



SJÄLVSTÄNDIGT ARBETE VID LTJ-FAKULTETEN

Trädgårdsingenjörsprogrammet – Marknad
10 hp

Effekten av arktiskt klimat på inre kvalitet hos bär

Lilly Kristensen
2009

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, LTJ

Författare:

Lilly Kristensen

Titel:

Effekten av arktiskt klimat på inre kvalitet hos bär

The effect of Arctic climate on inner quality in berries

Program:

Trädgårdsingenjör

Huvudområde:

Marknad

Nyckelord:

arktiskt klimat, bär, metaboliter, askorbinsyra, fria radikaler, antioxidanter

Handledare:

Professor Beatrix Alsanius. SLU, LTJ-fakulteten, område Hortikultur

Examinator:

Docent Marie Olsson. SLU, LTJ-fakulteten, område Hortikultur

Kurskod:

EX0363

Kurstitel:

Examensarbete för trädgårdsingenjörer

Omfattning:

10 hp

Nivå och fördjupning:

Grund AB

Utgivningsort:

Alnarp

Månad, År:

Mars, 2009

Serie:

Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten

Omslagsfoto:

-

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. SAMMANFATTNING	4
2. SUMMARY	4
3. MATERIAL OCH METOD.....	5
4. INTRODUKTION	5
4.1 Syfte/hypotes	5
4.3 Bakgrund	5
4.3.1 Klimat	5
4.3.2 Undersökta bär	6
4.3.3 Metaboliter	7
4.3.4 Fria radikaler	8
4.3.5 Antioxidanter	9
4.3.6 Fenoler	9
4.3.7 Pigment	10
4.3.8 Askorbinsyra (vitamin C)	12
5.1 Familjen Ericaceae	13
5.1.1 Vaccinium	13
5.2 Familjen Rosaceae.....	14
5.2.1 Rubus	14
5.2.2 Fragaria	15
5.3 Familjen Elaeagnaceae	16
5.3.1 Hippophaë	16
5.4 Familjen Grossulariaceae	16
5.4.1 Ribes	16
5.5 Studier av flera familjer.....	17
5.5.1 Finska studier	17
5.5.2 Svenska studier	18
5.5.3 Kanadensiska studier	19
5.5.4 Norska studier	19
6. DISKUSSION OCH SLUTSATS	19
6.1 Diskussion	19
6.1.1 Vaccinium	19
6.1.2 Skördetidpunkt	20
6.1.3 Genetiska skillnader	20
6.1.4 Odlingsteknik	21
6.1.5 Svårt att skilja ut avgörande faktorer	21
6.1.6 Ekonomiska aspekter	22
6.2 Slutsats	22
7. REFERENSER.....	23

1. SAMMANFATTNING

Arbetet är en litteraturstudie som utgår från hypotesen att arktiskt klimat har en främjande effekt på metabolitackumulering i bär. Det arktiska klimatet återfinns längst upp på norra halvklotet och den södra gränsen går ungefär vid polcirkeln. Metaboliter indelas ofta i primära och sekundära metaboliter. Primära metaboliter, såsom proteiner och nukleinsyror, anses vara livsuppehållande medan sekundära metaboliter står för andra viktiga funktioner i växters fortplantning och överlevnad. Bären som nämns i arbetet kommer från familjerna *Ericaceae*, *Rosaceae*, *Elaeagnaceae* och *Grossulariaceae*.

Det som framkom under arbetets gång var att det inte självklart går att peka på vad som främjar metabolitackumuleringen. I artiklarna beskrivs ett antal olika faktorer, till exempel skördetidpunkt, sortval, odlingsteknik och mognadstadium, vilka även de påverkar produktionen och därmed är det inte möjligt att dra slutsatsen att arktiskt klimat har en främjande effekt på metabolitackumulering i bär.

2. SUMMARY

This project is a literature study with the hypothesis that Arctic climate has a positive effect on the accumulation of metabolites in berries. Plant metabolites are often divided into primary and secondary metabolites. Primary metabolites such as proteins and nucleic acids are essential for cell function, while secondary metabolites are often non-essential, but have important functions regarding reproduction and survival. The berries mentioned in this project are from the families *Ericaceae*, *Rosaceae*, *Elaeagnaceae* och *Grossulariaceae*.

The conclusion drawn from this literature study is that it is not obvious what favours accumulation of metabolites in berries. Other factors aside from climate affect the production of secondary metabolites, such as time of harvest, cultivars and ripeness. Therefore it is not possible to make the conclusion that Arctic climate has a positive effect on accumulation of metabolites in berries.

3. MATERIAL OCH METOD

Arbetet grundar sig på litteraturstudier, artiklar om bär och deras metaboliter har studerats. Tyngdpunkten ligger på publicerade artiklar hämtade från CAB Abstracts (Web of Knowledge) men även annan litteratur refereras i arbetet. Resultatkapitlet är indelat efter växtfamiljer när så är möjligt. Studier som är gjorda för flera familjer samtidigt redovisas i ett eget avsnitt.

4. INTRODUKTION

4.1 Syfte/hypotes

Arktiskt klimat har en främjande effekt på metabolitackumulering i bär.

4.3 Bakgrund

Arbetet syftar till att ta reda på om vilda och odlade bär påverkas av arktiskt klimat och om i så fall metabolitackumuleringen främjas. Arbetet syftar till att ta reda på om det finns några belegg för detta. Sökandet har begränsats geografiskt till artiklar från Sverige, Norge, Finland, Skottland, Kanada och USA.

4.3.1 Klimat

4.3.1.1 Arktiskt klimat

Arktis är den nordligaste regionen på jordklotet och är centrerad kring nordpolen och karaktäriseras av sitt klimat samt växt- och djurliv. Ibland används polcirkeln (latitud 66°30' N) som sydlig gräns för regionen. Det finns inga definitiva gränser för regionen utan trädgränsen är i detta fall vägledande. Det är extrema skillnader mellan sommar- och vintertemperaturer och en tredjedel av landytan är permanent frusen (permafrost) där endast det övre jordlagret tinar under den korta sommaren. Klimatet varierar beroende på latitud, närhet till hav, höjd över havet och topografi. Även om dessa faktorer skiljer sig så återfinns variabler som är karaktäristiska för polarområdet. Polarklimatet delas in i två klasser. I den första klassen, glacialklimat, överstiger månadernas medeltemperatur aldrig 0°C. I den andra klassen, tundraklimat, är åtminstone en månad över 0°C men ingen månad överstiger 10°C.

Arktiska växter får nöja sig med en kärv miljö som omfattar låga temperaturer, midnattssol, näringsfattig jord, snö och hårda vindar. Växtsäsongen är kort, och sätter igång på våren trots frostrisk och när marken fortfarande är täckt av snö. I slutet av augusti är

säsongen över (Encyclopaedia Britannica, 2009). Norr om polcirkeln varierar dagslängden kraftigt under året, från midnattssol 24 timmar om dygnet till konstant mörker under delar av vinterhalvåret. Trots de långa sommardagarna blir solinstrålningen liten i regionen eftersom solen står lågt över horisonten (The Columbia Encyclopedia, 2001).

4.3.1.2 Subarktiskt klimat

Utöver glacialklimat och tundraklimat finns det övergångszoner som det subarktiska klimatet söder om trädgränsen. Det subarktiska klimatet skiljer sig mellan de kontinentala regionerna, till exempel Alaska, inre delarna av Yukon, och de maritima regionerna, till exempel norra Skandinavien och norra Ryssland. De kontinentala regionerna får mer nederbörd och har en högre sommartemperaturer än de maritima regionerna. Vintern för de kontinentala delarna börjar i slutet av augusti längst upp i norr och en månad senare har den nått trädgränsen. Temperaturerna faller till december för att sedan vara mer eller mindre konstant under januari, februari och början av mars med temperaturer runt -40°C . Vintern för de maritima delarna av Arktis som Grönland, Island och de europeiska delarna av Arktis är en period med stormar, mycket nederbörd och måttligare temperaturer som sällan går under -7°C . Två slags vegetationstyper återfinns söder respektive norr om trädgränsen. I söder återfinns subarktisk boreal vegetation och i norr dominerar tundra (Encyclopaedia Britannica, 2009).

4.3.1.3 Nordliga växtförhållanden

Nordliga växtförhållanden karaktäriseras av en kombination av långa dagar med relativt låg temperatur under den korta växtsäsongen (Hohtola, 2007). Växtförhållandena karaktäriseras också av långa dagar men ljusintensiteten och instrålad ljusmängd är lägre i norr än i söder på grund av lägre solhöjd (Haugland & Mølmann, 2007).

4.3.2 Undersökta bär

I allmänhet sägs hallon, jordgubbar, vinbär etc vara bär, vilket botaniskt inte är korrekt. Ett bär är en köttig frukt med saftig fruktvägg och som har en eller flera karpeller med ett eller flera frön (Raven, 2005). Enligt denna definition är inte jordgubbar och hallon bär medan meloner och tomater är det (Stewart, 2007). Ordet bär används i detta arbete som det görs i allmänhet. Litteraturstudien har omfattat både vara vilda och odlade bär. I nedanstående tabell återfinns de bär som nämns i arbetet.

Tabell 1. Vilda och odlade bär från ett antal olika familjer som nämns i arbetet.

Familj	Svenskt namn	Latinskt namn
Ericaceae	Ljungväxter	
	Lingon	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>
	Tranbär	<i>Vaccinium oxycoccos</i>
	Blåbär	<i>Vaccinium myrtillus</i>
	Lowbush blåbär	<i>Vaccinium angustifolium</i>
	Highbush blåbär	<i>Vaccinium corymbosum</i>
	Rabbiteye blåbär	<i>Vaccinium ashei</i>
	Odon	<i>Vaccinium uliginosum</i>
	(Inget svenskt namn)	<i>Vaccinium brittonii</i>
	Kråkbär	<i>Empetrum nigrum</i>
Nordkråkbär	<i>Empetrum hermaphroditum</i>	
Rosaceae	Rosväxter	
	Hjortron	<i>Rubus chamaemorus</i>
	Hallon	<i>Rubus idaeus</i>
	Björnbär	<i>Rubus ssp</i>
	Jordgubbe/smultron	<i>Fragaria ssp</i>
	Nypon	<i>Rosa ssp</i>
	Aronia	<i>Aronia mitschurinii</i>
	Rönnbär	<i>Sorbus aucuparia</i>
Elaeagnaceae	Havtornsväxter	
	Havtorn	<i>Hippophaë rhamnoides</i>
Grossulariaceae	Ripsväxter	
	Krusbär	<i>Ribes grossularia</i>
	Svarta vinbär	<i>Ribes nigrum</i>
	Röda vinbär	<i>Ribes x Pallidum</i> Red Dutch
	Vita vinbär	<i>Ribes x Pallidum</i> White Dutch

4.3.3 Metaboliter

4.3.3.1 Primära metaboliter

Primära metaboliter är nödvändiga molekyler som återfinns i alla växtceller. Exempel på primära metaboliter är enkla sockerarter, aminosyror, proteiner och nukleinsyror (Raven et al., 2005).

4.3.3.2 Sekundära metaboliter

Tidigare ansågs sekundära metaboliter vara restprodukter men idag vet man att de är viktiga för växters fortplantning och överlevnad. Många fungerar som kemiska signaler för att få växten att svara på omgivningen medan andra är inblandade i växtens försvar mot herbivorer, patogener eller konkurrenter. Sekundära metaboliter kan också skydda mot solstrålning eller hjälpa till vid spridning av pollen och frö. Tillverkningen av sekundära metaboliter sker ofta i en del av växten, ofta under en speciell period av utvecklingen, men lagras i en annan.

Utbredningen i växten är begränsad och koncentrationen varierar ofta över ett dygn. De tre största grupperna av sekundära metaboliter är alkaloider, terpenoider and fenoler (Raven et

al., 2005). Även följande klasser av kemiska föreningar brukar i de flesta sammanhang rubriceras som sekundära metaboliter eller växtprodukter; aminer, kumariner, fenolsyror, kinoner, betalainer, ligniner, glykosider, glukosinolater, tanniner och flavonoider (Brishammar & Umaerus, 1988).

En del studier visar på att ljus och låga temperaturer ökar produktionen av sekundära metaboliter, men många andra studier menar på att det är större skillnader mellan år och mellan individer. Växter visar anmärkningsvärd flexibilitet i sina reaktioner på ändrade miljöförhållanden. En mängd faktorer, såsom växtens ålder, säsong, patogenangrepp, solinstrålning, konkurrens, näringsstatus och många andra stressande miljöfaktorer har effekt på produktionen av sekundära metaboliter. Det är känt att stress på grund av temperatur kan orsaka många fysiologiska, biokemiska och molekylära effekter i växters metabolism och ändrar förmodligen produktionen av sekundära metaboliter. Fotosyntesen är effektivare för växter i kallt klimat än för växter i varmare habitat eftersom det finns mer kol tillgängligt till sekundära metaboliter vid låga temperaturer. En del av nämnda faktorer har sagts vara orsaker till den större koncentrationen av sekundära metaboliter i växter som växer i norr än i söder (Hohtola, 2007).

4.3.4 Fria radikaler

Fria radikaler är kemiska föreningar som innehåller en eller flera oparade elektroner. På grund av detta är de väldigt reaktiva och kan reagera med molekyler och på det viset orsaka skada (Encyclopaedia Britannica, 2009). Stress kan generera fria radikaler från molekylärt syre och kan då skada molekyler som DNA, lipider och proteiner (Atkinson et al., 2005). Oxidativ stress och oxidativa inflammationer är karaktäristiska för många sjukdomar såsom hjärt- och kärlsjukdomar, olika cancerformer, Parkinsons sjukdom och diabetes (Kalt, 2006).

Växter reagerar annorlunda på låga (under optimum) temperaturer. Mekanismerna för köldtolerans i växter är ännu ofullständigt utforskade, men membranen antas vara ett ställe var temperaturskador uppstår. En del hävdar att torka skadar växterna genom att produktionen av fria radikaler i växtcellerna ökar. I så fall hjälper en ökad produktion av karoten och till exempel vitamin E och C växterna att reducera den negativa effekten av torka. Om denna hypotes är korrekt ökar torkan koncentrationen av dessa ämnen i växten. Det har påvisats för vitamin C i en del fall (Mozafar, 1994).

4.3.5 Antioxidanter

Antioxidanter är substanser som i levande organismer hämmar bildningen eller verkningarna av potentiellt skadliga oxiderande föreningar, syreradikaler. Antioxidanter förmodas ha hälsomässigt gynnsamma verkningar och ägnas därför intresse inom nutritionsforskning och medicin. Till de antioxidanter som anses vara betydelsefulla för människan ingår bland annat β -karoten och askorbinsyra (vitamin C) som tillförs genom födan. Ett stort antal andra substanser har antioxidativ verkan, bland annat de i växtvärlden allmänt förekommande grupperna karotenoider och flavoner. En kost rik på frukt och grönsaker bedöms gynna hälsan på grund av deras innehåll av antioxidanter. Det finns för nuvarande inga bevis för att kosttillskott i form av renframställda antioxidanter har sjukdomsförebyggande verkan (Nationalencyklopedin, 2009). Forskning visar på att fenoler kan reducera de inflammatoriska processerna som bidrar till försämring av hjärnfunktionen under åldrandet. Vid detta relativt tidiga stadium av forskningen verkar det som att absorption av fenoler är låg. Speciellt antocyaniner absorberas dåligt av plasma och vävnader och endast en begränsad mängd proantocyanidiner är biotillgängliga. Det är dock för tidigt att dra några slutsatser eftersom litet är känt om fenolers biotillgänglighet och hur de absorberas av kroppen (Kalt, 2006).

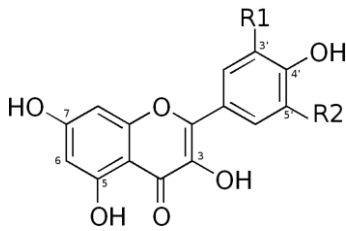
Växter har två olika strategier för att oskadliggöra fria radikaler. Den första är att producera enzymer som ger sig på reaktiva oxidanter och den andra är att tillverka antioxidanter som oskadliggör de fria radikalerna (Atkinson et al., 2005). En metod för att analysera antioxidantkapaciteten är ORAC (Oxygen Radical Absorbing Capacity).

4.3.6 Fenoler

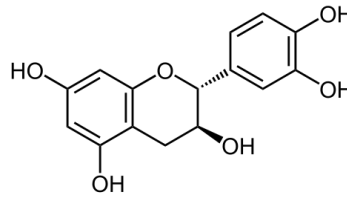
Två stora grupper av fenoler är vanliga i frukt och bär, och de är flavonoider och icke-flavonoider. Av icke-flavonoiderna är hydroxykanelester, hydroxykanelsyror och enkla fenoler vanliga. Flavonoiderna har flera undergrupper, till exempel antocyaniner, flavonol, katechin och proantocyanidin. Fenoliska föreningar utgör en ansenlig del av antioxidanter som ingår i kosten. Dessa föreningar står för ett antal olika funktioner i växter och innehållet kan variera påtagligt som en effekt av årsmån, geografiska förhållanden och olika biotiska och abiotiska faktorer. Därmed finns det möjlighet att öka innehållet genom urval och miljöpåverkan. Av de olika föreningarna är det många som man ännu inte har förstått funktionen för, och fler studier behövs för att ta reda på hälsoeffekterna (Kalt et al., 2001). Exempel på hydroxykanelsyror är kaffesyra och *p*-kumarinsyra.

4.3.6.1 Flavonoider

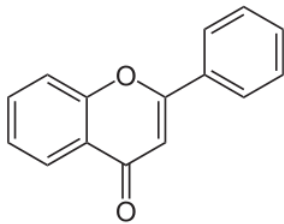
Flavonoider består av över 4000 sekundära växtprodukter som omfattar antocyaniner, flavonoler, flavoner, flavononer och katechiner (Hukkanen et al., 2003). Flavoner och flavonoler är gula till nästan vita i färgen. Även om de är färglösa absorberar de ultraviolettt ljus och påverkar färg som är synliga för bin och attraherar på så sätt pollinatörer (Ingram et al., 2002). Exempel på flavonoler är kaempferol, myricetin och quercetin och exempel på flavanoler är katechin och procyanidin.



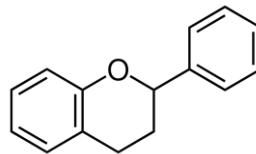
Figur 2. Flavonol (Wikipedia, 2009)



Figur 3. Katechin, exempel på flavanol (Wikipedia, 2008)



Figur 4. Flavon (Wikipedia, 2009)



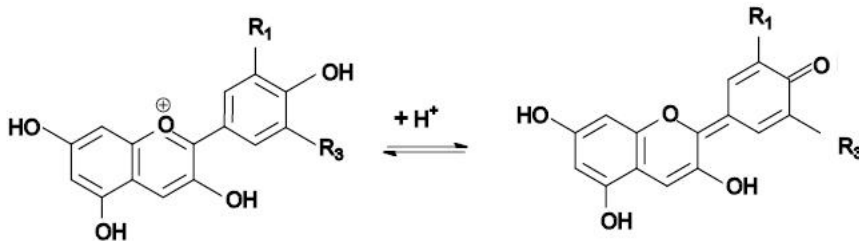
Figur 5. Flavan (Wikipedia, 2007)

4.3.7 Pigment

Det finns tre huvudgrupper av pigment i växter, klorofyll, karotenoider och antocyaniner. Pigmenten skyddar mot solens ultravioletta ljus som annars skadar växtvävnaden (Ingram et al., 2002). Ökad ljusmängd och ljusintensitet verkar öka innehållet av karotener i flera frukter och grönsaker. Färgstarka frukter, bär och grönsaker innehåller ofta mycket antioxidanter, antagligen på grund av högt innehåll av flavonoider och karotenoider. Hos vilda bär är det vitamin C som dominerar hos hjortron, medan kråkbär, lingon och blåbär innehåller mer flavonoider (Martinussen & Johansen, 2005).

4.3.7.1 Antocyaniner

Antocyaniner ingår i den kemiska gruppen flavonoider och finns ofta i epidermis eller i det yttre lagret på celler. Antocyaniner består av en färgad molekyl, antocyanidin, och en sockermolekyl. De är viktiga för blommors färg men återfinns även i stam, blad och frukt. Pigmenten är oftast röd, blå eller lila. Exempel på antocyanidiner är cyanidin, pelargonidin och delphinidin (Ingram et al., 2002).

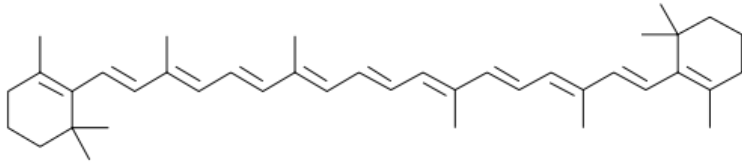


Figur 6. Antocyanin (Wikipedia, 2008)

4.3.7.2 Karotenoider

Karotenoider indelas i två grupper. Karotener, som består av enbart kol och väte och oxykarotener (xantofyller) som består av kol, väte och syre. Runt 600 olika karotenoider har identifierats hittills. Vissa karotenoider är ett förstadium till vitamin A och har även antioxidativa egenskaper, det vill säga bland annat har förmåga att eliminera fria syreradikaler. Karotenoider är relativt stabila så länge de finns i intakta celler. De förekommer i både frukt och grönsaker. Då frukt mognar faller oftast klorofyllhalten samtidigt som mängden karoten ökar (Nilsson, 1997).

Karotenoider förekommer tillsammans med klorofyll i alla gröna växtvävnader men maskeras av klorofyllmolekylerna. Karotenoider står för de gula, brandgula och röda färgerna i växter. Ökad ljusexponering eller ljusintensitet verkar främja innehållet av karotener i ett flertal frukter och grönsaker (Mozafar, 1994). Blommors färg är en viktig del av växters reproduktion då färgen är en viktig faktor för att dra till sig pollinatörer. Karotenoider förekommer även i frukt där färgen attraherar djur som äter upp frukten och på det sättet bidrar till växters spridande. Röd färg i många växter är inte karotenoider utan antocyanin (Kaufman et al., 1999).

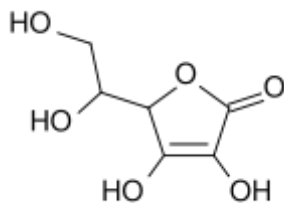


Figur 7. β -karoten (Wikipedia, 2009)

4.3.8 Askorbinsyra (vitamin C)

Askorbinsyra har en antioxidativ verkan och eliminerar fria syreradikaler som bland annat angriper DNA (Nilsson, 1997). Halten skiljer sig kraftigt mellan olika växtslag och sorter. Även tidiga och sena sorter av frukter och grönsaker kan ha olika halter. Ett växtslag som har växt på olika geografiska platser kan även de ha olika vitamininnehåll. Koncentrationen beror även på vilken del av växten som avses. Perifera växtvävnader och växtdelar innehåller ofta högre halter av ett flertal vitaminer, främst askorbinsyra. Dessutom verkar koncentrationen av askorbinsyra vara högre i exponerade växtvävnader än i skuggade, och även molnigt väder sänker halten. En jämn och regelbunden bevattning, speciellt en dag eller två före skörd, kan öka innehållet av askorbinsyra i vinbär, jordgubbar och hallon medan kraftigt regn eller kraftig bevattning kvällen innan skörd reducerar innehållet av askorbinsyra i vinbär och jordgubbar. Lufttemperatur förefaller ha olika effekter på koncentrationen i olika frukter och grönsaker. I de flesta fall gör relativt låga temperaturer att koncentrationen av askorbinsyra ökar i växterna. Detta kan bero på att nedbrytningen av askorbinsyra saktar ner och inte att tillverkningen av askorbinsyra ökar. Om studier har varit utförda med samma växtsort kan det antas att skillnader i ljus (intensitet och längd), temperatur, nederbörd och kemiska och fysiska sammansättningen av marken på olika geografiska platser kan vara orsaken till de observerade effekterna. Faktorer som dagslängd, instrålningsvinkel, ljuskvalitet (våglängd) måste också tas med i beräkningen (Mozafar, 1994).

Växter som växer långt upp på norra halvklotet verkar innehålla mer askorbinsyra än sina motsvarigheter på sydligare breddgrader. Med tanke på ljusets effekt på askorbinsyrahalten i växter, kan det antas att en relativt längre dagslängd på de mer nordliga lägena under växtsäsongen på norra halvklotet kan vara del i orsaken till den högre halten av askorbinsyra i frukt och grönsaker odlade där. Även kallare temperaturerna under natten på de mer nordliga latituderna innebär att ackumulering av askorbinsyra gynnas (Mozafar, 1994).



Figur 8. Askorbinsyra (Wikipedia, 2009)

5. RESULTAT

För undersökningar redovisade i detta kapitel har klimatet inte alltid varit i fokus. Klimatet var däremot en av många intressanta faktorer som påverkade resultaten i nedanstående studier. I ett antal artiklar diskuterade författarna på vilket sätt resultaten har påverkats.

5.1 Familjen Ericaceae

5.1.1 *Vaccinium*

Martinelli et al. (1986) undersökte 30 olika prov av blåbär och det visade det sig att innehållet i blåbär från Norge och Sverige skiljde sig från innehållet i blåbär från Italien och Rumänien. Det var högre halt cyanidinglykosider i bären från Norge och Sverige medan halten av delphinidinglykosider var högre i bären från Italien och Rumänien.

Häkkinen & Törrönen (2000) undersökte halten av flavonoler och utvalda fenoliska syror för *Vaccinium*-sorter skördade i olika delar av Finland. Odlade sorter, highbush och *Vaccinium brittonii*, skördades både i östra och sydvästra Finland medan vilda blåbär och odon endast skördades i sydvästra Finland. De konstaterade att det totala innehållet av fenoliska föreningar var högre i highbush blåbär odlade i sydvästra Finland än de som odlades i östra Finland. Även regionala skillnader av quercetin och kaffesyra återfanns i odlade highbush blåbär, och de som var odlade i sydvästra Finland hade högre halter. Highbush-sorten 'Arne' hade högsta innehållet av kaffesyra och odon det lägsta innehållet jämfört med övriga *Vaccinium* i studien.

Prior et al. (1998) samlade in fyra olika sorters blåbär, highbush, rabbiteye, lowbush och vanliga blåbär, på tre olika ställen i USA, Oregon (västkusten), Michigan (mellersta USA) och New Jersey (östkusten). Författarna konstaterade att växtplatsens geografiska läge inte hade någon effekt på vare sig på Oxygen Radical Absorbing Capacity (ORAC), antocyanin eller totalt fenoliskt innehåll i olika sorterna. Mognadsgraden vid skörd påverkade däremot resultaten. Bär som var skördade när de precis hade blivit blå hade lägre värden för ORAC, antocyanin och totalt fenoliskt innehåll än fullt mogna bär.

Vilda blåbär från mellersta Finland studerades under mognadsprocessen av Jaakola et al. (2002). Under tidiga stadier av bärens utveckling var procyanidiner och quercetin de dominerande flavonoiderna, men nivåerna sjönk dramatiskt under mognadsprocessen. Under senare delen av mognaden ökade antocyaninerna och var sedan de dominerande flavonoiderna i det mogna bäret. I studien framkom det också att mängden quercetin var som högst i blommor och i början av bärets utveckling.

Som en fortsättning på ovanstående studie undersökte Jaakola et al. (2003) solexponerade blåbärsblad och jämförde dessa med skuggade blad längre ner på växten. Flavoniodhalten var högre i bladen som var exponerade för direkt solljus, och detta får ses som ännu ett bevis på att solexponering påverkar halten av flavonoider. Denna observation väckte frågan om vilka olika flavonoiders roll är för att skydda växtvävnaden.

Jämfört med andra frukter och grönsaker innehåller *Vaccinium* en stor mängd hälsofrämjande fenoler och polyfenoler, men har inga högre halter av den viktiga antioxidanten vitamin C. Hortikulturell forskning har visat, främst genom att mäta ORAC, att det är genetiska faktorer snarare än omgivningsfaktorer som har den största betydelsen för det fenoliska innehållet och för antioxidantkapaciteten hos bär (Kalt, 2006).

Percival (2006) presenterade en studie gällande halterna av polyfenoliska föreningar i olika växtdelar hos odlade kanadensiska lowbush blåbär. De högsta halterna av antocyaniner återfanns i de mogna bären och bärens skal hade de högsta halterna av antocyanin och flavonoler.

Witzell et al. (2003) studerade olika delar av blåbärsplantor plockade vid fyra olika tidpunkter under ett år med avseende på det fenoliska innehållet. Platsen där plantorna plockades var Vindeln i norra Sverige och marken var ogödslad. Författarna kom fram till i sina observationer att de fenoliska metaboliterna varierade med avseende på vilken del av plantan som undersöktes och även med säsongen. Slutsatsen de drog var att detta kan ha påverkan på det ekologiska samspelet mellan blåbärsplantor och deras naturliga fiender såsom insekter och svampar.

5.2 Familjen Rosaceae

5.2.1 *Rubus*

Stewart et al. (2007) fann att halten av vitamin C verkade vara påverkad av miljön och odlingsbetingelser medan halten av polyfenoler som cyanidin-, pelargonidin- och quercetinglykosider verkade vara mer genetiskt reglerad. Hallonen odlades i Skottland på två separata fält med olika förutsättningar och från början var fälten avsedda för försök med

växtskyddsmedel. Det första fältet var obesprutat, gallring utfördes sällan och var skuggat av vindskydd. Det andra fältet med hallon var placerat i direkt solsken, besprutat, gödslat och planterat på upphöjda bäddar. Undersökningen visade att halten av vitamin C var högre i bären som kom från det välskötta fältet än de som kom från det vanskötta fältet.

5.2.2 *Fragaria*

I den tidigare nämnda studien av Häkkinen & Törrönen (2000) undersöktes även halten av flavonoler och utvalda fenoliska syror i jordgubbar. Jordgubbarna var dels konventionellt odlade och dels ekologiskt odlade i olika delar av Finland. De finska jordgubbarna jämfördes sedan med konventionellt odlade jordgubbar importerade från Polen. Vissa regionala skillnader i fenolhalter observerades men trots det fanns inga signifikanta skillnader i det totala fenolinnehållet. Halten av *p*-kumarin i sorten 'Senga Sengana' var dock högre i de finska jordgubbarna än i de polska jordgubbarna. Författarna kom även fram till att det inte fanns några skillnader i fenoliska ämnen mellan ekologiskt odlade och konventionellt odlade jordgubbar. Endast en sort av de ekologiskt odlade jordgubbarna hade högre innehåll av fenoliska föreningar än de konventionellt odlade. Detta förklarades med att de var odlade utan pesticider vilket medförde att innehållet av kaempferol i jordgubbarna var förhöjt för att stå emot patogenangrepp.

Davik et al. (2006) fastställde bland annat total antioxidantkapacitet i tio olika jordgubbssorter odlade på fyra olika ställen i Norge under två års tid. Alla försök utfördes på upphöjda odlingsbäddar med plastlist och droppbevattning. Studiens syfte var att ta reda på om variationen av olika kvaliteter berodde på sort och växtplats och för att se om miljöpåverkad variation kunde relateras till väderförhållanden före skörd på de olika platserna. Författarna kom fram till att innehållet av antioxidanter i jordgubbar berodde på både sort och miljö. Det totala sockerinnehållet verkade öka om temperaturen sjunker. Den totala halten av antioxidanter påverkades av temperatur, fuktighet och regn men verkar dessutom vara beroende av bärens storlek, ju mindre bär desto högre halt av antioxidanter. Skillnader mellan sorterna var signifikant och författarna ansåg det vara möjligt att välja inre kvalitet för bär i framtida förädling.

Mängder av olika odlade och vilda *Fragaria* undersöktes i Kanada under en treårsperiod med avseende på antioxidanter såsom antocyanidin, procyanidin, fenoliska syror och flavonoider. Medelvärdet för det totala fenoliska innehållet i vilda *Fragaria* var mycket högre än i de odlade sorterna. Koncentrationer och sammansättning varierade beroende på sort, odlingens läge, tid för skörd och odlingssäsong. Det var inte bara skillnader mellan vilda

och odlade *Fragaria* utan även inom de odlade sorterna varierade innehållet. Det innebär att förädling av nya sorter kan ha orsakat det minskade innehållet av fenoliska antioxidanter men det innebär också att det är möjligt att förädla fram nya sorter med hög halt av fenoliska antioxidanter (Tsao et al., 2003).

5.3 Familjen Elaeagnaceae

5.3.1 Hippophaë

Tang (2002) pekar på i sin doktorsavhandling om havtorn att det är en avsevärd genetisk skillnad mellan underarter och hybrider med avseende på storlek, vitamin C, sockersammansättning och titrerbar syra. Växtmaterialet bestod av ett antal olika sorter och hybrider från olika delar av världen och som odlades i Arabia, Helsingfors för studien. Författaren kom fram till att halterna av vitamin C, socker och titrerbar syra skulle kunna förhöjas genom effektiv korsning av olika underarter. De kemiska beståndsdelarna var mindre påverkade av fysiska omgivningen och är än av växtmaterialet i sig.

Barl et al. (2003) fastställde i sin studie av havtorn variationer i innehåll och sammansättning av flavonoider i blad och bär för en mängd olika sorter av havtorn. De letade även efter sorter med högt flavonoidinnehåll som kan ha potential för att odlas kommersiellt i centrala delarna av Kanada. Skillnader i flavonoider visade sig redan i sortvalet, utöver genetiska faktorer har även plats och tid för skörd effekt på flavoniodhalten. De kom fram till att sorten med högsta halten av flavonoider kan vara ett resultat av anpassning till växtplatsen som karaktäriserades av temperatur- och torkstress samt långa fotoperioder vilket tycktes stimulera ackumulering av sekundära metaboliter.

Fruktkött från havtorn innehåller karotenoider och halten ökar vartefter frukten mognar. Mängden av olika karotenoider varierar dock med klimatförhållandena under växtsäsongen. Varmt och soligt väder med måttlig nederbörd gynnar ackumuleringen av karotenoider. Innehållet av vitamin C i havtorn varierar mellan olika naturliga bestånd och varierar även under säsongen. I och med det varierar mängden vitamin C för olika skördetidpunkter (Bekker & Glushenkova, 2001).

5.4 Familjen Grossulariaceae

5.4.1 Ribes

Sökö & Laurinen (1979) redovisade ett tioårsförsök genomfört i sydvästra Finland gällande gödsling av svarta vinbär, den engelska sorten Wellington och den finska sorten Brödtorp. I studien kom de fram till att innehållet av vitamin C varierade mellan sorterna och att Brödtorp

hade betydligt lägre halt än Wellington. I de flesta fall innehöll bär från buskar som växte i grovmo mer vitamin C än de som växte i sandig lera trots att försöksfälten inte låg mer än 200 meter från varandra. En förklaring av skillnaderna för de olika fälten kan vara att det var olika mognadsgrad på bären då de plockades samtidigt. Gödslingen hade ingen effekt på bärens innehåll av vitamin C. Kalla, regniga och molniga somrar medförde högre halter av vitamin C än varma soliga somrar. Låga temperaturer främjar syntes av både socker och vitamin C samtidigt som det saktar ner oxideringen av vitamin C.

En annan finsk studie om svarta vinbär odlade i Finland presenterades av Mikkonen et al. (2001). Avsikten var att undersöka halten av flavonolerna myricetin, quercetin och kaempferol. De ekologiskt odlade vinbären skördades i östra delen av Finland och de konventionellt odlade vinbären kom något norr därom. Författarna kom i sin studie om fram till att innehållet av flavonol inte beroende på om bären var odlade organiskt eller konventionellt, detta hade endast hade endast liten inverkan på svarta vinbär. De ansåg däremot att innehållet av flavonoler var beroende av sorten.

5.5 Studier av flera familjer

5.5.1 Finska studier

Häkkinen et al. (1999) kom i sin studie av 25 ätliga bär odlade i Finland fram till att högsta halterna av quercetin återfanns i vilda bär från familjen Ericaceae och Elaeagnaceae från östra Finland. Växtplatsen hade ingen inverkan på quercetinhalterna i blåbär och hjortron. Halten av myricetin i vilda blåbär från västra Finland var lägre än i vilda blåbär från östra Finland. Quercetinhalterna i vilda lingon skiljde sig åt beroende på om de var plockade i östra eller västra Finland. Vilda tranbär plockade i västra Finland hade lägre flavonolhalt än de som var plockade i östra Finland. Växtplatsen kan delvis förklara skillnaderna men tranbären från västra Finland hade utsatts för nattfrost vilket inte var fallet för tranbären från östra Finland. För odlade bär såsom röda vinbär, vita vinbär och highbush blåbär var halterna av kaempferol och quercetinglykosider lägre i mogna bär än i omogna bär.

(Intressanta data finns presenterade tabellform denna undersökning. Tabellen kan tyvärr inte visas i detta arbete på grund av att tillstånd ej har erhållits. Läsaren hänvisas därmed till originalartikeln.)

Määttä-Riihinen et al. (2004) kom i sin studie över 18 olika skandinaviska bär fram till att detaljerade studier behövs för att reda ut möjliga effekter av mognad, miljöfaktorer eller geografiskt ursprung på halterna av olika fenoliska föreningar i bär. Mellan de olika bären var även skillnad på vilket som var det dominerande ämnet. De kom även fram

till att miljön, geografiska eller andra faktorer i nordligaste Finland medförde högre halter av cyanidin i vilda odon än för de som växte mer söderut. Vilda nordkråkbär från nordligaste Finland innehöll minst dubbelt så mycket fenoliska ämnen som kråkbär från norra Finland. (Intressanta data finns presenterade tabellform för denna undersökning. Tabellen kan tyvärr inte visas i detta arbete på grund av att tillstånd ej har erhållits. Läsaren hänvisas därmed till originalartikeln.)

Vilda och odlade bär plockades eller inhandlades i Finland och undersöktes med avseende på det fenoliska innehållet som visade sig variera mycket mellan olika bär. Några överensstämmande resultat observerades dock. Antocyaniner var den största fenoliska undergruppen i blåbär, odon, tranbär, kråkbär, aronia, vinbär och krusbär. I lingon var koncentrationen av flavanol och procyanidin högre än för antocyanin. För hjortron, hallon och jordgubbar dominerade ellagitannin medan hydroxycinnamat dominerade i rönnbär. Författarna menar att vilda bär som mognar fram under den korta nordiska sommaren utan vare sig gödning, pesticider eller herbicider har ett högre fenoliskt innehåll jämfört med bär odlade i varmt klimat med gödningsmedel, pesticider och herbicider. Även om data visar signifikant skillnad i innehåll av fenol mellan olika sorter, mellan vilda bär skördade på olika ställen i Finland och mellan bär som har mognat under olika växtsäsonger, säger de att är det svårt att skilja mellan de olika faktorerna som orsakar dessa skillnader. För att stödja denna hypotes behövs forskning om fenoliska föreningar i vilda och odlade bär av samma sort men uppväxta i olika klimat (Kähkönen et al., 2001).

Hukkanen et al. (2003) undersökte i en studie ekologiskt odlade jordgubbar och svarta vinbär samt konventionellt odlade hallon insamlade från olika odlare i Finland. Mängden flavonoler varierade betydligt mellan olika sorter. Författarna kom fram till att sorten har en stor påverkan på halten flavonoider i bär. Sorter verkar dessutom ha en större inverkan på ackumulering av fenoliska föreningar i bär än odlingstekniken, det vill säga om de är odlade konventionellt eller ekologiskt.

5.5.2 Svenska studier

En studie av Andersson et al. (2007) omfattande 85 sorters nypon och 51 sorters havtorn odlade på Balsgård. Bären analyserades med avseende på karotenoidinnehåll. Det visade sig att det totala innehållet av karotenoider ökade vartefter bären mognade. Sorter och skördetidpunkt visade sig vara viktiga faktorer vid fastställande av karotenoidhalt för både nypon och havtorn. Att växtmaterial odlas och skördas vid liknande miljöbetingelser, helst samma plats, är av betydelse när mängden karotenoider ska jämföras för olika sorter.

Författarna påtalar även betydelsen av att skörda bären vid rätt mognadsstadium för att optimera innehållet för en specifik bioaktiv sammansättning.

5.5.3 Kanadensiska studier

Vinbär, krusbär, hallon och björnbär är kända för sitt innehåll av antioxidanter. Under en flerårsstudie av Woodrow et al. (2007) jämförde författarna nivåer av antioxidanter i svarta vinbär, krusbär, hallon och björnbär som finns i den kanadensiska genbanken. Växtmaterialet hade samlats in i hela landet. Resultaten visade på att vilda *Rubus*-sorter har högre halt av antioxidanter än odlade men även vid framtagning av nya sorter med förhöjda halter av antioxidanter kan detta vara värdefull information.

5.5.4 Norska studier

Det redovisade resultatet för Paper II i Rembergs (2006) doktorsavhandling visade på att antioxidantaktiviteten berodde på arter, sorter och bärens storlek. Studien pågick under tre år och bären odlades i sydöstra Norge där fyra plantor av varje sort placerades slumpmässigt på försöksfälten. De undersökta bären var 19 sorters highbush blåbär, sju sorters hallon och sju sorters svarta vinbär.

6. DISKUSSION OCH SLUTSATS

6.1 Diskussion

6.1.1 Vaccinium

För ett antal undersökta *Vaccinium*-arter framkom det att det fanns regionala skillnader för uppmätta halter av bioaktiva ämnen. Den tydligaste indikationen erhöll Määttä-Riihinen et al. (2004) som skrev att vilda nordkråkbär från nordligaste Finland innehöll minst dubbelt så mycket fenoliska ämnen som kråkbär från norra Finland.

Häkkinen & Törrönen (2000) visar på att odlade highbush blåbär från sydvästra Finland hade högre innehåll av fenoliska föreningar än de odlade i östra Finland. Detta motsägs till viss del av Häkkinen et al. (1999) som visar på att halten av myricetin i vilda blåbär från västra Finland var lägre än i vilda blåbär från östra Finland samtidigt som växtplatsen inte hade någon inverkan på quercetinhalterna. Eftersom det totala innehållet av fenoliska föreningar i den senare studien inte analyserades går det därför inte att göra en direkt jämförelse.

Martinelli et al. (1986) kom fram till att innehållet i blåbär från Norge och Sverige skiljde sig från innehållet i blåbär från Italien och Rumänien och att det var olika ämnen som var de dominerande. Även här tolkningsutrymme vid jämförelse av resultat eftersom det även här borde finnas andra avgörande faktorer, såsom markbetingelser, än bara klimatet.

Ovanstående försök har genomförts på bär plockade på olika växtplatser men det går inte med säkerhet säga att det är klimatet som är den avgörande faktorn eller om det var själva växtplatsen och de edafiska förhållandena som påverkade resultatet. Prior et al. (1998) vilka samlade in olika *Vaccinium* på tre olika ställen i USA kom fram till att de olika geografiska förutsättningarna i denna studie inte hade någon effekt på vare sig på ORAC, antocyanin eller totalt fenoliskt innehåll i olika sorterna. Även om det inte var frågan om arktisk miljö visade de på att resultatet var oberoende av klimat och region.

6.1.2 Skördetidpunkt

Skördetillfället verkar vara en avgörande faktor för vilket slags resultat som erhålls. Denna faktor beror inte på klimatet men bör trots det tas med i beräkningen vid utvärdering av bärens innehåll av olika ämnen. Koncentrationerna av sekundära metaboliter varierar ofta över ett dygn (Raven et al., 2005) men även mängden vitamin C varierar under säsongen vilket är av betydelse för skördetidpunkten (Bekker & Glushenkova, 2001). Jaakola et al. (2002) beskriver i sin artikel att vartefter mognadsprocessen framskrider ändras sammansättningen av de dominerande ämnena i bären medan Percival (2006) fann att koncentrationen av intressanta ämnen varierar med avseende på växtens delar. Därmed gäller det att, som Andersson et al. (2007) påpekar, att skörda bären vid rätt mognadsstadium för att optimera innehållet av en specifik bioaktiv sammansättning.

6.1.3 Genetiska skillnader

Även sortval verkar ha en betydande roll för bärens kvalitet. I ett flertal av undersökningarna kom författarna fram till att det verkar vara de genetiska faktorerna snarare än omgivningsfaktorer som har störst inverkan för resultaten. Detta redovisas för *Vaccinium* (Kalt, 2006), havtorn (Tang, 2002; Barl et al., 2003) och hallon (Stewart et al., 2007). Förutom sortval kan även bärens storlek vara av betydelse för antioxidantaktiviteten (Davik et al., 2006; Remberg, 2006).

6.1.3.1 Framtagning av nya sorter

Sortvalet har stor betydelse för de inre kvaliteterna hos bär vilket kan ha betydelse för framtagning av framtida sorter. Det kommer att vara möjligt att välja inre kvalitet för bär i framtida förädling (Davik et al., 2006) och effektivt korsa olika underarter (Tang, 2002). Två av studierna visar även på att vilda bär har högre halt av antioxidanter än odlade bär. Tsao et al. (2003) menar att vilda *Fragaria* innehöll mer antioxidanter än odlade sorter och Woodrow et al. (2007) kom fram till samma resultat för *Rubus*. Detta kan tyda på att man tidigare har förädlad fram sorter på andra egenskaper än den inre kvaliteten.

Vid framtagning av nya sorter med förhöjda halter av antioxidanter kan ovanstående vara värdefull information men man bör ha i åtanke att förädlingen då sker med dagens kunskaper om bioaktiva ämnen.

6.1.4 Odlingsteknik

Försök med ekologiskt odlade och konventionellt odlade svarta vinbär utförda av Mikkonen et al. (2001) och Hukkanen et al. (2003) visade på att odlingstekniken inte påverkade halterna av flavonoler. I stället pekar båda studierna på att sorten har större inverkan på ackumuleringen av fenoliska föreningar än odlingstekniken. Häkkinen & Törrönen (2000) kom även de fram till att odlingstekniken inte var av betydelse då de undersökte det totala fenolinnehållet i jordgubbar. Resultaten förvånar och motsäger den annars etablerade konsumentuppfattningen att ekologiska varor är nyttiga.

6.1.5 Svårt att skilja ut avgörande faktorer

Även om många undersökningar har kommit fram till att det är skillnader mellan bär som har växt på olika latitud kan författare inte konkret säga vilka faktorer det är påverkar resultaten. Jeppson (2004) menar på att det är svårt att fastställa vad det är som beror av sorten och vad som beror av breddgraden. Hårdh, Persson & Ottosson (1977) uttryckte även de vid sin undersökning av effekten av olika breddgrader i Skandinavien att det finns utrymme för tolkningar om vilka faktorer som egentligen påverkar växterna. Kähkönen et al. (2001) menar att även om det finns skillnader i undersökta bär är det svårt att skilja mellan de olika faktorerna som orsakar dessa. Hohtola (2007) pekar på en mängd inverkanse faktorer, såsom växtens ålder, säsong, patogenangrepp, solinstrålning, konkurrens och näringsstatus. Medan Mikkonen et al. (2001) menar att jämförelse av studier görs med försiktighet eftersom bären påverkas av miljö och mognadsstadium vid skörd.

Förutom att de fysiska betingelserna för växterna har skiljt sig åt har olika mätmetoder och olika lösningsmedel vid analyserna använts i de olika undersökningarna. Dessutom kan forskarna ha utvärderat olika metaboliter och kemiska föreningar i sina studier vilket försvårar jämförelse av data.

6.1.6 Ekonomiska aspekter

Enligt Haugland & Mølmann (2007) har Norge små möjligheter att konkurrera med stora volymer och pris på en internationell marknad på grund av kostnadsnivå, geografi och jordbruksstruktur. Deras slutsatser är även en realitet för svenska odlare. Det borde därför att ur ett ekonomiskt perspektiv vara intressant att veta om bär från nordliga förhållanden innehåller en högre halt av bioaktiva ämnen som skulle kunna utvinnas och vidareförädlas till bland annat kosttillskott, kosmetik och naturmedel. En förutsättning för att kunna hävda att arktiskt klimat verkligen främjar anrikning av sekundära metaboliter är att väl genomförda undersökningar utförs inom området.

6.2 Slutsats

Utifrån utförd litteraturstudie går det inte att bevisa hypotesen för detta examensarbete. Det går att inom hypotesens ramar att titta på studier gjorda vid nordliga förhållanden men som inte har klimat i fokus. De vetenskapliga grunderna i studerade undersökningar är för svaga för att slutsatsen ska kunna dras att det är skillnad mellan bär odlade i arktiskt klimat jämfört med andra klimat. Studierna utgår dessutom från olika förutsättningar där bland annat odlingsbetingelserna inte kan jämföras. Klimatet är inte tillräckligt väldefinierat och dokumentation av klimatdata saknas i vissa fall i studierna, vilket gör det svårt att komma till slutsatsen att arktiskt klimat har en främjande effekt på metabolitackumulering i bär.

För det ideala försöket som visar att arktiskt klimat har en inverkan på metabolithalten borde åtminstone nedanstående relevanta data tas i beaktande.

- Jämförbara odlingsystem och sorter.
- Fleråriga försök för att se variationer över en längre period.
- Klimatdata registreras och dokumenteras under pågående försök.
- Edafiska förhållanden beskrivs väl för jämförelse av odlingsplatser.

Det finns dock indikationer på att inre kvaliteter hos bär som växer på nordliga breddgrader kan skilja sig från bär från sydligare breddgrader.

7. REFERENSER

- Andersson S C, Olsson M E, Johansson E & Rumpunen K (2007) *Carotenoids in Rose-Hips and Sea Buckthorn Berries*. Acta Horticulturae 744, 405-407.
- Atkinson C J, Nestby R, Ford Y Y, Dodds P A A (2005) *Enhancing beneficial antioxidants in fruits: A plant physiological perspective*. BioFactors 23, 1-6.
- Barl B, Akhoy L, Dunlop D, Jana S & Schroeder W R (2003) *Flavonoid Content and Composition in Leaves and Berries of Sea Buckthorn (Hippophae spp.) of Different Origin*. Acta Horticulturae 626, 405-408.
- Brishammar S & Umaerus V (1988) *Sekundära metaboliters roll i växterns försvar*. Sveriges Utsädesförenings Tidskrift, 98, 19-23F.
- Davik J, Bakken A K, Holte K & Blomhoff R (2006) *Effects of genotype and environment on total anti-oxidant capacity and the content of sugars and acids in strawberries (Fragaria x annanassa Duch.)*. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 81 (6), 1057-1063F.
- Encyclopaedia Britannica (2009) *Arctic* (elektronisk) Tillgänglig: (www.britannica.com/EBchecked/topic/33100/Arctic) [2009-02-16].
- Encyclopaedia Britannica (2009) *Radical* (elektronisk) Tillgänglig: (www.britannica.com/EBchecked/topic/488669/radical) [2009-03-04]
- Haugland E & Mølmann J (2007) *Gir nordlig klima grunnlag for mat med spesielle kvaliteter?* Bioforsk FOKUS 2(1), 14-15.
- Hohtola A (2007) *Northern plants as a source of bioactive products*. Physiology of northern plants under changing environment 2007, 291-307.
- Hukkanen A, Anttonen, Kokko H, Kärenlampi S & Karjalainen R (2003) *Variation in Flavonol Content among Berry Cultivars Grown under Northern Conditions*. Acta Horticulturae 626, 45-50.
- Hårdh J E, Persson A R & Ottosson L (1977) *Quality of vegetables cultivated at different latitudes in Scandinavia*. Acta Agriculturae Scandinavica 27 (2), 81-96F.
- Häkkinen S H & Törrönen A R (2000) *Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and Vaccinium species: influence of cultivar, cultivation site and technique*. Food Research International 33 (6) 517 -524F.
- Häkkinen S H, Kärenlampi S O, Heinonen I M, Mykknen H M & Törrönen A R (1999) *Content of the Flavonols Quercetin, Myricetin, and Kaempferol in 25 Edible Berries*. Journal of Agricultural Food Chemistry 47 (6), 2274-2279.

- Ingram D S, Vince-Prue D & Gregory P J (2002) *Science and the Garden*. Blackwell Publishing: Padstow.
- Jaakola L, Määttä K, Pirttilä A M, Törrönen R, Kärenlampi S & Hohtola A (2002) *Expression of genes involved in anthocyanin biosynthesis in relation to anthocyanin, roanthocyanidin, and flavonol levels during bilberry fruit development*. *Plant Physiology* 130 (2), 729 -739F.
- Jaakola L, Hohtola A, Määttä K, Törrönen R & Kärenlampi S (2003) *Flavonoid Biosynthesis in Bilberry (Vaccinium myrtillus L.)*. *Acta Horticulturae* 618, 415-419.
- Jeppsson N (2004) *Halterna nyttiga ämnen i frukt och bär varierar*. *Frukt & bär* september 2004, 3, 25.
- Kalt W, Howell A, Duy J C, Forney C F & McDonald J E (2001) *Horticultural Factors Affecting Antioxidant Capacity of Blueberries and other Small Fruit*. *HortTechnology* 11(4), 523-528.
- Kalt W (2006) *Vaccinium Berry Crops and Human Health*. *Acta Horticulturae* 715, 533-537.
- Kaufman P B, Cseke L J, Warber S, Duke J A & Brielmann H J (1999) *Natural Products from Plants*. CRC Press LLC: USA.
- Kähkönen M P, Hopia A I & Heinonen M (2001) *Berry Phenolics and Their Antioxidant Activity*. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 49 (8), 4076-4082.
- Martinelli E M, Baj A & Bombardelli E (1986) *Computer-aided evaluation of liquid-chromatographic profiles for anthocyanins in vaccinium myrtillus fruits*. *Analytica Chimica Acta* 191, 275-281.
- Martinussen I & Johansen T J (2005) *Arktisk kvalitet-faglige utfordringer*. *Grønn kunnskap* 9(115A):1-5 (elektronisk) Tillgänglig: (www.bioforsk.no/dok/senter/adm/gke/gke_9_115a_martinussen.pdf) [2009-01-26].
- Martinussen I, Røthe G, Nes A & Nestby R (2007) *Ville bær, utvikling og nye muligheter*. *Bioforsk FOKUS* 2 (1), 168-169.
- Mikkonen T P, Määttä K R, Hukkanen A T, Kokko H I, Törrönen A R, Kärenlampi S O & Karjalainen R O (2001) *Flavonol Content Varies among Black Currant Cultivars*. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 49 (7), 3274-3277.
- Määttä-Riihinen K R, Kamal-Eldin A, Mattila P H, Gonzalez-Params A M & Törrönen A R (2004) *Distribution and Contents of Phenolic Compounds in Eighteen Scandinavian Berry Species*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52 (14), 4477-4486.

- Nationalencyklopedin (2009) antioxidant (elektronisk) Tillgänglig:
(www.ne.se/artikel/115866) [2009-02-10].
- Nilsson T (1997) *Näringsstäthet och olika näringsämnen i trädgårdsprodukter*. Trädgårdsprodukter i kosten, kompendium i trädgårdsproduktlära, SLU, version 2, 18-45.
- Percival D (2006) *Levels and Distribution of Anthocyanins, Proanthocyanidins, Flavonols, and Hydroxycinnamic Acids in Vaccinium angustifolium Aiton cv. 'Fundy'*. *Acta Horticulturae* 715, 595-601.
- Prior R L, Cao G, Martin A, Sofic E, McEwen J, O'Brien C, Lischner N, Ehlenfeldt M, Kalt W, Krewer G & Mainland C M (1998) *Antioxidant Capacity As Influenced by Total Phenolic and Anthocyanin Content, Maturity, and Variety of Vaccinium Species*. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 46 (7), 2686-2693.
- Raven P H, Evert R F, Eichorn S E (2005) *Biology of Plants*. W H Freeman and Company: USA.
- Remberg S (2006) *Studies of antioxidant activity in fruits and berries: effects of cultivars and postharvest conditions*. Norwegian University of Life Sciences. Diss. Ås.
- Stewart D, McDougall G J, Sungurtas J, Verrall S, Graham J & Martinussen I (2007) *Metabolomic approach to identifying bioactive compounds in berries: Advances toward fruit nutritional enhancement*. *Molecular and Nutrition Food Research* 51, 645 – 651.
- Säkö J & Laurinen E (1979) *The effect of fertilization on the black currant in two soils*. *Annales Agriculturae Fenniae* 18 (1), 96-105F.
- Tang X (2002) *Breeding in sea buckthorn (Hippophaë Rhamnoides) Genetics of berry yield, quality and plant cold hardiness*. University Press. Diss. Helsinki.
- The Columbia Encyclopedia, Sixth Edition (2001), The Arctic (elektronisk) Tillgänglig:
(www.bartleby.com/65/ar/Arctic.html) [2009-02-16].
- Tsao R, Yang R, Sockovie E, Zhou T & Dale A (2003) *Antioxidant Photochemicals in Cultivated and Wild Canadian Strawberries*. *Acta Horticulturae* 626, 25-35.
- Witzell J, Gref R & Näsholm T (2003) *Plant-part specific and temporal variation in phenolic compounds of boreal bilberry (Vaccinium myrtillus) plants*. *Biochemical Systematics and Ecology* 31, 115-127.
- Wikipedia (2008) File:Anthocyanin equilibria.jpg (elektronisk) Tillgänglig:
(http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anthocyanin_equilibria.jpg) [2009-03-02].
- Wikipedia (2009) File:Ascorbic acid.svg (elektronisk) Tillgänglig:
(http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ascorbic_acid.svg) [2009-03-02].

Wikipedia (2008) File:Beta-carotene-2D-skeletal.svg (elektronisk) Tillgänglig:

(<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beta-carotene-2D-skeletal.svg>)

[2009-03-02].

Wikipedia (2008) *File:Catechin structure.svg* (elektronisk) Tillgänglig:

(http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Catechin_structure.svg) [2009-03-02].

Wikipedia (2007) File:Flavan acsv.svg (elektronisk) Tillgänglig:

(http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flavan_acsv.svg) [2009-03-02].

Wikipedia (2009) File:Flavon.svg (elektronisk) Tillgänglig:

(<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flavon.svg>) [2009-03-02].

Wikipedia (2009) *File:Flavonol structure.svg* (elektronisk) Tillgänglig:

(http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flavonol_structure.svg) [2009-03-02].

Woodrow L, Luffman M, van der Leeuw S & Liptay A (2007) *Antioxidant Activity in*

Raspberry, Currant and Gooseberry Accessions of the Canadian Clonal Genebank.

Acta Horticulturae 744, 439-442.