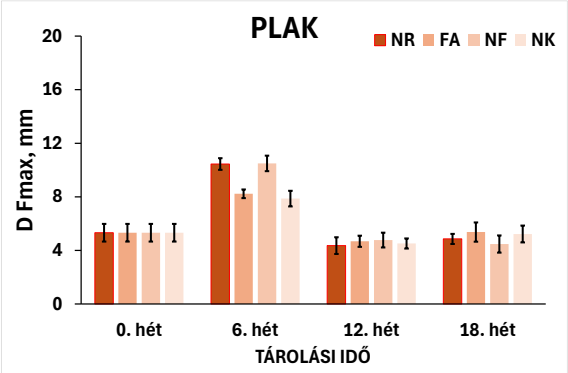
26. ábra A PLA kések maximális erőhöz tartozó deformációja szórásokkal a négy tárolási módnál
(Forrás: saját készítés)



SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

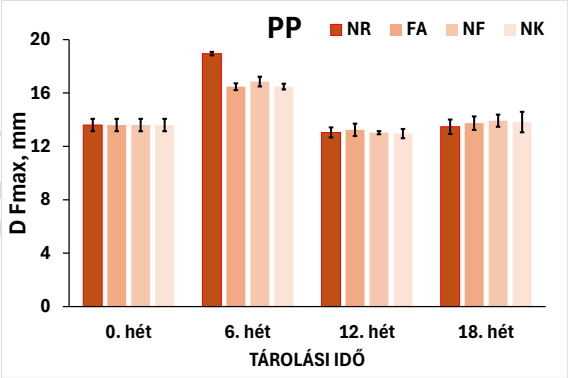
A ***PLAK*** kések a PLA késekkel azonos módon viselkedtek, azonban a deformáció értékek kb. 30 %-kal kisebbek voltak (***27. ábra***).

27. ábra A PLAK kések maximális erőhöz tartozó deformációja szórásokkal a négy tárolási módnál
(Forrás: saját készítés)



A ***PP*** kések deformáció értékeinek alakulása a ***28. ábrán*** látható. Leszámítva a 6. heti kiugrást a raktárban tárolt kések esetében elmondható, hogy a ***tárolási módok*** között szignifikáns különbség nem volt. Emellett a ***tárolási idő*** alapján a 6. héten nagyobb deformáció mellett mértük a maximális erőket, ezt követően az értékek közel a tárolási kísérlet kezdeti értékét mutatták. A csekély mértékű eltérések összefüggésben lehetnek azzal, hogy ezek a kések a kísérlet során nem törtek el.

28. ábra A PP kések maximális erőhöz tartozó deformációja szórásokkal a négy tárolási módnál
(Forrás: saját készítés)

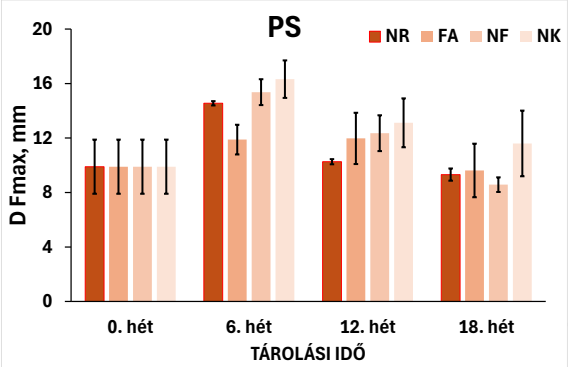


A ***PS*** kések maximális erőhöz tartozó deformáció eredményei a ***29. ábrán*** láthatóak. A ***tárolási módok*** között nagyobb különbségek figyelhetők meg annak ellenére, hogy ezek a kések sem törtek el a terhelés hatására, csupán kezdődő repedések mutatkoztak, de nem minden késnél az egyes csoportokon belül. A nagyobb deformációk a napfény és párás környezet esetében voltak megfigyelhetőek. A deformáció értékek emellett nagy szórást is mutattak, ez a kések szerkezeti viselkedésére utalhat, mert a repedés fokozatosan jelentkezett a terhelés növelésével, és már a maximális erőt követően látszott. A kések formázása során eltérő lehetett az anyag homogenitása, esetleg sűrűsége, aminek köszönhetően a maximális erőhöz tartozó deformáció

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

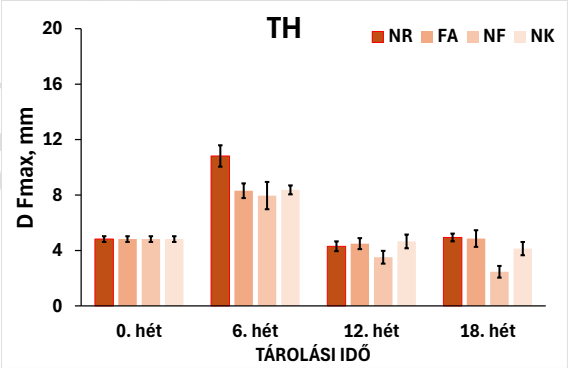
merevebbnek vagy rugalmasabbnak mutatta a szerkezetet. A ***tárolási idő*** alapján csökkenés figyelhető meg az összes tárolási mód esetében, ami a napfényen tárolt (NF) minták esetében a tárolási kísérlet végére szignifikáns különbséget eredményezett.

29. ábra A PS kések maximális erőhöz tartozó deformációja szórásokkal a négy tárolási módnál *(Forrás: saját készítés)*



A tojáshéj tartalmú ***TH*** kések esetében a ***30. ábrán*** látszik, hogy a ***tárolási módok*** közül a legnagyobb deformációt a maximális erőnél a raktárban (NR) tárolt kések szenvedték el, míg a legkisebbet a napfényen tároltak (NF). A fagyaszóban és nedves körülményen tárolt kések egymáshoz képest hasonlóan viselkedtek, a raktárban és napon tárolt minták értékei közé estek a deformáció értékeik. A ***tárolási idő*** növekedésével csökkenés mutatkozott a deformációban minden tárolási helyen, ami az anyag merevedését jelenti.

30. ábra A TH kések maximális erőhöz tartozó deformációja szórásokkal a négy tárolási módnál *(Forrás: saját készítés)*



A maximális törési erő értékénél mért deformáció a 6. héten növekedett, ezt követően alacsonyabb értékek mellett jelentkezett a törési erő. PLA és PS kések közel azonos deformációkat mutattak, ahogy a PLAK és TH kések is hasonlóan viselkedtek. A PP késeknél jelentkezett a legnagyobb deformáció az összes késfajta közül.

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

4.7 ANOVA eredmények

Az egyes késcsoportok esetében elvégeztük az ANOVA elemzést, hogy szignifikáns különbséget keressünk a tárolási mód és a tárolási idő alapján. Az ***5. táblázat***ban a PLA kések meredekség (bal oldalt) és F_{max} (jobb oldalt) eredményei láthatóak.

5. táblázat A PLA kések töréstesztnél meghatározott meredekség [N/mm] (bal) és F_{max} [N] (jobb) ANOVA eredményei a négy tárolási módnál a teljes tárolás alatt ($p<0,05$)
(Forrás: saját készítés)

MEREDEKSÉG

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	+															
NR 12. hét	-	+														
NR 18. hét	-	+	-													
FA 0. hét	-	+	-	-												
FA 6. hét	+	+	+	+	+											
FA 12. hét	-	+	-	+	-	+										
FA 18. hét	-	+	-	-	-	+	+									
NF 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-								
NF 6. hét	+	+	+	+	+	-	+	+	+							
NF 12. hét	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
NF 18. hét	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+					
NK 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-				
NK 6. hét	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+			
NK 12. hét	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+		
NK 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	

MAXIMÁLIS ERŐ

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	-															
NR 12. hét	-	-														
NR 18. hét	-	-	-													
FA 0. hét	-	-	-	-												
FA 6. hét	-	-	-	-	-											
FA 12. hét	-	-	-	-	-	-										
FA 18. hét	-	-	-	-	-	-	-									
NF 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-								
NF 6. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
NF 12. hét	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+						
NF 18. hét	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
NK 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
NK 6. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-			
NK 12. hét	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
NK 18. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	

Az 5. táblázatban látható, hogy a PLA kések mérésénél a meredekség esetében zömmel a 6. heti minták mutatnak szignifikáns különbséget a többi csoporttól, míg a maximális erő esetében nem látható tipikus mintázat az ANOVA táblázatban.

Az ***6. táblázat***ban a PLA kések maximális erőnél mért deformáció (bal oldalt) és törési deformáció (jobb oldalt) eredményei láthatóak.

6. táblázat A PLA kések töréstesztnél meghatározott deformáció az F_{max} pontban [mm] (bal) és a törési deformáció [mm] (jobb) ANOVA eredményei négy tárolási módnál teljes tárolás alatt ($p<0,05$)
(Forrás: saját készítés)

DEFORMÁCIÓ A MAXIMÁLIS ERŐNÉL

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	-															
NR 12. hét	-	+														
NR 18. hét	-	+	-													
FA 0. hét	-	+	-	-												
FA 6. hét	+	+	+	+	+											
FA 12. hét	-	+	-	-	-	+										
FA 18. hét	-	+	-	-	-	+	-									
NF 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-								
NF 6. hét	+	+	+	+	+	-	+	+	+							
NF 12. hét	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+						
NF 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-					
NK 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-				
NK 6. hét	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+			
NK 12. hét	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+		
NK 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	

TÖRÉSI DEFORMÁCIÓ

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	+															
NR 12. hét	+	+														
NR 18. hét	-	+	-													
FA 0. hét	-	+	+	-												
FA 6. hét	-	-	+	+	-											
FA 12. hét	+	+	-	+	+	+										
FA 18. hét	-	+	-	-	+	+	+									
NF 0. hét	-	+	+	-	-	-	+	+								
NF 6. hét	-	+	+	-	-	-	+	-	-							
NF 12. hét	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+						
NF 18. hét	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-					
NK 0. hét	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+				
NK 6. hét	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-			
NK 12. hét	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+		
NK 18. hét	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	-	

A maximális erőhöz tartozó deformáció a meredekséghez hasonlóan a 6. heti minták szignifikáns különbségét mutatja, míg a törési deformáció a 12. és 18. heti mintája tér el több esetben a 0. és 6. heti mintáktól, míg a 0. és 6. heti minták, valamint a 12. és 18. heti minták egymástól nem különböznek szignifikánsan.

Az ***7. táblázat***ban a PLAK kések meredekség (bal oldalt) és F_{max} (jobb oldalt) eredményei láthatóak.

7. táblázat A PLAK kések töréstesztnél meghatározott meredekség [N/mm] (bal) és F_{max} [N] (jobb) ANOVA eredményei a négy tárolási módnál a teljes tárolás alatt (p<0,05)
(Forrás: saját készítés)

MEREDEKSÉG

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	+															
NR 12. hét	-	+														
NR 18. hét	-	+	-													
FA 0. hét	-	+	-	-												
FA 6. hét	+	+	+	+	+											
FA 12. hét	-	+	-	-	-	+										
FA 18. hét	-	+	-	-	-	+	-									
NF 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-								
NF 6. hét	+	-	+	+	+	-	+	+	+							
NF 12. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+						
NF 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-					
NK 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-				
NK 6. hét	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+			
NK 12. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+		
NK 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	

MAXIMÁLIS ERŐ

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	+															
NR 12. hét	+	-														
NR 18. hét	+	-	-													
FA 0. hét	-	+	+	+												
FA 6. hét	-	-	-	-	-											
FA 12. hét	-	-	-	-	-	-										
FA 18. hét	-	-	-	+	-	-	-									
NF 0. hét	-	+	+	+	-	-	-	-								
NF 6. hét	-	+	+	+	-	-	-	-	-							
NF 12. hét	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-						
NF 18. hét	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-					
NK 0. hét	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+				
NK 6. hét	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+			
NK 12. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-		
NK 18. hét	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	

A PLA mintákhoz hasonlóan, a PLAK minták görbe meredeksége is a maximális erőig szignifikánsan a 6. heti minták tértek el. Az ***8. táblázat***ban a PLAK kések maximális erőnél mért deformáció (bal oldalt) és törési deformáció (jobb oldalt) eredményei láthatóak.

8. táblázat A PLAK kések töréstesztnél meghatározott deformáció az F_{max} pontban [mm] (bal) és a törési deformáció [mm] (jobb) ANOVA eredményei négy tárolási módnál teljes tárolás alatt (p<0,05)
(Forrás: saját készítés)

DEFORMÁCIÓ A MAXIMÁLIS ERŐNÉL

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	+															
NR 12. hét	-	+														
NR 18. hét	-	+	-													
FA 0. hét	-	+	-	-												
FA 6. hét	+	+	+	+	+											
FA 12. hét	-	+	-	-	-	+										
FA 18. hét	-	+	-	-	-	+	-									
NF 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-								
NF 6. hét	+	-	+	+	+	+	+	+	+							
NF 12. hét	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+						
NF 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-					
NK 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-				
NK 6. hét	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+			
NK 12. hét	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+		
NK 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	

TÖRÉSI DEFORMÁCIÓ

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	-															
NR 12. hét	-	+														
NR 18. hét	-	+	-													
FA 0. hét	-	+	-	-												
FA 6. hét	-	-	+	+	-											
FA 12. hét	-	+	-	-	-	+										
FA 18. hét	-	+	+	+	-	-	-									
NF 0. hét	-	+	-	-	-	-	-	-								
NF 6. hét	+	-	+	+	+	-	+	+	+							
NF 12. hét	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+						
NF 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-					
NK 0. hét	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-				
NK 6. hét	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
NK 12. hét	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+		
NK 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	

szakdolgozat, tézis, bírálta

A maximális erőnél mért deformáció a meredekséghez hasonló eredményt adott, a törési deformációnál azonban a 6. heti minták kisebb mértékben különülnek el szignifikánsan a többitől, valamint a négy tárolási módnál a 6. heti minták nem különülnek el egymástól.

A ***9. táblázat***ban a PP kések meredekség (bal oldalt) és F_{max} (jobb oldalt) eredményei láthatóak. A PP késeknél a meredekség a 6. heti mintáiban mutatják a szignifikáns különbséget, azonban a maximális erő esetén nem találtunk szignifikáns különbséget.

9. táblázat A PP kések töréstesztnél meghatározott meredekség [N/mm] (bal) és F_{max} [N] (jobb) ANOVA eredményei a négy tárolási módnál a teljes tárolás alatt ($p<0,05$)
(Forrás: saját készítés)

MEREDEKSÉG

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	+															
NR 12. hét	-	+														
NR 18. hét	-	+	-													
FA 0. hét	-	+	-	-												
FA 6. hét	+	+	+	+	+											
FA 12. hét	-	+	-	-	-	-										
FA 18. hét	-	+	-	-	-	-	-									
NF 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-								
NF 6. hét	+	-	+	+	+	+	+	+	+							
NF 12. hét	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-						
NF 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-					
NK 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-				
NK 6. hét	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+			
NK 12. hét	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+		
NK 18. hét	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	

MAXIMÁLIS ERŐ

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	-															
NR 12. hét	-	-														
NR 18. hét	-	-	-													
FA 0. hét	-	-	-	-												
FA 6. hét	-	-	-	-	-											
FA 12. hét	-	-	-	-	-	-										
FA 18. hét	-	-	-	-	-	-	-									
NF 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-								
NF 6. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
NF 12. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
NF 18. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
NK 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
NK 6. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
NK 12. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
NK 18. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Az ***10. táblázat***ban a PP kések maximális erőnél mért deformáció (bal oldalt) és törési deformáció (jobb oldalt) eredményei láthatóak. Az eredmények a 9. táblázat eredményeihez hasonlóak mindkét paraméter esetén.

10. táblázat A PP kések töréstesztnél meghatározott deformáció az F_{max} pontban [mm] (bal) és a törési deformáció [mm] (jobb) ANOVA eredményei négy tárolási módnál teljes tárolás alatt ($p<0,05$)
(Forrás: saját készítés)

DEFORMÁCIÓ A MAXIMÁLIS ERŐNÉL

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	+															
NR 12. hét	-	+														
NR 18. hét	-	+	-													
FA 0. hét	-	+	-	-												
FA 6. hét	+	+	+	+	+											
FA 12. hét	-	+	-	-	-	+										
FA 18. hét	-	+	-	-	-	+	-									
NF 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-								
NF 6. hét	+	+	+	+	+	-	+	+	+							
NF 12. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+						
NF 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-					
NK 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-				
NK 6. hét	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+			
NK 12. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+		
NK 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	

TÖRÉSI DEFORMÁCIÓ

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	-															
NR 12. hét	-	-														
NR 18. hét	-	-	-													
FA 0. hét	-	-	-	-												
FA 6. hét	-	-	-	-	-											
FA 12. hét	-	-	-	-	-	-										
FA 18. hét	-	-	-	-	-	-	-									
NF 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-								
NF 6. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
NF 12. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
NF 18. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
NK 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
NK 6. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
NK 12. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
NK 18. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

KÉSZÍTETTE: Nagy Doritta

Az ***11. táblázat***ban a PS kések meredekség (bal oldalt) és F_{max} (jobb oldalt) eredményei láthatóak. A meredekség értékei a 6. héten különülnek el, míg a maximális erő esetében csak néhány elkülönülés látható.

11. táblázat A PS kések töréstesztnél meghatározott meredekség [N/mm] (bal) és F_{max} [N] (jobb) ANOVA eredményei a négy tárolási módnál a teljes tárolás alatt ($p<0,05$)
(Forrás: saját készítés)

MEREDEKSÉG

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	+															
NR 12. hét	-	+														
NR 18. hét	-	+	+													
FA 0. hét	-	+	-	-												
FA 6. hét	-	-	-	+	-											
FA 12. hét	-	+	-	-	-	-										
FA 18. hét	-	+	-	-	-	-	-									
NF 0. hét	-	+	-	-	-	-	-	-								
NF 6. hét	+	-	+	+	+	-	+	+	+							
NF 12. hét	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+						
NF 18. hét	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-					
NK 0. hét	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-				
NK 6. hét	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+			
NK 12. hét	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+		
NK 18. hét	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	

MAXIMÁLIS ERŐ

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	-															
NR 12. hét	-	-														
NR 18. hét	-	-	-													
FA 0. hét	-	-	-	-												
FA 6. hét	-	-	-	-	-											
FA 12. hét	-	+	-	+	-	-										
FA 18. hét	-	-	-	-	-	-	-									
NF 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-								
NF 6. hét	-	+	-	-	-	-	-	-	-							
NF 12. hét	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-						
NF 18. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
NK 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
NK 6. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
NK 12. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
NK 18. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Az ***12. táblázat***ban a PS kések maximális erőnél mért deformáció (bal oldalt) és törési deformáció (jobb oldalt) eredményei láthatóak. A 6. heti minták elkülönülése mellett a 12. és 18. heti minták elkülönülése is látható több esetben, azonban a törési deformáció alapján szignifikáns különbségről nem beszélhetünk.

12. táblázat A PS kések töréstesztnél meghatározott deformáció az F_{max} pontban [mm] (bal) és a törési deformáció [mm] (jobb) ANOVA eredményei négy tárolási módnál teljes tárolás alatt ($p<0,05$)
(Forrás: saját készítés)

DEFORMÁCIÓ A MAXIMÁLIS ERŐNÉL

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	+															
NR 12. hét	-	-														
NR 18. hét	-	-	-													
FA 0. hét	-	-	-	-												
FA 6. hét	-	+	-	-	-											
FA 12. hét	-	-	-	+	-	-										
FA 18. hét	-	-	-	-	-	-	-									
NF 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-								
NF 6. hét	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
NF 12. hét	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+						
NF 18. hét	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+					
NK 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-				
NK 6. hét	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+			
NK 12. hét	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+		
NK 18. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	

TÖRÉSI DEFORMÁCIÓ

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	-															
NR 12. hét	-	-														
NR 18. hét	-	-	-													
FA 0. hét	-	-	-	-												
FA 6. hét	-	-	-	-	-											
FA 12. hét	-	-	-	-	-	-										
FA 18. hét	-	-	-	-	-	-	-									
NF 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-								
NF 6. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
NF 12. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
NF 18. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
NK 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
NK 6. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
NK 12. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
NK 18. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

MAGYOLGOZAT Nagy Brigitta

Az ***13. táblázat***ban a TH kések meredekség (bal oldalt) és F_{max} (jobb oldalt) eredményei láthatóak. A meredekség alapján a 6. heti minták különülnek el, a maximális erő alapján a napfényen tárolt (NF) 12. heti minták az összes többi csoporttól szignifikánsan eltértek.

13. táblázat A TH kések töréstesztnél meghatározott meredekség [N/mm] (bal) és F_{max} [N] (jobb) ANOVA eredményei a négy tárolási módnál a teljes tárolás alatt ($p<0,05$)
(Forrás: saját készítés)

MEREDEKSÉG

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	+															
NR 12. hét	-	+														
NR 18. hét	-	+	-													
FA 0. hét	-	+	-	-												
FA 6. hét	+	+	+	+	+											
FA 12. hét	-	+	-	-	-	+										
FA 18. hét	-	+	-	-	-	+	-									
NF 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-								
NF 6. hét	+	+	+	+	+	-	+	+	+							
NF 12. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+						
NF 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-					
NK 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-				
NK 6. hét	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+			
NK 12. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+		
NK 18. hét	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	

MAXIMÁLIS ERŐ

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	-															
NR 12. hét	-	-														
NR 18. hét	-	-	-													
FA 0. hét	-	-	-	-												
FA 6. hét	-	-	-	-	-											
FA 12. hét	-	-	-	-	-	-										
FA 18. hét	-	-	-	-	-	-	-									
NF 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-								
NF 6. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
NF 12. hét	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
NF 18. hét	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					
NK 0. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+				
NK 6. hét	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
NK 12. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-		
NK 18. hét	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	

Az ***14. táblázat***ban a TH kések maximális erőnél mért deformáció (bal oldalt) és törési deformáció (jobb oldalt) eredményei láthatóak. A maximális erőnél mért deformáció és a törési deformáció esetében a tojáshéj őrlemény tartalmú késeknél tapasztaltuk a legnagyobb mértékű szignifikáns különbséget a négy mérési paraméter és az öt féle kés esetében.

14. táblázat A TH kések töréstesztnél meghatározott deformáció az F_{max} pontban [mm] (bal) és a törési deformáció [mm] (jobb) ANOVA eredményei négy tárolási módnál teljes tárolás alatt ($p<0,05$)
(Forrás: saját készítés)

DEFORMÁCIÓ A MAXIMÁLIS ERŐNÉL

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	+															
NR 12. hét	-	+														
NR 18. hét	-	+	-													
FA 0. hét	-	+	-	-												
FA 6. hét	+	+	+	+	+											
FA 12. hét	-	+	-	-	-	+										
FA 18. hét	-	+	-	-	-	+	-									
NF 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-								
NF 6. hét	+	+	+	+	+	-	+	+	+							
NF 12. hét	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+						
NF 18. hét	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+					
NK 0. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+				
NK 6. hét	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+			
NK 12. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+		
NK 18. hét	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	

TÖRÉSI DEFORMÁCIÓ

	NR 0. hét	NR 6. hét	NR 12. hét	NR 18. hét	FA 0. hét	FA 6. hét	FA 12. hét	FA 18. hét	NF 0. hét	NF 6. hét	NF 12. hét	NF 18. hét	NK 0. hét	NK 6. hét	NK 12. hét	NK 18. hét
NR 0. hét																
NR 6. hét	+															
NR 12. hét	+	+														
NR 18. hét	-	+	+													
FA 0. hét	-	+	+	-												
FA 6. hét	+	+	+	+	+											
FA 12. hét	-	+	+	-	-	+										
FA 18. hét	-	+	+	-	-	+	-									
NF 0. hét	-	+	+	-	-	+	-	-								
NF 6. hét	+	+	+	+	+	-	+	+	+							
NF 12. hét	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+						
NF 18. hét	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-					
NK 0. hét	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+				
NK 6. hét	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+			
NK 12. hét	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+		
NK 18. hét	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	

A DOLGOZAT NAPJA Brigitta

5. Következtetések és javaslatok

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a bioplasztik kések mechanikai tulajdonságai jelentősen változtak a különböző tárolási körülmények hatására. A vizsgált paraméterek közül a meredekség esetében a politejsav (PLA) késeknél a tárolási idő előrehaladtával a napfényen és a nedves körülményen tárolt minták szórása nőtt, ami a napfényen való tárolás esetében a júniustól októberig tartó naperősség, nappalok és éjszakák változásával, a nedves körülményen tárolt mintáknál a szárítószekrényben a szükséges folytonos vízpótlással magyarázható. A natív keményítő tartamú kések (PLAK) maximális törési erő paraméterének tárolás végére való visszaesése amiatt lehetséges, hogy az augusztus és szeptemberi napfény hőmérséklete alacsonyabb volt, és a napfényes órák száma csökkent. A polisztirol (PS) kések deformáció paraméterénél megfigyelhető, hogy a napfénynek és nedves környezetnek kitett kések nagyobb deformáció értéket mutattak. A mérési eredmények nagy szórása az anyag egyenetlen szerkezetére utal, amelynek következtében a kések rugalmassága és merevsége eltérő lehet.

A polipropilén (PP) és polisztirol (PS) kések esetében nem volt törés, csekély esetben repedés volt megfigyelhető, amely alátámasztja Pukánszky és Móczó (2011) megállapítását, hogy ezen hagyományos, szintetikus műanyagok nagyobb rugalmassággal és kedvezőbb mechanikai tulajdonságokkal bírnak.

Pukánszky és Móczó (2011) megállapításaival jól magyarázható az, hogy a különböző tárolási körülmények, különösen a napfényen való tárolás hatására megfigyelt változások a polimerek szerkezeti szintű átalakulásaival járnak. Tehát a napfénynek kitett minták esetében tapasztalt fokozott merevség és szerkezeti változások összhangban vannak azzal a megállapítással, hogy a hőmérséklet emelkedése molekuláris szintű átrendeződésekhez vezet. A politejsav (PLA) és natív keményítő tartalmú (PLAK) kések esetében a napfényes tárolás hatására bekövetkező keményedés magyarázható a molekulák belső energiájának növekedésével és a molekulák közötti kölcsönhatások átrendeződésével. A tojáshéj őrleménnyel dúsított kések (TH) drasztikus mechanikai tulajdonságának változása (a törési erő felére csökkenése) szintén értelmezhető a polimer szerkezet fokozatos átalakulásaként.

A mérési módszertan fejlesztéseképp érdemes lehet nagyobb mintaszámmal dolgozni, különösen a nagy szórást mutató csoportokban. Pontosabb eredmények érdekében további vizsgálati paraméterek bevezetése ajánlott: felületi keménységmérés, vízfelvételi képesség mérése különösen a nedves tárolású mintáknál, és tömegvizsgálatok a tárolási idő alatt.

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

6. Összefoglalás

Az élelmiszeripari melléktermékekből készült evőeszközök minőségi paramétereinek vizsgálata különböző tárolási körülmények között egyre fontosabb kutatási terület a fenntartható fejlődés szempontjából.

A dolgozat célja a különböző anyagösszetételű kések mechanikai tulajdonságainak összehasonlító elemzése eltérő tárolási körülmények között.

A kísérlet során ötféle késtípust vizsgáltam: politejsav, natív keményítő és tojáshéj őrlemény tartalmú bioplasztik, valamint hagyományos műanyag polipropilén és polisztirol, négy különböző tárolási körülmény: normál raktározás, nedves körülmény, napfény és fagyasztás mellett. A méréseket a gyártás napján, azaz a 0. napon, a 6. héten, a 12. héten és a 18. héten végeztem el. A kések minőségi paramétereinek mérését TA.XT.plus típusú precíziós asztali penetrométerrel végeztem, minden mérésnél hét ismétlést alkalmazva. A mérések során vizsgáltam a törési görbe meredekségét, a maximális törési erőt, a törési deformációt és a maximális törési erőhöz tartozó deformációt, valamint a maximális erőig tartó görbe alatti területet, a maximális erő utántól a maximális deformációig tartó területet, és a két terület hányadosát. A Scilab 6.1.1 program segítségével görbe elemzést végeztem, és az Excel MS 365 segítségével oszlopdiagramokon is szemléltettem a kiértékeléshez szükséges eredményeket, továbbá IBM SPSS 29.0 szoftver használatával, szignifikáns különbséget kerestem ANOVA teszttel, majd post-hoc vizsgálattal (Tukey és Dunett's T3) ezen eredmények között.

A kiértékelésem során a tárolási módok és a tárolási időtartam hatását vizsgáltam, és a következő megállapításokra jutottam: a hagyományos műanyag kések, vagyis a polipropilén és a polisztirol kések nem törtek el egyik tárolási mód esetén sem, néhány esetben jelentkezett a polisztirol késeknél repedezés. A bioplasztik kések közül a politejsav és natív keményítő tartalmú kések a napfényen tárolt minták esetében mutatták a legnagyobb törési erőt, míg a tojáshéj őrleménnyel dúsított késeknél ugyanezen tárolási mód eredményezte a legkisebb törési erő értéket. A normál raktári tárolás általánosságban véve rugalmasabbá tette a késeket, míg a napfény merevebb szerkezetet eredményezett. A tárolási idő előrehaladtával a legtöbb késtípusnál megfigyelhető volt bizonyos mértékű szerkezeti változás, különösen a napfényen tárolt mintáknál. A tojáshéj őrleménnyel dúsított kések esetében volt a legnagyobb változás a tárolási idő során, ugyanis a kezdeti törési erő a 18. hétre a felére csökkent. A fagyasztva és a nedves körülményen történő tárolás általában mérsékeltebb hatást gyakorolt a kések mechanikai tulajdonságaira a napfényen való tároláshoz képest.

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

7. Irodalomjegyzék

Abraham, A., Park, H., Choi, O., Sang, B.-I. (2021): Anaerobic co-digestion of bioplastics as a sustainable mode of waste management with improved energy production – A review. Bioresource Technology 322, 124537. DOI: 10.1016/j.biortech.2020.124537

Abd El-Aziz A El-Wakil, Hesham Moustafa, Ahmed M Youssef (2022): Antimicrobial low-density polyethylene/low-density polyethylene-grafted acrylic acid biocomposites based on rice bran with tea tree oil for food packaging applications. Letöltés dátuma: 2023.07.13. Forrás: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0892705720925140

Al-Salem, S.M., Lettieri, P., Baeyens, J. (2010): The valorization of plastic solid waste (PSW) by primary to quaternary routes: From re-use to energy and chemicals. Progress in Energy and Combustion Science 36, 103–129. DOI: 10.1016/j.pecs.2009.09.001

Ambrogi, V., Carfagna, C., Cerruti, P., Marturano, V. (2017): Additives in Polymers, in: Jasso-Gastinel, C.F., Kenny, J.M. (Eds.), Modification of Polymer Properties. William Andrew Publishing, pp. 87–108. DOI: 10.1016/B978-0-323-44353-1.00004-X

Averous, L., Boquillon, N. (2004): Biocomposites based on plasticized starch: thermal and mechanical behaviours. Carbohydrate Polymers 56, 111–122. DOI: 10.1016/j.carbpol.2003.11.015

Bakeer, B., Taha, I., El-Mously, H., Shehata, S.A. (2013) On the characterisation of structure and properties of sorghum stalks. Ain Shams Engineering Journal 4, 265–271. DOI: 10.1016/j.asej.2012.08.001

Bakker, R.R.C. (2013): Availability of lignocellulosic feedstocks for lactic acid production - Feedstock availability, lactic acid production potential and selection criteria. Letöltés dátuma:2024.07.02. Forrás: https://www.researchgate.net/publication/283417479_Availability_of_lignocellulosic_feedstocks_for_lactic_acid_production_

Balakrishnan, S., Krishnaraj, C., Raajeshkrishna, C.R. (2019): Mechanical characterization of pineapple, watermelon peel nanoparticles reinforced carbon, jute fabric, and its hybrid epoxy composites. Mater. Res. Express 6, 105356. DOI: 10.1088/2053-1591/ab403f

Baschek, G., Hartwig, G., Zahradnik, F. (1999): Effect of water absorption in polymers at low and high temperatures. Polymer 40, 3433–3441. DOI: 10.1016/S0032-3861(98)00560-6

Blank, L.M., Narancic, T., Mampel, J., Tiso, T., O'Connor, K. (2020): Biotechnological upcycling of plastic waste and other non-conventional feedstocks in a circular economy 62, 212–219. DOI: 10.1016/j.copbio.2019.11.011

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

Bledzki, A.K., Mamun, A.A., Volk, J. (2010): Physical, chemical and surface properties of wheat husk, rye husk and soft wood and their polypropylene composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 41, 480–488. DOI: 10.1016/j.compositesa.2009.12.004

Bodor G.; Vas L. M. (2000): Polimer anyagszerkezettan. Műegyetemi Kiadó, Budapest

Bonifacio, A., Bonetti, L., Piantanida, E., De Nardo, L. (2023): Plasticizer design strategies enabling advanced applications of cellulose acetate. European Polymer Journal 197, 112360. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2023.112360

Chaudhary, D.S., Jollands, M.C., Cser, F. (2004): Recycling rice hull ash: A filler material for polymeric composites? Advances in Polymer Technology 23, 147–155. DOI: 10.1002/adv.20000

Chen, X., Yu, J., Zhang, Z., Lu, C. (2011): Study on structure and thermal stability properties of cellulose fibers from rice straw. Carbohydrate Polymers 85, 245–250. DOI: 10.1016/j.carbpol.2011.02.022

Chitra, J., Kumari, R. (2012): Studies on polypropylene bio composite with sea weeds. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences 3, 1165–1170.

Dietrich, K., Dumont, M.-J., Del Rio, L.F., Orsat, V. (2017): Producing PHAs in the bioeconomy — Towards a sustainable bioplastic. Sustainable Production and Consumption, Sustainable Utilisation of Waste 9, 58–70. DOI: 10.1016/j.spc.2016.09.001

Dilucia, F., Lacivita, V., Conte, A., Del Nobile, M.A. (2020): Sustainable Use of Fruit and Vegetable By-Products to Enhance Food Packaging Performance. Foods 9, 857. DOI: 10.3390/foods9070857

El-Saied, H., Basta, A.H., Hassanen, M.E., Korte, H., Helal, A. (2012): Behaviour of Rice-Byproducts and Optimizing the Conditions for Production of High Performance Natural Fiber Polymer Composites. J Polym Environ 20, 838–847. DOI: 10.1007/s10924-012-0439-0

Fairuzdzah, A.L., Ahmad Rafaie, H., Haron, F. (2018): Fabrication and characterization of jackfruit seed powder and polyvinyl alcohol blend as biodegradable plastic 5, 1–5. Journal of Polymer Science and Technology 3(2) 2018:1-5 ISSN: 2550-1917

Geyer, R. (2020): Chapter 2 - Production, use, and fate of synthetic polymers, in: Letcher, T.M. (Ed.), Plastic Waste and Recycling. Academic Press, pp. 13–32. DOI: 10.1016/B978-0-12-817880-5.00002-5

Hammajam, A.A., Ismarrubie, Z.N., Sapuan, S.M. (2014): Effect of Fiber Loading on the Mechanical Properties of Millet Husk Filled High Density Polyethylene Composites.

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

Applied Mechanics and Materials 564, 350–354. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.564.350

Hejna, A., Barczewski, M., Andrzejewski, J., Kosmela, P., Piasecki, A., Szostak, M., Kuang, T. (2020): Rotational Molding of Linear Low-Density Polyethylene Composites Filled with Wheat Bran. Polymers 12, 1004. DOI: 10.3390/polym12051004

Höfer, R., Hinrichs, K. (2010): Additives for the Manufacture and Processing of Polymers, in: Eyerer, P., Weller, M., Hübner, C. (Eds.), Polymers - Opportunities and Risks II: Sustainability, Product Design and Processing, The Handbook of Environmental Chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 97–145. DOI: 10.1007/698_2009_12

Jagadeesh, D., Sudhakara, P., Lee, D.-W., Kim, H.S., Kim, B., Song, J. (2013): Mechanical Properties of Corn Husk Flour/PP Bio-composites. Composite Research 26, 213–217. DOI: 10.7234/composres.2013.26.4.213

Ji, H., Chen, L., Zhu, J.Y., Gleisner, R., Zhang, X. (2016): Reaction Kinetics Based Optimization of Furfural Production from Corncob Using a Fully Recyclable Solid Acid. Ind. Eng. Chem. Res. 55, 11253–11259. DOI: 10.1021/acs.iecr.6b03243

Jiang, D., Wang, Y., Li, B., Sun, C., Guo, Z. (2020): Environmentally friendly alternative to polyester polyol by corn straw on preparation of rigid polyurethane composite. Composites Communications 17, 109–114. DOI: 10.1016/j.coco.2019.11.007

Jiang, L., He, C., Fu, J., Xu, D. (2019): Enhancement of wear and corrosion resistance of polyvinyl chloride/sorghum straw-based composites in cyclic sea water and acid rain conditions. Construction and Building Materials 223, 133–141. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.06.216

Kale, R.D., Gorade, V.G., Madye, N., Chaudhary, B., Bangde, P.S., Dandekar, P.P. (2018): Preparation and characterization of biocomposite packaging film from poly(lactic acid) and acylated microcrystalline cellulose using rice bran oil. International Journal of Biological Macromolecules 118, 1090–1102. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.06.076

Khatun, B., Das, J., Rizwana, S., Maji, T.K. (2023): Chapter 18 - Biodegradable polymers- a greener approach for food packaging, in: Inamuddin, Altalhi, T., Neves Cruz, J. (Eds.), Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science. Elsevier, pp. 317–369. DOI: 10.1016/B978-0-323-95644-4.00010-3

Khazaeian, A., Ashori, A., Dizaj, M.Y. (2015): Suitability of sorghum stalk fibers for production of particleboard. Carbohydrate Polymers 120, 15–21. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.12.001

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

La Mantia, F.P. (1998): The role of additives in the recycling of polymers. Macromolecular Symposia 135, 157–165. DOI: 10.1002/masy.19981350118

Leczovics Péter (2013): Polimer kémia. Letöltés dátuma: 2023.08.30. forrás: https://docplayer.hu/amp/1181548-Polimer-kemia-osszeallitotta-leczovics-peter-2013.html

MacGregor, E.A. (2003): Biopolymers, in: Meyers, R.A. (Ed.), Encyclopedia of Physical Science and Technology (Third Edition). Academic Press, New York, pp. 207–245. DOI: 10.1016/B0-12-227410-5/00064-8

Marturano, V., Marotta, A., Salazar, S.A., Ambrogi, V., Cerruti, P. (2023): Recent advances in bio-based functional additives for polymers. Progress in Materials Science 139, 101186. DOI: 10.1016/j.pmatsci.2023.101186

Mohite, A.S., Jagtap, A.R., Avhad, M.S., More, A.P. (2022): Recycling of major agriculture crop residues and its application in polymer industry: A review in the context of waste to energy nexus. Energy Nexus 7, 100134. DOI: 10.1016/j.nexus.2022.100134

Mukherjee, A., Datta, D., Halder, G. (2019): Synthesis and characterisation of rice-straw-based grafted polymer composite by free radical copolymerisation. Indian Chemical Engineer 61, 105–119. DOI: 10.1080/00194506.2018.1490930

Norashikin, M.Z. & Ibrahim, M.Z. (2009): The potential of natural waste (corn husk) for production of environmental friendly biodegradable film for seedling. World Academy of Science, Engineering and Technology. 58. 176-180. Letöltés dátuma: 2023.07.12. forrás: https://www.researchgate.net/publication/281547591_The_potential_of_natural_waste_corn_husk_for_production_of_environmental_friendly_biodegradable_film_for_seedling

Owuamanam, S., Cree, D. (2020): Progress of Bio-Calcium Carbonate Waste Eggshell and Seashell Fillers in Polymer Composites: A Review. Journal of Composites Science 4, 70. DOI: 10.3390/jcs4020070

Palma, C., Contreras, E., Urra, J., Martínez, M.J. (2011): Eco-friendly Technologies Based on Banana Peel Use for the Decolourization of the Dyeing Process Wastewater. Waste Biomass Valor 2, 77–86. DOI: 10.1007/s12649-010-9052-4

Petrović, Z.S., Ferguson, J. (1991): Polyurethane elastomers. Progress in Polymer Science 16, 695–836. DOI: 10.1016/0079-6700(91)90011-9

Pukánszky Béla, Móczó János (2011): Műanyagok. Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék. Letöltés dátuma: 2024. 06. 12. Forrás: https://oszkdk.oszk.hu/storage/00/00/59/38/dd/1/Muanyagok_animaciok_nelkul.pdf

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

Prachayawarakorn, J., Yaembunying, N. (2005): Effect of recycling on properties of rice husk filled-polypropylene. Letöltés dátuma: 2023.08.26. Forrás: https://www.researchgate.net/publication/26472628_Effect_of_recycling_on_properties_of_rice_husk-filled-polypropylene

Prasad, A.V.R., Rao, K.M.M. (2007): Tensile and impact behaviour of rice straw-polyester composites. Letöltés dátuma: 2024.06.24. Forrás: https://www.researchgate.net/publication/242320837_Tensile_and_impact_behaviour_of_rice_straw-polyester_composites

Rabek, J.F. (1996): Practical Aspects of Polymer Photodegradation, in: Photodegradation of Polymers: Physical Characteristics and Applications. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 161–191. DOI: 10.1007/978-3-642-80090-0_9

Rabek, J.F. (1990): Introduction to the Oxidative and Photo- Stabilization of Polymers, in: Photostabilization of Polymers: Priciples and Applications. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 42–79. DOI: 10.1007/978-94-009-0747-8_2

Ramos, R.R.F., Siqueira, D.D., Wellen, R.M.R., Leite, I.F., Glenn, G.M., Medeiros, E.S. (2019): Development of Green Composites Based on Polypropylene and Corncob Agricultural Residue. J Polym Environ 27, 1677–1685. DOI: 10.1007/s10924-019-01462-7

Rao, M.G., Bharathi, P., Akila, R. (2014): A comprehensive review on biopolymers. Letöltés dátuma: 2023.08.26. Forrás: https://www.tsijournals.com/articles/a-comprehensive-review-on-biopolymers.pdf

Ronkay Ferenc, Dobrovszky Károly, Toldy Andrea (2014): Műanyag újrahasznosítása. Budapest: Printer Kiadó

Roy, M.C., Salil K. (2006): Plastics Technology Handbook, 4th ed. CRC Press, Boca Raton. DOI: 10.1201/9781420006360

Sagar, N.A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E.M., Lobo, M.G. (2018): Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 17, 512–531. DOI: 10.1111/1541-4337.12330

Sasimowski, E., Majewski, Ł., Grochowicz, M. (2020): Analysis of Selected Properties of Biocomposites Based on Polyethylene with a Natural Origin Filler. Materials 13, 4182. DOI: 10.3390/ma13184182

Shao, X., Wang, J., Liu, Z., Hu, N., Liu, M., Xu, Y. (2020): Preparation and Characterization of Porous Microcrystalline Cellulose from Corncob. Industrial Crops and Products 151, 112457. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112457

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

Skórczewska, K., Lewandowski, K., Szewczykowski, P., Wilczewski, S., Szulc, J., Stopa, P., Nowakowska, P. (2022): Waste Eggshells as a Natural Filler for the Poly(Vinyl Chloride) Composites. Polymers 14, 4372. DOI: 10.3390/polym14204372

Szakács, H., Varga, Cs., Nagy, R. (2012): Polimerek méréstechnikája. Egyetemi jegyzet, Pannon Egyetem. Letöltés dátuma: 2023.12.15. Forrás: https://docplayer.hu/2715134-Polimerek-merestechnikaja-szakacs-hajnalka-pannon-egyetem-varga-csilla-pannon-egyetem-nagy-roland-pannon-egyetem.html

Tábi T., Németh Á., Selmeczy A., Szalay F. (2010): Keményítővel és cellulózzal töltött politejsavból előállított fröccsöntött lebomló polimer termékek laboratóriumi lebontásának és komposztálásának vizsgálata. Biohulladék, **5**, 30-34 (2010)

Wu, J., Elliston, A., Le Gall, G., Colquhoun, I.J., Collins, S.R.A., Wood, I.P., Dicks, J., Roberts, I.N., Waldron, K.W. (2018): Optimising conditions for bioethanol production from rice husk and rice straw: effects of pre-treatment on liquor composition and fermentation inhibitors. Biotechnology for Biofuels 11, 62. DOI: 10.1186/s13068-018-1062-7

Younes, B. (2015): Simple Rheological Analysis Method of Spinnable-Polymer Flow Properties Using MFI Tester. Indian Journal of Materials Science 2015, 1–8. DOI: 10.1155/2015/790107

Youssef, A.M., El-Gendy, A., Kamel, S. (2015): Evaluation of corn husk fibers reinforced recycled low density polyethylene composites. Materials Chemistry and Physics 152, 26–33. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2014.12.004

Yuanita, E., Pratama, A.Y., Kurnia, H., Kustiyah, E., Ismojo, Chalid, M. (2019): Effect of alkalinization-bleaching and acid hydrolysis treatment stalk sweet sorghum waste on compatibilities in polypropylene matrix 509, 012080. DOI: 10.1088/1757-899X/509/1/012080

Zhu, S., Guo, Y., Tu, D., Chen, Y., Liu, S., Li, W., Wang, L. (2018): Water Absorption, Mechanical, and Crystallization Properties of High-density Polyethylene filled with Corncob Powder. BioResources 13, 3778–3792. DOI: 10.15376/biores.13.2.3778-3792

Internetes hivatkozások:

Internet 1: https://hu.euronews.com/2019/03/27/2021-re-betiltjak-az-eldobhato-muanyagok-hasznalatat-az-eu-ban (Megtekintés dátuma: 2024.07.02.)

Internet 2: https://universalpolimer.com.tr/en/what-is-a-polymer/ (Megtekintés dátuma: 2024.08.30.)

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

8. Ábrák és táblázatok jegyzéke

Ábrajegyzék

1. ábra A lebomló polimerek csoportosítása 6
2. ábra A TA.XT.plus műszerrel felvett törési teszt görbe alapján a kiértékelt paraméterek bemutatása 21
3. ábra A törés során a maximális erő és a maximális erő pontjában való deformáció értékének kiszámítása Scilab segítségével 22
4. ábra A meredekség meghatározása Scilab segítségével 23
5. ábra A maximális erőig tartó görbe alatti terület (A_1), a maximális erő utántól a maximális deformációig tartó terület (A_2), e kettő hányadosa, és a törés pontban lévő deformáció értékének meghatározása Scilab segítségével 23
6. ábra A PLA kések 1-1 jellemző törési görbéje a 12. tárolási héten a tárolási módok esetén 24
7. ábra A PLAK kések 1-1 jellemző törési görbéje a 12. tárolási héten a tárolási módok esetén 25
8. ábra A PP kések 1-1 jellemző törési görbéje a 12. tárolási héten a tárolási módok esetén. 25
9. ábra A PS kések 1-1 jellemző törési görbéje a 12. tárolási héten a tárolási módok esetén. 26
10. ábra A TH kések 1-1 jellemző törési görbéje a 12. tárolási héten a tárolási módok esetén 26
11. ábra A PLA kések törési görbéinek átlagos meredeksége a szórásokkal a négy tárolási mód esetén 27
12. ábra A PLAK kések törési görbéinek átlagos meredeksége szórásokkal a négy tárolási mód esetén 28
13. ábra A PP kések törési görbéinek átlagos meredeksége szórásokkal a négy tárolási mód esetén 28
14. ábra A PS kések törési görbéinek átlagos meredeksége szórásokkal a négy tárolási mód esetén 29
15. ábra A TH kések törési görbéinek átlagos meredeksége a szórásokkal a négy tárolási mód esetén 29
16. ábra A PLA kések maximális törési ereje a szórásokkal a négy tárolási mód esetén 30
17. ábra A PLAK kések maximális törési ereje a szórásokkal a négy tárolási mód esetén 31
18. ábra A PP kések maximális törési ereje a szórásokkal a négy tárolási mód esetén 31
19. ábra A PS kések maximális törési ereje a szórásokkal a négy tárolási mód esetén 32

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

20. ábra A TH kések maximális törési ereje a szórásokkal a négy tárolási mód esetén 32
21. ábra A PLA kések törési deformációja a szórásokkal a négy tárolási mód esetén 33
22. ábra A PLAK kések törési deformációja a szórásokkal a négy tárolási mód esetén 33
23. ábra A PP kések törési deformációja a szórásokkal a négy tárolási mód esetén 34
24. ábra A PS kések törési deformációja a szórásokkal a négy tárolási mód esetén 34
25. ábra A TH kések törési deformációja a szórásokkal a négy tárolási mód esetén..... 35
26. ábra A PLA kések maximális erőhöz tartozó deformációja szórásokkal a négy tárolási módnál 35
27. ábra A PLAK kések maximális erőhöz tartozó deformációja szórásokkal a négy tárolási módnál 36
28. ábra A PP kések maximális erőhöz tartozó deformációja szórásokkal a négy tárolási módnál 36
29. ábra A PS kések maximális erőhöz tartozó deformációja szórásokkal a négy tárolási módnál 37
30. ábra A TH kések maximális erőhöz tartozó deformációja szórásokkal a négy tárolási módnál 37
31. ábra A PS kések a 0. héten, valamint normál raktári (NR) körülmények között a 6., 12. és 18. héten a törésteszt után 54
32. ábra A PS kések napfényen (NF), fagyasztva (FA) és nedves környezetben (NK) tárolva a 18. héten a törésteszt után 54
33. ábra A PP kések a 0. héten, valamint normál raktári (NR) körülmények között a 6., 12. és 18. héten a törésteszt után 54
34. ábra A PP kések napfényen (NF), fagyasztva (FA) és nedves környezetben (NK) tárolva a 18. héten a törésteszt után 54

Táblázatjegyzék

1. táblázat A polimerek csoportosítása 5
2. táblázat Legfontosabb adalékanyagok csoportjai és feladatuk 8
3. táblázat A degradáció külső tényezői és jellemzői közti összefüggések 13
4. táblázat A mérés során meghatározandó paraméterek 20
5. táblázat A PLA kések töréstesztnél meghatározott meredekség [N/mm] (bal) és F_{max} [N] (jobb) ANOVA eredményei a négy tárolási módnál a teljes tárolás alatt ($p<0,05$) 38

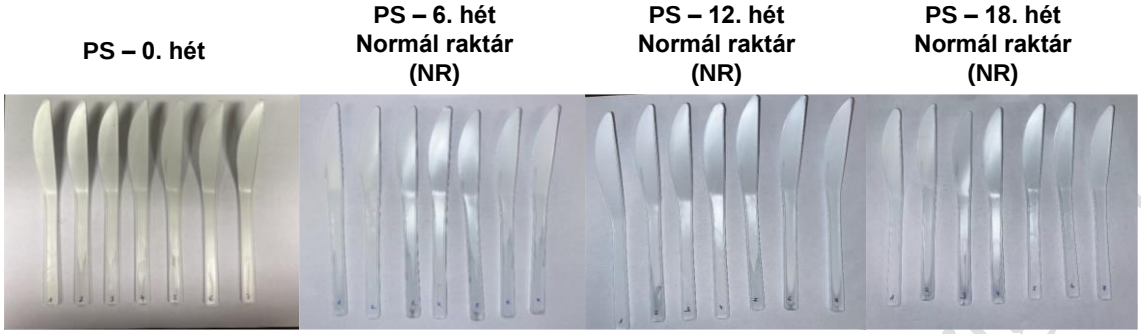
SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

6. táblázat A PLA kések töréstesztnél meghatározott deformáció az F_{max} pontban [mm] (bal) és a törési deformáció [mm] (jobb) ANOVA eredményei négy tárolási módnál teljes tárolás alatt (p<0,05) 38
7. táblázat A PLAK kések töréstesztnél meghatározott meredekség [N/mm] (bal) és F_{max} [N] (jobb) ANOVA eredményei a négy tárolási módnál a teljes tárolás alatt (p<0,05) 39
8. táblázat A PLAK kések töréstesztnél meghatározott deformáció az F_{max} pontban [mm] (bal) és a törési deformáció [mm] (jobb) ANOVA eredményei négy tárolási módnál teljes tárolás alatt (p<0,05) 39
9. táblázat A PP kések töréstesztnél meghatározott meredekség [N/mm] (bal) és F_{max} [N] (jobb) ANOVA eredményei a négy tárolási módnál a teljes tárolás alatt (p<0,05) 40
10. táblázat A PP kések töréstesztnél meghatározott deformáció az F_{max} pontban [mm] (bal) és a törési deformáció [mm] (jobb) ANOVA eredményei négy tárolási módnál teljes tárolás alatt (p<0,05) 40
11. táblázat A PS kések töréstesztnél meghatározott meredekség [N/mm] (bal) és F_{max} [N] (jobb) ANOVA eredményei a négy tárolási módnál a teljes tárolás alatt (p<0,05) 41
12. táblázat A PS kések töréstesztnél meghatározott deformáció az F_{max} pontban [mm] (bal) és a törési deformáció [mm] (jobb) ANOVA eredményei négy tárolási módnál teljes tárolás alatt (p<0,05) 41
13. táblázat A TH kések töréstesztnél meghatározott meredekség [N/mm] (bal) és F_{max} [N] (jobb) ANOVA eredményei a négy tárolási módnál a teljes tárolás alatt (p<0,05) 42
14. táblázat A TH kések töréstesztnél meghatározott deformáció az F_{max} pontban [mm] (bal) és a törési deformáció [mm] (jobb) ANOVA eredményei négy tárolási módnál teljes tárolás alatt (p<0,05) 42

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

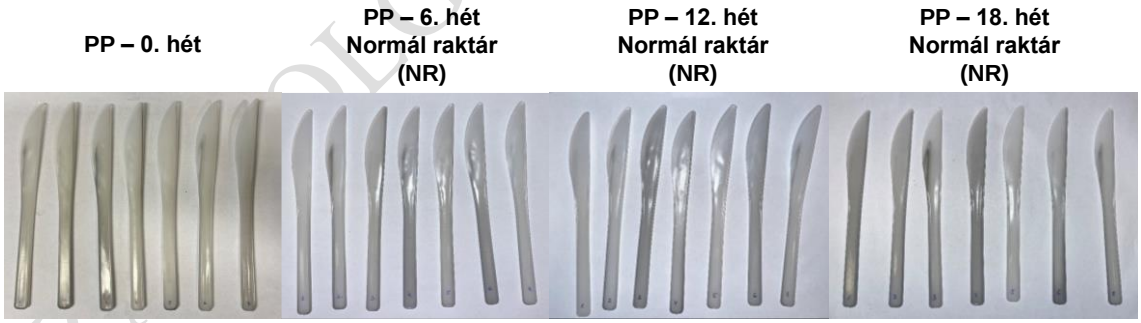
9. Mellékletek

31. ábra A PS kések a 0. héten, valamint normál raktári (NR) körülmények között a 6., 12. és 18. héten a törésteszt után
(Forrás: saját szerkesztés)

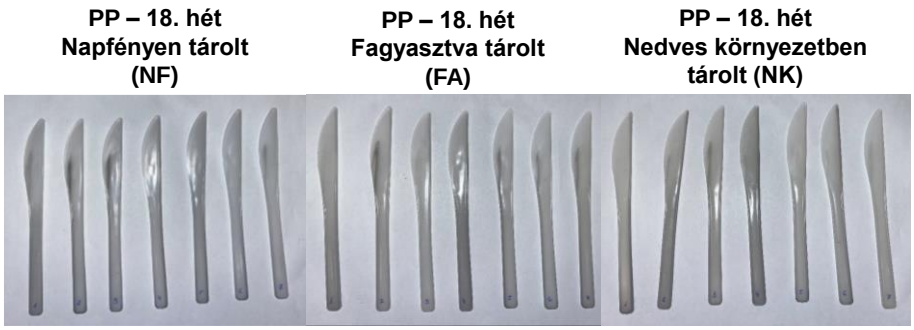


32. ábra A PS kések napfényen (NF), fagyasztva (FA) és nedves környezetben (NK) tárolva a 18. héten a törésteszt után
(Forrás: saját szerkesztés)

33. ábra A PP kések a 0. héten, valamint normál raktári (NR) körülmények között a 6., 12. és 18. héten a törésteszt után
(Forrás: saját szerkesztés)



34. ábra A PP kések napfényen (NF), fagyasztva (FA) és nedves környezetben (NK) tárolva a 18. héten a törésteszt után
(Forrás: saját szerkesztés)



Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni őszinte hálámat mindazoknak, akik támogattak tanulmányaim során.

Mindenekelőtt szeretném megköszönni konzulensemnek, Dr. Kaszab Tímea tanárnőnek a szakmai iránymutatást, értékes tanácsait és azt a rendkívüli támogatást, amellyel munkámat mindvégig segítette. Szakértelme és konstruktív javaslatai nagyban hozzájárultak dolgozatom színvonalának emeléséhez.

Köszönöm Laszlovszky Gábornak a mérések során nyújtott segítséget.

Végezetül, de nem utolsó sorban, szeretném megköszönni családomnak a végtelen türelmet, szeretetet és támogatást, amellyel tanulmányaim során mindvégig mellettem álltak.

SZAKDOLGOZAT Nagy Brigitta

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Nagy Brigitta
A hallgató Neptun kódja:	B5RW94
A dolgozat címe:	Élelmiszeripari melléktermékek felhasználásával előállított evőeszközök minőségi paramétereinek vizsgálata tárolás során
A megjelenés éve:	2024
A konzulens intézetének neve:	Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budai Campus, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024. 11. 04.

Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Nagy Brigitta (hallgató Neptun azonosítója: **B5RW94**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot[1] áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre **javaslom / nem javaslom**[2].

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*[3]

Kelt: Budapest, 2024. november 4.

belső konzulens
Dr. Kaszab Tímea

[1] A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.
[2] A megfelelő aláhúzandó.
[3] A megfelelő aláhúzandó.

NYILATKOZAT

Nagy Brigitta (hallgató Neptun azonosítója: **B5RW94**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot[4] áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre **javaslom / nem javaslom**[5].

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*[6]

Kelt: Budapest, 2024. november 4.

belső konzulens
Laszlovszky Gábor Ferenc

[4] A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.
[5] A megfelelő aláhúzandó.
[6] A megfelelő aláhúzandó.