

## Fenolers inverkan på vinkvalitet

- En litteraturstudie för kartläggning av fenoler och faktorer som kan inverka på fenolkoncentrationen

Phenol impact on the quality of wine

- A literature review to identify phenols and factors that may affect phenolic concentration

*Anna Persson*



## **Fenolers inverkan på vinkvalitet**

- En litteraturstudie för kartläggning av fenoler och faktorer som kan inverka på fenolkoncentrationen

## **Phenol impact on the quality of wine**

- A literature review to identify phenols and factors that may affect phenolic concentration

*Anna Persson*

**Handledare:** Lars Mogren, SLU, Hortikultur

**Examinator:** Lotta Nordmark, SLU, Hortikultur

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Kandidatarbete i biologi

**Kurskod:** EX0493

**Program/utbildning:** Trädgårdsingenjörprogrammet - marknad

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2013

**Omslagsbild:** Graham (2010), Wine country, hämtad: 11 mars 2013, CC,  
<http://www.flickr.com/photos/44461337@N06/5041531379>

**Serietitel:** Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

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

**Nyckelord:** fenoler, vin, kvalitet, vinframställning, antocyanin, tannin, klimat

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
**Swedish University of Agricultural Sciences**

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap  
Institutionen för biosystem och teknologi

## Förord

Jag vill börja med att rikta ett stort tack till min handledare, Lars Mogren för all inspiration och uppmuntran jag har fått under arbetets gång. Lars engagemang har varit av stor betydelse och jag uppskattar all tid han lägger ner för att hjälpa mig. Till sist vill jag rikta ett stort tack till vänner och familj som alltid finns där för att uppmuntra och stötta mig.

*Anna Persson*

Alnarp 2013

## Sammanfattning

Detta kandidatarbete är en litteraturstudie om fenoler i vindruvor. Fenoler är en stor grupp kemiska ämnen som i sin närvaro eller frånvaro inverkar på vinets slutliga kvalitet i form av färg, arom, bitterhet och strävhet. Detta arbete kommer att ta upp fenolers kemiska indelning, vilken roll de har i druvor, deras inverkan på vinets kvalitet, olika miljöförhållanden som påverkar koncentrationen samt ta upp hur vinframställningsprocessen inverkar på fenolhalten.

Fenolkoncentrationen i vin påverkas av en rad yttre betingelser vilket både vinodlaren och vinmakaren behöver ha i åtanke hela vägen från odlingen av druvor till det drickfärdiga vinet. Genom en ökad förståelse för hur de kemiska föreningarna beter sig och genom att optimera förhållanden under odlingen och vinframställningsprocessen kan vin av bättre kvalitet med högre fenolkoncentrationer komma att produceras.

## Abstract

This bachelor thesis is a study of phenols in wine grapes. Phenols are a large group of chemical substances that in their presence or absence affects the wine's final quality in terms of color, aroma, bitterness and astringency. This work will address phenols in classes, what role they have in the grapes, their impact on quality, different environmental conditions which affect concentration, and the role of wine-making processes that affect phenolic concentration.

Phenol concentration in wine is influenced by a range of external conditions which both winegrower and winemaker needs to keep in mind throughout the process that occurs from growing the grapes in field to the finished wine. Through a better understanding of how the chemical compounds behave and by optimizing conditions during growth and wine-making, better quality wines with higher phenol concentrations may be produced.

## Innehållsförteckning

1. Introduktion	7
1.1. Bakgrund och problembeskrivning	8
1.2. Frågeställning	8
1.3. Syfte, målbeskrivning och avgränsning	8
2. Material och metod	8
3. Resultat av litteraturstudie	9
3.1. Kvalitet	9
3.2. Fenoler	10
3.2.1. Polyfenoler	12
3.2.2. Icke-flavonoider	13
3.2.3. Flavonoider	13
3.2.4. Flavanoler	13
3.2.5. Flavonoler	14
3.3. Antocyanin	14
3.4. Tannin	15
3.5. Faktorer som påverkar fenolkoncentrationen	16
3.5.1. UV-strålning	17
3.5.2. Temperatur	18
3.5.3. Jord	18
3.5.4. Altitud	19
3.5.5. Vattentillgång	19
3.5.6. Sortskillnader	19
3.6 Smak	19
3.7. Arom	20
3.8. Bitterhet och strävhet	20
3.9. Vinframställning	21
3.9.1. Vinframställning av rött vin	21
3.9.2. Vinframställning av vitt vin	22
3.9.3. Maceration	22
3.9.4. Fermentering	23
3.9.5. Ekens betydelse	24
3.9.6. Lagring	25
4. Diskussion	25
5. Slutsats	27
6. Referenslista	28

## 1. Introduktion

Odlingen av vindruvor är omfattande i världen och vinrankan anpassar sig lätt till olika förhållanden vilket har gjort att den odlas på ett flertal platser i världen med varierade klimat. Odlingen är visserligen inte bara koncentrerad till vin utan även till färsk frukt, juice, russin och sylt (Creasy *et al.*, 2009). Vin konsumeras i dagsläget i hela världen och det finns ett hundratal sorter av vindruvor inom släktet *Vitis vinifera*, som används för vintillverkning (Torstenson *et al.*, 2009). Idag kan vi producera riktigt bra viner då vi utvecklat förståelsen för druvans tillväxt samt att det skett en teknologisk utveckling inom vinframställningen men att framställa vin innebär en rad svårigheter för både vinodlaren och vinmakaren. För odlaren är det viktigt att kunna odla fram druvor med hög kvalitet och för vinmakaren handlar det om att inneha kunskap om de kemiska föreningarna (Zoecklein *et al.*, 1999). Det finns stora genetiska variationer mellan druvsorter som alla har en enorm mångfald av fenoler och varje förening har specifika egenskaper. Vin är en heterogen blandning av flera ämnen och varje kemisk förening har sin egen specifika blandning. Fenoler som kommer att tas upp i denna litteraturstudie är kemiska föreningar som kännetecknas av att de har en bensenring med en eller flera hydroxylgrupper (-OH).

Fenolhalten som återfinns i vin ses som en viktig parameter för att bedöma kvalitet på druvor, must och färdiga viner (Harbertson *et al.*, 2006). Dessa kemiska föreningar bidrar till vinets sensoriska kvalitet i form av färg, arom, strävhet och bitterhet (Monagas *et al.*, 2005). I ett flertal vetenskapliga koststudier har det visat sig att flera fenoler innehar en positiv inverkan på människors hälsa då de agerar som antioxidanter och sänker koncentrationen av fria radikaler (Parr *et al.*, 2000; Harbertson *et al.*, 2006). På grund av dessa forskarresultat arbetar dagens vintillverkare till stor del med att producera vin som är rika på fenolföreningar (Sun *et al.*, 2001).

Fenoler utvinns från skal, kärnor och stjälkar under krossning, pressning och jäsning. De förändringar i fenolkoncentrationen som sker under vinframställningsprocessen avgör slutproduktens sensoriska kvalitet och röda viner har generellt sett en högre fenolhalt än vita viner (Jackson *et al.*, 1993). Genom att studera druvor, vinframställningsteknik och hur omvandlingen av fenoler som sker under åldringsprocessen kan vi få kunskap om hur vin med ökat fenolinnehåll skulle kunna produceras (Sun *et al.*, 2001).

### 1.1. Bakgrund och problembeskrivning

Fenolföreningar är en stor och variationsrik grupp kemiska ämnen som genom sin närvaro eller frånvaro bidrar till vinets kvalitet. Innehållet och sammansättningen i vinet påverkas av ett flertal faktorer som vinframställning, lagring och klimat. Genom ökad kunskap om fenoler kan vi bättre förstå de förändringar som sker i vinets sammansättning och hur vi kan påverka detta från val av odlingsplats och druvsort till vinframställningsteknik och lagring. Vid vinframställning är det av stor vikt att inneha kunskap om fenolföreningarnas förändringar för att optimera vinets kvalitet i form av färg, smak och textur.

### 1.2. Frågeställning

Utgångspunkten för arbetet var att besvara vad fenoler i vin är och vilka egenskaper dessa innehar. Arbetet kommer också att lägga vikt vid faktorer som påverkar fenolföreningar och hur dessa inverkar på vinets kvalitet.

### 1.3. Syfte, målbeskrivning och avgränsning

Syftet är att sammanställa kunskapen om fenoler och hur dessa påverkar vinets kvalitet i form av färg, smak och arom. Det kemiska innehållet i vin är av stor betydelse och genom ökad förståelse om kemisk sammansättning kan vinframställningstekniken komma att utvecklas. Arbetet kommer att beskriva vad fenoler är, deras egenskaper, faktorer som påverkar fenolers innehåll och sammansättning samt ta upp tekniska behandlingar och tekniker som kan inverka på fenolföreningar. Hur processen från druvpressning till drickfärdigt vin går till har visat sig inneha stor inverkan på fenolhalten och vinets slutliga kvalitet. Arbetet har avgränsats till att studera *Vitis vinifera* då de flesta viner i världen produceras av denna art. I litteraturstudien kommer inte alla odlingstekniska aspekter som inverkar på vinets kvalitet att tas upp. Avgränsningen kommer att sträcka sig till klimatfaktorer (temperatur och UV-ljus), jord, altitud och vattentillgång. Detta är faktorer som man som odlare till viss del kan påverka genom bland annat val av odlingsplats, uppbindningsteknik och beskärning.

## 2. Material och metod

Arbetet har genomförts med utgångspunkt från en litteraturstudie. Facklitteratur och vetenskapliga artiklar har granskats för att ge utökad kunskap inom området fenoler och vinkvalitet. Artiklar från databaser som Web of Knowledge, Scopus och Google Scholar har använts.



### 3. Resultat av litteraturstudien

#### 3.1. Kvalitet

Det är inte lätt att definiera kvalitet men inom vinkulturen relateras kvalitet ofta till en smak eller arom som uppfattas som karaktäristisk för en viss druvsort. När vi talar om kvalitet är det viktigt att vara medveten om att traditioner, tillgänglighet och personliga preferenser har en avgörande roll för vad en person anser vara kvalitet (Jackson *et al.*, 1993).

Vinframställningen regleras i dagsläget hårt av olika länders regeringar och överstatliga organ som EU (Torstenson *et al.*, 2009). I vin finns det hundratals ämnen, däribland fenoler som påverkar vinets doft och smak (Skinner, 2005). De smakföreningar som inverkar på vinets kvalitet kan delas in i fem grupper: syror, alkoholer, socker, polyfenoler och flyktiga föreningar (Goode, 2005). En viktig roll för vinets slutliga kvalitet är odlingsplatsen där druvan odlas och just UV-strålningen är mycket viktig för fotosyntesen som inverkar på druvans utveckling av fenoler (Creasy *et al.*, 2009; Downey *et al.*, 2006). Men det är ett flertal faktorer som orsakar förändringar i druvans komposition och som påverkar den slutliga kvaliteten på vinet (figur 1). Vindruvorna bör skördas när sockerhalten är hög för att uppnå god slutgiltig kvalitet på vinet. Vindistrikt som har en kort säsong och kyligt klimat kan få det svårt med att få druvor med bra kvalitet i form av smak, arom och färg (Jackson *et al.*, 1993). Det har i studier visat sig att vinkvaliteten till stor del är beroende av klimatet och temperaturen speciellt under den sista perioden av druvans mognad (Zoecklein *et al.*, 1999).

Kvalitet hos vin kan delas in i nio kategorier: färg, aromintensitet, vitalitet (renhet), komplexitet (harmoni mellan föreningar), subtilitet, livslängd, smakstyrka och längd samt balans mellan socker och syra. För vinmakare handlar det om att inneha kunskap om druvornas kemiska sammansättning för att kunna justera druvmognad och vinframställningsteknik. Detta behövs för att kunna utvinna arom- och smakämnen i en välbalanserad produkt (Zoecklein *et al.*, 1999).



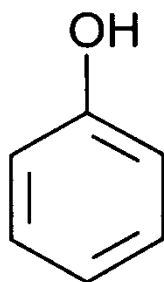
Figur 1. Faktorer som inverkar på druvans kemiska sammansättning och kvalitet (förlaga från Jackson och Lombard, 1993).

Fenolföreningar bidrar till vinets sensoriska egenskaper i form av strävhet, bitterhet och färg. Vinets färg påverkas av ett flertal parametrar såsom druvsort, vinframställningsteknik och de kemiska reaktioner som sker under lagringen. De största färgförändringarna i vin har visat sig ske under det första lagringsåret. Det är vanligt förekommande att oxidationer sker och fenolinteraktionerna är vanligtvis anaeroba vilket innebär att de sker utan syre (Gómez-Plaza *et al.*, 2000). När det gäller smak så har det framkommit att druvkärnor är rika på proantocyanidiner (en undergrupp till fenoler) som påverkar vinets strävhet och bitterhet. Antocyaniner (röd-lila färgpigment) är ansvariga för vinets färg och dessa kan reagera med andra fenolföreningar vilket kan ge stabilare pigment. För att förklara detta så innebär det att det sker en färgförändring från blåröd till rödbrun (Gómez-Plaza *et al.*, 2000). När det gäller vinets arom så har aromföreningarna visat sig ha en uttalad effekt på människans sinnesorgan och spelar en viktig roll i frågan om vad konsumenten upplever som kvalitet. Den totala halten aromföreningar i vitt vin har i studier visat sig uppgå till cirka 0,8-1,2 g/l (Rapp, 1998).

Förändringar som sker under fruktutvecklingen har visat sig påverka förmågan att frigöra fenoler och temperaturen har visat sig inneha stor betydelse för vinets kvalitet. Temperaturen under utvinning av färg- och aromämnen, lagringstemperatur och lagringstid påverkar också fenolföreningar och vinets färg i hög grad (Gómez-Plaza *et al.*, 2000). Den slutliga kvaliteten är bevisligen starkt beroende av fenolsammansättningen och med förbättrade analysmetoder och utvecklad vinframställningsteknik kan vin av bättre kvalitet komma att produceras (Cagnasso, 2011; Flamini, 2003).

### 3.2. Fenoler

Efter kolhydrater och syror är fenoler den mest rikliga beståndsdel i druvor (Margalit, 2004). Fenoler är en stor grupp kemiska ämnen som påverkar vinkvaliteten då de avgör det röda vinets färg och smak i form av bitterhet och strävhet (Budic-Leto *et al.*, 2008; Margalit, 2004; Zoeklein *et al.*, 1999). Föreningarna besitter en bensenring, aromatiskt kolväte (figur 2), med en eller flera hydroxylgrupper (-OH) och har förmågan att fungera som antioxidanter då de sänker koncentrationen av fria radikaler (Parr *et al.*, 2000).



Figur 2. Grundstruktur av fenol som innefattar en bensenring och en hydroxylgrupp, -OH (Waterhouse, 2002).

Antioxidanter är ämnen i druvan som motverkar oxidation (Borén *et al.*, 2005). Hur en antioxidant fungerar i det biologiska systemet beror inte bara på den kemiska strukturen utan även på den kemiska miljö den befinner sig i (Zoecklein *et al.*, 1999). Fenolsammansättningen avgörs av flera faktorer som sort, jord och odlingsplatsens altitud som beskriver höjden över havet (Monagas *et al.*, 2005). Under fruktmognaden sker stora förändringar av fenolkoncentrationen då den ökar för att sedan gradvis minska när druvan nått full mognad (Margalit, 2004). Fenoler delas in i två grupper: flavonoider (antocyaniner, flavonoler och flavanoler) samt icke-flavonoider (bensoesyra och kanelnsyra) se figur 3 (Budic-Leto *et al.*, 2008; Zoecklein *et al.*, 1999). Fenolkompositionen i vinet beror på halten som finns i druvan, extraktionen och de kemiska reaktioner som skett under vinets lagring (Budic-Leto *et al.*, 2008).



Figur 3. Klassificering över fenolföreningar som återfinns i vin.

I druvor finner man främst fenolföreningar i skal och kärnor (Margalit, 2004). Polyfenoler som har ett flertal hydroxylgrupper bundna till en bensenring återfinns i druvans fruktkött (Monagas *et al.*, 2005). Fenolföreningar är ofta vita men kan uppvisa en gulaktig ton. Vissa fenoler är hydrofila, de löser sig i vatten medans andra är hydrofoba, vilket innebär att de inte löser sig i vatten (Parr *et al.*, 2000). De har en stor inverkan på vinets lagringskapacitet och deras kemiska beteende under vinframställningen spelar en stor roll för vinets slutliga kvalitet (Margalit, 2004).

Den totala fenolkoncentrationen i druvor som hör till arten *Vitis vinifera* återfinns till 65% i kärnor, 30% i skal samt 4-5% i fruktkött (Margalit, 2004).

Fenolerna som återfinns i fruktköttet är nästintill alla icke-flavonoider medans skalet innehåller flavonoider och polymerer (Margalit, 2004). Polymerer är stora molekyler som bildats av ett flertal monomerer som är små delar av utgångsmolekylen (Borén *et al.*, 2005). Fördelningen av fenoler som finns i rött vin visas i tabell 1 (Sacchi *et al.*, 2005; Zoecklein *et al.*, 1999). Fenoler inverkar inte bara på smak och färg, de är också viktiga för vinrankans försvar, då fenoler försvarar växten från patogener som virus och svampar (Parr *et al.*, 2000).

Tabell 1. Uppmätt fenolhalt i ett "typiskt" rött vin

Fenoltyp	Koncentration mg/L
Icke-flavonoider	200
Flavonoider	
Antocyanin	150
Kondenserad tannin	750
Andra flavonoider	250
Flavonoler	50

Återskapat enligt förlaga från Sacchi *et al.*, (2005).

Den totala fenolhalten är lägre i vin än den är i druvor då koncentrationen minskar under vinframställningsprocessen. Den maximala utvinningen av fenoler kan vara upp till 60% efter fermenteringen (jäsningsprocessen). Fermentering och lagring i ekfat är sålunda källor som kan påverka fenolhalten (Zoecklein *et al.*, 1999). Fenolhalten har visat sig vara signifikant högre i ett glas rött vin än i ett glas vitt. I en studie visade det sig att ett glas rött vin innehåller 200 mg fenoler jämfört med ett glas vitt som endast innehöll 40 mg fenoler (Waterhouse, 2002).

### 3.2.1. Polyfenoler

Polyfenoler är en grupp kemiska ämnen som kännetecknas av att de har ett flertal hydroxylgrupper bundna till bensenringar och att de inkluderar katekin (Waterhouse, 2002). Den grundläggande byggstenen är fenol och den binder spontant med andra föreningar som exempelvis protein (Goode, 2005). Tekniken som används vid vinframställningen har en stor inverkan på polyfenolerna och temperaturen påverkar i hög grad extraktionen av polyfenoler (Budic-Leto *et al.*, 2008).

Under vinframställningsprocessen är det viktigt att inneha kemisk kunskap för att utvinna polyfenoler med fortsatt stabilitet. Det finns flera faktorer som påverkar fenolkompositionen som macerationstid (urlakning av arom- och färgämnen), fermentering (jäsnings), pressning och lagring (Monagas *et al.*, 2005). Komplexa polyfenoler innehåller två eller flera aromatiska ringar och delas in i undergrupper som flavanoler, flavonoler och antocyaniner. Vid urlakning av arom- och färgämnen släpps polyfenoler fria från olika delar av druvan: aldehyder (-CHO) från juice och massa, antocyaniner och flavonoler från skal samt tanniner från kärnor. Polyfenoler spelar en viktig roll för vinets egenskaper och det är av stor vikt att inneha kunskaper om polyfenolerna för att förstå åldringsprocessen och för att lösa de problem som kan uppkomma med färginstabilitet (Flamini, 2003).

### 3.2.2. Icke-flavonoider

Icke-flavonoider i vin härstammar från bensoesyra eller kanelsyra och är kemiska föreningar som bildats genom en reaktion med socker, organiska syror eller alkohol. Icke-flavonoiderna kan bidra till bitterhet och hårdhet i vinet. Druvmust har visat sig innehålla höga halter icke-flavonoider (Zoecklein *et al.*, 1999). Intervallet kan uppskattas till 100-300 mg/L i druvjuice (Margalit, 2004). Den största källan till icke-flavonoider från druvan är en spjälkning (delning) från antocyanin- och kanelsyragrupper. Under fermenteringen kan kanelsyra minska med nästan 20% då jäst gör att kanelsyran adsorberas (fastnar). De fenoler som extraheras från ek har visat sig nästintill enbart vara hydrolyserbara (delbara) icke-flavonoider (Zoecklein *et al.*, 1999).

### 3.2.3. Flavonoider

Flavonoider är polyfenolföreningar med flera aromatiska ringar kopplade till hydroxylgrupper (-OH) som verkar som antioxidanter (Waterhouse, 2002). Flavonoider inverkar på vinets färg och återfinns i druvans skal, kärnor och vinrankans stjälk (Zoecklein *et al.*, 1999). Under jäsningsprocessen har det visat sig att flavonoider utvinns från druvans skal och kärnor (Waterhouse, 2002). Flavonoider har visat sig kunna bilda komplex med andra flavonoider, metaljoner och ett flertal andra molekyler. I dagsläget har mer än 4000 flavonoider med olika fysiologiska funktioner uppmärksamats i forskning. Ett flertal studier har gjorts av flavonoider och den ökade kunskapen har bidragit till större förståelse för genetisk och molekylär grund för pigmentering (Downey *et al.*, 2006). De kan finnas fria eller bundna till andra flavonoider, icke-flavonoider, socker eller i en kombination av dessa. Bearbetning av vinet kan påverka flavonoidkompositionen i stor grad och vid en ökad temperatur och skalkontakt kan flavonoidhalten stiga. Flavonoider står ofta för 80-90% av den totala fenolhalten i rött vin. I vitt vin är halten betydligt lägre och uppskattas till 25% och detta beror till stor del på vinframställningstekniken (Zoecklein *et al.*, 1999).

### 3.2.4. Flavanoler

De vanligaste flavonoiderna i vin är flavanoler och dessa återfinns i druvans skal och frön. De kan även kallas flavan-3-oler för att lättare identifiera placeringen av OH-gruppen (Waterhouse, 2002). Flavanoler inkluderar katekin samt epikatekin och i den polymeriska formen kallas de procyanidin eller kondenserad tannin (Goode, 2005). Katekin påverkar vinets färg (brunfärgning) och smak i form av bitterhet (Zoecklein *et al.*, 1999).

Flavanoler finns i ett intervall från 40-120 mg/l i rött vin och halten påverkas i hög grad av vinframställningstekniken som används. Nivåerna i vitt vin är lägre och har visat sig ligga inom intervallet 10-50 mg/l. Intervallet påverkas till stor del av pressningen som görs vid vinframställningen och fördelningen har visat sig skilja mellan olika druvsorter (Waterhouse, 2002).

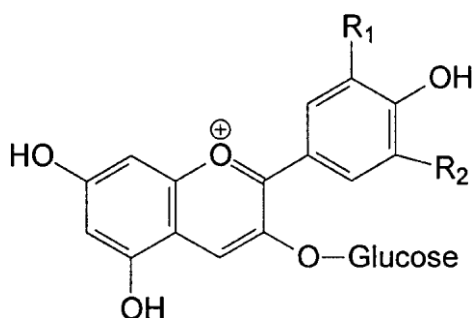
### 3.2.5. Flavonoler

Flavonoler återfinns i det yttersta skalskiktet på druvan och absorberar UV-ljus. Ljusinstrålningen har därför en stor inverkan på halten flavonoler (Waterhouse, 2002). I druvors skal finns flavonolen, quercetin som är ett naturligt gult färgämne (Price *et al.*, 1995). I studier som gjorts om flavonoler har det visat sig att vin som producerats utan skalkontakt i stort sett inte innehåller några flavonoler alls (Zoecklein *et al.*, 1999). I naturen är flavonoler i princip alltid bundna till en eller flera sockermolekyler som kan vara mer eller mindre hårt bundna (Waterhouse, 2002). I glykosid form får flavonoler större löslighet i vatten och deras stabilitet mot oxidation ökar (Margalit, 2004).

### 3.3. Antocyanin

Antocyanin är en undergrupp till flavonoider som ger vin dess röda färg och till stor del bidrar till fenolinnehållet i vin (Kontoudakis *et al.*, 2011; Sun *et al.*, 2001). Antocyanin är ofta bunden till glykosid och i figur 4 visas den kemiska strukturen som innefattar flera bensenringar med hydroxylgrupper (Clifford, 2000). Antocyanin finner man i druvans yttersta skal eller närmare bestämt i cellernas vakuoler som är vätskefyllda blåsor (Wills *et al.*, 2007).

Antocyanin är vattenlösliga flavonoider som ansvarar för blå, lila, röd och violett färgade pigment (Olsson, 1999). Antocyaninernas nyans och struktur påverkas av ett flertal faktorer som exempelvis koncentrationen i cellens vävnad och pH (Margalit, 2004). De fem vanligaste antocyaninerna i druvor från *V. vinifera* är malvidin, delphinidin, cyanidin, petunidin och peonidin (Flamini, 2003). Antocyanin interagerar med ett flertal andra fenolföreningar och dessa bindningar sker när det är skillnader i elektrisk laddning (Waterhouse, 2002). Pigmenten är således till stor del påverkade av jonernas karaktär (Margalit, 2004). De har visat sig att antocyanin har en inneboende instabilitet men de kan visa stabilitet under sura betingelser (Jackman, 1987).



Figur 4. Antocyanin struktur som innefattar flera bensenringar med hydroxylgrupper (Clifford, 2000).

Antocyaniner har stor inverkan på det röda vinets färg och proantocyanin kan påverka bitterhet och strävhet. För att ytterligare komplicera det hela så är det oligomerer, det vill säga en mellanform med ett fåtal molekyler med låg molekylvikt som påverkar strävhet ((Budic-Leto *et al.*, 2008).

Vinets bittra smak kan däremot härledas till proantocyanin med en hög molekylvikt (Budic-Leto *et al.*, 2008). Lagringen av antocyanin i vindruvornas celler påbörjas vid mognaden och fortsätter normalt under hela mognadsprocessen. Faktorer som sort, region och tillväxtbetingelser kan inverka på nivåerna. Ackumuleringen har visat sig starta då druvan börjar ansamla socker (Boss *et al.*, 1996). Under sura förhållanden (pH < 7) är antocyanin rött och vid basiska förhållanden (pH > 7) så tenderar de till en blålila ton (Wills *et al.*, 2007; Goode, 2005). Under lagring- och åldrandeprocessen ändras vinets färg från klarröd till en rödbrun nyans. Detta sker då det bildas nya och stabila pigment (Remy *et al.*, 2000). Studier har visat att antocyaninhalten även påverkas av odlingens höjd över havet och i vissa sorter som studerats har man påvisat större koncentrationer vid en höjd, från 150 till 250 m över havet (Downey *et al.*, 2006).

Den röda färgen i vin påverkas av ett flertal föreningar:

- fria antocyaniner
- oligomerer (struktur med ett fåtal molekyler)
- Röda polymera pigment (tannin)

Under fermenteringen (jäsningsprocessen), mognaden och lagringen kan fria antocyaniner brytas ner medans andra föreningar sig med strukturer som har ett fåtal molekyler och polymerer (långa molekylkedjor) för att forma nya pigment (Iland *et al.*, 2004b).

Ett stort antal faktorer påverkar vinets färg såsom antocyanin-sammansättning, sort och mognadsgrad. Antocyaninhalten ökar under druvans mognad och antocyaninextraktionen (urlakningen) har visat sig öka under jäsningsprocessen (Sims *et al.*, 1994). För att förklara uppkomsten av pigment kan man säga att det sker en kondensation av antocyaniner och flavonoler (Kontoudakis *et al.*, 2011). Antocyaninhalten varierar i olika druvsorter och druvsorterna Syrah och Cabernet sauvignon har visat sig inneha flest färgämnen per liter (Torstenson *et al.*, 2009).

Den totala halten av antocyanin påverkas till stor del av processen som utvinnet färgpigment och aromföreningar under vinframställningen. Denna process kallas maceration och temperaturen har visat sig ha stor betydelse för hur mycket antocyanin som utvinns och åldrandeprocessen inducerar även förändringar i fenolnehåll. Vin innehåller höga koncentrationer av antocyanider med både låg och hög molekylvikt. Skillnaden i koncentration och förhållandet mellan dessa påverkas av vinframställningstekniken. Om man förlänger macerationstiden 17 dagar så resulterar detta i en ökning av lågmolekylära proantocyanidiner som bidrar till strävhet (Budic-Leto *et al.*, 2008).

### 3.4. Tannin

Tanniner inkluderar en rad polyfenoler från små oligomerer (ett fåtal molekyler) till stora proantocyanin polymerer (långa molekylkedjor) som vanligtvis kallas kondenserade tanniner (Downey *et al.*, 2006).

Dessa påverkar vinets smak i form av strävhet och bidrar till färgstabilitet genom att forma komplex med vattenlösliga flavonoider som antocyanin (Downey *et al.*, 2006; Flamini, 2003). Tanniner finns i skal, kärnor och kan till viss del även finnas i små mängder i druvans vakuol som är en vätskefylld blåsa i cellen. Vid fruktutvecklingen har halten tannin i skalet visat sig vara som störst (Downey *et al.*, 2006; Margalit, 2004). Tannin binder och fixerar proteiner och kan även kallas garvsyra (Andersson *et al.*, 2009). En torr och sträv känsla i munnen kan bero på höga tanninkoncentrationer men det går inte att påstå att man kan smaka eller dofta tannin (Skinner, 2005).

I rött vin är det vanligt med två typer av tannin: kondenserade och hydrolyserbara. Hydrolyserbar tannin härrör från ekfat, ekchips eller kan tillsättas i pulverform (Margalit, 2004).

Röda viner som ekfatslagrats har konstaterats innehålla högre nivåer än vita viner och de hydrolyserbara tanninerna påverkar vinets sensoriska egenskaper i hög grad (Waterhouse, 2002).

Kondenserade tanniner är polymerer (långa molekylkedjor) av flavonoider som är kovalent bundna till varandra (Margalit, 2004). En kovalent bindning innebär att valenselektroner som finns i atomens yttersta skal deltar i elektronparbildningarna (Borén *et al.*, 2005). Procyanidin är en vanlig förekommande kondenserad tannin (Goode, 2005). Tanninhalten förändras under lagringen och om vinet lagras i ekfat så kan hydrolyserbara tanniner urlakas, vilket i sin tur kan påverka vinets smak. Tanninkoncentrationen har visat sig kunna öka 20-40% vid lång skalkontakt under vinframställningen (Margalit, 2004). Under mognad och lagring kommer vinet att upplevas som mjukare eftersom tanninen är på sin topp i levnadscykeln. Om vinet dock lagras för länge så kan man uppleva en besk eftersmak (Andersson *et al.*, 2009). Tanniner har visat sig öka under fermentering (jäsning) och en hög halt har visat sig stabilisera vinets färg men kan också ge negativa sensoriska effekter som strävhet (Sims *et al.*, 1994).

### 3.5. Faktorer som påverkar fenolkoncentrationen

Enligt Downey *et al.*, (2006) påverkar ljus, temperatur, altitud (höjd över havet), jord, vatten, näring, mikrobiell aktivitet, patogener, skador, lövfällning, planttillväxtregulatorer och olika utvecklingsmässiga processer flavonoidkoncentrationen. Tillgången på näringsämnen har enligt Downey stor betydelse för planttillväxten och har visat sig innehålla betydelse för kompositionen av flavonoider i växtvävnader. Vid kvävegödsling har en minskning av färg i druvor uppmäts och det är både låga och höga nivåer av kvävegödsel som har visat sig minska färgen i druvor. Forskning har däremot visat att kalium kan öka färginnehållet i druvor. Den troligaste mekanismen vid minskad fenolhalten vid höga nivåer av näringsämnen är överdriven planttillväxt. Druvans tillväxt har också rapporterats påverka tanninkoncentrationen och kompositionen i druvor (Downey *et al.*, 2006).

Downey *et al.*, (2006) påpekar att den jord som finns på odlingsplatsen har betydelse eftersom mikronäringsämnen och struktur kan påverka flavonoidnivåerna.



Dessa egenskaper har en stor effekt på plantans tillväxt. Jordens vattenhållande förmåga är viktig för att minska vattenstress men vissa studier påvisar att ett underskott på vatten kan öka antocyanin- och tanninhalten i druvorna (Downey *et al.*, 2006). Osmotisk stress har i studier visats öka antocyaninackumuleringen vilket tyder på att vattenunderskottet kan användas för att påverka antocyaninhalten i vin. Viss forskning har också visat att överdriven vattning minskar tanninhalten. Vattenunderskott har däremot liten eller ingen effekt på tannin- och antocyaninhalten i druvan och de små skillnaderna som uppvisats i antocyanin- och tanninkoncentration med bevattningsunderskott har inte påverkats av druvans storlek. Det har dock visat sig vara svårt att tolka hur vattenunderskott påverkar flavonidbiosyntesen (process som möjliggörs av enzymer) eftersom vattenstress påverkar mycket annat i växten (Downey *et al.*, 2006). Vid stängning av porer på växtens blad (stomata stängning) som sker till följd av vattenstress minskar fotosyntesen vilket innebär minskad skott- och rottillväxt (Jones, 1992).

### 3.5.1. UV-strålning

Effekten av ljus har tillämpats i ett flertal studier och visat sig påverka fotosyntesen och mognadsprocessen i hög grad (Downey *et al.*, 2006; Goode, 2005). Vinrankor behöver solljus, men för mycket torkar ut druvan och för lite gör att druvan inte mognar fram tillräckligt (Skinner, 2005). När blad har skuggat druvorna har man sett att flavonoidkoncentrationen minskat signifikant. Vid reducerat ljusinsläpp minskar även sockerarter och organiska syror (Downey *et al.*, 2006). Vinrankans bladverk förser plantan med energi genom fotosyntesen och det är viktigt att inte beskära för mycket eftersom bladens förmåga att ge energi kan bli för liten. Är det däremot för stort bladverk finns det en risk för att druvorna inte hinner mogna fram tills de ska skördas (Skinner, 2005).

Vid reducerat ljusinsläpp minskar temperaturen och luftfuktigheten ökar vilket påverkar transpirationen och fotosyntesen vilket i sin tur minskar tillväxten och flavonoidackumuleringen. En hög luftfuktighet kan påverka flavonoidackumuleringen då risken för svamp- och bakterieinfektioner generellt sett ökar. Vid en ökad temperatur med ökad ljusinstrålning kan en ökning av metaboliska processer ske. De metaboliska processerna som sker innebär att näringsämnen tas upp och omvandlas. Vid höga temperaturer runt 30 °C kan dock de metaboliska processerna reduceras eller avstanna. Solljus har i ett flertal studier visat sig vara nödvändigt för färgbildningen i druvor. Det kan sägas att svagt ljus generellt sett minskar koncentrationen av antocyanin och andra flavonoider (Downey *et al.*, 2006).

I svalare klimat är det en fördel om vinrankorna odlas på sluttande mark. En sydslutning ger ökad solexponering och solenergin absorberas i större grad (Creasy, 2009). Flavonoider är ofta koncentrerade till epidermis (hudvävnaden) och cellens vakuol (vätskefylld blåsa) där de absorberar UV-ljus. Ökat ljusupptag leder till bättre flavonoidackumulering i vegetativa och reproduktiva vävnader vilket i sin tur leder till en högre antioxidantkapacitet (Parr *et al.*, 2000; Downey *et al.*, 2006). Skillnaden mellan skuggade och belysta druvor har i en studie visat att quercetin, som är en flavonoid och

hör till undergruppen flavanoler hade koncentrationer som var mer än 10 gånger högre i skal från solexponerade druvor (Spayd *et al.*, 2002).

### 3.5.2. Temperatur

Förutsättningen för att odla vin med god kvalitet är att ha ett klimat som matchar vinrankans växtsäsong (Zoecklein *et al.*, 1999). Det är framförallt den genomsnittliga dygnstemperaturen som har stor inverkan på vinodlingen men antalet soltimmar är också av stor vikt (Creasy *et al.*, 2009). Vid låga temperaturer tar det längre tid att fullfölja blomningen om den över huvud taget kommer igång. Om odlingen anläggs nära hav eller sjö så kommer vattnet under hösten ackumulera värme och förlänga säsongen. Det är framförallt antalet soltimmar och temperaturen på våren som hjälper stockarna att komma igång och utvecklas. (Torstenson *et al.*, 2009).

Höga temperaturer (18-33 °C) resulterar i högre sockernehåll vilket har betydelse för smak, färg och vinets åldringspotential (Jackson, 2000; Skinner, 2005). En jämn temperatur är önskvärd eftersom det då sker en jämn mognad av skal, fruktkött och kärnor samt att sockerhalten i druvan kommer att vara optimal då druvan ska skördas (Skinner, 2005). Just temperaturen har i ett flertal studier visat sig ha stor betydelse för antocyaninkoncentrationen. Det optimala temperaturområdet för en god utveckling av antocyanin i blå druvor är 17 °C till 26 °C (Jackson *et al.*, 1993). Det har också konstaterats att tanninhalten ökar vid höga temperaturer (Downey *et al.*, 2006).

Temperaturen under växtsäsongen kan påverka druvans kvalitet och hållbarhet på åtminstone tre sätt:

1. långvariga temperaturer över 10 °C initierar vegetativ tillväxt och bestämmer starten av växtsäsongen
2. under blomningen och tillväxten av druvor leder höga temperaturer till färgförändring, ansamling av socker och enzymaktivering
3. under mognadsprocessen leder en hög dagstemperatur till att sockerarter, tanniner och smakämnen utvecklas (Jones *et al.*, 2005).

### 3.5.3. Jord

Att jorden inverkar på druvans komposition av kemiska ämnen är sedan länge känt (Jackson *et al.*, 1993). Att det finns en balans mellan näringsämnena i jorden anses vara av stor vikt för att minska stressreaktioner i vinrankan (Goode, 2005). Vinrankan tycker om mager jord och klarar steniga jordar med skiffer och grus.

Det påstås till och med att ju hårdare rankan får jobba för att rötterna ska få vatten desto bättre blir druvorna (Skinner, 2005).

Jorden kan påverka:

- vattentillgänglighet
- tillgången på näringsämnen
- mikroklimatet (vara värmebevarande)
- rottillväxten (Jackson *et al.*, 1993).

Viktiga funktioner för jorden är djup, vattenhållande förmåga och dränering. Dessa funktioner har visat sig vara viktigare än själva jordarten då jorden inte påverkar vinets arom eller smak (Jackson *et al.*, 1993).

En näringsrik jord ger större planttillväxt men det är inte alltid önskvärt då energin från fotosyntesen går till vegetativ tillväxt och inte till druvbildning (Torstenson *et al.*, 2009). För att vegetativ tillväxt ska stanna av och energin ska gå till fruktutveckling behövs en väl-dränerad jord med regelbunden tillgång till vatten (Goode, 2005).

#### 3.5.4. Altitud

I många områden kan vinodlingen anläggas i sluttningar och odlingsplatsens altitud (höjd över havet) påverkar vinrankan och dess kvalitet (Creasy *et al.*, 2009). Sluttningar ger vinrankan fördelar i form av naturlig avrinning vilket är viktigt för att undvika att rötterna inte står i vatten och får syrebrist. Mager jord finns ofta på högre höjder eftersom regnvattnet ofta drar med sig det näringsrika övre jordlagret. Sydsluttningar får också mer direkt solljus vilket i sin tur påverkar fotosyntesen (Skinner, 2005).

#### 3.5.5. Vattentillgång

Vattentillgången påverkar hastigheten för ackumulering av fenoliska föreningar och flera studier visar att vattenunderskott kan ha en positiv effekt på druvans totala fenolhalt (Koundouras *et al.*, 2006). Mycket vatten kan resultera i vattniga druvor med lite smak. Vinrankor som planterats i torra områden har rötter som får söka sig långt ner i jorden för att ta upp vatten och näring och enligt Skinner (2005) har dessa druvor ofta en mycket god smak.

#### 3.5.6. Sortskillnader

Fenolhalten skiljer sig mycket i olika druvsorter som har studerats. Fenolkoncentrationen är alltså sortberoende och vissa sorter har höga koncentrationer medan andra har låga (Margalit, 2004). De kvalitetsparametrar som tas hänsyn till vid val av sort är sockerkoncentration, syra, arom- och smakegenskaper (Creasy *et al.*, 2009). Samspelet mellan sort och klimat har även visat sig vara en bidragande faktor till det drickfärdiga vinets kvalitet (Jackson *et al.*, 1993).

### 3.6. Smak

För att fastställa vinets smak och kvalitet används ofta testpersoner som instrument (Margalit, 2004). Människans sinnes- och smakintryck kan vara väldigt känsliga hos vissa personer och ge en bättre analys än de kemiska analysmetoder som finns (Creasy *et al.*, 2009). Sensoriska preferenser skiljer sig från person till person och beror bland annat på individuella erfarenheter och bakgrund. Smakupplevelsen när vi dricker vinet påverkas av människans sinnen (syn, hörsel, lukt, smak och känsel). Känslan av smaken utvärderas från tunga och gom till själva sväljningen och till sist eftersmaken (Margalit, 2004; Goode, 2005).

Smak känner vi först på tungan och varje smaklök har 50-100 sensoriska celler och med dessa cellers hjälp kan vi känna grundsmaker. Människan kan urskilja fem olika grundsmaker; sött, salt, surt, beskt och umami (Goode, 2005).

I vin finns det tre klasser av föreningar; socker, syra och beska som är ansvarig för smakupplevelsen. Vin innehåller syra och tanninkomponenter som inverkar på smaken och alkoholen i vin är något söt i smaken och balanserar syra och tannin (Margalit, 2004).

### 3.7. Arom

Under mognaden av druvorna sker förändringar i aromer och aromernas intensitet och det finns över 1000 föreningar som har visat sig medverka till smak och arom i vin. Varje druvsort har karaktäristiska mönster i form av aromförändring som sker under mognaden (Iland *et al.*, 2004a).

Det finns ett flertal föreningar som deltar i utvecklingen och det är ofta svårt att urskilja just en som är ansvarig för vinets arom. Den skillnad som sker i arom under mognaden inträffar bland annat då sockerkoncentrationen i druvan ändras (Iland *et al.*, 2004a).

En studie har visat att Chardonnayviner kan ha upp till 200 aromföreningar som kan delas in i fem kemiska grupper:

1. monoterpener (från druvan)
2. benserivat (från druvan)
3. alifatiska föreningar (från jäsningsprocessen)
4. norisoprener (från lagringen)
5. övriga föreningar

Flera kemiska föreningar finns i väldigt små koncentrationer (Margalit, 2004). Gruppen av flyktiga aromer kallas monoterpener och dessa har visat sig ha stor inverkan på arom och smak (Iland *et al.*, 2004a). Ämnena finns som sagt i små koncentrationer och de utvecklas under fermenteringen, åldringsprocessen och lagringen (Goode, 2005). De aromföreningar som finns i vin och deras sammansättning beror till stor del på sort, vinframställning- och lagringsmetod (Margalit, 2004).

### 3.8. Bitterhet och strävhet

Bitterhet framkallas av kemiska föreningar och den främsta källan tros vara polyfenolföreningar (Fischer *et al.*, 1994). Det är den molekylära storleken på polyfenolföreningarna som visat sig påverka både bitterhet och strävhet. Sensoriska analyser av monomerer (utgångsmolekylen) har visat att graden polymerisering, som innebär att monomererna sammanfogas till långa kedjor, ökar vinets strävhet. Studier har visat att epikatekin är betydligt mer bitter och har en längre varaktighet än katekin samt att etanol (alkohol) ökar intensiteten av bitterhet (Brossaud *et al.*, 2001).

## 3.9. Vinframställning

### 3.9.1. Vinframställning av rött vin

Vinframställningstekniker kan påverka nivåerna av fenoler och flyktiga föreningar avsevärt (Spranger *et al.*, 2004). Vid vinframställning krossas druvorna och därefter pumpas musten med skal och kärnor (Iland *et al.*, 2004b). Skal, kärnor och stjälkar har visat sig påverka vinets färg och struktur. Vid vinframställningen är det endast mogna och träiga stjälkar som ska vara med annars kan de ge vinet en besk karaktär som inte är önskvärd (Skinner, 2005). Efter krossningen tillsätts jäst i musten och värms upp till en relativt hög temperatur (25-30 °C) så att färgämnen (antocyanin) och tannin utvinns (Iland *et al.*, 2004b; Margalit, 2004). Vid jäsningsen kommer koldioxiden att pressa upp skalen och kärnorna till ytan och det är viktigt att skalen pressas ner till vinsaften igen för att vinet ska uppnå önskad färg. Detta sker ofta med en pump som långsamt blandar skalen och kärnorna med saften så att antocyanin och tannin utvinns (Skinner, 2005).

En hög sockerhalt i druvan innebär högre alkoholhalt eftersom socker omvandlas till alkohol under jäsningsprocessen (Skinner, 2005). När allt socker har omvandlats till koldioxid och alkohol så tappas det upp på fat (Iland *et al.*, 2004b; Torstenson *et al.*, 2009). Syran som finns i vinet har en förmåga att fungera som ett naturligt konserveringsmedel och gör vinet kraftfullt och balanserat (Skinner, 2005). Det uppkommer alltid fällningar och för att avlägsna dessa så pumpas man över vinet till fat eller kar. Innan vinet hålls på flaska så används klarningsmedel för att ta bort de finaste partiklarna som inte är önskvärda att få med i vinflaskan (Iland *et al.*, 2004b).

Enligt Kontoudakis *et al.*, (2011) genomgår fenolföreningar strukturella förändringar under vinframställningen och detta påverkar vinets egenskaper. Under framställningsprocessen leder små mängder syre till bildning av etanal (CH<sub>3</sub>CHO) som är en mellanprodukt vid nedbrytning av alkohol. Etanal kan reagera med flavonoler och inducera bildning av reaktiva karbonkatjoner som är positivt laddade. Dessa joner kan snabbt reagera med en annan flavanol eller med en antocyanin. Reaktionen resulterar i en färgförskjutning som går från lila-röd till röd-brun. Ekfat har länge används för att lagra vin och dessa ekfat tillåter att små mängder syre kan reagera med vinet. Detta kan ske på grund av ekens porositet. Detta inducerar de ovanstående reaktionerna. I ett flertal studier har det även visat sig att pH har en betydande effekt på utvecklingen av färg och fenolföreningar i vin under åldrandeprocesser (Kontoudakis *et al.*, 2011).

Röda viner har konstaterats innehålla fler fenoler än vita viner. Det är främst flavanol, flavonol, antocyanin och tanniner som återfinns i rött vin. Fenolextraktionen i röda viner beror på ett flertal faktorer som sort, klimat och just vinframställningsteknik. Fenoler som extraheras i vinframställningen är ofta 25-50% av skalets fenolhalt. Vissa fenoler går förlorade under utfällningen av jäst, proteiner och klarningsmedel (Margalit, 2004).

Fermentering (jäsning) under höga temperaturer över 30 °C kan öka fenolhalten men det kan finnas risk för att vinet blir strävt. Oxidation kan också komma att inverka på fenolinnehållet (Margalit, 2004).

### 3.9.2. Vinframställning av vitt vin

När man framställer vita viner så skiljer det sig till viss del från tekniken som används vid framställning av röda viner. Druvorna pressas för att få sin speciella karaktär för att senare renas genom kylning eller filtrering (Hansson, 2006 [www]). När druvorna pressas så frigörs enzymer som snabbt kan oxidera (Waterhouse, 2002). Vinpressar som används under vinframställningen är stora perforerade cylindrar av rostfritt stål som har en kanvasballong som fylls med luft och krossar druvorna. Skal, kärnor och stjälkar samlas i pressen och saften pressas ut genom små hål. Kvistar och stjälkar sorteras bort för att inte ge det vita vinet en bitter smak. Tannin som finns i kvistar och stjälkar kallas även garvsyra och kan vara önskvärd i röda viner men den bittra och kärva smaken vill man inte ha i vita viner (Skinner, 2005). Jäsningen av vita viner sker vid en lägre temperatur än de röda, då det är önskvärt att få en högre syra-halt (Hansson, 2006 [www]).

Under vinframställningen av vita viner är viss skalkontakt acceptabel, macerationstiden brukar vara från 0-24 timmar. Ingen fermentering (jäsning) med skalet utförs så fenolerna i vitt vin är till stor del från druvans fruktkött. De flesta fenolerna i massan är icke-flavonoider och i skalet finns det större koncentrationer av flavonoider. Med en utökad skalkontakt kan koncentrationen av flavonoider komma att öka (Margalit, 2004). Svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) har under maceration (utvinnigen av färg- och aromämnen) visat sig influera fenolurlakningen och en hög halt SO<sub>2</sub> leder till att fler fenoler utvinns (Margalit, 2004). SO<sub>2</sub> har visat sig förhindra att vinet oxiderar, blir brunfärgat och smakar vinäger (Skinner, 2005). Temperaturen under macerationstiden har också stort inflytande på fenolextraktionen och vitt vin innehåller 100-400 mg/l främst icke-flavonoider men kan även innehålla små mängder av flavonoider i form av katekin (Margalit, 2004).

### 3.9.3. Maceration

Vid maceration som är en blötlägningsprocess, utvinns antocyaniner (färgpigment) och aromföreningar från druvors skal, kärnor och stjälk (Goode, 2005). Att vinrankans stjälkar är med i processen är på grund av att ett flertal studier har visat att just stjälkarna är en viktig källa till polyfenoler (Spranger *et al.*, 2004). Genom att öka tiden med stjälkkontakt kan innehållet av polyfenoler öka (Sun *et al.*, 2001).

Tekniken som används vid vinframställningen och druvsorten påverkar sammansättningen och koncentrationen av antocyanin och där igenom även vinets slutgiltiga färg (Gómez-Míguez *et al.*, 2004). Färgurlakningen som sker vid maceration påskyndas då vinet värms upp och pumpas runt. Färgurlakningen tar ca en vecka men skalen kan ligga med i tanken flera månader beroende på det vin som produceras (Torstenson *et al.*, 2009).

Enligt Gómez-Míguez *et al.*, (2004) påverkar maceration även vinets strävhet. Kolsyramaceration används ibland och detta är en anaerob jäsningsprocess, vilket betyder att den sker utan syre.

Studier har visat att kolsyramaceration producerar lättare viner med en lägre färgintensitet och den sensoriska kvaliteten kan bli sämre under denna process (Gómez-Míguez *et al.*, 2004). Det har dessutom visat sig att kolsyramaceration leder till en lägre halt av totala fenoler och antocyaniner men högre koncentrationer av katekiner, oligomerer och proantocyanidiner. Det är viktigt att påpeka att i båda framställningsprocesserna så påverkar temperatur och macerationens längd sammansättningen och färgegenskaperna i den slutliga produkten. Just en långvarig maceration vid hög temperatur (30-32 °C) har visat sig minska halten av antocyanin (Gómez-Míguez *et al.*, 2004).

Det är känt att macerationstemperaturen har en stor inverkan på överföringen av polyfenoler från druvans skal till musten. En ökning i macerationstemperatur från 15 till 35 °C kan ge en signifikant ökning av polyfenolinnehållet men för att vinet ska innehålla bra färgpigment under lagring är det till fördel att använda en låg macerationstemperatur och en lagringstemperatur som håller sig under 20 °C (Gómez-Plaza *et al.*, 2000). Maceration-och jäsningsprocesser avgör det slutliga vinets färgkomposition. Det finns andra fenolföreningar i skal och kärnor som också extraheras, exempelvis proantocyanindiner och tanniner. Det är proantocyanidiner som kopplas till vinets smak och avgör bitterhet och strävhet (Kontoudakis *et al.*, 2011).

#### 3.9.4. Fermentering

Fermenteringens (jäsningsens) mål är att omvandla socker till etanol (alkohol) och i denna process är det viktigt att försöka bibehålla druvans arom och smak (Margalit, 2004). Under fermenteringen extraheras fenolföreningar från druvornas skal och kärnor. Dessa extraktioner involverar monomerer (utgångsmolekylen), procyanidin och polymerer som är långa molekykedjor (Iland *et al.*, 2004b). Vid fermentering som utförts med stjälkar har det visat sig finnas ett högre innehåll polyfenoler än de fermenteringar som gjorts utan stjälkar (Spranger, 2004).

Processen som omvandlar socker till alkohol involverar ett flertal enzymatiska reaktioner och fermentering kan förekomma i ett temperaturintervall från 5 - 38 °C enligt Margalit, (2004). Är temperaturen inte inom dessa gränsvärden så är inte enzymerna aktiva. Vitt vin fermenteras ofta vid lägre temperaturer (8 - 14 °C) då ”fruktigheten” bevaras bättre och den sensoriska kvaliteten blir bättre. Röda viner fermenteras i en högre temperatur för att extraktionen av fenoler och färg ökar under temperaturer från 25 - 30 °C. Fermenteringen påverkas också av sockerkoncentrationen och pH (Margalit, 2004). Under fermenteringen extraheras antocyanin från druvans skal och extraheringen sker då alkoholkoncentrationen är 12 – 14% (Iland *et al.*, 2004b).

Flera studier har påvisat att antocyaninextraktionen når ett maximum tidigt under fermenteringen för att sedan minska medans tanninextraktionen ökar med lång kontakt med skal och kärnor (Sacchi *et al.*, 2005).

Under fermenteringen reduceras inte alla sockerarter av jästen så koncentrationen kommer aldrig att vara noll. Under processen kommer halva sockervikten konverteras till alkohol och man kan även se att det bildas biprodukter som koldioxid och värme (Iland *et al.*, 2004b).

### 3.9.5. Ekens betydelse

Ek har länge använts i vinproduktion och har både smak- samt lagermässiga egenskaper som inverkar på vinets kvalitet (Skinner, 2005). Ekens porositet innebär att vinet får en begränsad syretillgång som leder till en långsam oxideringsprocess. Tannin som avsöndras från eken gör vinet mer långlivat samt påverkar vinets strävhet (Margalit, 2004).

Det finns olika föreningar som släpps från trämaterial som används vid vinets lagring och som bidrar till sensoriska egenskaper. Föreningar som frigörs från ekfat är bland annat ketoner, aldehyder, estrar, alkoholer och fenoler. Föreningarna släpps i olika mängder beroende på värmebehandlingen av eken (Flamini, 2003). De mest extraherbara fenolerna från ekfat är icke-flavonoider som kallas hydrolyserbara tanniner (Margalit, 2004). Extraktionen som sker från ekfat beror på vad ekträet innehåller och hur länge vinet har kontakt med eken (Garde-Cerdá'n *et al.*, 2006). Ek innehåller precis som druvskal och kärnor, tannin som hjälper till att stabilisera vinets färg och struktur (Skinner, 2005). Det finns vissa problem med att lagra vin på ekfat eftersom etylfenoler kan bildas och de ger ifrån sig en obehaglig doft vilket inverkar på vinets kvalitet. Det har dock skett en utveckling inom området och idag kan ekfatlagring ersättas av ek-chips som tillsätts i vinet för att ge vinet en smak och doft av ekkaraktär. Vid användning av ek-chips tillförs små mängder syre för att en långsam oxidering ska ske (Garde-Cerdá'n *et al.*, 2006). Ek-chips innebär också en lägre kostnad än de traditionellt använda ekfaten. Ek-chips tillsätts i vinet i form av påsar som ser ut som jättestora tepåsar (Skinner, 2005). Halten icke-flavonoider som kan extraheras av ek-chips i rött vin kan variera mellan 7-18 mg icke-flavonoider per 1 g ek-chips per liter vin. Chipsen finns i olika rostningar: ljus, medium eller mörk (Margalit, 2004).

Faktorer i ek som påverkar den slutliga vinkvaliteten:

- ekens sammansättning
- vinets komposition
- lagringstiden
- bildandet av etylfenoler

Druvsorten har också inverkan på extraktion av ekföreningar från ekträet och en högre alkoholhalt har i en studie visat sig gynna flyktiga föreningar från ekträ. Ekens sammansättning beror på geografiskt ursprung, art och hur många gånger ekfattet har använts. De ekar som oftast används till vinlagring är Amerikansk *Quercus alba* och Fransk *Quercus sessilis* (Garde-Cerdá'n *et al.*, 2006). Ek från Frankrike har visat sig innehålla fler extraherbara fenoler än de Amerikanska. Den totala fenolhalten som kan extraheras i den Franska eken är 200-300 mg/L gentemot 100-200 mg/L i den Amerikanska eken (Margalit, 2004).



### 3.9.6. Lagring

Det sker ett flertal sensoriska förändringar under åldringsprocessen i vin. Druvsorter åldras olika men i alla sorter sker förändringar i form av färg, smak och arom (Plocher *et al.*, 2008). Den främsta förändringen som sker under vinets åldrande är fenoxidation som innebär att ett ämne ger ifrån sig en eller flera elektroner. Detta följs av polymerisation, en kemisk reaktion som innebär att utgångsmolekylen sammanfogas till långa kedjor. Oxidationen av antocyanin som efterföljs av polymerisation i röda viner sker snabbt under det första året och kan nå upp till 80-90% efter 10 års lagring (Margalit, 2004). Om oxidationen inte kontrolleras kan den snabbt förstöra vinets kvalitet och av detta skäl är det viktigt att kontrollera syretillförseln. En liten tillförsel av syre kommer under åldrandet medföra att tannin upplevs som mildare. Tannin ändrar sin struktur under åldrandet, vissa fälls ut och andra binder sig till olika pigment (Plocher *et al.*, 2008). De långa molekyllkedjorna är mer stabila och färgförändringarna minskar efter några års lagring. Pigmenten som påverkar vinets färg kommer under lagringen att ändras från violett-röd till brun-röd nyans (Margalit, 2004).

Lagring i höga temperaturer påskyndar kemiska processer vilket inte är önskvärt så därför bör vin lagras i temperatur kring 12° C. Ljus har också visat sig ha negativa effekter på vinets smak och vin bör därför lagras i mörker (Plocher *et al.*, 2008).

## 4. Diskussion

Detta kandidatarbetes syfte har varit att göra en litteraturstudie om fenoler och dess inverkan på vinets kvalitet. Av litteraturen som granskats har det framkommit att fenoler är en stor och variationsrik grupp kemiska föreningar som i sin närvaro eller frånvaro bidrar till vinets sensoriska kvalitet (Downey *et al.*, 2006). Föreningarna återfinns i druvans skal, fruktkött samt kärnor och har hälsosamma effekter då de agerar som antioxidanter (Margalit, 2004; Monagas *et al.*, 2005). Att vin kan smaka så olika beror till stor del på sortskillnader men även koncentrationen och sammansättningen av fenoler (Zoecklein *et al.*, 1999).

Av materialet som granskats har det framkommit att det är ett flertal faktorer som påverkar fenolinnehållet och sammansättningen i druvor. Den totala fenolhalten beror främst på en sortskillnad, vissa sorter har genetiskt högre koncentrationer än andra (Margalit, 2004).

Odlingsplatsen och det rådande klimatet har även en stor betydelse för kvaliteten på slutprodukten och klimatfaktorer såsom UV-instrålning och temperatur kan påverkas av odlaren genom bland annat beskärning och radavstånd (Downey *et al.*, 2006). En kort säsong med kyligt klimat kan leda till druvor med låga koncentrationer av smak, färg och aromämnen gentemot druvor som odlats fram i varma klimat (Jackson *et al.*, 1993).

Nivåerna av fenolföreningar i vin är mycket varierande och vitt vin har lägre koncentrationer av fenoler än röda viner och detta beror till stor del på vinframställningstekniken som skiljer sig åt (Waterhouse, 2002). I vitt vin är en viss skalkontakt acceptabel men annars extraheras fenoler endast från fruktköttet som har signifikant lägre nivåer av fenolföreningar gentemot skal och kärnor som är med under framställningen av röda viner (Margalit, 2004; Waterhouse, 2002). Att skal och stjälkar inte är med under vinframställningen beror på att det kan leda till en bitter smak som inte är önskvärd i vita viner (Skinner, 2005). Vid framställningen av vita viner sker macerationen och fermenteringen (jäsningsen) i lägre temperaturer än de röda för att få en högre syra-halt vilket också bidrar till att fenolkoncentrationen blir lägre (Hansson, 2006 [www]). En hög macerationstemperatur har nämligen visat sig leda till en signifikant ökning av fenoler som kan utvinnas men även en förlängd macerationstid påverkar fenolkoncentrationen (Gómez-Plaza *et al.*, 2000; Sacchi *et al.*, 2005).

Det är också viktigt att under framställningsprocessen utvinna fenoler med fortsatt stabilitet för att undvika problem med färginstabilitet (Monagas *et al.*, 2005; Flamini, 2003). I vin kan kemiska och mikrobiologiska processer leda till kvalitetsförluster i form av arom, smak och struktur. Oxidation som kan leda till brunfärgning beror på hur mycket syre som vinet utsätts för. Svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) har även visat sig förhindra oxidering och leder till att fler fenoler utvinns under macerationen. Ekfat har länge används för att lagra viner och ekens porositet innebär att vinet får en begränsad tillgång på syre vilket leder till en långsam oxidationsprocess (Margalit, 2004).

Från själva odlingen till vinframställningen och lagringen har forskare sett att det sker ett flertal kemiska processer som påverkar fenolkoncentrationen (Zoecklein *et al.*, 1999). För vinodlaren handlar det om att hitta strategier som berikar vindruvan och de fenolföreningar som är önskvärda och för vinmakare är det av stor vikt att inneha kunskap om hur fenolföreningarna reagerar och hur de kan komma att påverka kvaliteten (Downey *et al.*, 2006). Då det skett en utveckling av tekniken som används under vinframställningen och då vinodlare har bättre kunskap om druvans morfologi har bättre viner producerats.

Även analysmetoderna har förbättrats vilket har lett till att vinmakare idag bättre förstår deras produkt och kan mäta både stora och små komponenter som bidrar till vinets kvalitet (Zoecklein *et al.*, 1999). Det finns dock fortfarande frågor som behöver besvaras för att förstå de kemiska processer som sker under druvans mognad, vinframställningen och lagringen. Genom forskning och ökad kunskap om fenoler skulle det finnas bättre förutsättningar för att utveckla odlingen och vinframställningstekniken vilket i sin tur skulle förbättra den slutgiltiga vinkvaliteten (Cagnasso, 2011; Atanacković *et al.*, 2011).

## 5. Slutsats

Min förhoppning med detta arbete var att utveckla förståelsen för fenoler och deras inverkan på vinets kvalitet. Många frågor har blivit besvarade men området är stort och det finns fortfarande frågor som är obesvarade. Vad som framkommit i litteraturstudien är att de kemiska föreningarna och sammansättningen till stor del beror på sort, klimat, vinframställningsteknik och lagringsmetod.

Genom bättre förståelse om de kemiska föreningarna och de processer som sker under vinframställningen och lagringen kan förhoppningsvis problem undvikas och vin av god kvalitet produceras i högre utsträckning. Kunskap och teknik inom området behöver fortsätta att utvecklas. Mer forskning skulle behövas för att förstå vilka kemiska föreningar som är involverade och ansvariga för åldringsprocessen. Detta skulle kunna leda till yttligare förståelse för hur oxidation sker och hur de kemiska strukturerna ser ut och då skulle brunfärgning av vita viner kunna förhindras.

## 6. Referenslista

- Andersson S., Fursjö C., 1999, *Dekantering - Vad har tiden för betydelse?* Göteborgs universitet, Institutionen för mat, hälsa och miljö
- Atanackovic´ M., Petrovic A., Jovic´ S., Gojkovic´ - Bukarica L., Bursac´ M., Cvejic´ J., 2011, *Influence of winemaking techniques on the resveratrol content, total phenolic content and antioxidant potential of red wines*, Food Chemistry 131 (2012) 513–518
- Borén H., Boström A., Börner M., Larsson M., Lillieborg S., Lindh B, 2005, *Kemiboken A, kemi A – 100 p*, 3:e upplagan, Liber AB, Stockholm
- Boss P.K., Davies C., Robinson S.P., 1996, *Analysis of the Expression of Anthocyanin Pathway Genes in Developing Vitis vinifera L. cv Shiraz Grape Berries and the Implications for Pathway Regulation*, Plant Physiol. (1996) 111 : 1059-1066
- Brossaud F., Cheynier V., Noble A.C., 2001, *Bitterness and astringency of grape and wine polyphenols*, Australian Journal of Grape and Wine Research 7, 33–39, 2001
- Budić-Leto, I., Gracin, L., Lovrić, T., Vrhovsek, U., 2008, *Effects of maceration conditions on the polyphenolic composition of red wine 'Plavac mali'*, Vitis 47 (4), 245-250
- Cagnasso E., Torchio F., Gerbi V., RIo Segade S., Giacosa S., Rolle L., 2011, *Evolution of the Phenolic Content and Extractability Indices During Ripening of Nebbiolo Grapes from the Piedmont Growing Areas over Six Consecutive Years*, S. Afr. J. Enol. Vitic., Vol. 32, No. 2, 2011
- Clifford M.N., 2000, *Review: Antocyanins- nature, occurrence and dietary burden*, J Sci Food Agric 80:1063-1072 (2000)
- Creasy G.L., Creasy L.L., (2009) *Grapes*, No. 16 in the CABI Crop Production Science in Horticulture Series. CAB International, Oxfordshire
- Downey M.O., Dokoozlian N.K., Krstic M.P., 2006, *Cultural Practice and Environmental Impacts on the Flavonoid Composition of Grapes and Wine: A Review of Recent Research*, Am. J. Enol. Vitic. 57:3 (2006)
- Fischer U., Noble A.C., 1994, *The Effect of Ethanol Catechin Concentration and pH on Sourness and bitterness of Wine*, Am J. Enol. Vitic., Vol. 45, No.1
- Flamini R., 2003, *Mass Spectrometry in Grape and wine chemistry, part I Polyphenols*, Mass Spectrometry Reviews (2003), 22, 218– 250

- Garde-Cerdán T., Ancín-Azpilicueta C., 2006, *Review of quality factors on wine ageing in oak barrels*, Trends in Food Science & Technology 17 (2006) 438–447
- Goode J., 2005, *The science of wine*, University of California Press Berkeley and Los Angeles, California
- Gómez-Míguez M., Heredia F.J., 2004, *Effect of the Maceration Technique on the Relationships between Anthocyanin Composition and Objective Color of Syrah Wines*, J. Agric. Food Chem. 2004, 52, 5117–5123
- Gómez-Plaza E., Gil-Mun R., López-Roca J. M., Martínez A., 2000, *Color and Phenolic Compounds of a Young Red Wine. Influence of Wine-Making Techniques, Storage Temperature, and Length of Storage Time*, J. Agric. Food Chem. 2000, 48, 736–741
- Hansson A., 2006, *Marknadsöversikt vin*, Marknadsenheten: Jordbruksverket rapport 2006:16, Hämtat från: [http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_rapporter/ra06\\_16.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra06_16.pdf), publicerad: 12 juni 2006, hämtad: 4 mars 2013
- Harbertson, J.F., Spayd S., 2006, *Measuring Phenolics in the Winery*, Am. J. Enol. Vitic. 57:3 (2006)
- Iland P., Bruer N., Edwards G., Weeks S., Wilkes E., 2004 (a), *Chemical analysis of grapes and wine: techniques and concepts*, Patrick Iland Wine Promotions PTY LTD, Australia
- Iland P., Bruer N., Ewart A., Markides A., Sitters J., 2004 (b), *Monitoring the winemaking process from grapes to wine: techniques and concepts*, Patrick Iland Wine Promotions PTY LTD, Australia
- Jackman R.L., Yada R.Y., Tung M.A., Speers R.A., 1987, *Anthocyanins as food colorants – a review*, Journal of Food Biochemistry 11 (1987) 201-247
- Jackson D.I., Lombard P.B., 1993, *Environmental and Management Practices Affecting Grape Composition and Wine Quality – A Review*, Am. J. Enol. Vitic., Vol. 44, No. 4
- Jones G.V., White M.A., Cooper O.R., Storchmann K. (2005), *Climate Change and Global Wine Quality*, Climatic Change, 73(3)
- Kontoudakis N., González E., Gil M., Esteruelas M., Fort F., Canals J. M., Zamora F., 2011, *Influence of Wine pH on Changes in Color and Polyphenol Composition Induced by Micro-oxygenation*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59, 1974-1984

- Koundouras S., Marinos V., Gkoulioti A., Kotseridis Y., Van Leeuwen L., 2006, *Influence of Vineyard Location and Vine Water Status on Fruit Maturation of Nonirrigated Cv. Agiorgitiko (Vitis vinifera L.). Effects on Wine Phenolic and Aroma Components*, J. Agric. Food Chem. 2006, 54, 5077-5086
- Margalit Y., 2004, *Concepts in Wine Chemistry*, 2<sup>nd</sup> Edition, The Wine Appreciation Guild, South San Francisco
- Monagas M., Bartolomé B., Gomez-Cordovés C., 2005, *Updated Knowledge About the Presence of Phenolic Compounds in Wine*, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 45:85–118 (2005)
- Olsson M, 1999, *De livsviktiga antioxidanterna - Lagringen betydelsefull för halter i frukt och grönt*, Fakta trädgård, nr 3 1999
- Parr A.J., Bolwell G.P., 2000, *Review Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile*, J Sci Food Agric 80:985-1012 (2000)
- Plocher T., Parke B., 2008, *Northern Winework; Growing Grapes and Making Wine in Cold Climates*, 2<sup>nd</sup> edition, Eau Claire Printing Company, United States
- Rapp A., 1998, *Volatile flavour of wine: Correlation between instrumental analysis and sensory perception*. Nahrung 42 (1998) Nr. 6, 351– 363
- Price S.F., Breen P.J., Valladao M., Watson B.T., 1995, *Cluster Sun Exposure and Quercetin in Pinot noir Grapes and Wine*, Am J. Enol. Vitic., Vol. 46, No. 2, 1995
- Remy S., Fulcrand H., Labarbe B., Cheynier V., Moutounet M., 2000, *First confirmation in red wine of products resulting from direct anthocyanin–tannin reactions*, Journal of the Science of Food and Agriculture J Sci Food Agric 80:745-751
- Sacchi K.L., Bisson L.F., Adams D.O., 2005, *A Review of the Effect of Winemaking Techniques on Phenolic Extraction in Red Wines*, Am J. Enol. Vitic. 56:3 (2005)
- Sims C.A., Bates R.P., 1994, *Effects on Skin Fermentation Time on the Phenols, Anthocyanins, Ellagic Acid Sediment, and Sensory Characteristics of a Red Vitis rotundifolia Wine*, Am. J. Enol. Vitic. Vol 45, No 1, 1994
- Skinner M., 2005, *Vin. Helt enkelt*, N.W. Damn & Son AB, Octopus Publishing Group Ltd, London
- Spayd S.E., Tarara J.M., Mee D.L., Ferguson J.C., 2002, *Separation of Sunlight and Temperature Effects on the Composition of Vitis vinifera cv. Merlot Berries*, Am. J. Enol. Vitic. 53:3 (2002)

Spranger M.I., Cristina Clímaco M., Sun B., Eiriz N., Fortunato C., Nunes A., Leandro M.C., Avelar M.L., Belchior A.P., 2004, *Differentiation of red winemaking technologies by phenolic and volatile composition*, *Analytica Chimica Acta* 513 (2004) 151–161

Sun B., Spranger I., Roque-do-Vale F., Leandro C., Belchior P., 2001, *Effect of Different Winemaking Technologies on Phenolic Composition in Tinta Miú da Red Wines*, *J. Agric. Food Chem.* 2001, 49, 5809–5816

Torstenson L., Pappinen L., 2009, *Odling och tillverkan av vin*, andra upplagan, Pagina förlags AB, Sundbyberg

Waterhouse A.L., 2002, *Wine Phenolics*, *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 957: 21–36 (2002)

Wills R., Mc Glasson B., Graham D., Joyce D., (2007) *Postharvest – An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*, 5<sup>th</sup> edition, CABI, Oxfordshire

Zoecklein B.W., Fugelsang K.C., Gump B.H., Nury F.S., 1999, *Wine Analysis and Production*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York