

Slutrapport 2016 Ekhagastiftelsen

Diarienummer:	2013-16
Projekttitel:	Nutritional quality of locally adapted cereal cultivars in organic farming
Anslagsmottagare:	Eva Johansson SLU Institutionen för växtförädling Box 101 230 53 Alnarp
Projektledare/Kontaktperson:	Eva Johansson
Projektstart:	2013-11-01
Projektslut:	2016-10-31
Totalt av Ekhagastiftelsen beviljade medel:	813 000 kr

Introduktion med syfte och hypotes

Efterfrågan på ekologiska livsmedel har ökat under senare år. Anledningen till att konsumenten väljer att köpa ekologiska livsmedel varierar från region till region och land till land. En viktig anledning är en oro för bekämpningsmedelsrester i livsmedel. Även oro för en global uppvärmning främjar konsumentens vilja att välja ekologiska livsmedel.

Spannmål är en av de absolut viktigaste grödorna för livsmedelsproduktion, och vete är en av de mest odlade grödorna i världen och också en av de största livsmedelsgrödorna. Vete används för att göra livsmedelsprodukter som bröd, pasta, kex etc, Fullkornsprodukter från vete och övriga spannmålssorter är generellt mer högvärdigt näringsrika än sådana som producerats från tex vitt mjöl.

Vete började odlas redan för 10 000 år sedan med odling av Einkorn (diploit vete med sju kromosompar). Senare odlades också en tetraploid form av vete som kallas för emmervete och även durumvete utvecklades. Vanligt vete, som används för tillverkning av ett brett utbud av produkter i dag, är hexaploit, och har alltså 6 uppsättningar kromosomer med 7 par i varje uppsättning. Korn började odlas ungefär samtidigt som vete, och ett stort antal lantsorter har utvecklats under årens lopp. Både havre och råg har påvisats förekomma som ogräs i arkeologiska fynd av vete och korn.

Lagringsproteinerna hos vete men också hos övriga spannmålssorter utgör en viktig energikälla, och deras sammansättning påverkar också bakningskvaliteten hos vete. Spannmål innehåller också mineraler och inte minst beroende på mängden som konsumeras, så är spannmål och dess malda fraktioner en viktig källa till mineraler för människor och djur. Spannmål, samt frukt och grönsaker är viktiga källor till bioaktiva ämnen och innehåller hundratals karotenoider, vitaminer och spårämnen med antioxidativ aktivitet och potentiellt positiva effekter på människors hälsa.

Odlingssystemet har en stor effekt på mineralinnehållet i spannmål. Betydande variation i innehåll samt extra höga värden av mineraler har påvisats i olika typer av vete som odlas under ekologiska förhållanden i Sverige. Genom val och/eller förädling av rätt sorter kan därmed ekologiskt odlade spannmål med höga halter av antioxidanter eller mineraler produceras. Variationer i innehåll av tungmetaller och tokoferoler samt andra bioaktiva komponenter har också påvisats beroende på val av odlingsmetod och beroende på val av sort.

Genom ekologisk odling av lämpliga sorter anpassade för specifika lokaler (platser) ökar därmed möjligheterna att producera spannmål med högvärdigt innehåll av mineraler, bioaktiva komponenter samt låga halter av tungmetaller.

Lokalt odlade spannmålssorter samt lantsorter har alltmer ersatts av moderna sorter och dessa sorter kan vara känsligare mot skadedjur, sjukdomar och abiotisk stress, eftersom sorterna har testats under förhållanden där olika växtskyddsmedel har använts vid utvärderingen.

Lantsorter och äldre genetiskt material finns numera mestadels lagrade i genbanker. Vissa av dessa äldre sorter kan innehålla värdefulla egenskaper som kan vara av värde för lokalt anpassade spannmålssorter med höga halter av näringsmässigt intressanta komponenter såsom mineraler och bioaktiva komponenter.

Den lokalt anpassad växtförädling har lång tradition i Sverige med lokala växtförädlingsstationer. Lantsorter och gamla vetesorter har inom denna växtförädlingsverksamhet visat sig ha en stor genetisk variation och dessutom har dessa sorter god anpassning mot lokala växtförhållanden. Forskningsprojekt med anknytning till lokalt anpassade sorter har pågått sedan 1996 i Alnarp i samarbete med Hushållningssällskapen i Halland, Bohuslän och Gotland. Nordiskt samarbete har också funnits inom projektet "Nordiskt korn". Samarbete med Heinrich Grausgruber på Boku i Österrike har etablerats, då liknande projekt har utvecklats på Boku. Lokalt producerade råvaror för livsmedelsproduktion kan bidra till en minskad miljöpåverkan genom en minskning av långväga transporter.

Inom detta projekt avser vi att undersöka den näringsmässiga kvaliteten hos lokalt anpassat och ekologiskt odlat spannmål. Projekt syftar till att bidra med en förståelse för variation i lokalt anpassade spannmålssorter vad gäller mineraler och bioaktiva ämnen. Projektet förväntas bidra till möjligheter att ge lokala odlare rekommendationer för ekologisk produktion av spannmål med höga värden av näringsämnen såsom mineraler och bioaktiva ämnen, för vidare livsmedelsproduktion.

Syftet med detta projekt är således att utvärdera lokalt anpassade spannmål från fyra olika lokala miljöer i relation till näringsinnehållet i spannmålen. Utifrån dessa utvärderingar vill vi kunna göra lokala rekommendationer gällande användning av sorter för ekologisk produktion av högkvalitativa livsmedelsprodukter. För att uppnå syftet med projektet planerade vi att använda spannmål från lokalt anpassade sorter som har odlats på fyra olika platser i en ekologisk växtföljd och att analysera dessa sorter på innehåll av essentiella mineraler, bioaktiva ämnen och tungmetaller.

Projektets hypotes: Genom användning och utvärdering av lokalt anpassade stråsådessorter är det möjligt att selektera sorter med högt näringsvärde, lämpliga för ekologisk odling, för produktion av mervärdesprodukter i form av bröd och andra produkter.

Material och metoder

Totalt har 25 vår- och 25 höstspannmålssorter av gammalt sortmaterial och med stor genetisk mångfald odlats på fyra lokaler under tre år. Huvuddelen av odlingen av dessa sorter samt insamling av data gällande odlingsparametrar gjordes under ett tidigare projekt finansierat av Ekoforsk. Vid utgången av finansieringen från Ekoforsk-projektet hade samtliga vårspannmålssorter från fyra olika lokaler odlats och samlats in. Två av tre år av odling av höstspannmålssorter var också avslutat under Ekoforsk-projektet. År tre av höstspannmålssorterna slutfördes under projektiden för detta projekt.

De fyra lokalerna har valts ut för att representera olika typer av lokalt klimat i Sverige inom områdena där spannmål normalt odlas i Sverige och även med anledning av att ekologisk

odling är pågående på de olika lokalerna. Materialet har odlats i fyra upprepningar under tre år. Odlingarna har varit en del av den normala växtföljden på varje gård.

Inom detta Ekhaga finansierade projekt var syftet att analysera materialet med avseende på viktiga mineraler, tungmetaller, tokoferoler, karotenoider och fenoler. Enligt projektplanen skulle mineraler och tungmetaller analyseras under år 1, tokoferoler och karotenoider skulle analyseras under år 2 och fenoler skulle analyseras under år tre av projektet. För analys av mineraler och tungmetaller användes etablerade metoder (som vi också använt vid tidigare studier) såsom Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS; Perkin-Elmer, ELAN-6000) and en Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer (ICP-OES; Perkin-Elmer, OPTIMA 3000 DV). Innehållet av Al, B, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Sr, Ti and Zn bestämdes med ICP-OES, medan ICP-MS användes för analyser av ⁷⁵As, ⁵⁹Co, ⁵²Cr, ²⁰²Hg, ⁷Li, ⁹⁵Mo, ⁵⁸Ni, ²⁰⁸Pb, ¹²¹Sb, ⁸²Se, ¹²⁰Sn, ⁵¹V. Föra analys av tokoferoler, karotenoider och fenoler användes HPLC baserade metoder, som vi har erfarenhet av att använda i forskargruppen men för andra grödor än stråsäd vilket därmed också har medfört en viss metodutveckling för att anpassa metoderna till de stråsädessorter vi använt i denna studien.

Resultat

Det forskningsarbete som har utförts under detta treåriga Ekhaga finansierade projekt är som nämnts ovan en fortsättning på det arbete som utförts under ett tidigare treårigt Ekoforsk projekt. Under de tre åren som arbetet pågick med finansiering från Ekoforsk odlades 50 lokalt anpassade stråsädessorter (25 vårtyp och 25 hösttyp) på fyra olika platser i Sverige under 3 olika år och fältdata för dessa odlingar samlades in.

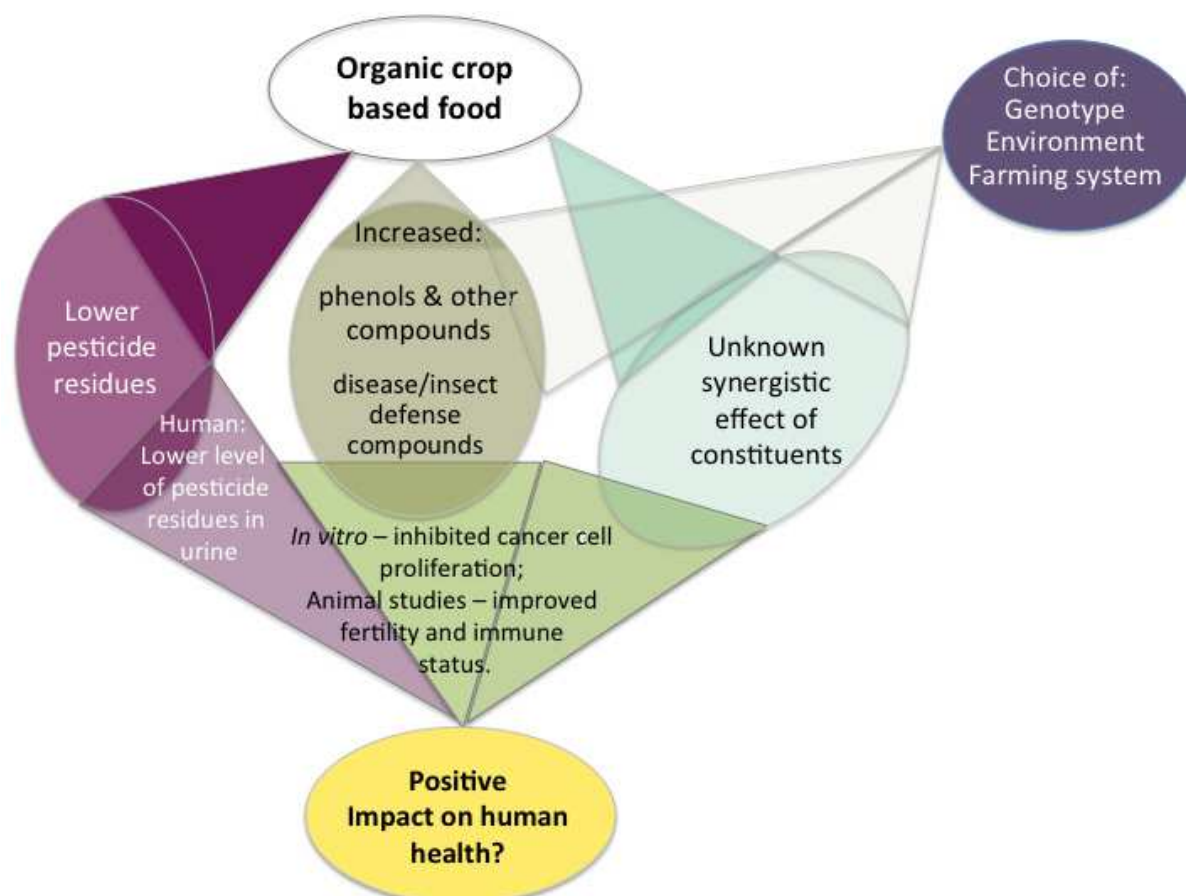
Under detta treåriga Ekhaga finansierade projekt har följande aktiviteter försegätt;

1. En litteratursammanställning har gjorts och en reviewartikel publicerats beträffande hur ekologiskt odlade grödor påverkar människors hälsa.
2. Sammansättningen och förekomsten av ett antal komponenter som är relaterade till människors hälsa har analyserats i ett stort antal av de stråsädessorter från olika år och olika lokaliteter som odlades under Ekoforsk projektet. Sammanlagt har följande analyser gjorts;
 - Samtliga prover (600) har analyserats med avseende på innehåll av mineraler (Al, B, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Sr, Ti and Zn) och metaller (As, Co, Cr, Hg, Li, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V).
 - Totalt 181 prover (115+66) har analyserats i två olika delstudier med avseende på innehåll och sammansättning av karotenoider.
 - Totalt 115 prover har analyserats med avseende på innehåll och sammansättning av tokoferoler och fenoler.
 - Jordprover har analyserats från samtliga odlingsplatser och år (totalt 12 prover) med avseende på innehåll av mineraler och metaller.
3. En databas har upprättats där alla data om de olika proverna, både från fältförsöken och från samtliga analyser av olika komponenter har samlats.
4. Resultat av de många analyserna har samlats i en databas som vi har skapat inom projektet och de har i dagsläget sammanställts enligt följande;
 - Mineralinnehållet i 57 höstveteprov odlade på lokalen Ekhaga under tre år har jämförts.
 - Sammansättningen av karotenoider i 181 veteprover har jämförts i två olika studier om 115 och 66 prover.

Litteraturstudie och reviewartikel

Resultaten från litteratursammanställningen och reviewartikeln visade följande;

De mest relevanta ämnena ur näringssynpunkt för människor var mikronäringsämnen och då speciellt Fe och Zn, samt bioaktiva komponenter såsom karotenoider inkluderande pro-vitamin A ämnen, tokoferoler inkluderande vitamin E och fenoliska komponenter. Extremt stora variationer kunde påvisas gällande mängder av dessa komponenter beroende på genotyp, klimatvariationer, miljö och odlingsförhållanden, skördetidpunkt samt vilken del på växten som användes. De högsta nivåerna av olika komponenter uppnåddes i vissa genotyper och en ökning kunde också erhållas genom genetisk modifiering av växten. Generellt sett så påverkades inte mängden av olika komponenter av ekologisk odling med undantag för gällande mängd av fenoliska komponenter som påvisades öka vid ekologisk odling men framför allt beroende på ökningen av patogener i växtmaterialet vid sådan odling. Högre mängder av bekämpningsmedelsrester och i många fall också av tungmetaller kunde påvisas i konventionellt odlade grödor jämfört med i de ekologiskt odlade. Både djurstudier och in vitro studier indikerade klart en positiv effekt av ekologiskt foder/extrakt jämfört med konventionellt sådant. Sammanfattningsvis verkade konsumtion av ekologiska livsmedel bidra positivt till människors hälsa även om anledningarna till detta inte är helt klarlagda, synergieffekter mellan olika komponenter i födan verkar vara en bidragande orsak (Figur 1).



Figur 1. Interaktiv modell som beskriver “proof of concept” för samverkan av olika komponenter från ekologiskt odlade livsmedel och som bidrar till en positiv påverkan på människans hälsa (Johansson et al 2014).

Mineralanalyser

I en första bearbetning av resultaten från mineralanalyserna valde vi att specifikt fokuserat på vetematerialet från Ekhaga och fyra av mineralerna, Järn, Zink, Koppar och Magnesium, som vi bedömde som viktigast ur näringsmässig synpunkt. Mineralanalysresultaten visade att ett antal av vetesorterna var lämpliga för ekologisk odling och alltså gav tillfredställande

Tabell 1. Rankning av de bästa vetesorterna med avseende på en kombination av avkastning och näringsmässig avkastning, med två olika rankningsmetoder.

Rank	EMI		BDGI	
	Genotype	Genotype Group	Genotype	Genotype Group
1	Svale	Old cultivar	Walde	Old cultivar
2	Starke	Old cultivar	Hansa brun	Old cultivar
3	Jacoby	Landrace	Starke	Old cultivar
4	Odin	Old cultivar	Svale	Old cultivar
5	Walde	Old cultivar	Oberkulmer	Spelt
6	Ertus	Old cultivar	Jacoby	Landrace

avkastning. I huvudsak var det också de sorter med högst avkastning som även resulterade i bra näringsmässig avkastning och hög densitet i näringsämnen. De ”bästa” sorterna var också stabila över de olika odlingsåren och de benämndes därför som ”balanserade sorter” för de fyra mineralerna som vi fokuserade på. Sorterna rankades med två olika metoder för bedömning av vilka som var bäst med avseende på näringsmässig kvalitet och resultaten av denna rankning kan ses i Tabell 1. Vidare jämfördes sorterna i denna studie med sorter som odlats konventionellt och intensivt i andra länder i Europa och trots den mycket lägre avkastningen hos det ekologiskt odlade vetet, kunde vi påvisa en förhållandevis god näringsmässig avkastning.

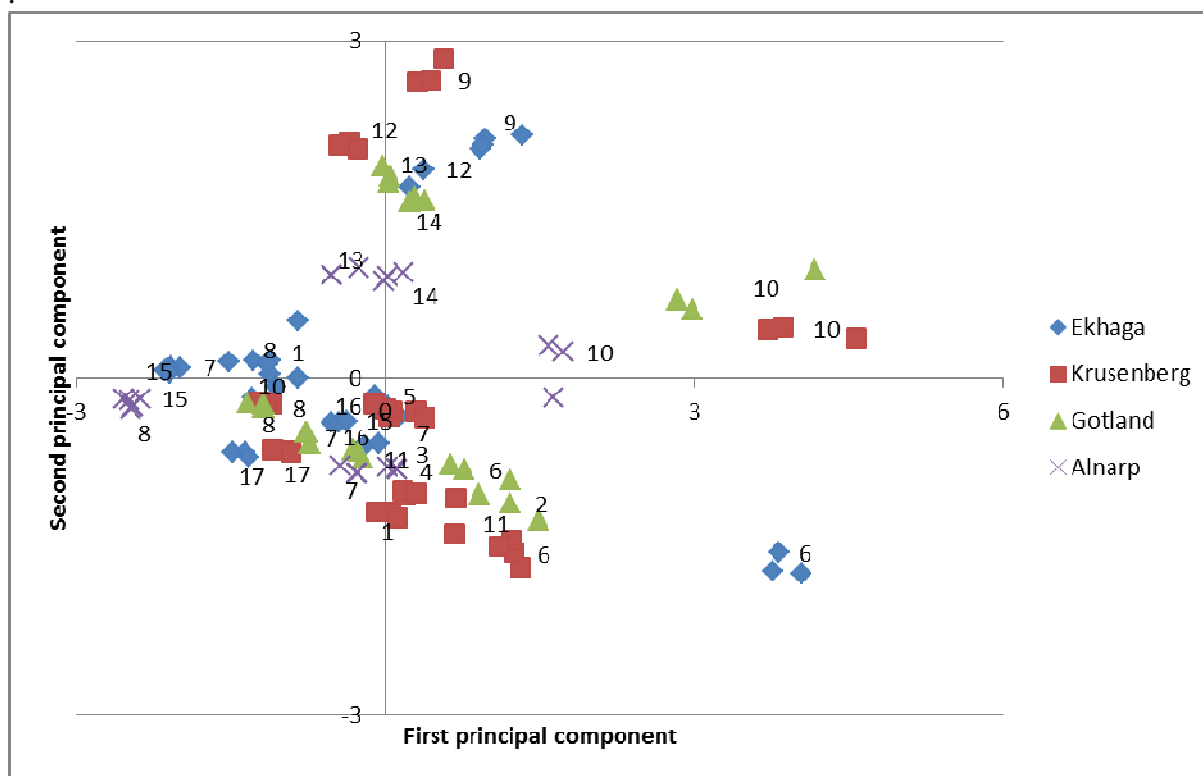
Tabell 2. Intag per dag av lutein+zeaxanthin från medelkonsumtion av 200 g vete per dag

Genotype	Type	Class	Lutein + Zeaxanthin Intake from 200 g Wheat per Day (mg/day)
Aurore 2	Spring	Old cultivar	0.22
Fylgia I	Spring	Old cultivar	0.15
Lv. Dal 16 brun borst I	Spring	Landrace	0.34
Lv. Dal 16 vit	Spring	Landrace	0.22
Lv. Gotland 2	Spring	Spelt	0.33
Lv. Gotland 6	Spring	Spelt	0.30
Rival 1	Spring	Old cultivar	0.24
Öland 5	Spring	Landrace	0.20
Öland 8	Spring	Landrace	0.77
Ölands 17 borst spelt	Spring	Spelt	0.27
6356 Spelt	Winter	Spelt	0.24
Aura	Winter	Old cultivar	0.44
Brun spelt	Winter	Spelt	0.36
Hansa	Winter	Old cultivar	0.43
Holme	Winter	Old cultivar	0.36
Inntaler	Winter	Old cultivar	0.32
Jacoby 59 utan borst	Winter	Landrace	0.30
Lysh vede brun borst	Winter	Old cultivar	0.29
Mumie vete	Winter	Primitive	0.37
Oberkulmer	Winter	Spelt	0.39
Odin	Winter	Old cultivar	0.33
Olympia	Winter	Landrace	0.42
Oster burgsdorfer	Winter	Spelt	0.30
Rauweizen	Winter	Primitive	0.40
Robur	Winter	Old cultivar	0.28
Röd Emmer	Winter	Primitive	0.26
Schwaben korn	Winter	Spelt	0.41
Schweiz	Winter	Spelt	0.46
Spelt Ustakket	Winter	Spelt	0.41
Spelt vete gotland	Winter	Spelt	0.35
Svale	Winter	Old cultivar	0.39
Svart emmer	Winter	Primitive	0.35
T.polonicum	Winter	Primitive	0.18

Karotenoider

Sammansättning och innehåll av karotenoider i materialet har analyserats i två olika delstudier. Resultaten från den första delstudien visade en stor variation i karotenoidinnehåll i de olika analyserade vetesorterna. Speciellt en vetesort, Öland 8 innehöll höga värden. Lutein var den vanligaste karotenoiden i vete och totalt bestod 70-90% av karotenoiderna av lutein. Detta innebär att 40% av dagsbehovet av lutein kan erhållas från ekologiskt odlade vetesorter med högt luteininnehåll vid konsumtion av 200 gram vete per dag (Tabell 2). Resultaten påvisade också möjligheter att förädla för ett antal olika näringsmässiga komponenter samtidigt för att på så sätt öka det näringsmässiga värdet hos vetet.

Resultaten från den andra delstudien visade att lokalvariationen är delvis svår att begripa. Klara sortskillnader kunde dock ses i materialet. Naket korn och sorten Gergel var tydligt annorlunda än övriga sortprover framför allt genom sina höga Zeaxanthin halter. Jusso proverna hade framför allt höga beta-cryptoxantin halter. Vissa av sorterna uppvisade en högre stabilitet över de olika odlingsplatserna och detta gällde framför allt Ella och Gotlandssorterna (Figur 2).



Figur 2. Principal komponent analys som beskriver sortvariationen i karotenoid-sammansättning och mängd över fyra olika odlingsplatser

Som ses i ovan beskrivning, så har huvudfokus under detta Ekhaga finansierade projekt legat på att få klart samtliga planerade analyser av det unika material som vi har tagit fram. Få studier i världen har inbegripet ett sådant gediget material som vårt, innehållande 50 sorter, odlade över tre år och fyra platser och analyserade för ett så stort antal komponenter som vi har gjort med detta material. Detta innebär dock att all data inte har sammanställts ännu, och våra klara intentioner är att sammanställa och publicera alla de olika delarna av denna studie

så att de tillsammans kan utgöra en enhet för att förstå och göra rekommendationer beträffande ekologisk odling av lokalanpassade stråsädessorter. Det är ju vanligt förekommande i ett flertal projekt att all publicering inte är färdig vid slutrapport av projektet, och så också inom detta projekt. För att säkerställa att alla data blir bearbetade, sammanställda och publicerade så har vi upprättat en publiceringsplan enligt nedan.

Diskussion och slutsats

Både djurstudier och in vitro studier indikerar att ekologiskt odlade livsmedel är nyttigare än konventionellt odlade produkter. Studier på människa har i huvudsak inte kunnat påvisa liknande resultat, kanske främst beroende på att dessa studier är så få och också mer komplicerade att utföra. Djuurstudier används dock i många sammanhang rutinmässigt för att påvisa olika samband där resultaten ofta antas utgöra bevis också i humansammanhang. De positiva resultaten från djurstudierna kan därmed anses indikera att det skulle kunna vara nyttigare att äta ekologiska livsmedel än konventionellt framställda sådana. Anledningen till att ekologiskt producerade livsmedel bidrar till förbättrad human hälsa är oklar, mängden av specifika komponenter med antioxidativ kapacitet är sällan extremt höga utan istället verkar det vara synergi effekter mellan olika komponenter som är nyckelfaktorn. Därför är det av stor vikt att analysera och förstå samspel mellan ett antal komponenter vid produktion av ekologiska livsmedel med ett näringsmässigt mervärde. Komponenter som skulle kunna vara viktiga vid synergi effekter och samspela med varandra och även med andra komponenter, är olika fenoliska komponenter och vitamin C. Mängden av båda dessa komponenter ökar vid ekologisk odling som ett gensvar på patogenangrepp.

Extremt stora variationer i mängd av nyttiga komponenter har påvisats beroende på sortval, odlingsförhållanden, miljö, skördetidpunkt, växtdel som analyserats samt även beroende på genetisk modifiering av grödan. Högst mängd av olika komponenter har i allmänhet uppvisats i specifika sorter eller i sorter som är genmodifierade. För att förbättra hälsan hos människor, verkar det mest relevant att kombinera lämpliga sorter med ekologisk odling för att därur kunna framställa ett livsmedel med ”den bästa” cocktailen av olika komponenter.

För att kunna välja och definiera vilka sorter som är lämpliga att odla ekologiskt på olika platser och för att erhålla ”rätt” cocktail av komponenter i dessa så finns det ett antal olika saker att ta hänsyn till. För det första är det ofta viktigt vid ekologisk odling att använda sig av lokalt anpassade grödor eftersom dessa är bättre anpassade till odlingsplatsen vilket kan vara av stor vikt när växtskyddsmedel inte kan användas. För det andra behöver sorterna vara stabila över åren, så att man erhåller liknande både avkastning och näringsmässig kvalitet från år till år. Därutöver behöver ett stort antal näringsmässiga komponenter analyseras för att kunna välja sorter med ”rätt” cocktail.

Vidare har detta projekt påvisat en samvariation mellan olika tungmetaller i de undersökta sorterna, en samvariation mellan mineraler som är viktiga för hälsan, samt en samvariation mellan tokotrienoler och vissa karotenoider. Om dessa samband gäller generellt så innebär detta komplikationer när det gäller att förädla för ökade mängder av ett flertal olika komponenter i stråsäd. Inom förädlingen kan sådana samvariationer och icke samvariationer få till följd ett behov att välja vilka olika komponenter som är viktigast när det gäller att få till ”rätt” cocktail.

Inom detta projekt har vi kunnat peka ut sorterna Svale, Stake, Jacoby och Walde som balanserade sorter, med god stabilitet och bra lokalanpassning till platsen Ekhaga, och med bra näringsmässig avkastning och näringstäthet. Dessa sorter skulle därmed kunna användas för framtida förädling av lokalanpassade sorter för ekologisk odling i närhet till platsen Ekhaga. Dessa sorter hade något lägre näringsmässig avkastning än konventionella sorter i Sverige men avsevärt bättre näringstäthet.

Vad gäller enstaka komponenter som har undersökts i detta projekt, så har stor variation uppmätts mellan olika sorter och på olika platser samt under olika år. För vissa av de komponenter som har undersökts vet man att det finns en direkt koppling mellan innehåll av en komponent i kosten och "friskheten" hos människan. Ett sådant exempel är karotenoiden lutein, som bidrar till friska ögon, men också skyddar mot cancer och hjärt-kärlsjukdomar. En av de vetesorter som analyserats i detta projekt, Öland 8, visade sig innehålla höga halter av lutein. Genom konsumtion av 200 gram per dag av denna vetesort odlad i Alnarp, så får en genomsnittlig individ i sig 40% av dagsbehovet av lutein.

Slutsatserna från projektet är följande;

- Materialet som använts i detta projekt är unikt i sin form med ett så stort antal sorter, lokalanpassade och odlade på flera platser och under flera år.
- Studier gällande näringsmässiga komponenter i ekologiskt odlat vete och en koppling till betydelse för hälsan har inte tidigare genomförts i den omfattningen som vi har strävat efter i detta projekt.
- "Rätt cocktail" av komponenter är en nyckel för friska människor.
- Vissa av komponenterna som bidrar till förbättrad hälsa hos människan samvarierar och andra motvarierar, dvs om den ena komponenten ökar så minskar den andra. Sådana effekter påverkar förädlingen av stråsäd för ekologisk odling med näringsmässigt mervärde.
- Projektet har möjliggjort att peka ut sorter som är av värde att odla och att använda inom växtförädling, som är lokalanpassade, är balanserade, har god stabilitet och bra näringsmässig avkastning och näringstäthet.
- Projektet har också möjliggjort utpekande av sorter med exceptionellt höga halter av specifika komponenter, för användning i växtförädling eller i odling för produktion av specifika produkter.

Vetenskapliga publikationer som framkommit under projektiden

Johansson E, Hussain A, Kuktaite R, Andersson SC, Olsson ME (2014) Contribution of organically grown crops to human health. *Int J Environ Res Public Health* 11:3870-3893.

Hussain A, Larsson H, Kuktaite R, Olsson ME, Johansson E (2015) Carotenoid content in organically produced wheat: relevance for human nutritional health on consumption. *Int J Environ Res Public Health* 12:14068-14083.

Moreira-Ascarrunz SG, Larsson H, Prieto-Linde ML, Johansson E (2016) Mineral nutritional yield and nutrient density of locally adapted wheat genotypes under organic production. *Foods* 5:89

Ytterligare planerade publikationer från resultat som framkommit under projektiden

Hussain A, Larsson H, Johansson E (2017) Composition of carotenoids in locally adapted wheat genotypes under organic production (manuscript)

Johansson E, Prieto-Linde ML, Larsson H (2018) Content of minerals and heavy metals in locally adapted cereal genotypes under organic production (manuscript in preparation)

Johansson E, Prieto-Linde ML, Larsson H (2018) Composition of phenols in locally adapted cereal genotypes under organic production (manuscript in preparation)

Johansson E, Larsson H (2019) Organically produced, locally adapted and nutrient rich cereals: understanding and advices for their production (manuscript planned)