

VURDERING AV KVALITET I HISTORISKE EPLESORTER

QUALITY ANALYSES OF OLD APPLE CULTIVARS

KRISTIN LICHTENFELD

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR PLANTE- OG MILJØVITENSKAP
MASTEROPPGAVE 30 STP. MAI 2011



FORORD

Hvordan begynner man et forord? I hodet kanskje med dette spørsmålet. I hjertet kanskje med en kjempestor takk til alle de som har vært til støtte i tiden før og under skiveperioden.

Først og fremst vil jeg takke foreldrene mine som alltid har støttet meg i de valgene jeg gjorde og som har latt meg bestemme vegen i mitt liv selv. Jeg vet at det ikke er en selvfølge og derfor skal jeg benytte anledningen her å si at jeg er utrolig takknemlig for denne friheten jeg har fått!

Zuerst möchte ich meinen Eltern danken, die mich immer in den Entscheidungen, die ich getroffen habe, unterstützt haben und die mich meinen Weg selbst haben gehen lassen. Ich weiß durchaus, dass das keine Selbstverständlichkeit ist und möchte daher diese Möglichkeit nutzen um zu sagen, dass ich sehr dankbar bin für die Freiheit, die sie mir gegeben haben!

Jeg vil også takke min kjære Eivind som har vært kjempetålmodig med meg under hele masterstudiet og spesielt under skrivingen. Takk for at du passet så godt på at jeg fikk meg nok fritid tross travle tider. Takk for alle de mange frokostene som fylte dagens start med glede og for alle de mange middagene som fikk humøret til å svinge opp igjen etter travle dager. Ikke minst må jeg takke for all språklig kritikk jeg fikk for alle de lange ”tyske” setningene som det gjaldt å plukke i mindre, fordøyelige biter, setning for setning. Tross alt er det ikke snakket norsk i mer enn tre og et halt år. Så takk for den gode språklige støtten jeg fikk! Takk for at du er ved min side. Jeg elsker deg!

Jeg vil også takke Anders Røynstrand og Ivar Magne Øiestad for hjelp med korrekturlesning av oppgaven og alle oppmuntrende ord i siste innspurten. I tillegg vil jeg gjerne takke språkrådet for å ha gjort bokmålsordboken tilgjengelig på internettet.

Ikke minst vil jeg takke veilederne mine, Anne-Berit-Wold og Siv Fagertun Remberg for å ha gjort det mulig å skrive om det temaet jeg hadde lyst til å skrive om og for all god veiledning og tålmodighet. Her vil jeg også takke de tre fantastiske teknikerne på fruktlabben ved UMB, Kari Grønnerød, Signe Hansen og Karin Svinnet som var til uoppnåelig hjelp under arbeidet på labben! Dere er gull verdt! Jeg vil også gi min spesielle takk til Kristian Hovde Liland for hjelp med statistikken, ikke minst med statistikkprogrammet R.

Takk også til Bioforsk Vest Ullensvang for sending av Aroma-eplene. Jeg gleder meg til videre samarbeid fra juni.

Og til slutt er det en ganske så spesiell som fortjener en stor takk for å ha holdt ut under hele skriveprosessen: min seks år gamle datamaskin. Resultatet som vi to fikk fram, kan nå leses på de påfølgende sider.

Jeg ønsker alle en god lesning av oppgaven,

Kristin Lichtenfeld

INNHold

FORORD	3
INNHold	5-6
SAMMENDRAG	7
ABSTRACT	9
INTRODUKSJON	11-22
EPLER OG EPLESORTER.....	11
<i>EPLETS BETYDNING I NORSK KOSTHOLD OG DETS VERDI FOR HELSA</i>	11
<i>OPPHAVET TIL DET KULTIVERTE EPLE</i>	12
<i>HISTORISKE EPLESORTER OG DERES VERDI</i>	13
NORSK GENRESSURSSENTER	13
MÅLET MED DENNE UNDERSØKELSEN	14
TEKNISK FORKLARING	15
<i>EPLER OG KVALITET</i>	15
<i>INNHoldSSTOFFER I EPLER</i>	17
<i>VITAMIN C</i>	18
<i>TOTALFENOLER</i>	20
SORTSBESKRIVELSE	23-48
INNLEDNING	23
SKILDRING OG BILDER AV 16 EPLESORTER.....	27
MATERIAL OG METODE	49-53
KJEMIKALIER	49
BIOLOGISK MATERIALE.....	49
GRUNNFARGE, DEKKFARGE, FASTHET OG STIVELSE.....	50
FRYSEPROSESS	50
KJEMISKE ANALYSER	51
<i>MÅLING AV DE FYSIOLOGISKE OG KJEMISKE PARAMETERNE</i>	51
<i>OPPARBEIDING AV PRØVEMATERIALET FOR MÅLING AV ANTIOKSIDANTAKTIVITET</i> <i>(FRAP) OG TOTALFENOLER</i>	51
<i>MÅLING AV ANTIOKSIDANTAKTIVITET (FRAP)</i>	52
<i>MÅLING AV TOTALFENOLER</i>	52
<i>OPPARBEIDING AV PRØVEMATERIALET FOR ANALYSE AV L-ASKORBINSYRE</i>	52
<i>HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC) ANALYSEN AV L-</i> <i>ASKORBINSYRE</i>	53
STATISTIKK	53

RESULTATER	55-63
KVALITETSANALYSE	55
STØRRELSE OG FARGE	55
FASTHET.....	55
STIVELSE	55
ANALYSER ETTER FRYSING.....	58
OPPLØST TØRRSTOFF	58
pH.....	58
TITRERBAR SYRE.....	58
TOTALT TØRRSTOFF.....	58
OPPLØST TØRRSTOFF/TITRERBAR SYRE, OG STREIF-INDEKS (SI).....	60
ANTIOKSIDANTAKTIVITET(FRAP)	61
TOTALFENOLER	61
VITAMIN C.....	61
VARIASJON INNEN REFERANSESORTEN 'AROMA'	61
SAMMENHENG MELLOM ANTIOKSIDANTAKTIVITET, TOTALFENOL- OG VITAMIN C-INNHOLD	63
DISKUSJON.....	65-71
VURDERING AV MODNINGSGRAD OG KVALITET.....	65
ANTIOKSIDANTAKTIVITET OG TOTALFENOLINNHOLD	67
VITAMIN C-INNHOLD	69
OPPSUMMERING	70
FRAMTIDSUTSIKTER.....	71
KILDER	73-81
VEDLEGG I	83-84
PREPARERING AV LØSNINGER FOR FRAP.....	83
PRERARERING AV LØSNINGER FOR ANALYSE AV TOTALFENOLER	83
STANDARDKURVE FOR FRAP	84
STANDARDKURVE FOR TOTALFENOL-ANALYSE.....	84
ETTERORD	85
ENGLISH SHORT VERSION IN ARTICLE FORM	I-X

SAMMENDRAG

Høyt forbruk av frukt og grønnsaker har vist seg å være gunstig for menneskets helse, trolig på grunn av antioksidantinnholdet. Frukt er en viktig kilde til disse antioksidantene i norsk kosthold. Selv om epler inneholder relativt små mengder antioksidanter sammenlignet med annen frukt, spiser nordmenn og europeere betydelige mengder epler, som i tillegg er tilgjengelig hele året.

Siden antioksidantaktiviteten varierer med genetisk bakgrunn ble 15 historiske sorter analysert og sammenlignet i denne undersøkelsen. I tillegg ble en kommersiell norsk sort ('Aroma') fra to lokaliteter undersøkt. De fysiologiske og biokjemiske egenskapene for alle sorter ble vurdert, og det ble beregnet en Streif-indeks for hver sort. Gjennom ekstraksjon med metanol ble det vunnet et ekstrakt for hver sort. Disse ble analysert for antioksidantaktivitet med FRAP-metoden (reduksjon av Fe^3 til Fe^{2-}) og innhold av totale fenoler med Folin-Ciocalteu-metoden. Videre ble innholdet av vitamin C bestemt gjennom HPLC-analyse. En signifikant forskjell mellom sortene ble oppdaget for hver analyse.

Fire av de historiske sortene ('Høynes', 'Bramley's Seedling', 'Åkerø', 'Laxton's Superb') og 'Aroma' fra Lofthus hadde signifikant høyest antioksidantaktivitet. 'Høynes' og 'Bramley's Seedling' hadde det høyeste innholdet av totale fenoler. Sorten med signifikant mest vitamin C var 'Bramley's Seedling'. For de to lokalitetene av den kommersielle norske sorten ble det funnet signifikant forskjell både for total antioksidantaktivitet og innhold av totale fenoler, men ikke for vitamin C-innhold.

Sammenlignet med 'Aroma' (Ås) hadde om lag halvparten av de undersøkte historiske sortene høyere verdier for både total antioksidantaktivitet og innhold av totale fenoler, og ca. 1/3 hadde høyere vitamin C-innhold.

Det ble funnet en signifikant korrelasjon (96,8 %) mellom innhold av totale fenoler og antioksidantaktivitet. Korrelasjonen mellom vitamin C-innhold og total antioksidantaktivitet var lavere (9,1 %), men fortsatt mye høyere enn tidligere foreslått.

Kort oppsummert kan det ut fra resultatene sies at i denne undersøkelsen vil 'Høynes' og 'Bramley's Seedling' med sitt høye innhold av ernæringsmessige innholdstoffer kunne være en viktig kilde til gener for fremtidig avling av verdifulle eplesorter.

ABSTRACT

Consumption of fruits and vegetables has been shown to be beneficial to human health, much because of their content of antioxidants. Fruits are an important source of these antioxidants in the Norwegian diet where apples play a central role. Even if their content of secondary plant metabolites is relatively low compared to other fruits, Norwegians and Europeans eat a significant amount of apples all year round.

Since the amount of constitutional antioxidants varies due to genetic background this research included 15 historical Norwegian cultivars and landraces and one commercial Norwegian variety ('Aroma') from two geographical sites. The physiological and biochemical properties of all cultivars were assessed and a Streif Index was proposed for each cultivar. In addition, their methanolic extracts were analysed for total antioxidant power with use of the FRAP assay (reduction of Fe^{3+} to Fe^{2+}) and total phenolic content by the Folin-Ciocalteu method. Moreover, the content of vitamin C was determined through HPLC analysis. A significant difference between cultivars was detected for each analysis.

Four of the ancient varieties ('Høyenes', 'Bramley's Seedling', 'Åkerø', 'Laxton's Superb') and 'Aroma' from Lofthus had the highest total antioxidant power. 'Høyenes' and 'Bramley's Seedling' had the highest total phenolic content in this study. The variety with statistically most vitamin C was 'Bramley's Seedling'. Between the two Norwegian commercial varieties ('Aroma') a significant difference was detected both for total antioxidant power and total phenolic content, but not for vitamin C content.

Compared to 'Aroma', about half of all ancient varieties from the same locality had higher values for both total antioxidant power and total phenolic content and about 1/3 had higher vitamin C content.

There was found a significant correlation (96,8 %) between total phenolic content and total antioxidant power. The correlation between vitamin C content and total antioxidant power was less important (9,1 %) but still a lot higher than in previous research.

In summary, some ancient apple cultivars grown in Norway, especially 'Høyenes' and 'Bramley's Seedling' may be an important source of genes for future apple breeding of value-added apple cultivars.

INTRODUKSJON

EPLER OG EPLESORTER

EPLETS BETYDNING I NORSK KOSTHOLD OG DETS VERDI FOR HELSA

Et kosthold som er rikt på frukt og grønt er kjent for å ha helsebringende effekt [13]. Nordmenn tar opp vegetabiliske antioksidanter gjennom kosten med omtrent 43,6 % fra frukt, 27,1 % fra bær og 8,9 % fra grønnsaker [14]. I 2009 ble det spist ca. 12 kg epler per innbygger i Norge, noe som gjorde eplet til den frukten det ble spist mest av, etter banan [15]. I Europa blir det sågar spist 30 kg per innbygger [16].

Selv om epler inneholder relativ små mengder antioksidanter sammenlignet med annen frukt, spiser vi så mye epler at disse likevel blir til en viktig kilde til konstitusjonelle innholdsstoffer, særlig flavonoider [17, 18]. Dessuten ser det ut til at den helsebringende effekten er størst ved regelmessig inntak av epler allerede fra tidlig barndom av [19].

I tillegg til vann, kostfiber, sukkerstoffer, mineraler og vitaminer (A, B₆, C, E; matvaretabellen) inneholder epler fenolstoffer [20] som i kombinasjon med vitaminene ser ut til å være ansvarlig for deres antioksidantkapasitet [21, 22].

Innholdet av fenolstoffer som ved siden av vitaminene er den viktigste gruppen av antioksidanter, varierer mye med genetisk bakgrunn, utviklingsstadiet, vevsstruktur, klimatiske forhold som lys og temperatur, næringstilgang og lagring av de høstede eplene [23-27]. Imidlertid viste flavonoidinnholdet seg å være stabilt gjennom langtidslagring [27] i motsetning til totalfenolinnhold, antioksidantaktivitet og vitamin C-innholdet [3, 28].

Den helsebringende effekten av epler har blitt gjennomgått tidligere med konklusjon i en generell positiv effekt [17]. Epler er f.eks. assosiert med en kreftreducerende virkning. Eberhardt et al. fant i en undersøkelse en 30-40 % reduksjon i spredning av HepG2 celler (menneskelig leverkreft cellelinje) ved tilføring av ekstrakt av 'Fuji' epler. [21]. For 'Red Delicious' kunne det påvises en positiv effekt mot brystkreft i en undersøkelse utført på rotter [29]. For 'Gala' kunne det fastslås en kolesterolsenkende og kardiovaskulær-beskyttende effekt [30].

I dag ser forbrukere mer og mer bort fra sensoriske parametre og legger vekt på helse relaterte innholdsstoffer når det gjelder kvalitet i epler. Denne trenden vil antakelig bli mer fremtredende på fruktmarkedet i framtiden [16].

OPPHAVET TIL DET KULTIVERTE EPLET

Eplet tilhører Rosefamilien (Rosaceae) og slekten *Malus* har ca. 25-55 arter og underarter [32-36]. Tallet er usikkert fordi det har vært vanskelig å klassifisere de mer enn 10.000 eplesorter som finnes i verden [34]. Ordet *Malus* kommer fra det gamle greske "melon" eller "malon", som betyr spiselig frukt.

Den viktigste arten som ble domestisert av menneskene er omskrevet som *M. domestica* Borkh. [37] og kan ikke tilbakeføres på en enkel botanisk art [38]. Flere undersøkelser tyder på at arten stammer fra *M. sieversii* (Lindl.) Roem., og muligens har også arter som *M. orientalis* (L.) Mill., *M. sylvestris* (L.) Mill., *M. baccata* (L.) Borkh., og *M. prunifolia* (Willd.) Borkh. bidratt til utvikling av *M. domestica* [35, 36, 39].

Siden antikken har eplet vært den viktigste frukten i det tempererte klimaet i Asia og Europa [31] og det har blitt avlet fram mange eplesorter. De fleste sortene som blir betegnet som historiske er eldre enn 100 år. Ofte har disse ikke lenger noen kommersiell betydning. En del av sortene finner man i beskjedent omfang, mens andre ikke lenger er kommersielt tilgjengelige. En del sorter kan derimot av klimatiske eller kulturelle årsaker fremdeles ha lokal betydning.

Forfedre antas i dag å komme fra Kaukasus-fjellene og Turkestan [36] og villeplene har trolig blitt brukt siden tertiærperioden [38]. Det antas at romerne, som hadde lært kunsten om fruktdyrking av grekerne, brakte eplet nordover. Med rikets nedgang forfalt også epledyrkingen til den ble gjenopplivt under Karl den Store (800-814 e.Kr.). I følge norrøne tekster var eplet kjent i Skandinavia allerede i vikingtiden [36, 38].

I det 11. århundre skjedde det stor framgang i epledyrking med munke- og klostervesenet [38]. Cisterciensermunkene fra Lyseklostret spredde kunnskapen i Opedal, Hardanger [40]. På 1300-1400 tallet ble epler særlig dyrket i Hardanger og Sogn [38] som dermed har lange tradisjoner innen fruktdyrking. Fra svartedauden i 1349 til reformasjonen i 1537 var det lite framgang i epledyrking fram til 1600-tallet da handelen i Europa økte. I løpet av det 18. århundre ble det etablert flere handelsgartnerier som spredde datidens nye eplesorter [38].

HISTORISKE EPLESORTER OG DERES VERDI

I Norge ble de første spor etter noe som kanskje var villeple funnet på Osebergskipet fra rundt 850 e.Kr [11]. Villepler ble utviklet til kultiverte sorter som var både større og søtere, og kunnskap om poding var en viktig del i sortsutviklingen i eplets historie [41]. Siden har det blitt utviklet mange ulike norske og utenlandske sorter. I begynnelsen av 1900-tallet var mellom 200 og 300 eple sorter i bruk i Norge.

En del av disse har forsvunnet, men noen blir fremdeles dyrket i private hager.

Kommersielt blir det i dag bare dyrket 10-15 sorter og av disse er mange nye sorter [42]. Norsk genressurs senter bidrar til å ta vare på den unike genetiske arven som ligger i disse over 300 historiske sortene som fremdeles finnes i Norge. I andre land finnes det lignende organisasjoner som har satt seg som mål å ta vare på slikt historisk plantemateriale [43-47]. Siden eple sorter ikke kan formeres med frø uten at sortsegenskapene går tapt, er det nødvendig å ta vare på trærne direkte.

De eldre sortene har egenskaper som trolig førte til at de ikke ble tatt inn i eller falt ut av kommersiell produksjon i Norge. Men disse sortene kan ha positive egenskaper som kan være nyttige i moderne foredling. Mange historiske eple sorter har også en unik aroma. Noen sorter bærer vinterepler med god lagringsevne som særlig i Norge spiller en større og større rolle. Noen sorter kan utmerke seg med særdeles gunstig indre kvalitet av fruktene eller ha spesiell sykdomsresistens eller klimatoleranse. Det er disse positive egenskapene som ligger lagret i den genetiske koden som det gjelder å ta vare på. Eple sortene avlet fram etter 1920 som i dag blir dyrket kommersielt i verden er hovedsakelig basert på seks nært beslektede sorter [48]. Å krysse med historiske sorter kan bidra til å redusere innavl og dermed tap av genetisk mangfold. Dette mangfoldet som ligger i de historiske sortene, og som har vært nøkkelen til artens overlevelse, kan gi oss nye sorter som er bedre rustet til å takle endringer i klima og klimabetingete sykdommer og skadedyr [42]. Det er derfor viktig å ta vare på den genetiske ressursen for å sikre genetisk variasjon.

NORSK GENRESSURSSENTER

Norsk genressurs senter har i dag ansvaret for de historiske sortene. Siden eple sorter ikke kan lagres som frø hos NorGen [43] ble det etablert et klonarkiv i samarbeid med 12 institusjoner (*tabell 7*, side 22) på ulike steder i Norge. Totalt arbeider 22 feltgenbanker sammen med Norsk genressurs senter for å ta vare på ulike mat- og fôrplanter. De eldste samlingene er genbankene for fruktsorter som ble plantet på 1980- og 1990-tallet. Til sammen er omkring 400 forskjellige arter og sorter tatt vare på i disse samlingene. Dette antallet fordeler seg på ca. 275 eple sorter, i tillegg til 50 pæresorter, 50 plommesorter og 25 kirsebærsorter. [49]

MÅLET MED DENNE UNDERSØKELSEN

Det er i dag liten kunnskap om innholdsstoffer i eldre eplesorter. Formålet med oppgaven er å kartlegge ernæringsmessige innholdsstoffer i eldre eplesorter som finnes i sortssamlingen ved UMB. Hovedfokuset er lagt på antioksidantaktivitet, totalfenol- og vitamin C-innhold. Resultatene kan også gi et bedre kunnskapsgrunnlag til vurdering av historiske eplesorters egenskaper i forhold til moderne, kommersielle sorter. De historiske sortene skal dessuten sammenlignes med den norske hovedsorten 'Aroma'.

I tillegg skal det undersøkes om antioksidantaktivitet er primært definert av mengde totalfenoler som tidligere foreslått [5, 16, 50].

I moderne foredling har det blitt lagt mindre vekt på konstitusjonelle innholdsstoffer enn fysiologisk og kjemisk kvalitet, og sykdomsresistens [51, 52]. Gjennom foredling med historiske eplesorter er det kanskje mulig å forbedre kvaliteten av framtidens sorter med tanke på konstitusjonelle innholdsstoffer. Denne undersøkelsen skal gi svar på hvilke av de undersøkte sortene kan være best egnet til dette formålet.

TEKNISK FORKLARING

EPLER OG KVALITET

Kvalitetssegenskapene hos ulike eplesorter kan variere mye. Hva som regnes som viktige kvalitetssegenskaper er forskjellig. Produsenter vil ha sorter som er lette å dyrke, sykdomsresistente og som bærer mange store frukter (>60mm, optimalt 70-85mm) med jevn fin form og god dekkfarge. Fruktene må være lette å høste og de må kunne lagres.

Distribusjonsapparatet ser mest på den visuelle kvaliteten, fasthet i fruktene og en god lagringsevne.

Konsumentene ser etter utseende, særlig epler med godt utviklet dekkfarge [23], fasthet, aroma og riktig sukker- og syreinnhold. Dessuten er mange opptatt av næringsverdien, bl.a. vitaminer, mineraler, kostfiber og bioaktive forbindelser [16, 53].

Eplet er en klimakterisk frukt, dvs. at dersom det blir plukket høstmodent kan det ettermodne til det er spisemodent. Grunnfargen, som i umoden tilstand er grønn, følger denne modningen og avhengig av sorten utvikles det en gulgrønn til gul grunnfarge når de er spisemodne [11].

Dekkfargen blir utviklet på treet gjennom eksponering av sollys [54-56] og i mindre grad gjennom lave temperaturer [57] og kalium- og nitrogentilgang i jorden [38]. Den vises mest i ulike rødtoner og mønster og skyldes flavonoider (antocyaniner) som finnes i skallet [12]. Flavonoidene reagerer på UV-B stråling, og av den grunn kan dekkfargen forbedres på lager med bestråling [20, 58].

Fasthet er det viktigste kvalitetskriteriet for konsumentaksept [59]. Den representerer en modningsgradkarakter [60]. Gjennom modningsprosessen blir epler mykere. Fasthet i epler kan måles med et penetrometer som måler kraften som er nødvendig for å presse inn det 1cm² store stemplet 8 mm dypt inn i kjøttet. For f. eks 'Aroma' ligger den ved spisemoden kvalitet på 5-7 kg/cm². Fasthet kan variere med sort, og faste sorter som 'Åkerø' vil ved spisemodenhet vise verdier over 7 kg/cm². Faktorer som nitrogengjødsling og lave temperaturer gjennom vekstsesongen fører til en økning i fasthet [61].

Innhold av absolutt tørrstoff i epler er sortsavhengig og verdier >14 % blir betraktet som høy [62].

Oppløst tørrstoff (SS) er et mål for den løselige tørrstoffsubstansen i fruktsaften. Det omfatter både sukkerstoffer (>90 %), syremolekyler og andre innholdsstoffer målt med et refraktometer [60] og gir uttrykk for sukkerinnholdet i eplet. Ved høsting skal verdien være >10,5-12,5 % SS [53]. Sukkerinnholdet i epler varierer med klima, sort, dyrkningsteknikk og posisjon av frukten i treet [62, 63].

Gjennom titrering med NaOH blir syreverdien (TA) i eplet bestemt. Én ml NaOH tilsvarer 67 mg eplesyre. En syreverdi på 0,31 % er rapportert som øvre grense for god fruktkvalitet for konsumenten [2].

Antall frie protoner i epleaftent måles som pH. Epler har vanligvis en pH mellom 3,0-3,5.

Forholdet mellom SS og TA er et viktig kvalitetstegn i et eplet. Jo høyere forholdet er, jo søtere oppleves eplet. En endring i forholdet SS/TA kan ha stor innvirkning på smaken av eplet. For 'Gravenstein' ligger den optimale spisekvaliteten f.eks. rundt 16,5. 16 er rapportert som generell grenseverdi for SS/TA [64] og verdier nærmere og under ti oppleves som surt og vil ikke tiltrekke seg konsumentenes aksept.

'Pink Lady' kan oppvise verdier rundt 35 [65]. Generelt er nordmenn vant til SS/TA mellom 25-60 fra utenlandske epler som kjøpes i butikken [64].

En annen parameter, som forandrer seg med modning, er stivelsen i eplet. Sukkeret som blir produsert gjennom fotosyntesen blir lagret i eplefrukten som stivelse. Den blir ved modning brutt ned til sukker. Stivelsen kan måles ved hjelp av en jodløsning som farger stivelsesmolekylene svart-fiolett. Med hjelp av en bestemmelsesnøkkel kan man så bestemme hvor langt i modningsprosessen eplet har kommet. De fleste sortene er spisemodne når stivelsen har blitt brutt omtrent helt ned. Vinterepler er som oftest ikke spisemodne før all stivelsen har blitt brutt ned. Stivelsesverdien representerer dermed en indeks for grad av modning [60]. Den er påvirket av forskjellige faktorer, som været. I tillegg varierer nedbrytingsprosessen av stivelse mellom år for samme sort [60].

Streif-indeksen (SI) for epler [66] har blitt utviklet som en indeks for grad av modning [60] og blir brukt til å bestemme rett høstetidspunkt. Dette kan forhindre for tidlig høsting som fører til dårlig kvalitet i eplene [53]. SI-verdiene er både sorts- og stedsavhengige [60] og har ikke blitt utviklet for historiske sorter. Det er derfor ikke hensiktsmessig å fastlegge en generell grenseverdi for disse her. For 'Aroma' skulle verdien i 2010 i Sogn ved høsting ha vært mellom 0,12 og 0,7.

Ved siden av SI er det anbefalt å vurdere eplets grunnfarge, fargen av fruktkjøttet og ta en smaksprøve [60].

Kvaliteten i eplet er påvirket av voksested (topografi, himmelretning, jordsmonn), solstråling og sesong (graddager, mengde regn) [67-69] og varierer dermed årlig. For lave sommertemperaturer fører til dårlig utvikling og redusert kvalitet i eplet [38]. Fruktkvalitet kan også påvirkes direkte gjennom beskæring og tynning av epletrærne [3].

INNHALDSSTOFFER I EPLER

Gjennom stråling, stress, sykdom, røyking, giftstoffer, alkohol og narkotika kan det oppstå frie radikaler som kan skade DNA, lipider, proteiner og karbohydrater [70]. Antioksidanter virker som radikalfanger med reduserende egenskaper og som dermed kan donere elektroner til frie radikaler i en ikke-ensymatisk reaksjon [70]. Halliwell definerer antioksidanter som substanser som i betydelig omfang utsetter eller forhindrer oksidasjon av et oksiderbart stoff, selv om substanskonsentrasjonen er lavere enn stoffkonsentrasjonen [71]. Dersom antall frie radikaler overstiger antallet antioksidanter oppstår det derimot oksidativt stress [72]. Dette kan påvirke aldringsprosessen og kroniske sykdommer negativt [73]. Idet de forebygger oksidativt stress blir cellulære skader forebygget [72]. Siden frukt og grønt er en viktig kilde til antioksidanter, kan dette forklare deres helsebringende effekt [13], mot f.eks. kreft [74]. I epler utgjøres antioksidantaktiviteten hovedsakelig av fenolsyrer og flavonoider [21].

Frukt og grønt inneholder, varierende med art og sort (*tabell I*); [14], en kompleks blanding av antioksidanter som karotenoider, selen, vitaminer og fenolstoffer [13, 73] og et relativt nytt sammendrag har som konklusjon at et økt forbruk i frukt og grønt fører til en betydelig økning i plasmakonsentrasjonen av antioksidanter [75].

Tabell 1: Antioksidantaktivitet i forskjellige matvarer per ferskvekt (fv), målt med FRAP-metoden [9, 14].

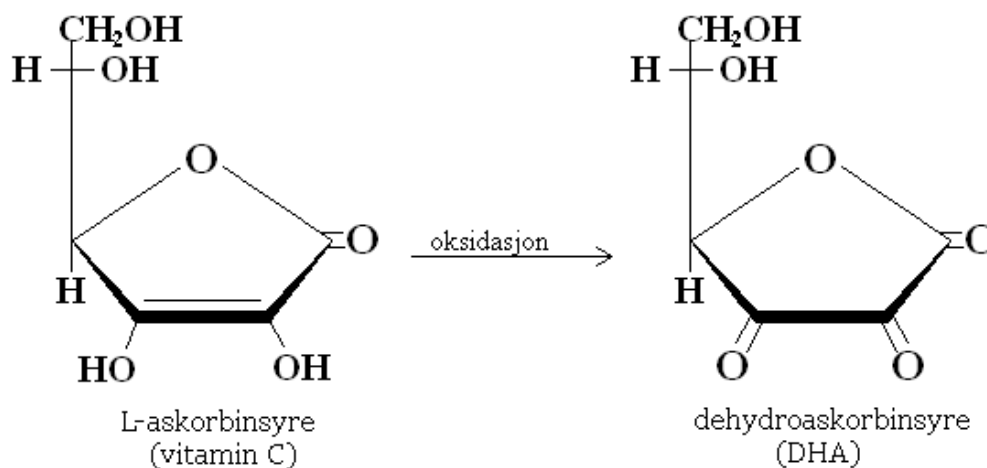
art	FRAP-verdi (mmol 100g ⁻¹ fv)	art	latinsk navn	FRAP-verdi (mmol 100g ⁻¹ fv)
krydderplanter	0,3-465,3	granateple	<i>Punica granatum</i>	11,33
bær	1,0-39,5	jordbær	<i>Fragaria ananassa</i>	3,35
nøtter og frø	0,2-21,0	drue	<i>Vitis vinifera</i>	1,45- 0,52
frukt	0,1-11,3	appelsin	<i>Citrus sinensis</i>	1,14- 1,18
grønnsaker	0,0-3,8	plomme	<i>Prunus domestica</i>	1,06- 2,06
vin	0,4-3,7	ananas	<i>Ananas comosus</i>	1,04
te	0,8-2,5	sitron	<i>Citrus limon</i>	1,02
korn	0,0-1,2	kiwi	<i>Actinidia chinensis</i>	0,91
		grapefrukt	<i>Citrus paradisi</i>	0,83
		aprikos	<i>Prunus armeniaca</i>	0,34- 0,52
		mango	<i>Mangifera indica</i>	0,35
		eple	<i>Malus pumila</i>	0,29- 0,39
		banan	<i>Musa paradisiaca</i>	0,16- 0,20
		pære	<i>Pyrus communis</i>	0,18- 0,32

Kombinasjonen av disse antioksidantene er muligens nøkkelen til deres helsebringende effekt [14, 70, 76] mens inntak av bare én substans har vist seg å ha liten eller ingen positiv effekt [13, 77-80]. Frukt og grønt, særlig epler, inneholder dessuten kostfiber som er viktig for en fungerende fordøyelse [81]. I planten har fiberstoffene diverse støttende funksjoner mens antioksidanter tjener beskyttelsen av planten [82, 83].

VITAMIN C

Vitamin C (ascorbic acid; AA) er per definisjon en samlebetegnelse for kjemiske stoffer som har samme biologiske aktivitet som L-askorbinsyre [3]. I planten blir det syntetisert av suktermolekyler (D-glucose) over en firetrinns enzymatisk reaksjon [84]. Resultatet er en umettet laktongring der C-atomene i dobbelbindingen er substituert med to hydroksylgrupper (*figur 1*). Denne sterkt reduserende endiolstrukturen er relativ sjelden i naturen og blir lett oksidert til dehydroaskorbinsyre (DHA, *figur 1*). Det avgitte elektronet slukker effektivt reaktive surstofforbindelser [73]. Vitamin C er dermed en antioksidant selv om den har vist seg til å være ansvarlig for bare 0,4 % av antioksidantaktiviteten [5, 76].

Begge formene virker biologisk som vitaminer [10]. DHA blir lett brutt ned ved åpning av laktongringen. Denne reaksjonen er ikke reversibel [85]. I eplet forskyver forholdet seg mellom AA og DHA seg til den reduserte formen ved modning [86].



Figur 1: L-askorbinsyre (vitamin C) blir gjennom oksidasjon til dehydroaskorbinsyre (DHA) [10].

Askorbinsyre kan ikke syntetiseres i mennesker [85] og manglende inntak fører til ulike plager og sykdommer som f.eks. skjørbuk. Uten vitamin C dør man [87]. Ved siden av kollagendannelsen er vitamin C involvert i å holde huden, blodårene og tannkjøttet friskt [3]. Vitamin C hjelper kroppen å ta opp jern, redusere kolesterolnivået og den reagerer med frie radikaler og har positiv effekt på immunsystemet [3, 30, 85, 88]. Vitamin C har enda flere funksjoner for oss mennesker, bl.a. en mulig kreftreduserende virkning [84, 89-93]. Denne virkningen av vitamin C ble imidlertid bare funnet i studier med inntak over 80-110 mg/dag for friske menn [89, 94].

Frukt og grønt bidrar til omtrent 90 % av vitamin C i kosten [3]. Innholdet varierer både med art og sort (*tabell 2 og 3*) og er negativt påvirket av lang lagringstid, høy lysintensitet, lav luftfuktighet og fysiologiske skader samt kjøleskader [3]. Det er imidlertid positivt korrelert med kjølige vekstbetingelser [53].

Under lagring med redusert oksygeninnhold vil nedbrytning av vitamin C skje langsommere over lengre lagringsperioder [3].

Opptak av vitamin C i kroppen skjer aktivt ved hjelp av to proteiner [95]. Dette fører til at opptak av vitamin C er mer effektivt når man fordeler mengden i mindre porsjoner ut over dagen. Man burde likevel ikke ta opp for store mengder daglig siden vitamin C kan virke som pro-oksidant i for høye konsentrasjoner (500 mg) [96]. En pro-oksidant har motsatt effekt av en antioksidant, dvs. den oksiderer andre stoffer.

Tabell 2: Oversikt over vitamin C (AA) innhold i diverse frukt og grønnsaker, angitt i mg AA per 100 g ferskvekt (fv); [2, 3, 9].

art	total AA mg/100 g fv	art	total AA mg/100 g fv
persimon	210,0	rød paprika	155,0
solbær	92	grønn paprika	134,0
appelsin (California)	46-83,2	brokkoli	45-96,7
sitron	74,3	grønncål	92,7
jordbær	61-65,0	spinat	7-75,0
kiwi	64,9	blomkål	15-62,7
bringebær	26-29,0	rød kål	37
grapefrukt	23,6-52	kål	28-42,3
bjørnebær	21,0	sennepsfrø	36,2
banan	10-18,6	tomat	13,6-18
eple	2-30	potet	11,0
rød plomme	5		

Den i dag anbefalte mengden vitamin C ligger på ca. 75 mg /dag for friske voksne [97]. Gravide, ammende og røykere er anbefalt høyere doser [89, 94].

I kombinasjonen med fenolstoffer har vitamin C forskjellige positive kombinasjonseffekter [98]. En positiv kombinasjon finnes det også med vitamin E [99].

Tabell 3: Oversikt over vitamin C (AA)-innhold i forskjellige eplesorter, angitt i mg AA per 100 g ferskvekt (fv); [1-4].

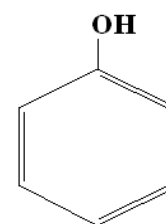
sort	mg AA/100 g fv
'Bramley' Seedling'	25,0 (5,5)- 17,5 (1,2)
'Jonagold'	11,9 (0,5)
'Golden Delicious'	7,7-11,4 (1,6)
'Red Delicious'	0,7
'Delicious'	7,89-10,2*
'Elstar'	6,4 (1,5)
'Gala (Royal Gala)'	2,9 (0,9) 0,4
'Mutsu'	7,51
'Jonathan'	7,66
'Mc Intosh'	5,0*
'Granny Smith'	2,7
'Breaburn'	8,1
'Fuji'	2,1

*ved høsting

TOTALFENOLER

Fenolstoffer er den viktigste gruppen innen antioksidanter [73, 100] og epler er spesielt rike på disse stoffene [22]. Det er sekundære plantemetabolitter som er svært variable i form og funksjon [101]. Grunnstrukturen består av en aromatisk ring og minst én hydroksylgruppe [10]. (figur 2)

Fenolstoffer kan deles i forskjellige grupper som vist i tabell 4.



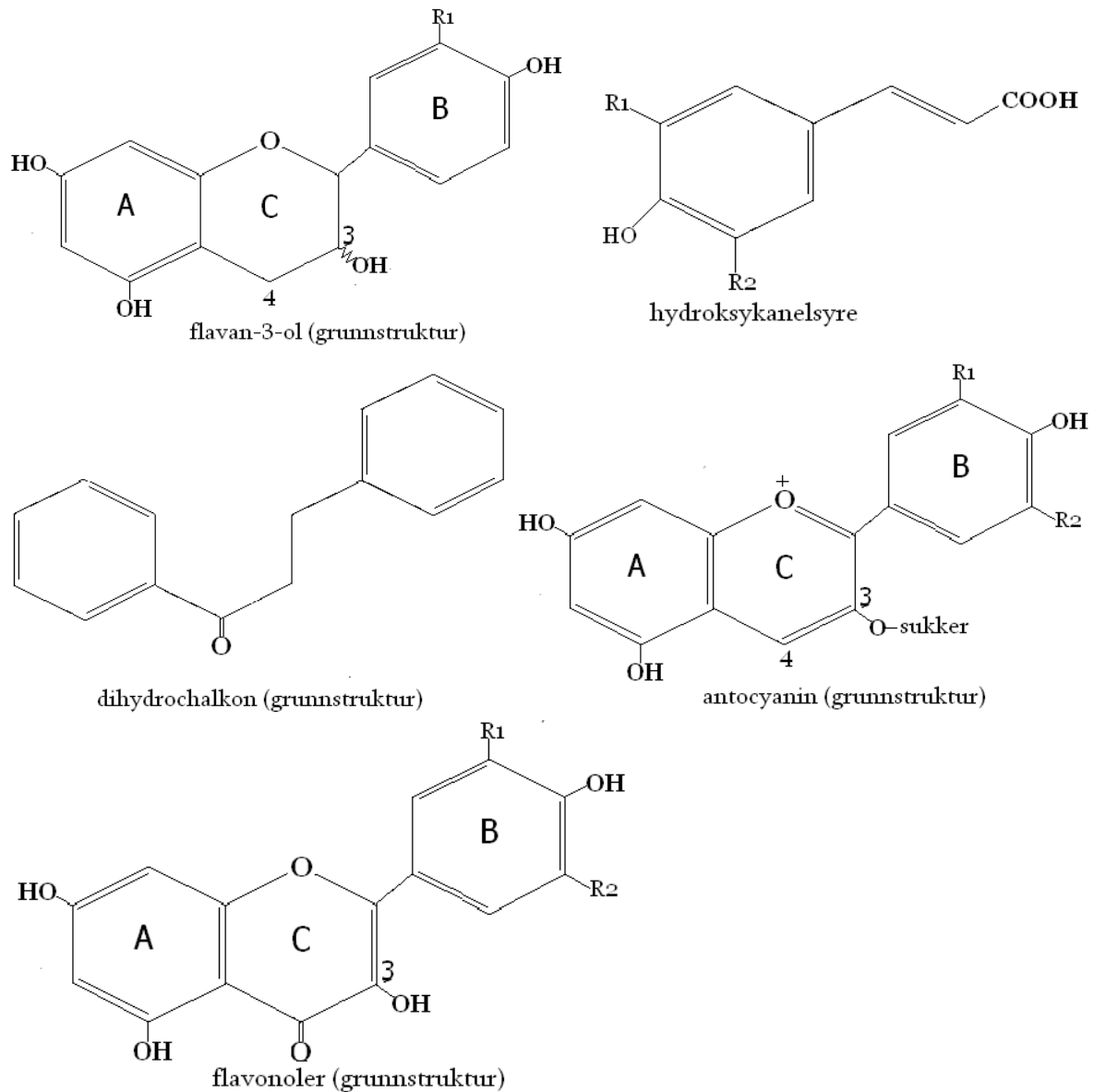
Phenol (Benzol)

Figur2: Det enkleste fenolstoffet: Benzol [10].

Tabell 4: En oversikt over fenolstoff forbindelser og deres vanlige kilde i frukt [12].

skjelett	klasse	vanlig kilde i frukt
C6	enkle fenoler	
C6-C1	fenolsyrer	vidt utbredt
C6-C3	kanelsyrer	vidt utbredt
C6-C3-C6	flavonoider	
	<i>flavoner</i>	sitrusfrukt,
	<i>flavonoler</i>	eple, pære
	<i>flavonolglykosider</i>	vidt utbredt
	<i>flavanoler</i>	druer
	<i>flavanoner</i>	sitrus, tomat
	<i>flavanonglycosider</i>	sitrus, jordbær
	<i>antocyaniner</i>	røde frukt (for eksempel epler)
	<i>flavanoler (katechiner)</i>	eple, pære, fersken, drue
	<i>chalkoner</i>	eple, pære, tomat

I epler finnes det fem polyfenolske hovedgrupper (figur 3): hydroksykanelsyre, flavan-3-oler/procyanidiner (katechin, epikatechin, procyanidiner), antocyaniner, dihydrochalkoner og flavonoler [102]. Forskjeller i den kjemiske sammensetningen i epler er påvirket av vekstperiodens lengde, årets vekstbetingelser, geografisk voksested og aller mest genetisk bakgrunn [102-104]. Med unntak av hydroksykanelsyre tilhører alle hovedgruppene i epler flavonoid-gruppen. Disse består av en C6-C3-C6- struktur med tre ringer (ABC). På grunn av et løssittende H-atom i ring B skjer det lett en hydroksilering i flavonoider med 3,4-dihydroksi konfigurasjon [105] som ser ut til å utgjøre den antioksidative virkningen.



Figur 3: Struktur av de fem viktigste fenolstoffgruppene i epler. (etter [106, 107])

Epler lagrer flavonoider (med unntak av flavan-3-oler) dessuten ofte som glykosider, altså bundet til et sukkermolekyl [103]. Flavonoler er i epler ofte assosiert med galaktose, glukose, ramnose, arabinose, og xylose. Dihydrochalkoner finner man ofte assosiert med glukose og xyloglukose [102].

Fenolstoffer finnes både i skallet og fruktkjøttet [108], men konsentrasjonen er høyest i skallet [109, 110]. Flavanoler og derivater av kanelnsyren utgjør omtrent 90 % av totalfenolinnholdet i epleskallet, avhengig av genetisk bakgrunn [12]. Dette gjelder imidlertid ikke klorogensyre som har den høyeste konsentrasjonen i kjerneregionen og frøene [103].

I *tabell 5* er det gitt en oversikt over totalfenolkonsentrasjonen i forskjellige frukt og grønnsaker. *Tabell 6* viser totalfenol-konsentrasjonen av noen moderne eplesorter.

Tilstedeværelsen av flavonoler og dihydrochalkoner skiller epler fra mange andre frukter, selv om konsentrasjonen i eplet er lav [111].

I planten har fenolstoffer antioksidativ og beskyttende virkning [83, 112-115] mekanisk støttefunksjon (lignin) og signalvirkning [106, 116-118]. Den røde signalfargen i eplet er forårsaket av antocyaniner hvorav den viktigste er cyanidin-3-galactosid [12].

Tabell 5: En oversikt over totalfenolkonsentrasjonen i forskjellige frukt og grønnsaker målt i gallussyreekvivalent (GEA) per 100 g ferskvekt [9].

frukt	mg GEA/ 100g eple	grønnsaker	mg GEA/ 100g eple
jordbær	330	rød kål	158
bringebær	228	brokkoli	128
plomme (rød)	320	løk	88
grapefrukt	150	spinat	72
appelsin	126	kål	58
drue grønn	80	erter	32
pære	60	blomkål	30
eple	48	tomat	30
fersken	38	purre	22
banan	38	salat	14

Tabell 6: En oversikt over totalfenolkonsentrasjonen i forskjellige eplesorter målt i gallussyreekvivalent (GEA) per 100 g ferskvekt [5-8].

sort	mg GEA/100 g fv
'Bramley's Seedling'	415,9
'Jonagold'	126,5
'Golden Delicious'	104,3-381,5
'Gala'	118-200,4
'Fuji'	230,5-367,3
'Red Delicious'	179,2-500,7
'Northern Spy'	191,5

SORTSBESKRIVELSE

INNLEDNING

For å bli bedre kjent med de undersøkte sortene ble det laget en kort sortsbeskrivelse. Denne er hovedsakelig basert på Per Stedjes "Norsk Pomologi i Epler" fra 1939 [11] og tilleggsinformasjon fra Atle Kvåle sin bok "Fruktsorter for yrkesdyrking og småhager" fra 1990 [119]. I tillegg ble det brukt andre pomologier som beskriver de gamle sortene [120-122]. Disse bøkene er ofte gamle, og nyere beskrivelser som er tilgjengelig på nettet er i hovedsak basert på den gamle litteraturen.

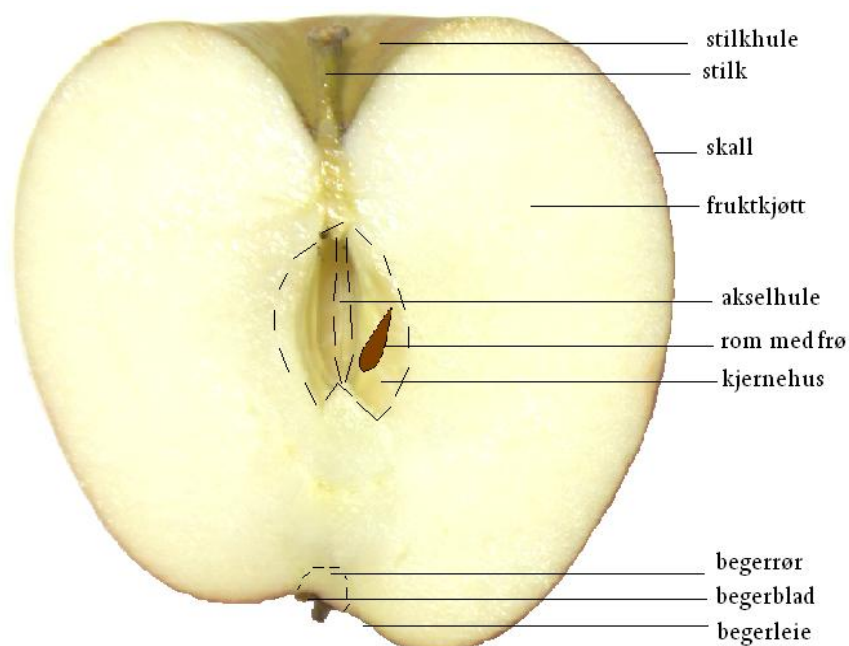
Da de fleste av de historiske sortene ikke er kommersielt interessante lenger, er det vanskelig å finne nyere opplysninger.

Undersøkte sorter som ikke er blitt beskrevet i de tilgjengelige pomologiene er: 'Håkonseple', 'Leiknes', 'Løeple', 'Benoni' og 'Oster'. Det var forholdsvis unge lokalsorter som antagelig ikke var utprøvd tilstrekkelig nok da den siste pomologien ble utgitt. 'Benoni' ser ikke ut til å ha vært kjent i Norge på denne tiden.

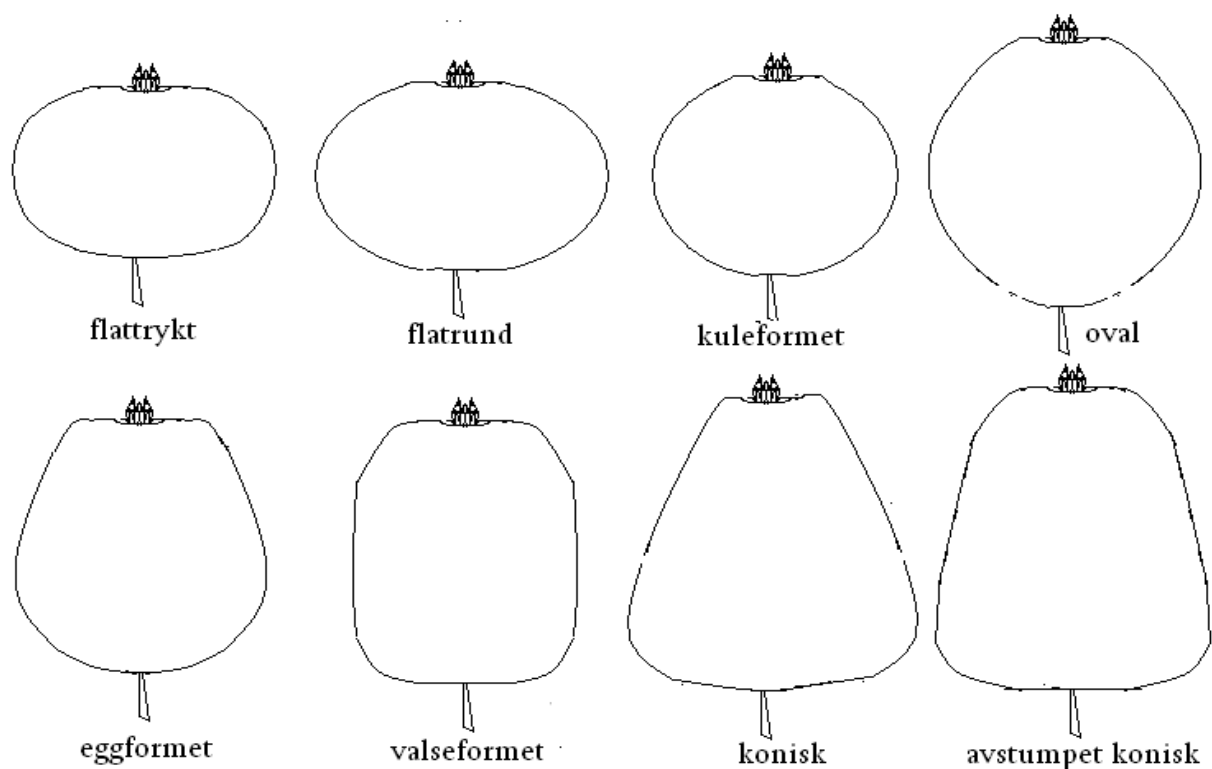
På internettsiden <http://www.skogoglandskap.no/seksjoner/sortsdatabase> finner man en oversiktlig beskrivelse av de fleste sortene som ble analysert i denne undersøkelsen med unntak av sorten Håkonseple. I tillegg er det beskrevet flere andre historiske sorter.

Tabell? gir en oversikt over hvor de ulike sortene er bevart. Noen gamle sorter er tilgjengelig fra kvistbanken ved Eliteplantestasjonen i Sauherad.

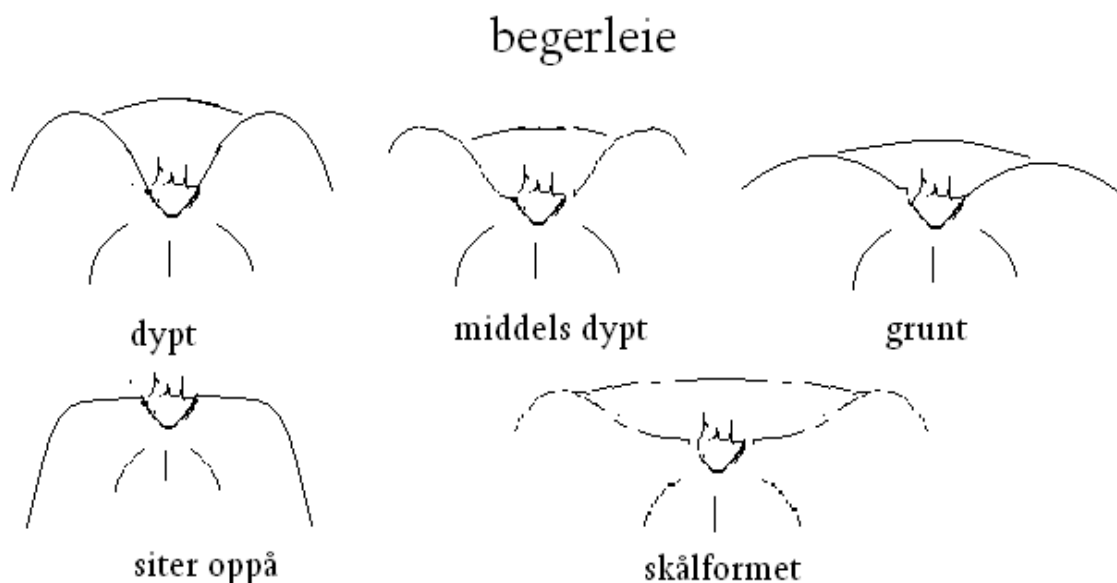
I denne sortsbeskrivelsen blir det historiske opphavet til sorten omtalt, samt blomstrings- og modningstid og en kort beskrivelse av frukten. Figur 4-6 skal hjelpe til å forstå beskrivelsene bedre.



Figur 4: Tverrsnitt av et eple.



Figur 5: Epler kan ha forskjellige form som vist her (etter [11])



Figur 6: Forskjellige former av begerleier (etter [11]).

Det er også tatt med en kort beskrivelse av treet som er et dobbeltindivid bestående av sorten som er podet på en grunnstamme. I tillegg blir vinterherdighet og sykdomsresistens kommentert. Generelt vil vinterskader i Norge oppstå ved -25 C over lengre tid og epledyrking er ikke egnet for herdighetszone H7 og H8 og høyder >500 m o.h. [38]. Den avsluttende bruksverdien er hovedsakelig basert på den norske pomologien og hver og en må selv vurdere om anbefalingene er aktuelle også i dag.

Tabell 7: Oversikt over bevaringssteder for de undersøkte sortene.

bevaringssted	Besøksadresse:	E-post:	Kontaktperso	sort
Graminor/ Njøs næringsutvikling/ Norsk	Njøsavegen 5, 6863 Leikanger	stein.harald.hjeltnes@graminor.no	Stein Harald Hjeltnes	a, b, d, f, g, i, k, l, m, n, o
Grønt kompetansesenter, Hjeltnes Gartnerskule	5730 Ulvik	post.hgs@post.hfk.no	Andrid Solaas Innset	b, c, d, e, f, g, h, k, m, n, o
Hardanger Folkemuseum	5778 Utne	torfinn@hardanger.museum.no	Torfinn Hus	o
Hedmarksmuseet/ Domkirkeodden	Strandveien 100, pb 1053, 2305 Hamar	post@domkirkeodden.no	Aud Jovall	c, e
Hvaler Fruktprosjekt, Skjærhalden	Nordgården Dypedal, Spjærøy, 1684	kbothn@online.no	Kjell Bothne	c, e, i,
Institutt for plante- og miljøvitenskap, UMB	pb 5003, 1432 Ås	finn.mage@umb.no	Finn Måge	a, b, c, d, e, f, g, h, i, k, l, m, n, o, p
Lier Bygdetun	Paradisbakkend e 29, 3400 Lier	lierbygdetun@hotmail.com	Olav Garås	c, d, i, l,
Lund Bygdemuseum og	Nystedveien, 4460 Moi	kulturbank@lundmuseum.no	Per Christoffer	b, c, e,
Kanilstunet (Nordfjord)	Hauge, 6823 Sandane	kaar-ha4@online.no	Kåre Hauge	b, e, g, k,
Nordfjord Folkemuseum	Gota 16, 6823 Sandane	post@nordfjord.museum.no	Aslaug Nesje Bjørlo	b, e, g, k, o
Norsk hagebruksmuseum	Dømmesmoen, 4885 Grimstad	nhm@gbm.no	Vivian Stølen	b, i,
Ryfylkemuseet	4130 Hjelmeland	trygve@ryfylkemuseet.no	Trygve Brandal	c, e, f, h, i,

'Benoni'^a, 'Bramley's Seedling'^b, 'Flaskeple'^c, 'Fuhr'^d, 'Fosseple'^e, 'Furuholm'^f, 'Høyenes'^g, 'Håkonseple'^h, 'Laxton's Superb'ⁱ, 'Leiknes'^k, 'Leinestrånd'^l, 'Løple'^m, 'Oster'ⁿ, 'Prins'^o, 'Åkerø'^p

Med mindre annet er oppgitt er alle bildene tatt av forfatteren.

SKILDRING OG BILDER AV 16 EPLESORTER

'Aroma'

Opphav: 'Aroma' (*bilde 1*) er en svensk krysning av sorten 'Ingrid Marie' x 'Filippa' i 1947 ved Sveriges Landbruksuniversitet i Alnarp, Balsgård, som markedsførte sorten fra 1973. Den kom til Norge i 1966 som BM 31021 for prøvedyrking [123] og er i dag Norges hovedsort innen eple dyrking.

Blomstring: Sorten blomstrer middels sent [124] til sent [119] og har en tendens til vekselbæring [123]. 'Aroma' er ikke selvpollinerende [125].

Modningstid: Fruktene kan høstes september-oktober. De er spisemodne fra november til slutten av januar [123].

Frukten: Eplene (*bilde 2*) er middels store til store, flattrunde til kjegleformete og runde i tverrsnitt. De har en gulgrønn til gul grunnfarge og er mer eller mindre dekket av en rød/lysrød dekkfarge på solsiden [119]. Det har oppstått flere røde mutanter med en høy grad av dekkfarge. Fruktkjøttet er gulhvitt, middels fast og saftig med et godt balansert sukker/syreforhold. Sorten har en god aroma [119, 123].

Treet: Treet er middels- til kraftigvoksende med en utbredt kroneform. Det kommer tidlig i bæring [123] og danner ingen naturlig midtstamme [119] og er utsatt for nakne greinpartier. Det stiller store krav til voksestedet og stell og liker ikke tung jord, sterk nitrogen gjødsling og dårlig lystilgang. Slike forhold kan føre til dårlig kvalitet [119]. M26 og M9 er egnete grunnstammer.

Vinterherdighet: Sorten er godt vinterherdig [123](H4-H5)[119].

Sykdommer: Fruktene kan angripes av kjølelagersopp (*Gloeosporium*) under lagring [119, 123, 126]. De kan også få lett prikksyke ved kalsiummangel [119]. Sorten er sterk mot skurv [119, 124, 126] men kan angripes av frukttrekraft og innrâte (*Fusarium*)[119].

Bruksverdi: På god jord og i gode år er 'Aroma' en særdeles god bordfrukt [123] som kan dyrkes alle steder i landet [119].



Bilde 1: 'Aroma'-eple



Bilde 2: lengdesnitt og tverrsnitt gjennom et 'Aroma'-eple

'Benoni'

Opphav: 'Benoni' (*bilde 3*) er en amerikansk sort fra omkring 1830 med ukjente foreldre fra gården til Mr. Mason Richards, Dedham i Massachusetts [123].

Blomstring: Sorten blomstrer middels tidlig og har en tendens til vekselbæring [125].

Modningstid: Fruktene høstes i slutten av september og brukes fra oktober til desember [123]. Det er ingen lagringsort [125].



Bilde 3: 'Benoni'

Frukten: Eplene (*bilde 4*) er små til middels store, rund til kjegleformete og flattrykte ved stilk og beger. De har en gulgrønn grunnfarge og en rød, ofte stripete dekkfarge på solsiden. Fruktkjøttet er gulhvitt, fast, fint og saftig med en søt og noe syrlig, god smak. Eplet er aromatisk med en god duft [123].



Bilde 4: lengdesnitt og tverrsnitt gjennom et 'Benoni'-eple

Treet: Treet har en kraftig og opprett vekst de første årene, men blir ikke stort. Det kommer middels til tidlig i bæring [123].

Vinterherdighet: Sorten er middels vinterherdig [127].

Sykdommer: 'Benoni' er noe utsatt for kreft [127].

Bruksverdi: Det er en meget god bordfrukt [123, 125].

'Bramley's Seedling'

Opphav: 'Bramley's Seedling' (*bilde 5*) er engelsk og mortreet skal ha sitt opphav i 1809 da den unge Miss Mary Ann Brailsford plantet det i hagen sin i Southwell, Nottinghamshire [125]. I 1823 kjøpte Matthews Bramley huset med hagen, og i 1837 bar treet for første gang frukt [128]. Sorten kom i handelen fra samme sted via planteskoleeieren Merryweather og ble plantet i England fra 1867. Ved en utstilling i Cheswick i 1883 ble man oppmerksom på sorten som ble overført til Danmark via Frankrike samme år [120]. Litt senere kom sorten også til Sverige og Norge. I Norge ble den sjelden plantet før 1900. I England derimot var sorten et svært verdisatt mateple [11] og er det fremdeles.



Bilde 5: 'Bramley's Seedling' (foto: David Wright)

Blomstring: Treet blomstrer middels tidlig og lenge. Sorten er triploid [11].

Modningstid: Eplene høstes fra midten av oktober. De er modne i desember og holder seg til mars [11, 123].

Frukten: Fruktene (*bilde 6*) er middels store til store, flatrunde til runde og regelmessige med rundt eller tilnærmet femkantet tverrsnitt. Begeret er stort og lukket til halvåpent med et grunt, trangt begerleie som ofte er delvis fylt med kjøttbulker. Stilken er kort og kjøttfull og ofte skjevt innsunket i en kjøttbulk. Stilkhule er grunn og vid. Kjernehuset er flattrykk og høytliggende med middels store rom som nesten er åpne og langt tilspissa mot stilken. Begerrøret er stort og vidt traktforma. Skallet er fett og har en grønn, sjeldnere gulgrønn grunnfarge og utvikler en brunrød til oransjerød dekkfarge med løst flammert mønster. Fruktkjøttet er lysegult med grønne flekker nærmest skallet, fast og etter hvert mørt. Sorten har en utpreget syrlighet, er middels saftig og har lite aroma [11].



Bilde 6: Lengdesnitt og tverrsnitt gjennom et 'Bramley's Seedling'-eple; eplet til høyre ble brukt til å måle fasthet med.

Treet: Treet har en kraftig vekst, særlig på M9, men på M27 er sorten også egnet for mindre hager [128]. Den utvikler en bred krone med horisontale, til dels hengende greiner [11].

Vinterherdighet: Sorten er godt vinterherdig [11], men kan være utsatt for frostskafer i blomsten [128].

Sykdommer: 'Bramley's Seedling' får lett skurv og kreft i nedbørsrike strøk [11], ellers er sorten sterk mot skurv og resistent mot mjøldogg [125]. Den kan få problemer med bladlus som ungt tre men er ellers beskrevet som en meget sterk sort [120]. Store frukter kan lett få prikkpsyke under lagring [120].

Bruksverdi: Det er et verdifullt mateple som er lett å pakke og som tåler lang transport. Det er rikt på C-vitamin [11]. Sorten skal helst ikke lagres under 4 °C, men er godt egnet til lagring ved 10 % CO₂ [128].

'Flaskeple'

Opphav: 'Flaskeple' (*bilde 7*) er tysk og stammer sannsynligvis fra Holstein. Den ble tatt opp i planteskolen på Høvik, Lier, i 1822 og var på 1800-tallet en av de best likte sortene i landet [11]. Sorten ble allerede beskrevet i 1788 av Hirschfeld [121] og var kjent under mange navn [129]. I Tyskland er sorten kjent blant annet som 'Prinzen-Apfel' [122].



Bilde 7: 'Flaskeple'

Blomstring: Sorten blomster sent og har godt pollen [11].

Modningstid: Fruktene kan høstes i midten av oktober [123], men er utsatt for nedfall ved modning og må derfor ofte plukkes tidligere, til ulempe for holdbarheten. Modningstid er desember-januar og fruktene holder seg til februar-mars [11].

Frukten: Eplene (*bilde 8*) er middels store til store, valseformede eller ovale med størst bredde på midten. De er nesten runde i tverrsnitt. Begeret er lukket, med middels dypt og trangt begerleie med små rynker som går over



Bilde 8: Lengdesnitt og tverrsnitt gjennom 'Flaskeple'

begerkvelvingen., Stilken er tynn, lang og lite dunet. Kjernehuset er ovalt til løkformet med store, tilspissete rom og opprevne vegger. Rommene er åpne mot en svær aksehule. Begerrøret er traktformet til kjegleformet. Grunnfargen er gulgrønn. Dekkfargen vises i røde prikker og striper på solsiden eller rundt hele frukten. Fruktkjøttet er gulhvitt med gule karstrenger, fast og senere melen. Sorten er ikke saftig men har en særegen aroma og en sterk lukt [11, 120, 129].

Treet: Treet har en middels kraftig vekst. Unge trær utvikler en spiss krone som senere brer seg noe ut [11].

Vinterherdighet: Sorten er bra hardfør [120].

Sykdommer: Sorten er utsatt for kreft [120], men trolig bare på ugunstige voksesteder [129]. Det kan forekomme toptørrhet, skurv og fruktskimmel [120].

Bruksverdi: Eplene er beskrevet som gode bord- og husholdningsfrukter [11].

'Fosseple'

Opphav: Denne norske sorten (*bilde 9*) har fått navn etter garden Foss, i Sogndal i Sogn. Det er ikke kjent om sorten også kommer fra denne gården. Den kan ha kommet fra utlandet sammen med folk som eide gården. Sorten ble spredd fra Henrik Krohns planteskole på Stedje i Sogndal fra ca. 1875 og senere fra Sandveds planteskole, Sandnes til Vest- og Sørlandet.[11]



Bilde 9: 'Fosseple' i forsøksfrukthagen (UMB)

Blomstring: Sorten blomstrer middels tidlig og har god pollenkvalitet [11].

Modningstid: Fruktene kan høstes i oktober [123] og er modne fra midten av oktober [119]. De kan holde seg til februar [11].

Frukten: Eplene (*bilde 10*) er middels store, valseformede med største bredde på midten og flate ender. En side kan være sterkere utviklet [119]. Begeret er middels stort og åpent til halvåpent. Begerleiet er middels dypt og trangt i bunnen og vidt skålforma i øvre delen. Stilken er middels til lang, tynn, og evt. litt kjøttfull. Stilkhulen er middels djup, trang og kan vise en liten kjøttbulk.



Bilde 10: Lengdesnitt og tverrsnitt gjennom 'Fosseple'

Man finner ofte rust i stråler i stilkhulen. Kjernehuset er middels stort og ovalt til eggforma. Rommene er og tilspisset stilken. De er litt åpne mot aksen. Begerrøret er kort kjegleformet til-traktformet. Tverrsnittet av eplet er ikke helt rundt, men noe kantet. Skallet er fettete med gul til gulhvitt grunnfarge og brunrøde flammer eller marmoreringer på solsida [119]. Rundt stilken finner man ofte gråbrune skallpunkt med lys ring. Kjøttet er hvitt, til dels med røde striper. Det er middels fast til mørt, ikke spesielt saftfullt, men søt med en balansert syrlighet og noe aroma [11]. I god utvikling er smaks kvaliteten svært god [119].

Treet: Treet har en middels kraftig og opprett vekst. Krona blir senere mer rund og vid [11]. M26 kan være en egnet grunnstamme [119].

Vinterherdighet: Sorten er middels til lite vinterherdig (H4) og ikke egnet for indre og høyere strøk [11, 119].

Sykdommer: Det er en motstandsdyktig sort mot de fleste soppsykdommene. Fruktene kan en sjelden gang få eplerust [11] og skurv på bladene under ugunstige forhold [119].

Bruksverdi: Sorten er beskrevet som en god til meget god bordfrukt. Den er meget egnet til dyrking i kyststrøk [11, 119].

'Fuhr'

Opphav: 'Fuht' (*bilde 11*) er norsk med ukjent opphav og er spredd fra Luster i Sogn der sorten for første gang ble lagt merke til omkring 1860-1880. Den ble funnet blant søtepler på gården Frachstu, Dalsøyri. Sorten har navn etter planteskoleeieren Ole Sjurson Fuhr som spredde sorten under navnet 'Fuhreplet', også kjent under navnet 'Kavil' [11].



Bilde 11 : 'Fuhr' i forsøksfrukthagen (UMB)

Blomstring: Blomstringen er tidlig. Pollenkvaliteten er god [11].

Modningstid: Fruktene høstes i slutten av september. De er modne fra oktober og kan holde seg til januar [11, 123].

Frukten: Eplene (*bilde 12*) er middels store til små, flatrunde og ofte skjeve med noe kantet tverrsnitt. Begeret er lite og lukket. Begerleiet er vidt og ofte lite merkbart med mange fine rynker. Stilken er lang, middels tykk og dunete. Stilkhulen er middels dyp, vid, regelmessig og rustkledd. Kjernehuset er stort, rundt, løkformet og høytsittende. Rommene er middels store, tilspisset mot stilken og åpne mot akselen. Begerrøret er svært kort, egg- til skålforma. Skallet kan være litt fettete og har en grøngul til strågul grunnfarge ved modning. Store deler av skallet er dekket med røde flammer og striper og eplet utsondrer en sterk lukt. Kjøttet er hvitt eller litt grønnlig med grønne eller røde årer. Det er fast til mørt, mildt syrlig og ikke spesielt saftig [11].



Bilde 12: Tverrsnitt gjennom et 'Fuhr'-eple

Treet: Treet har en kraftig, opprett vekst, senere mer hengende. Det har en rund til flatrund krone [11]. Treet er ikke egnet som formtre [11].

Vinterherdighet: Sorten er bra vinterherdig [11].

Sykdommer: Sorten er motstandsdyktig mot sykdommer, men utsatt for kreft i regnrrike strøk [11].

Bruksverdi: Eplet blir beskrevet som en god bord- og husholdningsfrukt [11].

'Furuholm'

Opphav: Det er en norsk sort (*bilde 13*) fra planteskoleeier Th. Bryne i Stavanger. 'Sävstaholm' er en av foreldresortene [11]. 'Furuholm' er framavlet rundt 1909-1920 [11, 119].



Bilde 13: 'Furuholm' i forsøksfrukthagen (UMB)

Blomstring: Sorten blomstrer tidlig og er en god pollensort[11].

Modningstid: 'Furuholm' høstes fra august til september. Den har brukstid fra september til oktober [11].

Frukten: Sorten har middels stor og tilnærmet valseformet frukt (*bilde 14*) som ligner i formen på Åkerø og har også dens karakteristiske "nese" ved stilkhulen. Frukten har et grunt begerleie som er stort og lukket til halvåpent. Stilken er middels lang og litt tynn. Stilkhulen er trang og grunn og ofte rustkledd. Grunnfargen er gulgrønn til gulhvitt med rosarød dekkfarge i striper og flammer. Fruktkjøttet er hvitt og middels fast, særdeles saftig med svakt utpreget sukker/ og syreinnhold. Fruktene har en svært god smak og aroma [11].



Bilde 14: Lengdesnitt og tverrsnitt gjennom 'Furuholm', ikke fullstendig moden

Treet: Treet karakteriseres gjennom en kraftig vekst med beine og tynne skudd som henger lett og som danner en rund krone [11].

Vinterherdighet: Sorten er godt vinterherdig [11] og tåler barskt kystklima [119].

Sykdommer: 'Furuholm' er resistent mot skurv [130] og de vanligste soppsykdommene [11, 119]. Det er en god sort for kystområder på Sør- og Vestlandet siden sorten ikke er kravstor i forhold til klimaet [119, 124].

Bruksverdi: Sorten er omtalt som svært god bordfrukt [11].

'Høynes'

Opphav: 'Høynes' (*bilde 15*) er frøformert på garden Høynes i Stårheim, Nordfjord rundt 1750 og dermed norsk [11].

Blomstring: Treet blomstrer middels tidlig [11].

Modningstid: Fruktene høstes fra oktober og er modne fra januar. De kan holde seg til april [11].



Bilde 15: 'Høynes' i forsøksfrukthagen (UMB)

Frukten: Eplene er små til middels store og runde til ovale. Stilkhulen er ofte skjev. Grunnfargen er grøngul med rød dekkfarge i flammer og striper over store deler av frukten. Fruktkjøttet er hvitt, fast og tørt. Frukten er noe syrlig og uten særlig aroma [11].

Treet: Treet har en middels kraftig vekst og danner sterke skudd. Det former en stor, rund krone [11].

Vinterherdighet: Treet er særdeles hardført og tåler mye nedbør og vind [11].

Sykdommer: Sorten er ikke utsatt for de vanlige eple sykdommene [11].

Bruksverdi: 'Høynes' er kjent som god husholdningsfrukt og er egnet for kyststrøk [131].

'Håkonseple'

Opphav: 'Håkonseple' (*bilde 16*) ble frøsådd i Sjøtun, Selvik i Jondal, rundt 1905 [124].

Det er ingen informasjon tilgjengelig om blomstring, treet, vinterherdighet og sykdommer.

Modningstid: Fruktene høstes fra oktober. De er modne litt senere og brukbare til januar.

Frukten: Eplene (*bilde 17*) er middels store til store og noe valseformede med gulgrønn grunnfarge, og lite dekkfarge i røde marmoreringer. Sorten har en god smak og fast konsistens.

Bruksverdi: 'Håkonseple' skal være en god bord- og husholdningsfrukt.



Bilde 16: 'Håkonseple' i forsøksfrukthagen (UMB)



Bilde 17: Lengdesnitt og tverrsnitt gjennom 'Håkonseple'

'Laxton's Superb'

Opphav: 'Laxton's Superb' (*bilde 18*) er en engelsk kryssning mellom 'Cox's Orange' x 'Wyken Pipping' utført av Laxtons Bros. Ltd. I 1897 i Bedford, England. Derfra ble sorten spredt fra omkring 1921. I Danmark ble sorten solgt fra planteskolen Mathiesen i Korsør fra 1927 og etter 1930 ble det plantet rikelig med sorten i Norge [11].



Bilde 18: 'Laxton's Superb' i forsøksfrukthagen (UMB)

Blomstring: Sorten blomstrer sent og er en god pollensort [11]. Den er delvis selvpollinerende og har en tendens til vekselbæring [123].

Modningstid: Eplene plukkes etter midten av oktober. De er modne fra desember og kan holde seg til mars [123].

Frukten: Eplene (*bilde 19*) er middels store til store, konisk flatrunde med størst bredde på midten og rundt tverrsnitt. Begeret er middels stort, halvåpent og har et grunt, vidt og skålformet begerleie med små rynker. Det kan forekomme litt rust der. Stilken er dunet, middels lang og tykk. Den når så vidt ut av stilkhulen som er middels dyp, trang og kjegleformet. Der finner man ofte grønngrå rustkledning i stråler. Kjernehuset er middels stort, bredt, løkformet og noe høgtsittende. Rommene er trange og små. De er tilspisset i begge ender og halvt åpne mot aksene. Begerrøret er kort og kjegleformet. Skallet er litt fettete med en matt, grønn grunnfarge som ved modning blir grågul. Store deler av frukten er dekket av brunrøde flammer og utydelige striper som på solsiden er sammenhengende og noe mørkere. Fruktkjøttet er gulhvitt, fast og søtt. Det kan være ganske tørt, har lite syre, men en god aroma [11].



Bilde 19: Lengdesnitt og tverrsnitt gjennom 'Laxton's Superb'

Treet: Treet har en middels sterk og noe opprett vekst som senere er mer utspredd og hengende [11].

Vinterherdighet: Den er middels vinterherdig og trives best i varme og tørre strøk [11, 132].

Sykdommer: Sorten er sterk mot de vanligste soppsykdommene og skadedyr [11], men er noe utsatt for skurv [123].

Bruksverdi: Det er en god bordfrukt i gode år, men kvaliteten skal være mindre enn den fra morsorten 'Cox's Orange' [11].

'Leiknes'

Opphav: 'Leiknes' (*bilde 20*) er en norsk frøsort som vokste hos O.M. Leiknes, Hamre i Hordaland omkring 1890 og ble spredt fra Eides planteskole, Ostereidet, omkring 1930. Den var først kjent under navnet 'Venus' men fikk senere navnet den har i dag [123, 124].



Blomstring: Det er ikke dokumentert noe om *Bilde 20: 'Leiknes' i forsøksfrukthagen (UMB)* blomstringen til denne sorten.

Modningstid: Sorten høstes fra midten til slutten av september og er moden fra oktober til november [119, 123]. Den gir noenlunde årviss avling [119]. Fruktene blir imidlertid melen under lengre tids lagring [119].

Frukten: Eplene (*bilde 21*) er middels store, kort valseformede til rundt kjegleformede og tydelig flate i begge ender. Skallet er ofte litt fettete med grønn gul grunnfarge, røde striper og marmoreringer i dekkfargen og tydelige skallpunkter. Fruktkjøttet er hvitt til grønnhvitt og middels fast, sprøtt og saftig. Det er litt syrlig og med god smak, men lite aroma [119, 123].



Bilde 21: Lengdesnitt og tverrsnitt gjennom 'Leiknes'

Treet: Sorten har en middels sterk vekst og danner en rund krone [123]. M26 kan være en aktuell grunnstamme [119].

Vinterherdighet: Sorten er nøysom, men ikke særlig vinterherdig (H4); [119].

Sykdommer: Sorten er sterk mot soppsykdommer og kreft. Den er mer angrepet av skurv siden 1950-tallet og dermed litt utsatt i dag [119, 123].

Bruksverdi: Det er en bordfrukt [123] som er egnet for dyrking i kyststrøk [119].

'Leinestrand'

Opphav: 'Leinestrand' (*bilde 22*) er en frøsådd, norsk sort med navnet etter gården Leinestrand ved Hole i Ringerike. Morplanten ble funnet omkring 1850 og sorten ble spredd via Søhol planteskole i årene 1860-1870. I 1912 ble sorten utstilt for første gang i København ved "Den 4. nordiske



Bilde 22: 'Leinestrand' i forsøksfrukthagen (UMB)

hagebruksutstilling". På 1930-40-tallet ble sorten også plantet andre steder i Norge enn Ringerike [11].

Blomstring: Sorten blomstrer tidlig og er en god pollensort [11].

Modningstid: Eplene er modne fra midten av august til begynnelsen av september [123]. De har kort holdbarhet. Treet bærer jevnt [11].



Bilde 23: Lengdesnitt og tverrsnitt gjennom 'Leinestrand', ikke fullstendig moden

Frukten: Eplene (*bilde 23*) er store, avstumpede og kjegleformede og ikke helt runde i tverrsnitt. Mindre frukter er rundere. Begeret er lite lukket. Begerleiet er grunt og middels vidt med små kanter som er lite synlige og går nedover frukta. Stilken er kort, tjukke og har grønn dun. Stilkhulen er grunn, trang og middels vid. Den er glatt med rust i stråler. Kjernehuset er stort, løkforma og har store rom som er åpne mot aksene og noe tilspisset mot stilken. Begerrøret er traktformet. Grunnfargen er gulgrønn til gulhvitt. På solsiden utvikler sorten en svak rødfarge eller røde prikker. Karakteristisk er også små skallpunkter med tydelig lysere ring omkring. Skallet er litt fettete når eplet er modent. Fruktkjøttet er gulhvitt og halvfast til mørt. Det er syrlig, lite søtt, middels saftig og med svak aroma [11].

Treet: Treet har en middels kraftig vekst med utbredt rundt krone og noen hengende greiner [11].

Vinterherdighet: Sorten ser ut til å være hardfør [11].

Sykdommer: 'Leinestrand' er lite utsatt for frukttrekraft og skurv [11].

Bruksverdi: Sorten er beskrevet som svært god bordfrukt [11].

'Løple'

Opphav: Mortreet ble plantet som frø av Marta Mjanger i Mjanger i Masfjorden i Hordaland i 1925. Frøet kom fra et amerikansk eple [123]. Sorten (*bilde 24*) er lite utprøvd [119].



Bilde 24: 'Løple' i forsøksfrukthagen (UMB)

Blomstring: Sorten trenger andre pollensorter [124]. Det er ingen data om blomstringstid tilgjengelig.

Modningstid: Sorten modner fra midten til slutten av september. Den er bruksmoden fra oktober til november [119, 123]. I Norge kan den være moden allerede fra september. Eplene har kort holdbarhet [119].

Frukten: Eplene er middels store, (avstumpet-) kjegleformede med tydelige kanter i tverrsnittet. De har en gulgrønn grunnfarge og røde prikker i dekkfargen som går over i en sammenhengende rød dekkfarge på solsiden. Fruktkjøttet er hvitt og litt løst [123].

Treet: Treet har en middels kraftig vekst og en bred krone med sterke greinvinkler [123]. Treet blir middels til stort og kan podes på M26 [119].

Vinterherdighet: Sorten ser ut til å være middels vinterherdig (H4) [124]. I kyststrøk har det ikke blitt observert frostskafer og sorten er lovende for kyststrøk [119].

Sykdommer: Sorten er sterk mot frukttrekraft, skurv og meldugg, frukten er svært sterk mot skurv og gul monilia [119].

Bruksverdi: Sorten gir god bordfrukt [123] som kan nå en svært god kvalitet [119].

'Oster' ('Sävstaholm II')

Opphav: 'Oster' (*bilde 25*) ble observert for første gang i Ostereidet, Norge, ca. 1915 der sorten var blant et innkjøp av sorten 'Sävstaholm'. Seinere ble sorten spredd fra Magnus Eides planteskole fra ca. 1930 [123].



Bilde 25: 'Oster' i forsøksfrukthagen (UMB)

Blomstring: 'Oster' blomstrer tidlig og rikelig. Pollineringsforholdene er per i dag ikke undersøkt [123].

Modningstid: Fruktene høstes fra midten til slutten av august. Siden de har kort holdbarhet bør de spises seinest i begynnelsen av oktober [119, 123].

Frukten: Eplene er middels store, ovale og i tverrsnitt runde. Grunnfargen er grønn gul med røde striper og prikker i dekkfargen, men sorten kan utvikle en sterk rødfarge på solsiden. Fruktkjøttet er hvitt til gulhvitt, løst og saftig med en utpreget syrlighet og med en sterk utpreget aroma [123].

Treet: Treet er svaktvoksende med hengende greiner og rund til utbredt krone. Det bærer rikt og årvisst. M106 sies til å være en gunstig grunnstamme [119, 123].

Vinterherdighet: Det har ikke blitt observert vinterskader i kyststrøk [123].

Sykdommer: Sorten er uvanlig sterk mot skurv og frukttrekraft [123].

Bruksverdi: Det sies å være en egnet tidligsort for kyststrøk [123].

'Prins'

Opphav: 'Prins' (*bilde 26*) kommer antagelig fra Hardanger. Lars Brandestveit, Ullensvang, fikk podekvister med ukjent opphav fra Wilhelm Koren, Ullensvang, i 1860. Han podet om to av trærne i hagen sin. Derfra ble sorten spredt utover hele landet. [11]



Bilde 26: 'Prins' i forsøksfrukthagen (UMB)

Blomstring: Sorten blomstrer middels tidlig og er en god pollensort [11]. Den bærer frukt i klaser og krever derfor tynning [126].

Modningstid: Fruktene plukkes i begynnelsen til midten av september [119, 126]. De modner fra slutten av september-oktober [119] og kan holde seg til desember [11]. Sorten er en vekselbærer [119].

Frukten: Eplene (*bilde 27*) er små til middels store, kjegleformede og runde i tverrsnittet. Begeret som er grønt med dunhår er middels stort og halvåpent til nesten åpent. Begerleiet er middels dypt og regelmessig og bredt skålformet uten kanter. Stilken er middels lang og rekker bare så vidt ut i ytterkant av stilkhulen som er dunet, middels dyp og trangt traktforma. Man finner der ofte rust i stråler. Kjernehuset er lite, bredt løkformet og noe høytsittende.



Bilde 27: Lengdesnitt og tverrsnitt gjennom 'Prins', ikke fullstendig moden

Rommene er middels store og ofte tilspisset mot stilken. Begerrøret er kort og bredt kjegle- til traktformet. Grunnfargen er gulgrønn med røde marmoreringer og flammer i dekkfargen på store deler av frukten. Til dels finner man kraftige røde striper og tydelige lyse skallpunkt rundt stilkhulen. Fruktkjøttet er hvitt, grovt, sprøtt og tørt. Det er syrlig med særegen og god aroma [11].

Treet: Treet har en middels kraftig vekst. Det blir relativt lavt og danner en flat og vid krone med åpne greinvinkler [11]. M106 er en egnet grunnstamme [119].

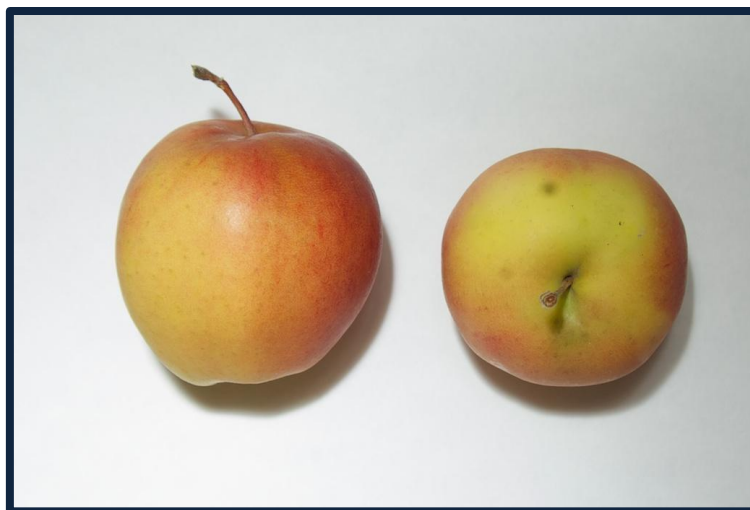
Vinterherdighet: Tidligere ble sorten beskrevet som hardfør [11], men nyere vurderinger sier at sorten ikke er spesielt hardfør (H3-H4); [119].

Sykdommer: 'Prins' er utsatt for frukttrekraft [11, 126], men er motstandsdyktig mot skurv. Frukten kan bli angrepet av prikksyke og eplerust [11]. Det blir dessuten ofte observert glassepler på denne sorten.

Bruksverdi: Sorten omtales som god til svært god bordfrukt [11].

'Åkerø'

Opphav: 'Åkerø' (*bilde 28*) er antagelig svensk med navn [131] etter Åkerö herregård i Södermanland [11]. Mortreet ble importert som frø av gårdseieren trolig fra Nederland i 1759. I 1858 ble sorten beskrevet av den svenske pomologen O. Eneroth. Sorten ble innført i Norge i 1860 og først plantet i 1863 i Frukthagen på Ås. [11]



Bilde 28: 'Åkerø' i forsøksfrukthagen (UMB)

Blomstring: Åkerø blomstrer tidlig til middels tidlig og er en god pollensort [11]. Den har en tendens til vekselbæring og må derfor evt. tynnes [123]. Sorten er ikke selvpollinerende [125].

Modningstid: Eplene kan høstes fra begynnelsen av oktober. De er spisemoden fra midten av oktober til november og kan holde seg til februar[123].

Frukten: Fruktene (*bilde 29*) er middels store, avstumpet egg- til valseformet med nesten rundt tverrsnitt og matt skall. Begeret er nesten lukket og har et middels dypt begerleie med middels vide kanter som går sømløst over i frukten. Stilken er lang og tynn med noe dun. Den er ofte innestengt av en kjøttbulk som fyller stilkhulen som er grunn.



Bilde29: Lengdesnitt og tverrsnitt gjennom 'Åkerø'

Kjernehuset er stort og rundt til hjerteformet. Rommene er åpne mot aksene og noe spissere mot stilken enn aksene. Begerrøret er konisk til traktformet. Grunnfargen er lysgul til gulgrønn og dekkfargen er teglsteinsrød. Ofte dekker den hele frukten. Man finner sjeldnere røde prikker eller striper [11]. Fruktkjøttet er gulhvitt og fast og lite saftig [119]. Sorten har et balansert sukker- syreforhold og er aromatisk. Typisk for sorten er dannelsen av en utvekst i fruktkjøttet ved stilkfestet [11].

Treet: Sorten har et sterktvoksende tre med smal krone og opprette greiner med spisse greinvinkler [119]. Eldre trær har rundere krone [11]. Greiner seg lite og er vanskelig å forme [119]. Sorten kommer sent i bæring på sterktvoksende grunnstammer, selv på M4 (8-10år). På svaktvoksende grunnstammer (M26, M9, M7) kommer sorten tidligere og jevnere i bæring, men da ofte med mindre fruktstørrelse [133].

Vinterherdighet: Sorten er hardfør til H5 [119], men den er utsatt for knoppskader i ugunstige år [133].

Sykdommer: På Vestlandet er sorten utsatt for soppsykdommer, kreft og skurv [119, 123], iblant også for "innråde" (*Fusarium*). Fruktene får lett prikksyke (kalsiummangel); [119, 133].

Bruksverdi: Det er en svært god bordfrukt [11] som taper fasthet og smak ved lang lagring [134]. Sorten passer bedre på Østlandet enn Vestlandet, og trenger gode vekstvilkår dersom kvaliteten skal være bra [119].

MATERIAL OG METODE

KJEMIKALIER

Natrium acetat, iseddiksyre, saltsyre (HCL), vannholdig jerntriklorid heksahydrat ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), jerndisulfat heptahydrat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), oksalsyre og L(+)-askorbinsyre ble kjøpt hos Merck, Darmstadt, Tyskland. 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ) og 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl-2-carboxylic acid (Trolox) ble kjøpt fra Fluka Chemie, Tyskland. 3,4,5-trihydroxybenzoic acid (gallussyre) og Fiolin-Ciocalteu's fenol reagens (F-9252) ble kjøpt hos Sigma (G-7384). Natriumkarbonat ble kjøpt hos Merck (A/961192725). Alle øvrige kjemikalier hadde analytisk eller høy kvalitet.

For HPLC-analysen ble det framstilt ultrarent vann med en Millipore, MilliQ Synthesis System A10.

For analysen med Konelab 30i fotospektrometer (Thermo Electron Corp. Vantaa, Finland) ble destillert vann framstilt med et Aquatron destillasjonsapparat.

BIOLOGISK MATERIALE

Det ble høstet 15 gamle eplesorter, av både norsk og utenlandsk opprinnelse (*tabell 8*). Eplene (*Malus domestica*, Bork) ble høstet mellom 27. august og 10. oktober 2010 i forsøksanlegget for frukt og bær ved Universitetet for miljø- og biovitenskap på Ås (59°30' N, 10°47' Ø, 100 m hoh).

Det ble høstet 30-35 friske epler fra et tre for hver sort fra ytterst til innerst i trekronen for å sikre et representativt utvalg. Eplene ble høstet i spisemoden tilstand når dette var mulig. Sorter som måtte høstes tidligere, ble lagret ved 3 °C og ca. 90 % relativ luftfuktighet (RH) inntil de ble vurdert å være spisemodne.

Tabell 8: Sortene som ble høstet på forsøksanlegget for frukt og bær ved Universitetet for miljø- og biovitenskap på Ås med informasjon om rad-, trenummer, grunnstamme og året treet ble plantet.

sort	radnummer/ trenummer	grunnstamme	år plantet
'Aroma'	29/3	M9	1995
'Benoni'	29/14	M9	1995
'Bramley's Seedling'	29/16	M9	2003
'Flaskeple'	28/70	M9	1995
'Fuhr'	2/8	M26	1983
'Furuholm'	16/24	M26	1997
'Fosseple'	29/28	M9	1995
'Høynes'	16/27	M26	1997
'Håkonseple'	29/43	M9	1995
'Laxton's Superb'	29/59	M9	1995
'Leiknes'	4/8	M26	1983
'Leinestrand'	5/9	M26	1983
'Løple'	28/67	M9	1995
'Oster'	28/68	M9	1995
'Prins'	28/35	M9	1995
'Åkerø'	28/59	M9	2003

I tillegg ble sorten 'Aroma' høstet av en tekniker fra Bioforsk Vest Ullensvang fra sin privat hage på Lofthus i Ullensvang, Hardanger.

GRUNNFARGE, DEKKFARGE, FASTHET OG STIVELSE

Til analysene ble det valgt ut fire til åtte epler fra hver sort.

Grunnfarge ble bestemt ved hjelp av et fargekart for 'Golden Delicious' (Verbond van Coöperatiene Tuinbouwveilingen, Leuven, Belgia) med en skala fra 1 (grønn)-8 (gul). Dekkfargen ble vurdert visuelt på en skala fra 0 (ingen) til 9 (helt dekt). Størrelsen ble målt med tresjablonger. I tillegg ble det målt fasthet i kg/cm (FT 327, Gullimex, Borne, Nederland) på tre punkter rundt eple-ekvatoren etter at skallet ble fjernet med en vanlig grønnsaksskreller. Deretter ble eplene skåret i to og dyppet i 10 % (w/v) jodløsning i noen sekunder. Stivelsen ble vurdert etter skalaen fra Quast [135] der 1 tilsvarer ingen stivelse brutt ned og 10 tilsvarer ingen stivelse igjen. For å evaluere spisemoden kvalitet ble eplene evaluert etter grunn- og dekkfarge, fasthet og stivelsesinnhold.

FRYSEPROSESS

Når eplene av en sort ble vurdert som spisemodne ble syv epler delt i to rundt ekvator. Deretter ble hvert halve eple delt med en vanlig epledele i åtte biter som ble fordelt mest mulig likt i tre skåler til de tre ulike kjemiske analysene. Det ble tatt hensyn til grad av dekkfarge, slik at alle skålene inneholdt like mange røde eplebiter. Eplebitene ble umiddelbart frosset i flytende nitrogen etter oppskjæringen, pakket i plastposer og oppbevart ved -40 °C til analysene. Det ble laget tre gjentak etter samme prinsipp.

KJEMISKE ANALYSER

MÅLING AV DE FYSIOLOGISKE OG KJEMISKE PARAMETERNE

Prøvene for analyse av oppløst tørrstoff, pH og titrerbar syre ble tint ved romtemperatur over natten. Saften ble så klemt ut for hånd i posene og deretter filtrert (Whatman 113V, 125mm). Fra sortene 'Fosseple' og 'Laxton's Superb' var det vanskelig å få ut saft og de fleste eplebitene ble presset gjennom et tøylommetørkle for å vinne saften.

Ved målingen av titrerbar syre ble 20 ml av eplesaften pipettert over i et begerglass og fortynnet med ca. 30 ml destillert vann. Glassene ble satt inn i en fullautomatisert titrator (Metronom 716 DMS Titrino og 730 Sample Changer, Herisau, Sveits), (*bilde 30*) og titrert til pH 8,1 med 0,1 M NaOH. Syreverdien ble beregnet som epletsyre i prosent. pH-verdien ble målt med et pH-meter (Metronom 691 pHMeter, Herisau, Sveits). Sukkerinnholdet ble målt som prosent oppløst tørrstoff med et digitalt refraktometer ved 22 °C (ATAGO refraktometer, model PR-32 α , Atago Co, Ltd, Tokyo, Japan). Hver prøveverdi er et gjennomsnitt av tre målinger. Streif-Indeksen ble beregnet etter formelen $\text{fasthet} / (\text{sukker} \times \text{stivelse})$ [66].

Tørrstoffprosenten ble beregnet ved å veie ca. 6 g av hver prøve og deretter tørke disse i tørkeovn ved 104 °C i minst 24 timer. Prøvene ble avkjølt til romtemperatur i eksikator før veiing.



Bilde 30: Den fullautomatiserte titratoren som ble brukt til måling av titrerbar syre

OPPARBEIDING AV PRØVEMATERIALET FOR MÅLING AV ANTIOKSIDANTAKTIVITET (FRAP) OG TOTALFENOLER

Den frosne, spiselige delen av hver prøve ble knust med en kjøkkenmaskin (Braun) og deretter homogenisert med en stavmikser (Braun Multiquick 3, Tyskland). Av den homogeniserte prøven ble det veid inn omtrent 3,0 g som så ble løst i 30 ml sur (10 mM HCl) metanol, og blandet i 30 s ved hjelp av vortex ved maksimal intensitet. Prøven ble plassert i et ultralydbad (Sonorex RK 100, Bandelin GmbH & Co, Berlin, Tyskland) ved 0 °C i 15 minutter. Prøvene ble analysert umiddelbart etter opparbeidning. Der dette ikke var mulig ble nitrogengass tilsatt og prøvene oppbevart ved -20 °C.

2ml av hver ferdig preparerte prøve ble pipettert over i mikrorør og sentrifugert i 2 min ved 4 °C og 13200 omdreininger/min (EPPENDORF Sentrifuge 5415R). Mikrorørene ble deretter satt inn i et helautomatisk fotospektrometer Konelab 30i (Thermo Electron Corp. Vantaa, Finland) for analyse.

MÅLING AV ANTIOKSIDANTAKTIVITET (FRAP)

Antioksidantaktivitet ble analysert etter metoden utviklet av Benzie & Stain [136]. Konelab 30i (Thermo Electron Corp. Vantaa, Finland), (*bilde 31*), pipetterte i følgende rekkefølge: 200 μl acetatbuffer, 20 μl $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ og 20 μl TPTZ som alt ble blandet. Deretter ble 8 μl prøve eller standardløsning tilført og alt ble inkubert ved 37 °C i 10 min. Endringene i absorpsjonsnivået som oppstod da TPTZ-Fe^{3+} komplekset ble redusert til TPTZ-Fe^{2+} i nærvær av antioksidanter ble målt tre ganger per prøve ved 595 nm. Den maksimale absorpsjonen ligger på 593 nm. Gjennomsnittlig antioksidantaktivitet per prøve ble beregnet i mmol Fe^{2+} per 100 g ferskvekt ($\text{mmol}/100 \text{ g FV}$). En vannholdig løsning med kjent jernionkonsentrasjon (jerndisulfat heptahydrat) ble brukt for kalibrering. Trolox tjente som kontroll.



Bilde 31: Konelab 30i

MÅLING AV TOTALFENOLER

Totalfenolanalysen ble utført etter 'Folin-Ciocalteu'-metoden [137]. Målingene ble utført med FCR som reagens i Konelab 30i (Thermo Electron Corp. Vantaa, Finland). I Konelaben ble løsningene pipettert i følgende rekkefølge: 100 μl FC- reagens, 20 μl prøve eller standardløsning. Løsningene ble blandet og inkubert ved 37 °C i 60 s. Deretter ble det tilsatt 80 μl 7,5 % (w/v) Na_2CO_3 løsning. Prøven ble blandet på nytt og inkubert ved 37 °C i 900 s. Dannelsen av det blå komplekset er lineært korrelert med konsentrasjonen av fenoler i prøven som ble målt ved 765 nm. Konsentrasjonen av totalfenoler ble beregnet i mg l^{-1} gallic equivalent (GAE). Alle prøvene ble målt tre ganger og gjennomsnittet ble beregnet. Gallussyre (50 mg GAE oppløst i 100 ml destillert vann) ble brukt som standardløsning.

OPPARBEIDING AV PRØVEMATERIALET FOR ANALYSE AV L-ASCORBINSYRE

Opparbeiding av prøvematerialet for HPLC-analysen fulgte Wold et al. 2004. [138]

For hver prøve ble det tatt ut nøyaktig 50,000 g representativ prøve som ble blandet med oksalsyre 1 % (w/v) til en vekt av 150,000 (+0,001) g. Prøven ble deretter homogenisert i ett minutt med en stavmikser (Braun 350W Multiquick, Tyskland).

Prøven ble deretter filtrert tre ganger: først gjennom et 125 mm stort filter (Whatman 113V, brettet), (*bilde 32*), så gjennom et aktivert sep-pak®classic-kolonne (Sep Pak C 18 cartridges, Waters, USA) og til slutt



Bilde 32: Første filtrasjon av eplesaften under opparbeiding for HPLC-analyse

gjennom en 0,45 µm Millex®-HA filter (Millipore, MolstHeim, France). Sep-pak®-kolonnen ble før bruk aktivert ved å sprøyte gjennom 5 ml metanol og deretter skylt med 5 ml destillert vann. De første 2-3 ml av prøven som ble sprøytet gjennom ble forkastet. Den ferdig preparerte prøven ble samlet opp i en 1,5 ml vial (VWR international, 1,5 ml clear glass, 32 X 11,6 mm, Cat. / Art No 548-0028) som ble lukket med lokk (VWR international, Screw cap PP Tr 9 mm rub Red -orange TEF, NK/TEF 1,0 mm, Cat / Art. no 548-0032).

HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC) ANALYSEN AV L-ASCORBINSYRE

De preparerte prøvene ble analysert ved hjelp av en HPLC 1100-serie (Agilent Technologies Waldbronn, Tyskland), (*bilde 33*) i kombinasjon med chemstation software for databehandling. Analysemetoden følger Williams et al. 1973 [139].

Maskinen bestod av degasser, pumpe, injektor/autosampler, kolonne (Zorbax®SB-C18, 4,5 x 250 mm, 5-micron) til separasjon av prøvene og en UV-detektor. 0,05M KH₂PO₄ tjente som mobil fase. Degasseren var stilt inn på 221 bar. Strømningshastighet var stilt inn på 1 ml/min. Av hver prøve ble det sugd opp 5 µl som deretter fulgte væskestrømmen i 5 min ved 25 °C. UV-detektoren målte absorpsjonen ved 254 nm og resultatene ble beregnet i mg askorbinsyre per 100 g ferskvekt (mg/100 g fv). L-askorbinsyre som hadde vært frosset ned ble brukt som standardløsning (ca. 53 til 54 mg L-askorbinsyre/100 g).



Bilde 33: HPLC 1100-serie fra Agilent Technologies

STATISTIKK

For den statistiske utredningen ble programmet R-2.12.1 benyttet. Det ble utført en enveis ANOVA for å teste om det var en signifikant forskjell mellom sortene. Dersom det kunne påvises sortsforskjell ble det kjørt en Tukey's multiple comparison test for å finne sortsforskjeller. I de tilfellene det var nødvendig ble det gjort en kontrastanalyse av fryseprøvene til 'Oster' basert på ANOVA-analysen. Følgende signifikansnivå ble brukt:

^{*}P ≤ 0.05, ^{***}P ≤ 0.01 og ^{****}P ≤ 0.001.

Alle resultater er presentert som gjennomsnitt med standardavvik (st.dev).

RESULTATER

KVALITETSANALYSE

STØRRELSE OG FARGE

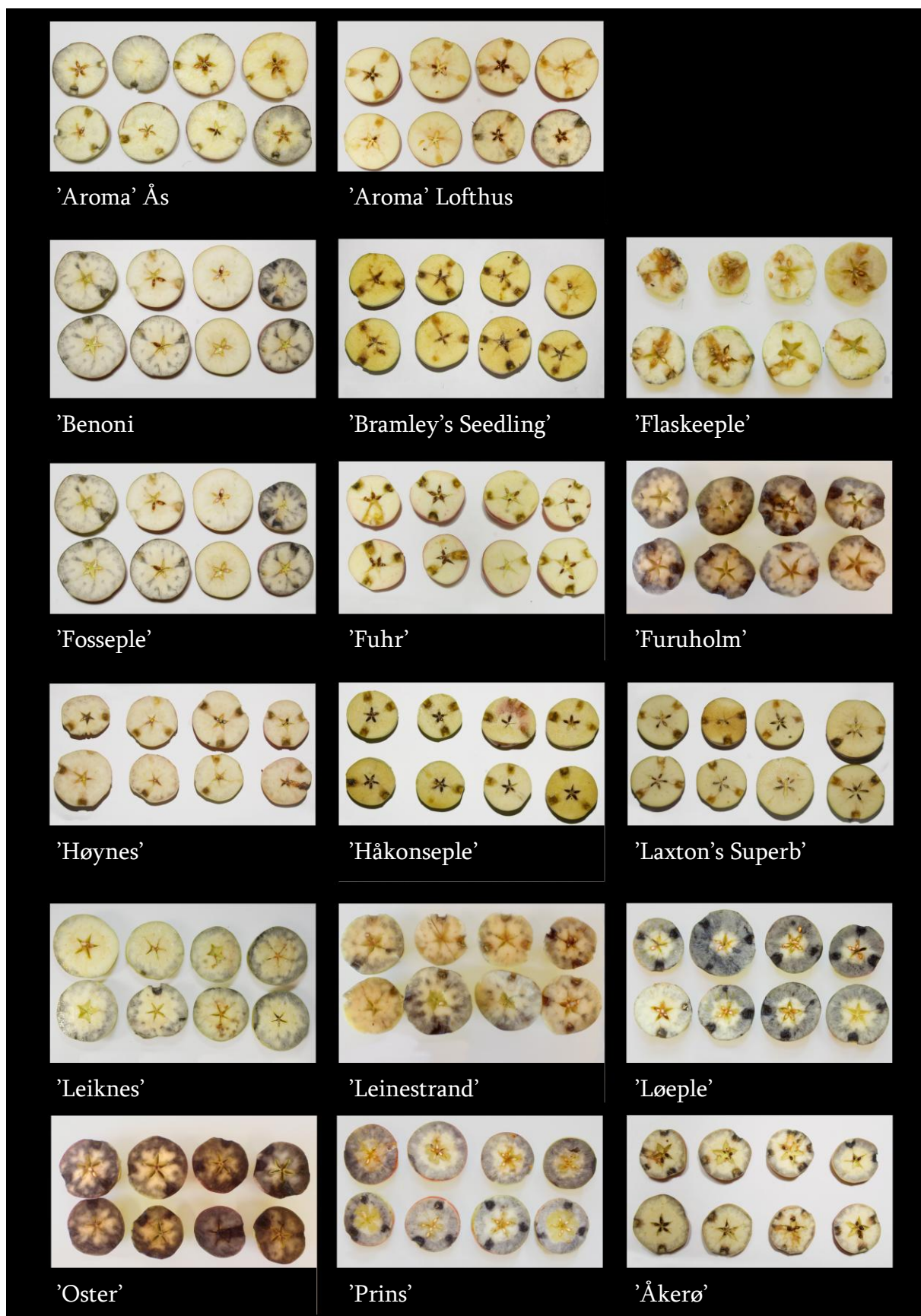
Kvalitetsanalysen av de ytre egenskaper som ble foretatt med spisemodne epler før nedfrysing viste store sortsforskjeller. Størrelsen varierte mellom 60 mm ('Benoni', 'Oster') opp til 80 mm ('Bramley's Seedling', 'Aroma')(tabell 9). De fleste sortene hadde en lysegrønn grunnfarge som på skalaen ligger mellom 6,0 og 7,5. Sorten 'Bramley's Seedling' utmerket seg med sin mørkegrønne grunnfarge ($4,8 \pm 1,0$). Sorter som 'Åkerø' og 'Fuhr' viste med verdier rundt 8,0 en mer gulaktig grunnfarge enn de andre sortene. Dekkfargen varierer mellom ingen dekkfarge ('Flaskeple') til ca. 80 % dekkfarge for 'Bramley's Seedling'. 'Aroma' fra Ås ($4,0 \pm 1,1$) og Lofthus ($5,3 \pm 1,5$) hadde en middels høy grad av dekkfarge. De fleste sortene viste mellom 10 % og 60 % dekkfarge (tabell 9).

FASTHET

Fasthet ligger for de fleste sortene mellom 6,7 og 7,4 kg/cm² (tabell 9). 'Håkonseple' ($4,3 \pm 1,0$ kg/cm²) og 'Leinestrand' ($5,8 \pm 0,7$ kg/cm²) viste lavere verdier og var dermed mykere i fruktkjøttet enn de andre sortene. 'Flaskeple', 'Furuholm', 'Leiknes', 'Fuhr', 'Fosseple' og 'Bramley's Seedling' var middels fast med penetrometerverdier mellom 8,0 og 8,3 kg/cm². 'Åkerø' ($9,6 \pm 1,0$ kg/cm²), 'Prins' ($10,1 \pm 0,6$ kg/cm²) og 'Oster' ($10,2 \pm 1,5$ kg/cm²) hadde de mest faste eplene ved prøvetaking.

STIVELSE

Hos de fleste sortene var mesteparten av stivelsen eller all stivelse brutt ned ved prøvetaking (8,9-10)(tabell 9). 'Benoni', 'Aroma' Ås og 'Leinestrand' hadde verdier fra 7,0 til 8,1. 'Åkerø', 'Løple' og 'Prins' viste enda lavere verdier (6,0-6,3). Med $2,6 \pm 1,0$ hadde 'Oster' den laveste stivelseverdien. *Bilde 34* viser eplene under stivelsesprøven.



Bilde 34: måling av stivelse under prøvetaking

RESULTATER

Tabell 9: Resultatene for størrelse, grunn- og dekkfarge, fasthet og stivelse for de undersøkte sortene før frysing for spisemodne epler. Alle verdier er gjennomsnitt av åtte epler (med unntak av verdiene for 'Fosseple' og 'Prins' som bare ble undersøkt med henholdsvis seks og fire epler). Tabellen gir også en oversikt over høstedata og tid for prøvetaking.

<i>sort</i>	<i>høstedata</i>	<i>frysedato</i> <i>(spisemoden)</i>	<i>størrelse</i> <i>[mm]</i>	<i>grunnfarge</i> <i>(1-8)</i>	<i>dekkfarge</i> <i>(0-9)</i>	<i>fasthet</i> <i>[kg/cm²]</i>	<i>stivelse</i> <i>(1-10)</i>
'Aroma' Lofthus	4./5.10.20	19.10.2010	76,3±4,1	7,5±0,5	5,3±1,5	7,4±0,6	8,9±0,8
'Aroma' Ås	10.10.201	15.10.2010	81,3±5,4	6,6±0,5	4,0±1,1	6,9±0,9	7,8±1,3
'Benoni'	23.09.201	23.09.2010	60,0	6,8±0,4	3,9±1,4	7,3±0,7	7,0±1,4
'Bramley's Seedling'	04.10.201	16.12.2010	80,0±3,5	4,8±1,0	2,9±0,8	8,3±0,7	10,0±0,0
'Flaskeple'	14.09.201	15.09.2010	65,0±9,4	6,5±0,7	0,0±0,0	8,0±1,6	9,5±0,5
'Fosseple'	23.09.201	18.11.2010	67,5	7,0±0,0	2,7±1,2	8,3±0,8	10,0±0,0
'Fuhr'	23.09.201	18.11.2010	68,1±3,5	8,0±0,0	5,8±1,4	8,2±0,7	10,0±0,0
'Furuholm'	27.08.201	30.08.2010	63,0	6,3±0,7	0,8±0,	8,1±0,8	6,1±1,1
'Høynes'	04.10.201	14.12.2010	75,0±5,0	7,3±0,7	4,4±1,6	6,7±0,7	9,0±0,0
'Håkonseple'	04.10.201	14.12.2010	72,5±4,3	6,4±0,5	1,3±0,4	4,3±1,0	9,1±0,4
'Laxton's Superb'	04.10.201	16.12.2010	73,8±5,4	6,0±0,0	2,6±1,7	7,2±0,6	10,0±0,0
'Leiknes'	09.09.201	09.09.2010	75,0	6,1±0,6	1,0±0,7	8,2±0,7	8,9±0,8
'Leinestrand'	30.08.201	30.08.2010	68,8±6,0	7,0±0,7	1,1±0,6	5,8±0,7	8,1±0,8
'Løeple'	14.09.201	15.09.2010	75,0	6,3±0,4	3,3±0,7	7,4±0,7	6,3±1,6
'Oster'	30.08.201	30.08.2010	62,5	6,0±0,0	4,4±1,9	10,2±1,5	2,6±1,0
'Prins'	09.09.201	15.09.2010	65,0	7,0±0,8	4,0±0,8	10,1±0,6	6,0±0,8
'Åkerø'	23.09.201	28.10.2010	67,5±4,3	7,9±0,3	7,3±1,3	9,6±1,0	6,3±0,4

ANALYSER ETTER FRYSING

OPPLØST TØRRSTOFF

Det kunne påvises signifikant forskjell mellom verdiene for oppløst tørrstoff mellom de ulike sortene ($P=2.867 \cdot 10^{-8}$ ****)(*tabell 10*). 'Laxtons's Superb' hadde den største verdien ($15,33 \pm 1,38$ %). 'Åkerø' ($13,87 \pm 0,23$ %) faller statistisk i samme gruppe (a). 'Furuholm' hadde den laveste verdien for oppløst tørrstoff ($10,53 \pm 1,21$ %). 'Bramley's Seedling', 'Prins', 'Fuhr', 'Leinestrand', 'Håkonseple', 'Flaskeple' og 'Løple' tilhører statistisk samme gruppe (e) med lavest verdi for oppløst tørrstoff som 'Furuholm'. Alle øvrige sorter kan ordnes inn i en gruppe med intermediær høy verdi for oppløst tørrstoff (gruppe bc).

pH

Det ble fastslått signifikant forskjell mellom pH-verdiene ($P=7.355 \cdot 10^{-10}$ ****). 'Laxton's Superb' hadde med $3,61 \pm 0,10$ høyest pH-verdi (*tabell 10*). Både 'Høyenes', 'Åkerø', 'Håkonseple' og 'Benoni' viste ingen signifikant forskjell fra denne verdien og sortene kan samles i en gruppe som har høyest pH (grupe a). 'Leinestrand' hadde med pH $3,15 \pm 0,03$ den laveste pH-verdien, og verdiene hos øvrige sorter viser ingen signifikant forskjell. Disse sortene kan dermed plasseres i gruppen med lavest pH-verdi (gruppe d).

TITRERBAR SYRE

Det ble påvist signifikant forskjell mellom syreverdiene i de ulike eplesortene (*tabell 10*); ($P=2.142 \cdot 10^{-12}$ ****); (*tabell 10*). 'Furuholm' inneholdt mest syre ($1,239 \pm 0,196$ %). Verdiene fra sorten 'Flaskeple', 'Bramley's Seedling', 'Leinestrand', 'Løple' og 'Aroma' fra Ås viste ingen signifikant forskjell fra denne verdien og var med 'Furuholm' i gruppen som hadde høyest syreverdi (gruppe a). 'Håkonseple' inneholdt minst syre ($0,575 \pm 0,018$ %) og sorten 'Åkerø' og 'Laxtons's Superb', 'Fuhr', 'Aroma' fra Lofthus, 'Prins' og 'Høyenes' lå statistisk i samme gruppe (h).

TOTALT TØRRSTOFF

Det kunne påvises signifikant forskjell i tørrstoff mellom de ulike sortene (*tabell 10*) ($P=2,867 \cdot 10^{-13}$ ****). 'Laxtons's Superb' hadde høyest tørrstoffinnhold ($15,09 \pm 0,52$ %). Sortene 'Åkerø' og 'Høyenes' faller statistisk i samme gruppe (a) som 'Laxtons's Superb'. 'Furuholm' inneholdt minst tørrstoff ($0,20 \pm 0,29$ %) og sorten 'Bramley's Seedling', 'Leiknes', 'Flaskeple', 'Løple', 'Håkonseple' og 'Prins' viste ingen signifikante forskjeller fra denne verdien (gruppe e).

Tabell 10: Oppløst tørrstoff, pH, titrerbar syre og tørrstoff for alle sorte

sort	Oppløst tørrstoff [%]		pH		titrerbar syre [%]		totalt tørrstoff [%]	
'Aroma' Lofthus	12,73±0,68	<i>bcd</i>	3,24±0,02	<i>cd</i>	0,77±0,06	<i>efgh</i>	12,99±0,43	<i>bc</i>
'Aroma' Ås	12,67±0,61	<i>bcd</i>	3,29±0,05	<i>cd</i>	1,04±0,00	<i>abcd</i>	12,40±0,14	<i>cd</i>
'Benoni'	12,7±0,21	<i>bcd</i>	3,42±0,12	<i>abc</i>	0,88±0,03	<i>cdef</i>	13,05±0,46	<i>bc</i>
'Bramley's Seedling'	10,73±0,15	<i>de</i>	3,23±0,15	<i>cd</i>	1,15±0,05	<i>ab</i>	11,16±0,40	<i>de</i>
'Flaskeple'	11,6±0,95	<i>cde</i>	3,23±0,04	<i>cd</i>	1,16±0,14	<i>ab</i>	11,51±0,39	<i>de</i>
'Fosseple'	12,93±0,42	<i>bc</i>	3,33±0,07	<i>bcd</i>	0,82±0,03	<i>defg</i>	13,74±0,14	<i>b</i>
'Fuhr'	11,27±0,21	<i>cde</i>	3,24±0,02	<i>cd</i>	0,75±0,06	<i>efgh</i>	12,25±0,43	<i>cd</i>
'Furuholm'	10,53±1,21	<i>e</i>	3,21±0,05	<i>d</i>	1,24±0,20	<i>a</i>	10,94±0,29	<i>e</i>
'Høynes'	12,9±0,17	<i>bc</i>	3,52±0,08	<i>ab</i>	0,78±0,01	<i>efgh</i>	13,91±0,47	<i>ab</i>
'Håkonseple'	11,53±0,06	<i>cde</i>	3,49±0,00	<i>ab</i>	0,58±0,02	<i>h</i>	11,99±0,83	<i>cde</i>
'Laxton's Superb'	15,33±1,38	<i>a</i>	3,61±0,10	<i>a</i>	0,71±0,07	<i>fgh</i>	15,09±0,52	<i>a</i>
'Leiknes'	12,93±1,01	<i>bc</i>	3,28±0,01	<i>cd</i>	0,98±0,07	<i>bcde</i>	11,34±0,57	<i>de</i>
'Leinestrand'	11,43±0,12	<i>cde</i>	3,15±0,03	<i>d</i>	1,08±0,07	<i>abc</i>	12,39±0,35	<i>cd</i>
'Løple'	11,83±1,08	<i>bcde</i>	3,21±0,03	<i>d</i>	1,07±0,12	<i>abc</i>	11,67±0,25	<i>de</i>
'Oster' *	12,5±0,21	<i>bcd</i>	3,33±0,01	<i>cd</i>	0,89±0,03	<i>cde</i>	13,30±0,08	<i>b</i>
'Prins'	11,07±0,35	<i>cde</i>	3,32±0,02	<i>bcd</i>	0,77±0,01	<i>efgh</i>	12,07±0,33	<i>cde</i>
'Åkerø'	13,87±0,23	<i>ab</i>	3,52±0,04	<i>ab</i>	0,58±0,02	<i>gh</i>	13,95±0,14	<i>ab</i>
	***		***		***		***	

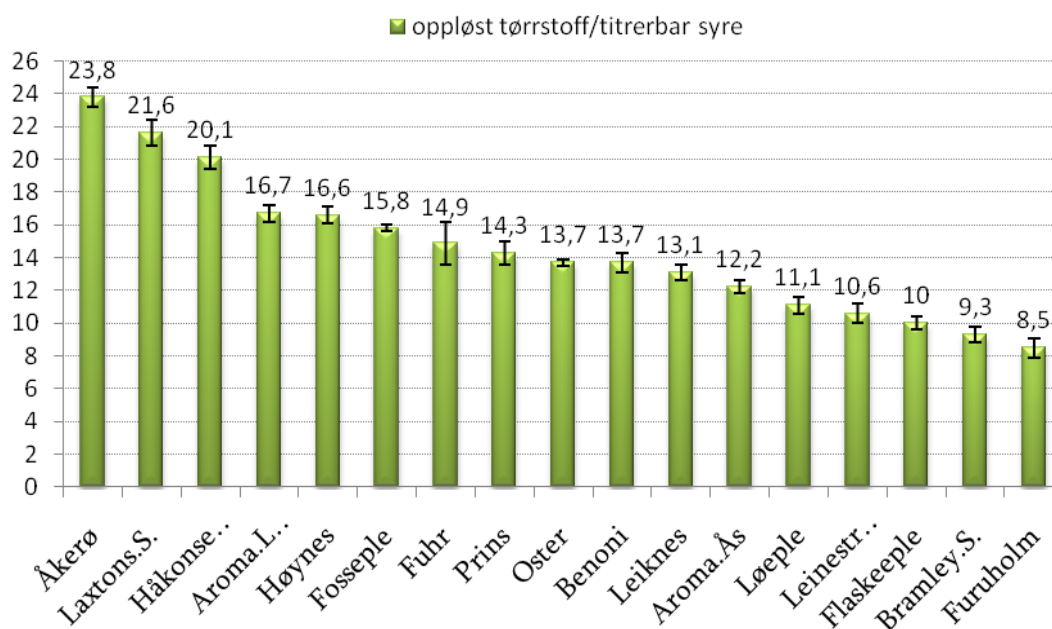
Dataene ble analysert med en enveis variansanalyse (ANOVA).

I hver kolonne indikerer forskjellige bokstaver statistisk forskjellige tallverdi ut fra en post hoc comparison test (Tukey's HSD).

* Plassering ble foretatt etter t-test analyse. Følgende signifikansnivå ble brukt: *' P≤0.050, ***'P≤0.01 og ****'P≤ 0.001.

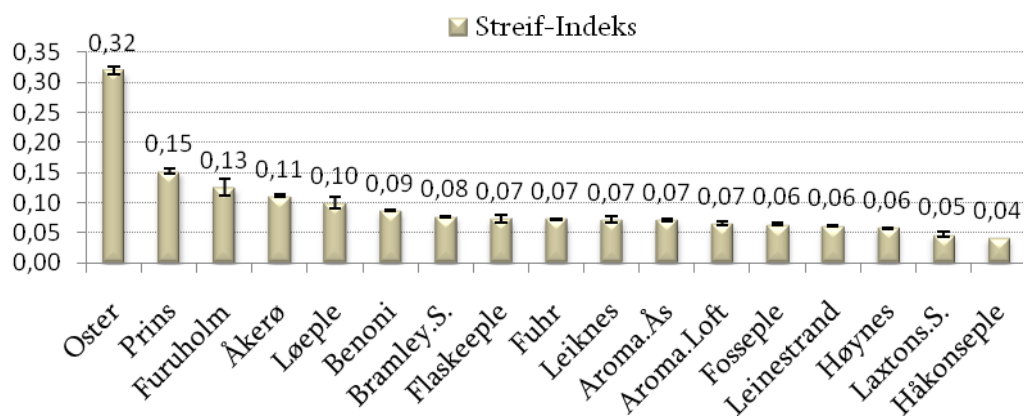
OPPLØST TØRRSTOFF/TITRERBAR SYRE, OG STREIF-INDEKS (SI)

Forholdet mellom oppløst tørrstoff og titrerbar syre varierer fra 23,8±0,6 for 'Åkerø' til 8,5±0,6 for 'Furuholm'. *Figur 7* gir en oversikt over sammenhengen for alle 17 sorter.



Figur7: Forholdet mellom oppløst tørrstoff og titrerbar syre er illustrert med standardavvik for alle sortene, Tallverdiene er angitt over søylene.

Streif-indeksen (*figur 8*) varierte fra 0,32 for 'Oster' til 0,04 for 'Håkonseple'. 'Laxton's Superb' viste en SI på 0,05. 'Prins', 'Furuholm', 'Åkerø' og 'Løple' hadde verdier mellom 0,10 og 0,15. Alle øvrige sortene lå mellom 0,05 og 0,09.



Figur8: Verdiene for Streif-indeksen (fasthet/oppløst tørrstoff x stivelse) er illustrert med standardavvik for alle sortene, Tallverdiene er angitt over søylene.

ANTIOKSIDANTAKTIVITET (FRAP)

Det kunne påvises signifikant forskjell mellom antioksidantaktivitet hos de undersøkte sortene (*tabell 12*); ($P=3,99e^{-15}$ ****). 'Høyenes' viste den høyeste antioksidantaktiviteten ($23,34 \pm 0,06 \mu\text{mol}/100 \text{ g fv}$). Det kunne imidlertid ikke påvises signifikant forskjell mellom denne sorten og sortene 'Bramley's Seedling', 'Åkerø', 'Aroma' fra Lofthus og 'Laxton's Superb'. Disse sortene hadde dermed statistisk høyest antioksidantaktivitet (gruppe a). 'Flaskeple' (gruppe g) hadde lavest antioksidantaktivitet ($8,43 \pm 0,01 \mu\text{mol}/100 \text{ g fv}$). Den var signifikant forskjellig fra sorten 'Løple' ($12,20 \pm 0,04 \mu\text{mol}/100 \text{ g fv}$); ($P=0.045$ **), som tilhører gruppe f.

TOTALE FENOLER

Det ble påvist signifikante forskjeller mellom totale fenoler mellom de undersøkte sortene (*tabell 12*); ($P<2,92e^{-15}$ ****). Mellom 'Høyenes', som hadde det høyeste innholdet av totale fenoler ($242,05 \pm 4,10 \text{ mg GAE}/100 \text{ g fv}$), og 'Bramley's Seedling' kunne det ikke påvises signifikant forskjell. Sortene inneholder dermed statistisk mest totale fenoler (gruppe a). Den laveste verdien hadde 'Flaskeple' ($107,06 \pm 1,37 \text{ mg GAE}/100 \text{ g fv}$). 'Løple' og 'Aroma' fra Ås var ikke signifikant forskjellige fra 'Flaskeple' og sortene inneholdt statistisk minst totale fenoler (gruppe h).

VITAMIN C

Det kunne påvises signifikant forskjell i innholdet av vitamin C mellom de undersøkte sortene (*tabell 12*); ($P<2,56e^{-16}$ ****). 'Bramley's Seedling' inneholdt signifikant mest vitamin C ($31,99 \pm 5,93 \text{ mg}/100 \text{ g fv}$) og skilte seg tydelig fra alle andre sortene (gruppe a). Sorten 'Furuholm' inneholdt minst vitamin C ($0,66 \pm 0,85 \text{ mg}/100 \text{ g fv}$), men verdien var ikke signifikant forskjellig fra sorten 'Håkonseple', 'Leiknes', 'Høyenes', 'Flaskeple', 'Aroma' fra Lofthus og Ås, og 'Løple'. Sortene inneholder dermed minst vitamin C (gruppe h).

VARIASJON INNEN REFERANSESORTEN 'AROMA'

Det ble ikke funnet signifikant variasjon i vitamin C-innholdet for 'Aroma' fra Ås og Lofthus ($P \sim 1,000$). Samme sammenligning ga for antioksidantaktivitet og totalfenolinnholdet (*tabell 11*) P-verdier $<0,00002$. Dermed er disse egenskapene forskjellige for stedene.

Tabell 11: Aroma fra Ås viser ingen forskjell i vitamin C innhold fra sorten fra Lofthus. Derimot er det ingen likhet ($P<0,05$) mellom Ås og Lofthus angående antioksidantaktivitet og totalfenolkonsentrasjon. Verdiene er basert på TUKEY'S HSD (post hoc comparison) test etter en enveis ANOVA analyse.

	Antioksidant aktivitet	totalfenoler	Vitamin C
Ås vs. Lofthus	P=0,0000155	P=0,0000043	P= 0,9999822

Tabell 12: For alle 17 sorter er det vist gjennomsnittlig vitamin C-innhold, innhold av totalfenoler og antioksidantaktivitet med standardavvik. Det ble utført en statistisk gruppering for hver undersøkelse ut fra en Tukey- HDS test. T-tester ble utført for å plassere sorten 'Oster' der det var nødvendig. Under hver undersøkelse er det angitt resultatet fra enveis variansanalysen (ANOVA). Alle verdiene viste et signifikansnivå nær null (***) og dermed en tydelig sortsforskjell inne i gruppene.

sort	vitaminC [mg/100g fv]		totalfenoler [mgGAE/100gfv]		antioksidantaktivitet [mmol/100g produkt]	
'Aroma' Ås	6,32±1,68	efgh	138,72±8,33	fgh	1,312±0,010	ef
'Aroma' Lofthus	4,89±0,34	defgh	201,65±7,51	bc	1,983±0,016	ab
'Benoni'	21,53±1,77	b	149,75±12,17	efg	1,445±0,013	def
'Bramlev's Seedling'	31,99±5,93	a	229,55±25,92	ab	2,265±0,027	a
'Flaskeple'	4,31±0,71	efgh	107,06±1,37	h	0,843±0,001	g
'Fosseple'	11,55±2,61	cd	153,96±3,22	efg	1,402±0,006	def
'Fuhr'	8,11±1,07	defg	179,44±13,09	cde	1,851±0,016	bc
'Furuholm'	0,66±0,85	h	169,37±5,23	cdef	1,635±0,007	bcde
'Høynes'	3,80±2,63	fgh	242,05±4,10	a	2,334±0,006	a
'Håkonseple'	1,64±1,08	gh	165,07±9,27	def	1,499±0,008	cdef
'Laxton's Superb'	17,54±0,76	bc	191,33±12,93	cd	1,968±0,013	ab
'Leiknes'	3,10±0,73	fgh	159,19±10,59	defg	1,446±0,014	def
'Leinestrand'	11,04±3,26	cde	179,38±9,33	cde	1,705±0,010	bcd
'Løeple'	7,32±0,27	defgh	131,25±5,50	gh	1,220±0,004	f
'Prins'	10,97±3,40	cde	169,74±11,34	cdef	1,593±0,015	cdef
'Oster' *	14,23±2,86	c	189,36±5,08	cd	1,828±0,003	bc
'Åkerø'	9,50±1,06	def	200,14±8,58	bc	1,988±0,005	ab

Dataene ble analysert med enveis variansanalyse (ANOVA).

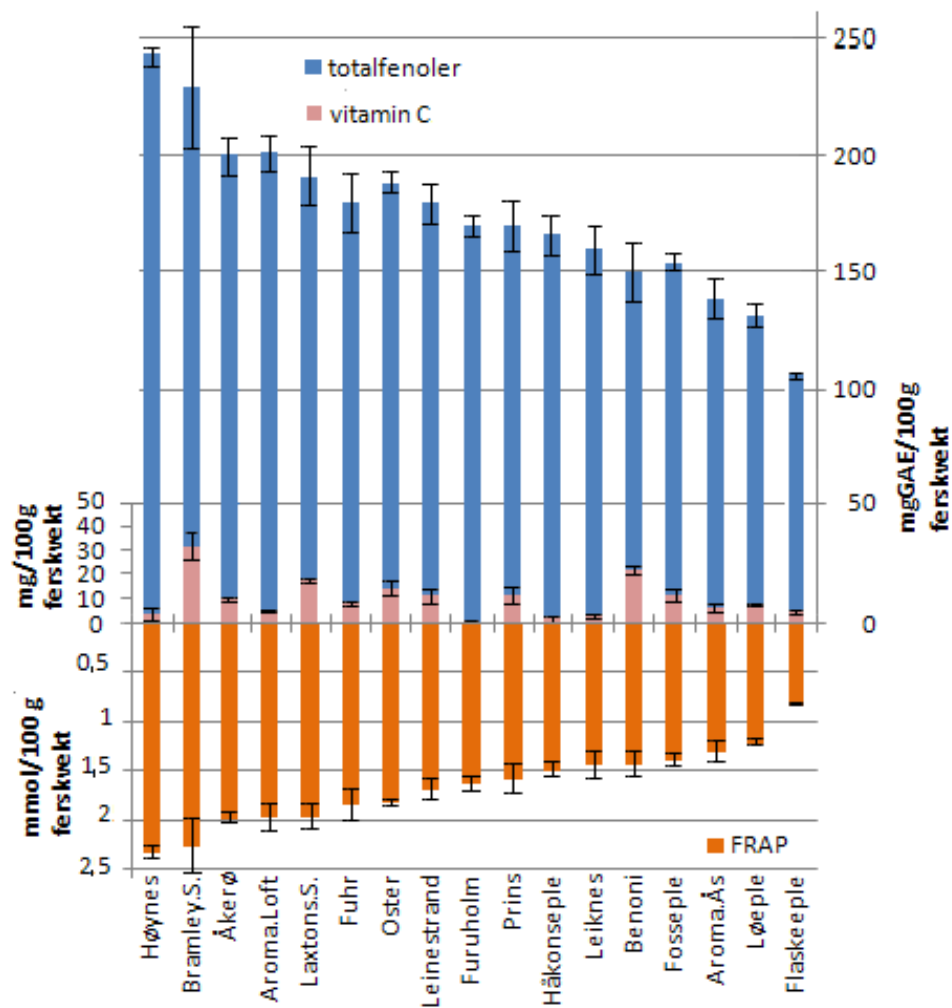
I hver kolonne indikerer forskjellige bokstaver forskjellige tallverdi ut fra en post hoc comparison test (Tukey's HSD).

* Plassering ble foretatt etter t-test analyse. Følgende signifikansnivå ble brukt: * $P \leq 0.050$, *** $P \leq 0.01$ og **** $P \leq 0.001$.

SAMMENHENG MELLOM ANTIOKSIDANTAKTIVITET, TOTALE FENOLER OG VITAMIN C INNHOLD

Det ble funnet en tydelig lineær sammenheng mellom antioksidantaktivitet, totale fenoler og vitamin C innhold. ($P < 2,2 \cdot 10^{-16}$, $r = 0,99$). Modellen forklarer 96,9 % av totalvariasjonen i antioksidantaktivitet. *Figur 9* illustrer denne sammenhengen.

Totale fenoler forklarte imidlertid en betydelig større del av antioksidantaktiviteten ($P = 2,2 \cdot 10^{-16}$, justert $r^2 = 0,97$) enn vitamin C-innholdet gjorde ($P = 0,02$, justert $r^2 = 0,09$). Innholdet av totale fenoler forklarte 96,8 % av antioksidantaktiviteten, mens vitamin C innholdet forklarte 9,1 %.



Figur 9: Illustrert sammenheng mellom antioksidantaktivitet [mmol/100g produkt i fv], innhold totalfenoler [mgGAE/100g ferskvekt] og vitamin C-innhold [mg/100g ferskvekt]. Figuren gjenspeiler den lineære sammenhengen mellom verdiene (se også tabell 11).

DISKUSJON

VURDERING AV MODNINGSGRAD OG KVALITET

For å avgjøre verdien av en sort er både frukt- og dyrkningsegenskaper viktige. Et problem hos noen av sortene var at eplene ikke hang fast til de var skikkelig modne eller hadde en sterk tendens til å falle fra treet da de nærmet seg modning. Utsatte sorter i feltet var 'Åkerø', 'Fosseple', 'Fuhr', 'Prins', 'Flaskeple', 'Leiknes' og 'Benoni'. Eplene som av denne grunn måtte høstes tidlig ble lagret etterpå, og det kan ikke utelukkes at denne tidlige høstingen medførte noe redusert kvalitet [53]. Et annet problem var at seine sorter som 'Bramley's Seedling', 'Laxton's Superb', 'Høynes' og 'Håkonseple' måtte høstes i begynnelsen av oktober pga. kulden. Også disse sortene ble ettermodnet. Utvikling av glasseple i noen sorter var et annet problem. Det våte været sammen med lave minimumstemperaturer i august/september kan ha vært årsaken til fenomenet [140, 141]. Særlig 'Prins' og 'Aroma' var utsatt i forsøksdagen i 2010 (egen observasjon). Hos sortene 'Leiknes' og 'Løple' var det noen få glassepler å finne.

Under blomstringen i mai 2010 var det mye regn (98,6 mm) [142]. Dette kan forklare den til dels dårlige fruktsettingen hos enkle sorter. Noen sorter kunne derfor ikke inngå i undersøkelsen: 'Tommos', 'Kaupanger', 'Enestående', 'Tveiteple', 'Garborgeple' og 'Torstein'. En annen forklaring av den dårlige fruktsettingen kan være vekselbæring.

Det å vurdere om et eple er spisemodent er en vanskelig oppgave, særlig når det gjelder historiske sorter som få har en relasjon til. Hvordan hver og en av oss foretrekker sitt eple "spisemodent" er dessuten et mer eller mindre subjektivt aspekt.

Til å bedømme modningsgraden i epler brukes Streif-indeks (SI). Denne metoden er imidlertid for ny til å kunne brukes for historiske sorter og det ble da i stedet brukt en vurdering etter kombinasjon av verdi for grunnfarge, stivelse og fasthet. En viktig karakter med SI er at verdiene er stedsavhengige og burde derfor lages for hvert dyrkningssted [60]. Verdiene som kom fram i denne undersøkelsen kan dermed tjene som retningslinje for de enkle sortene for forsøksfeltet på Ås. Siden de undersøkte sortene for øyeblikket ikke er av kommersiell interesse, kan det imidlertid være lite hensiktsmessig å analysere SI verdiene mer omfattende. Den anbefalte SI ved høsting i 2010 lå for kontrollsorten 'Aroma' mellom 0,12 og 0,07 (mal fra Sogn) der den laveste verdien ligger nærmest spisemoden kvalitet. 'Aroma' fra Ås og Lofthus lå på 0,07 og kan dermed regnes som spisemodne.

'Aroma' fra Lofthus hadde et høyere forhold mellom oppløst tørrstoff (SS) og titrerbar syre (TA) (16,7) enn 'Aroma' fra Ås (12,2), og ligger dermed over grenseverdien på 16,0 som indikerer god spisekvalitet [64]. Av de historiske sortene nådde 'Åkerø', 'Laxton's Superb', 'Håkonseple' og 'Høynes' over grenseverdien og hadde dermed en god fruktkvalitet. 'Fosseple' hadde med et SS/TA-forhold på 15,8 en tilfredsstillende kvalitet. Sortene 'Fuhr', 'Prins', 'Oster', 'Benoni' og 'Leiknes' hadde SS/TA-verdier mellom 'Fosseple' og 'Aroma' fra Ås. Det er mulig å anta at kvaliteten hadde vært bedre om eplene av disse sortene hadde utviklet et høyere SS/TA-forhold. 'Løple', 'Leinestrand', 'Flaskeple', 'Bramley's Seedling' og 'Furuholm' ville med verdier rundt 10 nok ikke betraktes som tilfredsstillende fra

konsumentens synsvinkel. Det lave forholdet i SS/TA i disse sortene skyldes et lavt sukker- og høyt syreinnhold.

Generelt hadde alle sorter verdier for titrerbar syre høyere enn grenseverdien på 0,31 % [2]. Det kan dermed fastslås at de historiske sortene har en mer ”syrlig” fruktkvalitet. I de sortene der SS/TA >16 er innholdet av SS likevel høy nok for å resultere i en bra fruktkvalitet og sortene kan oppleves som spesielt friske. Alle sorter hadde nådd høyere verdier for SS enn 10,5 % som er grenseverdien [53].

For ‘Aroma’, som for alle øvrige sorter, lå pH-verdien for eplene innenfor det vanlige området (3,0-3,5).

De fleste sortene hadde utviklet den lysegrønne til grønnule grunnfargen som er karakteristisk for spisemodne epler. ‘Bramley’s Seedling’ er et unntak med sin karakteristiske grønnfarge [11]. Sorter som ikke hadde utviklet den karakteristiske gulgrønne grunnfargen tilfredsstillende ved spisemoden kvalitet var ‘Furuholm’ og ‘Flaskeple’. ‘Flaskeple’ var også den eneste sorten uten dekkfarge. Imidlertid skal sorten utvikle en viss grad av dekkfarge [11]. En mangel på direkte sollys kan ha vært årsaken til den manglende dekkfargen. Eplene ble imidlertid høstet litt for tidlig ut fra angivelsene i den norske pomologien [11]. Dette kan også være en grunn for manglende dekkfarge.

Fasthet er en annen egenskap som er direkte knyttet til modningsprosessen [60]. ‘Aroma’ sies å ha nådd en bra spisekvalitet når fastheten ligger rundt 7 kg/cm², og er over 5 kg/cm². Kontrollsorten i undersøkelsen oppfyller disse kravene. Siden fasthet er sortskaraktisk og ikke blitt registret for de undersøkte historiske sortene tidligere er det vanskelig å benytte denne egenskapen til å vurdere modenhet. Det er kjent at mange konsumenter foretrekker faste epler, særlig når de i tillegg har en høy verdi for TA [59]. Dette gjelder mange av de historiske sorter, med unntak av ‘Håkonseple’ (4,3 kg/cm²) og ‘Leinstrand’ (5,8 kg/cm²) som hadde et mykere fruktkjøtt. Det kan utelukkes at den lave verdien for fasthet for ‘Håkonseple’ skyldes at eple var overmodent, da stivelsen ikke var brutt ned fullstendig. Dette kan tyde på at fruktkjøttet er mykt, noe som står i motsetning til beskrivelsen i den norske pomologien, der sorten er omtalt med fast fruktkjøtt [11].

Å måle stivelsen i eplet har i denne undersøkelsen vist seg som et nyttig hjelpemiddel ved vurdering av spisemodenhet. Likevel ser det også for denne egenskapen ut som om man ikke kan fastlegge noen standardverdier. ‘Oster’ hadde mye stivelse igjen da den ble vurdert som spisemoden (2,6), men stivelsen ga her ikke utslag i smaken. De ble heller ikke høstet for tidlig og sorten kan ikke lagres lenge [119]. Dermed ser ‘Oster’ ut til å ha mye stivelse igjen ved spisemoden kvalitet. ‘Åkerø’ og ‘Prins’ var sorter som hadde en del stivelse igjen. Siden begge sortene hadde en godt utviklet grunnfarge kunne de likevel vurderes som spisemodne. Andre sorter, som ‘Furuholm’ og ‘Løeple’, som hadde en del stivelse igjen (henholdsvis 6,1 og 6,3) ble vurdert som bare høstmodne. Det vil si at eplene kunne ha blitt lagret lengre for å ettermodne. Denne vurderingen er også støttet av grunnfargen som var litt for grønn og hadde en høy fasthet i forhold til det som hadde vært normalt for sorten. Det betyr at for begge sorter burde SI verdien ligge under den målte verdien på 0,1. Ut fra de fysiologiske og kjemiske egenskapene kan de

undersøkte sortene, med unntak av 'Furuholm' og 'Løeple' som muligens bare var høstmodne, regnes som spisemodne og de beregnede SI verdiene (*figur 8*) kan benyttes som retningslinjer for spisemoden kvalitet.

Et annet viktig kvalitetskriterium er størrelsen på epler. I dag ligger kravet på optimal størrelse av epler mellom 70-85 mm og >60 mm for å være kommersielt akseptabel. 'Aroma'-epler fra Ås hadde en akseptabel størrelse (80 mm i diameter), det samme gjaldt 'Aroma' fra Lofthus, 'Bramley's Seedling', 'Høyenes', 'Håkonseple', 'Laxton's Superb', 'Leiknes' og 'Løeple'. Alle øvrige sorter var ≥ 60 mm. Dermed hadde alle sortene etter dagens standard en mer eller mindre tilfredsstillende fruktstørrelse.

ANTIOKSIDANT- OG TOTALFENOLINNHOLD

Antioksidantaktiviteten i denne undersøkelsen varierte mellom 0,84 mmol/100 g produkt for 'Flaskeple' og 2,33 mmol/100 g produkt for 'Høyenes'. Dermed er variasjonen mellom sortene så stor at det kunne fastslås en statistisk forskjell mellom dem. Det kunne også påvises en tydelig forskjell i antioksidantaktivitet mellom 'Aroma' fra Ås og Lofthus.

Både sorten 'Høyenes' og sortene 'Bramley's Seedling', 'Åkerø', 'Aroma' (Lofthus) og 'Laxton's Superb' tilhører den statistiske gruppen med høyest antioksidantaktivitet.

Siden antioksidantinnholdet i epler står i positiv sammenheng med virkningen på menneskets helse [13, 17], har sortene muligens en høyere helsegevinst enn sorter med lavere antioksidantvirkning. Dette burde imidlertid undersøkes mer.

I litteraturen finner man store variasjoner for antioksidantaktiviteten i epler målt med FRAP-metoden. Halvorsen, som validerte metoden tidligere, fikk verdier mellom 0,15 og 0,22 mmol/100 g fv for henholdsvis 'Golden Delicious' og 'Gala' [14]. Imeh og Khokhar fant i samme år verdier på 1,86 mmol/100 g fv for 'Golden Delicious' [8]. Den store variasjon for samme sort i forskjellige undersøkelser med FRAP-metoden ligger trolig i ulike høstetidspunkt, vekstbetingelser og ulik lagring. I sin undersøkelse med ni kommersielle eplesorter varierte FRAP-verdiene mellom 1,39- 2,25 mmol/100 g fv for henholdsvis 'Breaburn', og 'Granny Smith' og 'Royal Gala' [8]. Verdiene i Imeh og Khokhar sin undersøkelse ligger dermed i samme området som verdiene funnet i denne undersøkelsen. Bare 'Høyenes' og 'Bramley's Seedling' har litt høyere verdier mens 'Løeple' og 'Aroma' (Ås) har litt lavere verdier enn de kommersielle sortene. De fleste historiske sortene i denne undersøkelsen har dermed samme antioksidantaktivitet som de fleste viktigste kommersielle sortene. Sammenlignet med 'Aroma' (Ås) har ca. halvparten av de historiske sortene en høyere antioksidantaktivitet.

Sammenlignet med Halvorsen sin undersøkelse ligger verdiene av de historiske eplesortene i denne undersøkelsen på samme nivå som jordbær (2,17 mmol/100 g fv) og grapefrukt (0,83 mmol/100 g fv) og er betraktelig høyere enn verdiene som ble funnet for epler [14].

I denne undersøkelsen kunne det påvises at antioksidantaktiviteten er hovedsakelig bestemt av totalfenolinnholdet i eplene. Denne observasjonen er i samsvar med noen tidligere undersøkelser [5, 16, 50]. Likevel har en slik sammenheng ikke alltid kunne påvises i slike undersøkelser [8].

Siden totalfenolinnholdet spiller den viktigste rollen for antioksidantaktiviteten, ligger årsaken til den geografiske stedsforskjellen i antioksidantaktiviteten for 'Aroma' og forskjellene mellom sortene muligens i at fenolsammensetning i eplene varierer [102-104].

En stor variasjon mellom sortene kunne også konstateres for totalfenolinnholdet og det kunne påvises en tydelig forskjell i totalfenolinnholdet for 'Aroma' fra Ås og Lofthus. Eplesorter med høyest totalfenolinnhold var 'Høynes' (242,1 mg GEA/100 g fv) og 'Bramley's Seedling' (229,6 mg GEA/100 g fv). 'Bramley's Seedling' var av disse den eneste sorten som viste både et høyt vitamin C- og totalfenolinnhold. 'Høynes' hadde allikevel en høyere antioksidantaktivitet selv om vitamin C innholdet var lavt. Dette stemmer overens med den observerte sammenhengen mellom antioksidantaktivitet og totalfenolinnhold. Et høyt totalfenolinnhold ble også funnet for sortene 'Aroma' (Lofthus) og 'Åkerø'.

Resultatene for 'Laxton's Superb' og 'Åkerø' viser at antioksidantaktiviteten kan være høyest (gruppe a) selv om innhold totale fenoler ikke er signifikant høyest. Begge sorter inneholder heller ikke mye vitamin C sammenlignet med de andre sortene. Det tyder på at det er enten andre stoffer som påvirker antioksidantaktiviteten eller at komposisjonen av fenoloffer spiller en viktig rolle i å påvirke antioksidantaktiviteten *in vitro*.

Det er interessant å se at de fleste av sortene med høyest totalfenolinnhold må lagres lenge før de er spisemodne. Tarozzi viste i en undersøkelse med 'Golden Delicious' at både totalfenolinnhold og antioksidantaktivitet i epler er negativt påvirket av lagring, særlig i de første tre månedene [28]. Hvis dette gjelder også for de undersøkte lagrings-sortene, kan det bety at både totalfenolinnhold og antioksidantaktivitet var enda større ved høsting eller at fenolstoffene ble brutt ned langsommere under lagringsperioden. Det kunne dermed undersøkes om forskjellige fenolstoffer i de ulike sortene blir brutt ned på ulike måter og med ulik hastighet.

Burda et al. viste at totalfenoler i epler er relativt konstant gjennom modningstiden [143]. Det er dermed rimelig å tro at det lave totalfenolinnholdet i sortene 'Flaskeple' (107,06 mg GAE/100 g fv) og 'Løeple' (131,25 mg GAE/100 g fv), som ikke var helt spisemodne, ikke er påvirket av modningsgraden. Dette gjelder for øvrig for alle sorter.

Totalfenolinnholdet i 'Aroma' fra Ås (138,72 mg GAE/100 g fv) var imidlertid ikke signifikant forskjellig fra sorten med lavest verdi ('Flaskeple'). Dermed hadde halvparten av de historiske sortene et statistisk høyere totalfenolinnhold enn 'Aroma' fra Ås.

Når man sammenligner totalfenolinnholdet av de historiske sortene med kommersielle sorter som 'Red Delicious' og 'Fuji' med henholdsvis 204 og 230 mg GEA/100 g fv [21] er det bare sortene 'Høynes' og 'Bramley's Seedling' som viser lignende høye verdier. Den positive helseeffekten som er påvist i disse kommersielle sortene [21, 29] kan muligens

også dermed finnes i 'Høyenes' og 'Bramley's Seedling'. Dette forutsetter at helsegevinsten skyldes det høye fenolinnholdet.

For sorten 'Gala', der det også er påvist en positiv effekt på helsen [30] varierer verdiene av totalfenolinnholdet i litteraturen mellom 118-200 mg GEA/100 g fv [6, 7]. Med unntak av 'Flaskeple' faller alle sorter undersøkt her inn i dette området.

Verdier for en annen populær sort, 'Golden Delicious', varierer mellom 104-179 mg GEA/100 g fv [5, 21] og er dermed lavere eller like høye sammenlignet med de fleste sortene i denne undersøkelsen.

I litteraturen kan det leses at antioksidanter og fenolstoffer spiller en rolle i plantenes forsvar mot sykdommer, som for eksempel epleskurv [144]. Sorter som 'Bramley's Seedling', 'Høyenes' og 'Aroma' har vist seg til å være resistente sorter mot de fleste sykdommene, blant annet skurv [11, 145]. Å fremavle sorter med et høyt innhold av antioksidanter og fenolstoffer kan dermed virke positivt mot plantesykdommer.

VITAMIN C-INNHOLD

Vitamin C (ascorbic acid; AA) utgjør 9,1 % av antioksidantaktiviteten i denne undersøkelsen. Dette samsvarer ikke med tidligere undersøkelser som har vist <0,4 % [5, 21]. Den lave sammenhengen er funnet i undersøkelser basert på 'Golden-' eller 'Red Delicious' som inneholder mellom 7,7- 11,4 mg AA/100 g [1, 4]. Samtidig hadde begge sortene et høyt totalfenolinnholdt (180-200 mg GAE/100 g fv); [21]. I denne undersøkelsen inngår det 16 sorter der noen sorter hadde et høyere vitamin C-innhold med ca. samme totalfenolinnhold som 'Golden-' eller 'Red Delicious'. Det kan være årsaken til at vitamin C-innholdet forklarer en større del av antioksidantaktiviteten. Dette vil også si at vitamin C-innholdet muligens bidrar med ulik andel til antioksidantaktiviteten, avhengig av mengde vitamin C i sorten. Det hadde betydd at sammenhengen var sortsavhengig. Det er også mulig at vitamin C og totalfenoler har samvirkende effekter som forbedrer eplets verdi. En slik samvirkende effekt har tidligere blitt påvist [146]. Generelt utgjør C-vitamininnholdet i denne undersøkelsen kun en liten del av antioksidantinnholdet i epler, sammenlignet med totalfenolinnholdet.

Blant de undersøkte sortene var det signifikante forskjeller i vitamin C-innholdet. For 'Aroma' kunne det ikke påvises noe signifikant stedsforskjell for denne egenskapen, selv om eplene fra Ås hadde noe høyere verdier.

'Aroma', som tilhører gruppen med minst vitamin C, inneholder med ca. 5 mg/100 g fv, omtrent seks ganger mindre vitamin C enn 'Bramley's Seedling' som inneholdt signifikant mer vitamin C enn alle de andre sortene (32 mg/100 g fv). Sistnevnte er derfor en god kilde til vitamin C. Det betyr at et ferskt, gjennomsnittlig 'Bramley's Seedling' -eple på ca. 250 g vil dekke det anbefalte dagsbehovet for vitamin C for en frisk, voksen person.

En tredjedel av sortene inneholdt mellom 8 og 14 mg AA/100 g fv. Sorten 'Furuholm' inneholdt minst vitamin C (0,66 g/100 g fv). Siden vitamin C-innholdet i epler synker under modning [147], skyldes den lave verdien nok ikke en for tidlig høsting, men kan antas å være sorts karakteristisk.

Løeple, 'Aroma', 'Flaskeple', 'Høynes', 'Leiknes' og 'Håkonseple' faller statistisk i samme gruppe som 'Furuholm' og tilhører dermed eplesorter med lite vitamin C sammenlignet med de andre undersøkte sortene. Generelt ligger de undersøkte historiske sortene i området mellom 2-30mg AA/100 g eple som har blitt fastslått tidligere [2].

Sammenlignet med kommersielle sorter man får kjøpt i norske butikker som inneholder mellom 0,4-11,9 mg AA/100 g fv (tabell?); [1-4], ligger de fleste historiske sortene i denne undersøkelsen omtrent i det samme området. Sorten 'Bramley's Seedling', 'Benoni', 'Laxton's Superb' og 'Oster' inneholdt imidlertid litt mer vitamin C. Disse sortene inneholder, sammen med 'Fosseple' også mer vitamin C enn 'Aroma' (Ås).

Generelt kan det ikke konkluderes med at historiske sorter inneholder mer vitamin C enn kommersielle sorter. Vitamin C er for øvrig vanskelig å sammenligne, særlig mellom forskjellige undersøkelser. Grunnen er den store variasjonen mellom år og forskjellige faktorer som eplenes posisjon i treet og dermed tilgang til sollys, gjødslingsnivå, størrelse, modningsgrad, lagringslengde og opparbeiding av prøvematerialet [1, 3].

OPPSUMMERING

Vurdering av spisemoden kvalitet for de undersøkte historiske sorter er vanskelig fordi det ikke foreligger standardverdier. Denne undersøkelsen foreslår Streif-Indeks verdier som kan gjøre en framtidig vurdering lettere.

De historiske sortene var generelt syrlige og hadde et stort spekter i tørrstoff og sukker/syre forhold og bare få sorter oppfyller kravene som i dag blir stilt til kommersiell produserte epler (stort, søtt, saftig og sprøtt). Sorter som her må nevnes er 'Åkerø' og 'Høynes'. Imidlertid kan 'Åkerø' oppvise uønskede dyrkningsegenskaper. 'Høynes' modner i enkelte år muligens for sent men burde likevel utprøves mer.

Total antioksidantaktivitet, innhold av totale fenoler og vitamin C-innhold ble analysert for 15 historiske eplesorter og en nyere sort fra to geografiske steder. Det ble funnet store variasjoner mellom sortene for alle parameterne. Et eple er dermed ikke et annet eple likt, avhengig av sted og ikke minst sort. Vitamin C-innhold viste i denne undersøkelsen imidlertid bare sorts-, men ingen stedsavhengighet. Bidraget av vitamin C til den totale antioksidantaktiviteten var mye høyere enn tidligere foreslått. Undersøkelsen indikerte at sammenhengen er sortsavhengig. Likevel ble den totale antioksidantaktiviteten også i denne undersøkelsen best forklart gjennom innholdet av totale fenoler.

Sammenlignet med kommersielle sorter kan dette studiet ikke konkludere med at historiske sorter generelt har et høyt innhold av konstitusjonelle innholdsstoffer siden verdiene lå i omtrent samme området. Unntakene var imidlertid Høynes og særlig Bramley's Seedling som sikkert fortjener mer oppmerksomhet i fremtiden. Endelig er det verdt å legge merke til at diverse forsømte historiske sorter inneholder betraktelige mengder bioaktive innholdsstoffer som kunne bli brukt i fremtidig avling. Flere historiske eplesorter burde derfor bli undersøkt for å kunne velge ut de sortene med høyest genetisk verdi.

FRAMTIDSUTSIKTER

Det kan være interessant å undersøke om forskjellige fenolstoffer har ulik effekt på helsen og hvordan innholdet varierer i de ulike sortene. I denne sammenhengen kunne det også testes om steds- og sortsforskjeller i antioksidantaktivitet kan forklares gjennom komposisjon av ulike fenolstoffer.

Det kunne også tenkes å undersøke mønsteret i nedbrytingsprosessen av ulike fenolstoffer. Dersom fenolstoffer i enkelte sorter blir brutt ned langsommere enn i andre sorter, kunne det ha blitt undersøkt om forskjellen er knyttet til spesielle fenolstoffer eller fysiologiske prosesser i eplet.

KILDER

1. Planchon, V., et al., *Ascorbic acid level of Belgian apple genetic resources*. Scientia Horticulturae, 2004. **100**(1-4): p. 51-61
2. Campeanu, G., G. Neata, and G. Darjanschi, *Chemical Composition of the Fruits of Several Apple Cultivars Growth as Biological Crop*. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 2009. **37**(2): p. 161-164
3. Lee, S.K. and A.A. Kader, *Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops*. Postharvest Biology and Technology, 2000. **20**(3): p. 207-220
4. Vrhovsek, U., et al., *Quantitation of Polyphenols in Different Apple Varieties*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004. **52**(21): p. 6532-6538
5. Wolfe, K., X. Wu, and R.H. Liu, *Antioxidant Activity of Apple Peels*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003. **51**(3): p. 609-614
6. Liu RH, E.M., Lee C, *Antioxidant and antiproliferative activities of selected New York apple cultivars*. New York Fruit Quarterly, 2001. **9**: p. 15-17
7. Kim, D.-O., S.W. Jeong, and C.Y. Lee, *Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums*. Food Chemistry, 2003. **81**(3): p. 321-326
8. Imeh, U. and S. Khokhar, *Distribution of conjugated and free phenols in fruits: Antioxidant activity and cultivar variations*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002. **50**(22): p. 6301-6306
9. Proteggente, A.R., et al., *The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition*. Free Radical Research, 2002. **36**(2): p. 217-233
10. Hart H., C.L.E., Hart D.J., *Organische Chemie*. Vol. 3. 2002, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH
11. Per Stedje, O.S., *Norsk Pomologi I Epler*. 1939, Oslo: Gröndahl & Söns Forlag
12. Robards, K., et al., *Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits*. Food Chemistry, 1999. **66**(4): p. 401-436
13. SA Stanner, J.H., CNM Kelly and J Buttriss *A review of the epidemiological evidence for the 'antioxidant hypothesis'*. Public Health Nutrition, 2004. **7**: p. pp 407-422
14. Halvorsen, B.L., et al., *A systematic screening of total antioxidants in dietary plants*. Journal of Nutrition, 2002. **132**(3): p. 461-471
15. http://www.frukt.no/vedlegg/72396_total2009_norsk_web.pdf
16. Schmitz-Eiberger, M., et al., *Bioactive components in fruits from different apple varieties*. Journal of Applied Botany-Angewandte Botanik, 2003. **77**(5-6): p. 167-171
17. Boyer, J. and R. Liu, *Apple phytochemicals and their health benefits*. Nutrition Journal, 2004. **3**(1): p. 5
18. Hertog, M.G.L., et al., *Flavonoid Intake And Long-Term Risk Of Coronary-Heart-Disease And Cancer In The 7 Countries Study*. Archives of Internal Medicine, 1995. **155**(4): p. 381-386

19. M Maynard, D.G., P Emmett, S Frankel, G Davey Smith, *Fruit, vegetables, and antioxidants in childhood and risk of adult cancer: the Boyd Orr cohort* J Epidemiol Community Health 2003. **57**: p. 218-225
20. Hagen, S.F., et al., *Phenolic contents and other health and sensory related properties of apple fruit (Malus domestica Borkh., cv. Aroma): Effect of postharvest UV-B irradiation*. Postharvest Biology and Technology, 2007. **45**(1): p. 1-10
21. Eberhardt, M.V., C.Y. Lee, and R.H. Liu, *Nutrition - Antioxidant activity of fresh apples*. Nature, 2000. **405**(6789): p. 903-904
22. Lee, K.W., et al., *Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003. **51**(22): p. 6516-6520
23. Saure, M.C., *External control of anthocyanin formation in apple*. Scientia Horticulturae, 1990. **42**(3): p. 181-218
24. Podsedek, A., *Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review*. LWT - Food Science and Technology, 2007. **40**(1): p. 1-11
25. Treutter, D., *Biosynthesis of phenolic compounds and its regulation in apple*. Plant Growth Regulation, 2001. **34**(1): p. 71-89
26. Blanda, G., et al., *Study of the variation of the phenolic and polyphenolic content and of the antioxidant capacity of extracts obtained from osmotically pre-treated and frozen fruits*. Progress in Nutrition, 2008. **10**(3): p. 153-158
27. van der Sluis, A.A., et al., *Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: Effect of cultivar, harvest year, and storage conditions*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001. **49**(8): p. 3606-3613
28. Tarozzi A, M.A., Cantelli-Forti G, Hrelia P., *Cold-storage affects antioxidant properties of apples in Caco-2 cells*. J Nutr, 2004. **134**(5): p. 1105-9
29. Liu, R.H., J. Liu, and B. Chen, *Apples Prevent Mammary Tumors in Rats*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005. **53**(6): p. 2341-2343
30. Aprikian, O., et al., *Apple favourably affects parameters of cholesterol metabolism and of anti-oxidative protection in cholesterol-fed rats*. Food Chemistry, 2001. **75**(4): p. 445-452
31. Janick J, C.J., Brown SK, Hemmat M (1996) Apples. , in Janick J, Moore JN (eds) *Fruit breeding: tree and tropical fruits*. Apples, ed. C.J. Janick J, Brown SK, Hemmat M (1996) Apples. In: Vol. 1. 1996, New York: Wiley
32. Kellerhals, M., *Introduction to Apple (Malus × domestica)*, in *Genetics and Genomics of Rosaceae*, K.M. Folta and S.E. Gardiner, Editors. 2009, Springer New York. p. 73-84
33. J.E. Jackson, *Biology of apples and pears*. 2003, Cambridge, UK: Cambridge University Press
34. Jules Janick , J.N.M., *Fruit Breeding- Tree and tropical fruits*. Vol. 1. 1996: Wiley

-
35. Robinson, J.P., S.A. Harris, and B.E. Juniper, *Taxonomy of the genus Malus Mill. (Rosaceae) with emphasis on the cultivated apple, Malus domestica Borkh.* Plant Systematics and Evolution, 2001. **226**(1-2): p. 35-58
36. Harris, S.A., J.P. Robinson, and B.E. Juniper, *Genetic clues to the origin of the apple.* Trends in Genetics, 2002. **18**(8): p. 426-430
37. S.S. Korban, R.M.S., *Nomenclature of the cultivated apple* Hort. Science, 1984. **19**(2): p. 177-180
38. Gustav Redalen, S.V., *Lær å dyrke frukt.* 1991, Oslo: Grøndal & Søn Forlag A/S
39. Juniper, B.E., Watkins, R. and Harris, S.A. , *The Origin Of The Apple.* Acta Hort. (ISHS), 1998. **484**: p. 27-34
40. Syberg, K., *Æblets Fortelling.* 1 ed. 2007, København: People's Press. 460
41. Robinson, J.P., S.A. Harris, and B.E. Juniper, *Taxonomy of the genus Malus Mill. (Rosaceae) with emphasis on the cultivated apple Malus domestica Borkh.* Plant Systematics and Evolution, 2001. **226**(1): p. 35-58
42. http://www.skogoglandskap.no/film/eplet_som_forsvant?sms_ss=facebook&at_xt=4d5007d0a50c310d%2C0, *Eplet som forsvant.* 2010, Norsk Genresurscenter: Oslo, Norway
43. <http://www.nordgen.org/>
44. <http://www.cropsforthefuture.org/>
45. <http://www.cgn.wur.nl/UK/>
46. <http://www.genres.de/genres-e.htm>
47. <http://www.fao.org/nr/cgrfa/cgrfa-home/en/>
48. Bannier, H.J., *Modern Apple Breeding: Genetic Narrowing and Inbreeding Tendencies.* Erwerbs-Obstbau, 2011. **52**(3-4): p. 85-110
49. <http://www.skogoglandskap.no/genressurser>
50. Iacopini, P., et al., *Antiradical potential of ancient Italian apple varieties of Malus x domestica Borkh. in a peroxynitrite-induced oxidative process.* Journal of Food Composition and Analysis, 2010. **23**(6): p. 518-524
51. Ikase L., S.D., *Fruit Quality Assessment Of Apple Cultivars, in Proceedings of international scientific conference „Sustainable Fruit Growing: From Plant To Product”.* May 28 – 31, 2008 Latvia State Institute of Fruit-Growing: Jūrmala- Dobeles, Latvia. p. 54-64
52. Kenis, K., J. Keulemans, and M. Davey, *Identification and stability of QTLs for fruit quality traits in apple.* Tree Genetics & Genomes, 2008. **4**(4): p. 647-661
53. Kader, A.A., *Fruit Maturity, Ripening, And Quality Relationships.* Acta Hort. (ISHS), 1999. **485**: p. 203-208

54. Chen, L.-S., A Cheng, L., The sun-exposed peel of apple fruit has a higher photosynthetic capacity than the shaded peel. *Functional Plant Biology*, 2007. **34**(11): p. 1038-1048
55. Merzlyak, M.N., A.E. Solovchenko, and O.B. Chivkunova, *Patterns of pigment changes in apple fruits during adaptation to high sunlight and sunscald development*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2002. **40**(6-8): p. 679-684
56. Ryan, K.G., et al., *Flavonoid gene expression and UV photoprotection in transgenic and mutant Petunia leaves*. *Phytochemistry*, 2002. **59**(1): p. 23-32
57. Leyva, A., et al., *Low-Temperature Induces The Accumulation Of Phenylalanine Ammonia-Lyase And Chalcone Synthase Messenger-Rnas Of Arabidopsis-Thaliana In A Light-Dependent Manner*. *Plant Physiology*, 1995. **108**(1): p. 39-46
58. Arakawa, O., Y. Hori, and R. Ogata, *Relative Effectiveness And Interaction Of Ultraviolet-B, Red And Blue-Light In Anthocyanin Synthesis Of Apple Fruit*. *Physiologia Plantarum*, 1985. **64**(3): p. 323-327
59. Harker, F.R., et al., *Eating quality standards for apples based on consumer preferences*. *Postharvest Biology and Technology*, 2008. **50**(1): p. 70-78
60. Höhn E., D.D., Gasser F., Jampen M., *Streifindex und optimaler Pflückzeitpunkt von Tafelobst*, in Schweiz. Z. Obst-Weinbau. 1999. p. 443-446
61. Sams, C.E., *Preharvest factors affecting postharvest texture*. *Postharvest Biology and Technology*, 1999. **15**(3): p. 249-254
62. Mitre, I., V. Mitre, M. Ardelean, R. Sestras and A. Sestras, *Evaluation of Old Apple Cultivars Grown in Central Transylvania, Romania*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2009. **37**(1): p. 235-237
63. Sestras, A., R. Sestras, V. Lazar, V. Mitre, I. Mitre, G. Ropan and A. Barbos, *The Influence of Fruit Position in the Crown of Trees on the Sugar Content and Morphological Traits of Apple Fruits*. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Horticulture*, 2009. **66**(1): p. 170-176
64. Vangdal, E., *Quality Criteria for Fruit for Fresh Consumption*. *J Acta Agriculturae Scandinavica*, 1985. **35**(1): p. 41 - 47
65. Poinot, P., et al., Use of sense masking to study sensory modalities singly: interest for the understanding of apple in-mouth perception. *Food Quality and Preference*. **In Press, Accepted Manuscript**
66. Streif, J., *Erfahrungen mit Erntetermin-Untersuchungen bei Äpfeln*, in Besseres Obst. 1989. p. 235-238
67. Atkinson, C.J., et al., *Temperature and irrigation effects on the cropping, development and quality of 'Cox's Orange Pippin' and 'Queen Cox' apples*. *Scientia Horticulturae*, 1998. **75**(1-2): p. 59-81
68. Kaack, K. and H.L. Pedersen, *Prediction of Diameter, Weight and Quality of Apple Fruit (Malus domestica Borkh.) cv. 'Elstar' using Climatic Variables and their Interactions*. *European Journal of Horticultural Science*, 2010. **75**(2): p. 60-70

69. Kashimura, Y., et al., *Influence Of Orchard Site Parameters On Fruit-Quality Of Fuji Apple*. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 1994. **62**(4): p. 707-715
70. Blomhoff, R., *Dietary antioxidants and cardiovascular disease*. Current Opinion in Lipidology, 2005. **16**(1): p. 47-54
71. Halliwell, B., and Gutteridge, J. M. C., *The definition and measurement of antioxidants in biological systems*. Free Radicals Biol. Med., 1995. **18**: p. 125–126
72. Sies, H., *Oxidative stress: introductory remarks*. 1985, Orlando: Academic Press.
73. Lindsay, D.G. and S.B. Astley, *European research on the functional effects of dietary antioxidants - EUROFEDA*. Molecular Aspects of Medicine, 2002. **23**(1-3): p. 1-38
74. Steinmetz, K.A. and J.D. Potter, *Vegetables, Fruit, and Cancer Prevention: A Review*. Journal of the American Dietetic Association, 1996. **96**(10): p. 1027-1039
75. Pincemail, J., et al., *Effect of a diet rich in fruits and vegetables on the plasmatic antioxidant rates and of the markers of the oxidative damage*. Nutrition Clinique Et Metabolisme, 2007. **21**(2): p. 66-75
76. Liu, R.H., *Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals*. Am J Clin Nutr, 2003. **78**(suppl): p. 517S-20S
77. Kassoff, A., et al., *A randomized, placebo-controlled, clinical trial of high-dose supplementation with vitamins C and E and beta carotene for age-related cataract and vision loss - AREDS Report No. 9*. Archives of Ophthalmology, 2001. **119**(10): p. 1439-1452
78. Sies, H. and W. Stahl, *Vitamin-E And Vitamin-C, Beta-Carotene, And Other Carotenoids As Antioxidants*. American Journal of Clinical Nutrition, 1995. **62**(6): p. S1315-S1321
79. McCall, M.R. and B. Frei, *Can antioxidant vitamins materially reduce oxidative damage in humans?* Free Radical Biology and Medicine, 1999. **26**(7-8): p. 1034-1053
80. Halliwell, B., *The antioxidant paradox*. Lancet, 2000. **355**(9210): p. 1179-1180
81. Erkkila, A.T. and A.H. Lichtenstein, *Fiber and cardiovascular disease risk - How strong is the evidence?* Journal of Cardiovascular Nursing, 2006. **21**(1): p. 3-8
82. Rozema, J., et al., *UV-B as an environmental factor in plant life: Stress and regulation*. Trends in Ecology & Evolution, 1997. **12**(1): p. 22-28
83. Jenkins, G.I., *Signal Transduction in Responses to UV-B Radiation*. Annual Review of Plant Biology, 2009. **60**: p. 407-431
84. J. Higdon, *Vitamin C*, in *Micronutrient Information Center*. 2006, Oregon State University.
85. Combs, G.F., *The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health*. Vol. 3. 2008, Burlington, MA, USA: Elsevier Academic Press
86. S. S. Zilva, F. Kidd, C. West, *Ascorbic Acid In The Metabolism Of The Apple Fruit*. New Phytologist, 1938. **27**(4): p. 345–357
87. Padayatty, S.J., et al., *Vitamin C as an antioxidant: Evaluation of its role in disease prevention*. Journal of the American College of Nutrition, 2003. **22**(1): p. 18-35

-
88. Simon JA, H.E., *Serum ascorbic acid and gallbladder disease prevalence among US adults the Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III)*. Arch Intern Med, 2000. **160**(6): p. 931-936
89. A. C. Carr, B.F., *Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans*. Am J Clin Nutr, 1999. **69**(6): p. 1086-1107
90. Block, G., et al., *Plasma C-reactive protein concentrations in active and passive smokers: Influence of antioxidant supplementation*. Journal of the American College of Nutrition, 2004. **23**(2): p. 141-147
91. Davey, M.W., et al., *Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000. **80**(7): p. 825-860
92. Yokoyama T, D.C., Kokubo Y, Yoshiike N, Matsumura Y, Tanaka H. , *Serum vitamin C concentration was inversely associated with subsequent 20-year incidence of stroke in a Japanese rural community: The Shibata study*. Stroke, 2000. **31**(10): p. 2287-2294
93. Myint PK, L.R., Welch AA, Bingham SA, Wareham NJ, Khaw KT., *Plasma vitamin C concentrations predict risk of incident stroke over 10 y in 20 649 participants of the European Prospective Investigation into Cancer Norfolk prospective population study*. Am J Clin Nutr. , 2008. **87**(1): p. 64-69
94. Weber P, B.A., Schalch W. , *Vitamin C and human health—a review of recent data relevant to human requirements*. Int J Vitam Nutr Res, 1996. **66**: p. 19-30
95. Savini, I., et al., *SVCT1 and SVCT2: key proteins for vitamin C uptake*. Amino Acids, 2008. **34**(3): p. 347-355
96. Podmore, I.D.e.a., *Vitamin C exhibits pro-oxidant properties*. Nature, 1998. **392**: p. 559-559
97. http://www.helsedirektoratet.no/ernaering/matvarer_og_n_ringsstoffer/n_ringsstoffanbefaling/norske_anbefalinger/anbefalt_inntak_av_vitaminer_og_mineralstoffer_12442
98. Liao, K.L. and M.C. Yin, *Individual and combined antioxidant effects of seven phenolic agents in human erythrocyte membrane ghosts and phosphatidylcholine liposome systems: Importance of the partition coefficient*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000. **48**(6): p. 2266-2270
99. Frankel, E.N., *Lipid Oxidation*. J. Prog. Lipid Res., 1980. **19**: p. 1-22
100. Gaziano, J.M. and C.H. Hennekens, *Update on dietary antioxidants and cancer*. Pathologie Biologie, 1996. **44**(1): p. 42-45
101. Robards, K. and M. Antolovich, *Analytical Chemistry of Fruit Bioflavonoids A Review*. Analyst, 1997. **122**(2): p. 11R-34R
102. , and P. Laskowski, *Polyphenolic Compounds and Antioxidant Activity of New and Old Apple Varieties*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008. **56**(15): p. 6520-6530

-
103. Awad, M.A., A. de Jager, and L.M. van Westing, *Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterisation of variation*. *Scientia Horticulturae*, 2000. **83**(3-4): p. 249-263
104. Tsao, R., et al., *Polyphenolic Profiles in Eight Apple Cultivars Using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003. **51**(21): p. 6347-6353
105. Shahidi F., W.P.K., *Phenolic anti-oxidants*. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 1992. **32**: p. 67-103
106. Taiz L, Z.E., *Plant Physiology*. Vol. 5. 2010, Sunderland, MA, USA: Sinauer Associates
107. <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
108. Escarpa, A. and M.C. González, *High-performance liquid chromatography with diode-array detection for the determination of phenolic compounds in peel and pulp from different apple varieties*. *Journal of Chromatography A*, 1998. **823**(1-2): p. 331-337
109. McRae, K.B., et al., *Comparison of the polyphenol profiles of apple fruit cultivars by correspondence analysis*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1990. **50**(3): p. 329-342
110. Guyot, S., et al., *Reversed-Phase HPLC following Thiolysis for Quantitative Estimation and Characterization of the Four Main Classes of Phenolic Compounds in Different Tissue Zones of a French Cider Apple Variety (Malus domestica Var. Kermerrien)*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1998. **46**(5): p. 1698-1705
111. Versari, A., et al., *Adulteration of Fruit Juices: Dihydrochalcones as Quality Markers for Apple Juice Identification*. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 1997. **30**(6): p. 585-589
112. Solovchenko, A.E. and M.N. Merzlyak, *Screening of Visible and UV Radiation as a Photoprotective Mechanism in Plants*. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2008. **55**(6): p. 719-737
113. Solovchenko, A. and M. Schmitz-Eiberger, *Significance of skin flavonoids for UV-B-protection in apple fruits*. *Journal of Experimental Botany*, 2003. **54**(389): p. 1977-1984
114. Harborne, J.B. and C.A. Williams, *Advances in flavonoid research since 1992*. *Phytochemistry*, 2000. **55**(6): p. 481-504
115. Merzlyak, M.N., A.E. Solovchenko, and A.A. Gitelson, *Reflectance spectral features and non-destructive estimation of chlorophyll, carotenoid and anthocyanin content in apple fruit*. *Postharvest Biology and Technology*, 2003. **27**(2): p. 197-211
116. Parr, A.J. and G.P. Bolwell, *Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000. **80**(7): p. 985-1012
117. Carlos M. Herrera, O.P., ed. *Plant Animal Interactions: An Evolutionary Approach*. 2002, Blackwell Publishing. chapter 6
118. Stintzing, F.C. and R. Carle, *Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition*. *Trends in Food Science & Technology*, 2004. **15**(1): p. 19-38
119. Kvåle, A., *Fruktsorter for yrkesdyrkning og småhagedyrkning*. 1990, Larvik: Landbruksforlaget
120. Pedersen, A., *Danmarks Frugtsorter*. Vol. 2. 1950, København: S.L. Møllers Bogtrykkeri

121. Hirschfeld, C.C.L., *Handbuch der Fruchtbaumzucht, I.* 1788, Braunschweig
122. F. Jahn, E.L., J.G.C. Oberdieck, *Illustriertes Handbuch der Obstkunde.* 1859-1875, Stuttgart
123. <http://www.skogoglandskap.no/seksjoner/sortsdatabase>
124. <http://www.nrk.no/planteguiden/>
125. <http://www.orangepippin.com/catalogue.aspx>
126. <http://helgeland.nu/Hage/eple.htm>
127. <http://www.lpv-odermuendung.de/php/data.php?F2=A&Sortenname=Benoni>
128. <http://www.bongerdgrooteveen.nl/appels.php>
129. <http://www.arche-noah.at/etomite/index.php?id=157>
130. Røen, D., Moe, S.N. and Nornes, L. , *Evaluation Of Scab And Mildew Resistance In Local Apple Cultivars In Norway.* Acta Hort. (ISHS), 2004. **663**: p. 213-216
131. Dahl, C.G., *Pomologi, I. Stockholm.* 1929
132. <http://www.lpv-odermuendung.de/php/name.php?F2=A>
133. Thorsrud, J., *Åkerø- en gjenganger i norsk salgfruktdyrking*, in G.Y. 1984. p. 108-109
134. <http://www.frukt.no/artikkel.aspx?artid=15505&mnu1id=8050&mnu2id=8051&mnu3id=1015>
135. P., Q., *Fruchtentwicklung und Fruchtreife I. Ernteterminbestimmung bei Frühäpfeln*, in Obstbau. 1991. p. 391-394
136. Benzie, I.F.F., Strain J.J., *The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay.* Anal. Biochem., 1996. **239**: p. 70-76
137. Singleton, V.L.a.R., J.A., *Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents.* Am. J. Enol. Vitic., 1965. **16**: p. 144-158
138. Wold, A.-B., et al., *Colour of post-harvest ripened and vine ripened tomatoes (Lycopersicon esculentum Mill.) as related to total antioxidant capacity and chemical composition.* International Journal of Food Science & Technology, 2004. **39**(3): p. 295-302
139. Williams, R.C., Baker, D.R. & Schmidt, J.A., *Analyses of water-soluble vitamins by high speed ion exchange chromatography.* Journal of Chromatographic Science, 1973. **11**: p. 618-624
140. Baranowski, P., et al., *Detection of watercore in 'Gloster' apples using thermography.* Postharvest Biology and Technology, 2008. **47**(3): p. 358-366
141. Ferguson, I., R. Volz, and A. Woolf, *Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit.* Postharvest Biology and Technology, 1999. **15**(3): p. 255-262

142. <http://www.yr.no/sted/Norge/Akershus/%C3%85s/Dysterlia/statistikk.html>
143. Burda, S., W. Oleszek, and C.Y. Lee, *Phenolic compounds and their changes in apples during maturation and cold storage*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1990. **38**(4): p. 945-948
144. Mayr, U., et al., *Phenolic compounds of apple and their relationship to scab resistance*. Journal of Phytopathology-Phytopathologische Zeitschrift, 1997. **145**(2-3): p. 69-75
145. Røen, D., A. Ekholm & K. Rumpunen, *Estimating useful diversity in the Norwegian core collection of apples*. Acta Horticulturae, 2009. **814**: p. 131-136
146. Liao, K.-I. and M.-c. Yin, *Individual and Combined Antioxidant Effects of Seven Phenolic Agents in Human Erythrocyte Membrane Ghosts and Phosphatidylcholine Liposome Systems: Importance of the Partition Coefficient*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000. **48**(6): p. 2266-2270
147. Bangerth, F., *Relationship between calcium content and the content of ascorbic acid in apple, pear and tomato fruits*. Qual. Plant, 1976. **26**: p. 341-348

VEDLEGG I

PREPARERING AV LØSNINGER FOR FRAP

Acetat buffer, 300 mM, pH 3,6 ble framstilt med 1,79 g natriumacetat (Merck) og 16 ml iseddiksyre (Merck). Løsningen ble fortynnet med destillert vann til 1 l.

TPTZ, 10 mM, ble framstilt av 31,23 mg TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine, Fluka Chemie GmbH, Buchs, Tyskland) og 10 ml 40 mM HCl (0,456 g HCl (32 %, Merck) i 100 ml destillert vann).

Løsningen av jerntriklorid-heksahydrat ble framstilt av 54,06 mg $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Merck) og 10 ml destillert vann.

Løsningene ble lagret mørkt ved 4 °C og ble brukt til på alle analysedagene. Løsningene ble fylt i egne prøverør og satt inn i maskinen.

Standardløsningen ble framstilt fersk på alle analysedagene av 27,80 mg jerndisulfat-heptahydrat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 10 mM, Merck) som ble løst i 10 ml destillert vann. Fortynningene ble laget av maskinen.

Kontrolløsningen Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetrametyl-2-karboksylysyre, 500 mM, Fluka Chemie GmbH, Buchs, Tyskland) ble framstilt av å fortynne 100 µl Trolox-løsning (25,03 mg Trolox i 10 ml metanol) direkte i et 1900 µl stort prøverør.

PREPARERING AV LØSNINGER FOR ANALYSE AV TOTALFENOLER

Eksakt 0,050 g gallesyre (3,4,5-trihydroxybenzoicacid, Sigma G-3784) ble løst opp i noen dråper metanol og 100 ml destillert vann.

I tillegg ble det veid inn 3,750 g natriumkarbonat (7,5 % (w/v) Na_2CO_3 , Merck A/961192725) som ble løst opp i 50 ml destillert vann. Begge løsninger ble laget på samme dag som analysene ble utført.

2,5 ml av en forberedt løsning av Fiolin-Ciocalteu`s reagens (FCR, Sigma F-9252) ble løst opp i 25 ml destillert vann (1:10). Løsningene ble satt inn i maskinen hvor de ble holdt ved 4 °C.

STANDARDKURVE FOR FRAP

Responskurven av forskjellige fortynningsgrader ble laget av Konelab 30i (*tabell 13*). Alle fortynningene ble målt tre ganger.

Tabell13: Oversikt over FRAP-standardkurve konsentrasjoner og de utførte fortynningene.

Standardløsning ($\mu\text{g/ml}$)	Fortynning i maskinen (-1)	Konsentrasjon ($\mu\text{g/ml}$)
10 000	100	100
	40	250
	20	500
	10	1000
	5	2000
	3	2500

STANDARDKURVE FOR TOTALFENOL-ANALYSE

Standardkurven ble laget med forskjellige fortynninger av gallesyreløsningen (*tabell 14*). Alle fortynningene ble målt tre ganger.

Tabell 14: Oversikt over totalfenoler- standardkurve, konsentrasjoner og de utførte fortynningene.

Standardløsning ($\mu\text{g/ml}$)	Fortynning i maskinen (-1)	Konsentrasjon ($\mu\text{g/ml}$)
500	25	20
	10	50
	7	71,4
	5	100
	3	167
	2	250

ETTERORD

Det har vært en glede å jobbe med historiske eplesorter og jeg føler at jeg har lært mye. Særlig angående bedømmelsen av spisemodenhet er jeg mange erfaringer rikere. I tillegg fant jeg to nye yndlingsorter: 'Oster' og 'Bramley's Seedling'.

Det å jobbe med eplesorter, spesielt historiske sorter, var vanskelig fordi det er lite materiale tilgjengelig. I tillegg er ingen sort den andre lik, noe som gjør det nesten umulig å sette opp en standard. Det er i tillegg kombinasjonen av egenskapene som er avgjørende for kvaliteten. Gode egenskaper går kanskje hånd i hånd med en dårlig egenskap som fører til at sorten blir forkastet kommersielt. Dette er synd, siden vi dermed mister mange verdifulle egenskaper. Men kanskje det er uomgjengelig i en verden der alt skal være perfekt og folk bare er interessert i å tjene mest mulig penger fortest mulig.

Historiske eplesorter forbinder mange med en litt gammeldags smak og myk konsistens. Og når jeg tenker på besteforeldrene mine som hadde eplene liggende i stuen i en evighet før de ble spist forundrer det meg ikke. Kanskje mange av sortene fikk et dårlig rykte fordi de ikke ble lagret optimalt og spist da kvaliteten ikke var optimal.

Kanskje de også burde prøves med nye dyrkningsmåter. Resultatene hadde muligens ikke nådd inn i den store kommersielle sirkelen, men markedet hadde blitt noen nisjeprodukter rikere. Jeg hadde nok gjerne kjøpt noen sekspakninger av en til tre av sesongens historiske eplesorter.

Når det gjelder moderne avling i Europa er det forbausende at man benytter seg av et så lite genbasseng. Selvfølgelig skjer dette med tanke på sykdomsresistens, spesielt mot skurv. Men jeg tviler på at Vf-resistensen vil vare evig. Kanskje fokuset burde settes på en annen måte. At sorter med høy antioksidantaktivitet og særlig totalfenolinnhold ser ut til å ha en naturlig motstandsdyktighet mot f.eks. skurv kan være en måte å se på det. Med tanke på årets Eufriinmøte for eple- og pæresorter der mange foredlere presenterte sitt arbeid, er det, med unntak av Sveits, ingen som har disse stoffene i tanken.

Jeg håper i alle fall at helseverdien i epler kommer mer i fokus. Jeg håper også at det i butikkene blir lagt mer vekt på utvalget av eplesorter og at de ikke bare er markert som "røde", "gule" og "grønne" epler. Til slutt ønsker jeg at sesongen av norske epler utvides. Det er vi forbrukere som må bli mer bevisste på sorter og deres kvaliteter. Denne undersøkelsen håper jeg får flere til å tenke på hvor viktig det er å ta vare på historiske eplesorter og deres variasjonsrikdom.

QUALITY ANALYSES OF OLD APPLE CULTIVARS

Kristin Lichtenfeld

ABSTRACT

Consumption of fruits and vegetables has been shown to be beneficial to human health, much because of their content of antioxidants. Fruits are an important source of these antioxidants in the Norwegian diet where apples play a central role. Even if their content of secondary plant metabolites is relatively low compared to other fruits, Norwegians and Europeans eat a significant amount of apples all year round.

Since the amount of constitutional antioxidants varies due to genetic background, this research included 15 historical Norwegian cultivars and landraces and one commercial Norwegian variety (Aroma) from two geographical sites. The physiological and biochemical properties of all cultivars were assessed and a Streif Index was proposed for each cultivar. In addition, their methanolic extracts were analysed for total antioxidant power with use of the FRAP assay (reduction of Fe^{3+} to Fe^{2+}) and total phenolic content by the Folin-Ciocalteu method. Moreover, the content of vitamin C was determined through HPCL analysis. A significant difference between cultivars was detected for each analysis.

Four of the ancient varieties (Høynes, Bramley's Seedling, Åkerø, Laxton's Superb) and Aroma from Lofthus had the highest total antioxidant power. Høynes and Bramley's Seedling had the highest total phenolic content in this study. The variety with statistically most vitamin C was Bramley's Seedling. Between the two Norwegian commercial varieties (Aroma) a significant difference was detected both for total antioxidant power and total phenolic content, but not for vitamin C content.

Compared to Aroma, about half of all ancient varieties from the same locality had higher values for both total antioxidant power and total phenolic content and about 1/3 had higher vitamin C content.

Key-words: old apple cultivars; antioxidant power; total phenols; vitamin C, Streif Index

INTRODUCTION

A well known proverb says "An apple a day keeps the doctor away". Even if apples contain a relatively low amount of antioxidants the quantity eaten makes them to an important source of constitutional substances, especially flavonoids [1, 2]. In 2009, apples were the second most eaten fruit in Norway with about 12 kg pro cap and year [3]. In Europe, the general demand is 30 kg per capital and year even higher [4].

In addition to sugars, dietary fibers and vitamins, apples contain phenolic compounds [5] which are, in combination with vitamins, responsible for their antioxidant capacity [6, 7]. The most important phenolic compounds in apple are flavonoids and phenolic acids [6].

Carotenoids and flavonoids like anthocyanins in combination with chlorophylls determine fruit colour, and their relationship to each other influences fruit colour appearance [8]. Notably, most customers prefer red apples [9]. Good light access can increase the amount of light induced antioxidants [8, 10, 11] like phenolic compounds such as anthocyanins and flavonols and vitamins like vitamin C [5] and is therefore important in terms of constitutional

antioxidants for consumers. In plants these compounds function as sun screening compounds to protect the photosynthetic apparatus [12-14] or they intercept with UV-induced reactive oxygen species (ROS) [15, 16]. They have also functions in attraction of pollinators and seed dispersers [17, 18] and are involved in the plant-defence and stress mechanism like wounding and pathogen attack [16]. It was even suggested that antioxidants play a role in resistance against e.g. apple scab [19].

In man, antioxidants have shown to prevent age-related and chronic diseases like cancer and cardiovascular diseases [2, 20-22]. Phenolic compounds alone, especially flavonoids which apples are a rich source for [6], may have capillary protective and tumor inhibitive effects [23-26]. These effects have also been shown for apples [6, 27, 28] which generally provide a positive effect on human health [2]. The content of phenols as the most important group of antioxidants besides vitamins varies greatly due to genetic background, developmental stage, tissue structure, climatic conditions such as light and temperature, nutrient availability and storage conditions [9, 11, 22, 29-31]. Though, the content of flavonoids was shown to be stable during long term storage [32].

Vitamin C must be ingested for survival [33] since it cannot be synthesized by humans [34]. Fruit and vegetables contribute to about 90% of vitamin C intake in human diet [35]. The daily recommendation is 75 mg for healthy adult people [36]. Vitamin C is able to reduce C-reactive compounds and is thus said to be a precursor of heart diseases [37]. It also functions as a necessary enzyme cofactor and radical scavenger and it has an important function in cellular electron transport [38]. In addition, it plays an important role in synthesis of norepinephrines, which is involved in brain function and may play a role in mood swings [39]. It is further assumed that vitamin C reduces risk for stroke [40, 41]. The combination of Vitamin C and phenolic compounds provide several positive synergetic effects [42]. However, the increased intake of just one compound was not found to be beneficial [43-46].

The positive effects of antioxidants in fruits and vegetables is therefore most likely due to the delicate combination of different antioxidants which can vary in their total amount in plants to more than a 1000-fold [20].

From the viewpoint of the consumer, there is an increasing interest in the relationship between diet and health. Old apple cultivars might be a resource for important genetic material with which future apple quality might be improved. However, few studies analysed old cultivars [4, 47-49]. One difficulty with working with old cultivars is determining the optimal point of commercial maturity. Usually the Streif Index (SI), a maturity index [50] is used. This index is strongly dependant on geographical site and cultivar. It combines one fruit quality trade (soluble solids) and to maturity trades (firmness and starch content) [50].

This study will have a look at 15 old Norwegian cultivars and landraces and analyse their total antioxidant power (FRAP assay), total phenolic content and vitamin C content in addition to their physicochemical parameters. For the first time, SI values will be suggested for the analysed cultivars.

MATERIALS AND METHODS

CHEMICALS

Sodium acetate, acetic acid glaciale, hydrochloride acid (HCL), aqueous ferric chloride hexahydrate ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), ferrous sulfate heptahydrate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) and L(+)-ascorbic acid were purchased from Merck, Darmstadt, Germany. 2,4,6-Tripyridyl-s-triazine (TPTZ) and 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl-2-carboxylic acid (Trolox) were purchased from Fluka Chemie, Germany. 3,4,5-trihydroxybenzoic acid (gallic acid) were purchased from Sigma (G-7384), as well as Folin-Ciocalteu's phenol reagent (F-9252). Sodium carbonate was purchased from Merck (A/961192725). Oxalic acid was purchased from Merck, Darmstadt, Germany. All other chemicals were of analytical or higher grade quality. For HPLC analysis, ultrapure water from a Millipore, MilliQ Synthesis

System A10 was used. For analysis with Konelab 30i fotospectrometer (Thermo Electron Corp. Vantaa, Finland) distilled water was prepared by a Aquatron distillation apparatus.

PLANT MATERIALS

Healthy fruits (*Malus domestica*, Bork) without any signs of damage were harvested between the 27th of August and 10th of October 2010 in the orchard of the Norwegian University of Life Sciences (59°30N, 10°47E, 100m altitude). Approximately 30 to 35 apples with no signs of damage were harvested for each cultivar from the outer and inner parts of the tree canopy along the branches to ensure inner cultivar variation. Cultivars which had not reached commercial quality at harvest were stored at 3°C and about 90% relative air humidity (RH). There were analysed 15 old cultivars, both Norwegian local varieties and landraces (table 1).

COLOUR MEASUREMENTS, FIRMNESS, STARCH CONTENT

To evaluate time of commercial maturity a sample size of four to eight apples were analysed for ground colour using a colour chart for 'Golden Delicious' (Verbond van Coöperatiene Tuinbouwveilingen, Leuven, Belgia) with a scale from one (dark green) to eight (yellow). Skin colour was evaluated visually on a scale from zero (absent) to nine (completely covered). Firmness was measured in kg cm^{-2} on three sides around the apple equator after removal of the skin (FT 327, Gullimex, Borne, Holland). Starch content was measured by dipping apple halves in 10 % (w/v) iodine solution and evaluating the results after Quast's scale [51]. A value of one means no starch broken down whereas 10 mean no starch left. In Table 2 the results are presented. At the achievement of commercial maturation three replicates made up of seven apples each were prepared for each chemical analysis. Apples were cut and dispersed in separate boxes filled with liquid nitrogen (-196 °C), packed in plastic bags and put into the refrigerator at -40 °C until sample analysis.

CHEMICAL ANALYSES

SAMPLE PREPARATION FOR FRAP AND TOTAL PHENOL ANALYSIS

The frozen, edible part of each sample was homogenized by a hand-held blender (Braun Multiquick 3, Germany), and the amount of 3 g was taken away and soluted in 30 ml of acidified (10 mM HCL) methanol. All samples were vortexed for 30 seconds and thereafter sonicated for 15min at 0°C (Sonorex RK 100, Bandelin GmbH & Co, Berlin, Germany). 2ml of each sample was filled in a test tube, centrifugated at 4 °C and 13200 rotations min^{-1} (EPPENDORF Centrifuge 5415R) and placed into the fully automatic fotospectrometer Konelab 30i (Thermo Electron Corp. Vantaa, Finland) for analysis.

MEASUREMENT OF FERRIC ANTIOXIDANT POWER (FRAP)

The FRAP (ferric reducing/antioxidant power [51]) assay was performed according to Benzie and Strain(1996) [53]. It was fully validated in a former article [20]. A Konelab 30i fotospectrometer (Thermo Electron Corp. Vantaa, Finland) performed the measurements by pipetting 200µl acetate buffer (buffer of pH 300 mM, consisting of 1,79 g of sodium acetate and 16 ml of acetic acid glaciale made up to 1 L with distilled water), 20 µl FeCl₃*6H₂O (20 mM aqueous solution of ferric chloride hexahydrate), 20 µl TPTZ (10 mM solution of TPTZ (31,23 mg) in 10 ml 40 mM hydrochloride acid (0,456 g HCL (32 %) in 100ml distilled water) and eight µl sample or standard solution in the given order. The incubation time at 37C was 10 min. The absorption changes which occurred when the TPTZ- Fe³⁺ complex is reduced to TPTZ- Fe²⁺ in the presence of antioxidants was measured at 595 nm. The absorption maximum lies at 593 nm. Aqueous solutions of known ferrous ion concentration in the range 100-2500 µM (ferrous sulfate heptahydrate) were employed for calibration. Trolox served as control. All samples were analysed in triplicates.

MEASUREMENT OF TOTAL PHENOLS

Measurement of Phenols was performed by the Folin-Ciocalteu Assay [54] which involves reduction of the reagent by phenolic compounds. Measurements were performed with a Konelab 30i fotospectrometer (Thermo Electron Corp. Vantaa, Finland) by pipetting 100µl FC-reagents (pre-prepared FC-reagent diluted 1:10 with distilled water) and 20µl sample or standard solution in the named order. The solution was incubated for 60s at 37C before 80µl freshly made 7,5 % (w/v) Na₂CO₃ solution (7,5 g Na₂CO₃ (w/v) in 100 ml distilled water) was added. The incubation time at 37C was 900s. The formation of the blue complex which is linearly correlated with the concentration of phenolics in the sample was measured at 765nm. Gallic acid (50 mg GAE dissolved in 100 ml distilled water)was used as standard solution (concentration range 20-250 µg ml⁻¹) and total phenols were calculated in mg l⁻¹ gallic equivalent (GAE) per 100g fresh weight. All samples were analysed in triplicates.

SAMPLE PREPARATION FOR ASCORBIC ACID ANALYSIS

50 g of the frozen edible part of each sample where weight in and 100 g 1 % (w/v) oxalic acid were added to each before the samples where homogenised for about one minute with a hand-held blender (Braun 350W Multiquick, Germany). The homogenates where each filtered three times: first through a paper filter (Whatman 113V, 125 mm folded), second through an activated sep-pak®classic-filter (Sep Pak C 18 cartridges, Waters, USA) and third through a 0,45 µm Millex®-HA filter (Millipore, Molstheim, France). Prior to use the sep-pak C-18 column was activated using 5ml of methanol followed by 5ml of purified water. The first 2 ml of each analytic sample where discarded whereas the rest was

collected in 1,5ml vials (VWR international, 1.5 ml clear glass, 32 X 11,6 mm, Cat. / Art No 548-0028).

ASCORBIC ACID VITAMIN C ANALYSIS

The prepared samples where finally analysed by high performance liquid chromatography (HPLC) analyses described by Williams et al (1973) [55]. A Agilent Technologies (Waldbronn, Germany) 1100 series with HPLC system was used for analysing the samples in combination with chemstation software for data processing. Separation of the sample was reached by using a 4,5 x 250 mm Zorbax®SB-C18 5-micron column. 0,05 M KH₂PO₄ served as mobile phase for isocratic elution at 25 °C. Flow velocity was set to 1ml/min with a injection volume of 5 µl. Flow time was set to 5 min per sample. L-ascorbic acid (AA) served as a standard and was measured at 254 nm. Results were calculated in mg AA 100-1 fresh weight.

PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS

For analysis of soluble solids, pH and titrable acidity, juice was prepared from the thawed samples. Concentration of soluble solids was measured at 22 °C with a digital refractometer (ATAGO refractometer, model PR-32α, Atago Co, Ltd, Tokyo, Japan) and expressed as %SS. pH was measured with a digital pH-meter (Metronom691 pHMeter, Herisau, Sveits) and a fully automated titrator (Metronom 716 DMS Titrino and 730 Sample Changer, Herisau, Sveits) was used to calculate titrable acidity as the with distilled water saluted sample reached a pH of 8,1. 0.1M NaOH was used for titration. Results were calculated in percent malic acid. For determination of dry matter, approximately 6 g of homogenised matter of each sample was dried at 104 °C for 24h before weighing.

2.6. STATISTICAL ANALYSIS

One-way analysis of variance (ANOVA) was used for determination of significant difference between cultivars which were tested by post hoc comparison test (Tukey's HSD). For placement of the Oster cultivar contrast analysis where used if necessary. Significance levels used where '* ' P≤0.050, '**'P≤0.01 and '***'P≤0.001. The statistical performance was done by the program R-2.12.0. All results presented in tables and graphs were reported as means with their standard deviation (SD).

RESULTS

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERS

The results for the physiological and chemical parameters are presented in table 3 for all analysed cultivars. Ground colour varies from 4,8 (Bramley's Seedling) to 8,0 (Fuhr). Skin colour varies from 0 (Flaskeple) to 7,3 (Åkerø). The firmest apple was Oster (10,2 kg/cm²), whereas Håkonseple was least firm (4,3 kg/cm²). Most cultivars had a starch content above 7,8 when analysed. Oster had the highest starch content (2,6). Dry matter content varies between 10,94 % (Furuholm) and 15,09 % (Laxton's Superb). Both

Furuholm and Laxon's Superb also form the borders for concentration of soluble solids (10,53 %- 15,33 %). pH

lies in the range of 3,15- 3,61. Titrable acidity range from 0,58% (Håkonseple) to 1,16 % (Flaskeple).

Table 1 Results for ground and skin colour, firmness (kg cm-2), starch, dry matter (%), soluble solids (%), ph and titrable acidity (%).

sort	Ground colour (1-8)	Skin colour [0-9]	firmness [kg/m ²]	Starch content (1-10)	Dry matter [%]	Soluble solids [%]	pH	Titrable acidity [%]
Aroma Lofthus	7,5±0,5	5,3±1,5	7,4±0,6	8,9±0,8	12,99±0,43	12,73±0,68	3,24±0,02	0,77±0,06
Aroma Ås	6,6±0,5	4,0±1,1	6,9±0,9	7,8±1,3	12,40±0,14	12,67±0,61	3,29±0,05	1,04±0,00
Benoni	6,8±0,4	3,9±1,4	7,3±0,7	7,0±1,4	13,05±0,46	12,7±0,21	3,42±0,12	0,88±0,03
Bramley's Seedling	4,8±1,0	2,9±0,8	8,3±0,7	10,0±0,0	11,16±0,40	10,73±0,15	3,23±0,15	1,15±0,05
Flaskeple	6,5±0,7	0,0±0,0	8,0±1,6	9,5±0,5	11,51±0,39	11,6±0,95	3,23±0,04	1,16±0,14
Fosseple	7,0±0,0	2,7±1,2	8,3±0,8	10,0±0,0	13,74±0,14	12,93±0,42	3,33±0,07	0,82±0,03
Fuhr	8,0±0,0	5,8±1,4	8,2±0,7	10,0±0,0	12,25±0,43	11,27±0,21	3,24±0,02	0,75±0,06
Furuholm	6,3±0,7	0,8±0,0	8,1±0,8	6,1±1,1	10,94±0,29	10,53±1,21	3,21±0,05	1,24±0,20
Høynes	7,3±0,7	4,4±1,6	6,7±0,7	9,0±0,0	13,91±0,47	12,9±0,17	3,52±0,08	0,78±0,01
Håkonseple	6,4±0,5	1,3±0,4	4,3±1,0	9,1±0,4	11,99±0,83	11,53±0,06	3,49±0,00	0,58±0,02
Laxton's Superb	6,0±0,0	2,6±1,7	7,2±0,6	10,0±0,0	15,09±0,52	15,33±1,38	3,61±0,10	0,71±0,07
Leiknes	6,1±0,6	1,0±0,7	8,2±0,7	8,9±0,8	11,34±0,57	12,93±1,01	3,28±0,01	0,98±0,07
Leinestrand	7,0±0,7	1,1±0,6	5,8±0,7	8,1±0,8	12,39±0,35	11,43±0,12	3,15±0,03	1,08±0,07
Løeple	6,3±0,4	3,3±0,7	7,4±0,7	6,3±1,6	11,67±0,25	11,83±1,08	3,21±0,03	1,07±0,12
Oster	6,0±0,0	4,4±1,9	10,2±1,5	2,6±1,0	13,30±0,08	12,5±0,21	3,33±0,01	0,89±0,03
Prins	7,0±0,8	4,0±0,8	10,1±0,6	6,0±0,8	12,07±0,33	11,07±0,35	3,32±0,02	0,77±0,01
Åkerø	7,9±0,3	7,3±1,3	9,6±1,0	6,3±0,4	13,95±0,14	13,87±0,23	3,52±0,04	0,58±0,02

In figure 1 the ratio between soluble solids and titrable acidity is presented. Åkerø had the highest ratio (23,8) whereas Furuholm had the lowest value (8,5). Figure 2

presents the calculated values for the Streif-Index for each cultivar at the time of analysis.

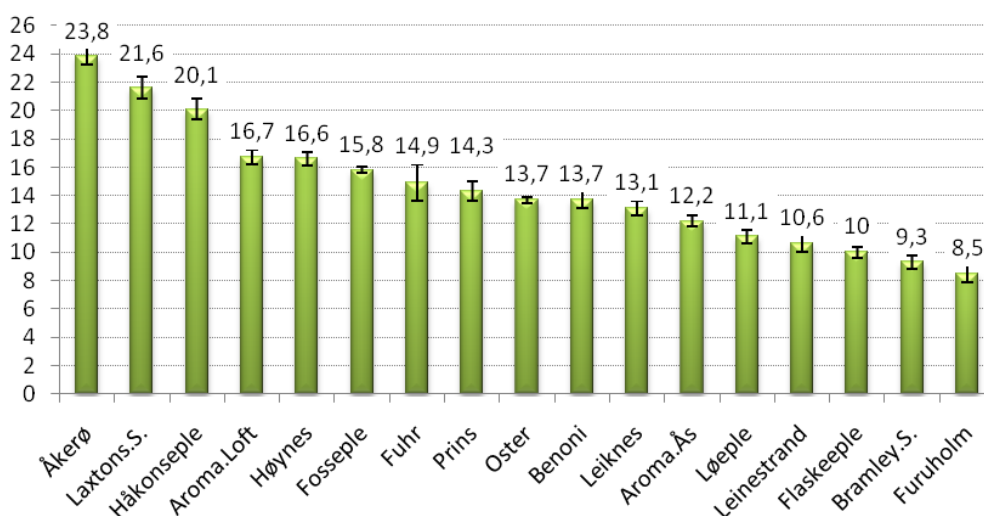


Figure 1 Ratio between soluble solids and titrable acidity is with its standard deviation illustrated for each cultivar. Values are written over the arbors.

Figure 2 Values for the Streif-Index (firmness/ soluble solids x starch content) are illustrated with their standard deviation for each variety. Values are written over the arbors.

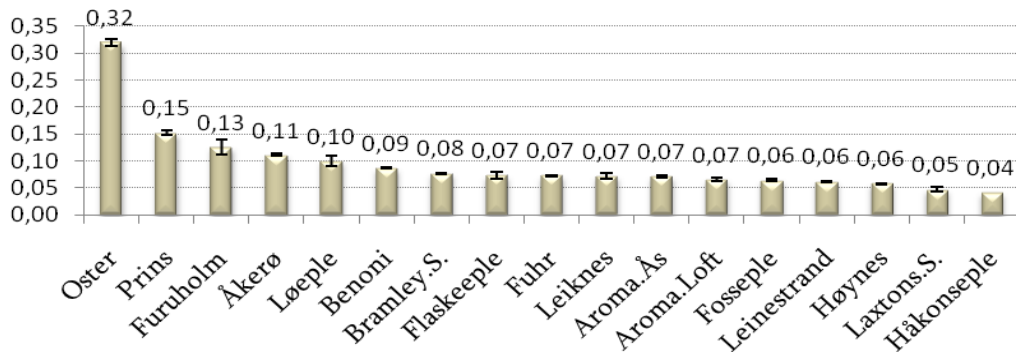


Table 2 summarise the results for the analysis of total antioxidant power, total phenolic and vitamin C content.

It was observed a significant difference between cultivars for total antioxidant power ($P=3,99e^{-15}$ '****'). Høynes had the highest antioxidant power ($23,34\pm 0,06$ $\mu\text{mol}/100\text{g}$ fv) 'Bramley's Seedling', but there was no statistical difference between this cultivar and 'Åkerø', 'Aroma' from Lofthus and Laxton's Superb. Those cultivars form thus the group with highest antioxidant power (group a). Flaskeple (group g) had lowest antioxidant power ($8,43\pm 0,01$ $\mu\text{mol}/100\text{g}$ fv) and was statistically different from Løeple (group f) which had the next higher value ($12,20\pm 0,04$ $\mu\text{mol}/100$ g fv); ($P=0.045$ '*').

Between the cultivars there was documented a significant difference for total phenolic content ($P<2,92e^{-15}$ '****') with Høynes (group a) having the highest value ($242,05\pm 4,10$ mg GAE/100 g fv). Also Bramley's Seedling do belong to group a. The lowest value was measured for Flaskeple ($107,06\pm 1,37$ mg GAE/100 g fv) which belong with Løeple and Aroma from Ås to group h.

Also for vitamin C content there was found a significant difference between cultivars ($P<2,56e^{-16}$ '****'). Bramley's Seedling had the absolute highest value ($31,99\pm 5,93$ mg/100g fv). Furuholm had the lowest value ($0,66\pm 0,85$ mg/100g fv) and belonged together with Håkonseple, Leiknes, Høynes, Flaskeple, Aroma from Lofthus and Ås, and Løeple to group h.

Table 2 For all 18 varieties the mean of their vitamin C content, total phenolic content and total antioxidant power is given with their standard deviation.

sort	vitaminC [mg/100g fv]		totalfenoler [mgGAE/100gfv]		antioksidantaktivitet [$\mu\text{mol}/100\text{g}$ produkt]	
Aroma Ås	6,32±1,68	efgh	138,72±8,33	fgh	13,12±0,10	ef
Aroma Lofthus	4,89±0,34	defgh	201,65±7,51	bc	19,83±0,16	ab
Benoni	21,53±1,77	b	149,75±12,17	efg	14,45±0,13	def
Bramley's Seedling	31,99±5,93	a	229,55±25,92	ab	22,65±0,27	a
Flaskeple	4,31±0,71	efgh	107,06±1,37	h	8,43±0,01	g
Fosseple	11,55±2,61	cd	153,96±3,22	efg	14,02±0,06	def
Fuhr	8,11±1,07	defg	179,44±13,09	cde	18,51±0,16	bc
Furuholm	0,66±0,85	h	169,37±5,23	cdef	16,35±0,07	bcde
Høynes	3,80±2,63	fgh	242,05±4,10	a	23,34±0,06	a
Håkonseple	1,64±1,08	gh	165,07±9,27	def	14,99±0,08	cdef
Laxton's Superb	17,54±0,76	bc	191,33±12,93	cd	19,68±0,13	ab
Leiknes	3,10±0,73	fgh	159,19±10,59	def	14,46±0,14	def
Leinestrand	11,04±3,26	cde	179,38±9,33	cde	17,05±0,10	bcd
Løeple	7,32±0,27	defgh	131,25±5,50	gh	12,20±0,04	f
Prins	10,97±3,40	cde	169,74±11,34	cdef	15,93±0,15	cdef
Oster*	14,23±2,86	c	189,36±5,08	cd	18,28±0,03	bc
Åkerø	9,50±1,06	def	200,14±8,58	bc	19,88±0,05	ab

Results were analysed by one-way analysis of variance (ANOVA). In each column different letters indicate different statistical groups determined by a post hoc comparison test (Tukey's HSD). * If necessary, Oster was placed due to a statistical comparison test (t-test).

LOCAL VARIATION BETWEEN THE AROMA CULTIVAR

There could not be detected any significant difference for vitamin C content between Aroma from Ås and Lofthus. However, for both total antioxidant power and total phenolic content there was observed a significant difference between the localities: $P=0,0000155$ and $P=0,0000043$, respectively.

LINEAR CORRELATION

There was found a clear linear correlation of total phenolic and vitamin C content with antioxidant power ($P<2,2 \cdot 10^{-16}$, $r=0,99$). The model explains 96,9 % of the total variation in antioxidant power. Total phenols explain however a much bigger part ($P=2,2 \cdot 10^{-16}$ ****, adjusted $R^2=0,97$) than vitamin C content ($P=0,02$ **, adjusted $R^2=0,09$). That means that total phenolic content explains 96,8 % of antioxidant power, while vitamin C content explains 9,1 %. Figure 3 tries to put this correlation into a more graphical form.

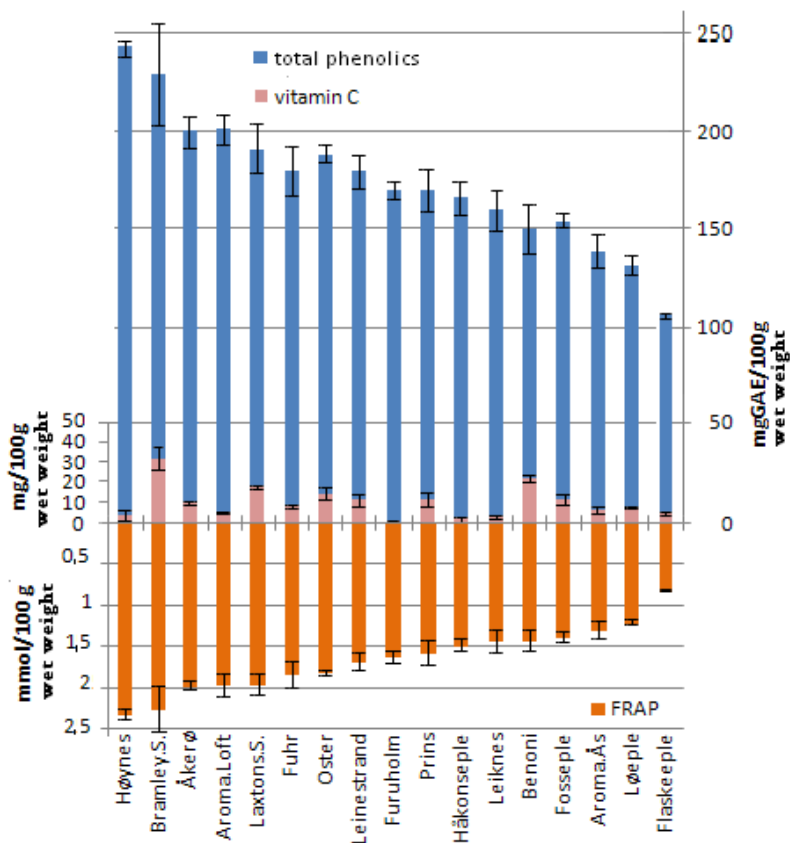


Figure 3 The relationship between total phenolic content [mg GEA/100 g fresh weight], vitamin C [mg/100 g fresh weight] and total antioxidant power [mmol/100 g fresh weight] is illustrated. The figure reflects the linear relationship between the values.

DISCUSSION

All of the analysed apples, except for Løple and Furuholm, where according to table 1 judged to be commercially mature at the time of analysis. Thus the calculated Streif-Indices (SI) in figure 2 can serve as a reference for further investigations. It is supposed that Løple and Furuholm which had only reached their physiological maturity should have a $SI < 0,1$ at commercial maturity.

According to their quality, only Åkerø and Høynes were judged to have achieved the quality which most of today's consumers wish for (big, sweet, juicy and

firm with a red colour or blush). Åkerø is still partly available at Norwegian stores in autumn and accepted by consumers. If that would also be the case for Høynes remains to be seen.

Total antioxidant power (TAP) varied in this study from 0,84 mmol/100g fresh weight (fw) for Flaskeple to 2,33 mmol/100g fw for Høynes. Both Høynes, Bramley's Seedling, Åkerø, Aroma (Lofthus) and Laxton's Superb had significantly the highest TAP. Between the Aroma cultivar grown at two different geographical sides there was registered a significant difference between TAP possibly because of different side factors. Which factors caused this difference has

to be analysed. The cultivar from Ås belonged to the group with lowest TAP. Compared to the historical cultivars about half of them had significantly higher TAP values.

In the literature there are huge variations between TAP values measured by the FRAP method. Halvorsen et al., which validated the method earlier, predict values for Golden Delicious and Gala of 0,15-0,22 mmol/100 g fw, respectively [20]. Imeh and Khokhar found much higher values for Golden Delicious (1,86 mmol/100 g fw) [56]. This big variation might be the result of different times of harvest, growing conditions and storage. In their study with nine commercial apple cultivars TAP values vary between 1,39-2,25 mmol/100 g fw for Breaburn and Granny Smith or Gala Royal, respectively. Their observed values are in agreement with the values found in this study. Only Høyenes and Bramley's Seedling had slightly higher values whereas Flaskeple, Løeple and Aroma (Ås) had somewhat lower values. That means that the main part of the 15 historical cultivars analysed are within the same range of TAP values as commercial cultivars analysed by Imeh and Khokhar.

Results show that the total phenolic content had a high correlation with TAP values measured ($r^2=0,97$, $P<0,001$). This observation corresponds with former results [4, 47, 57]. Still, not all studies found such a correlation [56]. Since the concentration of total phenols play such an important role for TAP, the reason for differences within one cultivar from different places and within different cultivars maybe situated in the varying composition of phenolic substances [58-60].

A significant variation could also be stated for total phenolic content between the cultivars and within Aroma from to geographical sites. Høyenes (242,1 mg GEA/100 g fw) and Bramley's Seedling (229,6 mg GEA/100 g fw) had the highest content of total phenols. Even if Bramley's Seedling had a higher content of vitamin C, Høyenes had, with a slightly higher content of total phenols, the highest antioxidant power. That substantiates the correlation mentioned above.

A relatively high content of total phenols was also found for Aroma (Lofthus) and Åkerø. Even if the amount was significantly lower than that for Høyenes and Bramley's Seedling and vitamin C content was not high either compared to the other cultivars, they belong statistically to the group of cultivars with highest antioxidant activity. This indicates that there are either other substances influencing antioxidant power or that possibly the composition of phenolic compounds has an important effect on antioxidant power in vitro.

It is noticeable that most of the cultivars with a high content of total phenols have to be stored. Tarozzi could show in a study with Golden Delicious that both content of total phenols and TAP are negatively influenced by storage, especially during the first three months [61]. If this is also true for the analysed storage varieties it could mean that values for both total phenolic content and TAP had been higher at time of harvest. It also could mean that different phenolic substances are eventually broken down at different speeds.

During maturation, the content of total phenols have however been shown to be stable [62]. Thus it is likely that values of those cultivars which just had reached physiological maturity are not influenced by the degree of maturation. This applies to all cultivars.

The content of total phenolic compounds of Aroma from Ås (138,72 mg GAE/100 g fw) was not significantly different from that of Flaskeple which had the lowest value. Therewith, half of all old cultivars had a higher content of total phenols than Aroma (Ås). Compared to values of commercial varieties such as Red Delicious or Fuji with 204 and 230 mg GEA/100 g fw, respectively, which were analysed in another study [6] only Høyenes and Bramley's Seedling have similar high values. The positive effect on health which was found for those cultivars [6, 27] could thus possibly also be associated with Høyenes and Bramley's Seedling. However, this implies that the the health benefit is caused by the high content of total phenols.

For Gala, whose consumption also is supposed to be beneficial for health [28], values for total phenolic compounds vary in literature between 118-200 mg GEA/100g fw for [63, 64]. Except for Flaskeple, all historical cultivars analysed lie in this range. Golden Delicious values (104-179 mg GEA/100 g fw) [6, 57] also lie in about the same range as the analysed old varieties.

According to literature, antioxidants and phenolic compounds play an important role in plant defence against diseases such as apple scap [19]. Varieties rich in those substances like Bramley's Seedling, Høyenes and Aroma have shown to be naturally more resistant against most of the common diseases, among others apple scap [65, 66]. Breeding varieties with a high content of antioxidants and phenolic compounds might thus have a positive effect against certain plant illnesses.

VITAMIN C CONTENT

In this study, ascorbic acid (AA) was responsible for 9,1 % of TAP. This does not stand in agreement with former research which found values <0,4 % [6, 57].

Their low correlation was found in studies based on Golden- or Red Delicious with 7,7- 11,4 mg AA/100 g, respectively [48, 67]. At the same time both cultivars had a relatively high content of total phenols (180-200 mg GAE/100 g fw) [6]. In this study 16 cultivars were analysed and some of them had a much higher AA content with the content for total phenols being about the same as for the two Delicious types. This may cause the higher correlation of AA and TAP. This would also mean that the content of AA perhaps contributes to a different extent to TAP, depending on the amount of AA in the cultivar. That would cause the correlation to be cultivar dependant. It is also possible that AA and phenolic compounds have a synergetic effect which could improve their value. Such a synergetic effect has been found previously [68]. Generally, AA content contributes in this study little to TAP, compared to the high contribution of total phenolic.

A significant difference for AA content was detected within the analysed cultivars. However, for Aroma no such differences could be identified between the two geographical sides. Aroma belonged to the group with significant least AA content (5 mg/100 g fw) and had about six times less AA than Bramley's Seedling which had significant the highest AA content (32 mg/100g fw). Its high AA value makes it a good source of AA. That means that a fresh, average sized Bramley's Seedling apple of about 250 g could almost satisfy the daily requirements for AA uptake for a healthy adult person.

Furuholm had the lowest AA content (0,66 mg/100 g fw). Since AA content decreases during ripening of the apple on the tree it is concluded that the low value is not caused by too early harvest but is instead characteristic for the cultivar.

Løeple, Aroma, Flaskeple, Høyne, Leiknes and Håkonseple belong statistically to the same group as Furuholm and are thus also cultivars with low AA content compared to the other varieties analysed. Generally, all old cultivars lie in the range of 2-30mg AA/100g apple which was formerly detected for apples [69].

Compared to commercial varieties which have been analysed earlier and which contained between 0,4 and 11,9 mg AA/100g fw [35, 48, 67, 69] most of the old cultivars analysed in this study lie in about the same range. However, Bramley's seedling, Benoni, Laxton's Superb and Oster contain more AA. Those cultivars contain, together with Fosseple, more AA than Aroma (Ås).

Generally this study cannot conclude that old varieties do contain more AA than newer commercial

varieties. However, AA content is difficult to compare especially between different studies. The reason for this is the large variation between years and different factors influencing the apple like the position in the tree and thus light access, fertilization, size, degree of maturity, length of storage and method of analysis [35, 48].

CONCLUSION

In conclusion, several physicochemical parameters of 15 old varieties and one newer variety from two geographical sites were studied and a Streif-Index for optimal commercial quality was calculated for each cultivar.

In addition the total antioxidant power, total phenolic content, content of vitamin C, a large variation was found between the different old cultivars for all parameters. An apple is thus unlike another apple, depending on growth side and most important cultivar. However, in this study Vitamin C content revealed only a dependency on cultivar, but not geographical side. Its contribution to total antioxidant power has been shown to be much higher compared to other studies. Still, antioxidant power was mainly determined by the content of total phenols.

Compared to new commercial cultivars this study cannot conclude that the content of health related substances in old varieties is generally higher. The values seem to be in approximately the same range. A possible exception to this may include both Høyne and Bramley's Seedling, which might deserve more attention. Finally, it is worth noticing that certain neglected old cultivars might thus possess significant amounts of phytochemicals and bioactive compounds which could be used in future apple breeding for the production of value-added apple cultivars. More old varieties should be tested to pick out those cultivars with the most technological importance.

FUTURE ASPECTS

It might be interesting to study if different phenolic substances have unlike effects on human health and how their contents vary in different cultivars. In this context, it could also be tested if differences in antioxidant power because of site and cultivar can be explained through the composition of various phenolic compounds.

The pattern of decomposition of different phenolic compounds could also be analysed. If some phenolic compounds are broken down more slowly in certain cultivars it could have been examined if the difference is related to particular phenolic compounds or to special physiological processes in the apple of this cultivar.

ACKNOWLEDGMENTS

I thank Anne-Berit Wold and Siv Fagertun Remberg for usefull advices during the process of writing. The author also thanks Kari Grønnerød, Signe Hansen and Karin Svinnset for their technical assistance. A special thanks belongs to Kristian Hovde Liland for help with the statistical program and Bioforsk Vest Ullensvang for providing Aroma apples. Kindly thanks also to Jonathan Randall for reviewing the english language. Last but not least I thank the Norwegian University for live science and Njøs næringsutvikling for making this research possible.

REFERENCES

- Hertog, M.G.L., et al., *Flavonoid Intake And Long-Term Risk Of Coronary-Heart-Disease And Cancer In The 7 Countries Study*. Archives of Internal Medicine, 1995. **155**(4): p. 381-386.
- Boyer, J. and R. Liu, *Apple phytochemicals and their health benefits*. Nutrition Journal, 2004. **3**(1): p. 5.
- http://www.frukt.no/vedlegg/72396_total200_9_norsk_web.pdf.
- Schmitz-Eiberger, M., et al., *Bioactive components in fruits from different apple varieties*. Journal of Applied Botany-Angewandte Botanik, 2003. **77**(5-6): p. 167-171.
- Hagen, S.F., et al., *Phenolic contents and other health and sensory related properties of apple fruit (Malus domestica Borkh., cv. Aroma): Effect of postharvest UV-B irradiation*. Postharvest Biology and Technology, 2007. **45**(1): p. 1-10.
- Eberhardt, M.V., C.Y. Lee, and R.H. Liu, *Nutrition - Antioxidant activity of fresh apples*. Nature, 2000. **405**(6789): p. 903-904.
- Lee, K.W., et al., *Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003. **51**(22): p. 6516-6520.
- Lancaster, J.E., *Regulation Of Skin Color In Apples*. Critical Reviews in Plant Sciences, 1992. **10**(6): p. 487-502.
- Saure, M.C., *External control of anthocyanin formation in apple*. Scientia Horticulturae, 1990. **42**(3): p. 181-218.
- Lancaster, J.E., et al., *Induction of flavonoids and phenolic acids in apple by UV-B and temperature*. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2000. **75**(2): p. 142-148.
- Treutter, D., *Biosynthesis of phenolic compounds and its regulation in apple*. Plant Growth Regulation, 2001. **34**(1): p. 71-89.
- Merzlyak, M.N. and O.B. Chivkunova, *Light-stress-induced pigment changes and evidence for anthocyanin photoprotection in apples*. Journal of Photochemistry and Photobiology B-Biology, 2000. **55**(2-3): p. 155-163.
- Solovchenko, A. and M. Schmitz-Eiberger, *Significance of skin flavonoids for UV-B-protection in apple fruits*. Journal of Experimental Botany, 2003. **54**(389): p. 1977-1984.
- Solovchenko, A.E. and M.N. Merzlyak, *Screening of Visible and UV Radiation as a Photoprotective Mechanism in Plants*. Russian Journal of Plant Physiology, 2008. **55**(6): p. 719-737.
- Rozema, J., et al., *UV-B as an environmental factor in plant life: Stress and regulation*. Trends in Ecology & Evolution, 1997. **12**(1): p. 22-28.
- Jenkins, G.I., *Signal Transduction in Responses to UV-B Radiation*. Annual Review of Plant Biology, 2009. **60**: p. 407-431.
- Carlos M. Herrera, O.P., ed. *Plant Animal Interactions: An Evolutionary Approach*. 2002, Blackwell Publishing. chapter 6.
- Stintzing, F.C. and R. Carle, *Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition*. Trends in Food Science & Technology, 2004. **15**(1): p. 19-38.
- Mayr, U., et al., *Phenolic compounds of apple and their relationship to scab resistance*. Journal of Phytopathology-Phytopathologische Zeitschrift, 1997. **145**(2-3): p. 69-75.
- Halvorsen, B.L., et al., *A systematic screening of total antioxidants in dietary plants*. Journal of Nutrition, 2002. **132**(3): p. 461-471.
- Kroon, P. and G. Williamson, *Polyphenols: dietary components with established benefits to health?* Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005. **85**(8): p. 1239-1240.
- Podsedek, A., *Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review*. LWT - Food Science and Technology, 2007. **40**(1): p. 1-11.
- Cook, N.C. and S. Samman, *Flavonoids - Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources*. Journal of Nutritional Biochemistry, 1996. **7**(2): p. 66-76.
- Hollman, P.C.H., M.G.L. Hertog, and M.B. Katan, *Analysis and health effects of flavonoids*. Food Chemistry, 1996. **57**(1): p. 43-46.
- Kuntz, S., U. Wenzel, and H. Daniel, *Comparative analysis of the effects of flavonoids on proliferation, cytotoxicity, and apoptosis in human colon cancer cell lines*. European Journal of Nutrition, 1999. **38**(3): p. 133-142.
- Czeczot, H., *Biological activities of flavonoids—A review*. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 2000. **950**(4): p. 3-13.
- Liu, R.H., J. Liu, and B. Chen, *Apples Prevent Mammary Tumors in Rats*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005. **53**(6): p. 2341-2343.
- Aprikian, O., et al., *Apple favourably affects parameters of cholesterol metabolism and of anti-oxidative protection in cholesterol-fed rats*. Food Chemistry, 2001. **75**(4): p. 445-452.
- Connor, A.M., C.E. Finn, and P.A. Alspach, *Genotypic and environmental variation in antioxidant activity and total phenolic content among blackberry and hybridberry cultivars*. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2005. **130**(4): p. 527-533.
- Arora, A., et al., *Compositional variation in beta-carotene content, carbohydrate and antioxidant enzymes in selected banana cultivars*. International Journal of Food Science and Technology, 2008. **43**(11): p. 1913-1921.
- Blanda, G., et al., *Study of the variation of the phenolic and polyphenolic content and of the antioxidant capacity of extracts obtained from osmotically pre-treated and frozen fruits*. Progress in Nutrition, 2008. **10**(3): p. 153-158.
- van der Sluis, A.A., et al., *Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: Effect of cultivar, harvest year, and storage conditions*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001. **49**(8): p. 3606-3613.
- Padayatty, S.J., et al., *Vitamin C as an antioxidant: Evaluation of its role in disease prevention*. Journal of the American College of Nutrition, 2003. **22**(1): p. 18-35.
- Combs, G.F., *The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health*. Vol. 3. 2008, Burlington, MA, USA: Elsevier Academic Press.
- Lee, S.K. and A.A. Kader, *Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural*

- crops. *Postharvest Biology and Technology*, 2000. **20**(3): p. 207-220.
36. http://www.helsedirektoratet.no/ernaering/matvarer_og_n_ringsstoffer/n_ringsstoffanbefalinger/n_orske_anbefalinger/anbefalt_inntak_av_vitaminer_og_mineralstoffer_12442.
 37. Block, G., et al., *Plasma C-reactive protein concentrations in active and passive smokers: Influence of antioxidant supplementation*. *Journal of the American College of Nutrition*, 2004. **23**(2): p. 141-147.
 38. Davey, M.W., et al., *Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000. **80**(7): p. 825-860.
 39. J.Higdon, *Vitamin C*, in *Micronutrient Information Center*. 2006, Oregon State University.
 40. Yokoyama T, D.C., Kokubo Y, Yoshiike N, Matsumura Y, Tanaka H. , *Serum vitamin C concentration was inversely associated with subsequent 20-year incidence of stroke in a Japanese rural community: The Shibata study*. *Stroke*, 2000. **31**(10): p. 2287-2294.
 41. Myint PK, L.R., Welch AA, Bingham SA, Wareham NJ, Khaw KT., *Plasma vitamin C concentrations predict risk of incident stroke over 10 y in 20 649 participants of the European Prospective Investigation into Cancer Norfolk prospective population study*. *Am J Clin Nutr.* , 2008. **87**(1): p. 64-69.
 42. Liao, K.L. and M.C. Yin, *Individual and combined antioxidant effects of seven phenolic agents in human erythrocyte membrane ghosts and phosphatidylcholine liposome systems: Importance of the partition coefficient*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000. **48**(6): p. 2266-2270.
 43. Sies, H. and W. Stahl, *Vitamin-E And Vitamin-C, Beta-Carotene, And Other Carotenoids As Antioxidants*. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1995. **62**(6): p. S1315-S1321.
 44. McCall, M.R. and B. Frei, *Can antioxidant vitamins materially reduce oxidative damage in humans? Free Radical Biology and Medicine*, 1999. **26**(7-8): p. 1034-1053.
 45. Halliwell, B., *The antioxidant paradox*. *Lancet*, 2000. **355**(9210): p. 1179-1180.
 46. Kassoff, A., et al., *A randomized, placebo-controlled, clinical trial of high-dose supplementation with vitamins C and E and beta carotene for age-related cataract and vision loss - AREDS Report No. 9*. *Archives of Ophthalmology*, 2001. **119**(10): p. 1439-1452.
 47. Iacopini, P., et al., *Antiradical potential of ancient Italian apple varieties of Malus x domestica Borkh. in a peroxynitrite-induced oxidative process*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2010. **23**(6): p. 518-524.
 48. Planchon, V., et al., *Ascorbic acid level of Belgian apple genetic resources*. *Scientia Horticulturae*, 2004. **100**(1-4): p. 51-61.
 49. Mitre, I., V. Mitre, M. Ardelean, R. Sestras and A. Sestras, *Evaluation of Old Apple Cultivars Grown in Central Transylvania, Romania*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2009. **37**(1): p. 235-237.
 50. Höhn E., D.D., Gasser F., Jampen M., *Streifindex und optimaler Pflückzeitpunkt von Tafelobst, in Schweiz. Z. Obst-Weinbau*. 1999. p. 443-446.
 51. P., Q., *Fruchtentwicklung und Frucht reife I. Ernteterminbestimmung bei Frühäpfeln, in Obstbau*. 1991. p. 391-394.
 52. Benzie, I.F.F. and J.J. Strain, [2] *Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration, in Methods in Enzymology*, P. Lester, Editor. 1999, Academic Press. p. 15-27.
 53. Benzie, I.F.F., Strain J.J., *The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay*. *Anal. Biochem.*, 1996. **239**: p. 70-76.
 54. Singleton, V.L.a.R., J.A., *Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents*. *Am. J. Enol. Vitic.*, 1965. **16**: p. 144-158.
 55. Williams, R.C., Baker, D.R. & Schmidt, J.A., *Analyses of water-soluble vitamins by high speed ion exchange chromatography*. *Journal of Chromatographic Science*, 1973. **11**: p. 618-624.
 56. Imeh, U. and S. Khokhar, *Distribution of conjugated and free phenols in fruits: Antioxidant activity and cultivar variations*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002. **50**(22): p. 6301-6306.
 57. Wolfe, K., X. Wu, and R.H. Liu, *Antioxidant Activity of Apple Peels*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003. **51**(3): p. 609-614.
 58. Awad, M.A., A. de Jager, and L.M. van Westing, *Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterisation of variation*. *Scientia Horticulturae*, 2000. **83**(3-4): p. 249-263.
 59. Tsao, R., et al., *Polyphenolic Profiles in Eight Apple Cultivars Using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003. **51**(21): p. 6347-6353.
 60. , and P. Laskowski, *Polyphenolic Compounds and Antioxidant Activity of New and Old Apple Varieties*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008. **56**(15): p. 6520-6530.
 61. Tarozzi A, M.A., Cantelli-Forti G, Hrelia P., *Cold-storage affects antioxidant properties of apples in Caco-2 cells*. *J Nutr*, 2004. **134**(5): p. 1105-9.
 62. Burda, S., W. Oleszek, and C.Y. Lee, *Phenolic compounds and their changes in apples during maturation and cold storage*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1990. **38**(4): p. 945-948.
 63. Liu RH, E.M., Lee C, *Antioxidant and antiproliferative activities of selected New York apple cultivars*. *New York Fruit Quarterly*, 2001. **9**: p. 15-17.
 64. Kim, D.-O., S.W. Jeong, and C.Y. Lee, *Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums*. *Food Chemistry*, 2003. **81**(3): p. 321-326.
 65. Per Stedje, O.S., *Norsk Pomologi I Epler*. 1939, Oslo: Grøndahl & Söns Forlag.
 66. Røen, D., A. Ekholm & K. Rumpunen, *Estimating useful diversity in the Norwegian core collection of apples*. *Acta Horticulturae*, 2009. **814**: p. 131-136.
 67. Vrhovsek, U., et al., *Quantitation of Polyphenols in Different Apple Varieties*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004. **52**(21): p. 6532-6538.
 68. Liao, K.-I. and M.-c. Yin, *Individual and Combined Antioxidant Effects of Seven Phenolic Agents in Human Erythrocyte Membrane Ghosts and Phosphatidylcholine Liposome Systems: Importance of the Partition Coefficient*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000. **48**(6): p. 2266-2270.
 69. Campeanu, G., G. Neata, and G. Darjanschi, *Chemical Composition of the Fruits of Several Apple Cultivars Growth as Biological Crop*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2009. **37**(2): p. 161-164.