

Lærervejledning

Enzymer og brødbagning

Beskrivelse af undervisningsmateriale

Formålet med dette projekt er at give eleverne kendskab til enzymer og deres vigtige egenskaber i en case omkring brødproduktion. Når der tales om enzymkinetik er brød et godt udgangspunkt, da det består af alle de vigtige makromolekyler. I dette projekt gives en dybdegående forståelse for enzymer, enzymkinetik, kulhydrater, proteiner og lipider.

Hertil lærer eleverne om de vigtigste og mest fundamentale enzymklasser, amylaser, proteaser, lipaser og flere. Teorien er begrundet med gode og lærerige figurer, og øvelserne til forsøget er direkte relateret til enzymkinetik.

Læringskomponenter	
Teori – grundteori og case-baseret teori	X
Forsøg – laboratorieeksperimenter	X
Video – forsøgsvejledninger	X

Anvendelse

Projektet indeholder en teoretisk del i afsnittet "Teori", og en praktisk del i afsnittet "Øvelser". Projektet er underinddelt i 3 emner om enzymer og deres indvirkning på hhv. stivelse, gluten og arabinoxylan. Til hver af disse tre underemner er en øvelse tilknyttet. De tilsvarende teori-afsnit bør gives som lektie/forberedelse (1-2 elevtimer), før øvelserne startes.

Teori

Teorien udgøres af syv afsnit. Afsnittet "Enzymer" går i dybden med kernestof omkring enzymer og enzymkinetik (Michaelis-menten ligning udledning, mm.). Herefter beskrives de sukre, proteiner og lipider, som findes i brød, samt hvilke enzymer der fordøjer disse makromolekyler. Heriblandt de tre underafsnit "Stivelse og amylaser", "Gluten og proteaser" og "Arabinoxylan og xylanaser", som bruges i de tre øvelser. Det anbefales at eleverne også læser afsnittet "Enzymatisk modifikation af lipider", så der skabes en sammensat forståelse for de vigtigste makromolekyler. I det sidste afsnit "Analysemetoder" forklares nogle af de vigtige analysemetoder, der bl.a. bruges i industrien til at evaluere enzymeres effekt i brød.

Øvelser

Øvelserne i dette projekt tager mellem 2-4 timer, og der bruges tre forskellige enzymer fra Danisco. Disse kan bestilles ved at bruge bestillingsformularen [her](#). De 3 øvelser kan foretages uafhængigt af hinanden, og alle forsøg bør ikke nødvendigvis fuldføres. Enzymerne der skal bruges er:

- Enzym H121 – en endo- β -(1,4)-xylanase, der nedbryder uopløseligt arabinoxylan.
- Enzym A1000 – en α -amylase, der nedbryder stivelse.
- Enzym PR41 – en endopeptidase, der nedbryder gluten.

Øvelse	Teoriafsnit	Særlige materialer	Tidsramme
#1: Stivelse og effekten af amylase	Stivelse og amylaser	Enzym H121 og A1000, ledig ovn	2-4 timer
#2: Gluten og effekten af proteaser	Gluten og proteaser	Enzym PR41, ostelærred	2-3 timer
#3: Effekten af xylanase	Arabinoxylan og xylanaser	Enzym H121	2-4 timer

Niveau

Bioteknologi A / Biologi B

Dækket kernestof – jf. [Læreplan "Bioteknologi A - stx 2017"](#)

- Organisk kemi: opbygning af carbonhydrider
- Makromolekyler: egenskaber og biologisk funktion af carbohydrater, lipider og proteiner (herunder enzymer)
- Enzymer: enzymkinetik

Dækket supplerende stof – jf. [Læreplan "Bioteknologi A - stx 2017"](#)

- Bæredygtig produktion af fødevarer

Overordnet indholdsbeskrivelse af de enkelte dele:

- **Teori – Introduktion:** I dette afsnit gives en forsmag på brødproduktion og hvordan exogene enzymer kan optimere brødets kvalitet.
- **Teori – Enzymer:** I dette afsnit dækkes gymnasiepensummet for emnerne enzymer og enzymkinetik. Herunder hvad der forstås ved et aktivt site, lock-and-key og induced fit-modellerne, forskellen på exergone og endergone reaktioner, gibbs frie energi, aktiveringsenergi, udledning af michaelis-menten ligningen og lineweaver-burke plottet samt betydningen af K_M og V_{max} . Teorien er underbygget med gode illustrationer.
- **Teori – Stivelse og amylaser:** I dette afsnit forklares opbygningen af stivelse hvordan det kan nedbrydes af α - og β -amylaser.
- **Teori – Gluten og proteaser:** I dette afsnit forklares hvordan gluten kemisk er opbygget fra gliadin og glutenin, hvordan endo- og exopeptidaser nedbryder proteiner. I dette eksempel forklares funktionen af co-faktorer også.
- **Teori – Arabinoxylan og xylanaser:** I dette afsnit forklares ikke-stivelses polysakkariderne til stede i brød. Effekten af arabinoxylan forklares med fokus på dets opløselighedsegenskaber, og dertil hvordan det kan nedbrydes af xylanaser.
- **Teori – Enzymatisk modifikation af lipider:** I dette afsnit gennemgås den sidste klasse af makromolekylerne, lipider, og hvordan de kan hydrolyseres med lipaser. Hertil forklares om fedtsyrer, triglycerider, fosforlipider og glykolipider.
- **Teori – Analysemetoder:** I dette afsnit vender vi fokus over på kendte analysemetoder, som bl.a. bruges af Danisco til at lave enzym-assays. Disse metoder er Confocal Laser Scanning Microscopy (CLSM), tyndlagskromatografi (TLC) og High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). Disse teknikker er vigtige i bioteknologi og gode at have hørt om, og vi har undladt at give de helt komplekse detaljer om teknikkerne.
- **Øvelser – Effekten af xylanase:** I dette forsøg bages brød hhv. med og uden tilsætning af xylanase-enzym. Eleverne betragter hvad enzymaktiviteten gør for brødets struktur.
- **Øvelser – Stivelse og effekten af amylase:** I dette forsøg studeres effekten af amylase på en forklistret stivelsesopløsning under forskellige pH og temperaturforhold. Effekten måles på frigivelsen af jod når stivelse nedbrydes.
- **Øvelser – Gluten og effekten af proteaser:** I dette forsøg fremstilles glutenklumper fra dej, som derefter undersøges for elasticitet og blødhed når der tilsættes proteaser fra hhv. Danisco og ananassaft. Vær opmærksom på alle "OBS" i forsøgsvejledningen, og brug handsker når der arbejdes med proteaserne.

Sikkerhed til laboratorieøvelserne

Brug beskyttelsesbriller og laboratoriekittel.

Forsøget **Effekten af xylanase** inkluderer enzymet xylanase. Brug handsker når enzymet håndteres. Vask omgående huden med vand og sæbe hvis xylanase kommer på huden. Vask efterfølgende huden med vand i få minutter. Skyld øjnene med øjenskyldervæske hvis xylanase kommer i øjnene.

Forsøget **Stivelse og effekten af amylase** inkluderer saltsyre og Lugols iodine, og enzymet α -amylase. Brug handsker når disse håndteres. Vask omgående huden med vand og sæbe hvis disse kommer på huden. Vask efterfølgende huden med vand i få minutter. Skyld øjnene med øjenskyldervæske hvis disse kommer i øjnene.

Forsøget **Gluten og effekten af protease** inkluderer enzymet protease. Brug handsker når protease håndteres. Vask omgående huden med vand og sæbe hvis protease kommer på huden. Vask efterfølgende huden med vand i få minutter. Skyld øjnene med øjenskyldervæske hvis protease kommer i øjnene.