Söka gammalt
SKAPA NYTT
mathantverk

CATRIN HEIKEFELT 2012

Nyttiga ämnen i bär och förädlade bärprodukter

- innehåll och påverkan av tillverkningsmetoder

Eldrimner Nationellt resurscentrum för mathantverk
mære UTDANNER DE SOM UTVIKLER DISTRIKTENE
LianTunet raus og godt
INTERREG www.interreg-sverige-norge.com
En investering i framtiden EUROPEISKA UNIONEN Europeiska regionala utvecklingsfonden
Länsstyrelsen Jämtlands län
Regionförbundet Jämtlands län
SØR-TRØNDELAG FYLKESKOMMUNE
NORD-TRØNDELAG FYLKESKOMMUNE

Innehållsförteckning

Inledning ... 3
Vad är antioxidanter? ... 3
Nyttiga ämnen i bär ... 4
- Vitamin C ... 4
- Fenoler ... 4
- Karotenoider ... 6
- Metoder för att mäta antioxidativ aktivitet ... 6
- Superfrukter ... 7

Faktorer som påverkar innehållet av nyttiga ämnen i bär ... 8
- Vitamin C ... 8
- Fenoler ... 9
- Karotenoider ... 10

Påverkan på nyttiga ämnen vid tillverkning och lagring av produkter ... 11
- Kemisk oxidation eller omvandling till nya ämnen ... 11
- Enzymatisk nedbrytning ... 12
- Fysisk borttagning ... 12

Förändringar av innehåll vid förädling – studier på bärprodukter ... 13
- Fryslagring av bär ... 13
- Pressning och pastörisering ... 14
- Syltkokning ... 16
- Torkning ... 17
- Kommentarer kring förvällning ... 19
- Sammanfattning - åtgärder för att bevara antioxidanter vid förädling ... 19

Ordlista ... 20
Referenser ... 21

Bär av olika slag har fått stor uppmärksamhet för sina potentiella positiva effekter för att motverka olika sjukdomar. Särskilt har bärens innehåll av olika antioxidanter gjort dem intressanta. Bär är rika på olika sorter av antioxidanter, framförallt vitamin C, fenoliska ämnen och karotenoider, men det är stora kvalitativa och kvantitativa skillnader mellan olika sorter. Inom mathantverket förädlas bär på olika sätt, där dryck, sylt och marmelad samt torkade bär är bland de vanligaste produkterna. Förädlingen leder oftast till någon sorts förlust av de nyttiga ämnena, men innehållet i slutprodukten kan ändå vara relativt högt. Syftet med denna artikel är att beskriva vilka nyttiga ämnen som finns i bär, hur de påverkas av olika förädlingsmetoder samt dra slutsatser kring åtgärder vid förädling som är gynnsamma för produktens innehåll av de nyttiga ämnena.

Vad är antioxidanter?

Vid kroppens cellandning omvandlas energin från maten tillsammans med syre till energiformer som kroppen kan använda för olika funktioner. Restprodukterna vid energiomvandlingen är koldioxid och vatten. Cellandningen resulterar alltid i att en viss del av syremolekylerna blir ofullständigt omvandlade och istället bildas så kallade fria radikaler. Dessa fria radikaler är atomer eller molekyler som är mycket instabila och lätt reagerar med andra ämnen. Den kemiska reaktion som sker kallas oxidation och kan orsaka skador på molekyler i cellerna, så som fettsyror, proteiner och DNA. Exempel på radikaler är reaktiva syreföreningar, peroxid, hydroxyl, väteperoxid och singlettsyre. Kroppen har ett inbyggt försvar mot fria radikaler, men ibland hinner försvaret inte med att oskadliggöra dem. Då uppstår oxidativ stress och det finns det risk för att bestående skador. Oxidativ stress är delvis orsaken till åldrande, men också många sjukdomar orsakas av detta.

Antioxidanter används som benämning på de ämnen som tack vare sin kemiska struktur har förmågan att motverka oxidation av andra molekyler. De kan inaktivera eller oskadliggöra olika fria radikaler, men har även indirekta funktioner som att bilda komplex med metaller eller påverka enzymer som behövs för olika reaktioner. I vegetabilier finns många olika antioxidanter, till exempel vitamin C och vitamin E, tusentals fenoliska ämnen, samt karotenoider och det gröna pigmentet klorofyll. (Szajdek & Borowska, 2008)

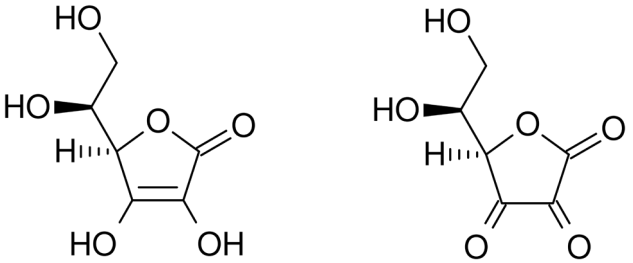
För sjukdomar som cancer, hjärt-kärlsjukdom, grå starr, Parkinsons och Alzheimer, tyder det på att intag av bär, frukt och grönsaker kan minska risken för att de utvecklas. Orsaken anses bland annat vara deras innehåll av olika ämnen med antioxidativa egenskaper. I bär anses vitamin C, fenoler och karotenoider vara de främsta antioxidanterna som kan bidra till positiva effekter på hälsan vid högt intag. Gemensamt för dessa är att de har en kemisk struktur med dubbelbindningar och hydroxylgrupper (-OH-grupper) som gör att de lätt kan oxideras och avge elektroner till andra molekyler, till exempel fria radikaler, som då oskadliggörs. (Kalt, 2005)

Antioxidanter finns i växter för att på olika sätt skydda dem från stressande omgivningsfaktorer. Eftersom antioxidanterna finns i många olika former påverkar det vilken funktion de har i växten. Kroppens förmåga att tillgodogöra sig ämnena från maten beror också på vilken form de har. Forskning har visat på att biotillgängligheten är större om de nyttiga ämnena intas som naturliga ämnen i bär, jämfört med om de äts som fria vitaminer eller fria fenoler, exempelvis som kosttillskott. Det kan bero på att när olika ämnen intas tillsammans, antingen i en och samma råvara, eller i samma maträtt, så blir effekten av dem synergistisk eftersom de olika molekylerna kan skydda mot olika typer av stress eller skador. (Szajdek & Borowska, 2008)

Nyttiga ämnen i bär

Vitamin C

Vitamin C syftar på de ämnen som har samma biologiska aktivitet som den organiska syran L-askorbinsyra. Denna syra kan oxideras till L-dehydroaskorbinsyra, som i kroppen kan återomvandlas till L-askorbinsyra, varför även L-dehydroaskorbinsyra har vitamin C-aktivitet. I växter bildas vitaminet från sockerarter och ingår i växtens försvar mot olika stresssituationer. Askorbinsyramolekylen innehåller båda dubbelbindningar och hydroxylgrupper, vilket är egenskaper som gör den till en bra antioxidant, se figur 1.



Figur 1. Strukturformel för L-askorbinsyra respektive L-dehydroaskorbinsyra.

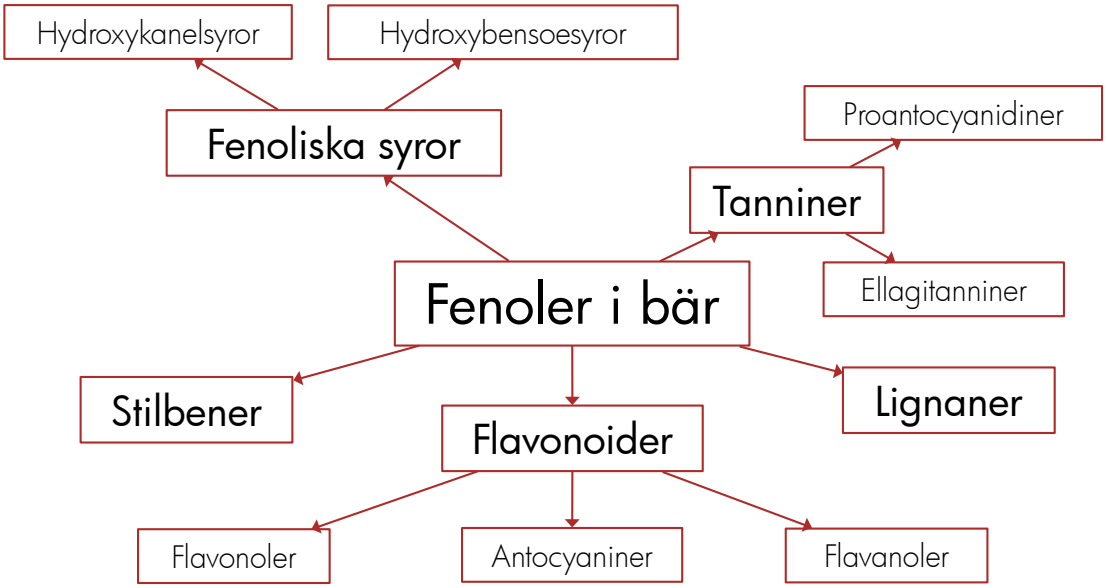
Förutom sina egenskaper som antioxidant är vitamin C ett essentiellt näringsämne, vilket innebär att det är ett ämne som människokroppen själv inte kan bilda, utan det måste intas med kosten. Vitamin C underlättar upptaget av järn från maten och behövs för uppbyggnad av ben- och broskvävnad. Brist på vitaminet kan ge skörbjugg, men idag är det sällsynt i Sverige att intaget blir för litet så risken för sjukdomen är liten. (Livsmedelsverket, 2012a)

Fenoler

Fenoliska ämnen är allmänt förekommande i växter och ingår i en större grupp av ämnen som brukar kallas fytokemikalier. Benämningen fytokemikalier används på ämnen i växter som inte är direkta näringsämnen, men som ändå kan vara biologiskt viktiga för växtens funktion. Fenoler har en viktig roll i växtens försvar mot yttre stress orsakad av exempelvis patogener, UV-strålning och torka. Förutom det ger en del fenoler färg till blad, blommor och frukt, exempelvis i höstlöv och blåbär. De kan även påverka smaken på frukt och bär, till exempel strävheten i aroniabär. (Szajdek & Borowska, 2008)

Kännetecknen för fenoliska ämnen är en grundstuktur av ringar bestående av sex kolatomer (bensensringar) med hydroxidgrupper. Utöver grundstrukturen är de mycket varierade och det finns idag över 8000 identifierade. De kan grupperas på olika sätt baserat på kemisk eller biologisk funktion eller var och hur de syntetiseras i växten. De fenoliska ämnen som är viktiga i bär kan utifrån strukturen delas in i undergrupperna flavonoider, fenoliska syror, tanniner, stilbener och lignaner, se figur 2. Tabell 1 visar vilka grupper av fenoler som det finns störst mängd av i olika bär.

- Flavonoider förekommer generellt som glykosider i växter, vilket innebär att de är bundna till en sockermolekyl. Undergruppen antocyaniner är pigment som ger de röda, blå och lila färgerna som många bär har. Färgerna är pH-beroende, så i surt pH är de röda och i basiska pH mer blå. Flavonoler är en annan undergrupp med exempelvis quercitin och kaempferol, som finns mycket av i aronia, tranbär och blåbär.
- Fenoliska syror förekommer antingen som så kallade estrar eller i glykosider. Kanelsyra finns i aronia och p-coumarinsyra finns i blåbär och svarta vinbär.
- Tanniner påverkar smaken på bär. I munnen reagerar de med olika proteiner och smakreceptorerna uppfattar dem som beska och sträva. Aronia innehåller mycket tanniner. Ellaginsyra är en tannin som det finns mycket av i hallon, jordgubbar och hjortron.
- Stilbener finns bland annat som resveratrol i lingon, blåbär, röda vinbär, jordgubbar och tranbär.
- Lignaner finns framförallt i linfrö och sesamfrö, men även i jordgubbar. (Hernández-Pérez, et al., 2009; Szajdek & Borowska, 2008; Tsao, 2010)



Figur 2. Gruppering av fenoler i bär, baserat på kemisk struktur.
Modifierad från Hernández-Pérez, et al., 2009.

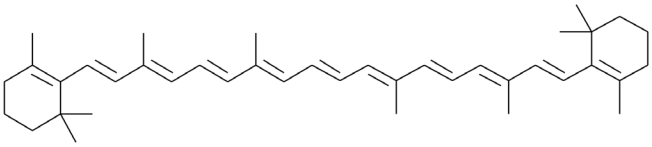
Tabell 1. De huvudsakliga fenolerna i olika bär. (Kähkönen, et al., 2001)

Släkte	Art	Dominerande fenoler
Vaccinium	Blåbär	Antocyaniner
Vaccinium	Odon	Antocyaniner
Vaccinium	Tranbär	Antocyaniner
Vaccinium	Lingon	Flavanoler, proantocyanidiner
Rubus	Hjortron	Ellagitanniner
Rubus	Hallon	Ellagitanniner
Fragaria	Jordgubbar	Antocyaniner, ellagitanniner
Sorbus	Fläderbär	Fenoliska syror
Aronia	Aronia	Antocyaniner
Ribes	Vinbär (svarta och röda)	Antocyaniner
Ribes	Krusbär	Antocyaniner
Empetrum	Kråkbär	Antocyaniner

Karotenoider

Karotenoider tillhör en kemisk grupp som kallas terpenoider. De har en struktur med 40 kolatomer och många dubbelbindningar, se figur 3. Denna struktur ger dem deras antioxidativa aktivitet, främst att de kan oskadliggöra fria syreföreningar. Xantofyller är karotenoider som innehåller syreatomer, till exempel zeaxantin och lutein. Karotener är karotenoider som inte innehåller syreatomer, till exempel lykopen och β-karoten. Av vissa karotenoider kan kroppen bilda vitamin A (retinol), dessa kallas för pro-vitamin A. I kroppen behövs vitamin A för normal funktion av syn, hud och slemhinnor. Många karotenoider är pigment som ger gul, orange och röd färg åt blad, blommor och frukter. I bladgrönsaker är innehållet på karotenoider stort, men färgerna döljs av det gröna klorofyllet. Tillsammans med morötter och tomater är gröna bladgrönsaker våra främsta vegetabiliska källor till karotenoider.

Generellt innehåller bär inte så stora mängder av karotenoider, men havtorn, aronia, nypon och hjortron innehåller ändå betydande mängder. (Kalt, 2005; Szajdek & Borowska, 2008)



Figur 3. Strukturformel för β-karoten, en vanlig karotenoid.

Metoder för att mäta antioxidativ aktivitet

Sambandet mellan antioxidativ aktivitet och den faktiska mängden av ett ämne varierar för olika antioxidanter. För antioxidanterna i bär har vitamin C lägre antioxidativ aktivitet jämfört med fenoliska ämnena. Det innebär att samma mängd av de olika antioxidanterna inte motverkar oxidation i samma utsträckning. Det finns flera metoder som ger den totala antioxidativa förmågan för exempelvis ett bär. Analyserna används för att kunna värdera vilka hälsoeffekter som skulle kunna vara möjliga utifrån innehållet. Några vanliga metoder är TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity), FRAP (Ferric ion Reducing Antioxidant Power), ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) och TRAP (Total Radical-trapping Antioxidant Parameter). TEAC och FRAP mäter ämnets förmåga att reducera ett oxidativt ämne, medan ORAC och TRAP mäter ämnets förmåga att donera en vätejon för att inaktivera fria radikaler. Den antioxidativa förmågan anges vanligen i troloxekvivalenter (TE) per 100 g. Trolox är ett derivat av vitamin E och precis som vitaminet en antioxidant. (Dai & Mumper, 2010)

Gemensamt för de olika metoderna är att de mäter den antioxidativa aktiviteten in vitro, det vill säga i en konstgjord miljö på ett laboratorium. Därför är det svårt att bedöma den verkliga biotillgängligheten och den antioxidativa förmågan hos ämnena in vivo, det vill säga i människokroppen, och vilka effekter som de verkligen ger.

Superfrukter

Superfrukter är ett begrepp som populärt används om bär och frukter som är rika på vitaminer, mineraler, antioxidanter och andra näringsämnen. Det används främst om bär eller frukter där det finns någon bakomliggande forskning som kan påvisa hälsomässiga fördelar med dem. Dock finns ingen vetenskaplig vedertagen definition på superfrukter och regelverk kring begreppet saknas. Användningen av begreppet superfrukter har blivit vanligt inom livsmedelsindustrin, som kan dra nytta av den massmediala uppmärksamhet som dessa har fått under senare år. Speciellt juicer har blivit populära produkter, men även inom hälsokost och kosmetika används begreppet. Superfrukter används även till smaksättning i andra produkter, som godis, kanske för att få dem att verka nyttigare. Många frukter och bär som brukar kallas superfrukter har exotiskt ursprung, så som açai, acerola, granatäpple, gojibär, mangostan och noni. Även bär som odlas eller växer naturligt på nordliga breddgrader har också benämnts superfrukter, exempelvis aronia, björnbär, blåbär, hallon, havtorn, svarta vinbär och tranbär.

För superfrukter är det särskilt fokus på de antioxidativa egenskaperna, som ska vara högre än i "vanliga frukter". Superfrukternas antioxidativa aktivitet uttrycks vanligen i ORAC. Tidigare hade det amerikanska jordbruksdepartementet (USDA) en lista med ORAC-värden för olika livsmedel publicerade på sin hemsida. Sedan maj 2012 är den tillbakadragen, eftersom de antioxidativa värden som mäts med ORAC-analys inte är relevanta för att utrycka vilken effekt de bioaktiva föreningarna i maten verkligen har på människors hälsa. ORAC-analysen kan också gå till på olika sätt och det finns även andra analysmetoder för att mäta antioxidativ aktivitet, varför jämförelser av värden från olika källor inte ger en korrekt bild. Varken den Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet (EFSA) eller USDA, har ansett att det i dagsläget finns vetenskaplig bevisning för att det är en antioxidativ aktivitet i livsmedel rika på fenoler, som ger de positiva effekterna på människors hälsa. USDA vill genom att ta bort sin lista med ORAC-värden förhindra att livsmedelsföretag missbrukar värdena i sin marknadsföring för att få konsumenterna att välja deras produkter. (USDA, 2012)

Faktorer som påverkar innehållet av nyttiga ämnen i bär

Innehållet av olika antioxidanter varierar stort, både vad gäller mängd och typ, i olika bär. Även inom samma sorts bär kan variationen vara stor, till följd av genetiska skillnader och omgivningsfaktorer. Om råvaran fryslagras eller vidareförädlas till olika produkter, som i sin tur lagras, finns det många faktorer som inverkar på hur mycket av ämnena som bevaras.

Vitamin C

Innehållet av vitamin C i bär från fyra olika nordiska referenser visas i tabell 2. Skillnaden är stor mellan olika bär. Svarta vinbär och havtorn ligger på högst nivå medan lingon och blåbär har generellt låg mängd vitamin C jämfört med andra bär. Olika sorter av samma bär ger en genetisk skillnad, som sedan påverkas av faktorer som klimat och jordmån, odlingsmetod, mognadsgrad vid skörd, skördemetod och hantering efter skörd. Det gör att skillnaderna inom samma slag av bär också kan vara stora, som tabellen visar.

Tabell 2. Innehåll av vitamin C i nordiska bär. [1] (Skrede, et al., 2012); [2] (Livsmedelsverket, 2012b); [3] (Institutet för hälsa och välfärd, 2011); [4] (Häkkinen, et al., 1999)

	Vitamin C mg/100 g färska bär
Svarta vinbär	90,4–169,7 [1,2,3,4]
Havtorn	80,3–165 [2,3,4]
Hjortron	63–100 [1,2,3,4]
Rönnbär	49–98 [3,4]
Jordgubbar	42–66 [1,2,3,4]
Röda vinbär	18,7–57,4 [1,2,3,4]
Vita vinbär	18,9–46 [2,4]
Hallon	25,2–38 [1,2,3,4]
Fläderbär	16,4–36 [1,2]
Krusbär	17,4–32,8 [1,2,3,4]
Aronia	5,4–28 [1,2]
Tranbär	10–20 [2,4]
Blåbär	4,5–15 [1,2,3]
Lingon	4–12,1 [1,2,3,4]

En högre solinstrålning ger bildning av fler sockermolekyler via fotosyntesen. Eftersom vitamin C bildas från sockermolekyler kan mer sol under växtsäsongen bidra till större mängd i bären. Minskad bevattning kan ge mer vitamin C, som följd av en stressreaktion på torka. För odlade bär kan mängden minska vid större kvävegödsling, vilket dock kan bero på en utspädningseffekt eftersom tillväxten blir kraftigare. (Kader & Lee, 2000)

Det har diskuterats om bär från nordligare breddgrader innehåller mer nyttiga ämnen. I en studie jämfördes svarta vinbär som odlats i södra och norra Finland och i bären från norr var innehållet av vitamin C högre jämfört med de från södra Finland. I bären från södra Finland var istället Brix-värdet och socker/syra-kvoten högre. Kvoten kan indikera på att bären har en sötare smak. (Zheng, et al., 2009)

I en annan studie jämfördes innehållet av vitamin C i havtorn från olika breddgrader, men där påverkades inte innehållet i någon större utsträckning av breddgraden. Dock var det samma effekt med högre Brix och högre socker/syra-kvot i bär från sydligare breddgrader, som därmed kan vara sötare i smaken. (Zheng, et al., 2012)

I och med att bären skördas sker ingen mer nybildning av vitamin C och hanteringen därefter är avgörande för vilka förluster som sker. Efter skörd är temperaturen den viktigaste faktorn för hur mycket som bevaras i bären. För att bevara så mycket som möjlig innan vidareförädling eller frysning, ska bären så snabbt som möjligt kylas ner till låg temperatur, där de sedan ska förvaras så kort tid som möjligt och i hög luftfuktighet. Bär har ett naturligt lågt pH-värde, vilket delvis kan motverka förlust eftersom vitamin C är stabilare i sura förhållanden. (Kader & Lee, 2000)

Fenoler

Den totala mängden fenoler i olika bär skiljers sig relativt mycket. En sammanställning av tre olika studier gjorda på fenoler i bär från Norden visas i tabell 3. Mängden har angetts per friskvikt och per torrvikt. Skillnaden är att "blötare" bär får högre innehåll om de mäts per torrvikt. Mängden totala fenoler anges vanligen i form av ekvivalenter av gallsyra (GAE). Den totala mängden fenoler är stor i exempelvis kråkbär, aronia, fläderbär och svarta vinbär. Dessa bär med röd-blå-lila nyans har särskilt stor mängd av pigmenten antocyaniner. Förutom färgade fenoler så finns också många ofärgade som bidrar till den totala mängden fenoler.

Tabell 3. Totala fenoler i nordiska bär uttryckt i gallsyraekvivalenter per friskvikt. (Kähkönen, et al., 1999; Kähkönen, et al., 2001; Skrede et al., 2012)

	Totala fenoler mg GAE/100 g friskvikt	Totala fenoler mg GAE/g torrvikt
Kråkbär		50,8–52,4
Aronia	1496	40,1–42,1
Fläderbär	929	
Svarta vinbär	665	20,3–27,9
Blåbär	576	29,7–38,2
Odon		28,7–29,1
Lingon	550	24,9–28,2
Surkörsbär	463	
Tranbär		21,2–22,0
Rönnbär		18,7–20,9
Hjortron	312	16,2–18,4
Hallon	272	23–29,9
Röda vinbär	246	12,6–14,0
Jordgubbar	216	16,0–24,1
Sötkörsbär	121	
Krusbär	83	12,4–13,2

På samma sätt som för vitamin C, är det många yttre faktorer som påverkar innehållet av fenoler i bär, förutom skillnader mellan olika sorter av samma bär. Eftersom det finns tusentals fenoliska ämnen som är väldigt varierande med avseende på ursprung, funktion och struktur, är det inte heller säkert att de påverkas lika mycket av olika faktorer.

"Långa dagar och hög solinstrålning ger gynnsamma förutsättningar för bildningen av flavonoider."

Det skandinaviska klimatet, med en jämförelsevis kort växtsäsong med låga nattemperaturer, kan gynna utvecklingen av fenoler. I kombination med långa dagar och hög solinstrålning ger det gynnsamma förutsättningar för bildningen av bland annat flavonoider. En rik solinstrålning stimulerar bildningen av fenoliska pigment i skalet som skydd mot UV-ljuset. (Szajdek & Borowska, 2008); (Jaakola & Hohtola, 2010)

Även inom Skandinavien kan breddgrad påverka utvecklingen av fenoler och andra ämnen. I en studie på blåbär som vuxit i olika delar av Sverige och Finland, innehöll bär från nordligare breddgrader mer antocyaniner. Studien visade även att ursprunget av moderplantan påverkade starkt, eftersom de bär som hade sitt ursprung från nordligare breddgrader hade ett högre innehåll av antocyaniner när de fick växa på en annan plats, jämfört med bär med sydligt ursprung på moderplantan. (Åkerström, et al., 2010)

I svarta vinbär visade en annan studie motsatt förhållande, där bär som odlats i södra Finland hade högre innehåll av antocyaniner och totala fenoler jämfört med dem odlade i de norra delarna. (Zheng, et al., 2012)

De skiftande effekterna av breddgrad som beskrivits i studierna visar på komplexitetet i vad bäret får för innehåll av fenoler. Lokala variationer i exempelvis väder kan göra att en växtplats som ger bär med högt innehåll ena året kan få ett helt annat året därpå, till följd av skillnader i temperatur, vattentillgång eller soltimmar. Skillnaderna förstärks sedan när de sätts i kombination med genetiska variationer av samma bär som växter på olika platser.

Efter skörd kan det ske förluster av fenoler från de färska bären. I jämförelse med vitamin C är det dock inte risk för lika stora förluster. Vid lagring i rumstemperatur kan till och med vissa typer av fenoler öka, som antocyaniner, vilket kan vara en effekt av ökad mognadsgrad i varmare förvaring. Dock förloras mycket av bärens övriga kvalitet och förvaring bör ske vid låg temperatur. (Kalt, 2005)

Karotenoider

Precis som för vitamin C och fenoler är sorten av bär av stor betydelse för innehållet av karotenoider, men även de andra faktorerna som klimat, odlingsmetoder och växtplats påverkar innehållet. Karotenoiderna finns i störst mängd i optimalt mogna bär, vilket är när strävheten försvinner och fruktköttet mjuknar. Koncentrationen är högre i skalet jämfört med fruktköttet och mängden kan öka efter skörd så länge råvaran är intakt, särskilt om frukten skördas innan optimal mognadsgrad. Tabell 4 visar innehållet av karotenoider i vilda och odlade svenska bär, enligt en studie utförd av Livsmedelsverket 2011. Havtorn och aronia har relativt högt innehåll jämfört med andra bär. Hjortron analyserades inte i den svenska studien, men är också en god källa till karotenoider. (Lashmanova, et al., 2012)

Tabell 4. Karotenoider i olika bär, odlade eller vildplockade i Sverige. (Öhrvik, et al., 2011)

	Karotenoider µg/100 g färskvikt
Havtorn	5179
Aronia	2785
Svarta vinbär	458
Blåbär	446
Surkörsbär	342
Krusbär	285
Hallon	267
Sötkörsbär	194
Vita vinbär	156
Röda vinbär	104
Jordgubbar	51
Lingon	48

Påverkan på nyttiga ämnen vid tillverkning och lagring av produkter

Vid förädling till sylt, marmelad, drycker med mera, är det många olika tillverkningssteg som, mer eller mindre, påverkar hur mycket av näringsämne och fytokemikalier som bevaras. Hur känsliga ämnen är vid lagring och förädling beror bland annat på deras kemiska egenskaper. Förlust sker på grund av kemisk oxidation, enzymatisk nedbrytning samt fysisk borttagning. Känsligheten för det enskilda ämnet är även påverkad av hela systemet, bland annat pH och innehållet av andra antioxidanter, eftersom de kan motverka varandras nedbrytning. Dessutom är det ofta en utspädningseffekt vid förädlingen, som gör att innehållet per 100 g i råvaran av ett visst ämne automatisk blir lägre i den färdiga produkten. Detta gäller främst sylt, marmelad, nektar och saft. Vid torkning är det tvärt om, att ämnena koncentreras när vattnet tas bort.

Kemisk oxidation eller omvandling till nya ämnen

Antioxidanternas risk för att oxideras eller brytas ner beror på den omgivande miljön. Vid oxidation avger de en eller flera elektroner och mister därmed sin antioxidativa aktivitet. Tabell 5 ger en sammanfattning av de olika antioxidanternas egenskaper som påverkar deras stabilitet.

"Eftersom vitamin C och fenoler är vattenlösliga, är de generellt mer känsliga att gå förlorade under förädlingen, jämfört med de fettlösliga karotenoiderna."

Att ett ämne anges som känslig i tabellen innebär att det påverkas av en viss faktor, men det kan vara i mer eller mindre hög grad. Både vitamin C och fenoler är stabila i sur miljö, vilket gör att bärprodukter på sätt och vis ger en skyddande miljö eftersom de har naturligt lågt pH. Dock är dess ämnen känsliga för både värme, syre och ljus, och påverkas därför ändå under förädlingen, exempelvis vid pastörisering, kokning och torkning. Vitamin C påverkas även av tungmetaller och fenoler påverkas av produktens vattenaktivitet. (Kader & Lee, 2000)

Antocyaniner kan bilda så kallade polymerer genom att många antocyaniner binder ihop sig till kedjor. När detta sker så tappar antocyaninerna sin färg och produkterna får en brunare nyans. Trots förlusten av antocyaniner så kan den totala mängden fenoler dock vara bibehållen.

Karoten är fettlösligt, vilket kan göra förlusterna mindre än för ett vattenlösligt ämne, framförallt vid kokning eller förvällning i vatten. Karotenoiderna är generellt känsliga för värme och påverkas negativt genom att de isomeriseras, vilket innebär att molekylen byter form och får lägre biologisk aktivitet. Det gäller främst vid höga temperaturer, som vid sterilisering. Vid värmebehandling kring 80–100°C, som är det vanliga vid pastörisering, är påverkan ganska liten. (Kalt, 2005; Thane & Reddy, 1997)

Tabell 5. Olika antioxidanters känslighet på omgivande miljöfaktorer. (Thane & Reddy, 1997; Kalt, 2005)

	Löslighet	Sur miljö	Syre	Ljus	Värme	Förluster vid tillagning
Vitamin C	Vattenlöslig	Stabil	Känslig	Känslig	Känslig	0–100%
Fenoler, t.ex. antocyaniner	Vattenlöslig	Stabil	Känslig	Känslig	Känslig	
Karoten (provitamin A)	Fetllöslig	Känslig	Känslig	Känslig	Känslig	0–30%

Enzymatisk nedbrytning

Förlust av antioxidanterna kan bero på nedbrytning av olika enzymer. Enzymer är proteiner som katalyserar kemiska reaktioner, däribland att ämnen oxideras och ombildas till andra ämnen. Askorbinsyraoxidas är ett enzym som oxiderar L-askorbinsyra till L-dehydroaskorbinsyra. Sedan kan L-dehydroaskorbinsyra irreversibelt oxideras vidare till diketogulonsyra, ett ämne som inte har C-vitamin aktivitet. Fenoler oxideras av enzymerna polyfenoloxidas och peroxidas. Karotenoider oxideras av enzymerna peroxidas och lipoxygenas. Eftersom enzymerna är proteiner påverkas de av värme och inaktiveras vid pastörisering, förvällning och kokning. Efter en värmebehandling vid förädlingen har därmed risken för enzymatiska förluster minimerats.

Fysisk borttagning

Ytterligare en viktig aspekt för innehållet är att antioxidanterna fysiskt kan tas bort vid förädlingen, medvetet eller omedvetet. För bär gäller det framförallt vid pressningen av bär till juice, särskilt om antioxidanterna huvudsakligen finns i kärnor eller skal. För vitamin C, antocyaniner och även karotenoider kan koncentrationen oftast vara högst i skalet eftersom de bildas som reaktion på stress utifrån. Olika åtgärder innan pressningen, som förvällning eller behandling med det cellväggsnedbrytande enzymet pektinas, kan gynna att mer antioxidanter frigörs från skalen. (Kalt, 2005)

Förändringar av innehåll vid förädling – studier på bärprodukter

I litteraturen återfinns flertalet studier som tittat på innehåll av olika nyttiga ämnen och förändring av deras mängd vid tillverkning av olika produkter. Dock är förädlingsmetoderna som studeras ofta industrimässiga och bären av andra sorter än de som är intressanta ur svenskt perspektiv. Nedan följder ett urval av relevanta studier för att ge exempel på vad som kan ske med olika ämnen under fryslagring, pressning av bär till juice, pastörisering, syltkokning, torkning samt lagring av produkter. Efter varje studie följer en personlig kommentar kring resultatet.

"Den låga temperaturen vid frysning innebär att alla kemiska reaktioner går långsammare."

Fryslagring av bär

Den låga temperaturen vid frysning innebär att alla kemiska reaktioner går långsammare. Dock står reaktionerna aldrig helt still vid de temperaturer som är normala för att förvara bär i (kring ca -18 till -20°C). Det innebär att förändring av bärens innehåll av olika ämnen även kan ske under fryslagring, framförallt orsakade av enzymer och syre.

Effekt av fryslagring på vitamin C och fenoler i hallon (Ancos, et al., 2000)

Metod
Färska, nyplockade hallon snabbfrystes med flytande kväve och lagrades sedan under 12 månader i -20°C.

Vitamin C
De färska bären innehöll 22,1–31,1 mg vitamin C/100 g, beroende på sort. Under lagringen bröts vitamin C ner allteftersom. Efter 12 månader hade mängden minskat med 36–56 %, till 13,3–15,9 mg/100 g.

Totala fenoler
I de färska bären var innehållet av totala fenoler 113,7–177,6 mg GAE (gallsyraekvivalenter)/100 g, med skillnad mellan olika sorters hallon. Vid lagring under 12 månader i frys förändrades inte mängden totala fenoler i någon större utsträckning.

Författarens kommentar
Vitamin C var känsligare under fryslagring än fenoler. För att behålla så mycket som möjligt av C-vitamin bör lång fryslagring undvikas. När fenoler bryts ner kan det till viss del ses på att bären tappar sin färg, vilket dock inte är möjligt för vitamin C.

Effekt av fryslagring på vitamin C i jordgubbar, hallon och svarta vinbär (Häkkinen, et al., 2000)

Metod
Färska jordgubbar, hallon och svarta vinbär frystes in i och lagrades i -20°C upp till 9 månader. Färska svarta vinbär förvarades också 24 timmar i 22°C eller 5°C.

Vitamin C
Svarta vinbär som lagrats i rumstemperaur ett dygn hade kring 20 % lägre innehåll av vitamin C, 71,5 mg/100 g, jämfört med de som förvarats i kyltemperatur, 93,9 mg/100 g. Under lång lagring i frys var vitamin C stabilt i svarta vinbär och jordgubbar, med 90,3 mg/100 g respektive 40,5 mg/100 g efter 9 månader. I hallon var vitamin C lite känsligare. Efter 9 månader hade ursprungsnivån på 29,6 mg/100 g sjunkit till 26,6 mg/100 g, vilket är en minskning på ca 11 %.

Författarens kommentar
Lagring i av bär i rumstemperatur bör i möjligaste mån undvikas. En lägre temperatur motverkar alla kemiska reaktioner, vilket gör att mindre vitamin C riskerar att brytas ned. I olika bär påverkades vitamin C olika av lång lagring, vilket kan bero på att deras kemiska sammansättning inte är densamma. Exempelvis kan lägre pH eller högre innehåll av andra antioxidanter stabilisera vitamin C och motverka förlust.

Pressning och pastörisering

Vid förädling av bär till juice eller andra drycker är det många tillverkningssteg som kan påverka hur innehållet av olika ämnen bevaras. Pressning av bär ger god kontakt mellan antioxidanter och deras nedbrytande enzymer. Om råsaften får stå en längre tid innan värmebehandling riskeras stora förluster av antioxidanter till följd av enzymernas aktivitet. Antioxidanter i skal och kärnor tas också bort med pressresterna, vilket kan ge förluster.

Effekt av pressning och pastörisering på innehållet av totala fenoler, antocyaniner och vitamin C i jordgubbsjuice och jordgubbsnektar

(Kloptek, et al., 2005)

Metod

Jordgubbar som tinats över natt behandlades med pektinas (enzym som bryter ner pektinet i bären) och pressades sedan i en ballongpress. Juicen centrifugerades och klarnades över natt med bentonit, för att sedan filtreras. En del juice användes för tillverkning av nektar genom blandning med vatten och socker, till juiceinnehåll på 60 %. Juice och nektar fylldes på glasflaskor och pastöriserades i 85°C i 5 minuter.

Vitamin C

Det ursprungliga innehållet av vitamin C i jordgubbarna var 104 mg/100 g bär. Efter pressningen hade 22 % försvunnit, varav 18 % genom fysisk borttagning via pressresterna. Vid pastöriseringen av juicen förstördes 35 % av den resterande mängden vitamin C. I nektar minskade mängden med 28 % vid pastöriseringen, vilket kan ses som en likvärdig minskning. Centrifugering, klarning och filtrering gav mindre påverkan än pressning och pastörisering. I den färdiga juicen var det endast 36 % vitamin C kvar av ursprungsmängden i bären. I nektaren återstod 40 % av bärens ursprungliga innehåll, men eftersom den späddes med vatten och socker under tillverkningen blev det faktiska innehållet i produkten ännu lägre.

Totala fenoler

I de färska jordgubbarna var mängden fenoler 257 mg GAE/100 g. Pektinasbehandlingen minskade mängden fenoler med 15 % och pressningen minskade med ytterligare 29 %. Filtrering och klarning hade mindre inverkan, medan pastöriseringen orsakade 27 % förlust av den kvarvarande mängden fenoler i juicen och 14 % förlust i nektaren. I slutprodukten var ursprungsmängden fenoler reducerad till 36 % i juicen. I nektaren återstod 42 % av bärens ursprungliga innehåll, men totalmängden var mindre än i juicen eftersom nektaren spätts ut med socker och vatten.

Antocyaniner

Bären hade från början 42 mg antocyaniner/100 g. Pektinasbehandlingen ökade mängden antocyaniner, men eftersom det vid pressningen försvann antocyaniner till pressresterna återgick mängden i råsaften till densamma som i bären. Mindre mängder försvann vid klarning och filtrering, medan pastöriseringen hade störst påverkan. I juicen gav pastöriseringen förlust på 27 % av antocyaninerna och i nektaren 39 %. I slutprodukterna hade den ursprungliga mängden reducerats till 67 % i juicen. I nektaren fanns 57 % kvar av bärens antocyaninnehåll, men späddes också ut ännu mer av vattnet och sockret.

Författarens kommentar

Borttagning av antioxidanter i pressresterna var en betydande orsak för att produkten fick lägre innehåll av ämnena. Däremot kan pektinasbehandling innan pressning bidragit till att antocyaninerna frigjordes bättre från skalen där de är lokaliserade. Vid pastöriseringen var tiden relativt lång i förhållande till temperaturen, vilket ger onödigt mycket förluster genom värmenedbrytning. Pastöriseringen påverkade vitamin C och fenoler likvärdigt i juice och nektar medan antocyaninerna i nektaren påverkades lite mindre än antocyaninerna i juicen vid pastöriseringen. Kanske kan innehållet av socker påverkat antocyaninernas känslighet.

Effekt av pressning, pastörisering och lagring på vitamin C och antocyaniner i svart vinbärsnektar (Iversen, 1999)

Metod

Svarta vinbär tinades i rumstemperatur över natten. Bären maldes med vatten och behandlades med pektinas. Bärmassan centrifugerades så att råsaft och pressrester separerades. Juicen blandades med sockerlag och späddes med vatten för att sedan pastöriseras i 80°C i 27 sekunder. Nektaren varmfylldes på glasflaskor och lagrades ljust eller mörkt i 20°C.

Vitamin C

Bären innehöll 164 mg vitamin C/100 g. Efter pektinasbehandlingen återstod 91 % och efter centrifugeringen 87 %. Pastöriseringen gav ytterligare förlust så i den färdiga produkten resterade 82 % av mängden vitamin C från bären. Genom utspädning med vatten och socker gav det en nektar med 35 mg vitamin C/100 g. Under lagringen minskade C-vitamin, med en halveringstid på 630–693 dagar. Det var ingen större skillnad i nedbrytningshastighet mellan ljus och mörk lagring.

Antocyaniner

Innehållet av antocyaniner i bären var 363 mg/100 g. Efter pektinasbehandlingen återstod 87 %. Vid pastöriseringen ökade mängden till 91 % av den ursprungliga mängden i bären. Nektaren innehöll 87 mg antocyaniner/100 g. Under lagringen av nektaren minskade antocyaninerna betydligt snabbare än vitamin C. Det var även en skillnad mellan ljus och mörk lagring. Halveringstiden för antocyaniner i ljus var 165 dagar och i mörker 216 dagar.

Författarens kommentar

Pektinasbehandlingen ger minskning av vitamin C och antocyaniner, eftersom nedbrytande enzymer lätt kommer i kontakt med ämnena när bären tinats. Pastöriseringen var väldigt kort jämfört med andra studier, vilket gjorde att värmen inte gav någon särskilt stor påverkan på vitamin C och att antocyaninerna till och med ökade. Det kan ha berott på att de frigjordes från lösta partiklar juicen. Antocyaninerna påverkades mycket under lagringen. Eftersom antocyaninerna är pigment, så innebär en minsking av dem att också färgen på nektaren förändras. Antocyaninernas röd-blå-lila nyanser övergår till brunt under lagring.

Även om en korrekt pastöriserad produkt är mikrobiologisk hållbar, är det därför inte rimligt att sätta allt för lång hållbarhetstid, eftersom färgen försämras och vitamin C försvinner relativt fort. I lägre förvaringstemperatur kan antioxidanterna behållas längre.

Effekt av förvällning på vitamin C och karotenoider i havtornsjuice (Seglina, et al., 2006)

Metod

Frysta havtorn tinades långsamt i rumstemperatur eller direkt från frysen genom att förvällas i 5 minuter vid 98°C. Sedan pressades bären och råsaften kördes i en separator för att få bort fettfasen.

Vitamin C

Förvällning av bären direkt ifrån gav ett högre innehåll av vitamin C, ca 80 mg/100 g, jämfört med ca 73 g/100 g om de tinades i rumstemperatur. Separeringen av fettfasen gav en juice med 9–10 % mindre vitamin C jämfört med råsaften.

Karotenoider

Innehållet av karotenoider var 56 % högre om bären förvälldes innan pressningen, ca 8,5 mg/100 g jämfört med ca 3,5 mg/100 g. Vid separeringen av fettfasen togs en stor del av karotenoiderna bort.

Förutom effekter på innehållet av vitamin C och karotenoiderna, gav förvällning ett bättre utbyte av råsaft vid pressningen. I de förvällda bären var utbytet 94 %, jämfört med 68 % i enbart tinade bär.

Författarens kommentar

Det högre innehållet av vitamin C och karotenoider i förvällda bär berodde delvis på att värmningen inaktiverade nedbrytande enzymer. Blancheringen hjälpte även till så att ämnen i skalet lättare frigjordes och fördes med till råsaften. Förvällning var även gynnsamt för utbyte av juice. För just havtorn, med sina hårda skal, kan det ge större effekt än i andra, mjukare bär. Värmingen gör att havtornsbärens tjocka skal mjuknar och mer råsaft kan pressas ut. Separering av fettfasen från juicen bör undvikas för att inte minska mängden antioxidanter i onödan. Dock kan det se tråkigt ut i flaskan när faserna separerar, samt att hållbarheten kan förkortas till följd av fetthärskning.

Syltkokning

Syltkokning innebär oundvikligen en hög påfrestning av värme på antioxidanterna. För att minska denna påfrestning bör tillverkningen ske så snabbt som möjligt. Effektiva värmekällor, kastruller med bra värmeledning och stor avdunstingsyta vid kokningen, samt att koka i små satser, kan korta koktiden och minska risken för stora förluster.

I följande studier har engelskans "jam" översatts till sylt, men utifrån recepten skulle det även kunna röra sig om produkter som i Sverige lika gärna hade kallats för marmelad.

Effekt av tillverkning och lagring på vitamin C i jordgubbssylt (Häkkinen, et al., 2000)

Metod

Jordgubbar (2/3) och socker (1/3) kokades ihop till sylt i 30 minuter. Sylten lagrades antingen vid 5 °C eller -20 °C i upp till 9 månader.

Vitamin C

Bären innehöll 42 mg vitamin C/100 g. Efter syltkokningen hade 36 % brutits ner och i den färdiga sylten var totalinnehållet 24 mg/100 g sylt. Under lagringen minskade mängden vid förvaring vid 5 °C och efter 9 månader var innehållet 16 mg/100 g sylt. I frysen var vitamin C i stabilt under lagringen.

Författarens kommentar

Tillverkningsmetoden med att koka sylten i 30 minuter är inte gynnsamt för vitamin C som hinner brytas ner ganska mycket av värmen. En lagring vid lägre temperatur är att föredra, även om fryslagring kanske inte är ett aktuellt alternativ. Sval förvaring att föredra framför rumstemperatur för att behålla vitamin C.

Effekt av förädling på innehållet av totala fenoler och antocyaniner i körsbärssylt, plommonsylt och hallonsylt (Kim & Padilla-Zakour, 2004)

Metod

Färska frukter mixades grovt. Sylten tillverkades av 50 % frukt, 48 % socker och 2 % av en blandning av pektin och dextros (druvsocker). Frukten kokades upp, pektinet rördes ner och fick koka 2 minuter innan pH justerades med citronsyra till 3–3,2. Sockret blandades i och sylten kokades till 65–68 % Brix.

Totala fenoler

I de färska bären var innehållet av fenoler i körsbär (fyra sorter) 254–398 mg GAE/100 g, i plommon (tre sorter) 245–334 mg/100 g och i hallon (en sort) 341 mg/100 g. Under kokningen minskade mängden fenoler i jämförelse med de färska bären i tre av körsbärssorterna och i en plommonsort, med 9–27 %. I de tre övriga sylterna var det ingen förändring. Den färdiga sylten hade en total mängd fenoler, efter utspädning av sockret, på 132–199 mg GAE/100 g i körsbärsylt, 141–144 mg GAE/100 g i plommonsylt och 219 mg GAE/100 g i hallonsylt.

Antocyaniner

Innehållet av antocyaniner i färska körsbär var 45–67 mg/100 g, i plommon 30–47 mg/100 g och i hallon 55 mg/100 g. Efter kokningen hade mängden antocyaniner minskat i alla sylter, i jämförelse med färska bär, med störst förlust i körsbär och plommon med uppemot 80 %. I hallon var förlusten 11 %. Koncentrationen av antocyaniner i den färdiga sylten, efter utspädning med socker, var 5–10 mg/100 g i körsbärssylt och plommonsylt, medan hallonsylten innehöll 30 mg/100 g.

Författarens kommentar

Syltkokningen gav olika påverkan på fenolerna i olika bär och fenolerna var stabilast i hallon. Det kan bero på att olika sorters bär skiljer sig på andra kemiska egenskaper, som pH och andra antioxidanter, men även hur fenolerna sitter bundna. En bärsort med lägre pH och andra antioxidanter kan skydda mot förluster av fenoler eller antocyaniner. Förlusterna som sker beror främst på nedbrytning av värme, eftersom när sylten kokas så inaktiveras snabbt alla nedbrytande enzymer. Minskingen av antocyaniner kan orsaka att sylten tappar en del av sin röda färg.

Torkning

Torkning av bär ger risk för stora förluster av antioxidanter. Förädlingsmetoden i sig innebär stor exponering för syre, eftersom luft blåses direkt på bären, samtidigt som det är varmt, vilket skyndar på kemiska reaktioner. Avvägningen mellan tillräckligt hög temperatur för att ge snabb torkning och tillräckligt låg temperatur för att undvika bland annat nedbrytning orsakat av värme och färgförlust, är mycket betydelsefull vid torkning.

Effekt av torkning i kombination med förvällning på antocyaniner och fenoler i hallon

(Sablani, et al., 2011)

Metod

Hallon torkades i torkskåp i 65 °C tills de hade en fuktighet på 15–18 %. Ingående luftflöde hade en luftfuktighet på 11,2 % och hastigheten var 0,6 m/s. En del av bären förvälldes i ånga före lufttorkningen i 2 minuter vid 95 °C, varefter de genast kyldes ner till 38 °C och sedan torkades.

Totala fenoler

I de färska hallonen var mängden totala fenoler 12,3–13,6 mg GAE/g torrvikt. Efter lufttorkningen ökade mängden med 13–41 % i icke förvällda bär och 43–60 % i förvällda bär.

Antocyaniner

Innehållet av antocyaniner i de färska bären var 5,7–8,4 mg/g torrvikt. Torkningen minskade mängden antocyaniner med 20–29 % i bär som inte förvällts, medan bär som förvällts hade lika högt innehåll som innan torkningen.

Författarens kommentar

Förvällning är en viktig åtgärd för att behålla antocyaniner och andra fenoler vid torkning. Behandlingen inaktiverar nedbrytande enzymer och det ursprungliga innehållet bevaras bättre. Ökningen av fenoler kan bero på att värmen frigör bundna fenoler så att de blir med tillgängliga.

Effekt av torkning vid olika temperatur på vitamin C, karotenoider och fenoler i havtorn

(Araya-Farias, et al., 2011)

Metod

Färska havtorn halverades och kärnades ur. Sedan torkades de i 15 timmar i en varmluftstork vid 50 °C eller 60 °C, med ett luftflöde på 1 m/s.

Vitamin C

I de färska bären var innehållet av C-vitamin 184 mg/100 g. Efter torkningen återstod 67 % i de bär som torkats vid 50°C och 61 % i de som torkats i 60°C. Temperaturskillnaden hade därmed en liten betydelse för hur mycket vitamin C som bevarades.

Karotenoider

De färska bären innehöll 4 mg karotenoider/100 g. Torkningen medförde att endast 36 % av karotenoiderna vid 60°C eller 45 % av karotenoiderna vid 50°C bevarades.

Totala fenoler

Mängden totala fenoler i färska bär var 175 mg/100 g. Totala fenoler bevarades bäst av de tre antioxidanterna och det var ingen större skillnad mellan de olika torkningstemperaturerna. I de torkade bären var det 86–89 % kvar av den ursprungliga mängden.

Författarens kommentar

En högre torkningstemperatur (inom rimlig nivå), åtminstone i början av torkningen, kan vara bra för att snabbt få ner vattenaktiviteten, eftersom det hindrar enzymernas aktivitet. Dock kan det i ett senare skede av torkningen vara bra att sänka temperaturen, eftersom en högre temperatur kan skynda på reaktioner som ger icke-enzymatisk nedbrytning. Det krävs dock en avvägning, eftersom en alltför för varm torkning i början kan göra att ytan blir så torr att det hindrar vatten i mitten på bäret att gå ut.

Effekt av torkning och lagring på totala fenoler och antocyaniner i hallon, jordgubbar och blåbär (Michalczyk, et al., 2009)

Metod

Halverade jordgubbar och hela hallon lufttorkades i 40 °C i 48 timmar. Blåbär torkades hela i 40 °C i 72 timmar. De torkade bären lades i glasburkar och lagrades i rumstemperatur i ett mörkt utrymme i 10 månader.

Totala fenoler

Innehållet av fenoler var ca 887 mg/100 g i färska blåbär, 260 mg/100 g i hallon och 243 mg/100 g i jordgubbar. Efter torkningen hade mängden i blåbären minskat till 713 mg, medan mängden var ungefär densamma i hallon och jordgubbar. Under lagringen minskade fenolerna under de 6 första månaderna i alla tre bärsorter, men var under de följande 4 månaderna ganska oförändrade. Efter 10 månaders lagring återstod ca 18 % i blåbären, 55 % i hallonen och 42 % i jordgubbarna av den ursprungliga mängden fenoler i de färska bären.

Antocyaniner

De färska bärens innehåll av antocyaniner var i blåbär ca 26,7 mg/100 g, i hallon ca 27,4 mg/100 g och i jordgubbar ca 23,6 mg/100 g. Vid torkningen minskade mängden i alla bären, så att endast 45, 46 och 66 % återstod i blåbär, hallon respektive jordgubbar. Under lagringen fortsatte antocyaninerna brytas ner och efter 10 månader återstod 25 % i blåbär, 32 % i hallon och 41 % i jordgubbar av den ursprungliga mängden.

Författarens kommentar

Nedbrytningen av antocyaniner under torkningen orsakades troligen av enzymer. Torkningstemperaturen på 40 °C var inte tillräcklig för att inaktivera nedbrytande enzymer vilket kan ha resulterat i den stora minskningen av ämnena.

Dessa skulle kunna inaktiveras genom förvällning av bären innan torkning. Deras stabilitet påverkas i sin tur av pH, organiska syror och sockerkoncentrationen i bären, vilket ger olika effekt på torkning och lagring i bär med olika kemiska egenskaper. I blåbär var förlusterna störst, till följd av längre torkningstid.

Förvällning

Förvälling, ibland kallat blanchering, kan minska förluster orsakade av enzymatisk nedbrytning vid fryslagring, pressning och torkning av bär. Förvällning innebär att bären läggs i kokande vatten och sedan snabbt kyls av. Genom förvällning inaktiveras enzymerna som därmed inte kan orsaka förlust genom enzymatisk nedbrytning i senare förädlingssteg. Detta visades tydligt i flera av de beskrivna studierna. Trots att behandlingen kan ge förlust av framförallt de vattenlösliga antioxidanterna genom utlakning till förvällningsvatten, kan det ändå resultera i en slutprodukt med högre innehåll jämfört med om förvällningen inte gjorts. För att minimera förlusterna genom urlakning är det fördelaktigt att använda ånga istället för att förvälla direkt i vatten. För karotenoiderna är det mindre risk att de går förlorade, eftersom de är fettlösliga. Inför pressning kan det till och med vara gynnsamt med en kort värmebehandling eftersom antioxidanter som sitter i skalet, till exempel antocyaniner och karotenoider, kan frigöras av värmen och följa med råsaften vid pressningen. Både vid pressning och vid torkning kan själva förädlingsmetoden bli effektivare genom blanchering, eftersom värmen gör så att de yttre cellager i bären blir påverkade. Vid pressning kan råsaften då lättare går ur bären och utbytet blir bättre. På samma sätt kan fuktigheten lättare transporteras ur bär som ska torkas och ge kortare torktid, vilket är viktigt både ur ekonomiskt och kvalitetsmässigt perspektiv.

Ett problem med förvällning inom småskalig förädling är att det kan vara svårt att genomföra det praktiskt. Det finns särskild utrustning för att förvälla eller ångblanchera råvaror, men den är anpassad för industrins volymer och kostar därefter. I liten skala kan en kombiugn med ångprogram användas, men det kan vara en utmaning att få till ett rationellt tillvägagångssätt.

Sammanfattning
– åtgärder för att bevara antioxidanter vid förädling

Utifrån beskrivna studier kan följande tillvägagångssätt rekommenderas för att minska den negativa påverkan av förädlingen på bärens innehåll av olika nyttiga ämnen:

- Undvik rums- eller kylskåpsförvaring av färska bär. Förädla direkt eller frys in.
- Förväll bär innan frysning och packa dem syrefritt.
- Undvik lång fryslagring.
- Undvik långsam tining, både i rumstemperatur eller kylskåp.
- Förväll bär som ska pressas direkt från frysen (om de inte blancherats innan frysningen), eller koka sylt direkt på frysta bär.
- Förväll bär innan torkning (om de inte förvällts innan frysning).
- Pressresterna är rika på näringsämnen, använd dem till andra produkter.
- Undvik filtrering eller klarning av juice. Många nyttiga ämnen sitter i partiklar lösta i juicen.
- Pastörisera snabbt vid lite högre temperatur och kyl ner snabbt. Gör hållbarhetstester för att hitta en metod som är tillräcklig även för att inaktivera mikroorganismer.
- Förvara färdiga produkter svalt och mörkt för att bevara antioxidanter och färg bättre.

Slutligen bör värdet av att förändra tillverkningsmetoderna ska dock sättas i relation till annat innehåll i produkten och med konsumtionsmönster. I jämförelse mellan ovan beskrivna produkter kan det vara mer värt att satsa på bra metoder för drycker eller torkade bär för att göra produkter med högt innehåll av nyttiga ämnen. Drycker intas i större volymer och i torkade bär har ämnena koncentrerats så mindre mängder produkt ändå ger mycket av ämnena. Den högre värmebehandlingen vid tillverkning av sylt och marmelad i kombination att antioxidanterna späds ut med socker samt att produkterna konsumeras i relativt små mängder, är bra att ha i åtanke vid eventuella förändringar med syfte att bevara mer nyttiga ämnen.

Ordlista

Antioxidant	ämne som kan motverka oxidation av andra ämnen, tack vare sin kemiska struktur.
Biotillgänglighet	hur mycket av ett ämne som tas upp av kroppen i förhållande till vad som tillförs.
Enzymer	proteiner som katalyserar kemiska reaktioner.
Fria radikaler	mycket reaktiva atomer eller molkyler med oparade elektroner.
GAE	gallsyraekvivalenter, vanlig enhet för att uttrycka mängden totala fenoler i ett livsmedel.
In vitro	när biokemisk process sker i artificiell miljö istället för naturligt i en organism.
In vivo	när biologisk process sker på sin naturliga plats i celler eller vävnader i en organsim.
Oxidation	kemisk reaktion där ett ämne avger en eller flera elektroner till ett annat ämne, som då reduceras.
Oxidativ stress	förhöjda nivåer av fria radikaler i kroppen, som kan orsaka skada på fettsyror, DNA, celler och vävnader.
Cellandning	process som sker i cellen där kemisk energi från socker tillsammans syre omvandlas till kemisk energi i ATP, en energiform som kroppen kan använda till andra reaktioner. Kallas ibland för respiration.
Pektinas	enzym som bryter ner pektin.
ROS	Reactive Oxygen Species=reaktiva syreföreningar som kan orsaka skador på bland annat DNA och RNA.
Superfrukter	frukter och bär som antas ha högt innehåll av näringsämnen, med fokus på vitaminer och antioxidanter.

Referenser

Ancos, B. d., González, E. M., Cano, M. P., 2000. ***Ellagic acid, vitamin C, and total phenolic contents and radical scavenging capacity affected by freezing and frozen storage in raspberry fruit.*** Journal of Agricultural Food Chemistry, 48: 4565-4570.

Araya-Farias, M., Makhlouf, J., Ratti, C., 2011. ***Drying of seabuckthorn (Hippophae rhamnoides L.) berry: impact of dehydration methods on kinetics and quality.*** Drying Technology, 29: 351–359.

Dai, J. & Mumper, R. J., 2010. ***Review Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties.*** Molecules 2010, 2: 7313-7352.

Dauthy, M. E., 1995. ***Fruit and vegetable processing FAO Agricultural bulletin No. 119.*** [Online]
Tillgänglig: http://www.fao.org/docrep/V5030E/V5030E00.htm
[2012-11-19].

Hernández-Pérez, O., Paredes-López, M. L., Cervantes-Ceja, M., Vigna-Pérez, T., 2009. ***Berries: Improving human health and healthy aging, and promoting quality life—a review.*** Plant Foods for Human Nutrition, 65: 299–308.

Häkkinen, S. H., Kärenlampi, S., Mykkänen, H. M., Törrönen, A. R., 2000. ***Ifluence of domestic processing and storage on flavonol contents in berries.*** Journal of agricultural and food chemistry, 48:2960-2095.

Häkkinen, S. H., Kärenlampi, S.O., Heinonen, M.I., Mykkänen, H.M., Törrönen, R.A., 1999. ***Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempferol in 25 edible berries.*** Journal of agricultural and food chemistry, 47: 2275-2279.

Institutet för hälsa och välfärd, 2011. ***Fineli livsmedelsdatabas.*** [Online]
Tillgänglig: http://www.fineli.fi/index.php?lang=sv
[2012-11-19].

Iversen, C. K., 1999. **Black currant nectar: effect of processing and storage on antocyanin and ascorbic acid content.** Journal of food science, 64: 37-40.

Jaakola, L., Hohtola, A., 2010. ***Effect of latitude on flavonoid biosynthesis in plants.*** Plant, Cell and Environment, 33: 1239–1247.

Kader, S. K., Lee, A., 2000. ***Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops.*** Postharvest Biology and Technology, 20: 207-220.

Kalt, W., 2005. ***Effects of prodution and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants.*** Journal of Food Science, 70: R11-19.

Kim, D., Padilla-Zakour, O., 2004. ***Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity an anthocyanin-rich fruits: cherry, plum, and raspberry.*** Journal of Food Science, 69: 395-400.

Kloptek, Y., Otto, K., Böhm, V., 2005. ***Processing strawberries to different products alters content of vitamin C, total phenolics and antioxidant capacity.*** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 5640-5646.

Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., Heinonen, M., 2001. ***Berry phenolics and their antioxidant activity.*** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 4076-4082.

Kähkönen, M. P.,Hopia, A.I., Vuorela, H. J., Rauha, J-P.; Pihlaja, K., Kujala, T.S.; Heinonen, M., 1999. ***Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds.*** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 3954-3962.

Lashmanova, K.A., Kuzivanova, O.A., Dymova, O.V., 2012. ***Northern berries as a source of carotenoids.*** Acta biochemica Polonica, 59:133-134.

Livsmedelsverket, 2012a. ***Vitamin C.*** [Online]
Tillgänglig: http://www.slv.se/sv/grupp1/Mat-och-naring/Vad-innehaller-maten/Vitaminer/Vitamin-C/
[2012-11-21].

Livsmedelsverket, 2012b. ***Livsmedelsdatabasen - sök näringsinnehåll.*** [Online]
Tillgänglig: http://www7.slv.se/Naringssok/
[2012-11-19].

Michalczyk, M., Macura, R., Matuszak, I., 2009. ***The effect of air-drying, freeze-drying and storage on the quality and antioxidant activity of some selected berries.*** Journal of Food Processing and Preservation, 3:11–21.

Sablani, S. S., Andrews, P. K., Davies, N. M.,Walters, T., Saez, H., 2011. ***Effects of air and freeze drying on phytochemical content of conventional and organic berries.*** Drying Technology, 29: 205–216.

Seglina, D., Karklina, D., Ruisa, S., Krasnova, I., 2006. ***The effect of processing on the composition of sea buckthorn juice.*** Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 14: 257-264.

Skrede, G. , Martinsen, B. K., Wold, A-B., Birkeland, S-E., Aaby, K., 2012. ***Variation in quality parameters between and within 14 Nordic tree fruit and berry species.*** Acta Agriculturae Scandinavia Section B - Soil and Plant Science, 62:193-208.

Szajdek, A., Borowska, E., 2008. ***Bioactive compounds and health-promotion properties of berry fruits: a review.*** Plant Foods and Human Nutrition, 63:147-156.

Thane, C., Reddy, S., 1997. ***Processing of fruit and vegetables: effect on carotenoids.*** Nutrition & Food Science, 97: 58 - 65.

Tsao, R., 2010. ***Review Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols.*** Nutrients , 2: 1231-1246.

USDA, 2012. ***Products and services: Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) of selected foods, release 2*** (2010). [Online] Tillgänglig: http://www.ars.usda.gov/services/docs.htm?docid=15866 [2012-11-14].

Zheng, J., Yang, B., Ruusunen, V,, Laaksonen, O., Tahvonen, R., Hellsten, J., Kallio, H., 2012. ***Compositional differences of phenolic compounds between black currant (Ribes nigrum L.) cultivars and their response to latitude and weather conditions.*** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60: 6581–6593.

Zheng, J., Yang, B., Trépanier, M., Kallio, H., 2012. ***Effects of genotype, latitude, and weather conditions on the composition of sugars, sugar alcohols, fruit acids, and ascorbic acid in sea buckthorn (Hippophaë rhamnoides ssp. mongolica) berry juice.*** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60: 3180–3189.

Zheng, J., Yang, B., Tuomasjukka, S., Ou, S., Kallio, H., 2009. ***Effects of latitude and weather conditions on contents of sugars, fruit acids, and ascorbic acid in black currant (Ribes nigrum L.) juice.*** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 2977-2987.

Åkerström, A., Jaakola, L., Bång, U., 2010. ***Effects of latitude-related factors and geographical origin on anthocyanidin concentrations in fruits of vaccinium myrtillus L. (Bilberries).*** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 1939–1945.

Öhrvik, V., Mattisson, I., Staffas, A., Strandler, H. S., 2011. ***Bär - analys av näringsämnen.*** Livsmedelsverket.

Catrin Heikefelt

är utbildad till hortonom och arbetar på Eldrimner som branschansvarig inom bär, frukt- och grönsaksförädling. Catrin håller i både praktiska och teoretiska moment på Eldrimners kurser.

Artikeln är framtagen inom ramen för Interregprojektet Söka gammalt skapa nytt.

Foto: Stephane Lombard, Aina Bye, Eldrimmers arkiv / Text: Catrin Heikefelt / Grafisk form: Koning & Smith
© Eldrimner / Söka gammalt skapa nytt, 2013