



Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Område Hortikultur

Innehåller stressad spenat mer antioxidanter?

Do spinach leaves grown under abiotic stress conditions contain higher amounts of antioxidants?



Sofia Roos

Kandidatarbete 15 hp

Hortonomprogrammet

Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Alnarp 2012

Innehåller stressad spenat mer antioxidanter?

Do spinach leaves grown under abiotic stress conditions contain higher amounts of antioxidants?

Sofia Roos

Handledare: Lars Mogren, SLU, Hortikultur

Examinator: Marie Olsson, SLU, Hortikultur

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i Biologi

Kurskod: EX0493

Program/utbildning: Hortonomprogrammet

Examen: Biologi

Ämne: Hortikultur

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och år: Mars 2012

Omslagsbild: Märta Nyrot

Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: *spenat, Spinacia oleracea, antioxidanter*

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Område Hortikultur

Förord

Detta är ett kandidatarbete inom hortonomprogrammet vid Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp. Kandidatarbetet är på 15 högskolepoäng och består av en muntlig och en skriftlig del.

Jag vill tacka min familj för deras hjälp, stöd och uppmuntran. Jag vill också tacka min handledare Lars Mogren.

Alnarp, Mars 2012

Sofia Roos

Sammanfattning

I dagens samhälle är hälsosam mat ett hett ämne. Allmänhetens intresse och kunskap gör att efterfrågan på nyttigare livsmedel ökar. Till följd av det undersöks det idag om det går att stressa växter för att få fram nyttigare livsmedel. Spenat är en av dessa grödor. Antioxidanter är ämnen som bildas för att skydda växterna från ämnen som kan vara skadliga, så kallade fria radikaler (ROS). När växter utsätts för olika stressfaktorer bildar de antioxidanter. Den här litteraturstudien tittar på hur antioxidanterna i spenat påverkas av stressen från yttre faktorer. Antioxidanterna som studeras är askorbinsyra, karotenoider, fenoliska föreningar och glutation och de yttre faktorerna är ljus, temperatur, vatten och näringsämnen kväve, fosfor och kalium.

Mycket ljus och låga temperaturer är det som påverkar antioxidanterna mest men även de andra faktorerna påverkar nivåerna. De antioxidanter som påverkas mest av yttre faktorer är askorbinsyra och karotenoider.

Resultaten av denna begränsade litteraturstudie tyder på att det går att stressa spenat så att dess innehåll av antioxidanter ökar och att mycket ljus är den faktor som ökar halterna av flest antioxidanter.

Abstract

Healthy food is a hot topic today. The public's interests and knowledge about healthier food products create a new demand. As a result of that, scientists are studying if it is possible to increase antioxidant levels in plants by subjecting them to stress. Spinach is one of those crops. Antioxidants are substances that the plants produce to protect themselves from harmful substances, for example reactive oxygen species. This essay is about if antioxidant levels in spinach is affected by different types of stress. The antioxidants studied are ascorbic acid, carotenoids, phenols and glutathione and the outer factors are light, temperature, water and nutrients (nitrogen, phosphorus and potassium).

High levels of light and low temperatures are the factors that affect the antioxidant levels the most but also the other factors affect the levels. The antioxidants that are most affected by the outer factors are ascorbic acid and carotenoids.

The results of this limited assay suggest that it is possible to stress spinach so that the levels of antioxidants are increased.

Innehållsförteckning

Inledning.....	7
Syfte	7
Frågeställning	8
Metod	8
Avgränsning	8
Litteraturstudie	9
Spenat	9
Antioxidanter.....	9
Askorbinsyra	10
Karotenoider.....	10
Fenoliska föreningar.....	11
Glutation.....	11
Påverkan av ljus.....	12
Påverkan av temperatur	12
Påverkan av vatten.....	13
Påverkan av kväve, fosfor och kalium	13
Diskussion	15
Felkällor och Referenskritik.....	18
Slutsats	20
Referenser.....	21

Inledning

I dagens samhälle är hälsosam mat ett hett ämne. Allmänhetens intresse och kunskap gör att efterfrågan på nyttigare livsmedel ökar. Det sägs att vi förlänger livet och håller oss friska om vi äter och lever nyttigt. Ständigt kommer det nya rön och nya dieter. En grupp ämnen vars hälsoeffekter ofta diskuteras är antioxidanter. I vilka livsmedel finns då dessa ämnen? En bra källa är spenat, som är känd för sina goda hälsoegenskaper. Innehållet av antioxidanter i växter påverkas av arv och miljöfaktorer. När växter blir stressade av exempelvis torka, för mycket ljus eller brist på näringsämnen bildas ämnen som kan vara skadliga för växten (reaktiva syremolekyler (ROS)). Växterna bildar då antioxidanter som skydd. Till följd av det undersöks det idag om det går att stressa växter för att få fram nyttigare livsmedel.

Det pågår mycket forskning om antioxidanternas betydelse för människors hälsa. Mycket är inriktat på vilken kost och vilka livsmedel som förebygger och botar sjukdomar. Det finns viss forskning om antioxidanterna i spenat men mycket av forskningen fokuserar på innehållet i bär. I en studie om bladgrönsaker har Mutanen m.fl. (2011) visat att spenat innehåller ämnen som har visat sig hämma cancerceller och tumörer hos möss. I en annan studie redovisas att antioxidanterna i spenat har den högsta hämmande effekten på levercancer av tio vanliga grönsaker (Chu m.fl., 2002). Dock hävdar Halliwell och Gutteridge (2007) att det idag inte finns tydliga belägg för att antioxidanterna askorbinsyra och tocoferol verkar som antioxidanter i välnärda människor.

I huvudsak kommer denna studie att handla om vilka antioxidanter som finns i spenat och vilka faktorer som påverkar halten av antioxidanter. Fokus kommer att ligga på stress, vilka typer av stress som höjer eller minskar halterna av olika antioxidanter i spenat. Kan en antioxidant främjas på bekostnad av en annan? Rapporten sammanfattar fakta och summerar om det går att stressa plantorna så att de vid skörd är nyttigare.

Syfte

Syftet är att ta reda på om halterna av antioxidanter i spenat påverkas av stress och sedan göra en sammanställning av vilka stressfaktorer som påverkar innehållet av antioxidanter i spenat.

Frågeställning

Går det att stressa spenatplantor så att de får en högre halt av antioxidanter? Vilka stressfaktorer är det som påverkar halten av antioxidanter? Vad kan odlaren göra för att påverka halten?

Metod

Informationssökningen har skett via databaserna Google scholar och Web of Knowledge. Jag har även använt mig av material och artiklar som jag samlat på mig under utbildningen.

Avgränsning

Jag har valt att studera spenat och dess antioxidanter. Avgränsningar är att jag ej tar med information om andra grödor i litteraturstudien och att jag endast tar med stressfaktorerna ljus, temperatur, vatten och växtnäring. Endast växtnäringsämnen kväve, fosfor och kalium har studerats. Jag skriver om vad antioxidanter är men inte ingående om hur Reactive Oxygen Species (ROS) uppstår. ROS är reaktiva syremolekyler som antioxidanterna tar hand om. Jag skriver inte om de enskilda reaktiva syreföreningarna utan väljer att kalla alla för ROS.

Litteraturstudie

Spenat

Spenat (*Spinacia oleracea*) kommer troligtvis från Persien och kan som kulturväxt spåras tillbaka ända till 1400-talet (Adelsköld, 1991). Arten har ett högt innehåll av bioaktiva ämnen och har därför, tillsammans med sin uppskattade smak, blivit en populär grönsak. Idag används spenat inom hälsokost, alternativmedicin och anses nyttig inom de flesta dieter. Det pågår även forskning om och hur antioxidanterna i spenat kan förebygga sjukdomar och främja läkning.

Spenat tillhör familjen Mållväxter (*Chenopodiaceae*) (Alden m.fl., 1998). Arten är en annuell. Spenat är en långdagsväxt, det vill säga att den går i blom när dagen är längre än natten. Optimal temperatur för produktion är mellan +12° - +18°C eftersom det gynnar bildningen av blad istället för blommor (Adelsköld, 1991). Idag går det att köpa färsk spenat, fryst och som baby leaves. År 2008 odlades det spenat på 161 ha i Sverige och det gav en skörd på 1567 ton (Statistiska centralbyrån, 2011).

Antioxidanter

Enligt Halliwell och Gutteridge (2007) är en antioxidant: "any substance that delays, prevents or removes oxidative damage to a target molecule". Det finns olika grupper av antioxidanter såsom askorbinsyra (C-vitamin), vitamin E (tocotrienoler och tokoferoler), karotenoider, fenoler och glutation. Olika antioxidanter finns i olika växter i olika växtdelar. De varierar i utseende och funktion i växten men har den gemensamma nämnaren att de försöker skydda de levande cellerna från skadliga ämnen (ROS). Vilka funktioner de har, och var de finns, påverkas av i vilket stadium växten befinner sig, samt även i viss utsträckning i vilken miljö (Kalt, 2005).

Antioxidanter är biokemiska ämnen som har förmåga att reducera reaktiva former av syre (Reactive Oxygen Species; ROS). ROS produceras i alla växter under fotosyntesen och respirationen, och i högre grad vid fotorespiration (Taiz och Zeiger, 2010). De är potentiellt farliga för växten då de skadar växternas celler genom att de förstör lipiderna i membranen, eller proteiner och nukleinsyror (Kalt, 2005). Antioxidanter kan neutralisera ROS genom att bryta kedjereaktioner där fria radikaler är inblandade, eller på annat sätt neutralisera de

reaktiva molekyler (Huang m.fl., 2005). För att eliminera ROS samverkar antioxidanterna i olika steg (Taiz och Zeiger, 2010). Antioxidanterna askorbinsyra, karotenoider och fenoler har alla en elektronrik struktur vilket gör att de lätt kan reagera med ROS (Kalt, 2005).

Oxidativ stress är en konsekvens av att vi lever i en syrerik miljö. ROS uppstår av att det har skett en ofullständig reduktion av syre (Kalt, 2005). Produktionen av ROS kan öka av många olika faktorer, som exempelvis torka, UV-strålning, för höga eller låga temperaturer och patogener. ROS skadar främst växternas lipider, proteiner och nukleinsyror. Men vilka skador som uppstår och i vilken grad styrs av flera faktorer, såsom vilken typ av oxidativ stress växten utsatts för, vilken växt det är, vilken vävnad som är påverkad och hur effektivt växten inducerar sitt försvar av antioxidanter (Blokhina m.fl., 2003). Blokhina m.fl. (2003) skriver också att mer antioxidanter i växter inte alltid resulterar i ett förstärkt försvar mot ROS.

Antioxidanter är oftast sekundära metaboliter och har utvecklats för att hjälpa växterna att klara olika påfrestningar. Växternas förmåga att överleva olika förändringar i miljön beror till viss del på hur effektiva de är på att skapa sekundära metaboliter (Kalt, 2005). Fotorespiration i sig kan hjälpa växter att klara sig mot en föränderlig miljö (stressfaktorer) eftersom fotorespirationen ger en alternativ syntesväg för aminosyrorna glycin och serin. Glycin behövs för bildandet av glutation som i sin tur motverkar ROS (Bowsher m.fl., 2008).

Askorbinsyra

Askorbinsyra är en vattenlöslig antioxidant som bland annat finns i cellväggarna hos växter. Där utgör askorbinsyra ett första skydd mot ozon. Askorbinsyra skyddar mot oxidativa skador och är också aktiv som kofaktor i vissa enzymatiska reaktioner (Halliwell och Gutteridge, 2007), bland annat i bildandet av violaxanthin som ingår i xanthofyllcykeln (Smirnoff, 1996). Enligt Smirnoff (1996) kan askorbinsyra fungera som en regulator till elektrontransport i cellerna. Askorbinsyra är inblandad i kontrollen av tillväxt eftersom den styr cellernas expanderings och viss reglering av cellcykeln. C-vitamin utgörs av askorbinsyra och dehydroaskorbinsyra (DHA).

Karotenoider

Karotenoider finns i alla organismer som har fotosyntes där de ingår som viktiga komponenter (Taiz och Zeiger, 2010). Många karotenoider utgör ett förstadium till vitamin A hos människan (Halliwell och Gutteridge, 2007). Ämnet består av linjära molekyler med

konjugerade dubbelbindningar. Karotenoider har flera viktiga funktioner i växter och de fungerar som antioxidanter då växten tar upp mer ljusenergi än den kan använda. För mycket energi kan ge upphov till ROS som skadar växten. Karotenoidernas uppgift är då att skydda växten genom att ta hand om energin som sedan avges genom värmeavgivning. Detta sker i xanthofyllcykeln där de tre karotenoiderna violaxanthin, antheraxanthin och zeaxanthin ingår. Förhållandet mellan de tre karotenoiderna ändras beroende på ljusintensiteten som växten utsätts för. Zeaxanthin är mest effektiv av de tre xanthofyllerna på att avge energi som värme, och kan därmed skydda mot alltför höga ljusintensiteter. När ljuset minskar återgår zeaxanthin till violaxanthin som aktivt tar upp mycket ljus. Antheraxanthin är mellanform (Taiz och Zeiger, 2010). β -karoten och lutein är även de vanliga karotenoider i spenat. β -karoten är ett förstadium till vitamin A (Brugård Konde m.fl., 1996).

Fenoliska föreningar

Idag är ca 10 000 fenoler kända (Taiz och Zeiger, 2010). De är en heterogen grupp men kännetecknas av att de har en OH-grupp bundet till en benzenring. Polyfenoler består av flera benzenringar (Halliwell och Gutteridge, 2007). De fungerar som skydd mot UV-B-strålning som kan upphov till ROS. Fenolerna är bland annat placerade i epidermiscellerna där de stoppar UV-B strålar men släpper igenom synligt ljus till kloroplasterna för fotosyntes. En viktig grupp av polyfenoliska föreningar är flavonoiderna, och då särskilt flavoner och flavonoler. Det har visats att halterna av flavoner och flavonoler ökar om en växt utsätts för ökande halter av UV-B strålning. Spenat innehåller inte de flavoner och flavonoler som är vanligast bland frukt och grönsaker, istället innehåller de andra mer unika fenoler för spenat (Taiz och Zeiger, 2010). Fenoler kan i likhet med karotenoiderna ge färg till växterna. En av de mer kända är antocyaner som tillhör gruppen flavonoider (Taiz och Zeiger, 2010).

Glutation

Glutation bildas i växtcellernas cytosol och kloroplaster (Alscher, 1989) från de tre aminosyrorna cystein, glycin och glutamat (Bowsher m.fl., 2008). Syntesen kan vara ljusberoende (Alscher, 1989). Aminosyrorna bildar en vattenlöslig tripeptid med en SH-grupp som kan reducera ROS (Taiz och Zeiger, 2010). De fungerar likt en buffert med en reducerad form, GSH, som vid oxidation slås ihop med en till oxiderad glutation och bildar en form med disulfidbindningar, GSSH och reaktionen är reversibel (Bowsher m.fl., 2008). Men glutation

har även andra funktioner i växten, bland annat fungerar molekylen som lagring och transport av svavel och kan aktivera hormoner (Bowsher m.fl., 2008).

Påverkan av ljus

Verhoeven m.fl. (1997) skriver att spenat kan ta emot högre ljusintensiteter och mer ljus när deras försvarssystem har inducerats av stress. Detta är en följd av det ökade innehållet av antioxidanter som kan försvara växten mot de fria radikalerna. När spenatplantorna utsätts för mycket ljus och UV-B strålning höjs halterna av askorbinsyra och flavonoider (Mozafar, 1994). Herrman (1976) bekräftar detta och visar på att halterna av flavonoider är högst på spenatbladens kanter, vilket visar på att de vävnader som utsätts för mer ljus får högre halt av dessa ämnen.

Eskling och Åkerlund (1998) har gjort en studie som visar att zeaxanthin ökar när spenatplantor flyttas från en plats med mindre ljus till en plats med mer ljus, vilket i sin tur gör att nivåerna av violaxanthin minskar. En studie av Abdel-Kader (2004) visar att hög ljusintensitet i kombination med magnesiumbrist ger en minskning av karotenoider samtidigt som det ger en ökning av mängden antocyaner hos spenat. Anledningen är att magnesiumbrist leder till minskning av fotosyntes. Magnesium ingår också i många enzymatiska reaktioner i växten. Studien visar också att hög ljusintensitet ger en ökning av glutation och att en hög ljusintensitet i kombination med magnesiumbrist ger ännu högre halt av glutation. Abdel-Kader (2004) drar slutsatsen att stressen av hög ljusintensitet och brist på magnesium kan inducera spenatens försvarssystem med antioxidanter.

Påverkan av temperatur

I ”jordlösa” odlingsförhållanden går det att modifiera rötternas temperaturförhållanden. I ett försök med fyra behandlingar av Chadirin m.fl. (2011) utsattes spenatrötter för 5°C eller 20°C under de två sista veckorna innan skörd, eller för 20°C den första veckan och 5°C den andra veckan och tvärt om. Resultaten visade att behandlingarna vid låg temperatur (5°C) gav högre halt askorbinsyra. Den effektivaste behandlingen var den med 5°C första veckan och 20°C andra veckan, eftersom den höjde halten av askorbinsyra utan att hämma tillväxten innan skörd. De resultaten bekräftas av Mozafar (1994) som menar att halten askorbinsyra i bladgrönsaker ökar vid lägre temperaturer. En minskning av temperaturen till 4°C 4-5 dagar före skörd ger de högsta halterna av askorbinsyra. Mozafar (1994) visar även på att β -karoten,

som är en karotenoid, produceras som mest vid 15-21°C för ”cool season crops”, dit spenat räknas.

Schöner och Krause (1990) har i ett försök låtit spenatplantor växa i 18°C eller acklimatiseras till 1°C i tio dagar. Försöket visade att de som acklimatiserats fick ett högre innehåll av ämnen som skyddar mot ROS. Halterna av askorbinsyra ökade. Halterna av zeaxanthin, violaxanthin ökade troligen som skydd mot ljusstress. Ökningarna skulle kunna bero på att växten skyddar sig mot fotoinhibition, eftersom ROS ökar när växterna utsätts för köldstress eller ”light stress”. Även glutathion ökade. (Schöner och Krause, 1990). Proietti m.fl. (2009) har gjort en liknande studie och fått fram liknande resultat. I studien acklimatiserades spenatplantor till 10°C under sju dagar och resultaten visade 41 % högre halt av askorbinsyra (Proietti m.fl., 2009). Lefsrud m.fl. (2005) undersökte halterna av β -karoten och lutein (två karotenoider) i spenat vid de olika temperaturerna 10, 15, 20 och 25°C. De fann att halterna minskade linjärt med ökad temperatur. 10°C gav alltså den högsta karotenoidhalten.

Påverkan av vatten

Vattenbrist leder till att klyvöppningarna sluter sig för att skydda spenat från att minska sin vattenpotential, vilket gör att inflödet av koldioxid i växten blir begränsat vilket i sin tur gör att fotosyntesen minskar. Ett resultat är att kloroplasterna mottar för mycket energi som i sin tur leder till att mängden aktivt syre ökar (ROS). Mild vattenbrist leder alltså till att ROS ökar, vilket också ofta gör att antioxidanter och andra skyddande ämnen ökar. Vattenbrist medför att spenat blir mer känsligt för ljus. Normala ljusintensiteter blir vid vattenbrist ofta för starka. Torka gör att växternas produktion av glutathion ökar (Smirnoff, 1993). Robinson och Bunce (2000) visar däremot motsatsen, i deras försök minskade askorbinsyran med 38 % då spenat utsattes för vattenbrist. Plantorna utsattes för vattenbrist ca 25 dagar efter uppkomst och vattnades då med ca 6 dagars mellanrum, jämfört med kontrollen som fick vatten dagligen.

Påverkan av kväve, fosfor och kalium

Kväve behövs för att bilda askorbinsyra, men när kvävegivorna blir för stora minskar halterna av askorbinsyra i bladgrönsaker såsom spenat. En anledning till det kan vara att kväve gynnar tillväxten vilket i sin tur gör att växtdelarna skuggar varandra från ljuset som är viktigt för bildningen av askorbinsyra. Andra försöksresultat visar på att den totala mängden

askorbinsyra istället ökar eftersom skörden ökar. Det är även skillnad på att kvävegödsla med ammoniumkväve (NH_4) och nitratkväve (NO_3^-). De som har gödslats med NO_3 innehåller mer askorbinsyra än de som gödslats med NH_4 (Mozafar, 1994).

Ett försök av Logan m.fl. (1999) visade att halterna av β -karoten, askorbinsyra och den totala halten karotenoider minskade till en tredjedel vid kvävebrist hos spenatplantor jämfört med när plantorna hade god tillgång på kväve. Samma resultat visade även den sammanlagda halten av violaxanthin, anteraxanthin och zeaxanthin (Logan m.fl., 1999). Resultaten bekräftas av flera rapporter som tyder på att β -karotenhalten ökar vid ökade kvävegivor, men att det i kombination med höga halter av kalium minskar halten av karoten (Mozafar, 1994). Eftersom halterna av ämnena i xanthofyllcykeln är lägre vid kvävebrist drar Logan m.fl. (1999) slutsatsen att kvävebegränsningar under en längre tid gör att växterna absorberar mindre ljus. β -karoten ökar vid högre halter av kväve och kalium och nivåerna av askorbinsyra ökar med högre nivåer av kalium eller kombinationen av fosfor och kalium. Samtidigt minskar halterna av β -karoten vid höga halter av kalium (Mozafar, 1994).

Diskussion

Resultat tyder på att mycket ljus ger mycket antioxidanter. Askorbinsyrahalten, fenolhalten och glutathionhalten höjs vid mycket ljus (Herman, 1976, Mozafar, 1994) medan karotenoiden zeaxanthin ökar när plantor flyttas från lite till mycket ljus (Eskling och Åkerlund, 1998). Det skulle vara intressant att ta reda på om zeaxanthinhalten höjts på grund av acklimatiseringen, eller om den hade varit lika hög eller högre om spenaten växt i en miljö med mycket ljus hela tiden. Om vi antar att mycket ljus ger mer antioxidanter, borde spenaten som odlats på friland innehålla mer antioxidanter än den spenat som odlats i växthus, eftersom glaset, stommarna och annat material tar en del av ljuset från plantorna. Att odla på friland ger alltså goda förutsättningar för att öka innehållet av askorbinsyra och fenoler i spenat. För att öka det ytterligare skulle plantorna kunna odlas med större mellanrum, det vill säga färre plantor per hektar, eftersom det skulle göra att varje planta fick tillgång till mer ljus.

Låga temperaturer är att föredra då det ger högre halter av antioxidanter. Flera studier visar (Chadirin m.fl., 2011, Lefsrud m.fl., 2005, Mozafar, 1994, Proietti m.fl., 2009, Schöner och Krause, 1990) att acklimatisering till temperaturerna 1-10°C före skörd ökar halterna av askorbinsyra, karotenoider och glutathion. Dock ökar exempelvis β -karoten som är en karotenoid vid temperaturer kring 15-20°C. Dessa typer av temperaturpåverkan på frilandsspenat kan ske naturligt eftersom temperaturer på vår och höst kan variera kraftigt. Det är svårt att i frilandsodling påverka temperaturen innan skörd, men det går i viss mån att höja och sänka temperaturer med hjälp av vävar. Det vi kan påverka är val av årstid och odlingsplats, exempelvis välja att så på senhösten och skörda på våren på en plats där högre temperaturtoppar sällan sker. Till odlarnas glädje stämmer temperaturangivelser väl överens med temperaturerna som rekommenderas för en optimal produktion (Adelsköld, 1991), och det ger alltså förutsättningar att odla större mängder med spenat med ett högre innehåll av antioxidanter. Värmestress påverkar växterna på andra sätt. Värme minskar fotosyntesen eftersom enzymet rubisco påverkas. Det gör att tillväxten hämmas, vilket leder till sämre avkastning (Schrader m.fl., 2007). Värmestress är precis som köldstress något som är svårt för frilandsodlaren att påverka mer än i val av växtplats.

Det är viktigt att odlaren ger plantorna en jämn och bra vattenförsörjning. För lite vatten kan göra att plantorna blir för känsliga för ljus, det vill säga att de normala ljusintensiteterna

plötsligt blir för starka vilket kan skada växterna. En mild brist kan å andra sidan ge mer antioxidanter eftersom spenaten då skyddar sig mot det starka ljuset och då bildar mer antioxidanter som ett försvar (Smirnoff, 1993). Liknande resultat finns i försök om sockerbetor (Sayfzadeh och Rashidi, 2011). Torka ger visserligen en ökning av glutation men samtidigt en minskning av askorbinsyra. Då torka även påverkar fotosyntesen och tillväxten tror jag inte att det är värt att försöka höja halten av glutation på detta sätt.

Kväve behövs för att bilda askorbinsyra men för höga kvävenivåer minskar istället halten. Enligt Mozafar (1994) skulle det kunna bero på att bladverket gynnas av kvävet och växer mycket, vilket kan resultera i att bladen skuggar varandra från att ta emot solljus. Mycket solljus gynnar antioxidanterna askorbinsyra, karotenoiden zeaxanthin, fenoler och glutation. Dock finns också forskning som tyder på det motsatta, att höga halter av kväve ökar halterna av askorbinsyra och karotenoider (Logan m.fl., 1999, Mozafar, 1994). Enligt Mozafar (1994) är det skillnad på vilken typ av kväve man gödslar med, och ett sätt att påverka sin skörd är att välja rätt gödselmedel. Nitratkväve (NO_3^-) ger bättre resultat än ammoniumkväve (NH_4). Därför är det viktigt att välja ett gödselmedel som innehåller rätt typ av kväveförening för sin jord och gröda. Det går inte att säga att det är bra med mycket kväve eftersom det finns tvetydliga forskningsresultat. Man bör även ta hänsyn till att plantorna växer sämre om de har näringsbrist (Logan m.fl., 1999). För odlaren ger det mindre avkastning vilket försämrar det ekonomiska resultatet.

Eftersom halterna av antioxidanter ändras när spenatplantorna har brist på magnesium kan det vara viktigt för odlaren att kontrollera växternas näringsstatus. Halterna av antocyaner och glutation ökar vid magnesiumbrist och hög ljusintensitet, och samtidigt som karotenoiderna minskar.

Årstiden har betydelse för den totala halten av antioxidanter i spenat. Det beror på att växterna utsätts för olika mycket stressfaktorer under året såsom ljusintensitet, hög och låg temperatur samt skadedjur, svampar och bakterier. Stressfaktorerna stimulerar bildandet av antioxidanter. Den spenat som sås på hösten och övervintrar har störst mängd fenoler och spenaten som odlas på våren har högre innehåll av fenoler än de som odlas på hösten. Oavsett när på året spenaten odlas innehåller den samma typ av fenoler men i olika halter (Howard m.fl., 2002). För konsumenterna betyder detta att tillgången på spenat med högre halter av fenoler kan vara begränsad under vissa delar av året. Svensk spenat med högre halt av fenoler är begränsad till tidiga våren. Det skulle vara intressant att undersöka hur dessa ämnen kan bevaras i till

exempel fryst spenat, eftersom det skulle kunna bidra till att konsumenterna kan få tag på spenat med höga fenolhalter året om. Ett vidare steg i forskningen vore att ta reda på mer om hur andra antioxidanter reagerar på skördetiden. För odlarna vore det också givande att veta vilken tidpunkt på dygnet som spenaten har högst innehåll av antioxidanter. Det finns forskning som visar att halterna av enskilda karotenoider varierar över dygnet. Zaxanthinhalten är högst på dagen eftersom växten då tar emot högst ljusintensitet. Från kvällen till morgonen är det istället violaxanthin som dominerar eftersom växterna då inte tar emot ljus (Taiz och Zeiger, 2010). Dock vet vi inte om violaxanthin eller zeaxanthin är nyttigast för oss människor.

För att kunna avgöra om en gröda har fått högre kvalitet borde även andra kvalitéer medräknas än endast antioxidanterna som tas upp i detta arbete. Det är viktigt att undersöka att stressen som växten utsätts för inte påverkar andra viktiga faktorer såsom tillväxt, utseende, turgor, färg och smak. I arbetet har jag inte tagit hänsyn till hur de olika miljöfaktorerna påverkar halten av oxalsyra i spenat. Det är en metabolit som i växter förekommer som föreningen oxalat. Oxalsyra anses vara skadligt för människan på grund av att det reagerar och bildar föreningar med kalium, vilket kan resultera i brist på kalium hos människan (Libert och Franceschi, 1987) .

För att kunna ställa de olika stressfaktorerna mot varandra krävs kunskaper om vilka antioxidanter som är nyttigast. Jag kan därför inte dra några slutsatser om vilka stressfaktorer som resulterar i den nyttigaste spenaten. Något som ökar en antioxidant kan minska en annan. För att kunna bestämma eventuella åtgärder för att höja halterna är det viktigt att först ta reda på vilka antioxidanter som ska prioriteras. För att skapa en hälsosam produkt gäller det även att veta vilka åtgärder som höjer skadliga ämnen såsom oxalater och undvika dem.

En intressant fortsättning vore att undersöka hur de olika faktorerna påverkar varandra. När en planta utsätts för någon typ av stress kommer det ske reaktioner i plantan som gör att förhållandena ändras när det uppkommer en till typ av stress. Plantan kan också bli extra känslig mot andra faktorer om den utsätts för stress. Till exempel blir normala ljusintensiteter ofta för starka för spenat som är vattenstressad (Smirnoff, 1993). Detta motsägs dock av en artikel av Verhoeven m.fl. (1997) där de istället skriver att spenat kan ta emot mer ljus när de utsätts för stress.

För att få största möjliga näringsinnehåll i spenaten bör även förädlarna arbeta för att höja innehållet av antioxidanter. Odlarna bör fokusera på enskilda sorter och hur de påverkas av

olika yttre faktorer. Howard m.fl. (2002) uppmuntrar till förädling för högre innehåll av antioxidanter eftersom det även främjar motståndskraften mot växtsjukdomar. Alltså går detta hand i hand med en del av dagens förädling och bör därför inte vara en omöjlighet.

Eftersom antioxidanterna skyddar mot olika stressfaktorer borde spenat med ett högre innehåll av antioxidanter klara sig längre efter skörd och detta bekräftas av Mier m.fl. (1995). Dock förändras sammansättningen av antioxidanterna efter skörd.

Grödan måste alltid vara lönsam, vilket ger frågan: Hur mycket mer är kunderna beredda att betala för spenat med ett högre näringsvärde? Kommer det att kompensera de ökade kostnader som skulle kunna tillkomma. Ett exempel på att öka halterna av antioxidanter vore att så spenat med längre mellanrum. Spenatplantorna hade fått mer ljus på sig vilket hade resulterat i mer askorbinsyra, dock skulle det resultera i färre plantor per hektar vilket gör att odlaren måste få mer betalt för denna typ av spenat. Det är konsumenterna som väljer om kvalitet eller kvantitet är viktigast, odlarna styrs sedan av deras val. Ett annat sätt för konsumenterna att få i sig mer antioxidanter skulle istället kunna vara att äta mer spenat för att få samma resultat.

Sammanfattningsvis är det relativt lätt för odlarna att höja halterna av askorbinsyra genom att låta spenaten växa under perioder när det är mycket ljus (dock ej när dagen är längre än natten eftersom det leder till blomning), lägre temperaturer med korta perioder med vattenbrist. Halterna ökar också av näringsämnenas kalium och fosfor medan det finns tvetydliga resultat angående kvävegivorna. Karotenoiderna ökar när plantorna flyttas till mer ljus. Här behövs forskning för att ta reda på om det är acklimatiseringen i sig som skapar högre karotenoidhalt eller om resultatet blir lika om spenaten har tillgång till mycket ljus hela tiden. Annars är resultaten tvetydliga när det gäller karotenoider i spenat. För att odlarna ska öka fenolhalten krävs mycket ljus. Glutation i sin tur ökar av ungefär samma förhållanden som askorbinsyran, spenaten behöver mycket ljus, lägre temperaturer och gärna korta perioder med torka för att producera mycket glutation.

Felkällor och Referenskritik

Underlaget av relevanta artiklar har varit begränsat, framförallt artiklar om glutation, ljusets inverkan och vattenstress. Det har också varit svårt att hitta information om näringsämnenas påverkan, speciellt svårt har det varit att hitta artiklar om hur fosfor påverkar innehållet av antioxidanter i växter. Det finns dock artiklar om de olika näringsämnen som är äldre än

femtio år, men dessa artiklar har inte använts som källor i det här arbetet. Många nutida artiklar refererar dock till dessa äldre fakta. Det skulle vara intressant om forskningen togs upp igen för att få fram nyare resultat.

En sammanställning av Mozafar (1994) är den huvudsakliga källan till delen om näringsämnenä kväve, fosfor och kalium, och fler oberoende källor här hade varit önskvärt..

Slutsats

Resultaten av denna begränsade litteraturstudie tyder på att det går att stressa spenatplantor så halten av antioxidanter ökar. Mycket ljus verkar vara den faktor som påverkar flest antioxidanter, men även andra faktorerna påverkar. Askorbinsyra är den antioxidant som påverkas av flest faktorer och är därför lättast för odlarna att påverka. Forskning tyder på att halterna av askorbinsyra, karotenoider, fenoliska föreningar och glutatation går att påverka. Mer forskning inom ämnet behövs eftersom många försök är gamla och det saknas information inom flera områden.

Referenser

- Abdel-Kader, D. Z. E. (2004) Protective systems against active oxygen species in spinach: response to high light stress and Mg-deficiency. *Egyptian Journal of Biology*, vol. 6, 62-71.
- Adelsköld, N. (1991). Odlas köksväxter på friland. Stockholm, LTs förlag.
- Alden, B., Engstrand, L., Nilsson, Ö., Iwarsson, M., Ryman, S. och Johnsson, L. (1998) Kulturväxtlexikon. Stockholm, Natur och kultur.
- Alscher, R. G. (1989) Biosynthesis and antioxidant function of glutathione in plants. *Physiologia Plantarum* 77, 457-464.
- Blokhina, O., Virolainen, E. och Fagerstedt, K. V. (2003) Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation: a review. *Annals of Botany* 91, 179-194.
- Bowsher, C., Steer, M. och Tobin, A. (2008) Plant Biochemistry. Abingdon, Garland Publishing Inc.
- Brugård Konde, Å., Staffas, A., Dahl, P. och Becker, W. (1996) Karotenoider i livsmedel i Sverige. http://www.slv.se/upload/dokument/rapporter/mat_naring/KarotenoiderRapp.pdf [online 2012-03-02]
- Chadirin, Y., Hidaka, K., Takahashi, T., Sago, Y., Wajima, T. och Kitano, M. (2011) Application of temperature stress to roots of spinach 1. Effect of the low temperature stress on quality. *Environment Control in Biology* 49, 133-139.
- Chaves, M. M., Pereira, J. S., Maroco, J., Rodrigues, M. L., Ricardo, C. P. P., Osorio, M. L., Carvalho, I., Faria, T. och Pinheiro, C. (2002) How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89, 907-916.
- Chu, Y., Sun, J., Wu, X. och Liu, R. H. (2002) Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 6910-6916.
- Eskling, M. och Åkerlund, H-E. (1998) Changes in the quantities of violaxanthin de-epoxidase, xanthophylls and ascorbate in spinach upon shift from low to high light. *Photosynthesis Research* 57, 41-50.

- Grossman, A. och Takahashi, H. (2001) Macronutrient utilization by photosynthetic eukaryotes and the fabric of interactions. *Annual Review of Plant Biology* 52, 163 -210.
- Halliwell, B. och Gutteridge, J.M.C. (2007) *Free Radicals in Biology and Medicine*, 4e upplagan, Oxford, University Press.
- Herrman, K. (1976) Flavonols and flavones in food plants: a review. *Journal of Food Technology* 11, 433-448.
- Howard, R. L., Pandjaitan, N., Morelock, T. och Gil, M. I. (2002) Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and growing season. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 5891-5896.
- Huang, D., Ou, B. och Prior R. L. (2005) The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 1841-1856.
- Kalt, W. (2005) Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *Journal of Food Science* 70, 11-19.
- Lefsrud, M. G., Kopsell, D. A., Kopsell, D. E. och Curran-Celentano, J. (2005) Air temperature affects biomass and carotenoid pigment accumulation in kale and spinach grown in a controlled environment. *HortScience* 40, 2026-2030.
- Libert, B. och Franceschi, V. R. (1987) Oxalate in crop plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 35, 926-938.
- Logan B. A., Demmig-Adams, B., Rosenstiel, T. N. och Adams III W. W. (1999) Effect of nitrogen limitation on foliar antioxidants in relationship to other metabolic characteristics. *Planta* 209, 213-220.
- Meir, S., Kanner, J. och Philosoph-Hadas, S. (1995) Determination and involvement of aqueous reducing compounds in oxidative defence systems of various senescing leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43, 1813-1819.
- Mozafar, A. (1994) *Plant vitamins: agronomic, physiological, and nutritional aspects*. Boca Raton, CRC Press.
- Mutanen, M., Niku, M. och Oikarinen, S. (2011) Green leafy vegetables in cancer prevention. *Diet and Cancer* 2, 31-45.

- Proietti, S., Moscatello, S., Famiani, F. och Battistelli, A. (2009) Increase of ascorbic acid content and nutritional quality in spinach leaves during physiological acclimation to low temperature. *Plant Physiology and Biochemistry* 47, 717-723.
- Robinson, J. M. och Bunce, J. A. (2000) Influence of drought-induced water stress on soybean and spinach leaf ascorbate-dehydroascorbate level and redox status. *International Journal of Plant Sciences* 161, 271-279.
- Sayfzadeh, S. och Rashidi, M. (2011) Response of antioxidant enzymes activities of sugar beet to drought stress. *Journal of Agricultural and Biological Science* 6, 357-362.
- Schrader, S. M., Kleinbeck, K. R. och Sharkey, T. D. (2007) Rapid heating of intact leaves reveals initial effects of stromal oxidation on photosynthesis. *Plant Cell and Environment* 30, 671-678.
- Schöner, S. och Krause, G. H. (1990) Protective systems against active oxygen species in spinach: response to cold acclimation in excess light. *Planta* 180, 383-389.
- Smirnoff, N. (1993) The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist* 125, 27-58.
- Statistiska centralbyrån, 2011, Jordbruksstatistik årsbok 2011; Trädgårdsodling.
http://www.scb.se/statistik/publikationer/JO1901_2011A01_BR_10_JO01BR1101.pdf
[online 2012-01-24]
- Taiz, L. och Zeiger, E. (2010) *Plant Physiology*. 5e upplagan. Sunderland, Sinauer Associates Inc.
- Verhoeven, A. S., Demmig-Adams, B. och Adams W. W. (1997) Enhanced employment of the xanthophyll cycle and thermal energy dissipation in spinach exposed to high light and N stress. *Plant Physiology* 113, 817-824.