

LÆRERVEJLEDNING

ØLBRYGNING

A- OG B-NIVEAU



Formål

At eleverne lærer om de kemiske og biologiske processer, der finder sted ved brygning af øl.

At eleverne bliver klogere på, hvordan et bryggeri løbende arbejder med udvikling og optimering af produkterne ved hjælp af kemi og biologi.

Fag

Bioteknologi A og/eller biologi og/eller kemi B

Indhold

Forløbet er inddelt i følgende emner:

- Gærcellers fermentering af glukose
- Opbygning af carbohydrater
- Enzymer herunder struktur, bindingslomme og temperaturafhængighed
- Gæringsprocesser
- Ølbrygning

Tidsforbrug

Ca. 17 moduler

Materialer

Materialet indeholder teori og opgaver om emnerne.

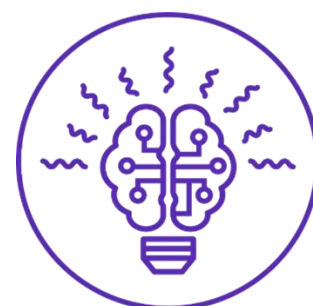
Besøg

Klassen skal besøge et bryggeri og se produktion af øl i stor skala.

INDHOLD

Kort om forløbet.....	2
Kort oversigt over undervisningsplan.....	3
Forslag til lektionsplan	4
Faglige mål og kernestof.....	9
Ansvarlighed – unge og alkohol	11

Materialet er udviklet af
Line Søndergaard Kallerup og Sidsel Maj Rønnegaard Revsbech,
Virum Gymnasium, Åben Virksomhed og



Kort om forløbet

Ølbrygning er et undervisningsforløb om de kemiske og biologiske processer, der finder sted ved brygning af øl, og som indeholder et virksomhedsbesøg hos et bryggeri. Gennem forløbet opnår gymnasieelever, der har bioteknologi på A-niveau og/eller kemi og/eller biologi på B-niveau en faglig viden, der indgår i læreplanerne for fagene. Samtidig opnår eleverne en almen viden om det private erhvervsliv og det samfund, de indgår i.

Undervisningsforløbet er udviklet af to lærere fra gymnasieverdenen, så undervisningen lever op til de faglige mål i lærerplanen. Undervisningsforløbet består af 12 moduler i klassen inden virksomhedsbesøget, et virksomhedsbesøg på ca. 1,5 time og efterfølgende 3 moduler i klassen, hvor eleverne arbejder videre med en afsluttende opgave, hvor de skal formidle deres viden om ølbrygning.

I materialet her finder du en kort oversigt over undervisningsplanen og forslag til indholdet i de enkelte moduler. Du kan som lærer udvælge og tilpasse stoffet i materialesamlingen efter klassens niveau og den tid, der er til rådighed, og de enkelte moduler kan læses uafhængigt af hinanden. Det er dog en forudsætning, at eleverne har kendskab til emnerne inden besøget.

Bagerst kan du se en oversigt over de faglige mål og kernestoffet, som materialet bidrager til at opfylde.

Inden du går i gang med forløbet, er det en god idé at kontakte virksomheden og få fastlagt en dato for besøget. Når besøget nærmer sig, kan I tales ved og forventningsafstemme besøgets indhold. Læs mere i arket *Forberedelse til besøg på bryggeri*.

Kort oversigt over undervisningsplan

Modulnr.	Indhold	Materialer
1	Intro til ølbrygning og de processer, der indgår	Biotech Academys undervisningsmateriale
2+3+4+5	Opbygning af carbohydrater	Biotech Academys undervisningsmateriale + Beerzymes. Øvelsesvejledninger
6+7	Processer før ølbrygningen, samt gær	Biotech Academys undervisningsmateriale
8	Gær	Beerzymes
9	Gæring	Biotech Academys undervisningsmateriale
10	Opsamling på opgaver og start af posterarbejde	Materialesamling – Eksperiment 3.
11+12	Ølbrygning i praksis	Materialesamling – Eksperiment 3.
13+14	BESØG PÅ BRYGGERI	
15	Ølbrygning afsluttes	
16	Arbejde med poster	
17	Fremlæggelser	

Forslag til lektionsplan

Nedenfor fremgår en forslag til en undervisningsplan, der er målrettet bioteknologi på A-niveau. For at tilpasse og gennemføre forløbet i kemi og biologi på B-niveau kan man udelade de skraverede dele. Tilsvarende gælder, hvis man blot ønsker at reducere antallet af moduler. Undervisningsplanen og tilhørende forberedelse er uddybet i materialesamlingen.

Da undervisningsforløbet tager udgangspunkt i [DTU Biotech Academys undervisningsmateriale, Ølbrygning](#), er der efter aftale med DTU en række links i undervisningsmaterialeerne til materialer på DTU Biotech Academys hjemmeside. Endvidere er der en del henvisninger til undervisningsmaterialer på beerzymes.dk/. Se flere links til supplerende materialer nedenfor ved de enkelte lektioner.

Der er tilknyttet videoer fra Biotech Academy – disse bruges som forberedelse til øvelserne, og er et supplement til øvelsesvejledningerne til forsøgene. Videomaterialet tilgås via link fra denne guide og kan desuden findes under området ”Forsøg” i Biotech Academys materiale om ølbrygning.

Bemærk, at længden af et modul varierer fra gymnasium til gymnasium. Her er den sat til 90 minutter. Til nogle af modulerne skal eleverne forberede sig forud for undervisningen i klassen.

Modul 1	Materialer
<p>Intro til ølbrygning og de processer, der indgår Elevernes forberedelse: Læse DTU Biotech Academys undervisningsmateriale: https://www.biotechacademy.dk/undervisning/gymnasiale-projekter/oel-verdens-foerste-svar-paa-anvendt-bioteknologi/#1510836432615-8d2d7495-a03ea297-8c82e247-89e3 Introduktion – Ølbrygning. Ølbrygningens historie i Danmark. Under Teori –fanen ”Oversigt”.</p> <p>I modulet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opgave 1: Gærcellers fermentering af glukose – databearbejdning. • Eksperimenter: Gær i ballon (kvalitativt) (Øvelse 1 i DTU Biotech Academys materiale under fanen ”FORSØG”). <p>Eksperiment 1: Gæring af sukker (kvantitativt) – hvis I vil springe denne del over, kan I i stedet benytte det vedhæftede datasæt. (Eksperimentet er beskrevet i Materialesamling til eleverne).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Udfylde laboratorieprotokol (skabelon til laboratorieprotokol er i Materialesamling til eleverne s. 29). 	Materialesamling s. 3-7.

Modul 2	Materialer
<p>Opbygning af carbohydrater Elevernes forberedelse: Læse Beerzymes side 17-19 https://beerzymes.dk/wp-content/uploads/2021/08/Beerzymes-undervisningsmateriale.pdf</p> <p>I modulet: Fokus på monosaccharider – herunder bindinger, funktionelle grupper og isomeri. Molekylbyggesæt anvendes til at kigge på R/S isomeri.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opgave 2: Stereoisomeri i α-D-glukose (anvendelse af Marvin Sketch). 	Materialesamling s. 8.

Modul 3	Materialer
<p>Opbygning af carbohydrater Elevernes forberedelse: Læse Beerzymes side 20-21 https://beerzymes.dk/wp-content/uploads/2021/08/Beerzymes-undervisningsmateriale.pdf</p> <p>I modulet: Fokus på disaccharider og polysaccharider – herunder glykosidbindinger, kondensationsreaktion og hydrolyse.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opgave 3: Kondensationsreaktion og hydrolyse (anvendelse af Marvin Sketch). 	Materialesamling s. 9-10.

Modul 4 og 5	Materialer
<p>Opbygning af carbohydrater Elevernes forberedelse: Læse øvelsesvejledning til Eksperiment 2: ”Påvisning af funktionelle grupper i carbohydrater”, i materialesamlingen s. 36 og lave flowchart over forsøgets forløb.</p> <p>I modulerne: I dette modul anbefales, at holdet deles, så der er ro på i laboratoriet (den ene halvdel af eleverne er i laboratoriet i Modul 4 og den anden halvdel i Modul 5).</p> <p>Fokus på funktionelle grupper. Færdiggøre opgave 1, 2 og 3. Eksperimenter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eksperiment 2 – Påvisning af funktionelle grupper i carbohydrater (se materialesamlingen s. 36). • Udfylde laboratorieprotokol (skabelon s. 29). 	Materialesamling s. 11.

Modul 6	Materialer
<p>Processer før ølbrygningen: Enzymer – herunder struktur, bindingslomme, temperaturafhængighed.</p> <p>Elevernes forberedelse:</p> <p>Læse DTU Biotech Academy: Under Teori –fanen ”Fra malt til urt”.</p> <p>Læse vejledningen til forsøg: ØVELSE 2: PÅVISNING AF SUKRASEAKTIVITET - Biotech Academy og se video: Gæren i øllet - sukraseaktivitet on Vimeo</p> <p>I modulet:</p> <p>Opgave 4 og opgave 5 – Bioinformatikopgaver:</p> <p>Disse opgaver kan man undlade at give til eleverne, hvis man arbejder med biologi på B-niveau. I stedet kan man som lærer lave en mere tekstnær gennemgang af lektionen og selv vise eleverne, hvordan man kan besvare opgave 4.</p> <p>Eksperimenter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fællesforsøg: Påvisning af sukraseaktivitet (Øvelse 2, evt. kombineret med Øvelse 3 – hvis I både vil gøre det på gær og sukker og på øl), • Udfylde laboratorieprotokol (skabelon s. 29) 	<p>Materialesamling s. 12-14.</p>

Modul 7	Materialer
<p>Processer før ølbrygningen samt gær: Livscyklus, overgær, undergær.</p> <p>Elevernes forberedelse:</p> <p>Læse DTU Biotech Academy: Under Teori –fanen ”Gærsvampe”.</p> <p>Læse vejledningen: ØVELSE 4: RENDYRKNING AF GÆR FRA UPASTEURISERET ØL - Biotech Academy og se videoen ”Gæren i øllet – renstrygning” Gæren i øllet - sukraseaktivitet on Vimeo</p> <p>I modulet:</p> <p>Eksperimenter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevforsøg: Gæren i øllet – renstrygning (dag 1). • Mikroskopi af gærceller – kvalitativt. • Udfylde laboratorieprotokol (skabelon s. 29). 	<p>Materialesamling s. 15.</p>

Modul 8	Materialer
<p>Gær: <i>Saccharomyces cerevisiae</i> og <i>Saccharomyces carlsbergensis</i>, MEL-gener.</p> <p>Elevernes forberedelse:</p> <p>Læse opsummerende skema for undergær og overgær i https://beerzymes.dk/wp-content/uploads/2021/08/Beerzymes-undervisningsmateriale.pdf side 35, Tabel 2.</p> <p>Læse artiklen ”Skål! Øllets historie står skrevet i gærs DNA” på Videnskab.dk.</p>	<p>Materialesamling s. 16-26.</p>

<p>I modulet: Se filmen "It all comes from beer" https://filmcentralen.dk/museum/danmark-paa-film/film/it-all-comes-beer</p> <p>Fortæl evt. eleverne historien fra Carlsberg om 1883 (link i bilag 1). Bemærk, at elever ifølge markedsføringsloven kun selv må bruge linket, hvis de er fyldt 18 år.</p> <p>Opgave 6 og opgave 7 – Bioinformatikopgaver: Disse opgaver kan man undlade at give til eleverne, hvis man arbejder med biologi på B-niveau. I stedet kan man starte timen med gennemgang af lab-protokollen og skemaet fra Beerzymes.</p> <p>Ekspirerter: <ul style="list-style-type: none"> • Elevforsøg: • Gæren i øllet – renstrygning (dag 2). • Udfylde laboratorieprotokol (Materialesamling s. 29). </p>	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Modul 9	Materialer
<p>Gæring: Nedbrydning af sukre, dannelse af alkohol, biprodukter, modning, tapning og kvalitet. Elevernes forberedelse: Læse DTU Biotech Academy: Teori "Gæring".</p> <p>I modulet: Ekspirerter: <ul style="list-style-type: none"> • Gæren i øllet – renstrygning (dag 3). • Udfylde laboratorieprotokol. </p>	<p>Materialesamling s. 27.</p>

Modul 10	Materialer
<p>Brainstorm i forhold til smag samt etiket til øl: Opsamling på opgaver og start af posterarbejde (se den afsluttende opgave i materialesamlingen s. 45). Elevernes forberedelse: Læse grundopskrift til ølbrygning grundigt igennem ("Eksperiment 3 – Bryg din egen ale" i materialesamlingen s. 41) og have færdiggjort alle laboratorieprotokoller fra de tidligere udførte eksperimenter.</p>	<p>Materialesamling s.28.</p>

Modul 11+12	Materialer
<p>Ølbrygning i praksis: Forberede besøg på bryggeri, posterarbejde. Elevernes Forberedelse: Repetere grundopskrift til ølbrygning ("Eksperiment 3 – Bryg din egen ale" i materialesamlingen s. 41).</p> <p>I modulet: <ul style="list-style-type: none"> • Ølbrygning igangsættes i dag. </p>	<p>Materialesamling s. 28.</p>

Modul 15 – Efter besøg på bryggeri	Materialer
<p>Ølbrygning i praksis Elevernes forberedelse: Posterarbejde – eleverne tilrettelægger selv deres forberedelse til dagens modul. De skal medbringe færdige etiketter til deres øl.</p> <p>I modulet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ølbrygning afsluttes i dag. 	

Modul 16	Materialer
<p>Arbejde med poster Eleverne skal udarbejde en poster, som samler op på forløbets områder, og som egner sig til præsentation for en lille gruppe af tilhørere i sidste modul – posteren skal meget gerne printes og hænges op, så det afholdes som en rigtig postersession.</p> <p>Posteren skal reflektere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • processerne i forbindelse med ølproduktion • forløbets eksperimentelle arbejde, som ikke er selve ølproduktion. Eleverne dokumenterer deres eksperimentelle arbejde ved figurer • visualisering af carbohydraternes opbygning med hensyn til isomeri, og hvorledes enzym-substratinteraktion foregår • egen ølproduktion – formidle efterbehandlingen til ølbrygningen, gerne under inddragelse af billeder fra arbejdet • ølproduktion på et bryggeri – herunder viden om, hvordan et bryggeri kan sørge for, at en øl er ens hver gang, den laves, og hvordan man sikrer sig en god kvalitet af øllet – hver gang <p>FN's verdensmål #12 og ølproduktion på bryggerier – perspektivere til udvikling af bæredygtig ølproduktion. Her kan I f.eks. inddrage det bryggeri, I har besøgt, men I kan også søge ny viden ved at kigge lidt nærmere på DTU Bryggerhus: https://bryghus.dtu.dk/</p>	<p>Materialiesamling s. 45.</p>

Modul 17	Materialer
<p>Posterpræsentation Posterpræsentationen kan evt. kombineres med ølsmagning. Det er dog en forudsætning, at ølsmagning kan foregå i overensstemmelse med de gældende retningslinjer og anbefalinger fra Danske Gymnasier om unges alkoholindtag.</p>	

Faglige mål og kernestof

Den faglige baggrundsviden, opgaveløsningen og virksomhedsbesøget bidrager til opfyldelse af en række faglige mål og dele af kernestoffet i læreplanen for bioteknologi på A-niveau (eller biologi og kemi på B-niveau på gymnasier, der ikke har bioteknologi) og understøtter samtidig karrierelæring. Nedenfor er indsat de faglige mål fra læreplanen for bioteknologi på A-niveau og biologi og kemi på b-niveau på STX, som undervisningsforløbet bidrager til. Undervisningsforløbet kan sagtens benyttes af andre gymnasiale uddannelser (f.eks. HTX), men for at begrænse omfanget af denne guide har vi her valgt kun at vise læreplaner for STX 2017.

Relevante faglige mål og kernestof fra læreplanen i **bioteknologi**

A-niveau

Faglige mål

- Anvende fagbegreber, fagsprog, relevante præsentationer og modeller til beskrivelse samt forklaring af iagttagelser.
- Tilrettelægge og udføre eksperimenter og undersøgelser under hensyntagen til laboratoriesikkerhed samt til risikomomenter ved arbejde med biologisk materiale.
- Bearbejde data fra kvalitative og kvantitative eksperimenter og undersøgelser samt dokumentere eksperimentelt arbejde hensigtsmæssigt.
- Analysere og diskutere eksperimentelle data med inddragelse af faglig teori, fejlkilder og usikkerhed.
- Gennemføre, vurdere og dokumentere beregninger.
- Anvende relevante matematiske repræsentationer, modeller og metoder til analyse og vurdering.
- Anvende digitale værktøjer, herunder fagspecifikke og matematiske, i en konkret faglig sammenhæng.
- Formulere sig struktureret såvel mundtligt som skriftligt og give sammenhængende faglige forklaringer.
- Anvende fagets viden og metoder til vurdering og perspektivering i forbindelse med teknologiske problemstillinger.

Kernestof

- Opbygning, egenskaber og biologisk funktion af carbohydrater – herunder kemiske bindingstyper, funktionelle grupper og isomeri i carbohydrater.
- Mængdeberegning i relation til reaktionsskemaer.
- Udvalgte reaktionstyper – kondensation og hydrolyse.
- Enzymatiske hovedklasser – opbygning og funktion.
- Bioinformatik med fokus på enzymer i gærcellerne – anvendelse af PDB, BLAST og Ugene.
- Biokemiske processer: Gæring.
- Mikrobiologi – herunder vækst, vækstmodeller og vækstoffaktorer.
- Eksperimentelle metoder: Celledyrkning, analyseblandinger til identifikation.

Supplerende stof:

- Anvendt bioteknologi
- Bæredygtig produktion af fødevarer

Relevante faglige mål og kernestof fra læreplanen i **biologi**

B-niveau

Faglige mål:

- Anvende fagbegreber, fagsprog, relevante repræsentationer og modeller til beskrivelse og forklaring af iagttagelser samt til analyse af enkle biologiske problemstillinger.
- Tilrettelægge og udføre eksperimenter og undersøgelser i laboratoriet og i felten under hensyntagen til sikkerhed samt til risikofaktorer ved arbejde med biologisk materiale.
- Bearbejde data fra kvalitative og kvantitative eksperimenter og undersøgelser samt dokumentere eksperimentelt arbejde hensigtsmæssigt.
- Anvende relevante matematiske repræsentationer, modeller og metoder til enkle beregninger, beskrivelse og analyse.
- Analysere og diskutere data fra eksperimenter og undersøgelser med inddragelse af faglig viden, fejlkilder, usikkerhed og biologisk variation.
- Anvende relevante digitale værktøjer, herunder matematiske, i en konkret faglig sammenhæng.
- Formulere sig såvel mundtligt som skriftligt om biologiske emner og give sammenhængende faglige forklaringer.
- Anvende fagets viden og metoder til vurdering og perspektivering i forbindelse med teknologiske samt miljømæssige problemstillinger.

Kernestof:

- Mikrobiologi: Vækst og vækstfaktorer.
- Makromolekyler: Opbygning og biologisk funktion af carbohydrater.
- Enzymer: Opbygning og funktion.
- Biokemiske processer: Gæring.

Supplerende stof:

- Bioteknologi
- Bæredygtighed

Relevante faglige mål og kernestof fra læreplanen i **kemi**

B-niveau

Faglige mål:

- Anvende fagbegreber, fagsprog, modeller og metoder til at beskrive og analysere kemiske problemstillinger.
- Relatere iagttagelser, modeller og symbolsprog til hinanden ved anvendelse af kemisk fagsprog.
- Gennemføre kvalitativt og kvantitativt eksperimentelt arbejde under hensyntagen til laboratoriesikkerhed.
- Indsamle, efterbehandle, analysere og vurdere iagttagelser og resultater fra eksperimentelt arbejde.
- Dokumentere eksperimentelt arbejde mundtligt og skriftligt, herunder sammenknytte teori og eksperimenter.
- Gennemføre og vurdere beregninger ved undersøgelser af simple kemiske problemstillinger.
- Anvende digitale værktøjer, herunder fagspecifikke, i en konkret faglig sammenhæng.

- Anvende relevante matematiske modeller, metoder og repræsentationsformer i behandling af kemiske problemstillinger.
- Formulere sig struktureret såvel mundtligt som skriftligt om kemiske emner og give sammenhængende faglige forklaringer.
- Anvende fagets viden og metoder til analyse, vurdering og perspektivering i forbindelse med teknologiske problemstillinger med kemisk indhold.

Kernestof:

- Kemisk fagsprog, herunder kemiske formler og reaktionsskemaer.
- Mængdeberegninger i relation til reaktionsskemaer.
- Kemiske bindingstyper – herunder også eksempler på struktur- og stereoisomeri.
- Organisk kemi og eksempler på makromolekyler: Opbygning, egenskaber og isomeri for carbohydrater samt opbygning af aldehyder og ketoner.
- Stofidentifikation ved kvalitative analyser.
- Organiske reaktionstyper: Kondensation og hydrolyse.
- Kvalitative eksperimentelle metoder – identifikation af forskellige funktionelle grupper ved brug af analyseblandinger.

Karrierelæring

Eleverne opnår gennem undervisningen viden om og erfaringer med fagets anvendelse, der modner deres evne til at reflektere over egne muligheder og træffe valg om egen fremtid i et studie-/karriereperspektiv samt et personligt perspektiv. På den måde bidrager forløbet også til deres karrierelæring, som skal indgå i undervisningen i gymnasiet.

Ansvarlighed – unge og alkohol

Brygning af øl er et rigtig godt eksempel på anvendt bioteknologi og indbefatter mange af de processer, som indgår i læreplanerne for fagene bioteknologi/biologi og kemi i gymnasiet. Endvidere findes der mange bryggerier i Danmark. DA Åben Virksomhed har valgt at lave dette undervisningsforløb om ølbrygning, der indeholder besøg på et bryggeri, for at give gymnasieelever i hele landet mulighed for at besøge en virksomhed, der arbejder med anvendt bioteknologi.

DA Åben Virksomhed bakker op om Sundhedsstyrelsens anbefalinger om, at unge under 16 år ikke skal drikke alkohol (link til Sundhedsstyrelsens anbefalinger i Bilag 2) og evt. supplerende retningslinjer fra Danske Gymnasier. Smagning af øl skal *ikke* være en forudsætning for, at eleverne kan gennemføre dette undervisningsforløb. Hvis læreren vælger at lade smagning af øl indgå i undervisningsforløbet, skal det kun gennemføres, hvis det er foreneligt med de gældende retningslinjer, og det skal altid være muligt for elever at sige nej tak.