# Lärarhandledning – Del 1

## Syntes av bioplast från bananskal

Denna laboration har utformats för guidat undersökande lärande. I den förberedande aktiviteten genomför eleverna en syntes av bioplast från bananskal. Sedan undersöker de en förutbestämd forskningsfråga.

### CENTRALA BEGREPP

Bioplast, naturliga polymerer och stärkelse.

### MÅLGRUPP

Undersökningen lämpar sig för elever i årskurs 9 samt gymnasiet.

### Tidsåtgång

|  |  |
| --- | --- |
| Undersökningsfas | Tid |
| Förberedande aktivitet | 40 minuter |
| Formulera frågeställning | 0 minuter |
| Planering | 15 minuter |
| Genomförande | 90 minuter |
| Organisera data | 10 minuter |
| Kommunicera resultat | 15 minuter |
| Slutsats | 10 minuter |

### Koppling till kursplaner

Enligt kursplanen för kemi i årskurs 7-9, Läroplan (Lgr22) för grundskolan, ska undervisningen i kursen bland annat behandla:

* Kolhydrater, proteiner och fetter samt deras funktioner i människokroppen.
* Utveckling av produkter och material, till exempel läkemedel, funktions­klä­der och batterier.
* Några produkters livscykler och påverkan på miljön.
* Formulering av undersökningsbara frågor, planering, utförande, värdering av resultat samt dokumentation med bilder, tabeller, diagram och rapporter.
* Sambandet mellan kemiska undersökningar och utvecklingen av begrepp och förklaringsmodeller.
* Informationssökning, kritisk granskning och användning av information som rör kemi. Argumentation och ställningstaganden i aktuella frågor som rör miljö och hälsa

Enligt kursplanen för Kemi 1, Ämnesplan (SKOLFS 2022:173) för gymnasieprogrammen, ska undervisningen i kursen bland annat behandla:

* Kemisk bindning och dess inverkan på till exempel förekomst, egenskaper och användningsområden för organiska och oorganiska ämnen.
* Vad som kännetecknar en naturvetenskaplig frågeställning.
* Hur problem och frågor avgränsas och studeras med hjälp av kemiska resonemang.
* Det experimentella arbetets betydelse för att testa, omvärdera och revidera hypoteser, teorier och modeller.
* Planering och genomförande av experiment samt formulering och prövning av hypoteser i samband med dessa.
* Ställningstagande i samhällsfrågor utifrån kemiska modeller, till exempel frågor om hållbar utveckling.

Enligt kursplanen för Kemi 2, Ämnesplan (SKOLFS 2022:173) för gymnasieprogrammen, ska undervisningen i kursen bland annat behandla:

* Kemisk bindning och dess inverkan på till exempel förekomst, egenskaper och användningsområden för organiska och oorganiska ämnen.
* Olika organiska ämnesklasser, deras egenskaper, struktur och reaktivitet.
* Avgränsning och studier av problem och frågor med hjälp av kemiska resonemang.
* Det experimentella arbetets betydelse för att testa, omvärdera och revidera hypoteser, teorier och modeller.
* Planering och genomförande av experimentella undersökningar och observationer samt formulering och prövning av hypoteser i samband med dessa.
* Utvärdering av resultat och slutsatser genom analys av metodval, arbetsprocess och felkällor.
* Frågor om etik och hållbar utveckling kopplade till kemins olika arbetssätt och verksamhetsområden.

### InLEDNING

Plastmaterial (plaster) består i huvudsak av artificiella polymerer som karakteriseras av hög molekylvikt. Eftersom plaster är enkla att processa och ger stora möjligheter att tillverka billiga produkter som höjer levnadsstandard och livskvalitet för många människor har de effektivt tagit plats på världsmarknaden. Beroende på råvara kan polymerer delas in i naturliga (t.ex. proteiner, polysackarider och DNA-molekyler) och artificiella eller syntetiska.

Petrokemi är en gren inom kemi som inkluderar tekniska processer och kemisk syntes av produkter från olja och naturgas för industriellt bruk. Idag produceras nästan alla polymermaterial av den petrokemiska industrin, vilket betyder att de produceras från fossil (icke-förnybar) råvara. Masskonsumtion av engångsprodukter tillverkade av plast, så som behållare, påsar och bestick, har resulterat i att mängden plastavfall ökar.

Till viss del kan bioplaster utgöra ett alternativ. Enligt nuvarande definition är bioplaster biologiskt nedbrytbara och/eller plaster tillverkade av förnyelsebar råvara. Detta inkluderar alltså plaster som inte är biologiskt nedbrytbara så länge de är tillverkade av förnyelsebar råvara, så som polyeten från sockerrör.

Beroende på råvara delas bioplaster in i:

1. bioplast från förnyelsebar råvara
2. bioplast från fossil råvara
3. bioplast från blandning av förnyelsebar och fossil råvara

Polymerer från förnyelsebar råvara kan delas in i följande tre kategorier:

1. polymerer direkt extraherade från biomassa: polysackarider, t.ex. stärkelse och cellulosa, eller proteiner, t.ex. kasein och gluten
2. polymerer producerade genom kemisk syntes av monomerer från förnyelsebara råvara, t.ex. polyeten.
3. polymerer tillverkade med hjälp av mikroorganismer eller genetiskt modifierade bakterier.

Eftersom stärkelse är lättillgängligt, billigt, förnyelsebart och biologiskt nedbrytbart används det ofta för att producera bioplast. Det har gjorts många studier på stärkelse som en naturlig biopolymer. Stärkelse består av långa grenade kedjor av sammanlänkade glukosenheter; amylopektin och amylos, vilket ger en granulär struktur. I närvaro av mjukgörare och värme samt med mekanisk behandling kan stärkelse bete sig som en termoplast.

Om matavfall inte omhändertas på rätt sätt kan det innebära en belastning för miljön. Att konstruera en typ av bioraffinaderiplattform för matavfall skulle därför kunna vara ett idealiskt alternativ (t.ex. att producera förädlade produkter samtidigt som man minskar mängden avfall). Som en följd skulle detta kunna minska produktionskostnaderna för biologiskt nedbrytbar plast, jämfört med traditionella produktionssätt som använder överprissatta rena substrat (t.ex. glukos).

Bananskal är ett av de vanligaste avfallen med högt stärkelseinnehåll. I vissa delar av världen är omhändertagandet av bananskalsavfall ett problem, särskilt i industrier som producerar bananprodukter som banankakor, bananchips, etc. Dessa industrier använder själva bananköttet som råvara och medan skalet saknar användningsområde.

Bananskal innehåller en hög andel (cirka 18,5 %) stärkelse. När bananskalen mognar ökar glukoshalten genom att stärkelse bryts ned. Därför kan bananskal som inte är för mogna användas som en lämplig råvara för att producera bioplast.

Även om matavfall är en bra råvara för bioplastproduktion, måste det förbehandlas för att förbättra eller förändra de fysikaliska, kemiska och biologiska egenskaperna. Framgångsrika omvandlingsprocesser avser partiell eller fullständig frisättning av monomerer från matavfallet (t.ex. lignocellulosakomponenter) med ökad tillgänglighet för proteiner, lipider och polysackarider (t.ex. stärkelse och cellulosa) för efterföljande enzymatisk hydrolys och fermentering till följd. Dessutom kan flera metoder integreras i ett enda system för bättre prestanda.

### Riskbedömning

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Identifierade faror** | **Vad kan hända?** | **Förebyggande åtgärder** | **Första hjälpen om något händer** |
| 0,2 M natriumdisulfit | GHS pictogram for corrosive substances.  Utvecklar giftig gas vid kontakt med syra.  Orsakar allvarliga ögonskador. | Använd skyddshandskar/ skyddskläder/ögonskydd/ansiktsskydd. | Kontakta genast GIFTINFORMATIONSCENTRALEN/läkare. |
| 0,2 M saltsyra | Koncentrationen ej märkespliktig. |  |  |
| 0,2 M natriumhydroxid | GHS pictogram for health hazard.  Irriterar huden. Orsakar allvarlig ögonirritation. | Använd ögonskydd. | VID KONTAKT MED ÖGONEN: Skölj försiktigt med vatten i flera minuter. Ta ur eventuella kontaktlinser om det går lätt. Fortsätt att skölja. Vid bestående ögonirritation: Sök läkarhjälp. |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Avfall och andra kommentarer** | | Reaktionsprodukterna kan hällas i avloppet. | | | | |
| **Datum** | 2023-05-23 | | **Utförd av** | KRC | **Klass** | EXEMPEL |

## Förberedande Aktivitet

Undersökningen inleds med en aktivitet för att förstärka kunskapen om bioplastsyntes från bananskal.

#### Exempel på mallsvar till frågorna

1. Vad är bioplast? *Exempelvis: Bioplast definieras som biologiskt nedbrytbar plast och/eller plast från förnybara källor. Enligt denna definition inkluderar bioplast även plast som inte är biologiskt nedbrytbar, men som är gjord av en förnyelsebar råvara (t.ex. polyeten från sockerrör). Beroende på råvara delas bioplast in i (1) bioplast från förnyelsebar råvara, (2) bioplast från fossil råvara och (3) bioplast från en blandning av förnyelsebar och fossil råvara.*
2. Lista andra bioråvaror som skulle kunna användas vid syntes av bioplast. *Exempelvis: Sockerrör, majs, potatisskal osv.*
3. Vilken roll spelar glycerol i syntesen av bioplast? *Glycerol tillsätts som mjukgörare eller dispergeringsmedel (tillsats som ökar ett materials plasticitet eller flytbarhet).*
4. Ange minst tre faktorer som eventuellt kan påverka egenskaperna (t.ex. biologisk nedbrytning, styrka, elasticitet) hos syntetiserad bioplast. *Exempelvis: Några faktorer som påverkar egenskaperna hos syntetiserad bioplast är bananskalens mognad, metod för förbehandling av matavfall (bananskal), mängd och typ av mjukgörare etc.*

## Formulera frågeställning

**OBS!** Efterforskningsbar frågeställning ges av läraren i denna guidade undersökning. Nedan följer några möjliga frågeställningar:

**F1:** Hur påverkar volymen tillsatt glycerol i syntesen av en bioplast från bananskal dess egenskaper, t.ex. elasticiteten? (Provresultat tillhandahålls - OBS: elevresultat kommer att variera beroende på undersökningens design)

**F2:** Hur påverkar mognadsgraden av bananskal syntesens effektivitet? (Inga provresultat tillhandahålls)

**F3:** Hur skiljer sig biologisk nedbrytbarhet av bananskalsbioplasten från syntetisk plast (t.ex. PET)? (Inga provresultat tillhandahålls)

Det finns många fler möjliga efterforskningsbara frågor. Eleverna bör välja en frågeställning som tar upp lärandemål enligt lärarens krav. Var noga med att betona experimentell kontroll och variabler. Lärare som använder tillvägagångssättet för guidat undersökande lärande väljer de efterforskningsbara frågor som ska undersökas av eleverna. Det är önskvärt att tilldela flera frågeställningar eftersom det förbättrar elevinteraktion och lärandet under undersökningens olika delar.

## Planering (exempel)

I den här delen formulerar eleverna en hypotes, planerar undersökningens procedur och skriver en metod som de ska använda för att samla in data. Ge elevgrupperna stöd genom att ställa frågor och ge användbara förslag.

#### Formulera hypotes

Volymen tillsatt glycerol i syntesen av en bioplast från bananskal påverkar dess egenskaper, t.ex. elasticitet.

#### Postulera kontrollerade, oberoende och beroende variabler

**Kontrollerade variabler**: beredning av bananskal, koncentrationen och volymen av saltsyra- och natriumhydroxidlösningar, torktid och temperatur

**Oberoende variabel**: volymen glycerol (0, 1 och 2 ml)

**Beroende variabel**: elasticiteten hos bioplastfilmen

#### Planera undersökningens procedur

**Beredning av bananskal**

1. Skär bananskalen i små bitar och lägg dem i 0,2 M natriumdisulfitlösning i 45 minuter. Detta kommer att öka den biologiska nedbrytningstiden för plasten, eftersom natriumdisulfit är en antioxidant och konserveringsmedel.
2. Överför bananskalen till kokande destillerat vatten och koka i cirka 30 minuter.
3. Häll av vattnet och lägg bananskalen på filtrerpapper och låt lufttorka i cirka 30 minuter.
4. Purea de torkade skalen till en slät massa med hjälp av en stavmixer.

**Beredning av bioplast från bananskal (med tillsats av olika volym glycerol)**

1. Väg upp 25 g bananmassa i en bägare.
2. Tillsätt 3 ml 0,5 M saltsyra och 2 ml glycerol till bägaren och rör om.
3. Tillsätt 3 ml 0,5 M natriumhydroxid och rör om.
4. Bred ut ett tunt lager av blandningen på en petriskål och låt den lufttorka i rumstemperatur i minst 24 timmar.
5. När blandningen är torr, ta bort den från petriskålen.
6. Upprepa proceduren för att förbereda bioplastfilm med 0 ml och 1 ml tillsatt glycerol.

**Elasticitetstest av bioplastfilm med tillsats av olika volym glycerol**

1. Skär prover av bioplastfilmen, 2x2 cm (med 0, 1 och 2 ml glycerol tillsatt).
2. Vik bioplastfilmerna på mitten och lägg på 50 g-vikten i 10 sekunder.
3. Observera och registrera eventuella förändringar och deformation av bioplastfilmproverna.
4. Planera datainsamling.
5. Eleverna kommer att testa elasticiteten hos en bioplastfilm med olika volymer tillsatt glycerol och registrera observationerna och slutsatserna i tabell 1 (se nedan).

Planera datainsamling

Eleverna testar elasticiteten hos en bioplastfilm med olika volymer tillsatt glycerol och registrera observationerna och slutsatserna i tabell 1 (se nedan).

## Genomförande (exempel)

I den här delen använder eleverna sin plan för att genomföra undersökningen och samla in data. Ge elevgrupperna stöd genom att ställa frågor och ge användbara förslag.

### LiVsCykelAnalys (Provresultat)

Använd livscykelanalys (LCA – en utvärdering av en produkts miljöpåverkan över hela dess livscykel för att bedöma en produkts övergripande hållbarhet) för att avgöra vilken plast – bioplast från förnybara resurser (t.ex. bananskal) eller plast från fossila resurser (t.ex. PET) som är mer fördelaktigt ur ett hållbarhetsperspektiv.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Bioplast från förnybara resurser (t.ex. bananskal)** | **Plast från fossila resurser (t.ex. PET)** |
| **MATERIAL**  Vad användes för att tillverka produkten? (t.ex. plast, metall) |  |  |
| **PRODUKTION**  Hur och var tillverkades den? (t.ex. i ditt land eller utomlands) |  |  |
| **DISTRIBUTION**  Hur transporterades det i varje skede av livscykeln? (t.ex. fartyg, lastbil, tåg) |  |  |
| **ANVÄNDNING**  Vilken påverkan har produkterna under användningsstadiet? (t.ex. miljöpåverkan, effektivitet) |  |  |
| **AVFALLSHANTERING**  Hur kan det kasseras? (t.ex. återvunnas, deponeras) |  |  |
| **ANDRA ANMÄRKNINGAR** |  |  |

Du är kanske också intresserad av att undersöka grönheten i produktionen av bioplast från bananskal. För instruktioner se Elevensmaterial – Del 2.

## Resultat och diskussion (exempel)

Eleverna organiserar, tolkar och kommunicerar sina resultat med hjälp av tabeller, grafer och/eller diagram. Eleverna bör även ta hänsyn till livscykelanalysen. Om de utvärderade undersökningens utifrån principerna för grön kemi (se Elevmaterial – Del 2), bör de diskutera resultaten och deras innebörd. Interaktion mellan studentgrupper är viktigt precis som insamling av information som kommer att användas i slutsatsen.

Tabell 1: Resultat av bioplastfilmens elasticitet med avseende på mängd tillsatt glycerol.

| **Bioplast** | **Observationer** |
| --- | --- |
| Bioplast från bananskal med 0 ml glycerol tillsatt | Filmen bryts av vikten. |
| Bioplast från bananskal med 1 ml glycerol tillsatt | Film återtar ursprungsform, men med synbasrt väck. |
| Bioplast från bananskal med 2 ml glycerol tillsatt | Film återtar ursprungsform, men med synbasrt väck. |

Data i tabell 1 visar att volymen tillsatt glycerol i syntesen av bioplast från bananskal påverkar dess elasticitet i form av deformation under tryck. Baserat på livscykelanalysen kan man dra slutsatsen att bioplasten från förnybara resurser (t.ex. bananskal) är mer gynnsam ur ett hållbarhetsperspektiv än plasten från fossila resurser (t.ex. PET). Utvärderingen av det experimentella arbetet – syntes av bioplast från bananskal med avseende på gröna kemi – visar att experimentet skulle kunna optimeras, särskilt vad gäller principerna 1, 5, 10 och 12. I framtiden skulle natriumbikarbonat kunna användas som konserveringsmedel för plasten istället för natriumdisulfit, även om det kräver högre temperaturer (350˚C) för samma effekt.

## Slutsats (exempel)

I den här delen sammanfattar och utvärderar eleverna de resultat som presenteras i resultat och diskussionsdelen.

### Diskussionsdel

Bananskalsavfalls kan fungera som ett organiskt material som är lättillgängligt, billigt och miljövänligt. Att producera bioplast av bananskal istället för petroleumbaserad plast kan vara en effektiv lösning som leder till en minskning av användningen av icke-förnybara råvaror. I syntesen av en bioplast från bananskal används glycerol som mjukgörare eftersom det förbättrar materialets plasticitet och elasticitet.

# Lärarmaterial – del 2

## Utvärdering av försöket med utifrån principerna för grön kemi (exempel)

Utvärdera försöket Syntes av bioplast från bananskal med hjälp av principerna för grön kemi. I den här aktiviteten kommer du

* bedöma farorna med de ämnen som används i försöket, därigenom kommer du att lära dig hur du inhämtar information från säkerhetsdatablad och utveckla en praktisk förståelse för faro- (H) och försiktighetsangivelser (P)
* bestämma försökets grönhetsvärde, därigenom kommer du att introduceras till de 12 principerna för grön kemi
* konstruera försökets gröna stjärna, därigenom kommer du att presentera erhållna data med hjälp av grafiska medel för att få en bättre överblick över försökets grönhet.

Följ instruktionerna nedan och använd bilaga 3 och 4 för hjälp med aktiviteten.

### 1. BEdöm RISKERNA MED DE ÄMNEN SOM ANVÄNDS I försöket

* Ange de kemikalier som används i försöket i den första kolumnen i tabell 2.
* Använd säkerhetsdatabladen för varje kemikalie som används och för in farokoderna i den andra kolumnen.
* Använd bilaga 3 och 4 för att poängsätta\* (1–3) hälsa, miljö och fysiska faror. Infoga de erhållna poängen i lämplig kolumn. Om ingen farokod finns för en kemikalie tilldelas poängen 1.

Tabell 2: Faror associerade med de ämnen som används i försöket. I detta exempel: Syntes av bioplast från bananskal.

|  | Farokod, H-fras | Poäng (S) associerad med faran\* | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hälsa | Miljö | | Fysisk |
| Bananskal | Ej faroklassad | 1 | 1 | 1 | |
| Natriumdisulfit  (CAS 7681-57-4) | H302, H318 | 2 | 1 | 1 | |
| 0.2 M Saltsyra | Ej faroklassad | 1 | 1 | 1 | |
| 0.2 M Natriumhydroxid | H314 | 2 | 1 | 2 | |
| Glycerol  (CAS 56-81-5) | Ej faroklassad | 1 | 1 | 1 | |
| Vatten | Ej faroklassad | 1 | 1 | 1 | |
| Bioplast |  | 1 | 1 | 1 | |

\* Poäng (S) associerad med faran på en skala från 1 (låg risk) till 3 (hög risk).

### 2. Bestäm försökets grönhetsvärde

* Fyll i tabell 3 med hjälp av Principerna för grön kemi och kriterier för »grönhetsvärdering« (bilagorna 2-4).
* Bestäm antalet principer (t.ex. 6 eller 10 principer) som ger den mest meningsfulla grönhetsvärderingen.
* Grönhetsvärdet (V) kan härledas från bilaga 3 och 4. V sträcker sig från 1 (minst) till 3 (maximalt). Skriv NA när det ett värde inte är tillämpligt.

Tabell 3: Principer för grön kemi och grönhetsvärdet som används för att konstruera den gröna stjärnan för ett försök. I detta exempel: Syntes av bioplast från bananskal.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Princip för grön kemi | Grönhetsvärde | Förklaring (valfri) |
| P1 – undvik avfall | 2 | natriumdisulfit, natriumhydroxid |
| P2 – maximera atomekonomin\* |  |  |
| P3 – designa mindre riskfyllda kemiska synteser\* |  |  |
| P4 – designa säkrare kemikalier\*\* |  |  |
| P5 – använd säkrare lösningsmedel och hjälpämnen | 2 | natriumdisulfitlösning, natriumhydroxidlösning |
| P6 – öka energieffektiviteten | 2 | Atmosfärstryck och temperatur mellan 0 och 100 ºC om uppvärmning krävs |
| P7 – använd förnybara råvaror | 2 | bananskal |
| P8 – begränsa antalet syntessteg\* |  |  |
| P9 – använd katalysatorer\* |  |  |
| P10 – designa för nedbrytning | 2 | natriumdisulfitlösning |
| P11 – analysera i realtid för att förebygga föroreningar\*\* |  |  |
| P12 – minimera risken för olyckor | 2 | natriumdisulfitlösning, natriumhydroxidlösning |

\* Gäller vid tillämpning av 10 eller 12 principer. \*\* Gäller endast när alla 12 principer tillämpas.

### 3. Konstruera en grön stjärna

Den gröna stjärnan presenterar resultaten av försökets grönhetsvärdering visuellt.

|  |
| --- |
| A radar chart of greenness assessment of the experimental work based on 6 green chemistry principles. |

Figur 2: Den gröna stjärnan presenterar försökets grönhetsvärdering visuellt.

### 4. Reflektera över RESULTATET AV försökets grönhetsvärdering utifrån principerna för GRÖN KEMI

### Referenser

Skolverket. (2022). Läroplan (Lgr22) för grundskolan samt för förskoleklassen och fritidshemmet. Kursplan för kemi i årskurs 7-9. <https://www.skolverket.se/undervisning/grundskolan/laroplan-och-kursplaner-for-grundskolan/laroplan-lgr22-for-grundskolan-samt-for-forskoleklassen-och-fritidshemmet?url=-996270488%2Fcompulsorycw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DGRGRKEM01%26tos%3Dgr&sv.url=12.5dfee44715d35a5cdfa219f>

Skolverket. (2022). Kursplan för Kemi, Ämnesplan (SKOLFS 2022:173) för gymnasieprogrammen. <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/amne?url=-996270488%2Fsyllabuscw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DKEM%26version%3D2%26tos%3Dgy&sv.url=12.5dfee44715d35a5cdfa92a3>

Ribeiro, M. G. T., Costa, D. A., & Machado, A. A. (2010). “Green Star”: a holistic Green Chemistry metric for evaluation of teaching laboratory experiments. *Green Chemistry Letters and Reviews, 3*(2), 149-159. <https://doi.org/10.1080/17518251003623376>

Ribeiro, M. G. T., & Machado, A. A. (2014). Green star construction. <http://educa.fc.up.pt/documentosQV/EV/Construction%20of%20Green%20Star_6_points_GSAI.xlsx>