



**SLU**

Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

## **Grönkål – kan det odlas mer än bara till jul?**

Curly kale- is cultivation earlier in the season possible?



**Josefin Svensson**

Kandidatarbete 15 hp

Trädgårdsingenjörsprogrammet- odling

Självständigt arbete vid LTJ- fakulteten, SLU

Institutionen för Biosystem och Teknologi

Alnarp, 2013

Grönkål- kan det odlas mer än bara till jul?

Curly kale- is cultivation earlier in the season possible?

Josefin Svensson

Handledare: Lotta Nordmark, Institutionen för Biosystem och Teknologi; SLU.

Biträdande handledare: Karl- Erik Gustavsson, Institutionen för Biosystem och Teknologi/Växtförädling; SLU.

Examinator: Marie Olsson, Institutionen för växtförädling; SLU.

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i Trädgårdsvetenskap

Kurskod: EX495

Program/utbildning: Trädgårdsingenjörsprogrammet inriktning odling

Examen: Trädgårdsvetenskap

Ämne: Hortikultur

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och år: Maj, 2013

Omslagsbild: Plantboden (2013-05-06)

Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

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

Nyckelord: Grönkål, Hälsobefrämjande ämnen, Glykosinolater, Karotenoider, Vitamin C, Torrsubstans, Tidigarelagd planteringstidpunkt och skörd.

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Område: Institutionen för Biosystem och Teknologi

## Förord

Detta är mitt arbete som jag skrivit på Trädgårdsingenjörsprogrammet inriktning odling vid Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och innehåller både en skriftlig och en muntlig del.

Valet att skriva om grönkål gjorde jag ganska snabbt då det är en gröda vi odlar i vårt familjeföretag och som vi ser som en framtidsgröda med stor potential och utvecklingsmöjligheter. Genom att ha skrivit detta arbete har jag fått ta del i hur forskningsvärlden fungerar och arbetar med olika analysmetoder för att utveckla och analysera trädgårdsprodukter på marknaden. Det har varit en oerhört intressant och givande tid där jag som kommer ifrån odlarsidan fått testa på forskningsmetoder och fått en annan bild av hur man kan se på grödor.

Jag vill passa på att tacka min handledare Lotta Nordmark, som har varit oerhört delaktig då hon varit med i tankegången ända ifrån början. Hon har hjälpt mig och kommit med väldigt bra input och feedback under perioder då jag stått still i arbetet.

Ett oerhört stort tack även till Karl- Erik Gustavsson som varit med och hjälpt mig under analyser och avläsningar. Jag hade inte fått fram några resultat utan hans hjälp, han har varit engagerad och delat med sig mycket av sin kunskap.

Jag vill också tacka mina föräldrar som har visat stort intresse och hjälpt mig med kunskaper om själva odlingen av kålen.

Öllöv, Maj 2013

---

Josefin Svensson

## Sammanfattning:

Grönkål är en gröda med många fördelar både för den som odlar men framförallt för den som konsumerar grödan. Den har ett rikt innehåll av hälsobefrämjande ämnen så som fibrer, mineraler, vitaminer och glykosinolater m.m. Då den för med sig ett oerhört stort hälsomervärde borde färsk svensk grönkål finnas tillgänglig i handeln mer än bara till jul, vilket idag är den huvudsakliga tidpunkten då det odlas och säljs färsk grönkål. Genom att titta närmare på hur grönkålen fungerar, vad den innehåller och hur dessa ämnen förändras med olika planteringstidpunkter och skördetillfällen skulle detta kunna ge bra indikation på huruvida vi faktiskt kan odla grönkål under en mer utdragen period där man kan tidigarelägga både plantering och skörd.

I denna studie har det gjorts ingående analyser på glykosinolater, karotenoider och vitamin C. Resultat från analysen av glykosinolater visar att mängden ökar ju äldre plantan blir. Totalt innehåll av glykosinolater har uppmätts mellan 2 – 4 mg/g torrsvikt. Karotenoidinnehållet tenderade att minska allt eftersom plantan mognade, då de högsta värdena uppmättes vid den första skörden på fält I. Halter mellan 1,19 – 3,44 mg/g torrsvikt uppmättes. Vitamin C-innehållet ökade med plantålder på fält I och minskade med plantålder på fält II. Halter mellan 11,92 – 40,86 mg/100g frisksvikt uppmättes.

Resultat som framkommit ur denna studie visar inte att något av dessa hälsobefrämjande ämnen påverkas negativt av att planteringstidpunkten tidigareläggs. Detta indikerar på att odling tidigare på säsongen är fullt möjlig.

## Abstract:

Curly kale is a crop with a lot of benefits not only for the grower, but especially for the one that consume it. Curly kale has a rich content of health-promoting substances such as fibers, minerals, vitamins and glukosinolates. A diet with a lot of curly kale brings a major health of value to the consumers and that's why fresh Swedish curly kale should be provided in the stores for a longer period and not just be limited to Christmas time, which today is the primary time for the cultivation and sale of curly kale. By looking more closely at how the curly kale works, what it contains and how these substances change with different planting dates and harvest times it could give indications of whether we can cultivate curly kale during a longer period where the planting dates have been brought forward.

This study has taken a closer look at the contents of glukosinolates, carotenoids and vitamin C. Results of the study on glukosinolates showed that the amount increased the more mature the plant become. Total content of glucosinolates was measured to be between 2-4 mg/g dry weight. The content of carotenoids tended to decrease the more mature the plant became. The highest concentrations were measured at the first harvest time from field I. Concentrations between 1.19- 3.44 mg/ g dry weight was measured from the results. The content of vitamin C increased with plant age and concentrations between 11.92- 40.86 mg/100g fresh weight were recorded.

Results obtained from this study did not show that any of these health-promoting substances was negatively affected when the planting was done earlier. This indicates that cultivation earlier in the season is possible from a health perspective.

# Innehållsförteckning

Inledning.....	
1.1 Glykosinolater .....	
1.2 Karotenoider .....	
1.3 Vitamin C .....	
1.4 Torrsubstans.....	
2. Material .....	
2.1 Material och metod.....	
2.2 Analyser av glykosinolater .....	
2.3 Analyser av karotenoider.....	
2.4 Analyser av vitamin C.....	
2.5 Mätning av torrsubstans .....	
3. Resultat .....	
3.1 Glykosinolater .....	
3.2 Karotenoider.....	
3.2 Vitamin C.....	
4.1 Diskussion .....	
4.2 Felkällor och Referenskritik .....	
5. Slutsats .....	
6. Referenser .....	

## Inledning:

Olika arter och sorter av kål är något människor i Norden har ätit i alla tider och framförallt i kristider har det ätits rikligt med kål (Ståhl, 2010). I dagsläget har kålen fått ett rejält uppsving, men det beror inte på att vi befinner oss i kris, utan istället på grund av alla dess goda egenskaper som påverkar människors hälsa positivt (Ståhl, 2010). Grönkål liksom andra arter i kålsläktet tros sig ha kommit in i landet under medeltiden via de katolska klostren och ända sedan dess har grönkål alltid haft en central roll genom skånsk mathistoria (Olsson, 2005). Grönkål var den viktigaste grödan i de skånska köksträdgårdarna då det är en oerhört lättodlad gröda. Den kan stå länge ute på fält och klara varierande klimat, men också eftersom att den har höga halter av viktiga näringsämnen. När potatisen fick sitt stora genombrott på 1800-talet blev grönkålen tillsidosatt och efter det har den trängts undan, inte bara av potatis, men också av andra och nyare kålsorter (Olsson, 2005).

I dag har grönkålen (*Brassica oleracea* var. *acephala*), som är en av dem vanligare bladkålen som inte är huvudbildande, återigen fått ögonen på sig då det marknadsförs som att vara det mest skyddande livsmedel att äta. Orsaken är att den har höga halter av glykosinolater, karotenoider och vitamin C som alla har antioxidativ verkan, vilket skyddar celler i kroppen ifrån skador och förhindrar för tidigt åldrande (Ståhl, 2010). Trots det odlas och säljs färsk grönkål bara under en begränsad period med huvudsyftet att det ska ätas till jul. Detta beror framförallt på tradition, d.v.s. att grönkål är en sak man ska ha på sitt julbord, vilket gör att efterfrågan på grönkålen blir koncentrerad till denna period. Det har också gjort att utbudet har begränsats till den tidpunkten eftersom det inte finns någon större efterfrågan av produkten mer än då (Svensson, personlig kommunikation, 19 maj, 2013). Men eftersom att en grönkålsrik kost för oss människor för med sig ett stort hälsomervärde på grund av dess rikliga innehåll av nyttiga ämnen såsom vitaminer, mineraler, fibrer, glykosinolater, karotenoider och antioxidativa ämnen (Olsen et al., 2009) är detta köpmönster något som borde förändras.

Grönkål härstammar ifrån Medelhavsregionen och sydvästra delen av Europa (Hagen et al., 2009). Den tillhör familjen *Brassicaceae* och är nära besläktad med den vilda arten *Brassica oleracea* (Dixon, 2007). Den har ett grovt växtsätt med en stor bladmassa, fiberrika stjälkar och mörkgrön färg (Olsen et al., 2009). Plantan är tålig och klarar av skiftande väderförhållande och olika brukningstekniker. Det är en av få växter som klarar av temperaturer under noll grader, vilket även kan ge upphov till en sötare smak (Olsen et al., 2009). Detta beror enligt Hagen et al., (2009) på att plantan genom att öka sockermängden utvecklar en slags tolerans mot frost. Sockret som bildas kan användas som energi till olika

kritiska mekanismer, såsom syntes av stresstoleranta lipider och proteiner och därmed skydda plantan (Hagen et al., 2009). Även Altinok och Karakaya (2003) menar på att grönkål är den kålsort som tål de lägsta temperaturerna, och kan överleva ända ner till -13 (Altinok & Karakaya, 2003).

Enligt Velasco et al., (2007) har grönkålen jämfört med andra kålsorter en högre antioxidativ verkan, reducerar kolesterolnivåer och medför anticancerogena egenskaper (Velasco et al., 2007). Även Ståhl (2010) pekar på dess nyttigheter, då hon menar att grönkål innehåller mer än sju gånger så mycket betakaroten som broccoli, vilket hjälper till att stärka immunförsvaret effektivt och skydda kroppen mot sjukdomar (Ståhl, 2010). Innehållet av vitamin C är det högsta av alla kålsorter, då färsk grönkål innehåller 120 mg per 100 gram kål (Livsmedelsverket, 2013).

Genom denna studie vill vi få en indikation på om man skulle kunna odla grönkålen tidigare på säsongen och hur efterfrågan skulle kunna förändras med tanke på dess innehåll av nyttigheter. Därför ska vi i detta arbete titta närmare på innehållet i grönkålen, vilka ämnen som finns, och hur dessa förändras över den idag normala odlings säsongen på hösten. Förhoppningsvis kan denna studie ge en indikation på hur några intressanta hälsobefrämjande ämnen i grönkålen utvecklas under denna period, samt om man kan använda denna kunskap för att utöka grönkålens försäljningsperiod under sensommar/höst och vinter.

Syftet med detta arbete är att undersöka om och hur grönkålens näringsinnehåll förändras med plantålder och planteringstidpunkt, för att få kunskap om när grönkål har som högst halt av några specifika hälsobefrämjande ämnen, och hur man på bästa sätt kan vidareförmedla detta. Arbetet kommer att omfatta analyser på innehåll och mängd av glykosinolater, karotenoider, vitamin C per vikt torrsubstans i grönkål skördade vid olika plantålder och planteringstidpunkt. Målet med arbetet är att med sammanställningar från framkomna resultaten som underlag öka intresse för odling och användning av grönkål under en större del av året än dagens användning i samband med julhelgen.

Avgränsning i arbetet är att endast jämföra skördetidpunktens inverkan på beskrivna ämnen från ett och samma dokumenterade odlingsystem med två planteringstidpunkter tidigt och sent i augusti. I detta arbete utesluts inverkan av odlingsteknik och postharvest hantering. Arbetet kommer heller inte att ta upp insekter och andra sjukdomspatogener eventuella inverkan på, och orsak till, förändringar i växtens innehåll av bioaktiva ämne.

Så därför är frågeställningen hur innehållet av glykosinolater, torrsubstans, karotenoider och vitamin C förändras i grönkålen med plantålder och planteringstidpunkt?



## 1.1 Glykosinolater

Glykosinolater finns i alla sorters kålväxter (Doorn et al., 1998) men kan även hittas i andra arter och familjer, dock inte i lika höga koncentrationer (Rosa et al., 1997). Glykosinolater definieras som sekundära metaboliter innehållande svavel och kväve (Kissen et al., 2009).

Enligt Rosa et al., (1997) är en glykosinolat uppbyggd av en (Z)-cis-N-hydroximinsulfat-ester som är sammanbunden via en svavelatom med en beta-d-glukopyranose och på andra sidan sitter en R- sidokedja (Rosa et al., 1997). Det är sidokedjans struktur som gör att glykosinolater skiljer sig ifrån varandra (Fenwick & Heaney, 1983) och den avgör också om de är alifatiska, aromatiska eller heterocykliska (Rosa et al., 1997).

### **Bildning av glykosinolat:**

Bildandet av glykosinolater kan enligt Björkman et al., (2011) delas in i tre olika faser. Fas I innebär att det sker en förlängning av aminosyran genom insättning av metylengrupper (Mithen et al., 2010). Detta sker i en cyklisk flerstegsprocess som involverar flera olika metylengrupper. Därefter bildas kärnstrukturen av glykosinolaten, vilket är det första steget till att bilda aldoxime. Aldoxime omvandlas därefter till en aktiv förening som sedan böjs med hjälp av glutation för att bilda S-alkyl-thiohydroximates, som sedan omvandlas till thiohydroximates. Dessa reaktiva mellanprodukter glykolyseras för att slutligen bilda glykosinolater (Mithen et al., 2010). I den avslutande fasen modifieras sidogruppen (Björkman et al., 2011). Samspelet mellan den förlängda aminosyran och efterföljande modifiering av sidogruppen leder till att olika typer av glykosinolater bildas (Mithen et al., 2010).

Fram tills idag har det identifierats nästan 120 stycken olika glykosinolater (Mithen et al., 2010). Den mest förekommande glykosinolater som hittats i grönkål är glucoiberin, sinigrin och glucobrassicin (Nilsson et al., 2006). Även Velasco et al., (2007) studie visade på samma resultat då de kom fram till att sinigrin (34 %), glucoiberin (28 %), och glucobrassicin (25 %) var de glykosinolaterna som det fanns mest av i grönkål.

### **Myrosinase:**

Myrosinase är ett enzym (thioglykoside glykohydrolys) som finns i alla växter som innehåller glykosinolater (Fenwick & Heaney, 1983) men enligt Aries et al., (2012) kan myrosinase även hittas i människans tarmflora. Så länge cellvävnader i växten är intakta är enzymet inaktivt i växten men då det sker en skada på cellerna aktiveras myrosinasenzymet (Fenwick & Heaney, 1983). Myrosinase hydrolyserar glykosinolaterna, vilket leder till frigörelse av svavel och glykos (Aries et al., 2012) och olika nedbrytningsprodukter bildas (Fenwick &

Heaney, 1983). Isotiocyanater är enligt Rosa et. al (1997) den vanligaste restprodukten som bildas och det gör den ifrån de alifatiska glykosinolaterna (Rosa et al., 1997). Enligt Nilsson et al., (2006) har glykosinolater en begränsad bioaktivitet och det är därför de måste genomgå en hydrolys för att fortsätta vara aktiva (Nilsson et al., 2006).

### **Sekundära metaboliter:**

Produkterna som produceras via hydrolysen har många olika biologiska aktiviteter, både som försvarsmekanismer, men också sådana som kan vara skadliga (Halkier & Gershenzon, 2006). Den vanligaste nedbrytningsprodukten är isotiocyanater som enligt Hanschen et al., (2012) också är den restprodukt som har mest anticancerogena egenskaper, då dess förmåga att hämma utveckling av cancer är stor (Kushad et al., 1999). Enligt Halkier och Gershenzon (2006) är det den sekundära metabolismen som skapar anticancerogena egenskaper för oss människor och det är även det som ger grödan skydd för att bli en starkare individ och höjer motståndskraften mot patogener (Halkier & Gershenzon, 2006).

### **Sekundära metaboliter påverkar djuren:**

Grönkål har under en lång period använts som foder till djur på grund av sitt höga innehåll av proteiner och torrsbstans (Rosa & Heaney, 1996). Dock kan en allt för ensidig kost av kål vara skadligt för djurs hälsa och enligt Tripathi et al., (2007) kan produktiviteten skadas då de via kålen får ett för högt dagligt intag av glykosinolater. Detta beror enligt Smith (1978) på att glykosinolater hydrolyseras och ämnen som bildas under hydrolysen kan enligt Bradshaw et al., (1983) inte tillgodoses av djuren och kan till och med vara skadliga. Detta kan leda till att djuren drabbas av hemolytisk anemi vilket gör att blodkropparna bryts ner i en allt snabbare takt (Smith, 1978). Hemoglobinhalten i blodet minskar och det visar sig på djuren genom förlorad aptit, en ökad puls, sämre mjölkproduktion och dålig dräktighetsprocent (Smith, 1978). Enligt Tripathi et al. (2007) kan nedbrytningsprodukter som tiocyanater, tiourea och oxazolidithione störa tillgången på jod i sköldkörteln vilket kan påverka sköldkörtelfunktionen negativt.

Ett för högt dagligt intag av en allt för glykosinolatrikt kost kan orsaka problem för de flesta djur men det är framförallt de enkelmagade djuren som påverkas (Smith, 1978). Idisslande djur har något högre tolerans mot glykosinolater då deras mikroflora har förmågan att omvandla glykosinolater och dess metaboliter men även de påverkas då de får en för ensidig kost med kålväxter (Tripathi, et al., 2007).

### **Påverkan av dagslängd och temperatur:**

Enligt Rosa et al., (1997) är det en stor skillnad på innehållet av glykosinolaterna i en växande planta, och framförallt i tidigt vegetativt stadium, och då plantan övergår i generativt stadium (Rosa et al., 1997). Variationen är kraftig och den beror både på genetiska och miljömässiga faktorer men också på plantålder (Velasco et al., 2007). Även jordens fuktighet och tillgängliga mineralnäringsämnen påverkar innehållet av glykosinolater (Velasco et al., 2007).

Enligt Velasco et al., (2007) har höga temperaturer på våren en positiv påverkan på bildningen av glykosinolater medan låga temperaturer istället reducerar innehållet (Velasco et al., 2007). Han visade även att bladen innehöll mest glykosinolater fem månader efter plantering, framförallt av glykosinolaten sinigrin (Velasco et al., 2007). Enligt Rosa et al., (1997) får grönkål som växer under höst och vintersäsong lägre nivåer av glykosinolater (Rosa et al., 1997). De menar att förkortad dagslängd, låga temperaturer, ogynnsamma väderförhållande tillsammans med frost och minskad instrålning är det som ligger bakom de låga nivåerna av glykosinolater (Rosa et al., 1997). Sarikamis et al., (2008) menar att plantans innehåll av glykosinolater varierar beroende på vilka utvecklingsstadier plantan är i (Sarikamis et al., 2008).

Enligt Rosa och Rodrigues (1998) studie sågs ingen direkt skillnad på innehållet av glykosinolater då de odlats under 20°C resp. 30 °C. Dock visade de att höga temperaturer överlag tenderade att öka nivåerna av glykosinolater (Rosa & Rodrigues, 1998). De visade även att vid optimala tillväxttemperaturer påverkade dagslängden syntesen av glykosinolater. Men då växterna upplevde temperaturstress blev påverkan från ljusmängden näst intill minimal (Rosa & Rodrigues, 1998).

Enligt Rosa et al., (1997) skiljer sig mängden glykosinolater i olika delar av plantan som studerats (Rosa et al., 1997). Rötter, blad, stjälkar och frön har olika mängd och kvalitet av glykosinolater (Velasco et al., 2007). Enligt Halkier och Gershenzon (2006) är det de unga bladen och de reproduktiva delarna såsom frön som innehåller de högsta koncentrationerna av glykosinolater och därefter kommer rötter, blad och stam (Halkier & Gershenzon, 2006).

### **1.2 Karotenoider**

Kålväxter innehåller en av de högsta koncentrationerna av de viktigaste karotenoiderna jämfört med andra grönsaker (Kopsell et al., 2007). Enligt Kopsell och Kopsell (2003) är grönkål den art som har den högsta halten, framför allt med tanke på dess höga innehåll av betakaroten och lutein (Kopsell & Kopsell, 2003).

### **Funktion:**

Karotenoiderna är unika med tanke alla dess olika funktioner och bara i fotosyntesprocessen har de minst fem olika roller (Frank & Cogdell, 1996). Enligt Krinsky (1989) har de även en antioxidantfunktion, då karotenoiderna reagerar med reaktivt syre för att på så sätt hindra andra ämnen från att oxidera (Krinsky, 1989). Han menar även att betakaroten, som det finns mycket av i grönkål, på så vis också kan ha anticancerogen verkan (Krinsky, 1989). Enligt Marchand et al., (1993) så har även alfa-karoten och lutein anticancerogena effekter och dessa effekter visade sig bli starkare av ett ökat intag av olika sorters karotenoider (Marchand et al., 1993).

### **Uppbyggnad:**

Karotenoider är fettlösliga, gula, röda och orange pigment som bildas i växter men också i alger, svampar och bakterier (Kopsell et al., 2007). De är sekundära föreningar i växten (Kopsell et al., 2007) och bildas i kloroplasterna hos alla gröna blad (Mercadante & Rodriguez-Amaya, 1991). Enligt Mercadante och Rodriguez-Amaya (1991) är de vanligaste förekommande karotenoiderna betakaroten, lutein, violaxanthin och neoxanthin (Mercadante & Rodriguez-Amaya, 1991).

I kloroplasterna finns det tyllakoidmembran i vilka det sitter karotenoider bundna till speciella proteinföreningar i fotosyntessystem 1 och 2 (Kopsell et al., 2007). Karotenoidernas funktion är att vara ljusabsorberande pigment, vid sidan av klorofyllpigmenten, i fotosyntesprocessen och avleda överskottsenergi innan det utgör någon skada för växten. Bildandet av karotenoider avgörs av växtens fysiologiska, genetiska och biokemiska sortegenskaper. Även miljöfaktorer som ljus, temperatur och bördighet påverkar hur mycket karotenoider som bildas (Kopsell et al., 2007).

### **Påverkan av temperatur och dagslängd:**

Enligt Mercadante och Rodriguez- Amaya (1991) är det extra viktigt att välja rätt sort under sommaren då det var då man såg en tydlig skillnad i innehållet av karotenoider (Mercadante & Rodriguez-Amaya, 1991). Under vinterhalvåret var skillnaden inte lika markant (Mercadante & Rodriguez-Amaya, 1991).

Genom Mercadante och Rodriguez- Amaya (1991) studie var innehållet av karotenoider i kålen betydligt högre under vintern. Då de gröna bladen blir exponerade med för höga temperaturer under sommaren och för starkt solljus blir också nedbrytningen av karotenoiderna större, vilket i sin tur minskar koncentrationen (Mercadante & Rodriguez-

Amaya, 1991). Enligt Azevedo och Rodriguez- Amaya (2005) var nivåerna av betakaroten och lutein betydligt högre i de äldre och mer mogna bladen än i de yngre.

### 1.3 Vitamin C

Vitamin C är essentiellt för människan och tillgodoses via vår kost (Rumsey et al., 1999). Vi saknar enzymet gulonolactone oxidas, vilket är det som omvandlar det sista steget i den inre syntesen för att bilda vitamin C ur en glykosmolekyl (Rumsey et al., 1999). Då vi inte heller kan lagra in vitamin C är det viktigt att ha ett dagligt intag av en vitamin C- rik kost (Chen et al., 2003). Vitamin C är viktigt för att vår kropp ska kunna ha en god utveckling av immunceller, bindväv, cirkulationen och för att effektivt kunna ta upp järn (Chen et al., 2003).

Grönkål är en utmärkt källa till vitamin C, Emebu och Anyika (2011) menar att endast en kopp tillagad grönkålsoppa räcker för att tillgodose 88.8 % av det dagliga intaget av vitamin C.

#### **Vitamin C funktion i plantan:**

Vitamin C står för olika funktioner i plantan, då det både fungerar antioxidativt, som kofaktor till enzymer, men också som en källa för att bilda oxalat och tartrat (Smirnoff & Wheeler, 2000). Det är även delaktigt i olika processer såsom fotosyntes, skydd av fotosyntes, tillväxt av cellväggar och cellexpansion, resistens mot miljöstress och bildandet av olika hormoner i plantan (Smirnoff & Wheeler, 2000). Enligt Loewus (1999) sker bildandet av vitamin C i snabb takt under groningen av frön och fortsätter sen att bildas i de delar där det finns aktiv tillväxt genom hela plantans livscykel (Loewus, 1999).

#### **Uppbyggnad:**

Vitamin C är samlingsnamnet för alla ämnen som delar liknande biologisk aktivitet som L- askorbinsyra, AA (Lee & Kader, 2000). L- dehydroaskorbinsyra, DHA, är också en oxidativ produkt med liknande biologisk aktivitet. DHA kan lätt omvandlas till AA i människokroppen, och det är därför viktigt att mäta både AA och DHA mängder för att få fram rätt halt av vitamin C (Lee & Kader, 2000). Hur mycket AA/DHA som finns i växten är beroende av hur mycket vitamin C som bildas och hur mycket AA som oxideras (Arrigoni, 1994). Bildandet av vitamin C sker i alla plantans celler (Arrigoni, 1994).

Enligt Chen et al., (2003) bildas vitamin C i växterna genom att en d-glukosmolekyl omvandlas till askorbinsyra via antingen L- galaktos och L- galaktono-1,4-lakton (Chen et al., 2003). Askorbinsyra har en hög antioxidativ förmåga då den skyddar andra ämnen genom att själv oxideras vilket ger upphov till monodehydroascorbate (MDHA) (Chen et al., 2003).

MDHA kan återgå till AA eller DHA genom ett monohydroascorbate reduktas och DHA kan sen via ett enzym DHAR genomgå reduktion för att omvandlas till AA (Chen et al., 2003). Genom att omvandla DHA kan plantan fånga upp så mycket som möjligt av askorbinsyran och på så sätt få en högre halt vitamin C (Chen et al., 2003).

#### **Påverkan ifrån temperatur och dagslängd:**

Enligt Acikgoz (2011) beror halten av vitamin C i grönkålen på årsmån, sort och hur mogen plantan är (Acikgoz, 2011). Han menade även att skördetillfället påverkar vitamin C-innehållet; ju mognare kål desto högre innehåll av vitamin C. Samma studie visade även att ju mindre ljusinstrålning desto lägre halt av vitamin C (Acikgoz, 2011).

Enligt Lee och Kader (2000) har ljuset ingen direkt betydelse vid bildandet av vitamin C, men ljusmängden och dess intensitet under växtsäsongen, anser de ha en direkt påverkan på hur mycket som faktiskt bildas (Lee & Kader, 2000). Vitamin C syntetiseras ifrån socker som bildats via fotosyntesen, och Lee och Kader (2000) menar att de delar av plantan som har blivit exponerade för maximalt solljus innehåller högre mängd vitamin C än de delarna som varit något mer skuggade. De menar att ju lägre ljusintensitet under växtsäsongen, desto lägre innehåll av vitamin C utvecklas i plantans vävnad (Lee & Kader, 2000).

Lee och Kader (2000) visade även att temperaturen har en påverkan på vitamin C-innehållet. De menade att den totala mängd värme som plantan utsattes för, och skillnaden i dag- och nattemperaturen, är faktorer som har betydande roll för tillväxthastigheten och växtens kemiska sammansättning (Lee & Kader, 2000). Enligt Acikgoz (2011) var halten vitamin C som högst då kålen var som mest mogen (Acikgoz, 2011).

### **1.3 Torrsubstans**

Grönkålen är överlägsen alla andra kålsorter, när det gäller att producera torrsubstans (Rosa & Heaney, 1995). Även Korus (2010) menar att grönkål har förmågan att skapa en stor mängd torrsubstans och pekar på hur viktigt det är att skörden sker vid en optimal tidpunkt för att få så bra råmaterial av så god kvalitet som möjligt (Korus, 2010).

#### **Bildning av torrsubstans:**

Enligt Monteith och Moss (1977) är förhållandet mellan insatt energi, d.v.s. solinstrålning och hur mycket energi det genererar i form av kolhydrater, viktigt för att få en effektiv tillväxt på grödan och på så vis en hög biomassaproduktion (Monteith & Moss, 1977). Hur mycket och hur snabbt torrsubstansen bildas kan kopplas samman med hur stor bladyteindex är, d.v.s. hur mycket blad som kan fånga upp solljus och fotosyntetisera (Monteith & Moss, 1977).

Om bladen på plantan skulle expandera mer under våren, då tillväxten är begränsad p.g.a. låga temperaturer skulle en högre skörd kunna uppnås. Temperatur och vattenförsörjning är faktorer som påverkar effektiviteten av tillväxten (Monteith & Moss, 1977).

Enligt Kramer (1981) behöver inte tillväxt och en ökad torrsvikt nödvändigtvis ha samband med hastigheten av fotosyntesen, under en kortare period, men det har betydelse (Kramer, 1981). Däremot beror tillväxt och hög skörd på många andra faktorer utöver fotosyntesen, såsom respiration, kvävetabolism, translokering och uppdelningen av fotosyntesprodukter till olika delar av plantan. Även miljöfaktorer påverkar tillväxten, såsom vatten, näringsämnen, temperatur och ljus. Dessa faktorer påverkar även andra processer än fotosyntesen som indirekt påverkar tillväxten och biomassaproduktionen (Kramer, 1981).

Enligt Korus (2010) studie, där grönkål skördades vid tre olika tillfällen, med fyra veckors mellanrum, visades att den högsta skörden uppmättes vid det andra skördetillfället, då skörden var 9-29 % högre, än vid skördetillfälle 1, och 4-13 % högre skörd än skördetillfälle 3 (Korus, 2010). Enligt Altinok och Karakaya (2003) uppmättes högst bladmassa från de plantor som såtts på sommaren, d.v.s. juli, till skillnad från de som såddes på våren, i april (Altinok & Karakaya, 2003). Även Rosa och Heaney (1995) menar att bladmassaproduktionen blev högre under sommar- och vinterförhållande än vad det blev under sommar- och vårförhållande (Rosa & Heaney, 1995). Enligt Acikgoz (2011) studie var torrs substansen som högst vid det första skördetillfället då plantan var som minst mogen, men hade mest gröna blad. Det skiljde sig dock lite mellan sorter, p.g.a. dess olika genuppsättningar (Acikgoz, 2011).

## Material och metod

### 2.1 Material

Grönkål (*Brassica oleracea* var. *Acephala*) som använts till försöket har producerats i Öllöv på Bjärehalvön, som ligger på en latitud på 56,38 och en longitud på 12,72 (Geografi, 2013). Prover har tagits ut från två olika fält. Fälten består av lätta sandjordar med en mullhalt på 3 % och ett pH mellan 6,6 – 6,9. Båda fälten har bearbetats på samma sätt. Jordbearbetning med plöjning, kultivering och bäddläggning skapade goda förutsättningarna inför plantering och för bra etablering av grödan. Växtnäring tillfördes i samband med bäddläggning. 800 kg/ha applicerades i form av ett granulerat fullgödselmedel, NPK 11-5-18. Vilket gav en kvävemängd på 88 kg N/ha ( $0,11 \cdot 800 = 88$  kg N/ha), fosformängd på 0,05\*800=40 kg P/ha och kaliummängd  $0,18 \cdot 800 = 144$  kg K/ha.

Det gjordes en övergödning med kväve, N27, på 400 kg/ha. Den totala kvävemängden per ha var  $0,27 \cdot 400 = 108$  kg. Det gjordes i samband med radhackning för fält I, den 1/8 och den 14/8 på fält II.

Planteringen gjordes av förkultiverade plantor på fält I den 6/7- 2012 och för fält II den 31/7- 2012. Sorten Winetou F, odlades på båda fälten. Plantorna förkultiveras hos Egnahem i Kvidinge och planterades ut efter 4 veckor. Utsädet kom ifrån Olssons frö.

Bevattning utfördes i samband med plantering på båda fälten. En giva på ca 20 mm vatten fördelades jämt över ytan för att plantorna skulle komma i kontakt med omgivande jordvolym. Därefter utfördes ingen bevattning förutom nederbörds mängden i området.

Skörd gjordes med bestämda intervaller för försöket.

*Tabell 1-* Planteringsdagar och skördetillfällen

Plantering	Skörd
Fält I 6/7 2012	1: 6/8, 2: 3/9, 3: 4/10, 4: 3/11
Fält II 31/7 2012	1:12/12, 2: 10/1-13, 3: 10/2-13



## Klimatdata över tiden 6/7- 2012 – 12/2- 2013

Solskintimmar för perioden juli till september var totalt 429 timmar med lägst antal i september med 76 timmar och högst i juli med 216 timmar.

Under perioden oktober till februari översteg antal solskintimmar per månad inte 50 timmar.

Det var totalt 178 timmar, lägst antal i februari med 28 timmar och högst i januari med 49 timmar.

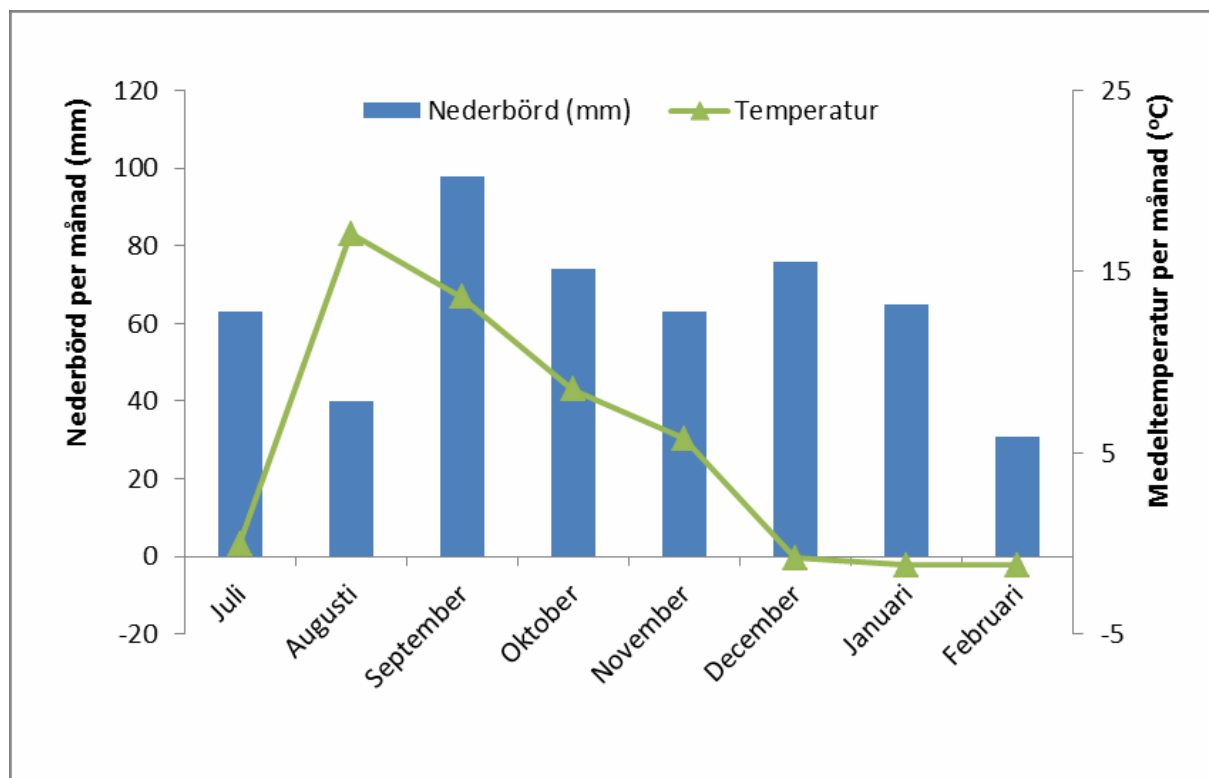


Diagram 1- Klimatdata för perioden 2012-07-06 – 2013-02-12 Öllöv, Skåne.

## 2.2 Metoder

### **Analys på glykosinolater:**

Det frystorkade och hackade grönkålsproven togs ifrån – 80 °C frysen och mixades till ett fint pulver. Därefter vägdes 50 mg x 2 av varje prov upp och placerades i små rör med skruvlock. I rören tillsattes 1 ml av 70 % metanol. Rören placerades därefter i ett vattenbad med en temperatur på 70°C i ca 30 min. Därefter centrifugerades proven i 5 min på 12000 varv, vid en temperatur på 4°C. 0,5 ml av vätskan fördes över i mindre rör för indunstning med kvävgas. Då provet var torrt blandades det upp med 1 ml H<sub>2</sub>O (18,2MΩ, Millipor) och proven omskakades på en Vortex för att blanda provet ordentligt. Proven centrifugerades därefter i 10 min vid 12 000 varv. Slutligen fördes 1 µl av analysvätskan över till HPLC vialer. Analys av glykosinolater utfördes i en HPLC- MS (Aigie 1260 SingelQ) med en kolonn.

### **Analys på karotenoider:**

Den frystorkade grönkålen maldes ner till ett fint pulver. Därefter vägdes 250 x 2 mg upp och lades i rör med skruvlock. Därefter tillsattes 5 ml av en lösning med 80 % etylacetat och 20 % etanol till varje rör. Vätskan med pulvret rördes runt i en Vortex och placerades därefter i ett ultraljudsvattenbad i ca 10 min för ytterligare penetrering av vätskan in på cellnivå. Rören sattes sedan i ett 60 °C vattenbad i 60 min. Från rören mättes 1 ml upp och fördes över till mindre rör. Dessa rör centrifugerades sen 10 min i 7500 varv och vid en temperatur på 4 °C. Från dessa rör mättes sen 700 µl upp i HPLC vialer. Analysen gjordes i HPLC (Aigie 1260 SingelQ) med en kolonn.

### **Analys på vitamin C- AA**

Den frysta och hackade grönkålen hackades ytterligare för att få ett mer homogent prov. Därefter vägdes 5 gram av provet upp och lades i plaströr (50 ml) med skruvlock. Även här vägdes samma prov upp två gånger. I rören tillsattes 25 ml metafosforsyra 1,5 %. Därefter mixades proverna till en slät vätska med en mixer. Dessa fick sedan stå och vila i 30 min innan 1 ml av proven mättes upp och fördes över i mindre rör. Rören centrifugerades därefter i 10 min och efter det fördes 700 µl över till små mini rör som placerades i HPLC vialer. Därefter placerades de i en HPLC med kolonn för analys på AA (Askorbinsyra).

### **Analys på vitamin C- DHA**

Det metafosforsyraextraherade grönkålsprovet användes även för denna analys. 1 ml av extraktet pipeterades upp och placerades i mindre rör. Dessa centrifugerades därefter i 12 000 varv, i 4 °C under 10 minuter. Lösning innehållande 20 ml destillerat H<sub>2</sub>O, 5 ml 1

molar  $K_2HPO_4$  och 275 mg DTT blandades samman. Därefter mättes det upp 500  $\mu$ l av grönkålsextrakt och 500  $\mu$ l av lösningen, och placerades i HPLC vialer för analys.

### Torrsubstanshalt i grönkål:

Den frysta grönkålen hackades och därefter vägdes 25 gram av varje prov upp och lades i burkar med skruvlock. Dessa burkar placerades i en vakumfrystork. När proven var torkade togs de ut och torrvikten mättes upp.

## 3. Resultat

### 3.1 Glykosinolater

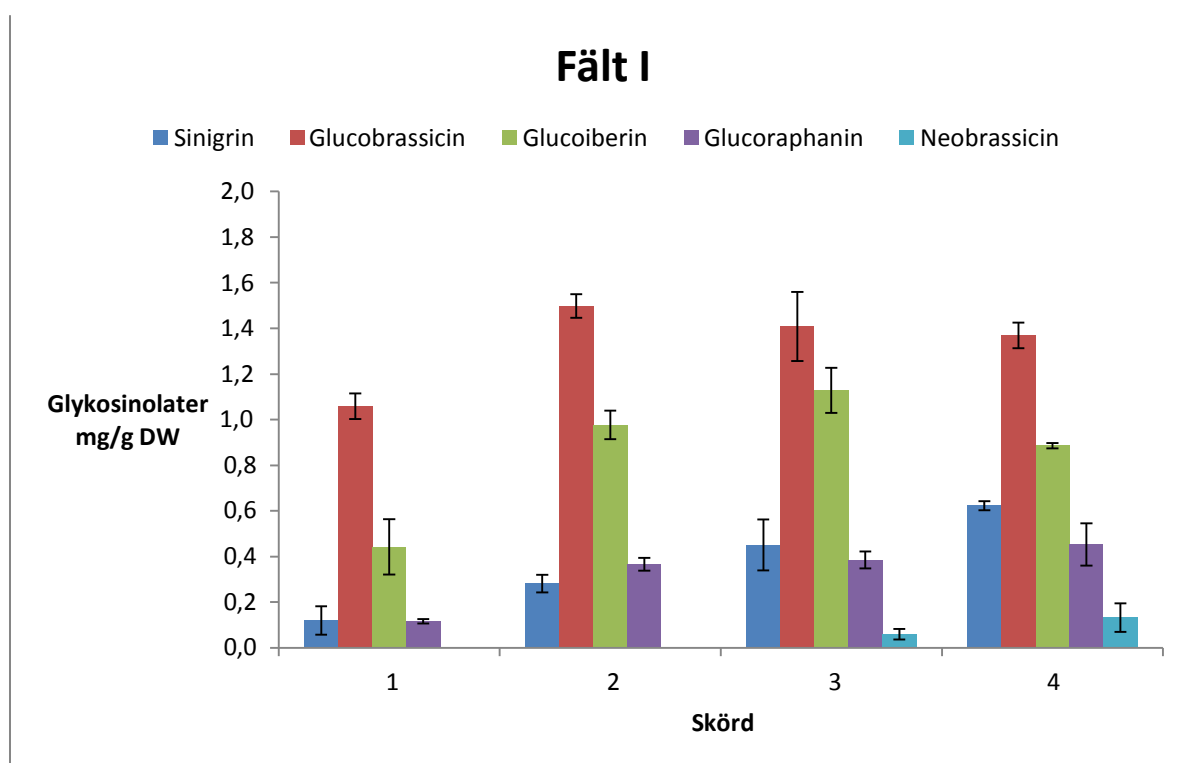


Diagram 2- Glykosinolater (mg/g DW) innehåll i grönkål från fält I, planterat, 2012-07-06. Skörd 1(2012-08-06), skörd 2 (2012-09-03), skörd 3 (2012-10-04) samt skörd 4 (2012-11-03).

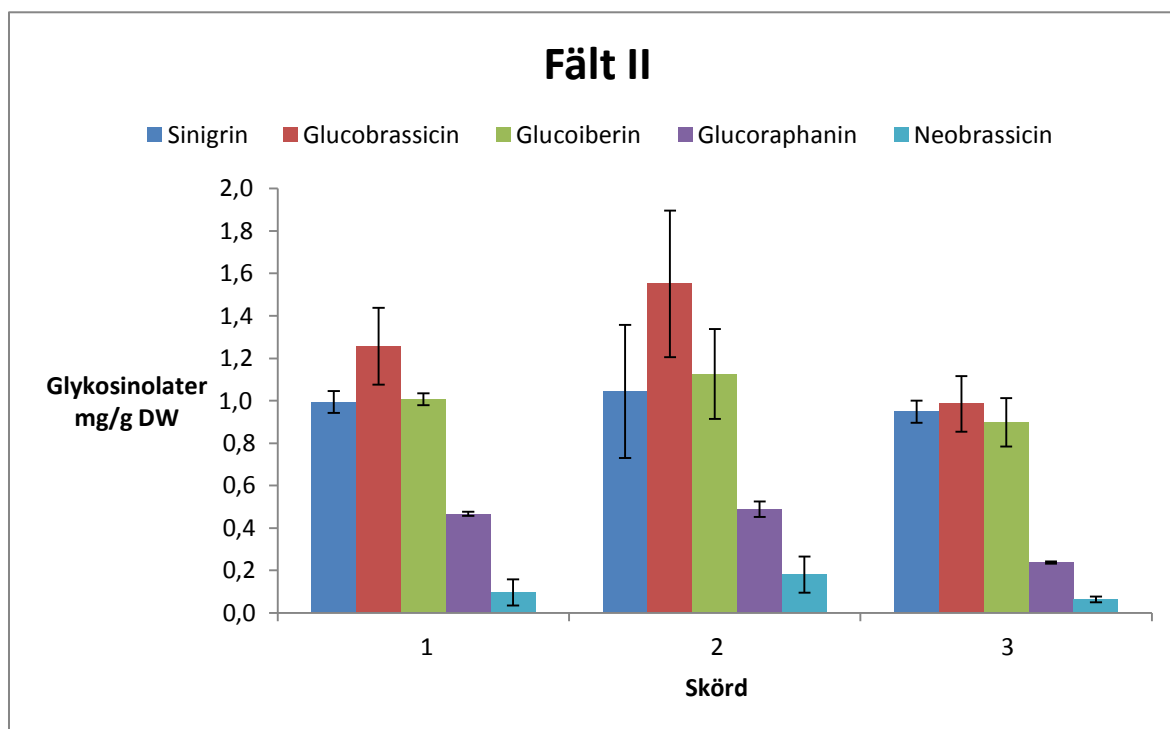


Diagram 3- Glukosinolater (mg/g DW) innehåll i grönkål från fält II, planterat 2012-07-31 och skörd 1(2012-12-12), skörd 2 (2013-01-10) samt skörd 3 (2013-02-10)

I diagram 2 och 3 kan resultatet ur denna studie utläsas och det visar att halten av de totala glykosinolaterna ökar allt eftersom plantan växer, med undantag för skörd 3, fält II. Värdena på proverna som uppmättes på fält I, skörd 1 till 1,74 mg/g DW, skörd 2, 3,12 mg/g DW, skörd 3, 3,43 mg/g DW och skörd 4, 3,46 mg/g DW. På fält II uppmättes glykosinolatinnehållet för skörd 1, 3,82 mg/g DW, skörd 2, 4,39 mg/g DW och skörd 3, 3,13 mg/g DW.

Fördelningen mellan de olika glykosinolaterna ser i medeltal ut som följer: Glucobrassicin 41 %, Glucoiberin 28 %, Sinigrin 18 %, Glucoraphanin 11 % och Neobrassicin 2 %. Resultatet visar att Neobrassicin utvecklas sent på hösten. Glucobrassicin utvecklas tidigt under utvecklingen av plantan och ligger sedan relativt stabilt under hela tillväxten. Av de olika typerna av glykosinolater som uppmätts genom denna studie minskar alla vid skörd 3 från fält II. Glykosinolaterna utvecklas tidigt i plantans utveckling och ligger på värden som inte markant skiljer sig ifrån varandra då skördarna tagits från fält I eller fält II.

### 3.2 Karotenoider

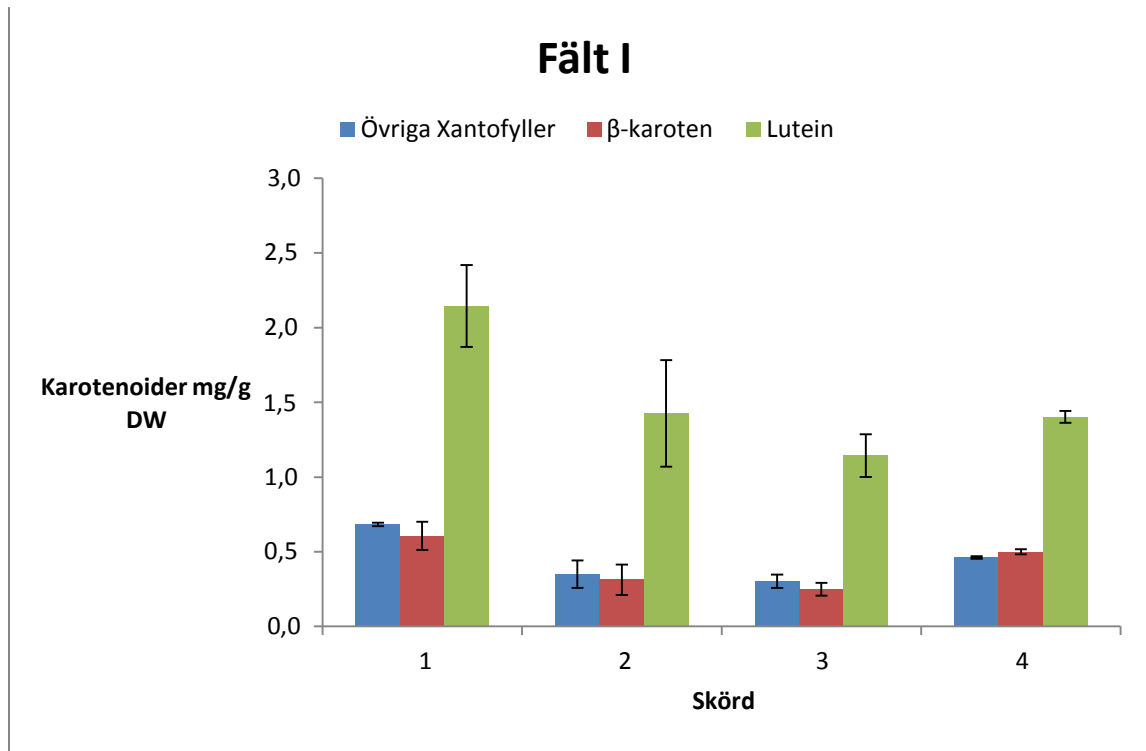


Diagram 4- Karotenoider (mg/g DW) innehåll i grönkål från fält I, planterat 2012-07-06 och skörd 1(2012-08-06), skörd 2 (2012-09-03), skörd 3 (2012-10-04) samt skörd 4 (2012-11-03).

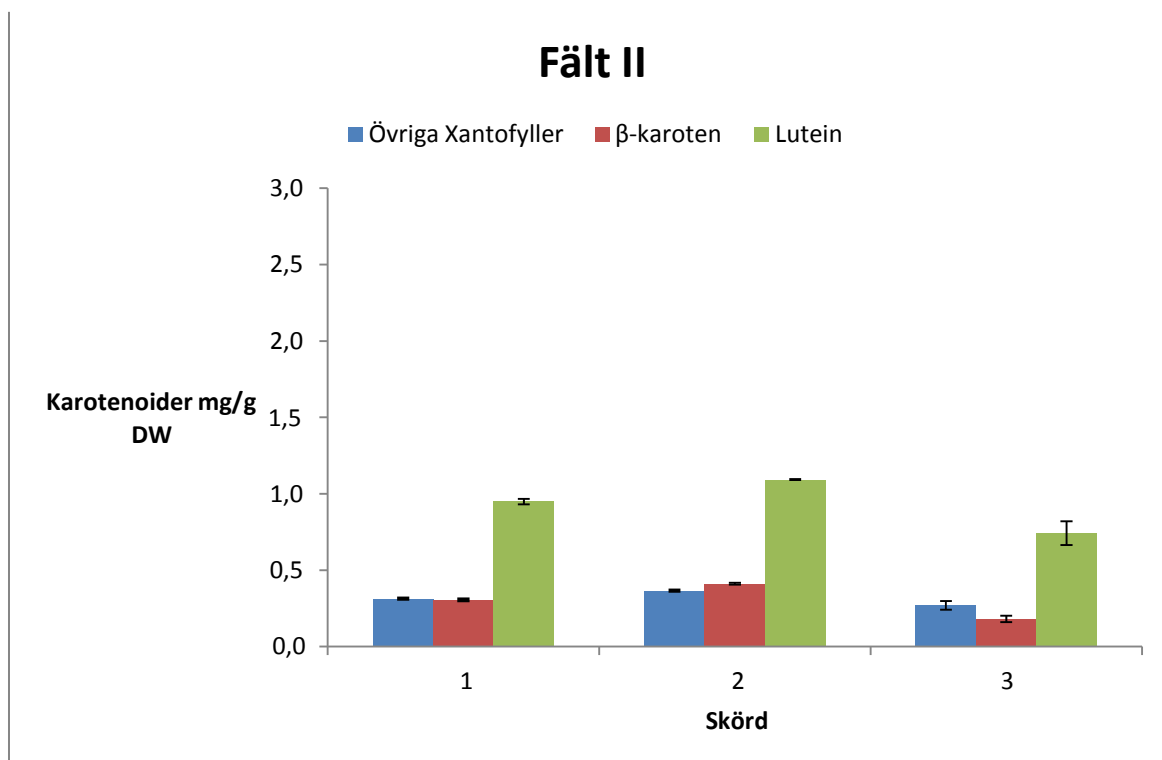


Diagram 5- Karotenoider (mg/g DW) innehåll i grönkål från fält II, planterat 2012-07-31 och skörd 1(2012-12-12), skörd 2 (2013-01-10) samt skörd 3 (2013-02-10).

Som diagram 4 och 5 ovan visar uppmättes den högsta halten av karotenoider från skörd 1 på fält I. Därefter är halterna varierande, och både ökar och minskar under säsongen. De lägsta halterna uppmättes vid skördetillfälle 1 och 3, på fält II, men även skörd 3 på fält I och skörd 2, fält II var relativt låga. Den totala mängden karotenoider från fält I, skörd 1 uppmättes till 3,44 mg/g DW, skörd 2, 2,09 mg/g DW; skörd 3, 1,7 mg/g DW, och skörd 4, 2,36 mg/g DW. Från fält II uppmättes de totala halterna karotenoider på skörd 1 till 1,57 mg/g DW, skörd 2, 1,87 mg/g DW och skörd 3, 1,19 mg/g DW. Lutein är den karotenoid som det uppmättes högst halter av och därefter ligger de övriga xantofyllerna och betakaroten på liknande nivåer.

### 3.3 Vitamin C (Asorbinsyra och dehydroaskorbinsyra):

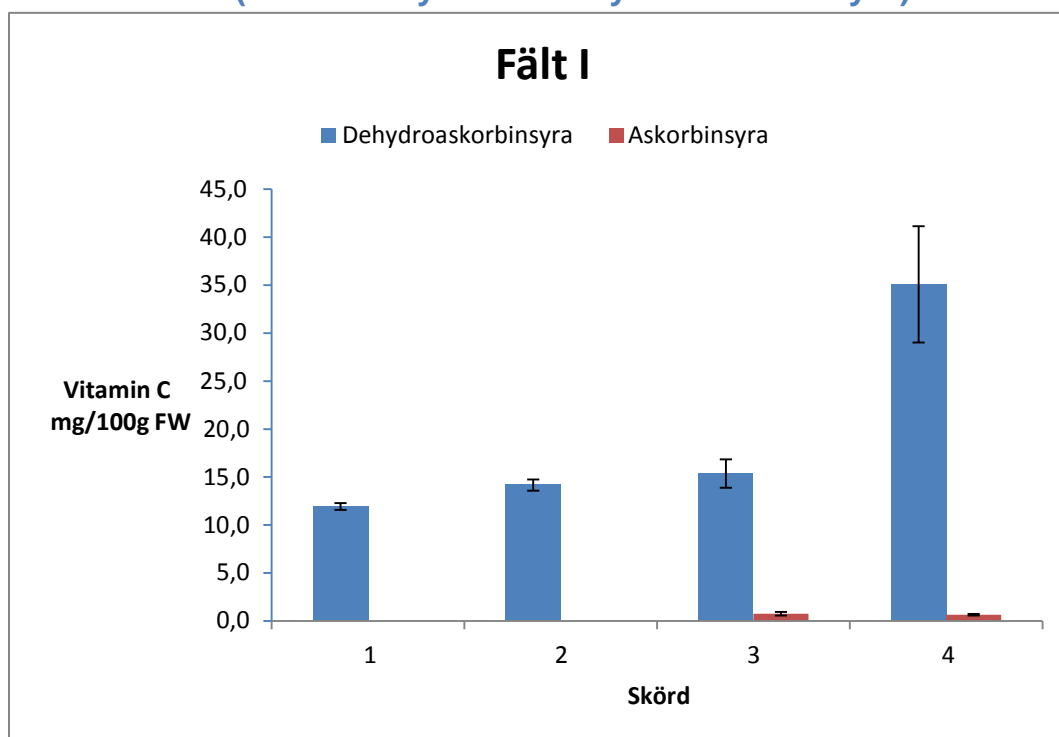


Diagram 6- Vitamin C (mg/100g FW) innehåll i grönkål från fält I, planterat 2012-07-06 och skörd 1(2012-08-06), skörd 2 (2012-09-03),skörd 3 (2012-10-04) samt skörd 4 (2012-11-03).

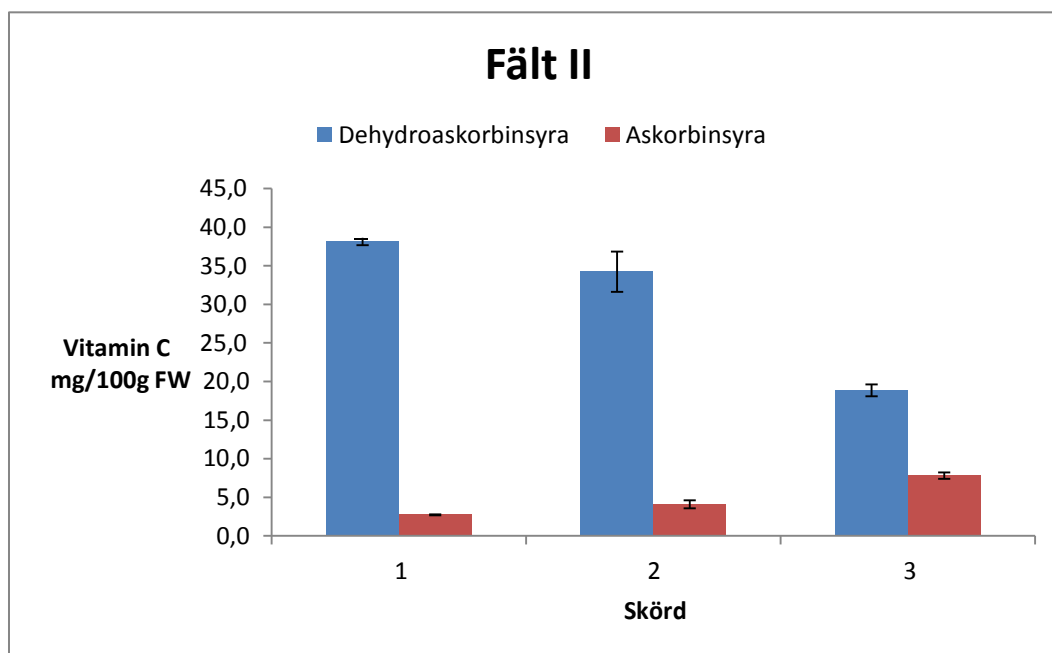


Diagram 7- Vitamin C (mg/100g FW) innehåll i grönkål från fält II, planterat 2012-07-31 och skörd 1(2012-12-12), skörd 2 (2013-01-10) samt skörd 3 (2013-02-10)

Som kan utläsas i diagram 6 och 7 utgörs den största delen av vitamin C-halten av dehydroaskorbinsyra, DHA och att det bara är en ytterst liten del som låg som askorbinsyra, AA. Som framgår av resultatet ur denna studie så ökar den totala mängden vitamin C allt eftersom plantan mognar och att den högsta halten uppmättes vid skörd 1 från fält II. Total mängd vitamin C från fält I och skörd 1 uppmättes till 11,92 mg/ 100 g FW, skörd 2, 14,17 mg/100 FW, skörd 3, 16,10 mg/100g FW och skörd 4, 35,73 mg/100 g FW. Från fält II uppmättes halter från skörd 1 till 40,86 mg/100 g FW, skörd 2, 38,33 mg/100g FW och skörd 3, 26,67 mg/100g FW. Under de första tre skördarna från fält I är halterna väldigt låga i jämförelse med de andra proverna. De tre sista, som är tagna från fält II, har alla höga halter.

### 3.4 Torrsubstans:

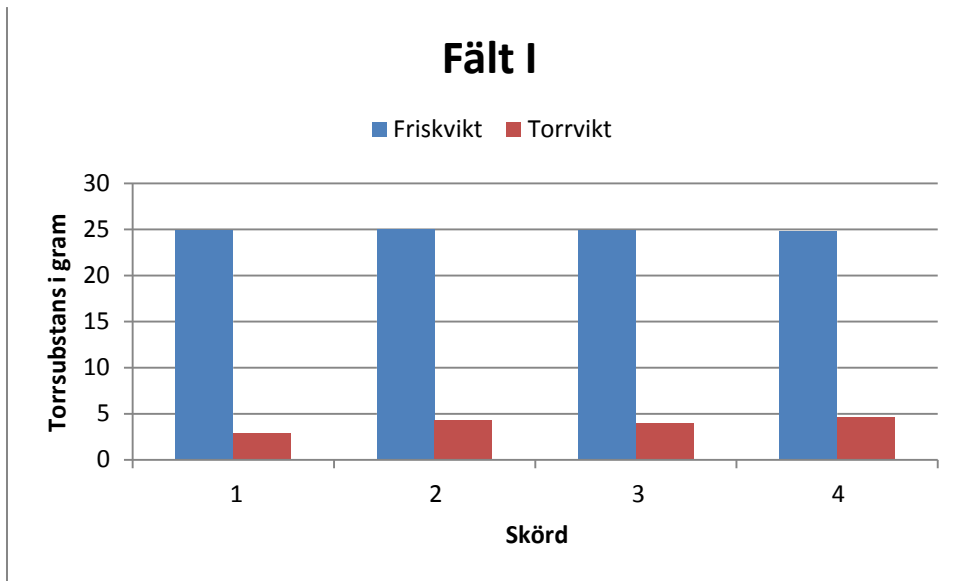


Diagram 8- Torrsubstanshalt i gram/ 25 gram friskvikt från fält I.

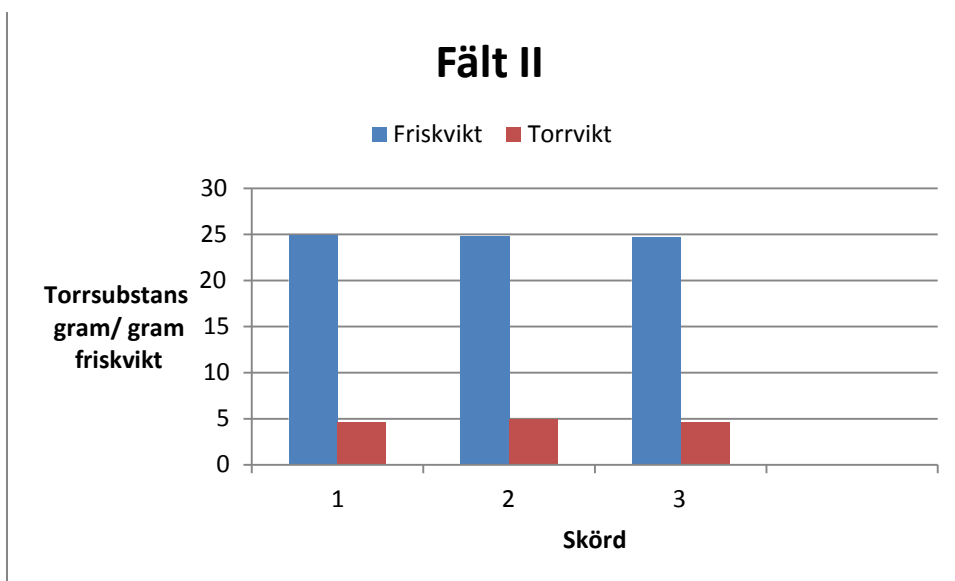


Diagram 9- Torrsubstanshalt i gram/ 25 gram friskvikt från fält II.

Som resultatet visar enligt diagram 8 och 9 har grönkål en relativt hög torrsubstans som på fält I uppmättes från skörd 1 till 2,9 g, skörd 2, 4,3 g, skörd 3, 3,9 g och skörd 4, 4,6 gram. För fält II uppmättes torrsubstansen till 4,6 g för skörd 1, skörd 2, 4,9 g och skörd 3, 4,6 gram.



## 4. Diskussion

I denna undersökning på mängden hälsobefrämjande ämnen i grönkål har följande framkommit i variation beroende på planteringsomgång och skördetillfälle. Mängden glykosinolater totalt uppgick till 1,74–4,49 mg/g DW, med den lägsta mängden i grönkål från den första skörden från fält I och den högsta mängden från andra skörden från fält II. Karotenoiderna förekom i mängder mellan 1,19–3,44 mg/g DW, där den lägsta mängden karotenoider fanns i tredje skörden från fält II och den högsta mängden från första skörden från fält I. Vitamin C fanns i uppmätta mängder mellan 11,92–40,86 mg/100g FW i grönkålen, med den lägsta uppmätta mängden från första skörden från fält I och den högsta mängden i första skörden från fält II. Genomgående var andelen askorbinsyra av totalt vitamin C som förekom i grönkålen låg i förhållande till dehydroaskorbinsyra.

### **Glykosinolater:**

Glykosinolater förekom i följande fem former; sinigrin, glucobrassicin, glucoiberin, glucoraphanin, och neobrassicin. Som framgår ur diagram 2 och 3 ökar glykosinolaterna för varje skördetillfälle förutom det sista då halterna minskar. Jämfört med Nilsson et al., (2006) ligger halterna på jämförbara nivåer, då deras resultat visar ett totalt glykosinolat innehåll runt 2,75 mg/ - 3,49 mg/g DW. Enligt Charon et al., (2005) kan den totala mängden glykosinolater variera mellan 2,65 upp till 6,73 mg/g DW. Typ av glykosinolater och mängder som analyserats i denna studie är glucobrassicin, 41 %, glucoiberin, 28 %, sinigrin, 18 %, glucoraphanin, 11 % och neobrassicin, 2 %. Enligt Velasco et al., (2007) resultat har de uppmätt högst halter av sinigrin varpå glucoiberin och glucobrassicin också uppmättes i höga halter. I Nilsson et al., (2006) försök framkommer det att de högsta halterna uppmättes av glucoiberin, därefter glucobrassicin och sinigrin. Vilken typ av glykosinolater som bildas och i vilka mängder beror på hur arten genetiskt är uppbyggd (Velasco et al., 2007). Även årsmån, jordtyp och väderförhållande är faktorer som kan inverka på mängder av förekommande glykosinolater. I denna studie med samma sortval upptäcktes det en typ av glykosinolat på fält I medan det på fält II inte fanns med i analyserna. Detta kan visa att det är många parametrar som inverkar på utvecklingen av glykosinolater, och som framgår av resultaten i denna studie så har tillväxt och mognad på plantan även betydelse för utvecklingen av glykosinolater.

Det är intressant att halten ökar med plantålder, då det enligt flera studier visar att halten av glykosinolater minskar under höst/vinter i förhållande till vår/sommar på grund av lägre temperaturer, förkortad dagslängd, ogynnsamma väderförhållande och risk för frost (Rosa et al., 1997). Även Velasco et al., (2007) menar på att höga temperaturer gynnar utvecklingen

av glykosinolater medan låga temperaturer istället reducerar den. I denna studie ses inte liknande utveckling. Studiens resultat kan indikera att odling tidigare på säsongen är möjligt med avseende på hälsobefrämjande ämnen, då resultaten inte visar en entydig skillnad i glykosinolatinnehållet från fält I och fält II. Studien visar tendenser på att planteringstidpunkten inte påverkar utvecklingen av den totala glykosinolatmängd negativt. Utvecklingen av glykosinolater börjar i ett relativt tidigt utvecklingsstadium hos plantan, då det i denna studie uppmättes 1,74 mg/g DW, redan vid första skörden från fält I. Detta kan indikera att utvecklingen av mängden glykosinolater i grönkål kan vara av samma storleksordning vid tidigare plantering under vegetationsperioden. Som framgår ovan gynnar höga temperaturer utvecklingen av en högre halt glykosinolater, vilket vid en tidigare planteringstidpunkt kan ge en positiv inverkan på mängden glykosinolater. Tidigare plantering ger plantan en längre tillväxt under höga temperaturer.

### **Karotenoider:**

Karotenoider finns i följande former i grönkålen; övriga xantofyller, lutein och betakaroten. Som kan utläsas ut diagram 4 och 5 visar resultatet att innehållet av karotenoiderna varierar under säsongens gång. Halterna för grönkål ligger enligt Kadam och Shinde (1998) på 3,15 mg/g DW, medan Livsmedelsverkets riktvärde ligger runt 5,35 mg/g i färsk grönkål och 2,1 mg/g i fryst (Livsmedelsverket, 2013). De högsta halterna som uppmättes i denna studie gjordes i första skörden på fält I, 3,44 mg/g DW. Senare skördar visade inga entydiga resultat i förhöjda, eller lägre mängder av karotenoider. Utifrån resultatet från denna studie fanns det inget specifikt mönster på hur karotenoider förändras i takt med plantålder och planteringstidpunkt. Men tendens visar att halterna av karotenoider minskar med plantans tillväxt och utveckling, då de högsta halterna uppmättes vid första skörden från fält I varpå halterna sedan minskade vid de senare skördarna. Enligt Mercadante och Rodriguez-Amaya (1991) kan innehållet av karotenoider vara betydligt högre under vintern än under sommaren, då bladen inte blir exponerade för lika mycket solljus som bryter ner innehållet och på så sätt minskar koncentrationen av karotenoider. I denna studie är mängden karotenoider det motsatta, vilket kan ha en förklaring i sortval, med tidig syntetisering av karotenoider under säsongen och sedan en utspädningseffekt. Enligt Mercadante och Rodriguez-Amaya (1991) pekade de på hur viktigt det var att välja rätt sort under sommaren, då det var under den perioden det visade störst skillnader i hur mycket karotenoider som bildades, då sorter jämfördes åt. Den informationen är värdefull för att fram höga halter av karotenoider även på sommaren, oavsett hög instrålning och höga temperaturer. Ytterligare en faktor som kan haft påverkan är klimatet under tillväxtperioden och hur det eventuellt har påverkat utvecklingen av karotenoider. Kan det vara så att förhållandena under juli månad, d.v.s. många solskenstimmar och relativt låga medeltemperaturer har påverkat utvecklingen av

karotenoiderna positivt och att hög solbelysning i kombination med låga temperaturer inte har samma nedbrytande effekt som hög solinstrålning kombinerat med höga temperaturer har?

Genom resultat som framkommit ur denna studie finns det inga tecken på att en tidigarelagd planteringstidpunkt skulle påverka plantans innehåll av karotenoider negativt, snarare tvärtom, men det är viktigt att tänka över olika faktorer som kan spela in för att få ett så högt innehåll av karotenoider som möjligt.

### **Vitamin C:**

Vitamin C föreligger i två olika former, som askorbinsyra, AA och dehydroaskorbinsyra, DHA. Som framgår enligt diagram 6 och 7 var halterna av askorbinsyra, AA i grönkålen mycket låga. Enligt Wills et al., (1984) omvandlas AA till DHA under lagring och mer än 50 % av det totala vitamin C innehållet utgörs av DHA molekyler (Wills et al., 1984). Enligt Smirnoff & Wheeler (2000) är en av vitamin C:s uppgift att skydda plantan mot stress orsakat av olika omgivningsfaktorer, vilket kan vara en förklaring till varför DHA halten var så pass hög. Då grönkålen lades ned i frysen kan oxidation samt nedbrytning av askorbinsyra ha skett, vilket kan ha lett till att halten askorbinsyra minskade och dehydroaskorbinsyra ökade.

Trots höga halterna av DHA var den totala mängden, vitamin C, inte av samma mängder som anges i Livsmedelsverkets tabeller, 120 mg/ 100 g FW i färsk grönkål och i fryst vara uppges 28 mg/ 100 g FW (Livsmedelsverket, 2013). Enligt Emebu och Anynika (2011) studier är vitamin C halten 23 mg/ 100g FW. Men det finns även enligt Hall, (1998) och Ukam (2008) uppgifter på 41 - 113 mg/100g FW. Resultatet som framgår ur denna studie visade på halter allt ifrån 12 - 46 mg/ 100g FW, vilket är låga siffror om man jämför med livsmedelsverkets tabellvärden. Som framgår av resultatet ifrån denna studie tenderar nivåerna av vitamin C att stiga med plantålder, under den första planteringsomgången (fält I) medan att halten vitamin C minskar med plantålder i den andra planteringsomgången (fält II). Att halterna varierar kraftigt och är relativt låga beror troligtvis på hur kålen har behandlats under lagring innan analyserna har gjorts. Grönkålen som använts i denna studie förvarades i en vanlig frys, -18 °C, från 1 upp till 7 månader vilket kan ha en avgörande inverkan. Enligt Tosun och Yucecan (2008) bryts vitamin C ner under lagring i frys, så mycket som 60 – 70 % av innehållet kan försvinna i gröna bladgrönsaker. Den enzymatiska nedbrytningen tros börja i skärnsnittet och fortsätter sedan in i plantan (Tosun & Yucecan, 2008). Som framgår av resultatet från denna studie så har provmaterialet som legat i frysen under längst period de lägsta uppmätta halterna av vitamin C. Vilket kan bero på att det har skett en enzymatisk nedbrytning som enligt Tosun och Yucecan (2008) studie men det kan också bero på att de haft låga halter av vitamin C som ingångsvärden. Som nämnts i texten ovan blir enligt

Acikgoz (2011) innehållet av vitamin C högre desto mer mogen plantan är. Detta kan då vara en förklaring till de låga halterna i de tidigaste proverna. Men även ljusinstrålningen inverkar på vitamin C metaboliseringen, och enligt Acikgoz (2011) ger låg ljusintensitet lägre halter av vitamin C. Under vegetationsperioden uppmättes högst solskenstimmar i juli månad, vilket borde medföra en hel del vitamin C i skörd 1-4 från fält I. Som framgår i texten ovan bildas vitamin C i tidigt stadium, redan under groningen av fröet och därefter fortsätter det i de delar av växten som har en aktiv tillväxt (Loewus, 1999). Detta indikerar att plantan redan i tidigt stadium utvecklar vitamin C och med en bra ljusinstrålning borde det ge höga halter även fast plantan är liten. Kännedom om dessa faktorer tyder på att nedbrytningen av vitamin C har varit stor.

Som framgår av resultaten av denna studie kommer halterna av vitamin C troligtvis att påverkas positivt av att tidigarelägga planteringstidpunkten. Detta på grund av plantan får en längre tillväxtperiod i ett klimat med höga temperaturer och ökad solinstrålning. Enligt resultat ifrån denna studie så påverkar dessa två faktorer metabolisering av vitamin C och då plantan exponeras av högre temperaturer och en ökad ljusinstrålning leder det med största sannolikhet till att halterna blir högre. Även mognaden på plantan spelar roll och ju mer plantan växer desto högre blir halterna av vitamin C. Det finns inget som tyder på att en tidigarelagd planteringstidpunkt skulle påverka vitamin C-innehållet negativt.

#### **Torrsubstans:**

Resultaten av denna studie visar att torrsubstanshalten ökar i takt med att plantan växer, vilket var väntat. Grönkål har en bra förmåga att bilda torrsubstans, vilket resultat ifrån denna studie kan understryka, då torrsubstanshalten ligger mellan 12- 20 %.

#### **Uppsummering:**

Som framgår av resultaten ifrån denna studie finns det stora möjligheter att odla grönkål tidigare på säsongen då de hälsobefrämjande ämnena som finns i grönkålen inte visar några indikationer på att påverkas negativt av att planteringstidpunkten tidigareläggs. Då det enligt resultaten från denna studie, visar att glykosinolater, vitamin C och karotenoider utvecklas redan tidigt i tillväxten av plantan pekar detta på att grönkålen troligtvis kan vara lika nyttig både vid tidig och sen planteringstidpunkt och skörd. Trots kännedom om detta bör det dock också tas hänsyn till andra parametrar för att en tidigarelagd planteringstidpunkt ska vara lönsam. Skördevikt på plantan är ett exempel på detta, då det är viktigt att kunna skörda plantan med en så hög skördevikt som möjligt. Genom att få ett högt skördeutbyte blir produktionen mer lönsam då skörd, hantering och paketering av grödan tar tid och kostar pengar vare sig plantan är liten eller stor. Det är därför viktigt att få en tidig utveckling av plantan och att den får möjlighet att växa under en tillräckligt lång tillväxtperiod för att både

utveckla hälsobefrämjande ämnen men också för att producera ett högt skördeutbyte. Då båda dessa parametrar utvecklas optimalt borde det finnas goda möjligheter att producera grönkål under en längre period där planteringstidpunkten är tidigarelagd och skörden görs i ett tidigare skede. Med hjälp av resultat i denna studie skulle information kunna nå ut till marknaden genom att ha bra argument till varför färsk grönkål bör finnas i handeln mer än bara till jul vilket också förhoppningsvis kan leda till en förlängd odlingssäsong för odlarna.

För framtida studier hade det varit intressant att se hur utvecklingen av glykosinolater, karotenoider och vitamin C påverkats då planteringstidpunkten tidigarelagts och skörden skett i ett tidigare skede. Detta för att se om indikationerna från resultat som framgår av denna studie faktiskt stämmer överens med hur det hade blivit då analyser gjorts på material som vuxit tidigare på säsongen. Hade ännu högre halter av glykosinolater kunnat uppnås eller hade utvecklingsmönstret sett annorlunda ut jämfört med det som framgår av resultaten ifrån denna studie. Det hade också varit intressant att titta på hur karotenoidinnehållet hade påverkats av odling under vår/sommar förhållande trots ett bra sortval, då det enligt resultat från denna studie visar att karotenoidinnehållet minskar allt eftersom plantan växer. Kan vitamin C-innehållet överstiga Livsmedelsverkets riktvärde, då grönkålen odlas tidigare på säsongen och hur mycket mer skulle då kunna utvecklas i kålen? Det hade också varit intressant att titta på marknaden och hur den eventuellt skulle kunna förändras med resultat som framgår ur denna studie. Kan dessa resultat ha en påverkan på efterfrågan och skulle det få vara möjligt att faktiskt få in färsk grönkål i butikerna redan under sensommaren?

## 4.2 Felkällor och referenskritik

Materialet som använts för analyserna i denna studie, var av grönkål som lagrats in i plastkassar under en längre period i en -18 °C frys. Detta kan ha haft en påverkan på det resultat som framkommit. Optimalt hade varit att göra analyserna på färskt material. En annan faktor som också kan ha haft en betydelse är hur kålen har varit förpackad när den har lagts ner i frysen. Att använt en bättre plastförpackning som skapat en bättre atmosfär för kålen hade kanske gett mindre nedbrytning av vitamin C-innehållet.

Det som också är viktigt för att få ett så rättvisande resultat som möjligt är att en studie som denna bör göras under mer än ett år, framförallt eftersom glykosinolater, karotenoider och vitamin C påverkas av årsmån, ljus, temperatur, nederbörd och jordtyp. Genom att göra

samma studie ytterligare ett år hade gett värden att jämföra med som är mer relevanta och välunderbyggda.

Det har funnits mycket relevant litteratur och likvärdiga studier som gjorts, vilket har underlättat i arbetet av framtagandet av denna studie. Litteraturen som använts har till största del utgjorts av utländska studier och undersökningar. Detta är något man bör ha med i beräkningarna då man jämför olika värden med varandra då andra sorter, jordarter och klimat kan ha påverkat värdena som framkommit ur deras resultat.

## 5. Slutsats:

Glykosinolatinnehållet ökar i takt med att plantan växer, men trots det, sker utvecklingen av glykosinolaterna tidigt under tillväxten av plantan.

Karotenoiderna tenderar att minska allt eftersom plantan växer på hösten. Rätt sortval är något som kan påverka utvecklingen av karotenoiderna positivt.

Vitamin C halterna ökar i takt med att plantan mognar på fält I och minskar ju mer plantan blir på fält II. Mängden av vitamin C påverkas positivt av tillväxt under höga temperaturer och mycket ljusinstrålning.

Utvecklingen av dessa hälsobefrämjande ämnen påverkas inte negativt av att planteringstidpunkten tidigareläggs. Slutsatsen som kan dras av detta är det finns en tendens till att hälsobefrämjande ämnen i samma utsträckning kan utvecklas även i tidigare produktion. Men detta behöver ytterligare studeras, tillsammans med parameterar som t ex skördeutbyte och hållbarhet.

## 6. Referenser:

- Acikgoz, F.E (2011) Mineral, vitamin C and crude protein contents in kale (*Brassica oleraceae* var. *acephala*) at different harvesting stages. *African Journal of Biotechnology* Vol.10, p.17170-17174.
- Aires, A, Carvalho, R och Rosa, E (2012) Glucosionlate composition of *Brassica* is affected by postharvest, food processing and myrosinase activity. *Journal of Food Processing and Preservation* Vol.36, p.214–224.
- Altinok, S och Karakaya, A (2003) Effect of Growth Season on Forage Yields of Different Brassica Cultivars Under Ankara Conditions. *Turk J Agric For* Vol.27, p.85-90.
- Arrigoni, O (1994) Ascorbate System in Plant Development. *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*, Vol.26.
- Azevedo, C.H och Rodriguez-Amaya, D.B (2005) Carotenoid composition of kale as influenced by maturity, season and minimal processing. *J Sci Food Agric* Vol.85, p.591–597.
- Bennett, R, Donald, A, Dawson, G, Hick, A och Wallsgrove, R (1993) Aldoxime-Forming Microsomal Enzyme Systems Involved in the Biosynthesis of Glucosinolates in Oilseed Rape (*Brassica napus*) Leavep. *Plant Physiol.* Vol.102, p. 1307-1312.
- Bjorkman, M, Klingen, I, Birch, A, Bones, A.M, Bruce, T, Johansen, T.J, Meadow, R, Molmann, J, Seljasen, R, Smart, L.S och Stewart, D (2011) Phytochemicals of Brassicaceae in plant protection and human health – Influences of climate, environment and agronomic practice. *Phytochemistry* Vol.72, p.538–556.
- Charron, C.S, Saxton, A.M och Sams, C.E (2005) Relationship of climate and genotype to seasonal variation in the glucosinolate- myrosinase system. I. Glucosinolate content in ten cultivars of *Brassica oleracea* grown in fall and spring season. *J. Sci Food Agric.* Vol.85, p. 671-681.
- Chen, Z, Young, T.E, Ling, J, Chang, S.C och Gallie, D.R (2003) Increasing vitamin C content of plants through enhanced ascorbate recycling. *PNAS* Vol.100, p.3525-3530.
- Dixon, G.R (2007) Vegetable Brassicas and related crucifers. *Crop production science in Horticulture* Vol. 14. United Kingdom, Biddles Ltd. King's Lynn.
- Emebu, P.K och Anyika, J.U (2011) Vitamin and antinutrient composition of Kale (*Brassica oleracea*) grown in Delta state, Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition* Vol.10, p.76-79.

Fenwick, G.R och Heaney, R.K (1983) Glucosinolates and their Breakdown Products in Cruciferous Crops, Foods and Feedingstuffs. *Food Chemistry*, Vol.11, p. 249-271.

Frank, H.A och Codgell, R.J (1996) Carotenoids in Photosynthesis. *Free Radical Biology & Medicine*, Vol.7, p. 617-635.

Fu, M, He, Z, Zhao,Y, Yang, J och Mao, L (2009) Antioxidant properties and involved compounds of daylily flowers in relation to maturity. *Food Chemistry* Vol.114, p.1192–1197.

Försökets placering [Elektronisk]

Tillgänglig:[http://www.geografi.nu/region.php?var1=sverige\\_2\\_2687117\\_0.05](http://www.geografi.nu/region.php?var1=sverige_2_2687117_0.05) (2013-04-12)

Gastronomiska Akademien. [Elektronisk] Tillgänglig:

<http://www.skga.nu/images/filer/profilprodukter.pdf> (2013-05-03)

Hagen, P.F, Borge, G.I, Solhaug, K.A och Bengtsson, G.B (2009) Effect of cold storage and harvest date on bioactive compounds in curly kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). *Postharvest Biology and Technology* Vol.51, p.36-42.

Halkier, B.A och Gershenzon, J (2006) Biology and Biochemistry of Glucosinolatep. *The Annual Review of Plant Biology*. Vol.57, p. 303 – 330.

Hall, R (1998) Kale, *Brassica oleraceae* (Acephala Group) USDA database for standard reference, release 12 (Mars 1998) Nutrition guide, <http://nutrition.about.com>

Hanschen, F.S, Rohn, S, Mewis,I och Kroh, M Schreiner L.W (2012) Influence of the chemical structure on the thermal degradation of the glucosinolates in broccoli sprouts. *Food Chemistry* Vol.130, p.1–8.

Kissen, R, Rossiter, J.T och Bones, A.M (2009) The ‘mustard oil bomb’: not so easy to assemble?! Localization, expression and distribution of the components of the myrosinase enzyme system *Phytochem Rev* Vol.8, p.69–86.

Kopsell, D.E och Kopsell, D.A (2003) Kale Carotenoids Remain Stable while Flavor Compounds Respond to Changes in Sulfur Fertility. *J. Agric. Food Chem.* Vol.51, p.5319–5325.

Kopsell, D.A, Sams, C.E och Charron, C.S (2007) Kale Carotenoids Remain Stable While Glucosinolates and Flavor Compounds Respond to Changes in Selenium and Sulfur Fertility. *Acta Hort.* Vol.744, ISHS.



- Korus, A (2010) Effect of the cultivar and harvest date of kale (*Brassica Oleeacea* L. var. acephala) on crop yield and plant morphological features. *Kraków Agricultural University Vol. 73, p.55-65.*
- Kramer, P.J (1981) Carbon Dioxide Concentration, Photosynthesis, and Dry Matter Production. *BioScience, Vol.31, p.29-33.*
- Kushad, M, Brown, A, Kurilich, A, Juvik, J, Klein, B, Wallig, M och Jeffery, E (1999) Variation of Glucosinolates in Vegetable Crops of *Brassica oleracea*. *J. Agric. Food Chem. Vol.47, p. 1541–1548.*
- Livsmedelsverket, fryst grönkål (2013) [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www7.slv.se/Naringssok/Naringsamnen.aspx> (2013-04-30)
- Livsmedelsverket, färsk grönkål (2013) [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www7.slv.se/Naringssok/Naringsamnen.aspx> (2013-04-30)
- Lee, P.K och Kader, A.A (2000) Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crop. *Postharvest Biology and Technology Vol.20, p.207–220.*
- Loewus, F.A (1999) Biosynthesis and metabolism of ascorbic acid in plants and of analogs of ascorbic acid in fungi. *Phytochemistry Vol.52, p.193-210.*
- Mcdanell, R och Mclean, E.M (1988) Chemical and biological properties of indole Glucosinolates (Glucobrassicins): A review. *Food Chem. Toxic. Vol. 26, p.59- 70.*
- Marchand, L.L, Hankin, J.H och Kolonel, L.N (1993) Intake of specific carotenoids and lung cancer risk. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev Vol.2, p.183-187.*
- Mercadante, A. Z och Rodriguez-Amaya. D.B (1991) Carotenoid Composition of a Leafy Vegetable in Relation to Some Agricultural Variables. *J. Agric. Food Chem. Vol.39, p.1094-1097.*
- Mithen, R, Bennett, R och Marquez, J (2010) Glucosinolate biochemical diversity and innovation in the Brassicales. *Phytochemistry, Vol. 71, p.2074–2086.*
- Monteith, J.L och Moss, C.J (1977) Climate and the Efficiency of Crop Production in Britain. *Phil. Tranp. R. Soc. Lond. B Vol.281, p.277-294.*
- Nagy, J.S (1980) Vitamin C Contents of Citrus Fruit and Their Products: A Review. *Agric. Food Chem Vol.28, p.8-18.*

Nilsson, J, Olsson, K, Engqvist, G, Ekvall, J, Olsson, M, Nyman, M och Åkesson, B (2006) Variation in the content of glucosinolates, hydroxycinnamic acids, carotenoids, total antioxidant capacity and low-molecular-weight carbohydrates in *Brassica* vegetable. *Journal of the Science of Food and Agriculture* Vol.86, p.528-538.

Olsen, H, Aaby, K och Borge, G.I (2009) Characterization and quantification of flavonoids and hydroxycinnamic acids in Curly kales (*Brassica oleracea* L. convar. *Acephala* var. *sabellica*) by HPLC-DAD-ESI-MP. *J. Agric. Food Chem.* Vol.57, p. 2816-2825.

Olsson, Sven-Olle R, 2005: *Skånska profilprodukter med hänsyn till dagens primärproduktion och till den skånska traditionella matkulturen, en preliminär översikt. En utredning utförd på uppdrag av Näringslivsenheten, Region Skåne 2005.*

Radovich, T, Kleinhenz, M, Streeter, J, Miller, R och Scheerens, J (2005) Planting date affects total glucosinolates concentrations in six commercial cabbage cultivars. *Hortscience* Vol.40, p.106-110.

Rosa, E.A.S och Rodrigues, P.M.F (1998) The Effects of Light and Temperature on Glucosinolate Concentration in the Leaves and Roots of Cabbage Seedlings. *J Sci Food Agric* Vol.78, p.208-212.

Rosa, E.A.S, Heaney, R.K, Fenwick, G.R och Portas, C.A.M (1997) Glucosinolates in crop plants. *Horticultural Reviews*, Vol.19, p.99- 215.

Rosa, E.A.S och Heaney, R (1996) Seasonal glucosinolates variation in protein, mineral and composition of Portuguese cabbages and kale. *Animal Feed Science Technology* Vol.57 p.111-127.

Rumsey, P.C, Wang, Y och Levine, M (1999) Vitamin C. *National Institute of diabetes and digestive and kidney disease.*

Sarikamis, G, Balkaya, A och Yanmaz, R (2008) Glucosinolates in kale genotypes from the blacksea region of Turkey. *Biotechnol. & Biotechnol.* Vol.22, p. 4.

Smirnoff, N och Wheeler, G.L (2000) Ascorbic Acid in Plants: Biosynthesis and Function. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology.* Vol.35, p.291-314.

Smith, R.H (1978) S-methylcysteine sulphoxide, the brassica anaemia factor (a valuable dietary factor for man?). *Veterinary Science Communications.* Vol.2, p.47-61.

Ståhl, A.B (2010) Kål- Lättlagade och goda hälsobomber. Ica Bokförlag, Forma Books AB

Svensson, A (2013) personlig kommunikation, 19 maj.

Tosun, B.N och Yucecan, S (2008) Influence of commercial freezing and storage on vitamin C content of some vegetable. *International Journal of food science and technology*. Vol.43, p. 316-321.

Ukam, N.U (2008) The potentials of some lesser known vegetables. *Nig. J. Nutr.Sci*. Vol.29, p.299-305.

Van Doorn, Hans E, Van der Kruk, Gert C, Van Holst, Gerrit-Jan, Raaijmakers-Ruijs, Natasja, Postma, Erik, Groeneweg, Bas och Jongen, Wim H.F (1998) The Glucosinolates Sinigrin and Progoitrin are Important Determinants for Taste Preference and Bitterness of Brussels Sprouts. *J Sci Food Agric* Vol.78, p.30- 38.

Velasco, P, Cartea, M.E, Gonzalez, C, Vilar, M och Ordas, A (2007) Factors affecting the glucosinolate content of kale. *J. Agric. Food Chem*. Vol.55, p.955–962.

Yu, B, Sun,J och Yang, X (2012) Assembly of Naturally Occurring Glycosides, Evolved Tactics, and Glycosylation Methods. *Chinese Academy of Scion*. Vol.45, p.1227–1236

