

SZAKDOLGOZAT

BODROG ILDIKÓ

Hulladékkezelési és -hasznosítási szakmérnöki
szakirányú továbbképzés

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Hulladékkezelési és -hasznosítási szakmérnöki
szakirányú továbbképzés

KISKERESKEDELMI ÉLELMISZERHULLADÉKOK
ELŐKÉSZÍTÉSI ÉS HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI

Belső konzulens: Prof. Dr. Csőke Barnabás
professzor emeritus, ME

Készítette: **Bodrog Ildikó**
Neptun-kód: DPE8IN
levelező tagozat

Intézet/Tanszék: Miskolci Egyetem
Műszaki Földtudományi Kar
Nyersanyagelőkészítési és Környezeti
Eljárástechnikai Intézet

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
2023

TARTALOMJEGYZÉK

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	5
1. BEVEZETÉS	6
1.1. AZ ÉLELMISZERHULLADÉKOK HELYZETE, TÖREKVÉSEK A VILÁGBAN, EURÓPÁBAN, HAZÁNKBAN, ÉS A VÁLLALATOK SZINTJÉN	6
1.2. AZ ÉLELMISZERHULLADÉK HIERARCHIA	8
2. A NAGYÁRUHÁZI ÉLELMISZERHULLADÉKOK ÖSSZETÉTELE.....	10
2.1. CSOMAGOLÁS	10
2.2. A CSOMAGOLÓANYAGOK FAJTÁI	11
2.3. BIOLÓGIAILAG LEBOMLÓ SZERVESANYAG-TARTALOM.....	13
2.4. A KELETKEZŐ ÉLELMISZERHULLADÉKOK ÉS A BENNÜK TALÁLHATÓ ANYAGOK MENNYISÉGE.....	15
2.4.1. A biogáz-üzem mérete	15
2.4.2. Az üzembe beszállításra kerülő hulladékmennyiség, ezen belül a kiskereskedelmi élelmiszerhulladék mennyisége	16
2.4.3. Az egyes anyagfajták mennyisége a kiskereskedelemről származó élelmiszerhulladékon belül	17
3. A TECHNOLÓGIAI FOLYAMATOK KIALAKÍTÁSA, A TECHNOLÓGIA ELJÁRÁSAI ÉS BERENDEZÉSEI.....	22
3.1. SZAKIRODALOM, MEGLEVŐ TAPASZTALATOK ÉS ÉRTÉKELESÜK.....	22
3.2. A TECHNOLÓGIAI FOLYAMAT MŰVELETEI, FOLYAMATÁBRA.....	23
3.2.1. Dobszita.....	25
3.2.2. A fehérbádoggal csomagolt élelmiszer feldolgozása.....	25
3.2.3. A folyadékok különválasztása és feldolgozása	26
3.2.4. Az üveget tartalmazó anyagáram különválasztása	26
3.2.5. A műanyag és papír csomagolású élelmiszerek feldolgozása	27
3.2.6. Biomassza tartalom	28
3.3. A TECHNOLÓGIAI FOLYAMAT ANYAGMÉRLEGE.....	28
3.4. A TECHNOLÓGIAI FOLYAMAT ELJÁRÁSAI ÉS BERENDEZÉSEI, FŐBB MŰSZAKI JELLEMZŐKKEL	29
3.4.1. DOBSZITA.....	29
3.4.2. ANYAGMOZGATÁS: KONTÉNEREK ÉS SZÁLLÍTÓSZALAGOK.....	31
3.4.1. FORGÓTÁRCÁS NYÍRÓ-APRÍTÓGÉP	31
3.4.2. DOBMOSÓSZITA	32

3.4.3.	KLIMATIZÁLT VÁLOGATÓKABIN KÉZI VÁLOGATÓSZALAGGAL	32
3.4.4.	TÜSKÉS HENGERESTÖRŐ	33
3.4.5.	ÍVSZITA TOVÁBBÍTÓ GARATTAL.....	33
3.4.6.	FERDE SZALAGOS ALAKSZEPARÁTOR	35
3.4.7.	BORDÁS TÖRŐ	37
3.4.8.	CSATORNAMOSÓ	37
3.4.9.	KLIMATIZÁLT VÁLOGATÓKABIN KÉZI VÁLOGATÓSZALAGGAL	39
3.4.10.	LASSÚJÁRATÚ DUPLA CSIGÁS SHREDDER FOGADÓ GARATTAL, ÉS CSIGÁS PRÉSSEL ...	39
3.4.11.	KALAPÁCSOS TÖRŐ	41
4.	BERUHÁZÁSI ÉS ÜZEMKÖLTSÉG	41
5.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	41
6.	IRODALOMJEGYZÉK.....	44
7.	MELLÉKLETEK.....	49

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS

Bodrog Ildikó

hulladékgazdálkodási szakmérnök-hallgató részére

A szakdolgozat témája:

Kiskereskedelmi élelmiszerhulladékok előkészítési és hasznosítási lehetőségei

A szakdolgozat célja a számos hasznosítható anyagot – üveg, fémek, műanyag, papír, fa csomagolóanyagok, biológiai úton lebomló szerves anyag – tartalmazó élelmiszerhulladékból az alkotók célszerűen hasznosítható termékekbe való kinyerése fizikai-mechanikai eljárástechnikai-technológiai lehetőségeinek feltárása, javaslat kidolgozása technológiai rendszerre, annak műszaki és egyszerűsített gazdasági értékelése, különös tekintettel a lejárt szavatosságú kiskereskedelmi csomagolt élelmiszerhulladékokra.

A Szakdolgozatban az alábbi feladatokat kell megoldani:

1. Szakirodalom feltárás, értékelés.
2. A lejárt szavatosságú kiskereskedelmi élelmiszerhulladék összetételének feltárása.
3. Technológiai folyamat kialakítása: nagyvonalúan valamennyi műveletsort tartalmazó, áttekintő technológiai vázlat fő műveletekkel, hasznosítható termékekkel.
4. Részletes technológiai folyamatok kialakítása az együtt feldolgozható hulladékanyag-csoportokra külön-külön.
5. A műveletek eljárásainak és berendezéseinek kiválasztása.
6. Anyagmérleg-elkészítése, az eredmény folyamatábrán való szemléltetése.
7. Az eljárások és berendezések fő műszaki jellemzőinek meghatározása.
8. Nagyvonalú beruházási költségbecslés.

Konzulens:

Prof. Dr. Csőke Barnabás, professzor emeritus
Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar
Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. Csőke Barnabás Professzor Úrnak, hogy a szakdolgozatom konzulensi feladatait elvállalta, hatalmas tapasztalatával helyes irányt mutatott a feldolgozandó téma és a lehetséges megoldások sűrűjében, hasznos tanácsokkal látott el a részletek kidolgozásában, és a dolgozat készítése során folyamatosan motivált a feladat észszerű időn belül történő végrehajtásában.

Egyúttal köszönetet mondok az Alteo Energiaszolgáltató Nyrt. részéről Kis Eszter hulladékgazdálkodási koordinátornak és Anka Jánosnak, a Nagykőrösi biogázüzem vezetőjének az informatív és hasznos szakmai konzultációs lehetőségért.

1. BEVEZETÉS

1.1. AZ ÉLELMISZERHULLADÉKOK HELYZETE, TÖREKVÉSEK A VILÁGBAN, EURÓPÁBAN, HAZÁNKBAN, ÉS A VÁLLALATOK SZINTJÉN

Az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezete (a FAO) által 2011-ben kiadott jelentés [1] becslése szerint a világban előállított élelmiszer durván egyharmada (akkor évi 1.3 milliárd tonna) sosem kerül elfogyasztásra, különböző okok miatt hulladékként végzi.

A jelentés megkülönböztet *élelmiszerveszteséget* (food loss) és *élelmiszerhulladékot* (food waste). Míg az élelmiszerveszteség a termelés, előállítás, tárolás, feldolgozás és szállítás során keletkezik és meglehetősen bizonyos fókig szükségszerű, legfeljebb a mértéke csökkenthető, addig az élelmiszerhulladék az élelmiszer ellátási lánc későbbi fázisaiban, a kereskedelem során, a vendéglátóiparban és a háztartásokban keletkezik, és valós mértéke jelentősen meghaladja a szükségszerűt.

Az ENSZ Környezetvédelmi Programja keretében 2021-ben kiadott Élelmiszerveszteségi jelentés [2] e másodikra (élelmiszerhulladék - food waste) koncentrál, és becslése szerint a teljes megtermelt élelmiszermennyiség 17%-a, évente 931 millió tonna válik élelmiszerhulladékká. Ezen élelmiszerhulladék 61%-a a háztartásokban, 26%-a a vendéglátóiparban, és 13%-a a kereskedelemben keletkezik.

Az áruházakban keletkező veszteség a teljes megtermelt élelmiszermennyiségre vetítve ezen adatok alapján tehát valamivel több, mint 2%. Az Európai Unió 2016-ban készült jelentése szerint a nagy- és kiskereskedelem élelmiszerhulladékának együttes aránya Európában 5% [3]. Ezek az adatok a teljes mennyiséghez viszonyítva relatív alacsonynak nevezhetők, azonban abszolút értékét tekintve óriási számokról van szó.

Magyarországon évente hozzávetőlegesen 1,8 millió tonna élelmiszerhulladék keletkezik. Az ENSZ már említett 2021-es Élelmiszerveszteségi jelentése szerint ebből megközelítőleg 124 ezer tonna a kereskedelemben létrejövő élelmiszerhulladék. Látható tehát, hogy jelentős mennyiségről van szó, melynek lehető legnagyobb mértékű hasznosítása fontos feladat lenne.

A nagy volumenen kívül több más érv is szól amellett, hogy a nagyáruházak élelmiszerhulladéka az újrahasznosítás kiemelt célja legyen: mire idáig elér az élelmiszergyártási folyamat, a környezetre való behatás nagy része már megtörtént, illetve mivel élelmiszerről van szó, idegen, veszélyes és károsanyag-szennyeződéstől szinte mentesnek tekinthető, a keletkező szubsztrát biztonságosan kijuttatható a földekre, szemben a TSZH-ból kinyert szervesanyag-tartalommal.

A feleslegesen megtermelt élelmiszer feleslegesen járul hozzá az üvegházhatású gázok kibocsátásához, így a klímaváltozáshoz. Feleslegesen foglal le termőföldet és igényel öntözővizet, így minden el nem fogyasztott élelmiszer feleslegesen terheli a környezetet. A megtermeléséhez felhasznált műtrágyát feleslegesen kibányászott foszforból állítják elő, mely szintén környezetterhelő és egészségkárosító, ráadásul a rendelkezésre álló készletek is végesek. Az élelmiszertermelés hozzájárul a biodiverzitás csökkenéséhez és a környezetszennyezéshez. További környezetterhelést jelent a lerakókon való elhelyezés, emellett jelentős terhet ró a hulladékkezelési infrastruktúrára.

Nem meglepő tehát, hogy a FAO által kitűzött Fenntartható Fejlődési Célok [4] között 12.3 számmal szerepel 2030-ig a világon keletkező élelmiszerhulladék felére csökkentése és az élelmiszerveszteség mérséklése [5].

Az Európai Unió 2018/851 irányelve [6], mely a *körforgásos gazdaság* koncepciójával egészíti ki a 2008/98/EK irányelvet (Hulladék Keretirányelv, HKI) [7], az uniós tagállamok feladataként határozza meg az ENSZ 50%-os élelmiszerhulladék-csökkentésre vonatkozó fenntartható fejlődési célját.

A körforgásos gazdaság koncepciója a fenntartható fejlődés jegyében azon elv mentén került meghatározásra, hogy a gazdasági fejlődés ne jelentse szükségszerűen a környezet terhelésének növekedését is. Ennek érdekében zero hulladékra való törekedést határoz meg célként, amely az anyagok életciklusának teljes egészében kézben tartását célozza, a szükséges nyersanyagok bányászatától kezdve a gyártáson, kereskedelmen, használaton keresztül a termékek életciklusa végén szükséges körforgásba visszaforgatásáig.

A nagyvállalatoktól, köztük supermarket láncoktól a társadalom is egyre inkább elvárja, hogy vegyék ki részüket a társadalmi felelősségvállalásból és rendelkezzenek fenntarthatósági koncepcióval, melynek része, hogy a világban megfogalmazott fenntarthatósági célokat teljesítsék, esetenként azoknál szigorúbb követelményeket fogalmazzanak meg saját működésükkel kapcsolatban. E lépések keretei közt az áruházláncok a jogszabályokon túlmenően is lépéseket tehetnek a tevékenységük során keletkező hulladékok minimalizálásáért, hasznosításáért.

Ezen intézkedéseknek és a világméretű törekvéseknek köszönhetően tehát nem várható ezen hulladékszegmens mennyiségének növekedése, sőt, prognosztizálható a jelentős csökkenés. Azonban mindig lesz olyan élelmiszerhulladék, amelynél lejjebb kell lépni a piramison, és az anyagában hasznosítás lehetőségével élni.

1.2. AZ ÉLELMISZERHULLADÉK HIERARCHIA



1. ábra: Hulladékhierarchia (hulladékpiramis), élelmiszerhulladékok

A jogszabályilag meghatározott éves forgalmi adatokat meghaladó áruházláncokat Magyarországon 2021. óta törvény kötelezi a piramis második szintjén található intézkedések megtételére [8]. Az élelmiszerhulladékok csökkentése érdekében ezen áruházláncoknak élelmiszerhulladék-csökkentési tervet kell készítenie, az ebben foglalt tevékenységeket pedig kötelezően kinevezett élelmiszermentési felelősnek kell koordinálnia. Az élelmiszerhulladék-

csökkentés egyik alapeszközeként a 48 óránál hosszabb minőségmegőrzési időtartammal rendelkező, 48 órán belül lejárt élelmiszereket kijelölt elosztó szervezetnek kötelező felajánlani.

A törvényhozó szándéka tehát az, hogy a keletkező hulladékok lehető legnagyobb része hasznosuljon az élelmiszerhulladék-hierarchia felső szintjein. A kiskereskedelmi szereplők esetében a hierarchia következő lépcsőfoka is járható út. A felhasználás takarmányozásra a gyakorlatban gyakran a lejárt szavatosságú élelmiszerek állatmenhelyeknek történő felajánlását jelenti.

Azonban az ezen a szinten sem hasznosítható hulladékok esetében a hierarchia következő lépését kell alkalmazni, a hulladék anyagában hasznosítását.

Megemlítést érdemel, hogy a hierarchiában a biogáztermelés magasabb szinten áll, mint a komposztálás, holott mindkét esetben a hulladék szerves fázisának egyszerűbb molekulákra, alkotókra bontásáról van szó, azaz a hulladékpiramis „recycle”, „anyagában hasznosítás” lépcsőfokáról. A szerves anyag bomlásának végterméke mindkét esetben a CO₂, azonban biogáz esetén a szénkötésekben tárolt energiát saját céljainkra hasznosítjuk, míg komposzt esetében ez hőenergia formájában szabadon távozik a rendszerből, nem hasznosul emberi felhasználásra. A komposzt végtermék mindkét esetben hasznosul, talaj tápanyagként. Ezért amennyiben erre mód van (mely alatt főleg a mindenkori gazdasági racionalitás értendő) e két megoldás közül a biogáz-termelést kell előnyben részesíteni.

A biogáz-termelés gazdaságosságát számos tényező befolyásolhatja. Az üzemanyagárak emelkedésével a szállítási költségek egyre nagyobb hangsúlyt kapnak, így limitál az a távolság, ahonnan a magas nedvességtartalmú nyersanyag beszállítása még gazdaságos. Ez okból az üzemek gyakran létesülnek mezőgazdasági feldolgozó, állattenyésztő telepek, szennyvíztisztító közvetlen közelségében, vagy azokkal együtt. A nagy mennyiségű, de adott esetben alacsonyabb biogáz kinyerési potenciállal rendelkező anyagáram kiegészítésére, illetve a hosszú távú, biztonságos alapanyagellátás érdekében célszerű a biogáz-üzem „hatósugarából” elérhető minél vegyesebb összetételű, magasabb energiatartalommal rendelkező hulladékanyagok felhasználása. [9] Ezek közül az áruházi élelmiszerhulladék kiemelkedően

kedvező mind a kinyerhető szervesanyag tisztaságát, károsanyag-mentességét, mind energiatartalmát tekintve.

A gazdaságosságot befolyásolhatják a kimenő anyagáramok (biogáz, kierjesztett fermentum, ill, a biogáz helybeni hasznosítása esetén hő- és kapcsolt energiatermelés esetén villamos energia) szállítási, fogyasztási helyre eljuttatási költségei.

A biogáz-üzem létesítési költségét növeli, hogy a szubsztrát és a biogáz is kis energiasűrűségű anyag, melyekhez két nagy térfogatú tárolóegységet kell kialakítani, a fermentort és a gáztárolót. A fermentor mérete termofil eljárás alkalmazása esetén mezofil eljáráshoz képest a szubsztrát tartózkodási idejének rövidülése miatt csökkenthető. A termofil eljárás további előnye lehet, hogy ha az energiatermelés is helyben zajlik, úgy a megtermelt hőenergia egy része helyben hasznosítható. [9]

2. A NAGYÁRUHÁZI ÉLELMISZERHULLADÉKOK ÖSSZETÉTELE

Jelen szakdolgozat tárgya az élelmiszerhulladékokon, azaz a kereskedelem és fogyasztás során keletkező veszteségeken belül megjelenő három nagy kategória (kereskedelem, vendéglátás, háztartások) közül a kereskedelemben, azon belül is a *nagyáruházak, áruházláncok működése során keletkező élelmiszerhulladékok* feldolgozása, feldolgozásra és hasznosításra való előkészítése.

2.1. CSOMAGOLÁS

Az élelmiszeripar a csomagolóanyagot egyik legnagyobb mennyiségben felhasználó iparág. A csomagolásnak fontos szerepe van a hulladékok, különösen az élelmiszerhulladékok mennyiségének csökkentésében, mert frissen tart és mechanikai védelmet biztosít. A fejlett országok esetében a csomagolásra használt teljes anyagmennyiség több, mint 2/3-át az élelmiszerek csomagolóanyagai teszik ki. [10] A csomagolóanyagok elterjedése előtt az élelmiszereket hagyományos eljárásokkal, sózás, füstölés, szárítás, befőzés útján tartósították. A 18-19. században fokozatosan ismerték fel, hogy a levegő elvonása és az étel hőkezeléssel történő fertőtlenítése megnöveli annak élettartamát, és a megfelelő technológia és

csomagolóanyagok létrejöttével elterjedt a konzervgyártás. A műanyag csomagolások elterjedése hozta a legnagyobb csökkenést az élelmiszerhulladékok mennyiségében. [11] Az Egyesült Királyságban azon élelmiszerek aránya, melyek még eladás előtt megromlanak kevesebb, mint 2%-ot képviselnek, míg a fejlődő országokban, ahol a csomagolás kevésbé elterjedt, akár 40%-ot is kitehetnek. [12] [13] Általánosságban elmondható, hogy a csomagolóanyag mennyiségének 1%-os növelése az élelmiszerhulladékok mennyiségének 1,6%-os csökkenését okozza, természetesen bizonyos határok között. [14] Kérdést vet fel ugyanakkor, hogy egyes esetekben nem túlzó ár-e 1,6 egységnyi megújuló biomassa frissen tartásáért 1 egységnyi nagy energiával és környezeti terheléssel előállított csomagolóanyag, legyen az műanyag, üveg, fém, még ha ezek újrahasznosításból is származnak.

Azonban ha az élelmiszer hulladékká válik, a csomagolás nehezítheti, sőt megakadályozhatja a hatékony újrahasznosítást. Ezért az élelmiszerhulladékok hasznosításra előkészítésének egyik legfontosabb lépése a csomagolóanyagok eltávolítása, a szerves anyag feltárása érdekében.

2.2. A CSOMAGOLÓANYAGOK FAJTÁI

A csomagolóanyagok szolgálhatnak az áru közvetlen csomagolására, vagy alkothatnak gyűjtőcsomagolást (több, esetenként egyedileg csomagolt áru tárolására, pl. kartondoboz, faláda), illetve szállítási csomagolást (pl. raklap, zsugorfólia).

Anyag szerinti csoportosítás:

Papír: egymáshoz kapcsolódó cellulóz rostokból áll. Közvetlen és gyűjtőcsomagolásra is gyakran használt, sokoldalú anyag. Jól véd a mechanikai hatások ellen, de nem vízálló és átengedi a levegőt, ami korlátokat szab a felhasználhatóságának. Alkalmazása teljesítheti a körkörös gazdaságra vonatkozó alapelveket, ha fenntartható termelésből származik, mivel 100%-ban újrahasznosítható. Hátránya, hogy a gyártása jelentős környezetterheléssel jár. Élelmiszerek csomagolása esetén szerves anyaggal szennyeződhet, amely ellehetetlenítheti az anyagában hasznosítását, illetve nem nedvességálló, így az élelmiszerhulladék szerves fázisában szétmállhat.

Italos karton: bár nem önálló anyagtípus, gyakorlati jelentősége miatt érdemes megemlíteni. papír- (70-75%), PE- (20-25%) és alumíniumrétegek laminálásával hozzák létre. Főként italok

és magas nedvességtartalmú élelmiszerek csomagolásaként használják. Újrahasznosítása elméletileg anyagában is történhet, a gyakorlatban inkább a termikus hasznosítás jellemző. Az anyagában hasznosítást nehezen megvalósíthatóvá teszi a szerves anyaggal való szennyeződés.

Üveg: a Földön nagyobb mennyiségben rendelkezésre álló anyagokból, homok, szóda és mész felhasználásával állítják elő. Inert anyag, 100%-ban újrahasznosítható az anyag degradálódása nélkül. Vízálló, légtömör. A világban gyártott üvegmennyiség 70%-a csomagolási célokat szolgál. Hátránya, hogy törékeny, színezés nélkül nem véd a fény ellen, hőállósága korlátozott, illetve hogy a benne tárolt áruhoz viszonyított súlya nagy. Élelmiszerhulladékok hasznosítása során nagy hátránya, hogy a benne tárolt anyagoktól történő szeparálása nehezen megoldható. Ez egyfelől azért problémás, mert mechanikailag károsíthatja a biogáz-üzem berendezéseit, másfelől a földekre kijuttatva nem kívánatos, el nem bomló szennyezőanyagként van jelen.

Acél: légzáró, vízhatlan csomagolóanyag. A tárolt élelmiszerek savas vegyületei korrozív hatással vannak rá, így ónbevonattal látják el („fehérbádog”), ritkábban krómozzák, illetve műanyag, gumiborítást kap (pl. kupakok, fedők). 100%-ban újrahasznosítható, az élelmiszerhulladék anyagáramról megfelelő technológia alkalmazása esetén szinte maradéktalanul leválasztható, a szennyeződéstől hatékonyan megtisztítható. A világ acél felhasználásának 5%-a csomagolási célokat szolgál.

Alumínium: az acélhoz hasonló csomagolási tulajdonságokkal rendelkezik, de vékonyabb falú illetve lágy csomagolóanyagok is készülhetnek belőle, így szélesebb körben felhasználható. Kedvezőbb tulajdonságok elérésére gyakran társítják pl. műanyag réteggel. Elsődleges előállítása magas költséggel és jelentős környezeti terheléssel jár, de újrahasznosítás esetén ezek a hátrányok jelentősen csökkennek. Gyakran laminálják műanyaggal. Az élelmiszerhulladék anyagáramról megfelelő technológia alkalmazása esetén szinte maradéktalanul leválasztható, a szennyeződésektől hatékonyan megtisztítható. A világ alumíniumtermelésének 25%-a csomagolási célokat szolgál.

Műanyag: a legnagyobb mennyiségben felhasznált élelmiszer csomagolóanyag. Előnye az alacsony előállítási költség, kedvező csomagolási anyagtulajdonságok, a benne tárolt termékhez viszonyított alacsony súly (1-5 m%). A levegőt és vízgőzt a fém csomagolóanyagoknál nagyobb mértékben átengedi, és az átlátszósága is jelenthet hátrányt.

Hulladékkezelési szempontból fő hátránya, hogy fosszilis tüzelőanyagból készül, illetve hogy hulladékká válása után nem megfelelő hulladékkezelés esetén több probléma forrása is lehet, melyek egyik fő oka az, hogy bár mint csomagolás, a legtöbb esetben egyszer használatos, a környezetbe kerülve nem bomlik le, szennyezi azt. Egyre nagyobb hangsúlyt kap a környezetünk mikroműanyag-szennyeződése, mely nagyrészt szintén a nem megfelelően kezelt élelmiszer-csomagolóanyagoknak róható fel. Élelmiszercsomagolásra gyakrabban használt műanyagfajták: PET, HDPE, LDPE, PP, PS, PVC. Élelmiszerek csomagolóanyagaként történő felhasználásuk több típus esetében egészségügyi aggályokat is felvet. Típusonként eltérő anyagtulajdonságokkal és hulladék újrahasznosítási potenciállal rendelkeznek: míg a PET anyagában hasznosítása is megoldható bizonyos fokig, addig az LDPE például szinte kizárólag RDF-ként hasznosítható, a PVC pedig még ekként sem. Élelmiszerhulladéktól való szeparáláskor különösen problémás a polisztirol, amely az előkészítő berendezésekben a szerves anyaghoz hasonlóan viselkedik, így könnyen belejut az organikus anyagáramba. Szintén problémás a zöldségek és gyümölcsök műanyaghálós csomagolása, mely beakad a szeparáló berendezések mozgó részeibe, így elakadások okozója. Alternatív megoldásként egyre gyakoribbak a farostból készülő zöldség- és gyümölcshálók, melyek az elsőre nem, de a második problémára megoldást jelentenek.

Biológiailag lebontható műanyagok: a hagyományos műanyagokéhoz hasonló tulajdonságú anyagok, amelyek azonban mikroorganizmusok közreműködésével, vagy környezeti hatásokra egyszerű molekulákra bomlanak. Alapanyaguk lehet megújuló (pl. kukoricakeményítő), vagy fosszilis. Hulladékká váló élelmiszerek csomagolásaként jelenleg problémát okozhat az, hogy az LDPE frakcióval együtt szeparálódnak, így széntartalmuk nem kerül biohasznosításra, hanem az RDF frakciót gyarapítja. Hosszabb távon mégis e műanyagok térnyerése kívánatos. Közvetlen élelmiszer-csomagolásként nem jellemző.

[\[14\]](#) [\[15\]](#) [\[16\]](#)

2.3. BIOLÓGIAILAG LEBOMLÓ SZERVESANYAG-TARTALOM

Az élelmiszerhulladékok jellemző tulajdonságai:

- A szerves anyagtartalom nagy részét szénhidrátok, fehérjék és zsírok alkotják, kisebb részben egyéb szerves anyag típusok is megtalálhatók benne.
- Instabilak, bomlásuk során kellemetlen szagú vegyületek, és veszélyes (fertőző, mérgező) anyagok keletkezhetnek, ezért hosszú ideig nem tárolhatók, illetve tárolásuk idejére megfelelő intézkedések szükségesek, pl. nem élelmiszerhulladékoktól elkülönített gyűjtés, védelem a rovarok, madarak, rágcsálók, stb. ellen, fertőtleníthető tárolótér, szükség esetén hűtés.
- Nagy víztartalmuk miatt nagy fajlagos térfogatúak, mely az előkészítésüket, hasznosításukat nehezítheti, illetve magas szállítási költségeket okozhat, mely a célszerű hasznosításuk szempontjából döntő tényező lehet.
- Sok olyan összetevőt tartalmaznak, melyek megfelelő eljárások kiválasztásával másodnyersanyagként hasznosíthatók. [\[17\]](#)

Az élelmiszerhulladékokon belül az áruházi élelmiszerhulladék speciális kategóriát képvisel, ahol a szennyezőanyagoktól való mentesség a háztartásokban keletkezőnél jóval magasabb fokú, ugyanakkor az összetétel hasonlóan széles körű, kiegyensúlyozott és magas energiatartalmú, szemben a gyártásban, iparban keletkező egyéb, jóval homogénebb szerves hulladék anyagáramokkal, amelyeknek sokszor az energiatartalma is korlátozott (pl. állati trágyák). Ezért bár a teljes élelmiszerhulladék-mennyiségnek az áruházi kis hányadát képviseli, kedvező tulajdonságai miatt hasznosítása előnyös és fontos. A gyakorlatban a legelterjedtebb megoldás, hogy ez a hulladéktípus együtt kerül erjesztésre egyéb szerves hulladékfajtákkal a lehető legmagasabb biogáz metántartalom elérése érdekében. Az együtterjesztés további előnye, hogy egyes összetevők (pl. zsírok) mennyisége az élelmiszerhulladékban az optimálist meghaladó mértékű lehet, mely együtterjesztés esetén beállítható.

Feedstock	Action of codigestion	Influencing factor
FW + CM	Improve methane yield and system stability	High buffering capacity and trace elements supplement
FW + livestock waste	Improve methane yield and VS reduction	Higher buffering capacity
FW + yard waste	Improve methane yield	Less VFA accumulation
FW + dewatered sludge	Enhance system stability	Less inhibition from Na ⁺
FW + sewage sludge	Afford high organic loading rate	High buffering capacity from ammonia
FW + green waste	Improve VS reduction	C/N ratio
FW + brown water	Improve methane yield	High buffering capacity
FW + press water	Improved system stability and methane yield	High buffering capacity
FW + distiller's grain	Improved biogas production	High buffering capacity from ammonia

2. ábra: Az élelmiszerhulladék (FW) kedvező hatása más szerves anyagokkal való együttermesztésnek [18]

A fenti kedvező tulajdonságok mellett nehezítő tényezők is felmerülnek: a keletkező anyagáram bár területileg kevésbé szétszórta mint a háztartási élelmiszerhulladék, azonban a feldolgozás költséghatékonyságára még mindig jelentős hatást gyakorol az, hogy logisztikailag milyen mértékben sikerül optimalizálni a nyersanyag keletkezési és felhasználási helye közötti anyagmozgatást.

2.4. A KELETKEZŐ ÉLELMISZERHULLADÉKOK ÉS A BENNÜK TALÁLHATÓ ANYAGOK MENNYISÉGE

Szakdolgozatomban megkíséreltem meghatározni egy optimális üzemméretet, mely a magyarországi viszonyok közt reálisan működőképes lehet. A feltételezett paraméterek sok tekintetben ideális, kívánatos állapotot tükröznek, olyan gazdasági, társadalmi környezetet feltételeznek, mely lehetővé teszi a hazai biogáz-potenciál széles körű kihasználását. A kiindulásként figyelembe vett adatokból amennyiben rendelkezésre álltak 2020 évi vagy frissebbet vettem alapul, így jó közelítéssel a szakdolgozat írásának idején fennálló helyzetet képezik le a számok.

2.4.1. A biogáz-üzem mérete

Több elemzés is vizsgálja a Magyarországi biogáz-termelésben rejlő potenciált, melyet 78 és 157 PJ közötti megtermelt energiában határoznak meg. Eközben a ténylegesen megtermelt energia 3,2 PJ, azaz ennek csupán 2-4%-a. [19] [22] Ez azt jelenti, hogy kedvező gazdasági és

szabályozási környezet esetén Magyarországon a mai 50 helyett akár 1200-2500 db biogáz-üzemnek is létjogosultsága lehet, feltételezve, hogy az átlagos üzemméret nem változik. Figyelembe véve, hogy Németországban több, mint 9000 biogáz üzemet tartanak nyilván [20], ez a szám nem túlzó.

Az Agrárközgazdasági Intézet 2021-es statisztikai jelentése szerint 2020-ban Magyarországon 38 db biogáz üzem működött, melybe nem számították bele a depóniagázra illetve szennyvíziszapra létesített üzemeket. [20] (Ha ezeket is hozzászámoljuk, a biogáz üzemek száma hozzávetőleg 50 [21], hozzátéve, hogy a pontos számról nem lelhetők fel friss adatok.) A statisztikai jelentés szerint a biomassa-felhasználás e 38 üzemben összesen 1,36 millió tonna volt, azaz egy üzem átlagosan mintegy **36.000 t/év** biomassa felhasználásával üzemelt.

Dolgozatomban ezzel a jelenlegi feltételek közt átlagosnak tekinthető üzemmérettel számoltam.

2.4.2. Az üzembe beszállításra kerülő hulladékmennyiség, ezen belül a kiskereskedelmi élelmiszerhulladék mennyisége

Az előzőekben meghatározott 36.000 t/év összes biomassa-felhasználásnak csak egy részét képezi a kiskereskedelemben keletkező élelmiszerhulladék, mivel erre az egy fajta anyagáramra üzemet telepíteni a vonzáskörzetre adódó túl nagy méretből fakadóan sem gazdaságos, illetve egyfajta pazarlás is, hiszen ez az alapanyag „túl jó” ahhoz, hogy 100%-ban csak ezt használja fel egy üzem. Ehelyett célszerű egy helyben található nagyobb, de esetleg kedvezőtlenebb energiatermelési kapacitással rendelkező anyagáram „feljavítása” a kiskereskedelmi élelmiszerhulladékkal.

Az élelmiszerhulladék hányad mennyiségi meghatározásánál szintén feltételezésekkel éltem.

A biogáz üzemek „vonzáskörzete”, ahonnan az alapanyagok beszállítása még gazdaságos, jórészt a mindenkori energiaárak függvénye, beleértve a szállításhoz szükséges energiát és az üzemben megtermelt energiát egyaránt. Ezek a szakdolgozat írásának időpontjában jelentős volatilitást mutatnak és jelentősen meghaladják a megelőző „nyugalmi” időszakban szokásos árszinteket. Így a becslés felülvizsgálatra szorulhat, mindazonáltal mivel a költségek és a bevételek párhuzamosan mozognak az energiaárak függvényében, így alapozhatunk a meglevő üzemi tapasztalatokra, melyek szerint a biogáz-üzem maximális beszállítási távolsága kb. 20-

25 km-ben határozható meg. Magyarország területén teljes lefedettséget feltételezve, de nem figyelembe véve a földrajzi, népsűrűség-beli, gazdasági, alapanyag-sűrűség-beli heterogenitásokat kb. 80-120 db ilyen beszállítási kör helyezhető el. Első közelítésben azt vizsgáltam meg, hogy milyen mennyiség jutna egy ilyen üzemre, ha a Magyarországon fellelhető kiskereskedelmi élelmiszerhulladék alapanyagok e kb. 100 üzem között egyenletesen oszlanak el, azaz az általam feltételezett üzem átlagos méretű. Úgy feltételeztem továbbá, hogy kiskereskedelmi élelmiszerhulladékot csak olyan biogáz üzembe szállítanak be, ahol a kikerülő fermentumlé minősége alkalmas a termőföldekre való kijuttatásra, azaz a mezőgazdasági állattartás és növénytermesztés melléktermékeit, illetve feldolgozóipari (pl. szeszgyártás, tejipar, cukorgyártás) melléktermékeket feldolgozó üzemekbe. Depóniagázra és szennyvíziszapra létesített biogáz üzemekbe pedig nem történik áruházi alapanyag beszállítása.

A Magyarországon keletkezett élelmiszerhulladék mennyisége a szakdolgozat bevezetőjében is hivatkozott 2021-es jelentés szerint 124.000 t/év. Ha minden üzembe a vonzáskörzetén belül levő anyag jut el, és Magyarország teljesen le van fedve, és feltételezzük azt az ideális állapotot, hogy minden kiskereskedelmi élelmiszerhulladék eljut biogáz üzembe, úgy egy üzembe évi 1.240 t kiskereskedelemről származó élelmiszerhulladék jut el. Azonban mivel feltételezhető, hogy kiskereskedelmi élelmiszerhulladékot komplexen feldolgozó biogáz üzemet olyan csomópontban létesítenek, ahol fajlagosan több kiskereskedelmi egység található, így az átlagnál kedvezőbb az alapanyag-ellátottság, ezért a továbbiakban az átlag mennyiség körülbelül ötszörösével, **6.000 t/év** mennyiséggel számolok.

2.4.3. Az egyes anyagfajták mennyisége a kiskereskedelemről származó élelmiszerhulladékon belül

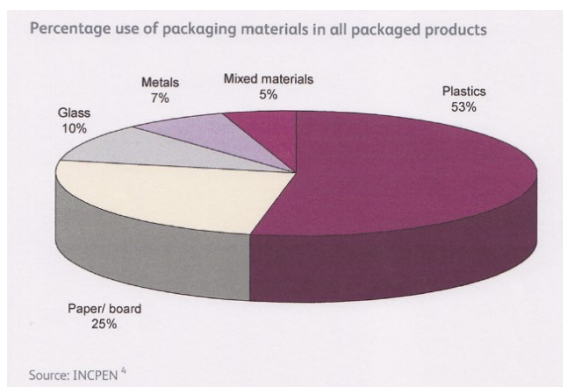
A biogáz-üzembe kerülő alapanyagok közül a kiskereskedelemről származó élelmiszerhulladékok legfőbb jellemzője, mely eltérővé teszi ezt az alapanyag-fajtát a többitől, hogy nagy arányban csomagolással van ellátva. Az egyéb biogáz üzemben feldolgozásra kerülő anyagáramok csak elvétve tartalmaznak a biomasszában kívül egyéb összetevőt. Ha mégis, ilyenek lehetnek az élelmiszeripari termelési hulladékok, amelyek már eljutottak a feldolgozás azon fokára, hogy csomagolással vannak ellátva. A tervezett berendezések alkalmasak az idegen anyag elválasztására ezen nyersanyagokból is, azonban kapacitás növelést ezen az

alapon nem veszek fel, tekintve, hogy ezt csak akkor érdemes, ha egy konkrét üzem létesítése kapcsán a vonzáskörzetben ilyen igények lépnek fel.

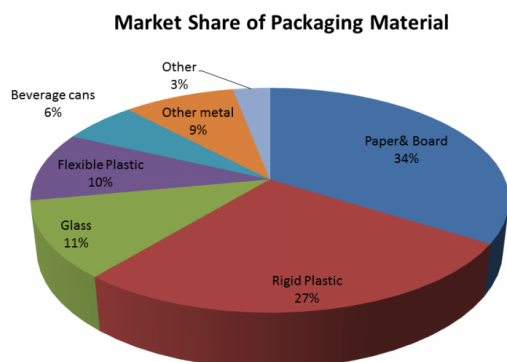
Az áruházi élelmiszerhulladékok egy hányada is csomagolatlan. A zöldség-gyümölcsfélék, illetve a pékáru nagyobb része nem rendelkezik csomagolással. Előválogatást tartalmazó eljárás esetén a csomagolásmentes anyaghányad külön feldolgozása mindenképp előnyös, mivel ez az anyagáram sokkal egyszerűbb előkészítést, mindössze aprítást igényel a fermentálásra való előkészítésképp.

A kiskereskedelmi élelmiszerhulladékokban található különféle csomagolóanyagok mennyiségi elemzésével kapcsolatos irodalom meglehetősen szűkös, így a mennyiségek meghatározásánál több forrást is figyelembe vettem.

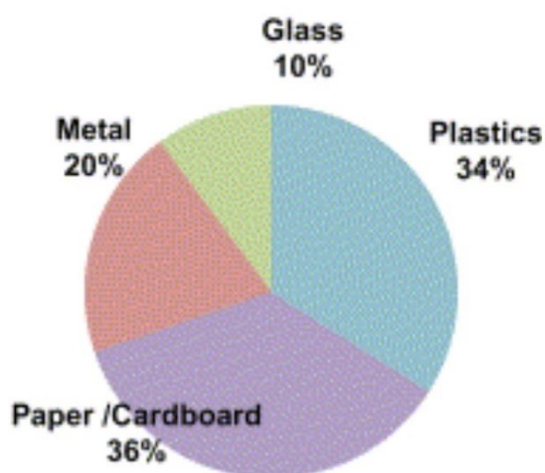
Az elérhető kutatásokból, cikkekből következő diagramok mutatják a gyártás során csomagolásra használt anyagok százalékos megoszlását:



3. ábra: Csomagolt élelmiszerekben használt csomagolóanyagok százalékos megoszlása [23]



4. ábra: Élelmiszer csomagolóanyagok piaci részesedése [24]



5. ábra: Főbb élelmiszeripari csomagolóanyagok [25]

Ezek az adatok az élelmiszeripari termékek gyártása során jellemző csomagolóanyag-arányokat mutatják. A hulladékká válás idején jellemző csomagolóanyag-összetétel nem feltétlenül egyezik meg ezzel, ezért egy élelmiszertípusonkénti minőségmegőrzési időket tartalmazó listát [26] kiegészítettem az egyes élelmiszerfajtákra jellemző csomagolóanyagok bejelölésével a mellékelt 1. táblázat szerint. A táblázatból kiolvasható, hogy míg a papír, műanyag és kompozit csomagolóanyagok minden eltarthatóság esetén nagyjából azonos mértékben használatosak, addig a fém és üveg csomagolás alkalmazása a lejárat idő rövidülésével párhuzamosan csökken, illetve nagyon rövid lejárat esetén nem is jellemző. Ezért a végső arányok meghatározásánál ezeket a csomagolóanyag-fajtákat érdemes kisebb aránnyal szerepeltetni.

A csomagolás-beltartalom aránnyal kapcsolatosan is kevés meglevő irodalmi adat létezik, erre egy példa a 2. táblázat.

Package Weight to Product Weight Ratios (%)	
1–10%	
1	500 g of pasta in PE bag
	61 g bar of chocolate in plastic wrapper
2.7	1 l milk in paper+PE box
3	1 l soft drink in PET bottle
3.3	1 kg of coffee in brick pack
3.5	1/2 kg of meat on foam tray
4	0.33 l soft drink or beer in aluminium can
	1 l ice-cream in HDPE box
5	fruit juice in aseptic box
	250 g of cold cuts vacuum packed
5.3	2 dl yogurt in plastic cup
5.29	bag of potato chips
6.6	400 g of margarine in plastic tub
	150 g of cold cuts vacuum packed
6.7	1 l ketchup in plastic squeeze-bottle
7.4	10 eggs in pulp tray
9	bar of soap in paper box
9.5	fabric softener in HDPE bottle
11–20%	
11.9	85 g cat food in aluminum pouch
12.4	1/2 l oil in plastic bottle
13.4	500 g of canned food
18.5	2 dl of shampoo in plastic bottle
21–30%	
23	400 g cereals in PP bag and paper box
25	150 g of canned food
31–40%	
34	deo roll-on in HDPE bottle
40	150 g cereals in PP bag and paper box
49	1 l dishwasher liquid
41–60%	
53	0.3 l glass bottle of beer or soft drink
56	deodorant in spray bottle
57	150 g jam in glass jar
61–100%	
68	0.5 l salad dressing in glass bottle
74.5	100 tablets in PS bottle and carton box
80	0.5 l oil in glass bottle
>100%	
160	a box of 25 tea bags
588	tablets in blister package and paper box
611	20 g of seasoning in glass bottle

2. táblázat: Egyes csomagolt élelmiszerek csomagolás/termék tömegaránya [14]

További, részletesebb információszerezés céljából saját méréseket is végeztem, melyek a mellékelt 3. táblázatban (Egyes élelmiszer termékek csomagolás és beltartalom tömegadatai saját mérések alapján) és 4. táblázatban (Csomagolóanyag és szerves beltartalom arányok) vannak összegezve. A saját méréseket a Tesco áruházlánc magyarországi tevékenységére vonatkozó nyilvánosan elérhető adataira alapoztam, mint kiindulási pontra. Az elérhető legfrissebb adatsort, a 2021/22-es évet vettem alapul az 5. táblázatban kigyűjtve. [27] [28]

A saját mérésből származó adatok sok tekintetben becslésen alapulnak, mivel a szakdolgozathoz adott lehetőségekhez mérten lettek meghatározva. Részletesebb mérések pontosabb eredményt adhatnak, illetve az adatok szezonális, üzlettípustól, földrajzi helytől és számos egyéb tényezőtől függően ingadozásokat is mutathatnak.

A saját mérések érdekes megfigyelésre is alkalmat adtak: a csomagolt élelmiszerek nagy részében pár, akár 5(-10)%-kal is nagyobb tömegű beltartalom található, mint a csomagoláson feltüntetett érték. Ezt a többletet a kimutatásokban ugyanakkor nem érvényesítettem, hiszen a

jelen szakdolgozat keretei közt megvalósítható pontosságon bőven belüli mennyiségekről van szó.

AZ ÉLELMISZER-HULLADÉK MEGOSZLÁSA KATEGÓRIÁNKÉNT - 2021/22	%	t/év
zöldség-gyümölcs	25	1 173
hús, hal, baromfi	15	704
pékáru	14	657
tejtermék	14	657
üdítők	6	281
készételek	10	469
sütési segédanyagok (pl. liszt, búzadara)	5	235
alkohol	4	188
fagyasztott élelmiszer	2	94
tudatos táplálkozást támogató élelmiszerek	2	94
rizs, tészta	1	47
édességek, rágcsálnivalók	1	47
félkész ételek	1	47
ÖSSZESEN	100	4 690

5. táblázat: Az élelmiszer-hulladékok kategóriánkénti megoszlása a Tesco áruházlánc kimutatásai szerint (csak az élelmiszertartalom, csomagolóanyagok nélkül).

A meglevő irodalmi és kutatási, illetve a saját mérésen alapuló adatokat az 6. táblázatban összegeztem, és az 1. táblázat adataiból levont következtetések figyelembevételével, és az egyes arányokat tartalmazó irodalmi adatok, ill. saját számítás mérlegelésével meghatároztam a százalékos megoszlásokat.

SZÁZALÉKOS ARÁNYOK	3. ÁBRA SZERINT	4. ÁBRA SZERINT	5. ÁBRA SZERINT	SAJÁT MÉRÉS	ELŐ-VÁLOGATÁS NÉLKÜL
PAPÍR	25	34	36	8	26
MŰANYAG	53	37	34	39	42
MIXED / ALU KOMPOZIT + ITALOS KARTON / EGYÉB	5	3	-	8	5
ÜVEG	10	11	10	35	11
FÉM	7	15	20	10	16

6. táblázat: A különböző forrásokból származó csomagolóanyag arányok összehasonlítása

Mivel az egyes feldolgozó sorokra kerülő anyagáramok meghatározásához csak a saját mérésem megfelelő részletességű (tartalmazza a biomassza-csomagolás és a csomagolatlan-

csomagolt élelmiszer arányt is), ezért azt korrigáltam a 6. táblázat végleges arányaival. Ebből adódnak a végleges anyagáramok a mellékelt 7. táblázat szerint.

3. A TECHNOLÓGIAI FOLYAMATOK KIALAKÍTÁSA, A TECHNOLÓGIA ELJÁRÁSAI ÉS BERENDEZÉSEI

3.1. SZAKIRODALOM, MEGLEVŐ TAPASZTALATOK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A nagyáruházi élelmiszerhulladékok azon részénél, amely nem teljesíti elsősorban az emberi fogyasztásra, másodsorban az állati takarmányozásra alkalmasság kritériumait, két út lehetséges: komposztálás vagy biogáz előállító üzemben történő hasznosítás, melyek közül utóbbi jelenti az értékteremtőbb felhasználást. A biogáz-üzemek anyagáramában e kicsomagolást igénylő frakció relatív kis arányt, általában maximum 10-20%-ot képvisel. Ennek következtében az üzemek a szükséges kicsomagoló gépsort is minimalizálni igyekeznek.

Néhány tipikus üzemi vélemény, nemzetközi tapasztalat a feldolgozható anyagfajtákkal kapcsolatosan:

„Ahogy a legtöbb biogáz üzem, a Biogas Energy Partners sem szereti az üvegcsomagolású hulladékot, mely igénybe veszi a berendezéseket és eltávolítása nehéz a szerves anyagáramból. 'Egy tucat üvegpalack rendben van, de egy teherautónyit nem tudnánk befogadni.' 'A bádog konzervek is problémásak lehetnek [...].’” [\[15\]](#)

„A csomagolás és egyéb szennyezők nagy része, mely az eredeti feladás 5-10%-át teszi ki, lerakóra megy. Nem tudunk újrahasznosítani. Minden össze van keveredve, fém, üveg, különféle műanyagok. Nem éri meg ebbe az irányba elindulni.” [\[15\]](#)

„Csak olyan alapanyagot fogadunk, ami a DODA berendezésünkön feldolgozható [...] A berendezések a legtöbb csomagolóanyagot jól leválasztják, de nem jól boldogulnak az üveggel, a polisztirollal és egyes műanyagokkal, amelyek belegabalyodnak a csigába és rendszeresen el kell őket távolítani. [...]” [\[15\]](#)

„Az E. L. Harvey által használt Scott Turbo Separator nevű berendezés el tudja távolítani az ételek csomagolását legyen az műanyag fólia, karton vagy műanyagflakon. Üveg nem dolgozható fel a szeparátorban, mert a végtermék túl sok üvegszilánkot tartalmaz mind komposztáláshoz, mind fermentáláshoz. Az E. L. Harvey jelenleg nem hasznosítja újra semelyik csomagolóanyagot, mert étellel szennyezett, túl sok idő, energia és víz lenne szükséges a tisztításhoz.” [\[29\]](#)

„A műanyagok egy felszínen úszó réteget alkotva okoznak nehézséget, blokkolják az anyag- és gázáramlást. Az üvegcserép lesüllyed a fermentáló tartály aljára és ott okoz dugulást és az anyagtovábbító rendszer kopását.” [\[30\]](#)

Egy hazai, kiskereskedelmi élelmiszerhulladékot is fogadó biogáz üzem szakemberei hasonló gyakorlatról számoltak be. A műanyag csomagolású élelmiszerhulladékok feldolgozására rendelkeznek gépekkel, azonban fém és üveg csomagolás eltávolítása problémás, így az ilyen alapanyagok fogadása nem lehetséges az üzemben.

Jóval ritkább, de létezik olyan üzem is, ahol a fentiek nem jelentenek problémát. Az Egyesült Királyságbeli Bridgnorthban található Swancote Energy a Tomrával való együttműködés eredményeképpen olyan optikai válogatót (NIR és VIS) tartalmazó üzemet hozott létre, ahol az üveget is ki tudják nyerni a biomasszából, továbbá minden visszanyert anyagot (fémeket, műanyagot, üveget) anyagában hasznosítanak újra. [\[31\]](#)

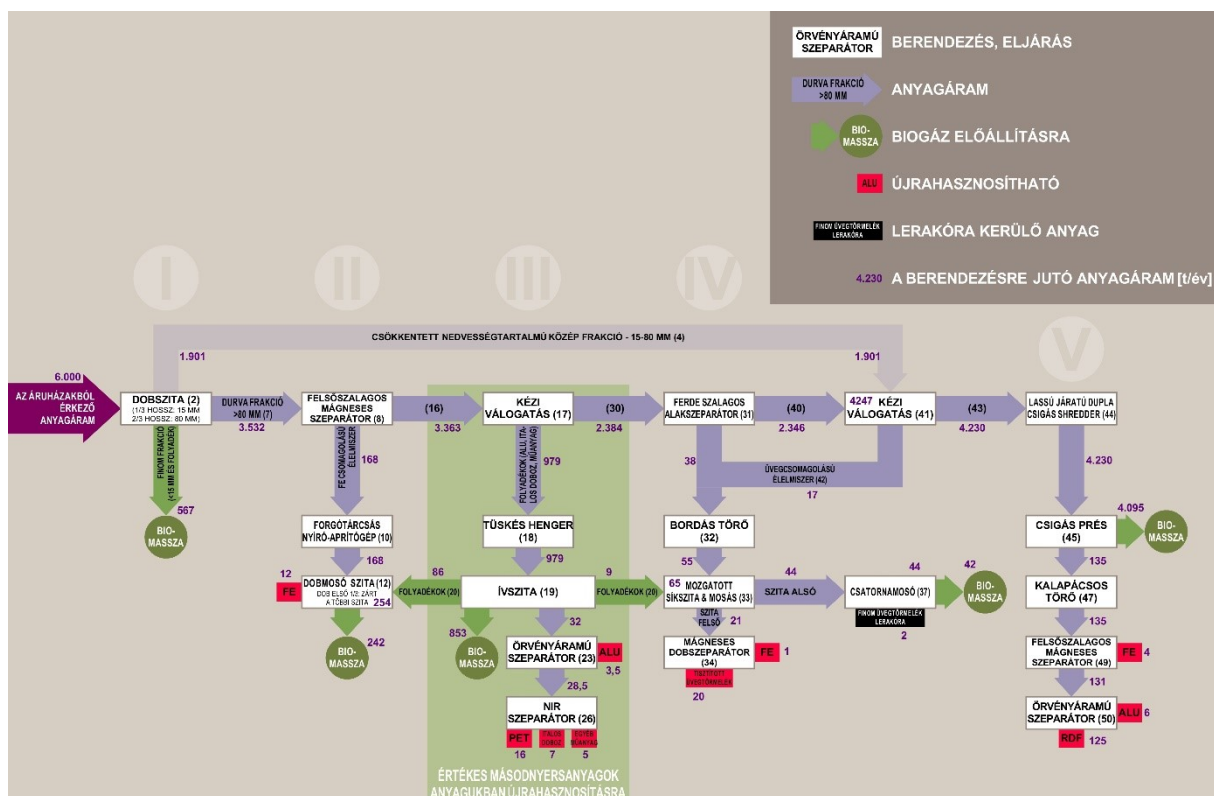
A fentiekből látható, hogy a csomagolt élelmiszerhulladékok újrahasznosításra előkészítése terén megoldottnak, rutin feladatnak csak a papír-műanyag csomagolású hulladék feldolgozása tekinthető, az is RDF-ként történő hasznosításra.

A dolgozat további részében egy olyan folyamatsor kialakítására törekedtem, mely a fent említett problémákra választ ad, a csomagolóanyagok szinte teljes mértékben visszanyerésre kerülnek, a nagy értéket képviselő csomagolóanyagok esetében anyagukban hasznosításra alkalmas formában.

3.2. A TECHNOLÓGIAI FOLYAMAT MŰVELETEI, FOLYAMATÁBRA

A javasolt technológiai folyamat lépéseit az alábbi 6. ábrán látható áttekintő technológiai vázlat tartalmazza, melyet nagyobb méretben is mellékeltem a dolgozathoz. A folyamat bemenő anyagáramában vegyesen található meg a csomagolatlan, illetve a különböző anyagú csomagolással ellátott élelmiszer.

[\[23\]](#) [\[32\]](#) [\[33\]](#) [\[34\]](#) [\[35\]](#)



6. ábra. Az élelmiszerhulladék-előkészítés technológiai folyamata, műveletei és anyagáramai

A nyers élelmiszerhulladék elsőként egy kétszakaszos dobszítára kerül, ahol a <15 mm, 15-80 mm és >80 mm szitafrakciókat állítjuk elő, amelyek anyagi összetétele eltérő, következésképpen további sorsuk is. A legfinomabb rész közvetlenül biogáz-előállításra megy. A köztes frakció még tartalmazhat kisméretű üveget, melyet később kézi válogatással távolítunk el (elvileg szóba jöhetne röntgensugaras válogatás, de igen megnövelné a költségeket). A durva (>80 mm) anyagáramból sorrendben: fehérbádoggal konzerveket (mágneses szeparálással), majd az italos csomagolást (kézi válogatással), végül az üvegcsomagolást (alakszeparátorral) nyerjük ki. E három anyagáram feldolgozása, előkészítése ezek után önálló gépsorokon történik, melyek műveletei: csomagolás megbontása, a megbontott anyagáramból a bio-szerves rész leválasztása, végül a csomagolóanyagok egymástól való szeparációja, és a szennyezők kiszeparálása.

A folyamat főbb műveletcsoportjai és lépései:

3.2.1. Dobszita

Az anyag az üzembe érkezést követően egy dobszítára kerül, amely azt három frakcióra osztályozza:

- finom frakció (<15 mm)
- közép frakció (15-80 mm)
- durva frakció (>80 mm).

A finom frakció csomagolatlan, illetve nagy folyadéktartalmú szerves anyagokat tartalmaz. Ebben a részben csomagolóanyag nem található, így a leválasztást követően ez az anyagáram további előkészítést nem igényel, fermentációra alkalmas.

A közép frakció is részben csomagolatlan, illetve jellemző csomagolóanyaga a papír és a műanyag. Egyéb csomagolóanyagok is előfordulnak, kisebb mennyiségben. Ezért ez a rész a műveletsor egy későbbi pontján kapcsolódik be, ahol a nagy mennyiségű és/vagy nagy értékű csomagolóanyagok leválasztása már megtörtént, de még nem történt meg a műanyag és papír csomagolások leválasztása, továbbá még esedékes az anyagáramban maradt üveg csomagolású anyag kézi ellenőrző válogatása.

A durva frakció nagy része csomagolt, ebben találhatók meg az anyagukban jól hasznosítható csomagolások, mint vas, alumínium, italos doboz, PET, illetve az RDF-ként hasznosítható egyéb műanyagok és papír. Ebben a részben található az üveg csomagolás is, amely inkább probléma, mint hasznosítható anyag, mindenesetre kívánatos minél nagyobb arányú leválasztása.

3.2.2. A fehérbádoggal csomagolású élelmiszer feldolgozása

A dobszítáról kikerülő durva frakcióról egy felsőszalagos mágneses szeparátor választja le ezt az anyagfajtát. Ezt követően történik meg a csomagolás feltárása forgótárcsás nyíró-aprítógéppel. E lépésnél a cél, hogy a csomagolás összepréselődése, túlzott aprózódása, forgácsok keletkezése elkerülhető legyen, mivel mindkét eset megnehezíti a vas és a szervesanyag-tartalom megfelelő szeparálását. Ennek érdekében fontos a gép paramétereinek, például tárcsaszélességének célszerű megválasztása.

A feltárt konzervek egy dobszitaiba kerülnek, mely egyúttal mosó is. A dobszita első harmada zárt, itt a gravitáció segítségével illetve mosóvíz, vagy a folyamat egy későbbi részén leválasztott folyadék hozzáadagolásával történik a szerves anyag eltávolítása a csomagolóanyagból. A dobszita palást felületén a szerves anyag eltávozik, a szitán fennmaradó vas csomagolóanyag targoncával mozgatható konténerbe kerül továbbításra.

3.2.3.A folyadékok különválasztása és feldolgozása

A dobszita durva frakció vasleválasztás utáni lépése a folyadékokat tartalmazó csomagolt élelmiszerek különválasztása.

A folyadékok külön kezelése több okból is célszerű. Ezek csomagolóanyagait el lehet választani a beltartalomtól úgy, hogy azok egyáltalán nem aprózódnak bele a szerves tartalomba, továbbá szennyeződéstől szinte mentesek maradnak. A kinyert folyadék felhasználható egyéb csomagolt élelmiszerfajták csomagolóanyagától való elválasztásának elősegítésére, illetve a fermentálásra kerülő biotartalom nedvességtartalmának szabályozására. A folyadékok csomagolóanyagai (alumínium, italos karton, PET) képviselik a legnagyobb értéket és mivel a folyamatból tisztán kinyerhetők, anyagukban hasznosíthatók.

A folyadékot tartalmazó csomagolt anyagáram leválasztása előnyösen kézi előválogatással történik. A folyadékok kinyerésére a csomagolást tüskés hengerpárral szűrik ki, majd a folyadékok eltávolítása ívszítán történik. [\[37\]](#)

A csomagolóanyagok anyagfajtankénti szétválasztása ezt követően örvényáramú szeparátorral (alumínium-leválasztás), majd NIR szeparátorral történik. A NIR szeparátor által létrehozott két anyagában hasznosítható termék a PET és az italos karton. A maradék döntően egyéb műanyagokból áll, melyek RDF-ként való hasznosítása mindenképp lehetséges, anyagában való hasznosítása további vizsgálatokat igényelhet.

3.2.4.Az üveget tartalmazó anyagáram különválasztása

Az üveg az egyik legproblémásabb anyag, hiszen kis mennyiségben is kedvezőtlenül befolyásolja a biogáz üzem működését, lerakódik a tartályokban, koptatja a mozgó

alkatrészeket, illetve az üvegszilánk jelenléte a földekre kijuttatható kiejesztett fermentumban is kedvezőtlen.

Az üveg elsődleges leválasztása gépi úton, ferde szalagos alakszeperatorral történik. A ferde szalag felfelé mozog, dőlésszögét, sebességét és egyéb paramétereit úgy választják meg, hogy a gördülésre képes üvegeket különválassza az egyéb csomagolású anyagoktól. A ferde szalagos alakszeperator részletesebb ismertetése a 3.3.6. fejezetben található. A gépi szeperálást követően a megmaradó anyagáram kézi válogatása is szükséges az üveg csomagolás minél teljesebb körű eltávolítására. Ennek az utólagos kézi válogatásnak a bemenő anyagáramához csatlakozik a folyamat legelején dobszítán elkülönített 15 és 80 mm közötti közép frakció is, melyben szintén előfordulhat kis mennyiségű üvegcsomagolású anyag.

Az üveg csomagolású anyagok bordás törőbe kerülnek. A cél, hogy az az üvegeket csak megroppantsa, de a lehető legkevésbé aprítsa, ne hozzon létre apró szilánkokat. A törmelékből mozgatott síkszítán, mosással kerül eltávolításra a biomassza. Ennél a mosási folyamatnál is fel lehet használni a korábban leválasztott folyadékokat. A fennmaradó csomagolóanyagból a kupakok, fedelek elkülönítése mágneses szeperálással történik. Bár az elsődleges cél, hogy kikerüljön a biomasszából, a tisztított üvegtörmelék anyagában is jól újrahasznosítható.

A biomasszába kerülő üvegszilánk eltávolítása csatornamosóval történik, mely a szérhez hasonlóan a részecskék ülepedési sebességének különbségét használja ki, a berendezés geometriai és áramlástechnikai paramétereinek célszerű megválasztásával. Részletesebb ismertetése a 3.3.7 fejezetben található.

Az üvegszilánkoktól mentesített biomassza már alkalmas a fermentálásra, a leválasztott, üvegszilánkkal kevert biomassza pedig további hasznosításra nem alkalmas, így lerakón való elhelyezése javasolt.

3.2.5.A műanyag és papír csomagolású élelmiszerek feldolgozása

A már üvegektől is megtisztított anyagáram részben csomagolatlan, a 15-80 mm-es közép frakció révén kis mennyiségű alumínium és vas csomagolóanyagot is tartalmaz, de legnagyobb részben műanyag illetve papír csomagolású.

A műanyagok esetében fontos törekvés, hogy a biomassa mikroműanyagoktól mentes legyen, hiszen a kieresztett fermentum trágyaként kerül hasznosításra, melynek mikroműanyag tartalma nehezen elbomló szennyezőanyagként jelenik meg a természetben. A piacon már léteznek olyan, a szelektív aprítás révén működő, tépő jellegű igénybevételt alkalmazó berendezések, melyek megkonstruálásánál ez a szempont is figyelembe lett véve. A kinyerhető csomagolóanyag főleg energetikai hasznosításra alkalmas, így kevésbé jelent prioritást az, hogy szerves szennyezőanyagtól mentes legyen, csak az alacsony nedvességtartalom jelenik meg, mint kritérium. Ezért bizonyos határok közt érdemes a beállításokat úgy megtenni, hogy inkább a keletkező RDF legyen biomasszával szennyezett, mint a biomasszában legyen jelen esetlegesen mikroműanyag. Mivel ezek a csomagolóanyagok élelmiszerekkel érintkeznek, csak minimálisan van jelen a PVC, így jó minőségű RDF termék nyerhető ki a folyamat végén.

A feltárás lassú járatú dupla csigás shredderrel történik. Az anyag ezt követően csigás présbe kerül, amelynek palástja szűrőként van kialakítva, csak az aprított biomasszát engedi át, illetve a prés a csomagolóanyagokból kpréseli a nedvességet. Az összepréselt anyagot ezután kalapácsos törő lazítja fel, melynek célja, hogy a különböző csomagolóanyag fajták elkülönüljenek, és a következő lépésekben a vas és alumínium tartalom leválasztható legyen.

3.2.6. Biomassa tartalom

Biomassa tartalom a folyamat több pontján keletkezik, mindenhol olyan folyamat révén, ahol a szerves anyag aprítása is megtörténik. A biomassa gyűjtése konténerekbe történik, melyeket targonca továbbít a biogáz termelő üzemrészbe.

3.3. A TECHNOLÓGIAI FOLYAMAT ANYAGMÉRLEGE

A 2.4.2. pontban foglaltak szerint a bejövő élelmiszer-kiskereskedelemről származó hulladék mennyiséget 6000 t/évben határoztam meg. Ebből 250 munkanap/év és napi 8 órás munkaidő feltételezésével 3000 kg/óra a beérkező összes anyagáram. Mivel ez a mennyiség nem egyenletesen érkezik, az ideiglenes deponálás mellett a nagyobb feldolgozókapacitás az, ami rugalmasságot ad az üzemeltetés során, ezért a gépek kapacitását úgy határoztam meg, hogy azok a 6000 t/év össz-anyagáram alapján meghatározott rész-anyagáramok másfélszeresének feldolgozására legyenek képesek.

Az anyagáramok meghatározásánál minden szétválasztási folyamatot 100%-os hatékonyságúnak feltételeztem, hiszen a másfélszeres szorzó miatt a készülékek méretezésében ennél jóval nagyobb tartalék van. A kinyerhető újrahasznosítható anyagmennyiségek meghatározásakor ugyanakkor az alkalmazott berendezésekre jellemző 1-nél kisebb alkotórész-kihozatal értéket vettem figyelembe.

A dolgozat korábbi részeiben meghatározott csomagolóanyag-mennyiségek alapján az egyes berendezésekre, folyamatokra jutó anyagáramok mennyiségét részletesen, az egyes berendezésekhez, készülékekhez rendelve a 6. ábrán (technológiai folyamatábra), illetve a 8. táblázatban tüntettem fel.

3.4. A TECHNOLÓGIAI FOLYAMAT ELJÁRÁSAI ÉS BERENDEZÉSEI, FŐBB MŰSZAKI JELLEMZŐKKEL

Számos szempontot kell mérlegelni annak eldöntésére, hogy a technológiát zárt építménybe vagy szabadtéren telepítve célszerű-e megvalósítani. A szabadtéri kialakításnál nem jelentkezik a befogadó építmény beruházási és üzemeltetési költsége, beleértve az épületgépészet, épületvillamosság költségeit. Azonban szabadtéri kialakításnál számolni kell a szaghatásból eredő, illetve az eső és szél okozta problémákkal, továbbá minden berendezésnek, vezetéknek, műszernek kültérben alkalmazhatónak kell lennie. A dolgozatban szabadtéri anyag tárolást feltételeztem annak nagy helyigénye miatt, de zárt előkészítő technológiával kalkuláltam, így a technológia 8. táblázatban listázott berendezései egy épületben kapnak helyet. A szükséges létesítményeket – beleértve a technológiának helyet adó épületet - a 9. táblázatban soroltam fel. A lista csak az élelmiszerhulladék jelen dolgozat tárgyát adó előkészítésével kapcsolatos üzembrészt tartalmazza, az optimális esetben szintén a létesítmény részét képező biogáz-üzembrészt nem.

Az alábbiakban a dolgozathoz mellékelt 8. táblázatban foglalt berendezések közül ismertetem azokat, melyek a folyamat meghatározó elemeit képezik.

3.4.1. DOBSZITA

A folyamat első lépéseként a bejövő hulladék egy dobszítára kerül, amely előrehaladva kétféle szitanyílású részből áll, így az anyagot három frakcióra osztályozza szét. A <15 mm frakció

nem tartalmaz csomagolóanyagot, így leválasztása célszerű a továbbmenő anyagáram nedvességtartalmának csökkentése érdekében, illetve a célból, hogy ne terheljük a gépsort olyan anyaggal, melynek feldolgozása szükségtelen.

A 15...80 mm-es közép frakcióra is jellemző a csomagolás nélküli szervesanyag-tartalom, de itt már jelen van minden csomagolási anyagfajta. Azonban a fehérbádóg, üveg, illetve folyadékokat tartalmazó csomagolások egy jelentős része a >80 mm frakcióba kerül, így ezek a jól újrahasznosítható csomagolóanyagok ebből a frakcióból kerülnek leválasztásra.

A dobszita szükséges kapacitását a $Q = q * x * A_{eff}$ képlet alapján lehet kiszámítani, ahol q [$m^3/h * m^2 * mm$] a fajlagos feldolgozóképeség, x [mm] a dobszita nyílásmérete és A_{eff} [m^2] az effektív felület. [\[46\]](#)

$$q = 0,1 \dots 0,2 \text{ m}^3/h * m^2 * mm$$

$$A_{eff} = (0,1 \dots 0,15) * A_{teljes}$$

$$A_{teljes} = L * D * \pi$$

$$L = (2 \dots 4) * D, \text{ most legyen } L = 2 * D$$

$$\text{ezekből } A_{teljes} = 2 * D^2 * \pi, \text{ azaz } D = \sqrt{\frac{A_{teljes}}{2\pi}}$$

Első szakasz:

$$d_1 = 15 \text{ mm}$$

$$Q = 4.500 \text{ kg/h}$$

$$\rho_{\text{phalmaz}} = 750 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 4.500 / 750 = 6 \text{ m}^3/h = 0,2 * 15 * A_{eff}$$

$$A_{eff} = 2 \text{ m}^2$$

$$A_{teljes} = 2 / 0,15 = 13,3 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{A_{teljes}}{2\pi}} = 2,12 \approx 2 \text{ m és } L_1 = 4 \text{ m.}$$

Második szakasz:

$$d_2 = 80 \text{ mm}$$

$$Q = 4.075 \text{ kg/h}$$

$$\rho_{\text{phalmaz}} = 750 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 4.075 / 750 = 5,4 \text{ m}^3/h = 0,2 * 80 * A_{eff}$$

$$A_{\text{eff}} = 0,34 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{teljes}} = 0,34 / 0,15 = 2,26 \text{ m}^2$$

$$D = 2 \text{ m, tehát } L_2 = A_{\text{teljes}} / D * \pi = 0,36 \text{ m, javasolt } L_2 = \mathbf{0,5 \text{ m.}}$$

Teljes hossz: **L = 4,5 m.**

3.4.2. ANYAGMOZGATÁS: KONTÉNEREK ÉS SZÁLLÍTÓSZALAGOK

A folyamat több pontján is a termékek konténeres gyűjtése történik. A keletkező mennyiségek mellett mindenhol alkalmazhatók 1 m³-es, raklap méretű, targoncával mozgatható konténerek, ahol szükséges, folyadékot át nem eresztő kivitelben.

Az üzemben használatos szállítószalagok egyszerű vízszintes gumiszalagok, vagy ferde, bordázott felületű szalagok. A hosszirányú méretek természetesen függnék a tényleges üzem elrendezésétől.

3.4.1.FORGÓTÁRCSÁS NYÍRÓ-APRÍTÓGÉP

Az aprítási művelet célja a vas csomagolású élelmiszer felbontása oly módon, hogy a lehető legkevesebb forgács, apró fémdarab keletkezzen, ugyanakkor minden zárt csomagolás a kellő mértékben feltárássra kerüljön. Ezt a tárcsák méretének megfelelő megválasztásával lehet elérni, melyet a jelen esetben 45 mm alkalmas. A Q=126 kg/h anyagáramra az alábbi táblázatból a legkisebb, L = 400 és B = 500 mm méretű berendezés is megfelelő.

BOMATIC forgótárcsás nyíró-aprítógép, [P.13]										
VÁGÓSZELVÉNY LxB	A	P	Q, KAPACITÁS							
			Papír		TSZH		Elektronikai	Autógumi	Fehérbádog/ acél hordó	
mm x mm	m ²	kW	m ³ /h	kg/h	m ³ /h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	m ³ /h
400x500V	0,2	9,25	1,3	400	1,5	225			600	7,2
600x500V	0,3	12,75	2,3	700	3	450			800	11,7
850x500V	0,425	12,75	3,0	900	5,5	825			1000	12,24
850x750S	0,64	29,5	1,5	675	6	720	650	1000	800	9,6
1020x750S	0,765	35	2	900	8	960	850	2000	1730	22
1355x900S	1,22	65			30	3600	3500	5500	4325	55
1700x900S	1,53	110			40	4800	5500	8500	6055	77
1600x1100B,DD	1,76	150			65	7800	7500	12500	8650	110
2000x1400B,DD	2,8	220			95	11400	10000	17000	10380	132

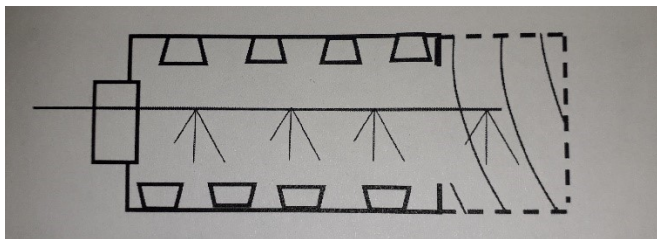
A-nyírószerszám szelvénye

. [53]

3.4.2.DOBMOSÓSZITA

A berendezés funkciója a vas csomagolású élelmiszer csomagbontás utáni szeparálása vas csomagolóanyagra illetve biomassza tartalomra. Ennek érdekében a dob első része zárt, és vízzel vagy a technológiai folyamatban később keletkező folyadék visszavezetésével mosási folyamat történik. A dobszita további részén történik a már különvált szerves tartalom leválasztása.

$\rho_{\text{halmaz}} = 30 \text{ kg/m}^3$ esetén $Q = 191 \text{ kg/h} \approx 6,5 \text{ m}^3/\text{h}$, melyet egy $D = 1 \text{ m}$, $L_1 = 3 \text{ m}$ zárt terű mosó résszel, illetve egy $L_2 = 0,7 \text{ m}$ méretű, $x = 20 \text{ mm}$ nyílásméretű szitadob résszel ellátott, dobmosószita tud feldolgozni.



7. ábra: Dobmosószita elvi rajza (Prof. Dr. Csőke Barnabás)

3.4.3.KLIMATIZÁLT VÁLOGATÓKABIN KÉZI VÁLOGATÓSZALAGGAL

A válogatás során negatív szortírozás történik, azaz nem szükséges a teljes feladott anyagmennyiség szétválogatása, csak egyes kijelölt anyagtípusok (folyadékot tartalmazó edények) eltávolítása zajlik, így a kiválogatandó anyagáram $Q = 734 \text{ kg/h}$. A kézi válogatómű teljesítménye erősen függ a válogatandó alapanyagtól. Könnyű, lakossági csomagoló alapanyag esetén $40\text{-}100 \text{ kg/h/fő}$, ipari csomagolóanyagok esetében $250\text{-}1000 \text{ kg/h/fő}$ is lehet a teljesítmény. Ezért jelen esetben két fő válogatószeméllyel számoltam a válogatás relatív egyszerű voltára való tekintettel.

Ennek értelmében két válogatóállás szükséges az alábbiakban meghatározott paraméterekkel:

$$v = 0,5 \text{ m/s}$$

$$B = 1,2 \text{ m (szalagszélesség kétoldali válogatás esetén)}$$

$$L = 2,5 \text{ m (válogatókabin hossza 2 állás esetén, ledobó aknával kiegészítve)}$$

A válogatókabin méretei: szélesség 3,2 m, hossz 2,5 m, magasság 3 m.

A kabinban tízszeres légcserre szükséges a levegő irányított elszívásával, hogy a válogatómunkások a hulladékból távozó esetlegesen egészségkárosító anyagokat ne lélegezzék be.

[\[36\]](#)

3.4.4. TÜSKÉS HENGERESTÖRŐ

A berendezés feladata a folyadékot tartalmazó palackok, dobozok lyukasztása, ezért speciális nagy fogkialakítás szükséges, illetve a törő lassújárátú ($v=1$ m/s). A berendezésre jutó anyagáram kicsi ($Q = 734$ kg/h), ezért a gép méretét nem csak az anyagáram határozza meg, hanem a törőtér szükséges mérete is, hogy a legnagyobb darabokat is be tudja fogadni, ezért $D = L = (1,5 \dots 2,0) \cdot X_0 = 500$ mm.

A törő kapacitása a $Q = 3600 \cdot L_E \cdot v \cdot R \cdot (1-\varepsilon) \cdot \rho$ képlet alapján ellenőrizhető,

ahol v [m/s] a kerületi sebesség, R [m] a résméret, ε a halmaz porozitása a résben, szokványos esetben laza adagolásnál $0,7 \dots 0,95$, L [m] a henger szélessége, $L_E \approx 0,5 \dots 0,6 L$, ρ [kg/m³] a szemcsesűrűség.

$$v = 0,3 \text{ m/s}$$

$$R = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 0,9$$

$$\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

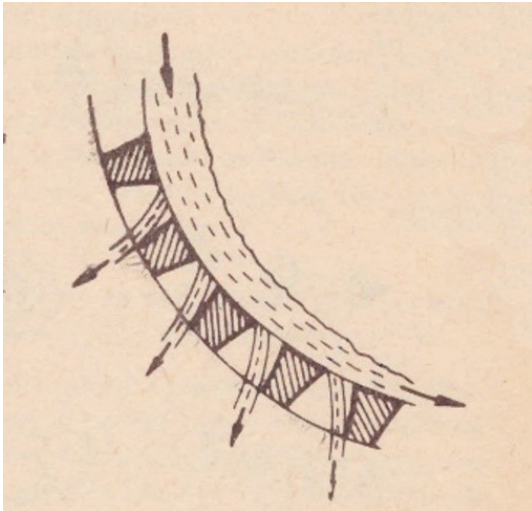
$$734 = 3600 \cdot L_E \cdot 1 \cdot 0,01 \cdot (1-0,9) \cdot 1.000 \text{ [kg/h]}, \text{ melyből}$$

$L_E = 0,2$ m, tehát $L = 0,4$ m, melynél a felvett $L = 500$ mm nagyobb, tehát a berendezés megfelel.

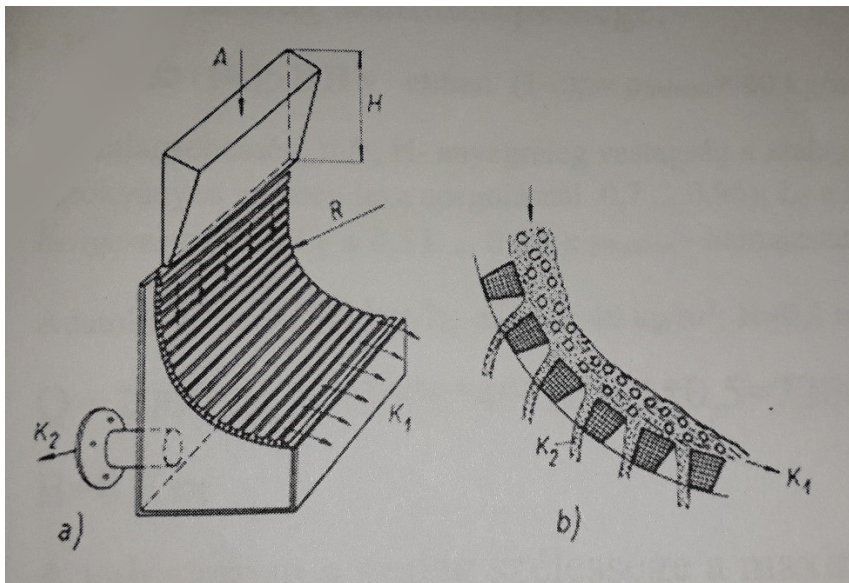
[\[52\]](#)

3.4.5. ÍVSZITA TOVÁBBÍTÓ GARATTAL

Az ívszita vizes finom osztályozásra alkalmas nagy teljesítményű és jó hatásfokú állórács. Keresztirányú profildrótrács szitalapja homorú hengerfelület formájú.



8. ábra: Ívszita elvi vázlata [37]



9. ábra: Ívszita kialakítása [54]

A feladás a hengerfelület felső, függőlegesen induló részén történik. A „standard” ívszita ívhossza 60° , sugara ~ 76 cm. A rács résein annak kb. $\frac{1}{4}$ -ével megegyező vastagságú vízréteg folyik át, amely kb. a rácshézag felénél, azaz a vízréteg kétszeres vastagságánál finomabb szemcséket szállítja át a szitafelületen.

A szükséges felület a $Q \approx C \cdot F \cdot \varphi \cdot v$ képletből számítható, ahol

$C = 1,6 \dots 2,0$ közötti konstans,

v a feladás sebessége (ha az anyag H magasságú ejtőcsatornán kerül a szitára, úgy $v \approx \sqrt{(2 \cdot g \cdot H)}$, pl. $H=0,5$ m-hez $v \approx 3$ m/s érték tartozik)

φ a szita szabad felülete (%). [\[37\]](#)

$$Q = 734 \text{ kg/h} = 0,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C = 1,8$$

$$\varphi = 0,4$$

$$v = 3 \text{ m/s.}$$

$$F = ? = 0,37 \text{ m}^2 = B \cdot L.$$

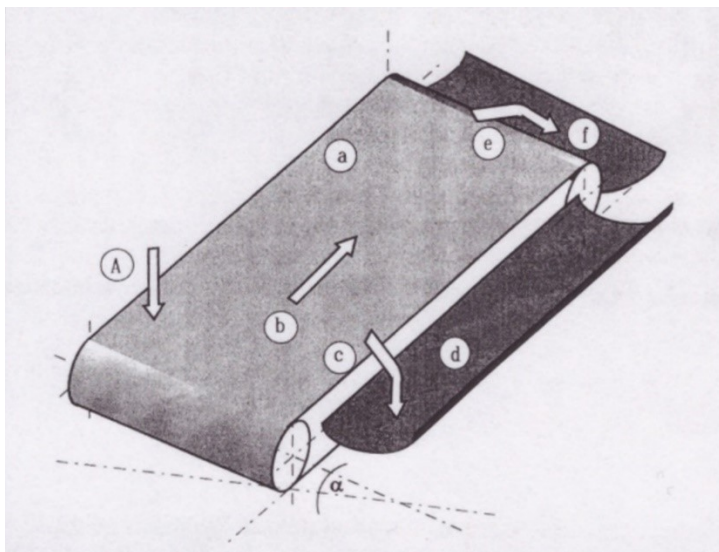
$$L = 0,7 \text{ m}$$

$$B = F / L = 0,37 / 0,7 = 0,53 \approx 0,6 \text{ m.} \quad \text{[38]}$$

Az ívszita résméretére javasolható érték $a \leq 0,5 \text{ mm}$.

3.4.6.FERDE SZALAGOS ALAKSZEPARÁTOR

Az üvegcsomagolású anyag gépi leválasztására alkalmas berendezés a ferde szalagos alakszeparátor. E a berendezéssel a henger keresztmetszetű, gurulásra képes tárgyak elválaszthatók a szögletes és kétdimenziós alakzatoktól. A működési elv a 10. ábrán látható. A szalag (a) kissé emelkedik a mozgásával megegyező irányba, illetve oldalirányban is lejt (α) a c-vel jelölt szegélye felé. A feladás az A pontban történik. A gördülő tárgyak a c szegély felé mozognak, ahol egy tartály vagy szállítószalag (d) fogja fel és továbbítja ezeket. A szögletes vagy kétdimenziós tárgyakat a szalag a felső él (e) felé továbbítja, ahonnan egy másik tartályba vagy szállítószalagra kerülnek a továbbított tárgyak. Egyes berendezéseknél kiegészítő láncfüggőnyt alkalmaznak, mely a guruló tárgyakat irányba állítja a könnyebb oldalra kigördüléshez. Egy ilyen berendezést ábrázol az 1. kép. [\[39\]](#)



10. ábra: Ferde szalagos alakszeparátor működési elve [39]



1. kép: Ferde szalagos alakszeparátor terelőlánc függönnyel [39]

$Q = 1.788 \text{ kg/h} = 3600 * (1 - \epsilon) * \rho * B * H * v$, ahol

$\epsilon = 0,7 \dots 0,95$ a halmaz porozitás a résben, szokványos esetben, laza adagolásnál

$(1 - \epsilon) * \rho = \rho_{\text{halmaz}} = 40 \text{ kg/m}^3$ (a szalagon egy rétegben)

$v = 0,5 \text{ m/s}$ a szalagsebesség

$H = 0,1 \text{ m}$ az anyagréteg vastagsága a szalagon

$B = ? = 0,25 \text{ m}$.

Mivel a szalag szélessége és a maximális darabméret viszonya $B = X_0 * (1,5 \dots 2)$, így $B = 2 * 0,35 = 0,7$ m, mely a számított kapacitás igénynek is megfelel.

3.4.7. BORDÁS TÖRŐ

Ennél a törő berendezésnél is kis anyagáramról van szó (41 kg/h), így a gép méretét nem csak az anyagáram határozza meg, hanem a törőtér szükséges mérete is, hogy a legnagyobb darabokat is be tudja fogadni, ezért $D = L = (1,5 \dots 2,0) * X_0 = 500$ mm.

A törő speciális nagy fogkialakítást igényel, illetve lassú járatú annak érdekében, hogy minimális ütés lépjen fel. A résméret: 75 - 15 mm között, a kerületi sebesség 0,3 és 1,0 m/s között frekvenciaváltóval szabályozható.

A törő kapacitása a $Q = 3600 * L_E * v * R * (1-\varepsilon) * \rho$ képlet alapján ellenőrizhető,

ahol v [m/s] a kerületi sebesség, R [m] a résméret, ε a halmaz porozitása a résben, szokványos esetben laza adagolásnál 0,7 ... 0,95, L [m] a henger szélessége, $L_E \approx 0,5 \dots 0,6 L$, ρ [kg/m³] a szemcsesűrűség.

$$v = 0,3 \text{ m/s}$$

$$R = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 0,95$$

$$\rho = 1.200 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_{\text{számított}} = 3600 * 0,25 * 0,3 * 0,075 * (1-0,95) * 1.200 \text{ [kg/h]} = 1.215 \text{ kg/h,}$$

melynél a szükséges $Q = 41$ kg/h kisebb, tehát a berendezés kapacitása megfelel.

[52]

3.4.8. CSATORNAMOSÓ

A csatornamosás a széreléshez hasonlóan lejtős felületen folyó folyadékáramlást alkalmaz a fajsúly szerinti szétválasztás fő eszközeként. A csatornamosót a széreléstől megkülönbözteti a vízáram vastagsága, mely szérelés esetében vékony, csatorna esetében vastag. A vízáramlás sebessége eltérő a csatorna keresztmetszetének egyes részein: a fenék és oldalfal mentén kisebb, a csatorna belsejében nagyobb és rendszerint erősen turbulens is. Leghamarabb a nagy méretű

és fajsúlyú szemcsék süllyednek a csatorna fenekére, legtávolabb a kis méretű és fajsúlyú szemcsék jutnak és a kettő között találhatók meg a nehéz-kicsi és a könnyű-nagy szemcsék. Az örvénylés és az áramlás elősegíti a fajsúly szerinti rétegződést, a nagyobb fajsúlyú szemcsék a mélyebb rétegekből kiszorítják a kisebb fajsúlyúakat és a nagy fajsúlyú durva szemek hézagaiba kerülő azonos fajsúlyú finom szemcsék is a rétegek aljára kerülnek.

A szemcsék alakja is szerepet játszik a kiüledésben: a már lesüllyedt, fenékkal érintkező lapos szemcsék jóval kevésbé tudnak elmozdulni, mint a gömbhöz közelebbi alakzatok. Ez a jelenség az üveg biomasszából történő leválasztása esetén előnyös.

A csatornamosó lejtésszögét a kívánt elválasztási paramétereknek megfelelően kell megválasztani, összefüggésben a szemcsék fajsúlyával, szemcsenagyságával, illetve a csatorna keresztmetszeti méreteivel és hosszával. Minél meredekebb a hajlásszög, annál nagyobb méretű és fajsúlyú szemcséket is görget, sodor a csatornában áramló közeg. A csatornamosóban keresztirányú (és ritkábban hosszanti) bordák is elhelyezhetők az áramlási tulajdonságok optimalizálása érdekében. A keresztirányú bordázat áramlás felőli oldalán feldúsul a nagy fajsúlyú anyag, ezt szakaszos üzem esetén a csatorna leürítése után nyerik ki, folyamatos üzem esetén alsó csapolónyílásokon keresztül történik a leválasztás. [\[32\]](#) [\[33\]](#) [\[37\]](#)

Jelen esetben a folyamatos, emberi munkaerőt nem igénylő üzem célszerű, a lecsapolt anyag pedig az üvegszilánk tartalom mellett biomassza tartalommal is rendelkezik, hiszen az elválasztási paramétereket úgy célszerű megválasztani, hogy a továbbmenő biomassza a lehető legnagyobb mértékben mentes legyen az üvegszilánkoktól. A lecsapolt üvegszilánkkal kevert biomassza a teljes technológiai folyamat azon kevés végterméke közül való, mely nem hasznosítható tovább, lerakóra kerül.

A csatornamosó bányászatban jellemző szélességi mérete 30 és 300 cm között, a mélység 15 és 120 cm között változik, a jellemző vízsebesség 1,2 és 3 m/s közötti. Az anyagáram nagyságából kiinduló szükséges közel azonos szélességi és magassági méretű keresztmetszet esetén a B és H méretre ~10 cm adódik ($Q = 33 \text{ kg/h}$, $v = 1,2 \text{ m/s}$, $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$). A szükséges csatornahossz 3 m.

3.4.9. KLIMATIZÁLT VÁLOGATÓKABIN KÉZI VÁLOGATÓSZALAGGAL

A válogatás során itt is negatív szortírozás történik, az anyagáramból mindössze a gépi szelektálási folyamatok után bent maradt üvegcsomagolású anyagokat kell leválasztani, melyet egy fő válogatószemélyzet részére kialakított állásban, nem folyamatos üzemben el lehet végezni.

Ennek értelmében egy válogatóállás szükséges az alábbiakban meghatározott paraméterekkel:

$$v = 0,5 \text{ m/s}$$

$$B = 0,6 \text{ m (szalagszélesség egyoldali válogatás esetén)}$$

$$L = 2 \text{ m (válogatókabin minimális hossza)}$$

A válogatókabin méretei: szélesség 2 m, hossz 2 m, magasság 3 m.

A kabinban tízszeres légcserre szükséges a levegő irányított elszívásával, hogy a válogatómunkások a hulladékból távozó esetlegesen egészségkárosító anyagokat ne lélegezzék be.

[\[36\]](#)

3.4.10. LASSÚJÁRATÚ DUPLA CSIGÁS SHREDDER FOGADÓ GARATTAL, ÉS CSIGÁS PRÉSSEL

A műanyag és papírcsomagolás szeparálására használatos gépek széles választékban állnak rendelkezésre a kereskedelmi forgalomban köszönhetően annak, hogy a biogáz-üzemek egy része nem is végez egyéb szeparációs tevékenységet, mint a papír és műanyag csomagolások eltávolítását, így az előkészítésre, az anyagok kicsomagolására és a biomassa kinyerésére ezt az egy, több részből kombinált berendezést alkalmazzák. Ennek megfelelően ezen üzemek nem is tudnak olyan hulladék anyagáramot fogadni, mely jelentős mértékben tartalmaz az említettektől eltérő csomagolóanyagokat, például alumíniumot, vasat, vagy üveget, mely utóbbit az ilyen jellegű gépek egyáltalán nem tudják kezelni, míg kis mennyiségű alumínium vagy vas csomagolóanyaggal egyes típusok kompatibilisek. Mivel azonban az élelmiszer-csomagolóanyagok köre jóval szélesebb, mint a papír- és műanyagcsomagolás, és e dolgozat

célja a teljes körű feldolgozás, a dolgozatban részletezett folyamatban ez a géptípus a papír és műanyag csomagolóanyagok eltávolításának részfeladatát végzi.

Ezen gépek fejlesztői számára kiemelt feladat nemcsak a csomagolóanyagoktól való hatékony szeparálás, hanem a mikroműanyagok keletkezésének és a biológiailag lebomló részbe jutásának elkerülése. Így egyre több berendezés van, ahol a mikroműanyagok keletkezésére vonatkozó adatot is megadják. A gépekre a nyíró igénybevétel elkerülése és a tépő, shreddelés típusú igénybevétel jellemző.

Egy másik irány e gépek esetében, hogy a leválasztott csomagolóanyag ne csak RDF-ként, hanem anyagában hasznosításra is alkalmas legyen. Ez azonban fordított összefüggést mutathat a mikroműanyagoktól való mentességgel: minél tisztább a csomagolóanyag, annál több mikroműanyag kerülhet a biomassza részbe. Jelen dolgozatban a mikroműanyagtól való mentességet vettem elsődleges célnak, így a berendezésről lekerülő csomagolóanyag RDF-ként van feltüntetve.

A teljesség igénye nélkül pár példa ebből a berendezés típusból:

- DOPPSTADT DSP 205 BioPress [\[40\]](#) [\[41\]](#)
- TIMO Bag Breaker System [\[42\]](#)
- DODA Bio Separator [\[43\]](#)
- DUPPS / MAVITEC Food Waste Depackaging System [\[44\]](#)
- Atritor Turbo Separator TS3096 [\[45\]](#)

A fentiek közül a folyamatsorban a Doppstadt cég DSP 205 BioPress elnevezésű készülékét alkalmaztam. E készülék első eleme egy dupla csigával rendelkező shredder, mely az alapanyag feltárását végzi tépő igénybevétel segítségével elkerülendő a kis méretű műanyag részecskék keletkezését és bejutását a bio frakcióba. Ezt követően a feltárt, kevert anyagalmaz egy 500 mm külső átmérőjű csigás présbe jut, mely elválasztja a biomassza tartalmat a csomagolóanyagtól. A csigás prés több szegmensből áll, melyeknél külön-külön is változtatható a szita rés méret.

A berendezés kapacitása: 8-12 t/h, azaz megfelel a folyamatban szereplő 3,2 t/h igénynek.

3.4.11. KALAPÁCSOS TÖRŐ

A berendezés feladata nem az aprítás, hanem a csigás présből továbbított anyag fellazítása, további szeparálási műveletre alkalmassá tétele. Az anyagáram mindössze 101 kg/h, és ez a rész már nem tartalmaz nagy anyagdarabokat, ezért a legkisebb hazai gyártású üzemi kalapácsos törőt célszerű figyelembe venni, melynek mérete: $D \times L = 400 \times 600$ mm. Teljesítményigénye maximum 15-20 m/s rotor kerületi sebesség esetén $P \approx 8$ kW. [37]

4. BERUHÁZÁSI ÉS ÜZEMKÖLTSÉG

Az üzem technológiai berendezéseinek költségelemzését a mellékelt 8. táblázat (A technológiai sor berendezései) „I” oszlopa tartalmazza. A költségeket részben friss kereskedelmi adatok alapján, részben korábbi iparági adatok jelen időre és üzemre adaptálásával határoztam meg.

A technológiai sor költségeinek alapul vételével, költségarányosítással készült a teljes létesítmény költségbecslése, melyet a mellékelt 9. táblázat (Beruházási költség becslése - teljes élelmiszerhulladék-előkészítő üzem) tartalmaz. [46]

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A biogázból nyert villamos energia a magyarországi bruttó villamosenergia-termelésnek alig 1%-át adja. [47] Ugyanakkor az iparágban rejlő potenciál ennek többszöröse. [20] [22] A magasabb kihasználtság feltétele a magas szervesanyag tartalmú hulladékok elkülönített gyűjtése, legyen az nagyáruházi élelmiszerhulladék, vagy lakossági biohulladék.

A kiskereskedelmi élelmiszerhulladékok a teljes élelmiszerhulladék-mennyiségnek csak egy kis hányadát (2-5%) képviselik, azonban az összetételük széles körű, kiegyensúlyozott és magas energiatartalmú, így – ha más hasznosítás már nem lehetséges – biogázként történő hasznosításuk előnyös és fontos.

A biogáz-üzemek nagy része csak műanyag- és papírcsomagolású élelmiszert feldolgozni képes előkészítő berendezéssel rendelkezik, az ettől eltérő csomagolású alapanyagot nem is képes fogadni, így látható, hogy a csomagolt élelmiszerhulladék előkészítésének területén vannak megoldásra váró feladatok.

Dolgozatom célja egy minden csomagolási anyagfajtára kiterjedő teljes körű műveletsor kialakítása volt.

A csomagolóanyagok közül a fémek (alumínium és vas) kisebb, az üveg azonban nagyobb problémát jelent az újrahasznosítás során.

A folyadékot tartalmazó anyagok a könnyű szeparálhatóság, illetve a tiszta, jó minőségű, így anyagában újrahasznosítható értékes csomagolóanyag miatt érdemel figyelmet.

Ezért e két anyagáram (üveg és folyadék) esetében kézi válogatással is kiegészül a folyamat, minden egyéb lépés gépekkel valósul meg.

A nyers élelmiszerhulladék elsőként egy kétszakaszos dobszítóra kerül, ahol a <15 mm, 15-80 mm és >80 mm szitafrakciókat állítjuk elő, amelyek anyagi összetétele eltérő, következésképpen további sorsuk is. A legfinomabb rész közvetlenül biogáz-előállításra megy. A köztes frakció még tartalmazhat kisméretű üveget, melyet később kézi válogatással távolítunk el (elvileg szóba jöhetne röntgensugaras válogatás, de igen megnövelné a költségeket). A durva (>80 mm) anyagáramból sorrendben: fehérbádog konzerveket (mágneses szeparálással), majd az italos csomagolást (kézi válogatással), végül az üvegcsomagolást (alakszeparátorral) nyerjük ki. E három anyagáram feldolgozása, előkészítése ezek után önálló gépsorokon történik, melyek műveletei: csomagolás megbontása, a megbontott anyagáramból a bio-szerves rész leválasztása, végül a csomagolóanyagok egymástól való szeparációja, és a szennyezők kiszeparálása.

A folyamatot a dolgozathoz mellékelt 6. ábra mutatja be.

A folyamatban használt gépek, berendezések a teljesség igénye nélkül: dobszítók (szükség esetén mosással kiegészítve), ívszita, csatornamosó, mágneses, örvényáramú és NIR szeparátorok, forgótárcsás nyíró-aprítógép, shredder, tüskés hengeres, bordás és kalapácsos törők.

Az alábbi táblázat a dolgozathoz mellékelt 8. táblázat kivonata és a kinyert újrahasznosítható anyagokat, mennyiségeket tartalmazza.

ÖSSZES ÚJRAHASZNOSÍTHATÓ ANYAGMENNYISÉG	t/év
BIOMASSZA	5 664
VAS	16
ALUMÍNIUM	9
ITALOS KARTON	7
PET	15
ÜVEG	19
EGYÉB MŰANYAG	5
RDF	121

10. táblázat: A kinyert újrahasznosítható anyagmennyiség

A tervezett folyamat előnyei, hogy a nagyobb értéket képviselő csomagolóanyagokat tisztán, további műveletek nélkül is anyagukban újrahasznosítható állapotban nyerjük vissza, továbbá minimális mennyiségben keletkezik olyan anyag, mely csak lerakóra küldhető. Így maximalizálni lehet az újrahasznosításból eredő bevételt és minimalizálni a lerakóra kerülő anyagmennyiséget annak költségével együtt, illetve teljesül az a világméretűben egyre nagyobb hangsúlyt kapó cél, hogy a megtermelt anyagokat, keletkező hulladékokat lineáris helyett körforgásos módon hasznosítsuk. Ez Európai Unió cél és előírás is, ezért várható gazdasági ösztönzőkkel történő támogatása is, mely még vonzóbbá teheti egy teljes körű folyamatsor alkalmazását.

Az Európai Unió előírásainak való megfelelés érdekében 2023. december 31-i határidővel országos szinten bevezetésre fog kerülni a háztartásokban keletkező biohulladék elkülönített gyűjtése, melynek legmagasabb szintű újrahasznosítását a biogáz-termelés jelenti. Ehhez a feladathoz a jelen dolgozatban leírtakhoz hasonló funkciókat ellátó előkészítő üzemek lesznek szükségesek, amennyiben megfogalmazódik a cél, hogy az élelmiszerhulladékot a lehető legteljesebb mértékben mentesítsük az idegen anyagoktól. A szakdolgozatban ismertetett eljárások módosításokkal erre az anyagáramra is alkalmazhatók lehetnek.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Gustavsson, J., Cederberg, G., Sonenstam, U., van Otterdijk, R., Meybeck, A. (2011): Global food losses and food waste – Extent, Causes and Prevention. FAO, Róma. <https://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf> (2023. április)
- [2] United Nations Environment Programme (2021): Food Waste Index Report 2021. Nairobi. <https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021> (2023. április)
- [3] Vittuari, M., Azzurro, P., Gaiani, S., Gheoldus, M., Burgos, S., Aramyan, L., Valeeva, N., Rogers, D., Östergren, K., Timmermans, T., Bos-Brouwers, H. (2016): D3.5 Guidelines for a European common policy framework on food waste. FUSIONS EU, Bologna. <https://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/D3.5%20recommendations%20and%20guidelines%20food%20waste%20policy%20FINAL.pdf> (2023. április)
- [4] FAO Fenntartható Fejlődési Cél 12. – Fenntartható termelési és fogyasztási szokások kialakítása (2015.) <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-12/en/> (2023. április)
- [5] FAO Fenntartható Fejlődési Cél 12.3 (2015) <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/12.3.1/en/> (2023. április)
- [6] Az Európai Unió 2018/851 irányelve a hulladékokról szóló 2008/98/EK irányelv módosításáról <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex%3A32018L0851> (2023. április)
- [7] 2008/98/EK irányelv (Hulladék Keretirányelv, HKI) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex:32008L0098> (2023. április)
- [8] A 2008. évi XLVI. törvény az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről - Az élelmiszermentéssel kapcsolatos feladatok (38/H. § és 38/I. §) <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0800046.tv> (2023. április)
- [9] Hajdú J. (2009): Biogázüzemek működése és biogáz üzemi technológiák. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő. <https://www.medgyesegyhaza.hu/adat/htmlfiles/Biog%C3%A1z%20tech%20le%C3%ADr%C3%A1s.pdf> (2023. április)
- [10] Kooijman, J. M. (2000): Environmental Impact of Packaging: Performance in the Household, INCPEN, London.
- [11] Alter, H. (1989): The Origins of Municipal Solid Waste: The Relations between Residues from Packaging Materials and Food. Waste Management and Research, Vol. 7, pp 103–114.

- [12] Cybulska, G. (2000): Waste Management in the Food Industry: An Overview. Campden and Chorleywood Food Research Association Group, UK.
- [13] Scarlett, L. (1995.): A Consumer's Guide to Environmental Myths and Realities. NCPA Progressive Environmentalism, Trade & Aid Resource Book, National Center for Policy Analysis. USA.
- [14] Kutz, M. (editor, 2007): Environmentally Conscious Materials and Chemical Processing. Chapter 9. Pongrácz, E.: The Environmental Impact of Packaging pp. 237-278. John Wiley & Sons, Inc. USA.
https://www.researchgate.net/publication/229796182_The_Environmental_Impacts_of_Packaging (2023. április)
- [15] Depackaging Feedstock for Anaerobic Digestion <https://www.biocycle.net/depackaging-feedstocks-for-anaerobic-digestion/> (2023. április)
- [16] Marsh, K., Bugusu, B. (2007): Food packaging – Roles, Materials and Environmental Issues. Journal of Food Science, vol. 72. Nr. 3, 2007, Institute of Food Technologists, Chicago, USA.
<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x> (2023. április)
- [17] Aleksza L. (szerk. 2017.): Hulladékgazdálkodás, p. 181. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- [18] Paritosh, K., Kushwaha, S., Yadav, M., Pareek, N., Chawade, A., Vivekanand, V. (2017): Food Waste to Energy: An Overview of Sustainable Approaches for Food Waste Management and Nutrient Recycling. BioMed Research International, Vol. 2017. India.
- [19] Toldi O., Bera P. (2022): A biogáz-termelés helyzete és jövője Magyarországon – szakpolitikai elemzés <https://klimapolitikaiintezet.hu/elemzes/biogaz-termeles-magyarorszag-szakpolitikai-elemzes> (2023. április)
- [20] Demeter E., Gaál M., Vrana A. (2021): Biomassza-felhasználás energetikai célra 2020. év. Agrárközgazdasági Intézet Nonprofit Kft. Budapest.
http://repo.aki.gov.hu/3770/1/Biomassza_felhasznalas_2020.pdf (2023. április)
- [21] Google Térkép a Magyarországon működő biogáz-üzemek feltüntetésével (2015)
<https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?hl=hu&gl=hu&ie=UTF8&oe=UTF8&msa=0&mid=11b82Bt0Rx271VcVAAdfihzYPSrc&ll=47.13112241671427%2C19.6606399999999976&z=8> (2023. április)
- [22] Kohlheb N., Munkacsy B., Csanaky L., Meleg D. (2015): A megújuló energiaforrások potenciáljai és hasznosításuk Magyarországon. Kovász – 2015. 1-4, szám. Magyarország.
https://www.researchgate.net/publication/298068853_A_megujulo_energiaforrasok_potencialjai_es_hasznositasuk_Magyarorszagon (2023. április)

[23] Csőke B. (2021): Nagyáruházak élelmiszer-hulladékainak komplex előkészítése további hasznosításra, előadás. Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet.

[24] Muncke, Jane (2012): Food Packaging Materials. World Packaging Forum, Svájc.
<https://www.foodpackagingforum.org/food-packaging-health/food-packaging-materials> (2023. április)

[25] Teck Kim, Young, Min, Byungjin Kim, KyungWon (2014): Innovations in Food Packaging. Chapter 2 - General Characteristics of Packaging Materials for Food System. pp 13-35 Academic Press, USA
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123946010000023> (2023. április)

[26] Shelf Life of Common Pantry Food <https://www.home-storage-solutions-101.com/food-storage-chart.html>
(2023. április)

[27] TESCO – Élelmiszer-felesleg és hulladék Magyarországon 2021/22
<https://corporate.tesco.hu/fenntarthat%C3%B3s%C3%A1gi-jelent%C3%A9s-202122/bolyg%C3%B3nk/hullad%C3%A9kgazd%C3%A1llkod%C3%A1s-%C3%A9s-csomagol%C3%A1s/%C3%A9lelmiszer-hullad%C3%A9k/%C3%A9lelmiszer-felesleg-%C3%A9s-hullad%C3%A9k-magyarorsz%C3%A1gon-202122/> (2022. október)

[28] A Tesco 5 éve folyamatosan csökkenti a működésében keletkező élelmiszer-hulladék mennyiségét
<https://corporate.tesco.hu/news/2022/a-tesco-5-%C3%A9ve-folyamatosan-csoekkenti-a-m%C5%B1koed%C3%A9s%C3%A9ben-keletkez%C5%91-%C3%A9lelmiszer-hullad%C3%A9k-mennyis%C3%A9g%C3%A9t/> (2022. október)

[29] Unpacking the Potential of Depackaging Food Waste <https://recyclingworksma.com/depackaging-food-waste/> (2022. október)

[30] Review of Food Waste Depackaging Equipment p. 3 <http://www.organics-recycling.org.uk/uploads/article1762/Wrap%20Report%20on%20Food%20Waste%20Depackaging.pdf> (2023. április)

[31] Swancote and TOMRA partnership marks first UK application of optical sorting technology in an AD facility <https://www.tomra.com/en/discover/waste-metal-recycling/customer-stories/swancote-energy> (2023. április)

[32] Csőke, B. (szerk.) Hulladékgazdálkodás. Digitális tananyag.
<https://hulladekonline.hu/Hullad%C3%A9kgazd%C3%A1llkod%C3%A1s> (2023. április)

[33] Csőke, B. (2009.): A hulladékfeldolgozás mechanikai szeparátorai. Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet.

- [34] Csőke, B. (2006.): A mechanikai biológiai hulladékkezelés kézikönyve. Profikomp Kft. Miskolc.
- [35] Csőke B. (2021.): Lejárt szavatosságú állati éledelekonzervek előkészítési technológiája. Előadás, Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet.
- [36] Csőke B. (2022): Hulladék előkészítési technológiák: A hulladékok értékes nyers- és alapanyagforrások. Előadás jegyzet, Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet..
- [37] Tarján G. (1969): Ásványelőkészítés II. p. 413. Tankönyvkiadó, Budapest.
- [38] Tarján G. (1974): Ásványelőkészítés I. pp. 379-417. Tankönyvkiadó, Budapest.
- [39] Kellerwessel, H.: Sortieren nach der Form – Verfahren, Apparate, Anwendungs-möglichkeiten. Aufbereitungs-Technik 36 (1995) pp. 69-74.
- [40] A DSP 205 berendezés műszaki ismertető brossúrája a Doppstadt cég weboldalán. https://www.doppstadt.de/fileadmin/user_upload/02_Produkte/Smart_SLS/DSP_205/DSP205_Brochure_2016_ENG_web.pdf (2023. április)
- [41] A DSP 205 berendezés műszaki ismertető brossúrája a Doppstadt cég weboldalán. https://www.doppstadt.de/fileadmin/user_upload/04_News/Downloads/EN/Stationary_Machines/Brochure_DSP_205_EN.pdf (2023. április)
- [42] A Bag Breaker System ismertetése a TIMO cég weboldalán. <https://shredding-machine.com/application/large-capacity-food-waste-composting-system/> (2023. április)
- [43] A DODA Bio Separator ismertető brossúrája a cég weboldalán. <https://www.doda.com/wp-content/uploads/2018/11/CATALOGHI-INTEGRATIVI.pdf> (2023. április)
- [44] A DUPPS Food Waste Depackaging System ismertető brossúrája. <https://www.dupps.com/PDF's/Dupps%20food%20depackaging.pdf> (2023. április)
- [45] A Turbo Separator ismertetése az ATRITOR cég weboldalán. <https://www.turboseparator.co.uk/en/product-range/ts3096> (2023. április)
- [46] Csőke B (2007): Előkészítéstechnika (Oktatási segédlet). Miskolci Egyetem Eljárástechnikai Tanszék, Miskolc.
- [47] Központi Statisztikai Hivatal: Bruttó villamosenergia-termelés (2000-2021) https://www.ksh.hu/stadat_files/enc/hu/enc0009.html (2023. április)

- [48] 2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200185.tv> (2023. április)
- [49] 442/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet a csomagolásról és a csomagolási hulladékkal kapcsolatos hulladékgazdálkodási tevékenységekről <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200442.kor> (2023. április)
- [50] 439/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet a hulladékgazdálkodási tevékenységek nyilvántartásba vételéről, valamint hatósági engedélyezéséről <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200439.kor> (2023. április)
- [51] Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2021-2027 p. 11.
<https://cdn.kormany.hu/uploads/document/9/92/921/921c2f798773d4336ee3f45884a662d3018bb3d7.pdf> (2023. április)
- [52] Csőke, B.: Középkemény közetek durva-, közép- és finomaprítására szolgáló aprítógépek fő méret- és üzemjellemzői. BKL, Bányászat (HU ISSN 0522-3512). 145. évfolyam (2012), 5. szám. pp. 34-38.
- [53] Csőke B.: Hulladékok előkészítése, feldolgozása technológiai folyamatának tervezési alapjai: Aprítás eljárástechnikai jellemzése, tervezése. Szakmérnöki előadás 4-5. óra.
- [54] Schubert, H.: Aufbereitung fester Rohstoffe (I). VEB Deutsch. Verl. für Grundstoffindustrie, Leipzig 1987.

7. MELLÉKLETEK

6. ábra: Az élelmiszerhulladék-előkészítés technológiai folyamata, műveletei és anyagárama

1. táblázat: Egyes élelmiszerfajták eltarthatósága és jellemző csomagolási anyagai

3. táblázat: Egyes élelmiszer termékek csomagolás és beltartalom tömegadatai saját mérések alapján.

4. táblázat: Csomagolóanyag és szerves beltartalom arányok

7. táblázat: Számított bemenő anyagáramok

8. táblázat: A technológiai sor berendezései

9. táblázat: Beruházási költség becslése -teljes előkészítő üzem

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Bodrog Ildikó hallgató Neptun azonosítója: DPE8IN konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: Miskolc, 2023. év 04. hó 27. nap



Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Bodrog Ildikó
A Hallgató Neptun kódja: DPE8IN
A dolgozat címe: KISKERESKEDELMI ÉLELMISZERHULLADÉKOK
ELŐKÉSZÍTÉSI ÉS HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar
Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

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

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottnak 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.

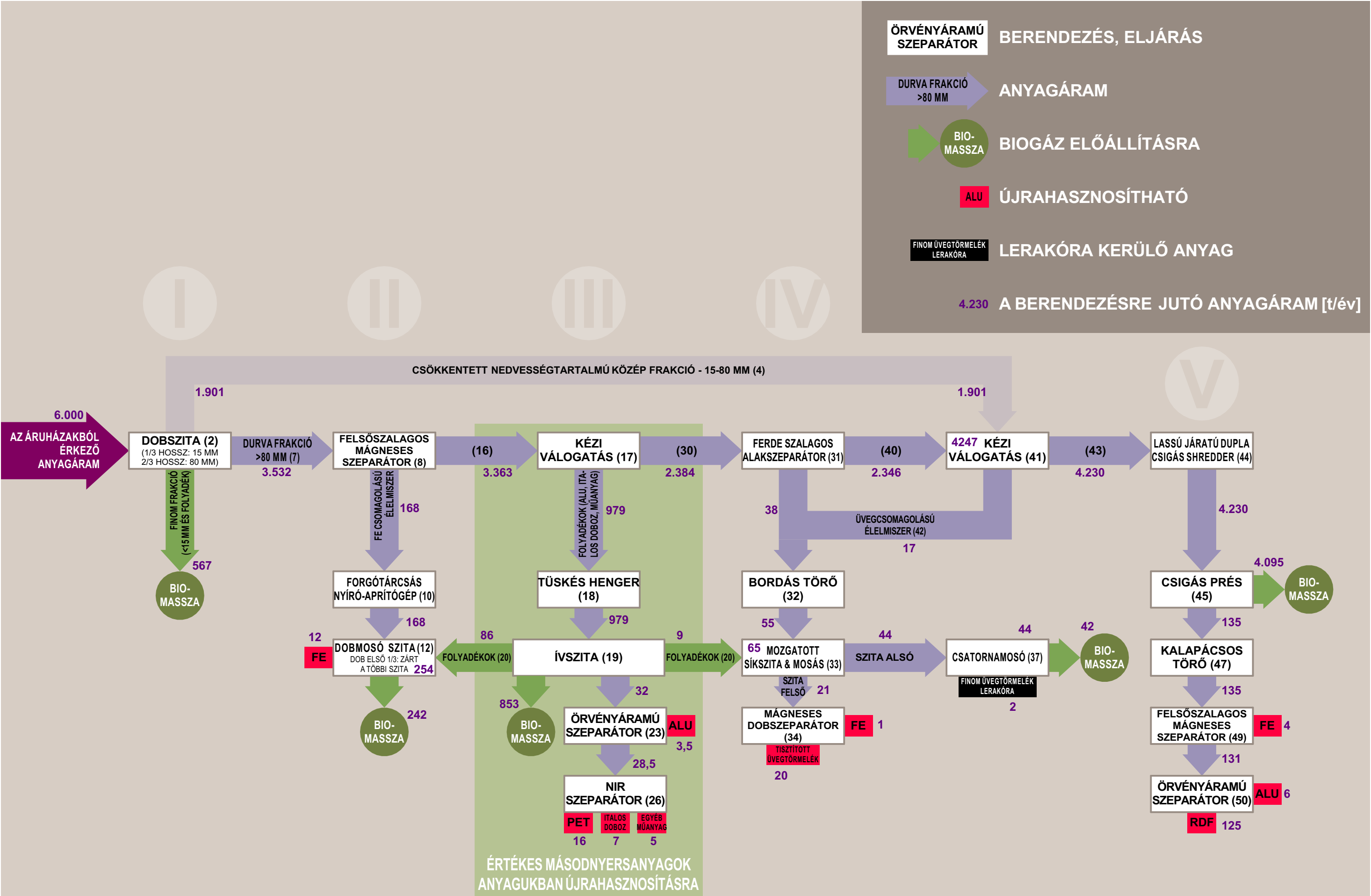
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: Budapest, 2023. év 04. hó 25. nap


Hallgató aláírása

6. ábra: Az élelmiszerhulladék-előkészítés technológiai folyamata, műveletei és anyagárama



1. táblázat: Egyes élelmiszerfajták eltarthatósága és jellemző csomagolási anyagai

		PAPER	PLASTIC	COMPOSITE	STEEL/TIN	ALUMINIUM	GLASS
Salt	Indefinitely						
Vinegar (balsamic, cider, rice, red wine, white, and white wine)	Indefinitely						
Spices, dried and whole	2-3 years						
Coffee, instant	2 years						
Mustard	2 years						
Oil, olive	2 years						
Pasta, dried	2 years						
Rice, white	2 years						
Sugar, granulated	2 years						
Yeast, active dry	2 years						
Baking soda	2 years						
Cocoa powder	2 years						
Milk, non-fat powdered	1-2 years						
Oils (canola, corn and vegetable)	1-2 years						
Popcorn, unpopped kernals	1-2 years						
Spices and herbs, dried and ground	1-2 years						
Beans and peas, dried	18 months						
Chocolate, unsweetend	18 months						
Cornstarch	18 months						
Sugar, powdered	18 months						
Biscuit mix	12-18 months						
Gelatin	12-18 months						
Infant formula	12-18 months						
Flour, white	10-15 months						
Canned fruit	1 year						
Canned meats and gravies	1 year						
Canned vegetables	1 year						
Cereals, hot	1 year						
Chocolate chips, semi-sweet	1 year						
Coconut, grated	1 year						
Cornmeal	1 year						
Tea, instant	1 year						
Honey, molasses, and syrup	1 year						
Jelly, jam and preserves	1 year						
Juice, canned non-citrus	1 year						
Ketchup, barbeque sauce	1 year						
Milk, evaporated	1 year						
Baking powder	1 year						
Cake, brownie and cookie mixes	1 year						
Milk, sweetened condensed	1 year						
Potatoes, instant	1 year						
Rice, brown	1 year						
Pickles, olives, relishes	1 year						
Sauces, condiments	1 year						
Grits, regular	10 months						
Pudding mixes	8-12 months						
Hot chocolate mixes	6-12 months						
Tea, bags and loose	6-12 months						
Cereals, ready to eat	6-12 months						
Salad dressing	10 months						
Sports drinks, bottled	9 months						
Frosting, canned	8 months						
Nuts, unshelled	8 months						
Shortening	8 months						
Grits, instant	8 months						
Coffee, whole bean	6-9 months						
Peanut butter	6-9 months						
Soft drinks	6-9 months						
Flour, whole wheat	6-8 months						
Popcorn, microwaveable	6-8 months						
Crackers	6 months						
Fruit, dried	6 months						
Juice, canned citrus	6 months						
Rice, mixes	6 months						
Croutons	6 months						
Flour, cake	6 months						
Stuffing mix	6 months						
Pancake mix	6 months						
Coffee, ground	3-5 months						
Mayonnaise	4 months						
Sugar, brown	4 months						
Marshmallows	3 months						
Bread crumbs	2-4 months						
Cookies, packaged	2-4 months						
Onions	4-6 weeks						
Potatoes, white or sweet	3-5 weeks						

3. táblázat: Egyes élelmiszer termékek csomagolás és beltartalom tömegadatai saját mérések alapján.

		SZERVES	PAP	PET	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS	EGYÉB MŰANYA G	NEM AZONOSÍ THATÓ MŰANYA G (HDPE, LDPE, PP, ...)	ALU- MŰANYA G VAGY ALU- PAPÍR KOMPOZI T (C/LDPE, C/PP, ...)	MŰANYA G-PAPÍR- ALU KOMPOZI T ITALOS KARTON (C/PAP)	ÜVEG	VAS	ALU	BIOLÓGIA ILAG LEBOMLÓ CSOM.AN YAG (FAROST HÁLÓ, FILTER TASAK)
			(21)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(90)	(84)	(70)	(40)	(41)	
ZÖLDSÉG - GYÜMÖLCS																	
	ZÖLD SALÁTAKEVERÉK	90					3										
	FRISS SALÁTAKEVERÉK	140		11			3										
	KÍNAI KEL, FEJES	600				4											
	HAGYMA, HÁLÓS	1000									4					0,25	
	BIO HAGYMA, HÁLÓS	1000									1					0,25	3
	CITROM, HÁLÓS	500									3					0,25	
HÚS, HAL, BAROMFI																	
	CSIRKEMELL FILÉ	1500									20						
	CSABAI KOLBÁSZ, SZELETELT	100									12						
	SZALÁMI, SZELETELT	100									20						
	SZALÁMI, SZELETELT	100								12							
	BACON,SZELTELT	100									11						
	SZALÁMI, SZELETELT	100									10						
	MÁJKRÉM, KONZERV	65													19		
	KACSAMÁJAS, KONZERV	100										4					
PÉKÁRU																	
	KENYÉR	300	0,5								2						
	SZELETELT CSOMAGOLT KENYÉR	500									4						
	PUFFASZTOTT RIZSSZELET	100									3						
TEJTERMÉKEK																	
	VAJKRÉM	150		16													
	VAJ	100										4					
	CAMEMBERT SAJT	120	5									3					
	KRÉMTÚRÓ	90						5								0,5	
	JOGHURT, POHARAS	125							4			0,5					
	TEJFÖL, MŰANYAG POHARAS	175						4								0,5	
	TEJFÖL, MŰANYAG POHARAS	450						10								1	
	SAJT, SZELETELT	200								12							
	SAJT, SZELETELT	200									11						
	SAJT, DARABOLT	291									6						
	TEJ, ITALOS KARTON	1000											42				
	TEJ, ITALOS KARTON	1000			2								34				
	KAKAÓ ITAL, ITALOS KARTON	500									1		20				
	KÁVÉ ITAL, ITALOS KARTON	330									4		16				
	KÁVÉ ITAL, ALU DOBOZ	250														12	
	KAKAÓ ITAL, MŰANYAG POHARAS	200						6								0,5	
ÜDÍTŐK																	
	ÜDÍTŐITAL, MŰANYAG PALACKOS	2000		36							2						
	ÜDÍTŐITAL, MŰANYAG PALACKOS	1750		42	2												
	ÍZTESÍTETT ÁSVÁNYVÍZ, MŰANYAG PALACKOS	1500		30	2												
	ÜDÍTŐITAL, MŰANYAG PALACKOS	500		22							2						
	ÜDÍTŐITAL, MŰANYAG PALACKOS	500		22	3												
	ÜDÍTŐITAL, MŰANYAG PALACKOS	330														13	
	ÜDÍTŐITAL, MŰANYAG PALACKOS	300		19				5									
	ÜDÍTŐITAL, ALU DOBOZOS	250														13	
	GYÜMÖLCSLÉ, ITALOS KARTON	200											11				
	GYEREKPEZSGŐ, ÜVEGPALACKOS	750	0,5								7			571	5	1	
	ÁSVÁNYVÍZ, ÜVEGPALACKOS	330												223		1	
KÉSZÉTELEK																	
	KÉSZÉTEL, MŰANYAG-PAPÍR POHARAS	59	7					6									1
	KÉSZÉTEL, KONZERV	800													95		
	LASAGNE, ALU TÁLCÁS	1000									27						16
SÜTÉSI SEGÉDANYAGOK																	
	LISZT	1000	8														
	ZSEMLEMORZSA	1000	66														
	KRISTÁLYCUKOR	1000	9														
	ZABPEHELY, PAPÍRZACSKÓS	500	9														
	OLIVA OLAJ, ÜVEGPALACKOS	750											453			2	
	TÖKMAGOLAJ, ÜVEGPALACKOS	500									1			358		1	
	TERIYAKI PÁC, ÜVEGPALACKOS	250									2			167			
ALKOHOL																	
	BOR, ÜVEGPALACKOS	750												451		2	
	BOR, ÜVEGPALACKOS	250												208		2	
	BOR, ALU DOBOZOS	200														11	
	SÖR, ALU DOBOZOS	500														17	
	SÖR, ALU DOBOZOS	330														13	
FAGYASZTOTT ÉLELMISZER																	
	PIZZA	520	78				2										
	ZÖLDSÉGKEVERÉK	750									10						
	ZÖLDSÉGKEVERÉK	450					7										
	RÁNTOTT SAJT	350									9						
	RÁNTOTT GOMBA	400									10						
TUDATOS TÁPLÁLKOZÁST TÁMOGATÓ ÉLELMISZEREK																	
	MINT A TÖBBI TÉTEL (KIVÉVE ALKOHOL), DE KISEBB KISZERELÉSBN																
RIZS, TÉSZTA																	
	SZÁRAZTÉSZTA, MŰANYAG ZACSKÓS	500					5										
	RIZS	500								3							
ÉDESSÉGEK, RÁGCSÁLNIVALÓK																	
	GABONAPEHELY, PAPÍRDOBOZOS	425	66		6												
	EXTRUDÁLT KUKORICAPEHELY	100						6									
	KEKSZ, PAPÍRDOBOZOS	270	30				0,5										
	CSOKISZELET	30										1,33					
	CSOKISZELET	30									1						
	ZABSZELET	40									0,5						
	SÓS SNACK	60											5				
	SNACK SAJTOS RÚD	150						10					5				
	SNACK SZALONNAPÖRC	30									1						
	SÓS ROPI	45						1,5									
	SÓS ROPI	40						0,5									
	CHIPS	60											6				
	CHIPS	45											10				
	MÉZES PUSZEDLI, MŰANYAG ZACSKÓS	250									3						
	SÜTEMÉNY, MŰANYAG ZACSKÓS	200								3							
	ASZALT SZILVA, MŰANYAG ZACSKÓS	100									3						
	TEA, FILTERES	140	23				0,5										7
	GYÜMÖLCSTEA, FILTERES	40	16								6						
FÉLKÉSZ ÉTELEK																	
	BULGUR MAROKKÓI MÓDRA, ZACSKÓS SZ.	140	30									8					
	KRUMPLIPÜRÉ	500	53									16					
	TABOULÉ, ZACSKÓS SZÁRAZ	200									4						
	SÚTÍTETT PARADICSOM, KONZERV	80												71	4		
	TÉSZTASZÓSZ, ÜVEGES	190												133	6		
	BEFŐTT, ÜVEGES	708												312	13		

ZÖLD BETŰSZÍN: folyadékok.

4. táblázat: Csomagolóanyag és szerves beltartalom arányok

AZ EGYES ANYAGOK MENNYISÉGE																				
KATEGÓRIA		KATEGÓRIÁN BELÜLI RÉSZÁRÁNY	CSOMAGOLÁS + BIOMASSZA		BIOMASSZA (t/év mennyiségek: TESCO jelentés 2021/22)		PAPÍR		MŰANYAG		ALU KOMPOZIT		ITALOS KARTON		ÜVEG		VAS		ALU	
			t/év	%	t/év	(csak csom. anyagon belül)	t/év	(csak csom. anyagon belül)	t/év	(csak csom. anyagon belül)	t/év	(csak csom. anyagon belül)	t/év	(csak csom. anyagon belül)	t/év	(csak csom. anyagon belül)	t/év	(csak csom. anyagon belül)	t/év	(csak csom. anyagon belül)
			4 881		4 690	7,53	14	38,85	74	0,81	2	7,63	15	34,88	67	6,94	13	3,37		6
A TERVEZETT BIOGÁZ-ÜZEM MENNYISÉGEI			6 000		5 766		18		91		2		18		82		16			8
ZÖLDSÉG - GYÜMÖLCS		100,00	1 177	99,65	1 173			0,35	4											
	CSOMAGOLÁS NÉLKÜLI	80		100																
	HÁLÓS CSOMAGOLÁSÚ	10		99,5				0,5												
	MŰANYAG ZACSKÓS, TÁLCÁS CSOMAGOLÁSÚ	10		97				3												
HÚS, HAL, BAROMFI		100,00	726	96,93	704			2,60	19							0,38	3	0,10		1
	CSOMAGOLATLAN	35		100																
	CSOMAGOLT	40		98,5				1,5												
	CSEMEGE	20		90				10												
	FEHÉRBÁDOG KONZERV	2,5		85												15				
	ALU KONZERV	2,5		96																4
PÉKÁRU		100,00	657	99,99	657	0,01	0	0,01	0											
	CSOMAGOLATLAN	99		100																
	CSOMAGOLT	1		99		0,5		0,5												
TEJTERMÉKEK		100,00	681	96,40	657			1,65	11	0,15	1	1,80	12							
	TEJ ÉS DOBOZOS	60		96				1				3								
	SAJT	20		97				3												
	VAJ	5		97					3											
	POHARAS	15		97				3												
ÜDÍTŐK		100,00	293	95,88	281			2,10	6			0,72	2	0,78	2	0,02	0	0,50		1
	MŰANYAG PALACKOS	70		97				3												
	ALU DOBOZOS	10		95																5
	ITALOS KARTONOS	18		96								4								
	ÜVEGPALACKOS	2		60										39		1				
KÉSZÉTELEK		100,00	509	92,07	469	2,00	10	4,35	22	0,08	0			0,38	2	1,12	6			
	MŰANYAG TÁLCÁS, POHARAS	47		95				5												
	MŰANYAG + PAPÍR	40		90		5		5												
	ALU KOMPOZIT TASAK	2		96					4											
	ÜVEG + PAPÍR + VAS TETŐ	1		60										38		2				
	FEHÉRBÁDOG KONZERV	10		89												11				
SÜTÉSI SEGÉDANYAGOK		100,00	246	95,33	235	0,49	1	1,38	3					2,66	7	0,14	0			
	PAPÍRZACSKÓS	25		99		1														
	MŰANYAG ZACSKÓS	54		98				2												
	ÜVEGES	7		60										38		2				
	MŰANYAG PALACKOS	10		97				3												
	PAPÍRDOBOZOS	4		94		6														
ALKOHOL		100,00	246	76,24	188			0,04	0					20,90	51	1,10	3	1,72		4
	ÜVEGPALACKOS	55		60										38		2				
	ALU DOBOZOS	43		96																4
	MŰANYAG PALACKOS	2		98				2												
FAGYASZTOTT ÉLELMISZER		100,00	96	97,45	94	0,65	1	1,90	2											
	MŰANYAG ZACSKÓS, DOBOZOS	95		98				2												
	PAPÍRDOBOZOS	5		87		13														
TUDATOS TÁPLÁLKOZÁST TÁMOGATÓ ÉLELMISZEREK		100,00	100	94,17	94	0,86	1	3,44	3			0,18	0	1,26	1	0,09	0			
	MŰANYAG ZACSKÓS	66		96				4												
	PAPÍRZACSKÓS	12		97		3														
	ÜVEGES	3		55										42		3				
	MŰANYAG PALACKOS	6		95				5												
	MŰANYAG + PAPÍR CSOMAGOLÁSÚ	10		90		5		5												
	ITALOS KARTONOS	3		94								6								
RIZS, TÉSZTA		100,00	47	98,82	47	0,18	0	1,00	0											
	MŰANYAG ZACSKÓS	97		99				1												
	PAPÍR + MŰANYAG CSOMAGOLÁSÚ	3		93		6		1												
ÉDESSÉGEK, RÁGCSÁLNIVALÓK		100,00	49	96,66	47	0,42	0	2,92	1											
	MŰANYAG CSOMAGOLÁSÚ	94		97				3												
	MŰANYAG + PAPÍR CSOMAGOLÁSÚ	5		90		8		2												
	PAPÍR + ALU CSOMAGOLÁSÚ	1		98		2														
FÉLKÉSZ ÉTELEK		100,00	54	87,35	47	2,16	1	1,59	1	0,20	0			5,70	3	3,00	2			
	MŰANYAG CSOMAGOLÁSÚ	35		97				3												
	MŰANYAG + PAPÍR CSOMAGOLÁSÚ	27		90		8		2												
	FEHÉRBÁDOG KONZERV	18		85												15				
	ÜVEGES	15		60										38		2				
	ALU TASAKOS	5		96					4											

AZ EGYÜTT FELDOLGOZANDÓ ANYAGÁRAMOKON BELÜLI %-OS ARÁNYOK																				
CSOMAGO LATLAN	ÜVEGCSOMAGOLÁSÚ						FÉMCSOMAGOLÁSÚ						PAPÍR, MŰANYAG, ITALOS DOBOZ CSOMAGOLÁSÚ							
biomassza t/év	%	biomassza t/év	%	üveg t/év	%	vas t/év	%	biomassza t/év	%	vas t/év	%	alu t/év	%	biomassza t/év	%	pap t/év	%	műa és műa+alu kompozit t/év	%	italos t/év
1 845		105		67		3		216		10		6		2 524		14		76		15
2 269	59,91	129	38,10	82	1,98	4	93,02	265	4,21	12	2,77	8	96,02	3 103	0,55	18	2,88	93	0,55	18
941,29																				
														117,07				0,59		
														114,13				3,53		
254,04																				
														285,97				4,35		
								15,42		2,72				130,65				14,52		
								17,42				0,73								
650,10																				
														6,50		0,03		0,03		
														392,33				4,09		12,26
														132,14				4,09		
														33,03				1,02		
														99,10				3,07		
								27,88				1,47		199,28				6,16		
		3,52		2,29		0,06								50,72						2,11
														227,44				11,97		
														183,38		10,19		10,19		
		3,06		1,94		0,10								9,78				0,41		
								45,34		5,60										
														60,88		0,61				
		10,33		6,54		0,34								130,18				2,66		
														23,86				0,74		
														9,25		0,59				
		81,20		51,43		2,71														
								101,58				4,23								
														4,82				0,10		
														89,61				1,83		
														4,19		0,63				
														63,11				2,63		
														11,59		0,36				
		1,64		1,26		0,09														
														5,68				0,30		
														8,96		0,50		0,50		0,18
														2,81						
														45,58				0,46		
														1,32		0,09		0,01		
														44,24				1,37		
														2,18		0,19		0,05		
														0,48		0,01				
														18,23				0,56		
								8,21		1,45				13,05		1,16		0,29		
		4,83		3,06		0,16														
														2,58				0,11		

7. táblázat: Számított bemenő anyagáramok

						A 6. TÁBLÁZATTAL MÓDOSÍTOTT ÉRTÉKEK	6000 T/ÉV ÖSSZ- MENNYISÉG ESETÉN
	t/év	%		t/év	%	t/év	t/év
ANYAGÁRAMOK	4 881	100,00		4 881		6 012,56	6 000,00
CSOMAGOLATLAN	1 845	37,80		1 845	100,00	2 272,73	2 267,98
			BIOMASSZA	1 845	100,00	2 272,73	2 267,98
ÜVEGCSOMAGOLÁSÚ	175	3,59		175	100,00	55,19	55,08
			BIOMASSZA	105	60,00	33,12	33,05
			ÜVEG	67	38,29	21,13	21,09
			VAS	3	1,71	0,95	0,94
FÉMCSOMAGOLÁSÚ	232	4,75		232	100,00	360,00	359,25
			BIOMASSZA	216	93,10	335,17	334,47
			VAS	10	4,31	15,52	15,48
			ALUMÍNIUM	6	2,59	9,31	9,29
PAPÍR, MŰANYAG, ITALOS DOBOZ	2 629	53,86		2 629	100,00	3 324,64	3 317,69
			BIOMASSZA	2 524	96,01	3 191,86	3 185,19
			PAPÍR	14	0,53	48,35	48,25
			MŰANYAG+ALU KOMPOZIT	76	2,89	75,55	75,39
			ITALOS DOBOZ	15	0,57	8,89	8,87

8. táblázat: A technológiai sor berendezései

A	B	C	D	E		F	G	H	I
	BEREN- DEZÉS SZÁMA	BERENDEZÉS	FELADAT	A BERENDEZÉSRE JUTÓ ANYAGÁRAM, SZÜKSÉGES KAPACITÁS		A BERENDEZÉSRE JELLEMZŐ ALKOTÓRÉSZ- KIHÓZATAL	ÚJRAHASZNOSÍ- HATÓ ANYAGMENNYI- SÉG (t/év)	TÍPUS, JELLEMZŐ ADATOK	BERUHÁZÁSI KÖLTSÉG (eFt)
				t/év	kg/h				
I.	1	HOMLOKRAKODÓ - 1 DB	az üzembe érkezett deponált alapanyag mozgatása és feladása a dobszítára	6 000	4 500			emelési kapacitás = 1,6 t m = 9 t	16 000
	2	DOBSZITA ADAGOLÓ GARATTAL	három méretfrakció létrehozása: <15 mm, 15...80 mm, >80 mm	6 000	4 500			D = 2 m, L = 4,5 m L ₁ = 4 m L ₂ = 0,5 m d ₁ = 15 mm d ₂ = 80 mm	7 500
	3	KONTÉNER - 3 DB	anyagtovábbítás <15 mm frakció	567	425	0,97	544	V = 1 m3	600
	4	KONTÉNER - 3 DB	anyagtovábbítás 15...80 mm frakció	1 901	1 426			V = 1 m3	600
	5	BORDÁS FERDE SZÁLLÍTÓSZALAG	anyagtovábbítás >80 mm frakció	3 532	2 649			B = 1.000 mm L = 6 m	5 000
	6	TARGONCA - 1 DB	a konténerek mozgatása üzemen belül	6 000	4 500			emelési kapacitás = 3 t elektromos meghajtás	20 000
II.	7	VÍZSZINTES SZÁLLÍTÓSZALAG	anyagtovábbítás >80 mm	3 532	2 649			B = 1.000 mm L = 4 m	3 500
	8	FELSŐ SZALAGOS MÁGNESES SZEPARÁTOR	a vas csomagolóanyagú élelmiszer leválasztása	168	126			B = 400 mm L = 2 m	1 500
	9	VÍZSZINTES SZÁLLÍTÓSZALAG	anyagtovábbítás a nyíró-aprítógép felé	168	126			B = 1.000 mm L = 4 m	3 500
	10	FORGÓTÁRCÁS NYÍRÓ-APRÍTÓGÉP GARATTAL	a vas csomagolású anyag feltárása	168	126			D = 400 mm L = 500 mm tárcsák szélessége: 45 mm	12 000
	11	BORDÁS FERDE SZÁLLÍTÓSZALAG	a feltárt anyag továbbítása	168	126			B = 1.000 mm L = 6 m	5 000
	12	DOBMOSÓSZITA	vas csomagolóanyag és beltartalom kettéválasztása	254	191			D = 1 m L = 3,0 + 0,7 m d = 20 mm	7 500
	13	KONTÉNER - 3 DB	szita alsó - biomassa gyűjtése	242	182	0,96 (dobmosó szita - biomassa)	232	V = 1 m3	600
	14	VÍZSZINTES SZÁLLÍTÓSZALAG	szita felső - vas csomagolóanyag továbbítása	12	9			B = 1.000 mm L = 4 m	3 500
	15	KONTÉNER - 3 DB	vas csomagolóanyag gyűjtése	12	9	0,96 (dobmosó szita - 9 vas)	12	V = 1 m3	600
	16	BORDÁS FERDE SZÁLLÍTÓSZALAG	anyagtovábbítás	3 363	2 522			B = 1.000 mm L = 6 m	5 000
III.	17	KLIMATIZÁLT VÁLOGATÓKABIN KÉZI VÁLOGATÓSZALAGGAL, 2 ÁLLÁSSAL, ANYAGTOVÁBBÍTÓ GARATOKKAL	a folyadék csomagolású anyag kiválogatása	979	734			v = 0,5 m/s B = 1,2 m L = 2,5 m (2 állás+ aknák) kabin: 3,2(sz)*2,5(h)*3(m) m.	50 000
	18	TÜSKÉS HENGERESTÖRŐ	a folyékony anyagot tartalmazó csomagolás lyukasztása	979	734			D = 500 mm L = 500 mm	6 000
	19	ÍVSZITA TOVÁBBÍTÓ GARATTAL	a folyadékok leválasztása	979	734			L (ívhossz) = 0,7 m B = 0,6 m φ (szita szabad felülete) = 0,4 résméret ≤ 0,5 mm	6 000
	20	FOLYADÉKKEZELŐ EGYSÉG	a folyadékok eljuttatása a dobmosó szítához (12) és a mozgatott síkszítához (33)	95	71				12 000
	21	KONTÉNER - 3 DB	a folyadékok gyűjtése	853	640	0,98	836	V = 1 m3	600
	22	BORDÁS FERDE SZÁLLÍTÓSZALAG	a csomagolóanyag továbbítása az örvényáramú szeparátorra	32	24			B = 1.000 mm L = 6 m	5 000
	23	ÖRVÉNYÁRAMÚ SZEPARÁTOR	az alumínium csomagolóanyag leválasztása	32	24			B = 1.000 mm L = 3 m v = 1 m/s	10 000
	24	KONTÉNER - 3 DB	az alumínium csomagolóanyagok gyűjtése	4	3	0,96	3	V = 1 m3	600
	25	BORDÁS FERDE SZÁLLÍTÓSZALAG	a csomagolóanyag továbbítása a NIR szeparátorra	29	21			B = 500 mm L = 6 m	7 500
	26	NIR SZEPARÁTOR	a csomagolóanyagok szeparálása 3 frakcióra (italos doboz, PET, egyéb műanyag)	29	21			B = 1.400 mm L = 4 m	35 000
	27	KONTÉNER - 3 DB	az italos dobozok gyűjtése	7	5	0,96	7	V = 1 m3	600
	28	KONTÉNER - 3 DB	PET gyűjtése	16	12	0,96	15	V = 1 m3	600
IV.	29	KONTÉNER - 3 DB	egyéb műanyag gyűjtése	5	4	0,96	5	V = 1 m3	600
	30	VÍZSZINTES SZÁLLÍTÓSZALAG	anyagtovábbítás a ferde szalagos alakszeparátorra	2 384	1 788			B = 1.000 mm L = 4 m	5 000
	31	FERDE SZALAGOS ALAKSZEPARÁTOR	üveg csomagolású anyag leválasztása	2 384	1 788			B = 0,7 m L = 3 m	8 000
	32	BORDÁS TÖRŐ FOGADÓ GARATTAL	üveg csomagolású anyag feltárása	55	41			D = 500 mm L = 500 mm	10 000
	33	MOZGATOTT SÍKSZITA	üvegcsomagolás és biomassa elválasztása	65	49			B = 1.200 mm L = 1.200 mm	2 000
	34	MÁGNESES DOBSZEPARÁTOR FOGADÓ GARATTAL	üvegcsomagolásból az üveg és a vasfém részek kettéválasztása	1	1			D = 240 B = 300	1 200
	35	KONTÉNER - 3 DB	vas gyűjtése	1	1	0,96	1	V = 1 m3	600
	36	KONTÉNER - 3 DB	tisztított üvegtörmelék gyűjtése	20	15	0,96	19	V = 1 m3	600
	37	CSATORNAMOSÓ	szita alsó - üvegszilánkkal szennyezett biomassa megtisztítása az üvegszilánkoktól	44	33			B = 10 cm H _{közeg} = 20 cm L = 3 m v = 1,2 m/s	5 000
	38	KONTÉNER - 3 DB	szennyezett üvegtörmelék gyűjtése	2	2			V = 1 m3	600
	39	KONTÉNER - 3 DB	biomassa gyűjtése	42	32	0,92	39	V = 1 m3	600
	40	BORDÁS FERDE SZÁLLÍTÓSZALAG	anyagtovábbítás a ferde szalagos alakszeparátorról (31) a válogatókabinba (41)	2 346	1 760			B = 1.000 mm L = 6 m	5 000
	41	KLIMATIZÁLT VÁLOGATÓKABIN KÉZI VÁLOGATÓSZALAGGAL, 1 ÁLLÁSSAL, ANYAGTOVÁBBÍTÓ GARATTAL	a gépi szelektálás után is az anyagáramban maradt üvegcsomagolású anyagok válogatása	17	13			v = 0,5 m/s B = 0,6 m L = 2 m (1 válogatóállás) kabin: 2(sz)*2(h)*3(m) m.	15 000
	42	VÍZSZINTES SZÁLLÍTÓSZALAG	anyagtovábbítás a bordás törőre	17	13			B = 1.000 mm L = 4 m	3 500
V.	43	VÍZSZINTES SZÁLLÍTÓSZALAG	anyagtovábbítás a csigás shredderre	4 230	3 173			B = 1.000 mm L = 4 m	3 500
	44	LASSÚJÁRATÚ DUPLA CSIGÁS SHREDDER FOGADÓ GARATTAL, ANYAGTOVÁBBÍTÓ CSŐVEL	csomagolt anyagok feltárása					Doppstadt DSP205 Q = 8-12 t/h L = 8,1 m B = 2,1 m	65 000
	45	CSIGÁS PRÉS	biomassa és csomagolóanyagok kettéválasztása	4 230	3 173			V = 1 m3	600
	46	KONTÉNER - 3 DB	biomassa gyűjtése	4 095	3 071	0,98	4 013	V = 1 m3	600
	47	KALAPÁCSOS TÖRŐ FOGADÓ GARATTAL	préselt anyag fellazítása	135	101			D = 400 mm L = 600 mm v = 15-20 m/s	10 000
	48	VÍZSZINTES SZÁLLÍTÓSZALAG	anyagtovábbítás mágneses és örvényáramú szeparálásra	135	101			B = 1.000 mm L = 4 m	3 500
	49	FELSŐ SZALAGOS MÁGNESES SZEPARÁTOR	vas csomagolóanyag leválasztása	4	3			B = 300 mm L = 2 m	1 500
	50	ÖRVÉNYÁRAMÚ SZEPARÁTOR	alumínium csomagolóanyag leválasztása	131	98			B = 600 mm L = 3 m v = 2 m/s	12 000
	51	KONTÉNER - 3 DB	vas csomagolóanyag gyűjtése	4	3	0,97	4	V = 1 m3	600
	52	KONTÉNER - 3 DB	alumínium csomagolóanyag gyűjtése	6	5	0,97	6	V = 1 m3	600
	53	KONTÉNER - 3 DB	RDF gyűjtése	125	94	0,97	121	V = 1 m3	600
A TECHNOLÓGIAI BERENDEZÉSEK ÖSSZKÖLTSÉGE:									381 900

9. táblázat: Beruházási költség becslése - teljes élelmiszerhulladék-előkészítő üzem

	BERUHÁZÁSI KÖLTSÉG	α KÖLTSÉGARÁ- NYOSÍTÁSI TÉNYEZŐ	BERUHÁZÁSI KÖLTSÉG (eFt)
0	A TECHNOLÓGIA KÖLTSÉGE A 8. TÁBLÁZAT ALAPJÁN (a költségarányosítás alapja)		381 900
1	BERENDEZÉSEK BEÉPÍTÉSE	0,17	64 923
2	CSŐVEZETÉKEK	0,02	7 638
3	ELEKTROMOSSÁG	0,15	57 285
4	MŰSZEREZÉS	0,05	19 095
5	MŰVELETI ÉPÜLETEK	0,35	133 665
6	KIEGÉSZÍTŐ ÉPÜLETEK	0,05	19 095
7	SZOLGÁLTATÁS	0,07	26 733
8	TERÜLETFEJLESZTÉS	0,03	11 457
9	TERÜLETVÁSÁRLÁS	0,10	38 190
10	MÉRNÖKI TERVEZÉS, ÉPÍTKEZÉS	0,15	57 285
A PROJEKT NETTÓ BERUHÁZÁSI KÖLTSÉGE ÖSSZESEN (Ft):			817 266