



Plantedirektoratet

## Produktionsformens indflydelse på indhold af antioxidanter i økologisk dyrkede væksthushgrønsager

Plantedirektoratet (PD) har i mail af 12. januar 2009 anmodet DJF om fagligt bidrag bl.a. i forbindelse med fødevareministerens besvarelse af spørgsmål fra Folketingets Fødevareudvalg (FLF alm. Del – spørgsmål 159). Baggrunden er en henvendelse fra Økologisk Landsforening. Til mailen er vedhæftet materialet fra Folketinget.

Økologisk Landsforening ønsker, at økologisk væksthushproduktion af f.eks. tomater og agurker fremover ikke længere skal kunne dyrkes i afgrænsede bede men i stedet dyrkes direkte i jorden. Som begrundelse herfor fremhæves, at man derved sikrer en produktkvalitet med et højere indhold af antioxidanter. Det fremhæves endvidere, at gødskning med letopløselige næringsstoffer, som er nødvendigt i pottesystemer, alt andet lige reducerer forekomsten af sekundære plantestoffer som antioxidanter.

PD ønsker i et baggrundsnotat med litteraturhenvisninger belyst, om dette kan dokumenteres. Økologisk Landsforening henviser til amerikanske forsøg, der viser en sammenhæng mellem indholdet af sekundære indholdsstoffer i tomater og N-forsyningen. PD formoder, der tænkes på artiklen "Ten-Year Comparison of the Influence of Organic and Conventional Crop Management Practices on the Content of Flavonoids in Tomatoes" – J. Agric. Food Chem. 2007, 55, 6154-6159. Artiklen er vedhæftet mailen.

Herunder følger DJF's vurdering, inklusiv et sammendrag og litteraturhenvisninger:

### Sammendrag

*I denne redegørelse beskrives på baggrund af offentliggjorte forsøgsresultater hvorledes indholdet af antioxidanter i frugt og grønsager påvirkes af produktionsmetoden. Det kan konkluderes, at det er vanskeligt at sammenfatte de*

DET  
JORDBRUGSVIDENSKABELIGE  
FAKULTET (DJF)

Susanne Elmholt

Dato: 22. januar 2009

Journalnr:  
Reference:

Direkte tlf: 8999 1858  
Direkte fax: 8999 1819  
Mobiltlf:  
E-post:  
Susanne.Elmholt@agrsci.dk  
Web: www.agrsci.dk

CVR-nr: 57607556

EAN-nr: 5798000877412

Det Jordbrugsvidenskabelige  
Fakultet (DJF)  
Aarhus Universitet  
Blichers Allé 20, Postboks 50  
8830 Tjele  
Tlf: 8999 1900  
Fax: 8999 1919  
E-post: djf@agrsci.dk  
Web: www.agrsci.dk



*mange resultater, da forsøgsbetingelserne og prøveudtagning var yderst forskellige. Generelt påvirkes koncentrationen af antioxidanter i højere grad af sort, gødningsmængde, vanding, jordtype, klimaforhold og produktets modenhed ved høst end af produktionsmetoden.*

*Ved sammenlignende undersøgelser blev der i stor udstrækning fundet en højere koncentration af flavonoider, fenoliske stoffer og ascorbinsyre i økologisk producerede frugter og grønsager. Der er imidlertid også fundet modstridende resultater, og der er ingen eller kun få studier, som forsøger at forklare hvilke faktorer, der resulterer i en øget koncentration af antioxidanter i planter.*

*Målet med denne redegørelse er også at afklare, om koncentrationen af antioxidanter påvirkes af forskellige økologiske dyrkningsmetoder, herunder dyrkning direkte i jord og dyrkning i kompost i afgrænsede bede. En gennemgang af litteraturen viste imidlertid, at der i sammenligninger af forskellige økologiske dyrkningsmetoder ikke er udført analyser for antioxidanter. Det kan derfor ikke konkluderes noget om at økologisk dyrkning i jord resulterer i et højere indhold af antioxidanter sammenlignet med økologisk dyrkning i afgrænsede bede.*

*I en artikel af Mitchell et al. (2007) sammenlignes indholdet af flavonoider i frilands-tomater dyrket økologisk og konventionelt over en 10-årig periode. Såvel de økologiske som de konventionelle tomater blev dyrket i jord. På baggrund af denne artikel er det ikke muligt at udtale sig om at indholdet af antioxidanter i tomater er højere ved dyrkning i jord sammenlignet med dyrkning i afgrænsede bede.*

*Mængden af gødning (såvel økologisk som konventionelt) kan påvirke koncentrationen af antioxidanter. På baggrund af litteraturen ser det derimod ikke ud til at gødsning med letopløselige næringsstoffer reducerer forekomsten af antioxidanter eller andre sekundære stoffer. Netop tilgængeligheden spiller ind ved sammenligning af økologisk og konventionel produktion, idet frigivelsen af næringsstoffer fra organiske gødninger ofte er langsommere end fra letopløselige konventionelle gødninger.*

## **Introduktion**

I henhold til de økologiske dyrkningsregler skal væksthuseplanter dyrkes i væksthuses bundjord eller i afgrænsede bede (Plantedirektoratet 2008). Ved dyrkning i bundjorden skal jorden dyrkes og følge den almindelige omlægningstid på 2 år, dvs. at de økologiske produktionsregler skal være fulgt i mindst 2 år inden etablering af den første økologiske afgrøde. Ved dyrkning i afgrænsede bede bortfalder kravet om omlægningstid såfremt vækstmediet består af godkendte produkter og foregår uden kontakt med væksthuses bundjord. Ved efterfølgende dyrkning i bundjorden skal jorden dyrkes og følge den almindelige omlægningstid på 2 år.

Til en 9-måneders dyrkningssæson må der tilføres op til 2350 og 2100 kg N pr. ha grundareal væksthuse til henholdsvis tomat og agurk



(Plantedirektoratet 2008). Er dyrkningssæsonen kortere eller længere end ni måneder skal normen ændres forholdsmæssigt. Kvælstofnormerne gælder for både konventionelle og økologiske produktionsformer og gælder for både åbne og lukkede systemer. Højst 25 pct. af afgrødens kvælstofnorm må komme fra ikke-økologisk gødning. I et lukket system recirkuleres overskydende vandingsvand. Dyrkning i afgrænsede bede betragtes ikke som et lukket system.

Produktionsforholdene kan påvirke planternes kemiske sammensætning. Det er således veldokumenteret, at indholdet af mineraler, sukker- og proteinsammensætning og andre primære stoffer i grønsager afhænger af bl.a. sort, gødningsmængde og modenhed ved høst. Indholdet af antioxidanter og andre sekundære stoffer kan også påvirkes af produktionsforholdene, men her er resultaterne ikke så entydige.

I det følgende søges på baggrund af offentliggjorte forsøgsresultater redegjort for, hvorledes indholdet af antioxidanter og andre sekundære stoffer i frugt og grønsager påvirkes af produktionsforholdene. Der vil blive lagt særlig vægt på væksthushgrønsager dyrket i forskellige økologiske dyrkningssystemer.

### Økologisk versus konventionel produktion

En gennemgang af litteraturen viser, at der er gennemført talrige sammenlignende undersøgelser af økologisk og konventionelt dyrkede afgrøder. I de ældre undersøgelser er der alene set på primære stoffer. I et sammendrag af mere end 150 videnskabelige studier, hvor økologisk og konventionelt dyrkede produkter sammenlignes, fandt Woese et al. (1997) ikke nogen konsistent forskel med hensyn til primære indholdsstoffer. Woese et al. (1997) konkluderede, at det var ekstremt vanskeligt at sammenfatte de mange resultater, da prøveudtagning og forsøgsbetingelserne var yderst forskellige. Generelt påvirkes koncentrationen af indholdsstoffer i højere grad af sort, gødskningsmængde, vanding, jordtype, klimaforhold eller produktets modenhed ved høst end af produktionsmetoden (Zhao et al. 2006).

I nyere undersøgelser er der i højere grad fokuseret på sekundære stoffer, bl.a. flavonoider, fenoler og glucosinolater. Ved sammenlignende undersøgelser blev der fundet en højere koncentration af *flavonoider* i økologisk producerede frilands-tomater (Chassy et al. 2006; Mitchell et al. 2007), æbler (Wiebel et al. 2000), appelsiner (Tarozzi et al. 2006), grapefrugt (Lester et al. 2007) og blåbær (Wang et al. 2008). I en dansk interventionsundersøgelse blev der ikke fundet nogen forskel mellem markører for antioxidativt forsvar fra økologisk og konventionelt produceret kost (Grinder-Pedersen et al. 2003). Indtag af økologisk produceret kost resulterede dog i en øget protein-oxidation og en nedsat antioxidant-kapacitet.



Sammenlignet med konventionel produktion er der ved økologisk produktion fundet et højere indhold af *fenoler* i jordbær og majs (Asami et al. 2003), appelsiner (Tarozzi et al. 2006), væksthush-tomater (Torr et al. 2006), kiwi-frugter (Amodio et al. 2007), og blåbær (Wang et al. 2008), men et lavere indhold i broccoli (Robbins et al. 2005) og æbler (Briviba et al. 2007). I en del sammenligninger mellem økologisk og konventionel produktion var resultatet imidlertid ikke så sikkert. I frilands-tomat fandt Chassy et al. (2006) og Barrett et al. (2007) ikke nogen forskel i koncentrationen af fenoler mellem de to produktionsmetoder, og i grapefrugt (Lester et al. 2007) og oliven (Ninfali et al. 2008) var der varierende resultater i forskellige år og ved forskellige høsttider. I peberfrugter dyrket i væksthush fandt Marin et al. (2008) ikke nogen forskel i koncentrationen af fenoler mellem økologisk produktion i jord og konventionel produktion i lukket system.

I tomater er *lycopen* en væsentlig antioxidant. I sammenligninger af produktionsmetoder har økologisk produktion resulteret i en reduceret lycopen-koncentration i tomater (Torr et al. 2006) og peberfrugter (del Amor 2007), dyrket i væksthush, samt i grapefrugt (Lester et al. 2007). I frilands-tomater fandt Barrett et al. (2007) ikke nogen forskel mellem de to produktionsmetoder. Dumas et al. (2003) anfører, at lycopen-koncentrationen stiger markant under frugtmodning, og at frilands-tomater har et væsentligt højere indhold end væksthush-tomater.

Koncentrationen af total-*glucosinolater* er generelt lavest i økologisk dyrkede produkter, bl.a. broccoli (Robbins et al. 2005). Ses på enkelt-glucosinolater finder Meyer & Adam (2008) den laveste koncentration af gluconapin, men den største koncentration af glucobrassicin i økologiske dyrkede broccoli og rødkål.

*Ascorbinsyre* har også antioxidative egenskaber, og her er der generelt enighed om, at økologisk dyrkede produkter har et højere indhold, sammenlignet med konventionelt dyrkede produkter (Premuzic et al. 1998; Chassy et al. 2006; Tarozzi et al. 2006; Torr et al. 2006; Amodio et al. 2007; Lester et al. 2007). I en del undersøgelser har man dog ikke fundet nogen forskel mellem de to produktionsmetoder (Fjelkner-Modig et al. 2000; Barrett et al. 2007). I et forsøg med peberfrugter dyrket i væksthush fandt Marin et al. (2008) en lavere koncentration af ascorbinsyre ved økologisk produktion i jord sammenlignet med konventionel produktion i lukket system. I en review-artikel viser Rembialkowska (2007), at forskellen mellem økologisk og konventionel produktion (i procent af den konventionelle) varierer fra -38 til +135.

I visse undersøgelser har man angivet den *antioxidative kapacitet* som et udtryk for kvalitet. I sammenlignende undersøgelser har økologisk produktion resulteret i en øget antioxidant kapacitet i kiwi-frugter



(Amodio et al. 2007), væksthuse-peberfrugter (del Amor 2007), og i blåbær (Wang et al. 2008). I væksthuse-tomat (Torr et al. 2006), forskellige bladgrønsager (Zhao et al. 2007) og i oliven (Ninfali et al. 2008) blev der ikke fundet nogen forskel mellem økologisk produktion og konventionel produktion.

I mange af ovennævnte undersøgelser har man alene konstateret forskelle mellem produktionsmetoder, men ikke søgt en forklaring. I flere undersøgelser er der ikke anvendt samme sort, og når det er tilfældet, er det forventeligt, at de økologisk dyrkede produkter har et højere indhold af antioxidanter end de konventionelt dyrkede, idet det formodes, at økologiske sorter netop er udvalgt fordi de har et stort indhold af forsvarsrelaterede sekundære stoffer og derfor dyrkes for deres større resistens over for sygdomme (Bennett and Wallsgrove 1994).

I flere sammenlignende undersøgelser har frigivelsen af næringsstoffer fra organiske gødninger været langsommere end fra letopløselige konventionelle gødninger, hvilket kan have resulteret i forskelle i tilvækst og modenhed ved høst. Næringsstofforsyningen er netop årsagen til at udbyttet ved økologisk produktion ofte er lavere end ved konventionel produktion. Bortset fra denne tidsmæssige forskydning i tilgængeligheden af næringsstoffer ser det på baggrund af ovennævnte undersøgelser ikke ud til at gødsning med letopløselige næringsstoffer reducerer forekomsten af antioxidanter eller andre sekundære stoffer. Mængden af gødning (såvel økologisk som konventionelt) kan derimod påvirke koncentrationen af antioxidanter (Dumas et al. 2003; Zhao et al. 2006).

### **Forskellige økologiske dyrkningsmetoder**

Ud over at sammenligne økologisk og konventionel produktion vil det også være relevant at undersøge, om den antioxidative kapacitet påvirkes af forskellige økologiske dyrkningsmetoder, bl.a. dyrkning direkte i jord og dyrkning i kompost i afgrænsede bede. En gennemgang af litteraturen viste imidlertid, at det er begrænset, hvad der er lavet af sammenligninger af forskellige økologiske dyrkningsmetoder. I disse sammenligninger var der ikke gennemført analyser for antioxidanter.

I et to-årigt forsøg ved DJF (Sørensen and Thorup-Kristensen 2006) blev tomat dyrket i tre forskellige økologiske systemer: 1) Dyrkning direkte i jord (et åbent system), 2) dyrkning i afgrænset bed (et lukket system med recirkulering) og 3) dyrkning i et kombineret system (et åbent system med recirkulering). I dette forsøg var gødningen en komposteret blanding af kløvergræs, dybstrøelse og spagnum. I dyrkningssystem 2 og 3 blev planterne dyrket direkte i denne komposterede blanding. I dyrkningssystem 1 blev planterne dyrket i en blanding af komposteret gødning og jord. Ved dyrkning i de 2 åbne systemer (1 og 3) optog planterne vand og næringsstoffer fra såvel jorden som den komposterede



gødning. I det lukkede (2) og det kombinerede system (3) var der mulighed for opsamling og recirkulering af drænvand.

Tomaterne fra ovennævnte forsøg blev analyseret for aromastoffer, smag og farve, men ikke for antioxidativ kapacitet. Generelt havde dyrkningssystemerne ingen eller kun lille effekt på den kemiske sammensætning eller den sensoriske kvalitet af tomater høstet ved samme modenhed (Edelenbos et al. 2006; Thybo et al. 2006).

I et tidligere forsøg med tomat ved DJF (Gundersen et al. 2001) blev fire sorter dyrket i jord eller i rockwool og tilført letopløselige gødninger efter konventionelle dyrkningsprincipper. Tomaterne blev analyseret for spormineraler, farve og sensoriske kvalitet. Dyrkningssystemet (jord eller rockwool) havde ingen eller kun lille effekt på den sensoriske kvalitet af tomater høstet ved samme modenhed (Thybo et al. 2005).

Ved DJF gennemføres i øjeblikket et markforsøg, hvor ét konventionelt og tre økologiske dyrkningssystemer sammenlignes. Her gennemføres analyser af gulerødder, salat, hvidkål og løg for indhold af en lang række stoffer herunder også antioxidanter. Disse resultater er ikke tilgængelige endnu.

### Referencer

Amodio M L, Colelli G, Hasey J K and Kader A A 2007 A comparative study of composition and postharvest performance of organically and conventionally grown kiwifruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87, 1228-1236.

Asami D K, Hong Y J, Barrett D M and Mitchell A E 2003 Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, 1237-1241.

Barrett D M, Weakley C, Diaz J V and Watnik M 2007 Qualitative and nutritional differences in processing tomatoes grown under commercial organic and conventional production systems. *Journal of Food Science* 72, C441-C451.

Bennett R N and Wallsgrove R M 1994 Secondary Metabolites in Plant Defense-Mechanisms. *New Phytologist* 127, 617-633.

Briviba K, Stracke B A, Rufer C E, Watzl B, Weibel F P and Bub A 2007 Effect of consumption of organically and conventionally produced apples on antioxidant activity and DNA damage in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 7716-7721.



Chassy A W, Bui L, Renaud E N C, Van Horn M and Mitchell A E 2006 Three-year comparison of the content of antioxidant microconstituents and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 8244-8252.

del Amor F M 2007 Yield and fruit quality response of sweet pepper to organic and mineral fertilization. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22, 233-238.

Dumas Y, Dadomo M, Di Lucca G and Grolier P 2003 Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83, 369-382.

Edelenbos M, Thybo A K and Christensen L P 2006 Flavour quality of organic tomatoes grown in different systems. *In* Flavour science: Recent advances and trends. Eds. Bredie W L P and Petersen M A. Elsevier, Amsterdam.

Fjelkner-Modig S, Bengtsson H, Stegmark R and Nystrom S 2000 The influence of organic and integrated production on nutritional, sensory and agricultural aspects of vegetable raw materials for food production. *Acta Agriculturae Scandinavica* 50, 102-113.

Grinder-Pedersen L, Rasmussen S E, Bugel S, Jørgensen L V, Dragsted L O, Gundersen V and Sandström B 2003 Effect of diets based on foods from conventional versus organic production on intake and excretion of flavonoids and markers of antioxidative defense in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, 5671-5676.

Gundersen V, McCall D and Bechmann I E 2001 Comparison of major and trace element concentrations in Danish greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Aromata F1) cultivated in different substrates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 3808-3815.

Lester G E, Manthey J A and Buslig B S 2007 Organic vs conventionally grown rio red whole grapefruit and juice: Comparison of production inputs, market quality, consumer acceptance, and human health-bioactive compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 4474-4480.

Marin A, Gil M I, Flores P, Hellin P and Selma M V 2008 Microbial Quality and Bioactive Constituents of Sweet Peppers from Sustainable Production Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 11334-11341.

Meyer M and Adam S T 2008 Comparison of glucosinolate levels in commercial broccoli and red cabbage from conventional and ecological farming. *European Food Research and Technology* 226, 1429-1437.



Mitchell A E, Hong Y J, Koh E, Barrett D M, Bryant D E, Denison R F and Kaffka S 2007 Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 6154-6159.

Ninfali P, Bacchiocca M, Biagiotti E, Esposito S, Servili M, Rosati A and Montedoro G 2008 A 3-year study on quality, nutritional and organoleptic evaluation of organic and conventional extra-virgin olive oils. *Journal of the American Oil Chemists Society* 85, 151-158.

Plantedirektoratet 2008 Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 173 p.

Premuzic Z, Bargiela M, Garcia A, Rendina A and Iorio A 1998 Calcium, iron, potassium, phosphorus, and vitamin C content of organic and hydroponic tomatoes. *HortScience* 33, 255-257.

Rembialkowska E 2007 Quality of plant products from organic agriculture. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87, 2757-2762.

Robbins R J, Keck A S, Banuelos G and Finley J W 2005 Cultivation conditions and selenium fertilization alter the phenolic profile, glucosinolate, and sulforaphane content of broccoli. *Journal of Medicinal Food* 8, 204-214.

Sørensen J N and Thorup-Kristensen K 2006 An organic and environmentally friendly growing system for greenhouse tomatoes. *Biological Agriculture & Horticulture* 24, 237-256.

Tarozzi A, Hrelia S, Angeloni C, Morroni F, Biagi P, Guardigli M, Cantelli-Forti G and Hrelia P 2006 Antioxidant effectiveness of organically and non-organically grown red oranges in cell culture systems. *European Journal of Nutrition* 45, 152-158.

Thybo A K, Bechmann I E and Brandt K 2005 Integration of sensory and objective measurements of tomato quality: quantitative assessment of the effect of harvest date as compared with growth medium (soil versus rockwool), electrical conductivity, variety and maturity. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85, 2289-2296.

Thybo A K, Edelenbos M, Christensen L P, Sørensen J N and Thorup-Kristensen K 2006 Effect of organic growing systems on sensory quality and chemical composition of greenhouse tomatoes. *Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*.

Torr R K, Savage G P and Heeb A 2006 Influence of different types of fertilizers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 20-27.





Wang S Y, Chen C T, Sciarappa W, Wang C Y and Camp M J 2008 Fruit quality, antioxidant capacity, and flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 5788-5794.

Wiebel F P, Bickel R, Leuthold S and Alföldi T 2000 Are organically grown apples tastier and healthier? A comparative field study using conventional and alternative methods to measure fruit quality. *Acta Horticulture* 517, 417-426.

Woese K, Lange D, Boess C and Bogl K W 1997 A comparison of organically and conventionally grown foods - results of a review of the relevant literature [review]. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 74, 281-293.

Zhao X, Carey E E, Wang W Q and Rajashekar C B 2006 Does organic production enhance phytochemical content of fruit and vegetables? Current knowledge and prospects for research. *HortTechnology* 16, 449-456.

På vegne af Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet

Med venlig hilsen

Susanne Elmholt

Seniorforsker, koordinator for DJF's myndighedsrådgivning

**DET  
JORDBRUGSVIDENSKABELIGE  
FAKULTET (DJF)**