



# Tordenværets påvirkning på melkens pH-verdi

*Forfatter: Erik Andreas Johansson, Kuben videregående skole*

I denne forskningsartikkelen undersøkes det om elektrisk utladning i en tordenstorm kan surne melk. Det benyttes to modellsystemer i dette forskningsarbeidet. Ved den første metoden brukes en van der Graaff generator som genererer et elektrisk felt som simulerer det elektriske feltet som oppstår mellom jorda og atmosfæren i en tordenstorm. Ved den andre metoden gjennomføres elektrolyse av melk som skal simulere elektriske punktutladninger til melken. Observasjoner ved elektrolysen indikerer en mulig forandring i melkens struktur. Samtidig indikerer målinger av surhetsgraden i melken at elektrisiteten i en tordenstorm ikke har innvirkning på pH-verdien i melken, eller at endringen i pH er for liten til å kunne måles med det valgte indikasjonsapparatet. Grunnet stor usikkerhet rundt årsaken for observasjonene, og spørsmål ved troverdigheten til forsøksmetodene, kan det ikke gjøres noen direkte konklusjon om hvorvidt tordenværet påvirker melkens pH-verdi.

## INNLEDNING

Tordenkaffe er et gammelt Nordeuropeisk uttrykk med opphav i skikken hvor man samlet seg for å drikke kaffe med melk ved en tordenstorm. (Illustrert Vitenskap, 2009) Årsaken til denne skikken var at man måtte holde seg våken i tilfelle lynet skulle slå ned og at melken skulle brukes opp før den surnet på grunn av været. I dette forskningsprosjektet undersøkes det om et elektrisk felt vil påvirke surhetsgraden i melk og hvordan surhetsgraden i melk vil forandres ved elektrolyse. Forskningsspørsmålet som ledet til undersøkelsene som gjøres i dette forskningsarbeidet er: «Vil den elektriske utvekslingen mellom atmosfæren og bakken påvirke surheten i melk?». Siden tordenvær er et ukontrollert naturfenomen vil et elektrisk felt som rekonstrueres på laboratoriet og elektrolyse av melk være utgangspunktet for forskningen i artikkelen. Min hypotese er at melken sin surhetsgrad ikke vil påvirkes av strømmen fra det elektriske feltet eller elektrolysen. Min resonnering rundt dette er at laktosen i melken ikke vil spaltes av elektrisitet alene, og at bakteriebestanden i melken ikke vil surne melken noe raskere på grunn av den elektriske strømmen.

## TEORI

### Melk

Melk er en emulsjon av fett og vann, som holdes sammen av kasein miceller. Dette skjer ved at den hydrofile regionen til micellene binder seg med vannet og den hydrofobe regionen binder seg med fett i melken. (Unit 3 FS/ANS ved NCSU, Udatert) Melk inneholder også oppløste salter og sukker i form av ioner (Melk, 2016) Sukkeret i melken har trivialnavnet melkesukker, men har det kjemiske navnet Laktose. Laktosen i melken er god næring for diverse melkesyrebakterier som finnes naturlig i melken og som tilføres utenfra.

Laktosen er altså med på å tilrettelegge gode forhold for bakterievekst. Melkesyrebakteriene spalter laktosen i melken og melken surner (Tøjum & Børve, 2014). Som et resultat av den synkende pH-en vil de fosforholdige kasein micellene ødelegges og kaseinet i melken koagulere. Dette skjer ved en pH-verdi på omtrent 4.6 (Milk Facts, Udatert) (Unit 3 FS/ANS ved NCSU, Udatert). Fra start er søtmelken nesten nøytral med en pH-verdi på 6,7 (Opplysningskontoret for melk og meieriprodukter, 2012). I tillegg til å spalte laktosen i melken står forringende mikroorganismer i melken for ødeleggelse av protein, fett og karbohydrater i melken, noe som kan forårsake misfarging og forandring i smak og lukt (Unit 3 FS/ANS ved NCSU, Udatert).

### Tordenvær og strømveksling

Tordenskyer vil gjerne formes i fuktig luftrom. Her er lufta vertikalt mer ustabil enn ellers, og det vil forekomme kraftige luftstrømninger langs denne aksene. Luftstrømmene vil fordele ladningene i lufta slik at majoriteten av de positive ladningene i skyen trekkes oppover og de negative ladningene trekkes nedover. Dette vil skape en forskyvning av ladning i bakken under skyen. Fordelingen av ladningene både i skyen og i bakken vil skape et sterkt elektrisk felt. I en tordenstorm foregår det utladninger mellom atmosfæren og bakken i form av punktutladninger som er små usynlige utladninger fra det elektriske feltet til materie på jorden. Denne typen utladning står for det meste av strømvekslingen mellom jorda og atmosfæren. En annen form for utladning er også lynnedslag som vil ha en strømveksling som er 20 000 ganger større enn en punktutladning, men som ikke teller noe særlig når vi ser på total strømveksling (Cappelen Damm, Udatert).

### Elektrolyse

Ved elektrolyse reverseres spontane kjemiske redoksreaksjoner ved å tilføre en ytre strømkilde. En elektrolysecelle som er koblet til en likespenningskilde vil derfor overføre elektroner fra anoden til katoden ved at det skjer en reduksjon ved katoden og oksidasjon ved anoden. I elektrolyse av vannløsninger av salter kan både vannmolekylene og saltionene oksideres eller reduseres avhengig av hvilken reaksjon som vil gi det minste negative cellepotensialet (Brandt & Hushovd, 2014).

### METODE

To ulike undersøkelsesmetoder ble benyttet. Den første undersøkelsesmetoden er å eksponere en gitt mengde melk for et kontrollert elektrisk felt over en bestemt tid. Den andre metoden er å sette elektrolyse på melken. Resonneringen for den andre forsøksmetoden er at punktutladningene i en tordenstorm står for majoriteten av strømvekslingen i en tordenstorm og muligens kan lades ut til melken. Universal pH-papir ble benyttet for å måle surhetsgraden i melken i begge forsøksmetodene. Målingene gjøres før og etter forsøket.

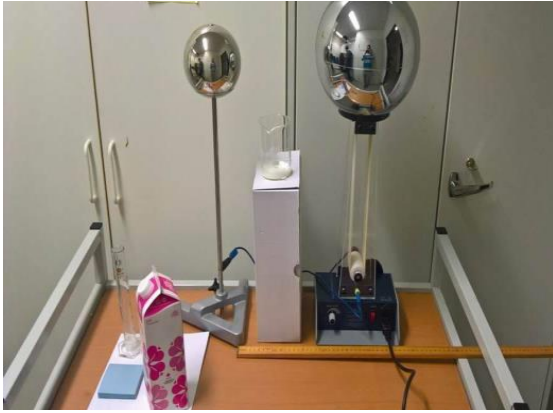
#### 1. forsøksmetode

Det elektriske feltet konstrueres ved bruk av en van der Graaff generator. De viktigste komponentene til van der Graaff generatoren er to elektrisk ladede sfærer og et gummibånd som lader opp sfærene. Den ene sfæren lades med positiv ladning, mens den andre lades med negativ ladning. Det dannes et elektrisk felt mellom de ladede sfærene. Størrelsen til det elektriske feltet bestemmes av spenningen og distansen mellom sfærene.

For å gjennomføre denne forsøksmetoden behøves en van der graaff generator, en spenningskilde i form av stikkontakt, en strømledning, KT4ABD51, for å lade den negativt ladede sfæren, et 50ml målesylinder, fire 50ml begerglass, en liter lettmelk og en krakk med høyde på 30cm.

Sfærene settes 17cm fra hverandre. Se Figur 1 under. Generatoren som både sitter under, og er koblet til den blivende positivt ladede sfæren kobles også til den blivende negativt ladede sfæren med en strømledning, KT4ABD51. Generatoren kobles i spenningskilden og «speed control» settes normalt med horisontalplanet. Begerglasset fylles med 10ml lettmelk og settes midt mellom sfærene oppe på krakken.

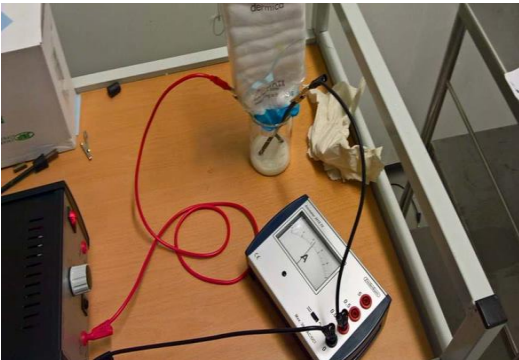
Følges denne fremgangsmetoden skal man kunne høre knitring, men ikke kunne se noen direkte utladning mellom sfærene. Forsøket gjøres tre ganger. Et begerglass fylles med 10ml lettmelk, men eksponeres ikke for det elektriske feltet. Dette glasset brukes som en kontrollgruppe for den naturlige surhetsgraden av melken.



Figur 1, Oppsett av forsøksmetode 1. 10ml melk som eksponeres for et elektriskfelt som genereres av van der graff generator med «speed control» satt normalt med horisontalplanet.

## 2. forsøksmetode

Den andre forsøksmetoden er å utsette melken for elektrolyse. For å kunne gjennomføre dette forsøket behøves en spenningskilde med mulighet til å ha en spenning på 12V. Kilden må også kunne sende ut likestrøm. Det trenges også en kartong lettmelk, to kulleelektroder, et 50ml målesylinder, fire 50ml begerglass og tre strømledninger (KT4ABD51). Et amperemeter kan kobles inn i kretsen for å måle strømmen i kretsen, men er ikke nødvendig for å gjennomføre forsøket. Grunnen til dette er at motstanden og spenningen vil være lik for alle forsøk som benytter de representerte materialene, noe som impliserer at strømmen i kretsen også vil være lik for alle.



Figur 2, Oppsett av forsøksmetode, 2. Elektrolyse av 10ml melk, med kulleelektroder og en likestrømspenningsskilde på 12V.

Årsaken til at det benyttes kulleelektroder er fordi kull består av grunnstoffet karbon som er lite reaktiv ved normale temperaturer (Pedersen, Karbon. I store norske leksikon, 2016).

Forsøket utføres ved først å koble kulleelektroden til spenningskilden. Kulleelektroden settes ned i et 50ml begerglass fylt med 10ml melk. Det er viktig at kulleelektroden er nede i melken og at de ikke har direkte kontakt med hverandre. I forsøket som vises på Figur 2 over benyttes et ikke strømførende materiale for å holde elektrodene separert. Spenningskilden kobles til en stikkontakt og settes på 12V. Forsøket gjøres 3 ganger. I likhet med forrige forsøk fylles et av begerglassene med 10ml melk, og benyttes som kontrollgruppe.

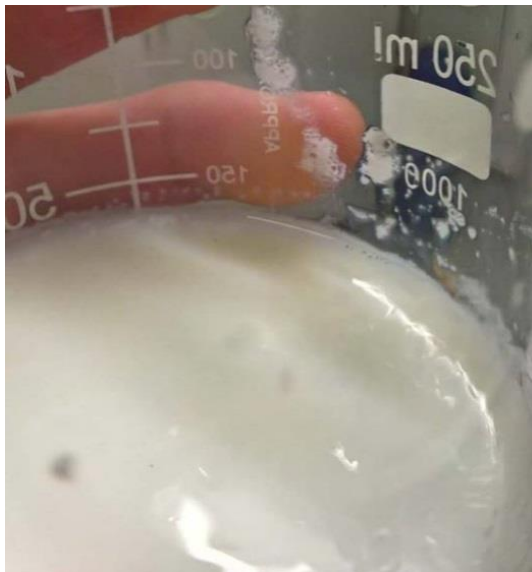
## RESULTATER

pH-verdiene ved både forsøksmetode 1 og 2 ble målt ved bruk av universal pH-papir og viste ingen forskjell i pH-verdi før og etter forsøkene. Siden pH-papiret viser surhetsgraden i en løsning utfra fargen stripsen får var det vanskelig å fastslå eksakte pH-verdier. Se Tabell 1 nedenfor.

Forsøksmetode 1	pH-verdi før eksponering for elektrisk felt	pH-verdi etter eksponering for elektrisk felt
Begerglass 1	6-7	6-7
Begerglass 2	6-7	6-7
Begerglass 3	6-7	6-7
Kontrollgruppe	6-7	6-7
Forsøksmetode 2	pH-verdi før elektrolyse	pH-verdi etter elektrolyse
Begerglass 1	6-7	6-7
Begerglass 2	6-7	6-7
Begerglass 3	6-7	6-7
Kontrollgruppe	6-7	6-7

*Tabell 1, Målt pH-verdi før og etter begge forsøksmetodene benyttet i forskningen. Måleapparatet benyttet var pH-papir, noe som gjorde det vanskelig å fastslå eksakte pH-verdier.*

Andre indikasjoner på om melken ved forsøkene surnet er som tidligere presentert at kaseinet i melken skilles ut og koagulerer, og at melken begynner å lukte surt. Ved den første forsøksmetoden var det heller ingen betydelig forskjell før og etter på disse områdene. Ved den andre forsøksmetoden, når det ble satt elektrolyse på melken dannet det seg derimot klumper i melken og det utviklet seg en sterk lukt lik lukten av sur melk. Det dannet seg også pasta ved katoden. Se Figur 3 og Figur 4.



*Figur 3* Bilde av klumper i 10ml melk etter 10 minutters elektrolyse av 10ml melk. Kull elektroder og 12V likespenningsskilde ble benyttet.



*Figur 4* Bilde av pastadannelse ved katoden under elektrolyse av 10ml melk ved bruk av kullelektroder og en 12V likespenningsskilde.

## DISKUSJON

Det valgte målesystemet universal pH-papir indikerte liten til ingen endring i melkens surhetsgrad fra før til etter elektrolyse eller utsettelse for et elektrisk felt (Tabell 1). Dette støtter hypotesen om at elektrisk strøm ikke vil ha en virkning på surhetsgraden til melken. En mulig forklaring på dette resultatet kan være at melk er en bufferløsning som stabiliserer pH-verdiene i melken. Det kreves da en lenger eksponeringstid for elektrisitet før det vil skje en påvisbar endring i melkens pH-verdi. En annen forklaring kan være at elektrisitet ikke vil ha noen innvirkning på surhetsgraden i melk uavhengig av eksponeringstid.

Det dannet seg ved den andre forsøksmetoden pasta rundt katoden, klumper i melken og sterk lukt. Dette kan indikere en redoksreaksjon i melken som enten har ført til en ødeleggelse av kaseinmicellene slik at kaseinet har blitt skilt ut, eller at fettkulene i melken er blitt skadet slik at fettene har blitt utsatt for enzymet lipase som har katalysert spaltningen av fettene. Dette kan være årsaken til klumpene som ble dannet i melken. Redoksreaksjonen kan også forårsake endring i melkens surhetsgrad. Hvis dette er tilfellet kan målesystemet som er benyttet være for unøyaktig til å detektere endringene i pH.

Universal pH-papir viser seg å ikke være en tilstrekkelig indikator for det gjennomførte forsøket siden det vil begrense nøyaktigheten av målingene til hele tall.

Forsøksmetodene foretatt i dette forskningsarbeidet ses på som hensiktsmessige ved at de tar utgangspunkt i, og gjenspeiler reelle muligheter for hvordan elektrisitet kan påvirke melk i en tordenstorm. Samtidig oppfattes resultatene som upålitelige siden forsøksmetodene som utføres ikke har tatt nok hensyn til størrelsen på det elektriske feltet som dannes mellom bakken og atmosfæren i tordenstormen, avstanden mellom disse, og tidsperioden for stormen. Denne forbedringen av forsøksmetodene vil gi mer troverdige resultater.

En feilkilde til forskningsprosjektet forårsaket av melkeproduksjonen er pasteurisering av melken. Pasteurisering hjelper med å redusere oksidering som reduserer muligheten for en redoksreaksjon i melken. Pasteurisering ved høy temperatur vil også inaktivere enzymet lipase som er viktig for spaltningen av fettene i melken. Flere mikroorganismer i melken ødelegges og bakteriestanden reduseres (Unit 3 FS/ANS ved NCSU, Udatert).

Grunnet stor usikkerhet rundt årsaken for observasjonene som ble gjort ved elektrolyse av 10ml melk over en tidsperiode på 10 minutter, og spørsmål ved troverdigheten til forsøksmetodene, kan det ikke gjøres noen direkte konklusjon om hvorvidt tordenværet påvirker melkens pH-verdi. Det oppfordres allikevel til en gjentagelse av forsøksmetodene hvor spenningen som generer ladningsforskjellen mellom sfærene og avstanden mellom sfærene i den første forsøksmetoden reguleres for å bedre simulere en tordenstorm. Den forbedrede forsøksmetoden stiller også krav til en mer nøyaktig pH-indikator. Den andre forsøksmetoden hadde som hensikt å påvise eller avkrefte hvorvidt elektrisitet kunne syrne melk. Her kan også et mer nøyaktig måleinstrument avklare resultatene.

Det oppfordres også til nærmere forskning på hvordan kasein micellene og fettkulene i melken påvirkes av elektrisk strøm, og hvorvidt dette kan ha katalysert spaltning av fettene av melken og stå ansvarlig for den observerte koaguleringen i melken.

## BIBLIOGRAFI

- Brandt, H., & Hushovd, O. T. (2014). *Kjemi 2*. Skien: H. Aschehoug. Co.
- Cappelen Damm. (Udatert). *Om tordenskyer og lyn*. Henta desember 17, 2016 frå Cappelen Damm/RST: <http://fysikk1.cappelendam.no/binfil/download.php?did=42073>
- Einar, E. S. (2015, august 31). *Indikator: Kjemi. I store norske leksikon*. Henta januar 20, 2017 frå store norske leksikon: <https://snl.no/indikator%2Fkjemi>

- Illustrert Vitenskap. (2009, september 1). *Illustrert Vitenskap*. Henta frå Illustrert Vitenskap: <http://illvit.no/fysikk/fenomener-i-fysikken/hvorfor-bli-melken-sur-i-tordenvaer>
- Institutt for bivitenskap ved UiO. (2011, februar 4). *UiO: Institutt for bivitenskap*. Henta januar 20, 2017 frå uio.no: <http://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/p/ph.html>
- Lokus. (Udatert). *Kjemi 2*. Henta januar 20, 2017 frå Lokus.no: <http://www3.lokus.no/index>.
- Melk. (2016, 9 august). I Store norske leksikon. Henta september 17, 2016 frå Store norske leksikon: <https://snl.no/melk>
- Melk. (2016, 9 august). I *Store norske leksikon*. Henta september 17, 2016 frå Store norske leksikon: <https://snl.no/melk>
- Milk Facts. (Udatert). *Milk Protein*. Henta september 17, 2016 frå <http://www.milkfacts.info/Milk%20Composition/Protein.htm>
- Opplysningskontoret for melk og meieriprodukter. (2012, februar 9). *Hva er pH-verdien i melk?* Henta januar 9, 2017 frå melk.no: <http://www.melk.no/spor-ekspertene/spor-ekspertene-skole/hva-er-ph-verdien-i-melk/>
- Pedersen, B. (2015, september 1). *pH*. I *store norske leksikon*. Henta januar 20, 2017 frå store norske leksikon: <https://snl.no/pH>
- Pedersen, B. (2016, 3 desember). *Karbon*. I *store norske leksikon*. Henta september 17, 2016 frå store norske leksikon: fra <https://snl.no/karbon>
- Tøjum, T., & Børve, K. (2014, oktober 31). *Melkesyrebakterier*. I *store norske medisinske leksikon*. Henta september 17, 2016 frå store medisinske leksikon: <https://sml.snl.no/melkesyrebakterier>
- Unit 3 FS/ANS ved NCSU. (Udatert). *Characteristics of milk*. Henta januar 9, 2017 frå NCSU: [http://www4.ncsu.edu/~adpierce/u03\\_characteristics\\_milk.pdf](http://www4.ncsu.edu/~adpierce/u03_characteristics_milk.pdf)