Biodegradabilní plasty: současnost a perspektivy

Biodegradabilní plasty

V průběhu minulého století nárůst využívání polymerů

Biodegradabilní plasty

Problémy s odpadovým hospodářstvím

Vznik několika strategií, jak tomuto předejít a zabránit

Úprava stávajících plastů a vývoj nových

Biodegradabilní plasty

Biodegradace plastů

- **Biodegradace plastů je proces, při kterém dochází k rozkladu polymeru pomocí mikroorganismů**
- **Kompostovatelné polymery**
  - **Biodegradace za podmínek kompostování**
  - **Kompatibilita s kompostovacím procesem**
- **Faktory ovlivňující biodegradaci**
  - **Vlastnosti polymerních materiálů - pohyblivost polymerních řetězců, krystalinita, rozložení sekvencí aromatických a alifatických řetězců, aditiva, molekulová hmotnost, typ funkčních skupin**
  - **Typ mikroorganismu – mezofilní a termofilní**
  - **Podmínky prostředí – pH, teplota, vlhkost, přítomnost živin**

Vlastnosti materiálu ovlivňující rychlost biodegradace

Průběh biodegradace

Polymer

Narušení polymeru

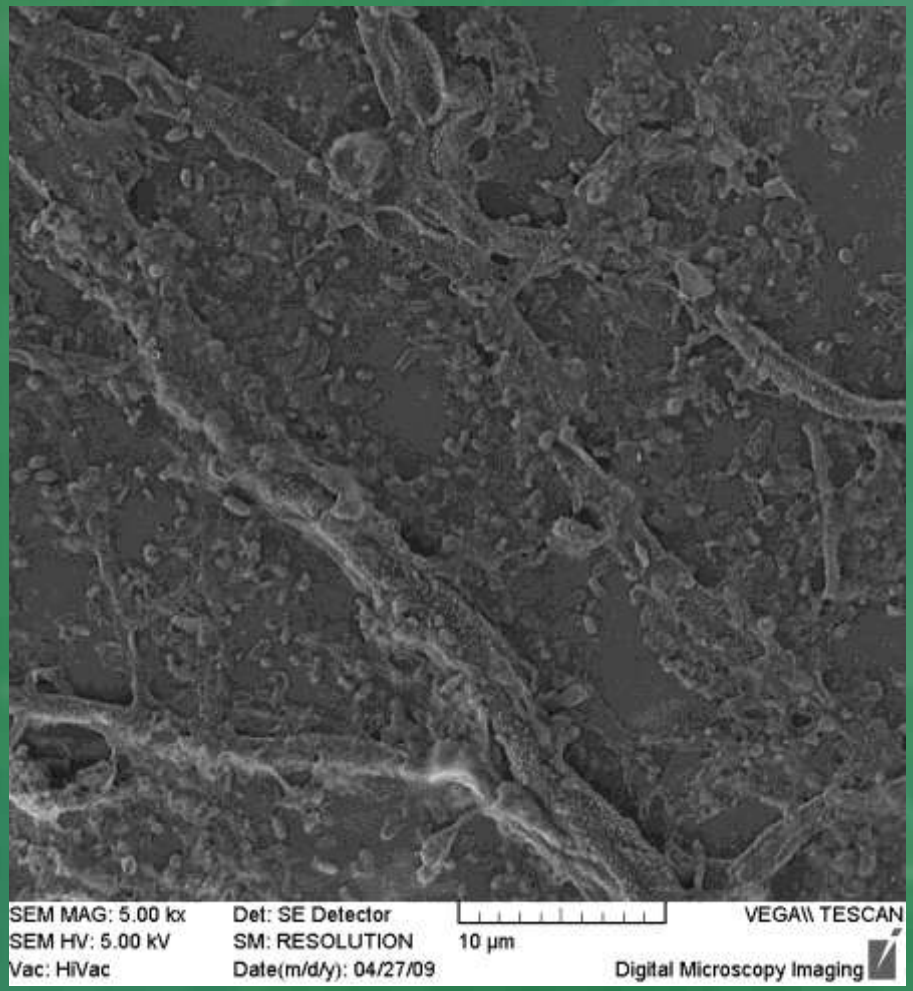
- fyzikálně mechanické faktory - zchlazení/ohřátí, zvhlčení/vysušení a zmražení/rozmražení
- chemické faktory - hydrolýza, oxidace
- biologické faktory – růst hub, extracelulární enzymy

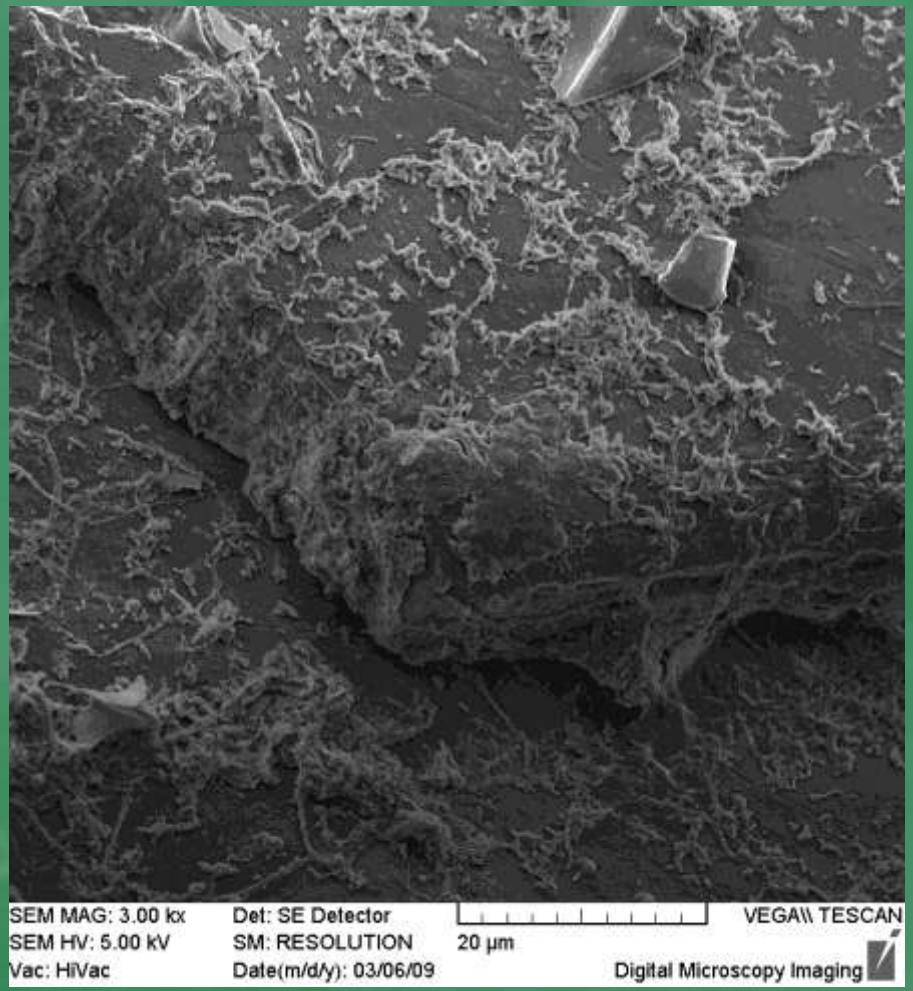
Monomery a oligomery

- průnik buněčnou membránou
- zdroj uhlíku a energie

Biomasa + CO_2 + H_2O

Biodegradace plastů





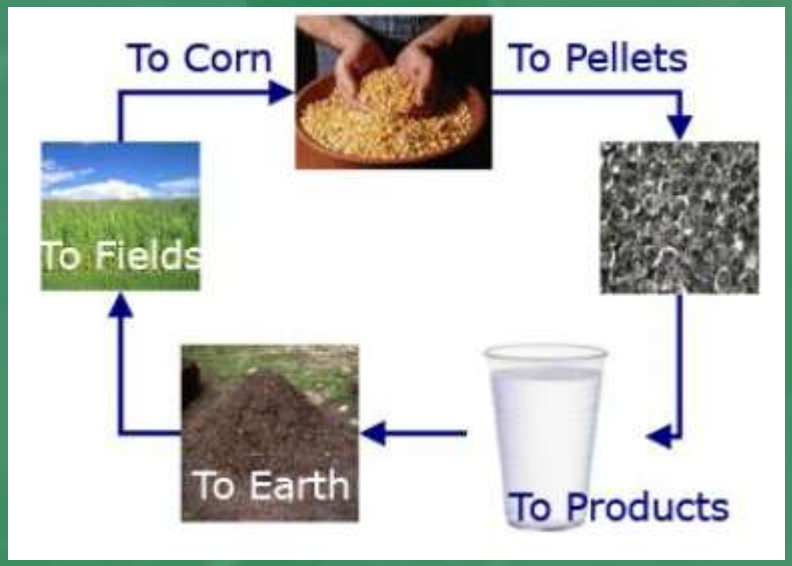
Vlastnosti materiálu ovlivňující rychlost biodegradace

- Pohyblivost polymerních řetězců a krystalinita polymerů
  - Schopnost částí řetězců dočasně unikat ze začleněného krystalu na určitou vzdálenost
  - Souvislost mobility a krystalinity - v amorfních částech polymeru značná mobilita řetězců v krystalických částech malá
- Rozložení sekvencí aromatických a alifatických řetězců
  - Aromaticko-alifatické kopolyestery
- Aditiva ovlivňující rychlost degradace
  - Prooxidanty, díky nimž se polymer rozpadne na menší fragmenty
- Další faktory
  - Molekulová hmotnost – čím vyšší tím horší biodegradace
  - Specifický povrch – čím vyšší tím lepší
  - Doba biodegradace – typicky se s časem snižuje

Typy biodegradabilních plastů

- **Snadnější biodegradace u polymerů v jejichž řetězci se vyskytují heteroatomy (polyestery, polyethery, polyamidy nebo polyuretany)**

- **Vyráběné z obnovitelných zdrojů:**
  - **kyselina polymléčná (PLA)**
  - **poly(β-hydroxybutyrát) (PHB)**
  - **termoplastický škrob**



- **Vyráběné z ropy:**
  - **poly-ε-kaprolakton (PCL)**
  - **poly(vinylalkohol) (PVA)**
  - **poly(esteramidy) (PEA)**
  - **poly(oxyetylen) (POE)**
  - **alifatické polyestery na bázi diolů a dikarboxylových kyselin (Bionolle)**
  - **aromaticko-alifatické kopolyestery (Ecoflex)**

Typy biodegradabilních plastů

Způsoby výroby biodegradabilních plastů:

- Konveční syntéza (např. PCL, kopolyestery, PLA)
- Biotechnologický způsob (fermentace, extrakce)
- Příprava z biomasy (např. škrob)
- Směšování různých materiálů (např. směs škrobu a PCL)

Způsoby výroby biodegradabilních plastů z obnovitelných zdrojů:

- Modifikace přírodních materiálů (např. škrob)
- Příprava bio-monomerů a poté jejich polymerizace
- Produkce prostřednictvím mikroorganismů nebo geneticky modifikované kukuřice (např. PHB)

Komerční materiály a jejich využití

Ecoflex (BASF)

- Aromaticko alifatický kopolyester primárně založen na ropě
- Kyselina tereftalové, kyselina adipová a 1,4-butandiol
- Podobné vlastnosti jako polyethylen
- Aplikace: balící fólie, zemědělské fólie a kompostovací tašky

Ecovio (BASF)

- Směs ecoflexu a kyseliny polymléčné (obsah 45%)
- Aplikace shodné s Ecoflexem

Komerční materiály a jejich využití

Mater-Bi (Novamont)

- Směs škrobu (z obnovitelných zdrojů) a dalších plastů
- Nejčastěji míchán s polyestery (PCL), celulózou
- Široká oblast použití podle složení směsi

Ingeo (NatureWork)

- Vyráběn z obnovitelných zdrojů
- Jedná se o kyselinu polymléčnou (z kukuřičného škrobu)
- Aplikace: obalové materiály, karty, textilu, jednorázového nádobí, vybavení domu jako například koberce a nábytek

Uplatnění biodegradabilních plastů v dnešní době

- Tři hlavní oblasti: lékařství, potravinářství, zemědělství
- Další využití: Netkané textilie, adhesiva, stabilizátory

Lékařství

- Rozvoj v posledních dvou dekádách
- Vznik nových biomedicínských technologií
  - tkáňové inženýrství
  - regenerativní medicína
  - genová terapie
  - kontrolované uvolňování léčiv
  - bionanotechnologie
- Hydrolyticky a enzymaticky degradovatelné materiály

Uplatnění biodegradabilních plastů v dnešní době

Lékařství

Aplikace:

- například kostní šrouby (např. alifatické polyestery)
- kostní pláty (PCL, PLA, PHB)
- antikoncepční implantáty (např. PCL)
- nano a mikro částice pro kontrolované uvolňování léčiv (např. alifatické kopolyestery, PCL)
- výroba ochranných membrán při regeneraci tkáně, mono a polyfilních švů nebo porézních struktur pro tkáňové inženýrství (např. alifatické kopolyestery, PCL)

Uplatnění biodegradabilních plastů v dnešní době

Potravinářství

Každoročně v rámci EU 250 miliónu tun plastového odpadu

↓

Většina plastů odolává mikrobiálním atakům a biodegradaci

↓

Řešením biodegradabilní plasty

Využití:

- jednorázové výrobky
- dlouhodobé výrobky

- PHB, termoplastický škrob, aromaticko-alifatické kopolyestery, PCL
- Ecoflex, Ecovio

Uplatnění biodegradabilních plastů v dnešní době

Zemědělství

Běžné aplikace:

- mulčovací fólie
- fóliovníky
- kořenáče
- kompostovací pytle

Speciální aplikace

- řízené uvolňování živin a pesticidů
- povlékání semen
- gel planting

Perspektivy

Další rozvoj biodegradabilních plastů je závislý na několika rozhodujících faktorech

Cena , výrobní technologie, kapacity, legislativa, poptávka zákazníků

Cena vyšší než konvenční plasty, ale stále klesá

Z klesající cenou roste poptávka a zvyšují se kapacity

Z vyšší výrobní kapacitou se projevuje tzv. „scale up“ efekt

Legislativní podpora

Výzkumná činnost na UIOZ

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

- V rámci výzkumné činnosti
  - testy v půdě a kompostu
  - ve vodě rozpustné polymery – simulace rozkladu na čistírnách
  - simulace rozkladu na skládkách za anaerobních podmínek
- Součásti hodnocení
  - změny mechanických vlastností
  - studium strukturních změn
  - vliv chemické a fyzikální degradace na biodegradabilitu materiálu
- Izolace degradačních mikroorganismů
- Dva aktuální projekty
  - studium aromaticko-alifatického kopolyesteru
  - studium polyethylenu s prooxidanty

Biodegradabilní aromaticko alifatický kopolyester

- Biodegradace díky snadné hydrolizovatelnosti esterových vazeb
- Testování kompostovatelnosti
  - stanovení produkovaného oxidu uhličitého v head-space testovacích lahví pomocí plynové chromatografie
- Sledování biodegradability v kompostu pro různé vzorky za termofilních podmínek
  - pomocí termofilních organismů, které se vyskytují v kompostu
- Dokázáno, že tyto mikroorganismy způsobují relativně rychlou a komplexní degradaci
- Otázka do jaké míry jsou kopolyestery degradovatelné za jiných podmínek ???

Studie v půdním prostředí

Biodegradace polyethylenu s prooxidanty

- Polyethylen stále mnohem levnější než biodegradabilní plasty
- Pro životní prostředí není toxický, ale rozšíření odpadu je vnímáno negativně
- Degradace PE vlivem UV záření a tepla

Materiál s naprogramovanými vlastnostmi

- Aditiva prooxidanty – směs prooxidačních a antioxidačních přísad
- Po vyčerpání antioxidantů nastupují prooxidanty

Na základě našeho výzkumu zjištěno, že v průběhu jednoho roku dochází k biodegradaci části materiálu (za podm. Kompostování ze 20 %)

Děkuji za pozornost

Výzkum byl podpořen granty MSM 7088352101 a GAČR 108/10/0200.