

Glukødse



Indholdsfortegnelse

| | |
|---|---------|
| Forside..... | side 1 |
| Indholdsfortegnelse..... | side 2 |
| Projektresumé..... | side 3 |
| 3 | |
| Introduktion..... | side 4 |
| Problemstilling..... | side 4 |
| Madspildet i Danmark..... | side 4 |
| Forskellen på datomærkningerne..... | side 5 |
| Ser vi isoleret på kød..... | side 5 |
| Observation og motivation..... | side 5 |
| Problemformulering..... | side 5 |
| Afgrænsning og præcisering af problemformuleringen..... | side 5 |
| Teoretisk baggrund..... | side 6 |
| 6 | |
| Mikroorganismer..... | side 6 |
| Bakteriefloraen..... | side 7 |
| Selve fordærvelsesprocessen..... | side 7 |
| 7 | |
| Det vil sige..... | side 9 |
| Hypoteser..... | side 9 |
| Forsøgsdesign..... | side 9 |
| 9 | |
| Forsøg 1a og 1b..... | side 10 |
| Forsøg 2a og 2b..... | side 10 |
| Resultater..... | side 11 |
| 11 | |
| Analyse af data..... | side 17 |
| Ud fra resultaterne fra forsøg 1..... | side 17 |
| Ud fra resultaterne fra forsøg 2..... | side 18 |
| Ud fra mine sensoriske vurderinger..... | side 20 |
| Diskussion..... | side 20 |
| Glukosen..... | side 20 |
| Et tredje forsøg..... | side 21 |
| Perspektivering..... | side 21 |
| 21 Konklusion..... | side 21 |
| 21 | |
| Kildeliste..... | side 21 |
| Taksigelser..... | side 22 |
| 22 | |

Projektesumé

Jeg undrer mig over, hvordan vi i Danmark er meget fokuserede på at undgå madspild, men at vi samtidig smider en masse kød ud - som måske godt kunne spises? Jeg har sat mig for at undersøge, om der findes en metode, hvorpå man nemt og hurtigt kan måle og afgøre, om kød er for gammelt eller ej. Derfor er min problemformulering: Hvilke direkte målbare parametre kan afgøre, om fersk oksekød er friskt nok til at være egnet som fødevare for mennesker? Og er det muligt at finde en præcis grænseværdi herfor?

Jeg har fundet ud af, at der under kødets fordærvelsesproces bliver nedbrudt kulhydrater, protein og fedt - det vil sige, at niveauet af glukose, pH, nitrit og nitrat falder. Disse værdier har jeg derfor undersøgt.

Jeg har lavet to forsøg, som begge tager udgangspunkt i målinger af hakket ferskt oksekød under fordærvelsesprocessen. Forsøgene består hver især af to delforsøg (1a og 1b samt 2a og 2b), hvor 100 gram kød fra samme kødpakke udsættes for forskellige temperaturer på henholdsvis ca. 20° C og 5° C. I forsøg 1a og 1b målte jeg kødets indhold af glukose, pH, nitrit og nitrat henholdsvis hver anden time og en gang i døgnet samt lavede en sensorisk vurdering af kødet ved hver måling. Min hypotese var, at alle værdierne ville falde, men at det ville ske hurtigere i forsøg 1a end forsøg 1b. Det blev bekræftet. Resultaterne viser, at værdierne for nitrit, nitrat og pH falder, men udsvingene er for små til at være afgørende i forhold til vurderingen af kødets friskhed. Til gengæld ses en overraskende udvikling for glukosen, som starter med at stige, for derefter at falde. Det skyldes, at glykogen under fordærvelsesprocessen bliver nedbrudt til glukose, som igen nedbrydes til mælkesyre og videre til CO₂ og H₂O.

Jeg fandt dog ud af, at glukoseindholdet let kan variere alt afhængig af hvor i kødet, der måles. Derfor, og for at validere resultaterne fra forsøg 1, har jeg i forsøg 2 kun målt glukoseindholdet, men målt tre steder ved hver måling og konkluderet resultater ud fra en gennemsnitsværdi. Min hypotese var, at glukosen ville følge samme udvikling som i forsøg 1. Det blev bekræftet i forsøg 2a, hvor jeg har fået et detaljeret indblik i glukosens udvikling under kødets fordævelse. Til gengæld skete stigningen og faldet i glukose langt hurtigere end forventet i forsøg 2b, og udviklingen blev knapt så detaljeret. Det er formentlig fordi der ved slagtingen af dyret har været en høj koncentration af mælkesyre i musklerne på baggrund af stress.

På baggrund af mine forsøg og teoretiske baggrund herfor kan jeg konkludere, at glukoseindholdet i kødet med høj sandsynlighed kan vurdere, hvorvidt kød er spiseegnet eller ej. Dog har jeg ikke endnu fundet en præcis grænseværdi for, hvornår kødet ikke er spiseegnet længere, men det bør sagtens kunne lade sig gøre, hvis jeg finder ud af, hvor høj eller lav glukosen er, når bakteriefloraen er 100 millioner pr. gram kød.

Introduktion

Kan det virkelig passe, at vi i Danmark er meget fokuserede på at undgå madspild, men at vi samtidig smider en masse kød ud - som måske godt kunne spises? Det må der kunne findes en løsning på! Derfor har jeg sat mig for at undersøge, om der findes en metode, hvorpå man nemt og hurtigt kan måle og afgøre, om kød er for gammelt eller ej.

Problemstilling

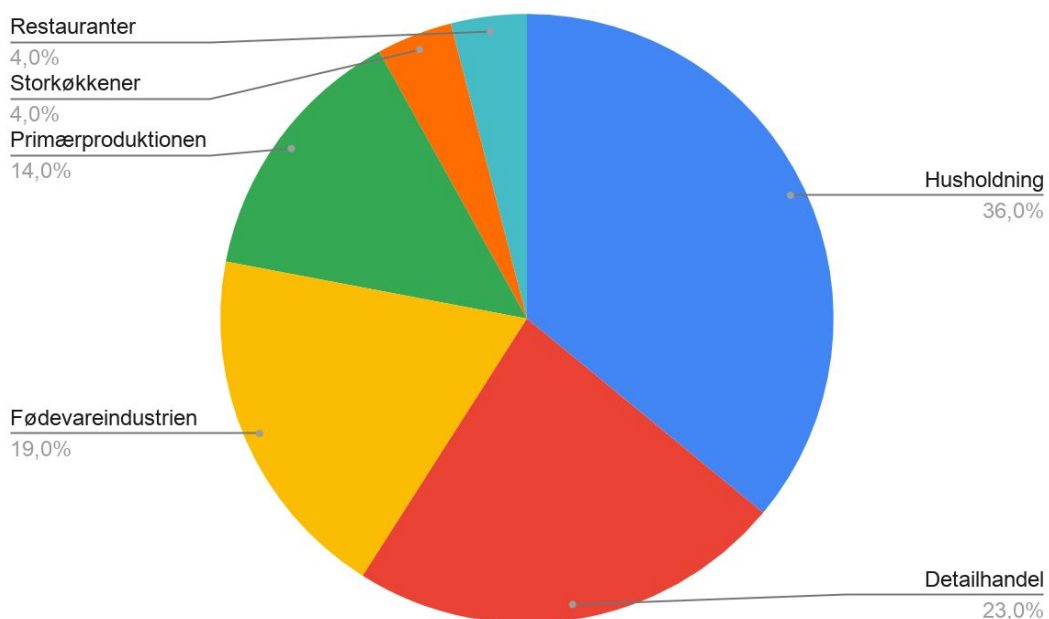
Alt for meget mad går til spilde i Danmark - og det er både skidt for miljøet og for pengepungen. Ifølge Miljøstyrelsen (baggrundskilde: 1) blev der i 2017 smidt 456 ton mad ud alene i de danske husholdninger. Heraf var 247 tons madspild, dvs. *fødevarer, der kunne være spist, men som er blevet smidt ud* (citeret kilde: 2). De resterende 209 ton var øvrigt madaffald, der defineres som de dele af fødevarerne, der ikke er egnet til at spise. (se tabel 1).

Tabel 1

| Madaffald fra danske husholdninger 2017 | antal i ton |
|---|-------------|
| Madspild | 247.000 |
| Øvrigt madaffald | 209.000 |
| Total | 456.000 |

Madspildet i Danmark er stigende. I alt smider vi hvert år over 700.000 ton mad ud, som kunne være spist (baggrundskilde: 3). På landsplan koster det os ca. 37,5 milliarder kroner årligt inklusiv moms og afgifter (baggrundskilde: 4). Husholdningernes madspild svarer til ca. 36 % af det årlige madspild i Danmark (baggrundskilde: 5). Derefter er det detailhandlen, som producerer mest madspild. Den står for 23 % af det danske madspild på et år. Herefter kommer fødevarerindustrien med 19 % (se diagram 1).

Diagram 1



Forskellen på datomærkningerne er vi danskere dårlige til at huske. Og når produktionen af mad som hakkebøffer, svinekoteletter og kyllingelår står for 14,5 % af den samlede menneskeskabte udledning af drivhusgasser i verden (baggrundskilde: 6), giver det ikke nogen mening at lade kødet gå til spilde! Desværre sker det ofte, at vi smider det ud alligevel pga. tallerkenrester eller af hygiejnemæssige årsager, når kødet er tæt på datomærkningens udløb - hvad enten der står *bedst før, mindst holdbar til* eller *sidste anvendelsesdato* på pakken. *Faktisk smider 42 % af danskerne en uåbnet vare ud, hvis den overskrider datoen for mindst holdbar til* (citeret kilde: 7). Derudover glemmer vi ofte, hvornår produkterne er åbnet og dermed hvor holdbart, det er.

Ser vi isoleret på kød, smider 15 % af forbrugerne kødrester ud 3 - 4 gange om ugen efter aftensmåltidet (citeret kilde: 8). Men på trods af at *34 % af danskerne er mest kedde af at smide kødrester ud frem for andre madrester* (citeret kilde: 8). Og eftersom 7 ud af 10 danskere gerne vil bidrage til at reducere madspildet i det danske samfund (baggrundskilde: 9), giver det god mening at undersøge, om forbrugerne i fremtiden selv ville kunne måle kødets holdbarhed.

Observation og motivation

Oplevelser i min egen familie omkring, hvorvidt kød og andre fødevarer kan spises efter datomærkningens udløb og under særlige forhold (fx efter nedfrysning) samt mediernes oplysning om madspild gav mig interessen for at undersøge, om det er muligt at finde en metode, hvorpå man kan teste, om kødet er spiseegnet eller ej. Personligt har jeg også en interesse for sundhed og bæredygtighed, som giver mig stor motivation for projektet.

Problemformulering

Hvilke målbare parametre kan afgøre, om fersk oksekød er friskt nok til at være egnet som fødevarer for mennesker? Og er det muligt at finde en præcis grænseværdi herfor?

Afgrænsning og præcisering af problemformuleringen

Med *målbare parametre* mener jeg en testtype, som hurtigt kan fortælle enhver, om kødet er friskt. Det vil sige at der fx ikke behøver at blive sendt kødprøver til et laboratorium eller blive dyrket bakteriekulture, for at afgøre friskheden.

Fersk oksekød kan være mange ting, så jeg har valgt at afgrænse det til fersk hakket oksekød, da det først og fremmest er en af de allermest solgte kødtyper i Danmark. Derudover gør den store overflade, at hakkekød rådner hurtigere end kød, som ikke er hakket. Det er hensigtsmæssigt i forhold til mine forsøg.

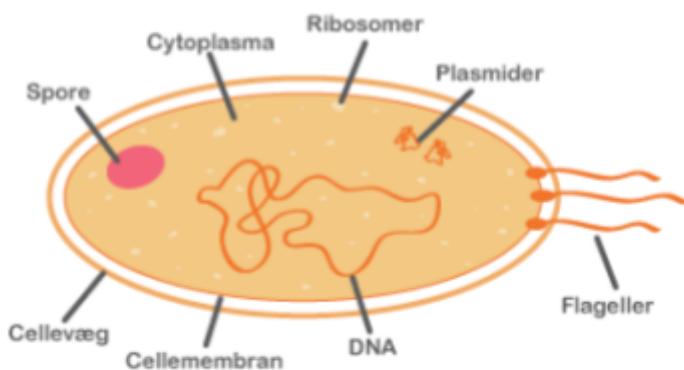
Når jeg skriver *egnet som fødevarer til mennesker* tænker jeg i forhold til friskheden af kødet - altså om kødet er friskt nok til det sundhedsmæssigt er forsvarligt for mennesker at indtage.

Teoretisk baggrund

“Fordærv af kød kan beskrives som sensoriske (fysiske) ændringer, der gør kødet uacceptabelt til føde. Ved fordærv af fersk kød (og forarbejdet kød) er grunden sædvanligvis mikrobiel aktivitet. Det er kødets indhold af vandopløselige, lavmolekylære nitrogenforbindelser (bl.a. kreatin, frie aminosyrer, peptider) og kulhydrater (hovedsageligt glukose, glykogen) sammen med det høje vandindhold, der giver mikroorganismene gode livsbetingelser.” (citeret kilde: 10).

Mikroorganismer er en fællesbetegnelse for små levende organismer som fx bakterier, vira, skimmelsvampe og gærsvampe. Mikroorganismer er opbygget meget simpelt (se model 1). Oftest består de kun af én celle, som både kan optage næringsstoffer, udskille affaldsstoffer og formere sig. De lever af organisk materiale og optager næringsstoffer fra deres omgivelser.

Model 1 (kilde: 11)

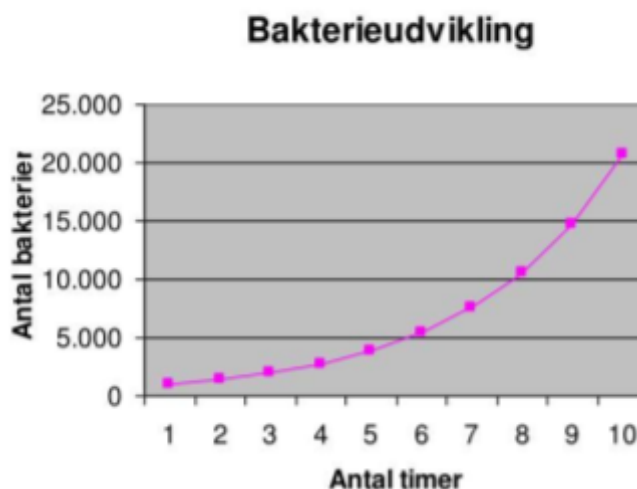


Bakterier (se model 1) er så små, at de kun kan ses gennem et mikroskop. Når de formerer sig, vokser der en væg midt i cellen, der til sidst gør, at den deler sig. Nogle bakterier danner sporer. En lille kugle, der kan ligge og vente på de rette omstændigheder, før den udvikler sig til en bakterie. Når bakterievæksten er på sit højeste kan antallet af bakterier fordobles på få timer (se graf 1).

De fleste bakterier foretrækker temperaturer mellem 20 - 40°C. Jo nærmere temperaturen kommer frysepunktet, jo langsommere er bakteriernes vækst. Ved 100°C dør langt de fleste bakterier og bakteriesporer.

Man kan dele bakterier op i tre kategorier: fordærvelsesbakterier (som jeg mest arbejder med), mælkesyrebakterier (der bl.a. naturligt flourer i tarmsystemet) og

Graf 1 (kilde: 12)



sygdomsfremkaldende bakterier (fx salmonella og campylobacter) (baggrundskilde: 14). Et eksempel på en fordærvelsesbakterie er Pseudomonas, som er en stavformet bakterie (baggrundskilde: 15) (se model 2).

Bakteriefloraen på kød afgør, hvor langt fordærvelsesprocessen er. Jo flere bakterier, der vokser i maden og nedbryder den, jo mere fordærvet bliver den nemlig. Men der kan imidlertid være ret så mange fordærvende bakterier i en madvare, uden at varen faktisk er fordærvet. *“I helt friskhakked kød kan der f.eks. godt være 10 millioner*

Model 2 (kilde: 13)



fordærvelsesbakterier pr. gram kød, uden at det går ud over smag, lugt eller kvalitet. Når der er over 100 millioner bakterier pr. gram kød, vil kvaliteten derimod være så dårlig, at kødet ikke er til at spise” (citeret kilde: 16). Den præcise grænseværdi for bakteriefloraen på fersk oksekød, Fødevarestyrelsen og Fødevareinstituttet på DTU bruger til at afgøre, hvorvidt kødet er for gammelt eller ej, er 100 millioner bakterier pr. gram kød. Hvis dyret var meget stresset, da det blev slagtet, vil glykogen niveauet i kødet være lavt og mælkesyrekoncentrationen høj. Det kan resultere i, at sådan et stykke kød kan være fordærvet allerede ved en bakterieflora på 10 millioner bakterier pr. gram kød (baggrundskilde: 17).

Selve fordærvelsesprocessen i kød kan groft deles op i tre faser: først nedbryder mikroorganismene kulhydraterne, dernæst kommer protein og til sidst fedt.

Fordærvelsesprocessen begynder, når kødet bliver slagtet og dermed holder op med at være sterilt, da det under udskæringen og pakningen ikke kan undgå at komme i kontakt med bakterier (baggrundskilde: 14).

Nedbrydningen af både kulhydrater, protein og fedt starter således på samme tid, men de slipper op på forskellige tidspunkter, da noget er lettere optageligt for mikroorganismene end andet.

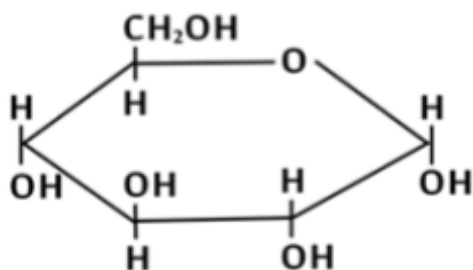
“Når bakterierne i kødet vokser, vil de i første omgang bruge kulhydraterne som energikilde. Dette vil kun i ekstreme tilfælde føre til væsentlig kvalitetsforringelser af kødet” (citeret kilde: 10). Smagen bliver dog allerede forringet lidt i den første fase af forrådnelsesprocessen, selvom kødet endnu ikke vil blive kategoriseret som råddent.

“Kød er karakteriseret ved at smage salt, umami, metallisk, blodigt og med en sødlig aroma. En af de kemiske reaktioner, som giver kødet dets særlige smag er maillard-reaktioner. De forløber mellem aminosyrer og reducerende sukkerarter, fx ribose, og danner en lang række forskellige produkter” (citeret kilde: 10) Kombinationen af disse danner en basis kødsmag, som er fælles for de fleste typer af kød. Det er også disse maillard-reaktioner, som gør kødet brunt under stegning. De forsvinder, når bakterierne æder kulhydraterne, som

maillardreaktionerne er afhængige af. Det resulterer i, at farve og smag kan ændre sig lidt i den første fase af fordævelsen af kød - inden kødet er sundhedsskadeligt at indtage (baggrundskilde: 18).

Typerne af kulhydrater, der findes i kød er hovedsageligt glykogen og glukose. Især glukose er letoptageligt for bakterierne, da det er et monosakkarid (se model 3).

Model 3 (kilde: 11)



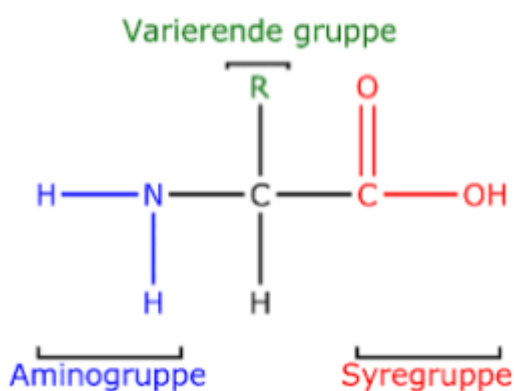
Glykogen og glukose er begge basiske kemiske forbindelser. Derfor er der en sammenhæng mellem pH og fordævelsen af kød, eftersom pH aftager, når kulhydraterne bliver nedbrudt. Det er fordi, at glykogen nedbrydes til mælkesyre, som er surt (har en lav pH-værdi).

pH-værdien siger altså noget om, hvor nedbrudt kødet er - hvor tæt bakterierne er på at bruge proteinerne og kødets kvalitet for alvor falder.

(baggrundskilde: 17). "Ved normalt glykogenindhold i den levende muskel og et normalt slut-pH i kødet efter slagting på omkring 5,5 vil der stadig være glykogen tilbage i kødet" (citeret kilde: 10).

"Fordærv og kraftig kvalitetsforringelse sker først, når fordævelsesbakterierne har opbrugt de letoptagelige kulhydrater og derfor begynder at bruge de lavmolekylære nitrogenforbindelser som energikilde" (citeret kilde: 10). Disse lavmolekylære nitrogenforbindelser er en del af opbygningen af proteiner (baggrundskilde: 17).

Model 4 (kilde: 11)



De sensoriske ændringer, der viser sig i denne fase, såsom ændringer i lugt, smag og udseende holder os fra at spise kødet (og rådden mad generelt).

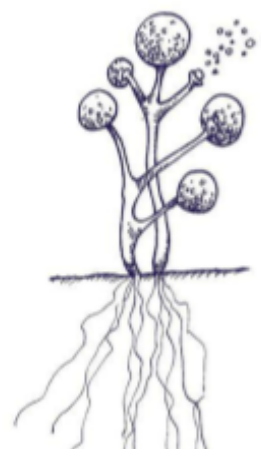
Når processen når så langt, at kun fedtet ikke er sluppet op, er kødet helt mørkt, da det ikke længere er iltet. Der kan også komme mug på kødet, fordi biprodukter fra bakterierne i kødet danner en slimet overflade derpå, hvilket giver

skimmelsvampe gode vækstbetingelser. (baggrundskilde: 19).

Skimmelsvampe er flercellede organismer, som består af hyfer, der er en slags tråde. Disse kan vokse ind i en fødevarer (se model 5).

De formerer sig med sporer, som spreder sig gennem luften. Så hvis først skimmelsvampen begynder at vokse ét sted på kødet, spreder det sig lynhurtigt. (baggrundskilde: 14).

Model 5 (kilde: 13)



Det er svært at sige præcis hvor lang tid fordærvelsesprocessen tager, da flere faktorer som temperatur, pakning, indhold af konserveringsmidler samt tidspunktet og måden dyret blev slagtet på har indflydelse på holdbarheden.

Det vil sige, at under fordærvelsesprocessen for kød bliver kulhydrater, protein og fedt nedbrudt - og derved vil niveauet af glukose, pH og nitrogen falde. I forsøgene måles nitrogen i form af nitrit og nitrat, da disse er to forskellige kemiske reaktioner mellem nitrogen og oxygen.

Forsøgsdesign

Jeg har lavet to forsøg (forsøg 1 og forsøg 2), som begge tager udgangspunkt i målinger af kød under fordærvelsesprocessen. Forsøgene består hver især af to delforsøg (forsøg 1a og 1b samt 2a og 2b). Mine forsøg tager udgangspunkt i fersk hakket oksekød, fordi den store overflade gør, at hakkekød fordæres hurtigere end kød, som ikke er hakket. Da forskellige bakterier har forskelligt vækstpotentiale under forskellige temperaturer, opstiller jeg de to dele af hvert af mine forsøg ved to varierende temperaturer, så jeg sikrer, at værdiernes udviklinger ikke varierer mellem de forskellige omstændigheder. De to kødprøver kommer fra samme pakke hakket oksekød, for at kødet har samme historik i forhold til slagtetidspunkt og -omstændigheder samt transport, opbevaring i supermarkedet og udløbsdato.

Materialerne jeg skal bruge er følgende:

- 200 gram hakket oksekød
- pH-strips
- vandanalyzesæt (måling af nitrit og nitrat)
- blodsukkerapparat
- køleskab
- beholder med låg

Forsøg 1a og 1b

Formålet er at undersøge, hvordan værdierne for pH, glukose, nitrit og nitrat ændrer sig under fordærvelsesprocessen, og om de gør det i en tilstrækkelig grad, så jeg kan måle det.

Forsøgsvejledningen ¹for 1a er:

- 1) Lad 100 gram hakket oksekød stå i en lukket beholder ved stuetemperatur (ca. 20° C).
- 2) Mål pH-værdien, glukose-, nitrit- og nitratindholdet hver anden time indtil kødet tydeligvis er fordærvet.

¹ Forsøgsvejledningen lavede jeg selv i samarbejde med Jens Kirk Andersen (seniorrådgiver hos DTU, Fødevareinstituttet).

- 3) Lav en sensorisk vurdering af kødet ved hver måling, hvor friskheden vurderes ud fra kødets lugt og udseende.

Forsøgsvejledningen for forsøg 1b er:

- 1) Lad 100 gram hakket oksekød stå i en lukket beholder i et køleskab ved 5° C.
- 2) Mål pH-værdien, glukose-, nitrit- og nitratindholdet en gang i døgnet indtil kødet tydeligvis er fordærvet.
- 3) Lav en sensorisk vurdering af kødet ved hver måling, hvor friskheden vurderes ud fra kødets lugt og udseende.

Forsøg 2a og 2b

Formålet er, at lave glukosemålinger, der kan give mig et detaljeret og pålideligt indblik i glukosens udvikling under fordærvelsesprocessen for fersk hakket oksekød. Derudover vil jeg undersøge, om fedtprocenten i kødet har indflydelse på udviklingen i glukose.

Forsøgsvejledningen for forsøg 2a er:

- 1) Lad 100 gram hakket oksekød stå i en lukket beholder ved stuetemperatur (ca. 20° C).
- 2) Mål glukoseindholdet hver anden time indtil kødet tydeligvis er fordærvet. Ved hver måling testes glukoseniveauet tre gange. Herefter findes gennemsnittet, som er den værdi, resultaterne konkluderes ud fra.
- 3) Lav en sensorisk vurdering af kødet ved hver måling, hvor friskheden vurderes ud fra kødets lugt og udseende.

Forsøgsvejledningen for forsøg 2b er:

- 1) Lad 100 gram hakket oksekød stå i en lukket beholder i et køleskab ved 5° C.
- 2) Mål glukoseindholdet en gang i døgnet indtil kødet tydeligvis er fordærvet. Ved hver måling testes glukoseniveauet tre gange. Herefter findes gennemsnittet, som er den værdi, resultaterne konkluderes ud fra.
- 3) Lav en sensorisk vurdering af kødet ved hver måling, hvor friskheden vurderes ud fra kødets lugt og udseende.

Jeg har vedhæftet to videoer, som viser, hvordan jeg har udført forsøgene.

Hypoteser

Min hypotese for forsøg 1a og 1b er, at alle fire værdier vil falde, efterhånden som kødet bliver nedbrudt. Jeg tror kun, det vil være et spørgsmål om timer, før det vil ske i kødet, som står ved stuetemperatur, hvorimod det måske vil ske inden for en eller to uger i køleskabet.

Min hypotese for forsøg 2a og 2b er lavet på baggrund af resultaterne fra forsøg 1. Jeg tror, at glukoseniveauet vil have samme udvikling som i forsøg 1, hvor den først stiger og derefter

falder. Det sker pga. omsætningen fra glykogen til glukose, der sker under nedbrydningen af kulhydrater (medfører stigningen), hvorefter glukosen vil blive omdannet til mælkesyre og videre til CO₂ og H₂O (medfører faldet).

Resultater

Herunder ses resultaterne fra forsøg 1a ved ca. 20° C. Kødet havde pakkedato den 14. januar 2020 og udløbsdato den 21. januar 2020. Forsøg 1a foregik fra den 18. til den 19. januar 2020. Fedtprocenten var 14 - 18% og forretningskæden var Coop.

Tabel 2

| Tid kødet har stået i stuetemperatur (ca. 20° C) | pH-værdi | Glukoseindhold | Nitratindhold | Nitritindhold |
|--|----------|----------------|---------------|---------------|
| 0 timer | 6 | 9,5 mmol/L | 10 mg/L | 0,05 mg/L |
| 2 timer | 6 | 9,0 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 4 timer | 5 | 9,2 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 6 timer | 5 | 10,2 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 8 timer | 5 | 11,2 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 10 timer | 5 | 10,4 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 12 timer | 5 | 8,6 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 14 timer | 5 | 10,0 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 16 timer | 5 | 9,8 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 18 timer | 5 | 8,5 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 20 timer | 5 | 7,1 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 22 timer | 5 | 3,6 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 24 timer | 5 | ikke målbar | 5 mg/L | 0,02 mg/L |

I tabellen herunder vises min egen subjektive sensoriske vurdering af kødets friskhed for forsøg 1a ved ca. 20° C.

Tabel 3

| Helt frisk | Rimelig friskt | Neutralt | Mindre friskt | Råddent |
|------------------|----------------|----------|---------------|---------|
| 0 timer (lækker) | | | | |

| | | | | |
|--------------------------------|--|--|---|---|
| duft, rødt og friskt udseende) | | | | |
| | 2 timer (mild sødlig duft, okay udseende). | | | |
| | | 4 timer (sur/sød lugt, kedeligt og lidt tørt udseende) | | |
| | | 6 timer | | |
| | | | 8 timer (stærkere sur/sød, let gæret lugt, få mørke grålige steder) | |
| | | | 10 timer | |
| | | | | 12 timer (skarp sur/sød stank, mørkere farve flere steder) |
| | | | | 14 timer |
| | | | | 16 timer |
| | | | | 18 timer |
| | | | | 20 timer (stank af vammel sødme og råddenskab, grålig overflade. |
| | | | | 22 timer |
| | | | | 24 timer - kraftig syrlig og sød fordærvet stank, gråbrunt og kedelig |

| | | | | |
|--|--|--|--|-----------------------------------|
| | | | | farve, nogle steder mat mørkerød. |
|--|--|--|--|-----------------------------------|

Herunder ses resultaterne fra forsøg 1b ved 5° C. Kødet, jeg brugte, var fra den samme kødpakke som kødet fra forsøg 1a ved ca. 20° C. Det vil sige at pakkedatoen var den 14. januar 2020 og udløbsdatoen var den 21. januar 2020. Forsøg 1b foregik fra den 17. til den 27. januar 2020. Fedtprocenten i kødet var 14 - 18 % og forretningskæden var Coop.

Tabel 4

| Tid kødet har stået i køleskab (5° C) | pH-værdi | Glukoseindhold | Nitratindhold | Nitritindhold |
|---------------------------------------|----------|----------------|---------------|---------------|
| 0 døgn | 6 | 8,0 mmol/L | 10 mg/L | 0,05 mg/L |
| 1 døgn | 6 | 9,9 mmol/L | 10 mg/L | 0,05 mg/L |
| 2 døgn | 5 | 10,2 mmol/L | 10 mg/L | 0,05 mg/L |
| 3 døgn | 5 | 10,6 mmol/L | 10 mg/L | 0,05 mg/L |
| 4 døgn | 5 | 10,8 mmol/L | 10 mg/L | 0,05 mg/L |
| 5 døgn | 5 | 9,7 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 6 døgn | 5 | 6,7 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 7 døgn | 5 | 2,1 mmol/L | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 8 døgn | 5 | ikke målbar | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 9 døgn | 5 | ikke målbar | 5 mg/L | 0,02 mg/L |
| 10 døgn | 5 | ikke målbar | 5 mg/L | 0,02 mg/L |

Herunder i tabellen ses min egen subjektive sensoriske vurdering af kødets friskhed for forsøg 1 ved 5° C.

Tabel 5

| Helt friskt | Rimelig friskt | Neutralt | Mindre friskt | Råddent |
|---|----------------|----------|---------------|---------|
| 0 døgn (lækker duft af sødme, salt og umami, rødt). | | | | |
| 1 døgn | | | | |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | 2 døgn (mild saltet duft, ikke længere fugtigt). | | | |
| | 3 døgn | | | |
| | | 4 døgn (syrlig lugt, kedeligt udseende). | | |
| | | | 5 døgn (sur og gærde lugt, nogle steder grå-brunt udseende). | |
| | | | 6 døgn. | |
| | | | | 7 døgn (kraftig, sur stank, flere steder brunt og gråt). |
| | | | | 8 døgn |
| | | | | 9 døgn |
| | | | | 10 døgn (meget kraftig skarp sur stank, mange steder gråt udseende). |

I tabel 6 ses mine resultater fra forsøg 2a ved 20° C. Det anvendte hakkede oksekøds pakkedato var den 7. februar 2020 og udløbsdatoen var den 14. februar 2020. Forsøg 2a blev foretaget den 10. og 11. februar 2020. Kødets fedtprocent var 4 - 7% og forretningskæden var Coop.

Tabel 6

| Tid kødet har stået i stuetemperatur (ca. 20° C) | Glukosemåling 1 | Glukosemåling 2 | Glukosemåling 3 | Gennemsnitsværdi |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 0 timer | 8,8 mmol/L | 8,5 mmol/L | 8,5 mmol/L | 8,6 mmol/L |
| 2 timer | 8,6 mmol/L | 8,6 mmol/L | 8,4 mmol/L | 8,5 mmol/L |

| | | | | |
|----------|-------------|-------------|-------------|------------|
| 4 timer | 8,4 mmol/L | 8,3 mmol/L | 8,6 mmol/L | 8,4 mmol/L |
| 6 timer | 8,9 mmol/L | 8,6 mmol/L | 9,2 mmol/L | 8,9 mmol/L |
| 8 timer | 9,2 mmol/L | 9,3 mmol/L | 9,4 mmol/L | 9,3 mmol/L |
| 10 timer | 8,8 mmol/L | 9,7 mmol/L | 10,7 mmol/L | 9,7 mmol/L |
| 12 timer | 8,8 mmol/L | 8,6 mmol/L | 8,7 mmol/L | 8,7 mmol/L |
| 14 timer | 7,8 mmol/L | 8,0 mmol/L | 6,4 mmol/L | 7,4 mmol/L |
| 16 timer | 6,3 mmol/L | 3,6 mmol/L | 5,1 mmol/L | 5,0 mmol/L |
| 18 timer | 2,7 mmol/L | 3,2 mmol/L | 1,5 mmol/L | 2,5 mmol/L |
| 20 timer | 1,4 mmol/L | 1,7 mmol/L | 1,6 mmol/L | 1,6 mmol/L |
| 22 timer | ikke målbar | ikke målbar | ikke målbar | 0 mmol/L |
| 24 timer | ikke målbar | ikke målbar | ikke målbar | 0 mmol/L |

I tabellen herunder ses min egen subjektive sensoriske vurdering af kødets friskhed for forsøg 2a ved ca. 20° C.

Tablet 7

| Helt friskt | Rimelig friskt | Neutralt | Mindre friskt | Råddent |
|---|---|--|--|----------------|
| 0 timer (frisk, lækker, saltet duft, lys rød farve, "let" udseende) | | | | |
| | 2 timer (syrlig lugt, mat, rødt udseende) | | | |
| | | 4 timer (let sur/sød lugt, mørkerød farve) | | |
| | | | 6 timer (sur/sød lugt, mørkerød og brune plamager) | |
| | | | 8 timer | |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| | | | | 10 timer (mørkerød farve, glinsende overflade, kraftigere sur/sød lugt) |
| | | | | 12 timer |
| | | | | 14 timer |
| | | | | 15 timer |
| | | | | 16 timer |
| | | | | 18 timer |
| | | | | 20 timer |
| | | | | 22 timer |
| | | | | 24 timer (kraftig sur/sød stank, mørkerød farve med mange brunlige/grålige områder) |

Herunder ses resultaterne fra forsøg 2b ved 5° C. Kødet jeg anvendte var fra den samme kødpakke som kødet fra forsøg 2a ved 20° C. Pakkedatoen var således den 7. februar 2020 og udløbsdatoen var den 14. februar 2020. Forsøg 2a foregik fra den 10. til den 15. januar 2020. Fedtprocenten i kødet var 4 - 7% og forretningskæden var Coop.

Tabel 8

| Tid kødet har stået i køleskab (5° C) | Glukosemåling 1 | Glukosemåling 2 | Glukosemåling 3 | Gennemsnitsværdi |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 0 døgn | 8,2 mmol/L | 8,7 mmol/L | 8,6 mmol/L | 8,5 mmol/L |
| 1 døgn | 8,7 mmol/L | 9,3 mmol/L | 9,1 mmol/L | 9,0 mmol/L |
| 2 døgn | 7,4 mmol/L | 8,2 mmol/L | 8,3 mmol/L | 8,0 mmol/L |
| 3 døgn | 2,7 mmol/L | 2,7 mmol/L | 2,6 mmol/L | 2,7 mmol/L |
| 4 døgn | ikke målbar | ikke målbar | ikke målbar | 0 mmol/L |
| 5 døgn | ikke målbar | ikke målbar | ikke målbar | 0 mmol/L |

I tabel 9 herunder vises min egen subjektive sensoriske vurdering af kødets friskhed for forsøg 2b ved 5° C.

Tabel 9

| Helt friskt | Rimelig friskt | Neutralt | Mindre friskt | Råddent |
|--|--|-----------------------|--|---------|
| 0 døgn (mild, syrlig lækker duft, lys rødt udseende) | | | | |
| 1 døgn | | | | |
| | 2 døgn (mild skarp sødlig lugt, mørkere rød, men appetitlig farve) | | | |
| | | 3 døgn (sur/sød lugt) | | |
| | | 4 døgn | | |
| | | | 5 døgn (sur/sød lugt, enkelte grålige/brunlige steder) | |

Analyse af data

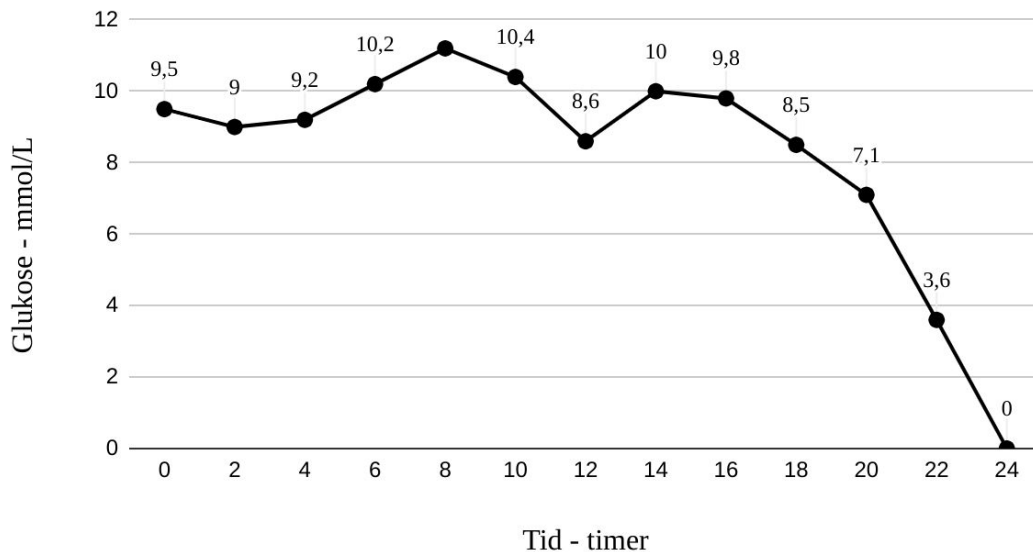
Ud fra resultaterne fra forsøg 1a og 1b kan jeg konkludere, at værdierne for nitrit, nitrat og pH alle falder, som jeg forventede. Men der er tale om så små udsving, at de ikke kan være afgørende i forhold til bedømmelsen af kødets friskhed. Derudover vurderes resultaterne for både nitrit, nitrat og pH ud fra farveskalaer (i hvert fald med de målemetoder jeg har brugt og som er tilgængelige for almindelige mennesker). Altså afhænger udfaldene af subjektive vurderinger, som let kan være forskellige fra person til person, når variationerne er så små, som de er.

Glukosen stiger derimod, for derefter at falde. Udfaldet stemmer derfor ikke helt overens med min hypotese. Efterfølgende har jeg læst en videnskabelig artikel om ændringer i kyllingekød efter slagting (baggrundskilde: 20), som peger på, at denne udvikling i glukosen skyldes omsætningen af glykogen til glukose og derefter nedbrydningen af glukosen. Kulhydrat opbevares nemlig i muskulaturen i form af glykogen. Det vil under fordærvelsesprocessen blive nedbrudt til glukose, som igen nedbrydes til mælkesyre og videre til CO₂ og H₂O.

Da blodsuktermåleren giver en indiskutabel, objektiv værdi og der ses et tydeligt mønster for værdiens udvikling under fordævelsesprocessen, vurderer jeg, at glukosen er den rette værdi at gå videre med i min søgen efter en præcis grænseværdi for, hvornår kød er egnet som fødevarer til mennesker.

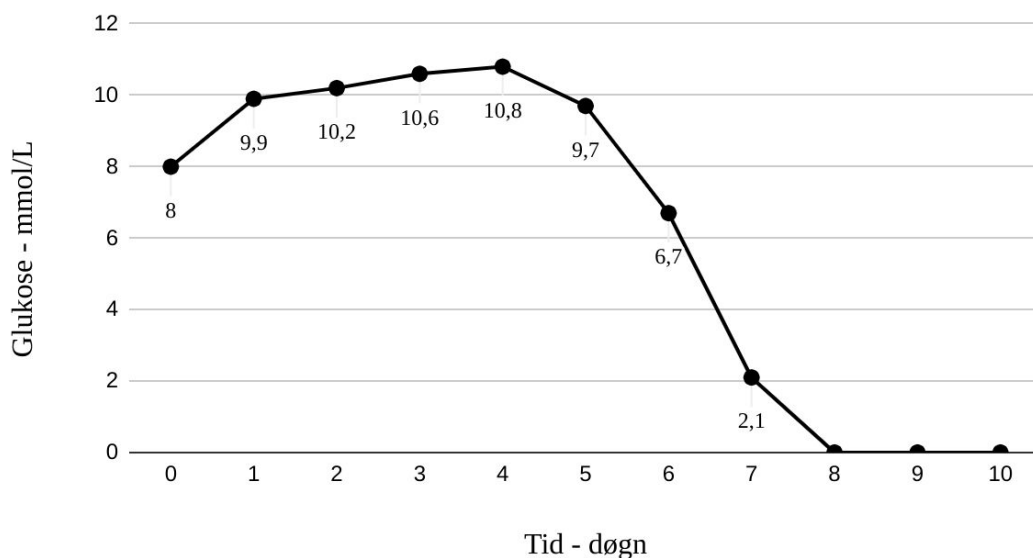
Graf 2

Udvikling i glukose ved ca. 20° C (forsøg 1)



Graf 3

Udvikling i glukose ved 5° C (forsøg 1)

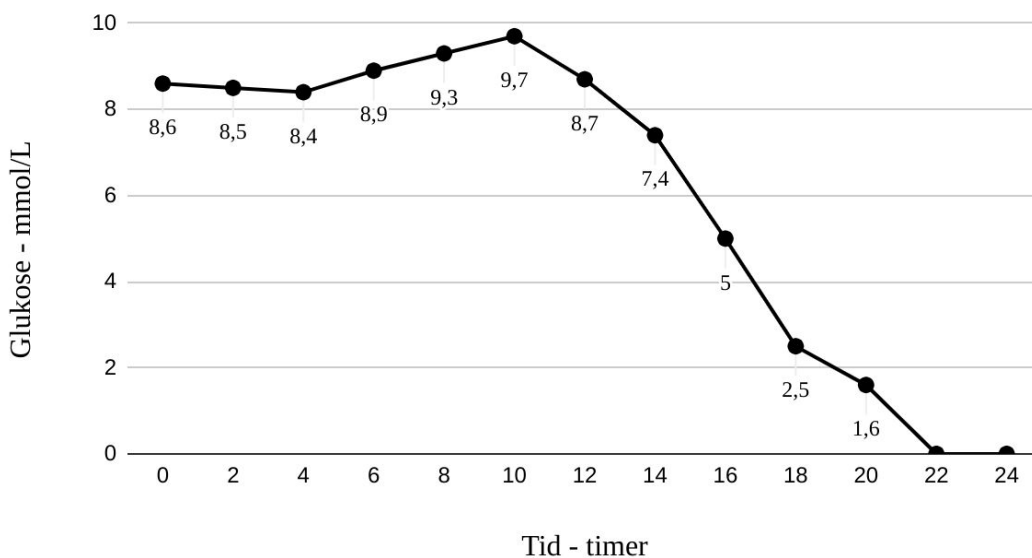


Ud fra resultaterne fra forsøg 2a ved 20° C konkluderer jeg, at resultaterne stemmer overens med min hypotese om en stigning og derefter et fald. På baggrund af målingerne har jeg lavet en graf (se graf 4), som giver et forholdsvist detaljeret indblik i glukosens udvikling

Ved forsøg 2b ved 5° C, ser glucosekurven også ud som forventet, men det sker langt hurtigere end det burde. Det kan skyldes forkert opbevaring inden salg eller at dyret har været stresset ved slagtningen, hvilket har medført at fordærvelsesprocessen skrider hurtigt frem, fordi meget glykogen og glukose allerede er omsat til mælkesyre. Jeg valgte at variere fedtprocenten mellem forsøg 1 og forsøg 2 for, at sikre mig, at denne ikke påvirker glukosens udvikling. Det kan jeg konkludere, at fedtprocenten formentlig ikke gør. Glukoseindholdet i kødet kan altså med høj sandsynlighed vurdere, hvornår kød er fordæret, hvis jeg finder ud af, hvor høj eller lav glukosen er, når bakteriefloraen er 100 millioner pr. gram kød. Men spørgsmålet er, om metoden er sikker nok...

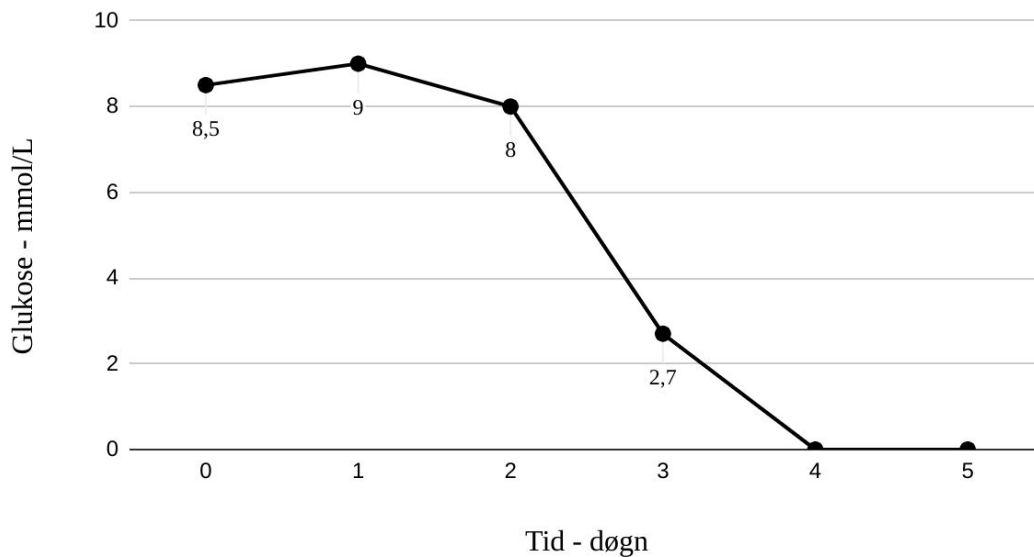
Graf 4

Udvikling i glukose ved ca. 20° C (forsøg 2)



Graf 5

Udvikling i glukose ved 5° C (forsøg 2)



Ud fra mine sensoriske vurderinger kan jeg konkludere, at det er utrolig svært at vurdere kødets friskhed. Oftest har jeg været meget i tvivl om, i hvilken beskrivelse, der passede på kødets givne stadie, og derfor vil vurderingerne også let kunne variere fra person til person. Men i hvert fald kan jeg ved hjælp af vurderingerne vide mig sikker på, at hvis glukosen er så lav, at den ikke er målbar, er kødet råddent. Men lige præcis hvor grænsen går for, om det er friskt eller ej, er utrolig svært at sætte en finger på. Hos forsøg 1b og 2b ved køleskabstemperatur tyder det, ud fra mine sensoriske vurderinger af kødet, på, at glukoseindholdet er lavt, men stadig målbart, når kødet ikke længere er spiseegnet. Omvendt indikerer vurderingerne for kødet ved stuetemperatur i begge delforsøg (1a og 2a), at kødet bliver uegnet som fødevarer omkring det tidspunkt, hvor glukoseindholdet er på sit højeste. På den ene side gør usikkerhederne mine vurderinger vanskeligere at anvende, men på den anden side er det jo netop motivationen for projektet; at køds friskhed er svært at vurdere.

Diskussion

Når jeg forholder mig til mine forsøgsresultater, lægger jeg mærke til fejlkilderne hos forsøg 1a og 1b, som indebærer, at der er usikkerheder i forhold til værdierne. Først og fremmest er målingerne for pH, nitrit og nitrat baseret på mine egne subjektive vurderinger. Som tidligere nævnt, har jeg fravalgt at gå videre med disse værdier, fordi udfaldende formentlig vil variere, hvis forskellige personer vurderede dem. Selv for den samme person vil farverne, som resultaterne afhænger af, se vidt forskellige ud bare under forskellig lysstyrke og -tone. Ved forsøg 2 stemte min hypotese overens med forsøg 2a, men kun til dels med forsøg 2b, i og med at udviklingen gik langt hurtigere end forventet. Især mellem døgn 2 og 3, hvor gennemsnitsværdien faldt med 5,3 mmol/L, skilte grafen sig ud fra de tre andre. Jeg formoder, udviklingen skyldes forkert opbevaring eller transport fx ved for høje temperaturer, inden jeg købte kødet. En anden mulig årsag til udviklingen kan være, at dyret har været

meget stresset, da det skulle slagtes. Det har medført, at glykogen- og glukoseniveauet har været lavt, og mælkekoncentrationen høj. Derfor går fordærvelsesprocessen hurtig, og kødet vil måske allerede være fordærvet ved 10 millioner bakterier pr. gram kød, frem for 100 millioner (baggrundskilde: 17).

Glukosen var der også usikkerhed omkring under forsøg 1. For selv om blodsuktermåleren, som jeg har brugt til at måle glukoseværdierne, viser præcise indiskutable værdier, opdagede jeg under forsøg 1, at disse kan variere indtil flere mmol/L alt afhængig af hvor i kødet, man måler. Det kan have noget at gøre med, at hakket oksekød (og kød generelt) ikke er en homogen masse. Nogle steder vil der være et større indhold af eksempelvis fedt, protein eller glukose. Derudover vil kødet formentlig også holde sig lidt bedre i midten frem for ude i siderne, hvorfor jeg også under forsøgene har set forskel på farve og tørhed mellem disse steder. Derfor valgte jeg at gentage forsøg 1 (forsøg 2a og 2b), denne gang kun med glukosemålinger. Ved hver måling tog jeg tre forskellige målinger, hvorefter jeg fandt gennemsnitsværdien, som jeg baserer resultaterne på. For at være sikker på, at jeg kan stole på målingerne fra blodsuktermåleren, har jeg været i kontakt med CONTOUR, hvor min blodsuktermåler er fra. De vil ikke garantere noget, da deres blodsuktermålere jo ikke er egnede til at måle glukose i kødsaft, men de gik stærkt ud fra, at blodsuktermåleren også ville kunne måle glukoseindholdet i andre væsker end blod. På baggrund af dette vurderer jeg, at resultaterne er tilstrækkeligt valide.

Et tredje forsøg, hvor jeg forhåbentlig kan komme tættere på en præcis grænseværdi for, hvornår hakket oksekød ikke er spiseegnet, vil jeg udføre, hvis jeg går videre til semifinalen. Jeg vil måle glukosens værdi og samtidig lave en dyrkning af bakteriekulturen af en kødsaftprøve, for at bestemme antal bakterier pr. gram kød. På den måde vil jeg forsøge at finde ud af, hvor høj eller lav glukoseindholdet er, når bakteriefloraen er 100 millioner pr. gram kød (hvor kød pr. definition er fordærvet (baggrundskilde: 17)). Jeg vil undersøge, om denne eventuelle glukoseværdi er pålidelig nok til at afgøre, om kødet er fordærvet.

Perspektivering

Hvis det lykkes mig at finde frem til en præcis grænseværdi for hvornår kødet ikke er spiseegnet, kan metoden mindske madspild en hel del. Potentielt vil den kunne spare kloden og klimaet den enorme mængde CO₂ og andre drivhusgasser, der udledes i forbindelse med overproduktion af kød, hvis metoden blev brugt i stor skala vel at mærke. Derudover vil min metode kunne spare penge hos den enkelte forbruger i og med, at det ikke er nødvendigt at købe en ny pakke kød til aftensmaden, hvis den "gamle" i køleskabet faktisk sagtens kan spises. Ved hjælp af min metode vil man også kunne øge den enkelte forbrugers sundhed, da man helt vil kunne undgå at spise kød, som er for gammelt og dermed kan føre til sygdom. På længere sigt vil det være en naturlig forlængelse af projektet at undersøge, hvorvidt min metode også vil kunne indikere, hvornår andre typer kød ikke længere er spiseegnet.

Konklusion

På baggrund af mine forsøg og teoretiske baggrund herfor kan jeg konkludere, at glukoseindholdet i kødet med høj sandsynlighed kan indikere, hvorvidt kød er spiseegnet eller ej. Her ses et tydeligt mønster i udviklingen, hvor glukosen stiger, for derefter at falde pga. omsætningen af glykogen til glukose og derefter nedbrydningen af glukosen. Dog har jeg ikke endnu fundet en præcis grænseværdi for, hvornår kødet ikke er spiseegnet længere, men det bør kunne lade sig gøre, hvis jeg finder ud af, hvor høj eller lav glukosen er, når bakteriefloraen er 100 millioner pr. gram kød.

Kildeliste

- 1 = Kortlægning af sammensætningen af dagrenovation og kildesorteret organisk affald fra husholdninger 2017, Miljøstyrelsen
- 2 = Kortlægning af madaffald i servicesektoren - Detailhandel, restauranter og storkøkkener 2014, Miljøstyrelsen
- 3 = Regeringens Strategi for affaldsforebyggelse ”Danmark uden affald II” 2015, Miljøministeriet
- 4 = Landbrug & Fødevarer 2016
- 5 = Food waste prevention in Denmark - Identification of hotspots and potentials with Life Cycle Assessment 2017, Miljøstyrelsen
- 6 = Landbrug og Fødevarer, 2013
- 7 = YouGov for Søndagsavisen 2014
- 8 = Markedsanalyse om danskernes madspild af forskellige fødevarer 2013, Landbrug & Fødevarer og Stop Spild Af Mad
- 9 = FoodCulture og Landbrug & Fødevarer 2014
- 10 = Hygiejniske kvaliteter, Fødevarer og kvalitet - råvarer og forarbejdning (bog)
- 11 = Biotech academy
- 12 = Himmelev Gymnasium 2014
- 13 = Pseudomonas infections: What to know, Medical news today 2018
- 14 = Mikroorganismer i fødevarer, Fødevarestyrelsen 2013
- 15 = De gode, de onde og de grusomme bakterier, Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser 2000
- 16 = Mug, råd og bakterier i maden: Hvornår er det uskadeligt, og hvornår er det skadeligt?, Samvirke 2019
- 17 = Jens Kirk Andersen, seniorrådgiver på DTU Fødevareinstituttet
- 18 = HVORFOR BLIVER FRUGTEN BRUN OG KØDET GRÅT?, KVL 2005
- 19 = Hygiejne og madlavning, Fødevarestyrelsen 2009
- 20 = Post-slaughter changes in ATP metabolites, reducing and phosphorylated sugars in chicken meat, Meat Science 2013

Taksigelse

Tusind tak til seniorrådgiver på DTU Fødevareinstituttet Jens Kirk Andersen, min lærer og talentvejleder Mette Dam Jørgensen samt engagerede og hjælpsomme forældre og venner.